

THE EFFECT OF THE INSTRUCTION BASED ON THE EPISTEMOLOGICALLY AND  
METACOGNITIVELY IMPROVED 7E LEARNING CYCLE ON TENTH GRADE STUDENTS'  
ACHIEVEMENT AND EPISTEMOLOGICAL UNDERSTANDINGS IN PHYSICS

A THESIS SUBMITTED TO  
THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
OF  
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

BY

SEVDA YERDELEN DAMAR

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR  
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY  
IN  
SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION

JANUARY 2013



Approval of the thesis:

**THE EFFECT OF THE INSTRUCTION BASED ON THE EPISTEMOLOGICALLY AND  
METACOGNITIVELY IMPROVED 7E LEARNING CYCLE ON TENTH GRADE  
STUDENTS' ACHIEVEMENT AND EPISTEMOLOGICAL UNDERSTANDINGS IN  
PHYSICS**

submitted by **SEVDA YERDELEN DAMAR** in partial fulfillment of the requirements for the degree of **Doctor of Philosophy in Secondary Science and Mathematics Education Department, Middle East Technical University** by,

Prof. Dr. Canan Özgen \_\_\_\_\_  
Dean, Graduate School of **Natural and Applied Sciences**

Prof. Dr. Ömer Geban \_\_\_\_\_  
Head of Department, **Secondary Science and Mathematics Education**

Assoc. Prof. Dr. Ali Eryılmaz \_\_\_\_\_  
Supervisor, **Secondary Science and Math. Edu. Dept., METU**

**Examining Committee Members:**

Assoc. Prof. Dr. Yezdan Boz \_\_\_\_\_  
Secondary Science and Mathematics Education Dept., METU

Assoc. Prof. Dr. Ali Eryılmaz \_\_\_\_\_  
Secondary Science and Mathematics Education Dept., METU

Assoc. Prof. Dr. Andrew Elby \_\_\_\_\_  
Teaching, Learning, Policy, and Leadership Dept.,  
University of Maryland, MD, USA

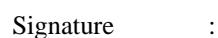
Assoc. Prof. Dr. Esen Uzuntiryaki Kondakçı \_\_\_\_\_  
Secondary Science and Mathematics Education Dept., METU

Assist. Prof. Dr. Ömer Faruk Özdemir \_\_\_\_\_  
Secondary Science and Mathematics Education Dept., METU

**Date:** 23.01.2013

**I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.**

Name, Last name: Sevda Yerdelen Damar

Signature : 

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF THE INSTRUCTION BASED ON THE EPISTEMOLOGICALLY AND METACOGNITIVELY IMPROVED 7E LEARNING CYCLE ON TENTH GRADE STUDENTS' ACHIEVEMENT AND EPISTEMOLOGICAL UNDERSTANDINGS IN PHYSICS**

Yerdelen Damar, Sevda

Ph.D., Department of Secondary Science and Mathematics Education

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Eryilmaz

January, 2013, 342 pages

This study investigated the effect of the epistemologically and metacognitively stimulated 7E learning cycle (EM-7ELC) on tenth grade students' physics achievement and epistemological understandings in physics. The participants of the study included 107 (49 Female, 58 Male) tenth grade students at two Anatolian teacher training high schools in Ankara. A quasi-experimental with matching-only pretest-posttest control group design was employed. Two intact classes of each school were randomly assigned to the experimental and control group. The experimental group was instructed based on the EM-7ELC while the control group was taught with the traditional instruction. The study was conducted in 2009-2010 academic year. The Force and Motion Achievement Test-I and II were administered to assess the students' achievement in force and motion unit. The Turkish Physics Expectation Survey was applied to probe the students' epistemological understandings in physics. Analysis of Covariance (ANCOVA) was employed to examine the effect of the instruction relied on the EM-7ELC on the students' epistemological understandings when their pre-epistemological understandings were controlled. The result indicated that there was a significant difference between two groups' post epistemological understandings in favor of the EM-7ELC group. In this study, a statistically significant interaction between the mode of instruction and the students' pre-epistemological understandings was observed. Aptitude treatment interaction (ATI) analysis was used to figure out the nature of this interaction. The result of the analysis demonstrated that the traditional instruction was more effective for promoting physics achievement for the students' indicating very low epistemological stance. However, the EM-7ELC was more effective for the other types of the students.

Keywords: Physics Education, Personal Epistemology, Metacognition, Scientific Inquiry, 7E Learning Cycle, Force and Motion

## ÖZ

### **EPISTEMOLOJİK VE ÜST-BİLİŞSEL OLARAK İYİLEŞTİRİLMİŞ 7E ÖĞRENME DÖNGÜSÜNE DAYALI ÖĞRETİMİN ONUNCU SINIF ÖĞRENCİLERİİNİN FİZİKTEKİ BAŞARISINA VE EPISTEMOLOJİK ANLAYIŞLARINA ETKİSİ**

Yerdelen Damar, Sevda

Doktora, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Ali Eryılmaz

Ocak, 2013, 342 sayfa

Bu çalışmanın amacı, epistemolojik ve üst-bilişsel olarak iyileştirilmiş 7E öğrenme döngüsünün onuncu sınıf öğrencilerinin fizik başarısına ve epistemolojik anlayışlarına etkisini araştırmaktır. Çalışmaya, Ankara'da bulunan iki Anadolu öğretmen lisesindeki 107 (49 Kız, 58 Erkek) onuncu sınıf öğrencisi katılmıştır. Çalışmada yarı deneyel dizayn kullanılmıştır. Her bir okuldan iki sınıf, kontrol ve deney gruplarına rastgele atanmıştır. Kontrol grubu geleneksel öğretimle öğretilirken, deney grubu epistemolojik ve üst-bilişsel olarak iyileştirilmiş 7E öğrenme döngüsü ile öğretilmiştir. Çalışma, 2009-2010 akademik yılında yapılmıştır. Kuvvet ve Hareket Başarı Testi-I ve II, öğrencilerin kuvvet ve hareket ünitesindeki başarısını ölçmek için uygulanmıştır. Fizik Beklentileri Anketi, öğrencilerin epistemolojik anlayışlarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Öğrencilerin ön-epistemolojik anlayışlarının kontrol edildikten sonra, epistemolojik ve üst-bilişsel olarak iyileştirilmiş 7E öğrenme döngüsünün öğrencilerinin epistemolojik anlayışlarına etkisini test etmek için Kovaryans Analizi (ANCOVA) kullanılmıştır. Analiz sonucu, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin epistemolojik anlayış puanlarının ortalaması arasında deney grubu lehinde anlamlı bir farkın olduğunu göstermiştir. Fizik başarılarını açıklamada, öğretim yöntemi ve öğrencilerin ön-epistemolojik anlayışları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir etkileşim gözlenmiştir. Bu etkileşimin nasıl olduğunu anlamak için yetenek-öğretim yöntemi etkileşim analizi yapılmıştır. Analiz sonucu, geleneksel yöntemin çok düşük epistemolojik anlayış gösteren çocukların fizik başarılarını artırmada daha etkili olduğunu; diğer taraftan epistemolojik ve üst-bilişsel olarak iyileştirilmiş 7E öğrenme döngüsünün diğer öğrenciler için daha yararlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Fizik Eğitimi, Kişisel Epistemoloji, Üst-Biliş, 7E Öğrenme Döngüsü, Bilimsel Sorgulama, Kuvvet ve Hareket

To my parents, husband, and son

## **ACKNOWLEDGEMENT**

I would like to express my sincere appreciation to my supervisor, Assoc. Prof. Dr. Ali Eryılmaz for his advices, continuous support and guidance during my dissertation study. He always encouraged me to do the best during my PhD study.

I need to acknowledge the members of the Thesis Monitoring Committee, Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk Keser and Assoc. Prof. Dr. Esen Uzuntiryaki Kondakçı for their suggestions during my dissertation study.

I would like to also express my gratitude towards to Assoc. Prof. Dr. Andrew Elby for his advices, encouragement, and his support when I was a visiting researcher at University of Maryland Physics Education Research Group (UMD-PERG) and for his suggestions and comments as a thesis examining committee member . Many thanks to him for giving me chance to work with him. I need to thank other UMD-PERG members as well. They were always very kind and supportive that I felt I was at home.

I need to thank Assist. Prof. Dr. Ömer Faruk Özdemir, as well. He always kindly responded to my various questions and helped me control very heavy PhD depression. I also need to thank Assoc. Prof. Dr. Yezdan Boz as an examining committee member for her suggestions.

I would like to thank my friends; Betül Demirdoğen, Hatice Sancar Tokmak, Haki Peşman, Cansel Kadioğlu, Kübra Eryurt, Ulaş Üstün, Demet Kırbulut, Ayla Çetin Dindar, Harika Özge Aslan, , Rıdvan Elmas, Funda Eraslan, Sabiha Subaşı, Sevgi İpekçioğlu, Cezmi Ünal, Nilüfer Didiş, Derya Kaltakçı, and İbrahim Yaman, for their support and close friendship.

I gratefully acknowledge The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) for providing financial support as PhD Fellowship and as Abroad Research Fellowship.

I would also like to express my gratitude to my devoted parents for their supports and blessings. They tried their best to educate us.

I would like to express my deepest gratitude to my beloved husband, Bülent Damar, for his dedication. Without his support, patience, and encouragement, I would not be able to achieve PhD and this dissertation.

And finally, I would like to thank my lovely son. His existence provided me motivation and power to study.

## TABLE OF CONTENTS

|   |      |
|---|------|
| ABSTRACT .....  | iv   |
| ÖZ .....  | v    |
| ACKNOWLEDGEMENT .....   | vii  |
| TABLE OF CONTENTS.....  | viii |
| LIST OF TABLES .....  | xi   |
| LIST OF FIGURES .....   | xiii |
| LIST OF ABBREVIATIONS .....   | xiv  |
| CHAPTERS  |      |
| 1. INTRODUCTION .....   | 1    |
| 1.1 The Main Problem .....  | 3    |
| 1.1.1 The Sub-Problems .....  | 3    |
| 1.2 Hypotheses.....   | 4    |
| 1.3 Definition of Important Terms.....  | 4    |
| 1.4 Significance of the Study .....   | 5    |
| 2. LITERATURE REVIEW OF RELATED STUDIES .....   | 7    |
| 2.1. Scientific Inquiry .....   | 7    |
| 2.2. The Learning Cycle .....   | 8    |
| 2.2.1 The History of the Learning Cycle .....   | 8    |
| 2.2.2 Research Studies on the Learning Cycle .....                                      | 9    |
| 2.2.2.1 Research Studies on the 7E Learning cycle model .....                           | 25   |
| 2.3. Personal Epistemologies .....  | 27   |
| 2.3.1. Epistemologies as Developmental Stages .....                                     | 27   |
| 2.3.1.1 Perry's scheme .....  | 27   |
| 2.3.1.2 The reflective judgment model .....   | 28   |
| 2.3.1.3 Epistemological development as levels.....                                      | 29   |
| 2.3.2 Epistemologies as Beliefs.....  | 29   |
| 2.3.3 Epistemologies as Theories .....  | 29   |
| 2.3.4 Epistemologies as Resources.....  | 29   |
| 2.3.5. What the Epistemological Frameworks Suggest About Epistemological Development .. | 30   |
| 2.3.6. Research Studies on the Personal Epistemology .....                              | 30   |
| 2.4. Metacognition .....  | 34   |
| 2.4.1. Flavell's Conceptualization of Metacognition.....                                | 34   |
| 2.4.2. Brown's Conceptualization of Metacognition.....                                  | 35   |
| 2.4.3. Kluwe's Conceptualization of Metacognition .....                                 | 35   |
| 2.4.4. Jacobs and Paris's Conceptualization of Metacognition .....                      | 35   |
| 2.4.6 The research studies on metacognition in Science Education .....                  | 36   |
| 2.4.6.1 Research on Metacognitive Inquiry-Based Instructions.....                       | 44   |
| 2.5. Summary of the Literature Review .....   | 48   |
| 3. METHOD .....   | 51   |
| 3.1 Population and Sample .....   | 51   |
| 3.2 Variables.....  | 52   |
| 3.3 Instruments .....   | 52   |
| 3.3.1 The Maryland Physics Expectations Survey-II .....                                 | 52   |
| 3.3.2 Force and Motion Achievement Test .....   | 54   |
| 3.3.2.1 Pilot Study.....  | 55   |
| 3.3.2.2. Main Study .....   | 57   |
| 3.3.3 Classroom Observation Checklist .....   | 59   |
| 3.4 Instructional Materials .....   | 59   |
| 3.4.1 Activity sheets .....   | 59   |
| 3.4.2 Teacher Guides.....   | 62   |
| 3.4.3 Homework Sheets.....  | 62   |
| 3.4.4 Concept Map Drawing Guide.....  | 62   |
| 3.5 Research Design .....   | 62   |
| 3.6 Procedure .....   | 63   |

|  |     |
|--|-----|
| 3.7 The Implementation of the Treatment .....                              | 64  |
| 3.7.1 Treatment in the Experimental Group.....                             | 64  |
| 3.7.2 Treatment in the Control Group .....                                 | 69  |
| 3.8 Analyses of Data .....   | 69  |
| 3.8.1 Missing Data Analysis .....  | 69  |
| 3.8.2 Descriptive Statistics.....  | 69  |
| 3.8.3 Inferential Statistics .....   | 69  |
| 3.8.4 Power Analysis .....   | 70  |
| 3.8.5 Unit of Analysis .....   | 70  |
| 3.9 Assumptions and Limitations .....                                      | 70  |
| 4. RESULTS .....   | 71  |
| 4.1 Data Cleaning and Missing Data Analysis .....                          | 71  |
| 4.2 Descriptive Statistics .....   | 72  |
| 4.3 Inferential Statistics.....  | 74  |
| 4.3.1 Selecting Covariates.....  | 74  |
| 4.3.2 Homogeneity of Regression Assumption.....                            | 74  |
| 4.3.3 Multiple Regression Correlation (MRC) Analysis.....                  | 75  |
| 4.3.3.1 Assumptions of the MRC .....                                       | 76  |
| 4.3.3.2 Results of the MRC .....   | 78  |
| 4.3.4 One Way Analysis of Covariance (ANCOVA) .....                        | 80  |
| 4.3.4.1 Assumptions of ANCOVA .....  | 80  |
| 4.3.4.2 Result of ANCOVA.....  | 81  |
| 4.4 The Observation Checklist Results .....                                | 81  |
| 4.6 Summary of Results .....   | 84  |
| 5. DISCUSSION, CONCLUSION AND IMPLICATIONS .....                           | 85  |
| 5.1 Summary of the Study .....   | 85  |
| 5.2 Discussion of the Results .....  | 85  |
| 5.3 Internal Validity of the Study .....                                   | 87  |
| 5.4. External Validity of the Study.....                                   | 89  |
| 5.5. Conclusion of the Study .....   | 89  |
| 5.6. Implications .....  | 90  |
| REFERENCES .....   | 92  |
| APPENDICES   |     |
| A. THE TURKISH MPPEX-II .....  | 103 |
| B1. THE FIRST VERSION OF THE OBJECTIVE LIST .....                          | 107 |
| B2.THE FIRST VERSION OF THE FMAT-I .....                                   | 108 |
| B3. THE FIRST VERSION OF THE FMAT-II.....                                  | 116 |
| B4.THE FIRST VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-I.....    | 126 |
| B5. THE FIRST VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-II.....  | 127 |
| B6. EVALUATION CRITERIA .....  | 128 |
| C1.THE SECOND VERSION OF THE OBJECTIVE LIST FOR THE FMAT-I .....           | 129 |
| C2.THE SECOND VERSION OF THE FMAT-I USED IN THE PILOT STUDY .....          | 130 |
| C3.THE SECOND VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-II ..... | 138 |
| C4.THE SECOND VERSION OF THE OBJECTIVE LIST FOR THE FMAT-II .....          | 139 |
| C5.THE SECOND VERSION OF THE FMAT-II USED IN THE PILOT STUDY .....         | 140 |
| D.ITEMAN RESULTS FOR THE FMAT-I AND FMAT-II IN THE PILOT .....             | 149 |
| E1. THE FINAL VERSION OF OBJECTIVE LIST FOR THE MAIN STUDY .....           | 155 |
| E2. THE FINAL VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-I .....  | 156 |
| E3. THE FINAL VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-II.....  | 157 |
| E4. THE FINAL VERSION OF THE FMAT-I USED IN THE MAIN STUDY .....           | 158 |
| E5.THE FINAL VERSION OF THE FMAT-II USED IN THE MAIN STUDY .....           | 166 |
| F. ITEMAN RESULTS FOR THE FMAT-I AND FMAT-II IN THE MAIN STUDY .....       | 175 |
| G. KEYS FOR THE OBJECTIVE TYPE QUESTION IN THE FMAT-I AND II.....          | 181 |
| H1. THE GENERAL ANALYTIC SCORING FRAMEWORK .....                           | 182 |
| H2. SCORING RUBRICS FOR THE OPEN-ENDED QUESTION IN THE FMAT-I.....         | 183 |
| H3. SCORING RUBRICS FOR THE OPEN-ENDED QUESTION IN THE FMAT-II .....       | 191 |
| H4. STUDENTS' ANSWERS EXEMPLIFYING OBSERVED SUB-CATEGORIES.....            | 199 |

|   |     |
|---|-----|
| H5. THE FREQUENCIES AND THE PERCENTAGES OF SUBCATEGORIES FOR THE GROUPS FOR THE PREFMAT-I ..... | 209 |
| H6. THE FREQUENCIES AND THE PERCENTAGES OF SUBCATEGORIES FOR THE GROUPS FOR THE POFMAT-I.....   | 214 |
| H7. THE FREQUENCIES AND THE PERCENTAGES OF SUBCATEGORIES FOR THE GROUPS FOR THE POFMAT-II ..... | 219 |
| I. CLASSROOM OBSERVATION CHECKLIST .....  | 224 |
| J. ACTIVITY SHEETS.....   | 225 |
| K. THE GENERAL TEACHER GUIDE.....   | 278 |
| L. THE TEACHER GUIDES FOR ACTIVITY SHEETS .....   | 281 |
| M. HOMEWORK SHEETS.....   | 292 |
| N. CONCEPT MAP DRAWING GUIDE .....  | 303 |
| O. KEY WORDS .....  | 304 |
| P. STUDENTS' PRODUCTS .....   | 305 |
| Q. RAW DATA .....   | 327 |
| R. FREQUENCY TABLES FOR QUESTIONS IN THE INSRUMENTS .....                                       | 331 |
| S. PERMISSION DOCUMENT .....  | 340 |
| CURRICULUM VITAE .....  | 341 |

## LIST OF TABLES

|   |    |
|---|----|
| Table 2.1 Summary of studies conducted abroad and investigating the effect of the learning cycle in physics.....  | 11 |
| Table 2.2 Summary of studies conducted in Turkey and investigating the effect of the learning cycle in physics.....   | 13 |
| Table 2.3 Summary of studies investigating the effect of the learning cycle in chemistry.....   | 15 |
| Table 2.4 Summary of studies investigating the effect of the learning cycle in biology .....  | 17 |
| Table 2.5 Summary of studies investigating the effect of the modified learning cycle which was enriched with other teaching activities .....                                | 20 |
| Table 2.6 Sample size ranges, the percentages of studies falling to the related sample size ranges... ...   | 23 |
| Table 2.7 Grade levels and the percentages of studies assigned to each grade level. ....  | 23 |
| Table 2.8 Descriptive statistics of ESs of studies comparing the learning cycle to the traditional instruction in chemistry, physics, and biology and in total .....        | 24 |
| Table 2.9 Descriptive statistics of ESs of studies comparing the learning cycle to the traditional instruction on physics achievement in Turkey and abroad.....             | 24 |
| Table 2.10 Summary of the metacognitive studies conducted in science .....  | 37 |
| Table 2.11 Grade levels of participants included in the metacognitive studies and the percentages of the studies categorized into the grade level.....                      | 43 |
| Table 2.12 Sample size intervals and the percentages of the studies falling into these intervals.....   | 43 |
| Table 2.13 Descriptive statistics of ESs of 13 research studies investigating influence of metacognitive instruction on students' achievement.....                          | 44 |
| Table 2.14 Descriptive statistics of ESs of 12 research studies excluding the outlier study.....  | 44 |
| Table 3.1 Sample of the study in terms of the school, group and gender .....  | 51 |
| Table 3.2 The name, type, nature and scale of the variables in this study. ....   | 52 |
| Table 3.3 Items falling into each dimension and sub-dimension of MPEX-II.....   | 53 |
| Table 3.4 Summary statistics related to the ITEMPAN for multiple-choice and matching type of questions of the FMAT-I in the pilot study .....                               | 56 |
| Table 3.5 Summary statistics related to the ITEMPAN for multiple-choice and matching type of questions of the FMAT-II in the pilot study.....                               | 56 |
| Table 3.6 The source of the questions in the FMAT-I.....  | 57 |
| Table 3.7 The sources of the questions in the FMAT-II .....   | 57 |
| Table 3.8 Summary Statistics related to the ITEMPAN for objective type of questions of the FMAT-I in the main study .....   | 58 |
| Table 3.9 Summary Statistics related to the ITEMPAN for objective type of questions of the FMAT-II in the main study .....  | 58 |
| Table 3.10 Research design of the study .....   | 63 |
| Table3.11 The phases of the 7E learning cycle, epistemological and metacognitive and other activities used in the each phase and the aims of each phase of the EM-7ELC..... | 64 |
| Table 3.12 Metacognitive and epistemological activities and their occurrence in the activity sheets .   | 65 |
| Table 4.1 Variables in the study, the values of missing in these variables and percentage of missing values.....  | 71 |
| Table 4.2 Variables in the study, the values of missing in these variables and percentage of missing values after excluding missing subjects in the post-tests.....         | 71 |
| Table 4.3 Descriptive statistics for the continuous variables of the study .....  | 72 |
| Table 4.4 The ESs calculated on the POFMAT-I, POFMAT-II, and POMPEX .....   | 73 |
| Table 4.5 Correlations among the variables in the study .....   | 73 |
| Table 4.6 Descriptive statistics for the POTFMAT .....  | 74 |
| Table 4.7 The correlations among the variables including the POTFMAT and excluding the POFMAT-I and POFMAT-II .....   | 74 |
| Table 4. 8 The result of the MRC for the POTFMAT .....  | 75 |
| Table 4.9 The result of the MRC for the POMPEX .....  | 75 |
| Table4.10. Descriptive statistics of residuals, Mahalanobis Distance, Cook's Distance and Centered Leverage Value for POTFMAT .....   | 77 |
| Table 4.11 Coefficients of independent variables included in the regression model when the POTFMAT is dependent variable. ....  | 79 |

|  |    |
|--|----|
| Table 4.12 Levene's Test of Equality of Error Variances .....                                | 80 |
| Table 4.13 The results of ANCOVA for the POMPEX scores .....                                 | 81 |
| Table 4.14 The mean and standard deviation of the items in the checklist for each group..... | 82 |

## LIST OF FIGURES

|   |    |
|---|----|
| Figure 3.1 A refinement diagram is used in Tutorials in Physics Sense-Making .....  | 60 |
| Figure 3.2 The seating arrangement of one of the experimental classes when they started Activity 2.....   | 66 |
| Figure 3.3 The refinement diagram for “the object ahead moves faster” intuitive knowledge.....  | 68 |
| Figure 4.1 Normal P-P plot of regression standardized residual for the POTFMAT .....  | 76 |
| Figure 4.2 Scatterplot of standardized residual for the POTFMAT .....   | 77 |
| Figure 4.3 The regression lines of the PREMPEX on the POTFMAT for control and the EM-7ELC<br>group .....  | 78 |
| Figure 4.4 The regression lines of the PREMPEX on the POTFMAT for control and the EM-7ELC<br>group when Johnson-Neyman confidence band was included. .... | 79 |

## **LIST OF ABBREVIATIONS**

|           |  |
|-----------|--|
| EM-7ELC   | : Epistemologically and Metacognitively Improved 7E Learning Cycle |
| TI        | : Traditional Instruction  |
| ATTHS     | : Anatolian Teacher Training High School                           |
| DV        | : Dependent Variable   |
| IV        | : Independent Variable   |
| MPEX-II   | : Maryland Physics Expectations-II                                 |
| POMPEX    | : Post-Test Scores on the Maryland Physics Expectations-II         |
| FMAT-I    | : Force and Motion Achievement Test- I                             |
| POFMAT-I  | : Post-Test Scores on Force and Motion Achievement Test- I         |
| POFMAT-II | : Force and Motion Achievement Test- II                            |
| POFMAT-II | : Post-Test Scores on Force and Motion Achievement Test- II        |
| PREMPEX   | : Pre-Test Scores on the MPEX-II                                   |
| PREFMAT-I | : Pre-Test Scores on Force and Motion Achievement Test- I          |
| POTFMAT   | : Post-Test Scores on Total Force and Motion Achievement Test      |
| TMT       | : Teacher-Made Physics Achievement Test                            |
| IM        | : Instructional Method   |
| FCI       | : Force Concept Inventory  |
| FMCE      | : Force and Motion Conceptual Evaluation                           |
| TUG-K     | : Test of Understanding Graphs-Kinematics                          |
| MBT       | : Mechanics Baseline Test  |
| THSPC     | : Turkish High School Physic Curriculum                            |
| PERG      | : Physics Education Research Group                                 |
| OST       | : Open-Source Tutorials  |
| SPSS      | : Statistical Package for Social Studies                           |
| ATI       | : Aptitude Treatment Interaction                                   |
| MANCOVA   | : Multivariate Analysis of Covariance                              |
| ANCOVA    | : Analysis of Covariance   |
| MRC       | :Multiple Regression Correlation                                   |
| ES        | : Effect Size  |



## **CHAPTER 1**

### **INTRODUCTION**

Recent educational documents in Turkey (Turkish physics curriculum development commission, 2007) and overseas (National Research Council, 1996) pointed out the importance of inquiry-based learning for students. For example, according to National Science Education Standards,

Inquiry is central to science learning. When engaging in inquiry, students describe objects and events, ask questions, construct explanations, test those explanations against current scientific knowledge, and communicate their ideas to others. They identify their assumptions, use critical and logical thinking, and consider alternative explanations. In this way, students actively develop their understanding of science by combining scientific knowledge with reasoning and thinking skills (p. 2).

Inquiry-based learning creates a learning environment where students define and investigate problems, formulating hypotheses, designing experiments, gathering data, and driving conclusions about problems. Inquiry-based learning has several advantages. Some of them are improving intellectual power and intrinsic motivation, helping to learn how to investigate, enhancing memory retention, leading student-centered instruction, contributing self-concept and allowing more time for assimilation and accommodation of information (Trowbridge, Bybee, & Powell, 2004).

There are several kinds of inquiry-based learning methodologies used in science education. The learning cycle is one of them (Abraham, 2003; Marek & Cavallo, 1997). Research studies found that the learning cycle has been more effective than traditional instruction for enhancing students' achievement and conceptual understandings in physics (Açıslı & Turgut, 2011; Açıslı, Altun-Yalçın, & Turgut, 2011; Ateş, 2005a; 2005b; Ateş & Polat, 2005; Barman, Barman, & Miller, 1996; Cherry, 2011; Coborn et al., 2010; Ergin, Kanlı, & Ünsal, 2008; Hussain, Azeem, & Shakoor, 2011; Kanlı & Yagbasan, 2008; Nuhoglu & Yalçın 2006; Turgut & Gurbuz, 2011; Yılmaz & Huyugüzel Çavaş, 2006; Zolman, 1990), in chemistry (Ağgül-Yalçın & Bayrakçeken, 2010; Akar, 2005; Bektaş, 2011; Ceylan & Geban, 2009; Ekici, 2007; Kilavuz, 2005; Köseoğlu & Tümay, 2010; Pabuçcu, 2008; Sevinç, 2008; Siribunnam & Tayraukham, 2009), and in biology (Atilboz, 2007; Balci, 2009; Balci, Cakiroglu, & Tekkaya, 2006; Budprom, Suksringam, & Singsriwo, 2010; Cakiroglu, 2006; Dogru-Atay & Tekkaya, 2008; Ebrahim, 2004; Ercan, 2009; Harurluoğlu & Kaya, 2011; Kaynar, Tekkaya, & Cakiroğlu, 2009; Lord, 1999; Marek, Cruse, Cowan, & Cavallo, 1994; Musheno & Lawson, 1999; Oren & Tezcan, 2008; Sadi & Cakiroğlu, 2010; Saygin, 2009; Saygin, Atilboz, & Salman, 2006).

Moreover several studies indicated the positive effects of the learning cycle on retention of learning (Harurluoğlu & Kaya, 2011; Küçükyılmaz, 2003; Sriwattanarothai, Jittam, Ruenwongsa, & Panijpan, 2009; Turgut & Gurbuz, 2011), on students' attitudes in physics, chemistry and biology (Açıslı & Turgut, 2011; Balci, 2009; Billings, 2001; Brown, 2000; Ebrahim, 2004; Ergin et al., 2008; Farrell, Moog, & Spencer, 1999; Hokkanen, 2011; Kaynar, 2007; Lord, 1999; Oren & Tezcan, 2009; Parker & Gerber, 2000; Siribunnam & Tayraukham, 2009; Thien Huong, 1997; Yılmaz & Huyugüzel Çavaş, 2006), on science process skills (Açıslı & Turgut, 2011; Budprom et al., 2010; Campbell, 1977; Cumo, 1991; Kanlı & Yagbasan, 2008; Poliyem, Nuangchaler, & Wongchantra, 2011; Sevinç, 2008), on thinking skills (Budprom et al., 2010; Mecit, 2006; Oren & Tezcan, 2008; Siribunnam & Tayraukham, 2009; Temel, Dincol-Ozgur, & Yilmaz, 2012), on their science perceptions (Campbell, 2006; Köseoğlu & Tümay, 2010; Liu, Peng, Wu, & Lin, 2009; Sriwattanarothai et al., 2009), and epistemological understandings (Bektaş, 2011; Kaynar et al., 2009). However, when the outcomes of instructions relied on the learning cycle are considered, few studies explored the influence of the learning cycle on students' epistemological understandings.

The learning cycle first was introduced by Karplus and Thier (1967). It consists of three phases, namely, the exploration, invention, and discovery. The initial learning cycle was enhanced into five

phases and named as the 5E learning cycle (Bybee, 1997). Finally, the 5E learning cycle was expanded into the 7E learning cycle by Eisenkraft (2003). This learning cycle differs from other learning cycles with more emphasis on eliciting prior knowledge and transfer of knowledge. Both abroad and in Turkey, most of the learning cycle studies explored the effectiveness of the 3E and 5E learning cycle. On the other hand, the effectiveness of the 7E learning cycle has been examined in a few studies. Thus, there is a need to study further the effect of the 7E learning cycle in science education. According to the studies investigating the effect of the 7E learning cycle experimentally, the 7E learning cycle promoted students' achievement and conceptual understandings (Bulbul, 2010; Kanli & Yagbasan, 2008; Poliyem et al., 2011; Siribunnam & Tayraukham, 2009), their attitudes (Bulbul, 2010; Siribunnam & Tayraukham, 2009), their science process skills (Kanli & Yagbasan, 2008; Poliyem et al., 2011) and their thinking skills (Mecit, 2006; Siribunnam & Tayraukham, 2009).

On the other hand, even with the use of the best teaching method, the result might be unsatisfactory. Additional variables related to students' learning might influence effectiveness of learning activities. For instance, research showed students' epistemological understandings affect their responses to learning activities (Hammer, 1994; Hogan, 1999; Rosenberg, Hammer, & Phelan, 2006; Sandoval, 2005; Tsai, 1998) in science and mathematics. Hogan (1999) investigated how middle school students' epistemological views were related with their approaches to constructing knowledge with their friends. The researcher found the association between students' personal frameworks for science learning and their participation in collaborative knowledge-building tasks. Therefore, science instruction should take into account students' personal epistemologies as well. However, most of physics curricula which have been proved to improve students' conceptual understandings do not influence their epistemological understandings in similar way (Elby, 2001; Redish, Saul, & Steinberg, 1998). Put in different terms, the implicit instructions focusing on students' conceptual development and assuming their epistemological understandings would improve in the same way are not so effective compared to the instruction explicitly focusing on their epistemological development (Elby, 2001; Redish & Hammer, 2009; Sandoval & Morrison, 2003) in terms of promoting their epistemological understandings. However, the limited number of studies inspected the effectiveness of epistemological instructions in which students' personal epistemologies were explicitly emphasized in science and other domains. Furthermore, although the studies did not explicitly declare the theoretical frameworks underlying their research, their approaches to instruction design provided clues about what theoretical frameworks they supported. Most of these studies employed the idea that students' epistemologies are made of coherent, stable, and context-independent epistemological beliefs the student either has or does not have (Hammer & Elby, 2002) to design their instructions. Relying on this view, they implemented strategies similar to ones used in traditional conceptual change approach to change students' naïve beliefs with more sophisticated beliefs. However, many studies provided supporting evidences that students' personal epistemologies are context-dependent rather than coherent, context-independent stable beliefs (Leach, Millar, Ryder, & Sere, 2000; Lising & Elby, 2005; Louca, Elby, Hammer, & Kagey, 2004; Rosenberg, Hammer, & Phelan, 2006; Roth & Roychoudhury, 1994; Sandoval & Morrison, 2003; Songer & Linn, 1991). In other words, the results of these studies supported the resources framework for personal epistemology. This personal epistemology framework argues that students have a set of fine grained resources related to their views about the nature of knowledge, knowing, and learning. The activation of these resources is context-dependent. Therefore, epistemological instructions should aim to co-activate and stabilize epistemological resources the individual already has rather than removal of old beliefs for development of their epistemological understandings (Elby & Hammer, 2010). Furthermore, except for the study of Elby (2001), all of the studies emphasizing explicit epistemological instruction conducted their research for university students. Unlike Elby's (2001) and Redish and Hammer's (2009) studies, other personal epistemology studies tested their instructions in educational psychology or similar courses and aimed mainly to change students' epistemological beliefs. Thus, more research is needed for exploring the impact of explicitly epistemological instruction in science and in lower grade levels. In addition, the researcher of the current study could not reach any study testing the effectiveness of the explicit epistemological instruction focusing on students' personal epistemologies in Turkey.

Moreover, both scientific inquiry and epistemology researchers emphasize the importance of metacognition for students' learning. Several researchers claimed the necessity of metacognitive skills for scientific inquiry (Baker, 1991; Schraw, Crippen, & Hartley, 2006; White & Frederiksen, 1998, 2000). For instance, according to Schraw, Crippen, and Hartley (2006), scientific inquiry requires metacognitive skills such as planning, monitoring, reflection, and self-evaluation of learning.

Furthermore, Baker (1991) suggested that using metacognition enables science educators to provide better ways for their students to learn from text materials and to promote independence in learning through lectures, discussion, laboratory work, and hands-on activities. White and Frederiksen (1998) pointed out the importance of metacognitive reflection in inquiry processes. Furthermore, Weaver (1998) summarizes the successful and unsuccessful teaching practices. The study indicated that laboratory activities can improve conceptual change when discussion and reflection are integrated into them. A number of studies in science provided evidence that metacognitive instruction had positive impact on students' conceptual understandings and achievement (Akgül, 2010; Alemdar, 2009; Bianchi, 2007; Hoffmann, 2010; Koch, 2001; Michalsky, Mevarech, & Haibi, 2009; Mittlefehldt & Grotzer, 2003; Peters & Kitsantas, 2010; Polat, 2010; Saribas, 2009; Sbhatu, 2006; Tien, 1998; Viko, 2010; Yildiz, 2008; White & Frederiksen, 1998; Yuruk, Beeth, & Andersen, 2009), on the retention of learning (Adey & Shayer, 1993; Akgül, 2010; Alemdar, 2009; Bianchi, 2007; Blank, 2000; Georghiades, 2004; Yuruk et al 2009), on the transfer of learning (Alemdar, 2009; Georghiades, 2006; Lin & Lehman, 1999; Mittlefehldt & Grotzer, 2003; Sbhatu, 2006), students' metacognition (Abd-El-Khalick & Akerson, 2009; Baird & White, 1984; Butterfield, 2012; Cakir, 2011; Hennessey, 1999; Larkin, 2006; Michalsky et al., 2009; Yildiz, 2008) attitudes towards science and learning (Akgül, 2010, Baird & White, 1984; Tien, 1998) and scientific inquiry skills (Dejonckheere, de Keere, & Tallir, 2011; Lin & Lehman, 1999; Saribas, 2009; Tien, 1998; White & Frederiksen, 1998). Studies exploring the usefulness of metacognitive inquiry-based instruction in which scientific inquiry was incorporated with metacognitive activities (e.g., Saribas, 2009; Tien, 1998; White & Frederiksen, 1998) included very small portion of the metacognitive studies conducted in science. In Turkey, compared to the number of studies employing the learning cycle, there were few studies testing metacognitive instruction in science (Akgül, 2010; Alemdar, 2009; Cakir, 2011; Saribas, 2009; Kirbulut, 2012; Polat, 2010; Yildiz, 2008). Only three of them were metacognitive inquiry studies whose participants included pre-service teachers or elementary students (Cakir, 2011; Saribas, 2009, Yildiz, 2008).

In addition, there are few studies integrated metacognition into the learning cycle (Blank, 2000; Appamaraka, Suksringarm, & Singseewo, 2009; Sornsakda, Suksringarm, & Singseewo, 2009; Yildiz, 2008). However, all used the same integration following Blank's study. Therefore, investigating different integrations using different metacognitive strategies are needed.

Similarly, metacognition is a significant factor for personal epistemology researchers as well (Bendixen & Rule, 2004; Bendixen & Feucht, 2010; Elby & Hammer, 2010; Rule & Bendixen, 2010). According to Bendixen and Rule (2004), metacognition is very crucial for the effectiveness and durability of personal epistemology development. They proposed an integrated model framework for explaining the development of personal epistemologies. Metacognition is one of main elements for this model. Likewise, according to Elby and Hammer (2010), metacognitive monitoring is needed for the co-activation and stabilization of epistemological resources. There is no study explicitly addressing on the personal epistemology in the learning cycle instruction.

In conclusion, in the light of above discussion, the purpose of this study is to investigate the effect of the epistemologically and metacognitively improved 7E learning cycle (EM-7ELC) on tenth grade students' physics achievement and epistemological understandings in physics.

## **1.1 The Main Problem**

The main problem of this study is:

What is the effect of the EM-7ELC as compared to the traditional instruction (TI) on tenth grade Anatolian teacher training high school (ATTHS) students' physics achievement on force and motion unit and epistemological understandings in physics in Ankara?

### **1.1.1 The Sub-Problems**

The sub-problems of the study are as follows;

SP1: What are the effects of the EM-7ELC and the TI on tenth grade ATTSH students' physics achievement on force and motion unit in Ankara?

SP2: What are the effects of the EM-7ELC and the TI on tenth grade ATTHS students' epistemological understandings in physics in Ankara?

## 1.2 Hypotheses

The research problem is tested with the following null hypotheses.

H<sub>0</sub>1: There is no significant overall effect of the EM-7ELC and the TI on the population means of the collective dependent variables of tenth grade ATTHS students' post-test scores of physics achievement in force and motion unit and epistemological understandings in physics when the effect of students' pre-test scores of physics achievement in force and motion unit and epistemological understandings in physics are controlled.

H<sub>0</sub>1.1: There is no significant effect of the EM-7ELC and the TI on the population means of tenth grade ATTHS students' post-test scores of physics achievement in force and motion unit when the effect of students' pre-test scores of physics achievement in force and motion unit and epistemological understandings in physics are controlled.

H<sub>0</sub>1.2: There is no significant effect of the EM-7ELC and the TI on the population means of tenth grade ATTHS students' post-test scores of epistemological understandings in physics when the effect of students' pre-test scores of physics achievement in force and motion unit and epistemological understandings in physics are controlled.

## 1.3 Definition of Important Terms

The important terms used in the study can be defined as follows;

The 7E learning cycle is an inquiry based learning strategy that requires dividing instruction into seven phases which are named as the elicit, engage, explore, explain, evaluate, elaborate, and extend phases (Eisenkraft, 2003). The main distinction of the 7E learning cycle from the 5E learning cycle is putting more emphasis on eliciting students' prior understandings and transfer of learning.

Metacognitive activities are the activities prompting students to engage in metacognitive thinking.

Epistemological activities are activities prompting students to thinking about the nature of knowledge, knowing, and learning. In this study, epistemological activities were used for promoting students' understandings of nature of physics knowledge and learning in physics.

The instruction based on the epistemologically and metacognitively stimulated 7E learning cycle (EM-7ELC) is an instruction in which metacognitive and epistemological activities were integrated into seven phases of the 7E learning cycle.

Traditional physics instruction is an instruction in which students are mostly in the passive listener role and teachers are in the knowledge transmitter role. First, teachers explain topics, then, solve a few example questions and have students solve similar questions on the board.

Physics achievement in force and motion unit is a measurement of what students know about force and motion unit according to pre-specified learning objectives. In this study, Force and Motion Achievement Test-I and II (see Appendix E4 and E5) were administered to measure students' achievement in force and motion unit.

Epistemological understanding is individuals' views of the nature of knowledge, knowing, and learning (Hofer & Pintrich, 1997; Elby & Hammer, 2010). In the present study, the Turkish Maryland Physics Expectation-II survey given in Appendix A was used to probe students' epistemological understandings in physics.

#### **1.4 Significance of the Study**

Based on discussion conducted at the beginning of this chapter, many studies indicate that the instruction relied on the learning cycle has been effective for improving students' achievement in science. On the other hand, a great deal research also shows that students' epistemological understandings influence their approaches to learning activities. The research also demonstrates explicitly epistemological instructions are more effective than implicit epistemological instructions. Therefore, the instruction relied on the learning cycle should explicitly take into account students' epistemological understandings. However, the researcher could not find any learning cycle study explicitly focusing on students' personal epistemologies.

Furthermore, scientific inquiry and personal epistemology researchers strongly suggest the explicit integration of metacognition into inquiry-based instructions or epistemological instructions. However, this incorporation is rarely studied. Furthermore, there was no research investigating effectiveness of an inquiry based teaching strategy which explicitly emphasizes both metacognition and the personal epistemology. Therefore, this study will fill the gaps mentioned above by investigating the effectiveness of the 7E learning cycle as an inquiry based teaching strategy in which both metacognition and the personal epistemology are explicitly integrated.

Furthermore, most of epistemological studies exploring the effect of explicitly epistemological instruction designed their instruction by viewing students' personal epistemologies as context-free, stable, and coherent and made research at undergraduate or graduate levels. However, this study advocates that students' epistemologies include various resources whose activations depend on contexts. Therefore, instead of aiming to change old naïve beliefs, the instruction aimed the activation of the productive resources students already had. The current study makes contribution to personal epistemology literature by exploring effectiveness of this type of epistemological instruction for high school students.

In particular, in Turkey, this study is the first research in science in which students' personal epistemologies were explicitly considered in the instruction and in which the 7E learning cycle was integrated with metacognitive instruction.

In conclusion, this study contributes to science education by providing evidences for the effectiveness of the 7E learning cycle combined with metacognitive and epistemological activities with respect to high school students' achievement and epistemological understandings. Moreover, this study provides a sample of instructional activities relied on the 7E learning cycle, metacognition, and the personal epistemology all together for teachers, researchers, curriculum developers, and textbook writers. The new Turkish high school physics curriculum recommends teachers use more student-centered instruction. Teachers can apply the instructional materials of this study, entirely or partly in their instruction for this purpose. They can also design their own instructional materials similar to those of this study for other topics or other subject domains. Curriculum developers can benefit from results and instructional materials of this study to revise or develop their curriculum to integrate scientific inquiry with metacognition and the personal epistemology. Likewise, the textbook writers can adapt the instructional materials of this study into their textbooks and write the teacher guide books using the teacher guides developed in this study.



## **CHAPTER 2**

### **LITERATURE REVIEW OF RELATED STUDIES**

This chapter is comprised of the review of the related literature for this study. In the first section, the discussion on the conceptualization of scientific inquiry is presented to show how the present study approaches to scientific inquiry. The rest of this chapter is divided to three parts corresponding to the reviews of studies focusing on the learning cycle, which is an inquiry-based teaching strategy, the personal epistemology, and metacognition. The structures of these parts are similar. In each part, first, the respective theoretical studies are summarized; then, the related experimental research studies are reviewed. The experimental studies investigating the effect of the learning cycle and metacognition are tabulated and discussed in terms of sample size, the length of the studies, grade levels of participants, outcomes of studies, and effect sizes of studies. Some of these studies which are more similar to the present study are discussed in detail and compared to the current study. In the last section of this chapter, the summary of the literature review is presented.

#### **2.1. Scientific Inquiry**

The term of inquiry has an important position in most of recent educational reform documents, such as National Science Education Standards, AAAS Benchmarks for Science Literacy and Turkish high school physics curriculum. On the other hand, there is lack of agreement on what inquiry means for science educators and researchers. Terms associated with scientific inquiry in the research studies have wide spectrum. Abd-El-Khalick, et al (2004, pp. 411-412) provided a list for terms and phrases used to characterize the role of inquiry in science education in their study emerged from an international symposium about scientific inquiry. The list contains scientific processes, scientific method, experimental approach, problem solving, conceiving problems, formulating hypotheses, designing experiments, gathering and analyzing data, and drawing conclusions, deriving conceptual understandings, examining the limitations of scientific explanations, methodological strategies, knowledge as “temporary truths”, practical work, finding and exploring questions, independent thinking, creative inventing abilities, and hands-on activities.

Grandy and Duschl (2007) suggested a general summary of the consensus on inquiry that obtained through the papers, comments and discussions at another conference related to scientific inquiry. Based on this conference, they suggested the practices of scientific inquiry including conceptual, epistemic and social dimensions. They provided a current list of aspects of scientific inquiry to clarify what inquiry includes. These involve posing questions, refining questions, evaluating questions, designing experiments, refining experiments, interpreting experiments, making observations, collecting data, representing data, analyzing data, relating data to hypotheses/models/theories, formulating hypotheses, learning theories, learning models, refining theories, refining models, comparing alternative theories/models with data, providing explanations, giving arguments for/against models and theories, comparing alternative models, making predictions, recording data, organizing data, discussing data, discussing theories/models, explaining theories/models writing about data, writing about theories/models, reading about data, and reading about theories/models.

Hammer, Russ, Mikeska, and Sherr (2005) agreed with Grandy and Duschl's (2007) suggestion that scientific inquiry involves some form of dialogue among evidence, theory, and models. They provide a working definition of inquiry built on some examples of scientific inquiry performed by students.

The examples Hammer et al (2005, p. 12) suggested were;

- arguing from a sense of mechanism to explain a prediction,
- arguing from a sense of mechanism to explain a result,
- drawing connections to other observations,
- asking for precision and clarity in their explanations,

- valuing replication, in emphasizing repeated results,
- drawing distinctions between two similar ideas,
- checking for consistency among lines of reasoning.

Based on these examples, they defined “inquiry in science is the pursuit of coherent, mechanistic accounts of natural phenomena” (p. 13). Mechanistic is clarified as students’ sense of causes and effects emerged from their experiences or inferences. Coherent is described as internally-consistent and stable. In other words, different parts of the account are consistent each other, and the account is consistent over time. In the present study, the definition of scientific inquiry provided by Hammer et al (2005) was taken into account to design the inquiry activities. In the next section, the learning cycle in which inquiry is embodied is explained.

## **2.2. The Learning Cycle**

The learning cycle is one of inquiry-based teaching methodologies used in science education (Abraham, 2003; Marek & Cavallo, 1997). Learning cycle is useful model for instruction and curriculum development (Cavallo & Laubach, 2001; Lawson, Abraham, & Renner, 1989; Musheno & Lawson, 1999). It is a teaching approach in which the teacher can employ to diagnose students’ conception about scientific principles (Lawson et al., 1989). In addition, students experience a part of science in the learning cycle (Colburn & Clough, 1997).

Lawson et al. (1989) proposed objectives for educational system; namely, to obtain set of meaningful and useful concepts and conceptual systems, to acquire skills in using the thinking patterns necessary for independent creative and critical thought and to gain confidence in their ability to apply their knowledge to learn, to solve problems, and make carefully reasoned decisions. To succeed these objectives, students should reveal their prior conceptions and test them in a learning environment where ideas are openly created, discussed and tested. The learning cycle lets this to happen. Similarly, Odom and Kelly (2001) claimed that main idea underlying the learning cycle is that it provides opportunities for students to explore their belief systems which might result in argumentation, prediction, hypothesis testing, self-regulation, and knowledge construction.

To the best of the researcher’s knowledge, there is only one meta-analysis study on the learning cycle to date. This meta-analysis was conducted by Guzzetti, Snyder, Glass, and Gamas (1993) to show effectiveness of the 3E learning cycle for eliminating misconceptions. They indicated that when the lecture, teacher-led discussion, non-refutational text, and audiovisuals were incorporated in the learning cycle, the average effect size resulted in about 1/4 standard deviation unit. Guzzetti et al. (1993) also concluded that the inclusion of additional strategies produced larger effects. The inclusion of a traditional laboratory into the learning cycle led to larger effects compared to the approach without a laboratory. For instance, the differential effect become about 1.5 standard deviations when the addition of instructional modeling, peer discussion, non-refutational text, Socratic teaching, the laboratory into the learning cycle and this was contrasted to a learning cycle that contained peer discussion, non-refutational text, and no laboratory. However, when the same comparison was conducted without the laboratory component, the effect was only about 1/3 standard deviation. Moreover, they concluded that a laboratory combined with other forms of traditional instructional such as, lecture, demonstration, and non-refutational text was much less effective compared to the learning cycle combined with the traditional instruction. As Guzzetti et al. pointed in this meta-analysis study, the effect of the learning cycle was evaluated by conjunction with other included strategies. Therefore, based on these comparisons, it is hard to argue that the observed differences between groups are because of the learning cycle or the integrated strategies such as teacher-led discussion, non-refutational text, and audiovisuals.

In the next section, the evolution of the learning cycle is shortly explained. Then, the research studies on the learning cycle are discussed.

### **2.2.1 The History of the Learning Cycle**

The learning cycle was first developed by Karplus and Thier (1967). This learning cycle consisted of Exploration, Invention and Discovery phases. Later, the phases were referred to as Exploration, Term introduction and Concept Application by Lawson (1988 as cited in Lawson et al., 1989). According to Lawson et al. (1989), the exploration phase guides students to explore new materials and/or ideas,

which helps students to discover patterns of regularity and raise questions that students then attempt to answer. In the term introduction phase, the teacher introduces terms to label the patterns and to explain the newly invented concepts. The concept application prompts students to search the patterns elsewhere and to apply the new concepts to additional examples. The three-phase learning cycle was originated from Piaget's model of mental functioning. The exploration phase of the learning cycle leads learners to assimilate the science concepts. That is, to develop concept understanding, students gather the related data via direct experiences and do so until they meet disequilibrium. The concept introduction phase guides students in the interpretation of their data and experiences which results in re-equilibrium and the accommodation of the science concept. The concept application phase supplies opportunities for learners to relate the newly developed science concept to everyday examples and to other concepts via a cognitive process called organization (Marek, Laubach, & Pedersen, 2003).

The 5E learning cycle developed from the three-phase learning cycle demands instruction to contain five discrete elements: the engage, explore, explain, elaborate, and evaluate (Bybee, 1997). Finally, the proposed 7E learning cycle expands the engage element into two components; the elicits and engage. Similarly, it expands the two stages of the elaborate and evaluate into three components, the elaborate, evaluate, and extend. According to Eisenkraft (2003), these changes do not imply adding complexity, but rather to ensure instructors not to omit crucial elements for learning from their lessons while under the incorrect assumption they are meeting the requirements of the learning cycle.

According to Settlage (2000), every learning cycle has the same inductive instructional sequence irrespective of the different number of phases at the center. The learning cycle starts to engage students in investigating the selected natural phenomena. When the students explore, the teacher facilitate, guide them but not direct them as they work. After the exploration phase, the teacher directs a discussion period in which students share their observations with their classmates. Through the classroom discussion the teacher links student experiences to the target science concepts. After the concept has been identified students participate in additional activities to apply their recently formed conceptions to new situations.

The 7E learning cycle has seven phases which are called as the elicit, engage, explore, explain, elaborate, evaluation and extend. Eisenkraft (2003) describes these phases as follows; The elicit phase involves taking into account students' prior knowledge and conceptions. The engage phase includes triggering students' attention, getting students to think about the subject matter, raising questions in students' minds. The explore phase of the learning cycle engages students in observing, recording data, isolating variables, designing and planning experiments, creating graphs, interpreting results, developing hypotheses, and organizing their findings. In this phase, teachers may formulate questions, recommend approaches, give feedback, and evaluate understandings. In the explain phase, students are presented to models, laws, and theories. In the elaborate phase of the learning cycle, students apply their knowledge to new situations, which may involve raising new questions and hypotheses to explore. The inclusion of the extend phase to the elaborate phase is aimed to clearly remind teachers the importance of practicing the transfer of learning for students. Students need to apply their knowledge into a new context and is not limited to simple elaboration. The evaluate phase of the learning cycle involves both formative and summative evaluations of students' understandings. Formative evaluation should not be restricted to a specific phase of the learning cycle. Formative evaluation should happen during all interactions with students.

### **2.2.2 Research Studies on the Learning Cycle**

In this section, first, the general synthesis of research studies exploring the effectiveness of the learning cycle in science is conducted. Then, the studies addressing on the 7E learning cycle are discussed deeply.

In the current study, 96 research studies published between 1977 and 2012 in science and assessing treatment effect of the learning cycle either between-groups or within-group were reviewed. The selection procedure of the studies was explained in Section 3.6 further. The studies are categorized in Table 2.1, 2.2, 2.3, and 2.4 in terms of the subject domain. Table 2.1 shows the summary of studies carried out abroad and investigating the effect of the learning cycle in physics while Table 2.2 presents the summary of studies made in Turkey. Furthermore, the studies conducted in chemistry domain are summarized in Table 2.3, and the studies investigating the effect of the learning cycle in biology are recapped in Table 2.4. The numbers of studies for each subject domain were 40 for

physics, 15 for chemistry and 41 for biology. The abbreviations used for the tables are given at the bottom of each table. The studies in physics were divided into two groups which were conducted abroad and in Turkey. Separately, Table 2.5 contains 16 studies in which the learning cycle was enriched with other teaching activities, such as computer simulations, concept maps, metacognitive activities, and conceptual change texts. The tables include the reference of the study, the topic study covered, which type of learning cycle was implemented in the study, the treatment the learning cycle compared to, the participants, length and outcomes of the study. Moreover, the tables show effect sizes (ES) for relative magnitude of the treatment effect on related dependent variables and ESs which were calculated by the researcher of the present study. Specifically, the tables have eight columns which are named as (1) study, (2) type of the learning cycle, (3)sample, (4)comparison to, (5) length, (6)outcomes, (7)practical importance (ES), and (8)Calculated Cohen's d. The study column indicates the reference of the study and topic covered in the study. The type column shows type of learning cycle, such as the 3E learning cycle and the 5E learning cycle, implemented in the study. The sample column indicates the number of participants and grade level of the participants included in the study. The compared to column demonstrates comparison treatments. The length column presents the durations of the studies. The outcomes column shows the variables addressed in the learning cycle studies. The practical importance indicates the values of effect sizes reported in the studies. Finally, the calculated Cohen's d column shows Cohen's d values which were calculated by the researcher of the current study for the studies not reporting any effect sizes or for the studies reporting effect sizes using different indices instead of Cohen's d. These columns are explained further at the followings.

According to Table 2.1, 2.2, 2.3, and 2.4, over 80 studies excluding the modified learning cycle studies, 43 studies focused on the 5E learning cycle, 29 studies applied the 3E learning cycle , five studies employed the 7E learning cycle and three studies implemented the 4E learning cycle. It can be seen that compared to the 3E and 5E learning cycle, the effectiveness of the 7E learning cycle was investigated in limited number of studies.

Table 2.1 Summary of studies conducted abroad and investigating the effect of the learning cycle in physics

| Study   | Type | Sample & Grade                          | Compared to | Length | Outcomes  | Practical Importance | Calculated Cohen's d*   |
|---|------|---|-------------|--------|---|----------------------|---|
| 1.Campbell (1977)<br>Introductory Physics-I     | 3E   | 55 &<br>UG                              | TL          | 1 S    | Similar physics achievement & formal reasoning,<br>Better attitude toward science,<br>Similar content learning related to laboratory,<br>Higher scores on variable identification,<br>Less attrition rate<br>Similar self-directedness. | NR                   | 0.38 for achievement<br>0.85 for variable identification<br>NED for attitude<br>0.11 for self-directedness<br>NED for attrition |
| 2.Zollman (1990)<br>Introductory Physics        | 3E   | NR &<br>UG                              | TI          | 15 We  | Similar attitudes toward courses<br>Higher score in all topics<br>Higher score on conceptual explanation and calculation ability<br>Lower score on recall   | NR                   | NED   |
| 3. Gang (1995)<br>Archimedes' principles        | 3E   | 35 &<br>7 <sup>th</sup>                 | NC.         | NR     | Good conceptual understanding (ISNM)  | NR                   |   |
| 4.Barman, et al (1996)<br>Sound                 | 3E   | 34 &<br>5 <sup>th</sup>                 | TI          | 2 We   | Better conceptual understanding   | NR                   | 0.18  |
| 5. Thien Huong (1997)<br>Electromagnetism       | 3E   | 120 UG                                  | W           | 2 M    | Improvement in scientific knowledge & technological applications,<br>Positive attitude (ISNM)   | NR                   |   |
| 6.Rutherford (1999 )<br>Newton's laws of motion | 3E   | 77 9 <sup>th</sup>                      | TI<br>CAT   | NR     | Similar conceptual understanding  | NR                   | NED   |
| 7.Parker & Gerber (2000)<br>Matter              | 3E   | 11 5 <sup>th</sup> &<br>6 <sup>th</sup> | W           | 20 H   | Higher achievement & attitude towards science   | NR                   |   |
| 8.Billings (2001)<br>States of matter           | 3E   | 28 9 <sup>th</sup>                      | W           | 5 We   | Improvement in conceptual understanding,<br>Positive attitude & interest towards treatment, (ISNM)  | NR                   |   |

Table 2.1 (continued)

|  |    |                         |    |      |   |   |  |
|--|----|-------------------------|----|------|---|---|--|
| 9.Campbell (2006)<br>Force & motion  | 5E | 22<br>5 <sup>th</sup>   | W  | 4 We | Improvement in conceptual understanding & science perception. (ISNM)  | NR  | NED  |
| 10.Slone (2007)<br>Magnet & magnetic phenomena   | 3E | 26<br>6 <sup>th</sup>   | W  | 4 We | Improvement in conceptual understanding   | NR  |  |
| 11.Coburn et al. (2010)<br>Dynamic & Light   | 3E | 180<br>8th              | TI | 2 We | Higher conceptual understanding   | d = 0.12. for light<br>d = 0.11 for dynamic   |  |
| 12.Soomro, Qaisrani,<br>Rawat, & Mughal (2010)<br>Simple machine                                   | 5E | 40<br>10 <sup>th</sup>  | TI | NR   | Higher achievement  | NR  | 0.76   |
| 13.Cherry (2011)<br>Force and motion   | 5E | 260<br>5 <sup>th</sup>  | TI | 6 We | Similar negative & positive attitude towards science,<br>Higher achievement on the recognize, recall understand & apply levels of Bloom taxonomy  | $\eta^2 = 0.12$ for recognize<br>$\eta^2 = 0.34$ for recall<br>$\eta^2 = 0.26$ for understand | 0.74 for recognize<br>1.44 for recall<br>1.19 for understand |
| 14.Hokkanen (2011)<br>Genetics, earth's structures,<br>& space science, atoms,<br>force and motion | 5E | 141<br>7 <sup>th</sup>  | TI | 7 M  | Improvement in achievement<br>Modest improvement in student achievement & students' self-expressed interest and confidence in science,<br>Greater gains in student interest in science as a career (ISNM) | NR  | NED  |
| 15. Hussain, et al. (2011)<br>NR   | 3E | 120<br>10 <sup>th</sup> | TI | 3 M  | Higher achievement,<br>Better application of the concepts of physics to real life situations  | NR  | 5.73 for achievement   |

\*In the Calculated Cohen's d column, Cohen's ds were calculated for between-group comparisons but not for within-group comparisons.**3E:** 3E learning cycle, **5E** learning cycle, **7E:** 7E learning cycle, **EL:** laboratory based on the learning cycle, **TI:** Traditional Instruction, **TL:** Traditional laboratory (Verification laboratory), **NC:** No comparison, **CAT:** Computer assisted teaching, **UG:** Undergraduate, **PST:** Pre-service teacher, **TP:** traditional passage is written with a top-down structure, **CCT:** Conceptual change text, **W:**Within, **S:** Semester, **M:** Month, **H:** Hour, **We:** Week, **NR:** Not reported, **ISNM:** Inferential Statistics not made, **NED:** Not enough data to calculate effect size.

Table 2.2 Summary of studies conducted in Turkey and investigating the effect of the learning cycle in physics

| Study  | Type | Sample                 | Compared to | Length | Outcomes  | Practical Importance  | Calculated Cohen's d*  |
|--|------|------------------------|-------------|--------|---|---|--|
| 1.Küçükıymaz (2003)<br>Sound & Light                 | 3E   | 44<br>5 <sup>th</sup>  | TI<br>PST   | 6 We   | Similar conceptual understandings,<br>Higher retention  | NR  | 0.20 for conceptual understanding<br>0.59 for retention  |
| 2.Ateş ( 2005a)<br>Electric Circuit                  | 3E   | 152                    | TI<br>PST   | 2.5 We | Higher conceptual understandings  |   | 0.90   |
| 3.Ateş (2005b)<br>Electric circuit                   | 3E   | 120                    | TI<br>PST   | 2.5We  | Higher conceptual understandings  | NED   |  |
| 4.Ateş & Polat (2005)<br>Electric circuit            | 3E   | 76                     | TI<br>PST   | 2,5We  | Higher conceptual understandings  | NR  | NED  |
| 5.Gönen, Kocakaya, & İnan (2006)<br>Electrostatics   | 7E   | 33<br>9 <sup>th</sup>  | CAT<br>PST  | 3 We   | Slightly less achievement in knowledge &<br>comprehension levels of Bloom Taxonomy,<br>Similar achievement on application level,<br>Similar attitude toward physics courses | NR  | -1.04 for knowledge<br>-1.15 for comprehension<br>0.31 for application<br>-2.09 for total achievement<br>0.19 for attitude |
| 6.Nuhoglu & Yalçın (2006)<br>Electricity & Magnetism | 3EL  | 69<br>PST              | TL          | NR     | Similar attitude towards science,<br>Higher achievement   | NR  | NED  |
| 7.Yılmaz & Huyugüzel Çavaş (2006)<br>Electricity     | 4E   | 79<br>6th              | TI<br>W     | NR     | Higher conceptual understanding &<br>attitude towards science and technology  | NR  | 1.75 for achievement.  |
| 8.Kanlı & Yagbasan (2008)<br>Force & motion          | 7EL  | 81<br>PST              | TL          | 8 We   | Higher conceptual understandings science<br>process skills  | $\eta^2 = 0.17$ for conceptual<br>understandings<br>$\eta^2 = 0.31$ for science process<br>skills | 0.91 for conceptual understandings<br>1.34 for science process skills  |
| 9.Ergin et al. (2008)<br>Inclined Projectile Motion  | 5E   | 84<br>9 <sup>th</sup>  | TI          | NR     | Higher Achievement and attitude   | NR  | 2.17 for achievement<br>0.52 for attitude  |
| 10. Keskin (2008)<br>Simple Pendulum                 | 5E   | 36<br>11 <sup>th</sup> | TI<br>W     | 5 We   | Similar achievement & attitude towards<br>physics<br>Improvement in achievement no<br>improvement on attitude   | NR  | -0.19 for achievement<br>0.17 for attitude   |

Table 2.2 (continued)

|   |                        |          |            |   |    |   |
|---|------------------------|----------|------------|---|----|---|
| 11.Türker (2009)<br>Force & motion                        | 5E<br>6 <sup>th</sup>  | 100<br>W | 4 We       | Higher conceptual understanding,<br>Unsatisfactory meaningful learning                                  | NR |   |
| 12. Dikici, Türker, &<br>Özdemir (2010)<br>Force & motion | 5E<br>6 <sup>th</sup>  | 100<br>W | 4 We       | Improvement in conceptual understanding,<br>Not complete meaningful learning                            | NR |   |
| 13. Açışlı & Turgut<br>(2011)<br>Electrics                | 5EL<br>PST             | 82       | TL<br>7 We | Higher achievement,<br>Slightly higher physics laboratory attitude,<br>Higher scientific process skills | NR | 2.32 for achievement<br>1.64 for process skills<br>0.89 for attitude                            |
| 14.Açışlı et al. (2011)<br>Force & motion                 | 5E<br>PST              | 60       | TL<br>7 We | Higher achievement  | NR | 1.31  |
| 15. Turgut & Gurbuz<br>(2011)<br>Heat & temperature       | 5E<br>8 <sup>th</sup>  | 37       | TI<br>3 We | Higher conceptual understanding & retention,<br>Similar attitude towards science & technology           | NR | 1.58 for conceptual understanding<br>0.07 for attitude  |
| 16. Pesman (2012)<br>Impluse & momentum                   | 5E<br>11 <sup>th</sup> | 194      | TI<br>4 We | Similar quantitative achievement conceptual<br>understandings & attitude                                | NR | -0.10 for quantitative achievement<br>-0.18 for conceptual understandings<br>-0.11 for attitude |

\*In the Calculated Cohen's d column, Cohen's ds were calculated for between-group comparisons but not for within-group comparisons.**3E**: 3E learning cycle, **5E** learning cycle, **7E**: 7E learning cycle, **EL**: laboratory based on the learning cycle, **TI**: Traditional Instruction, **TL**: Traditional laboratory (Verification laboratory), **NC**: No comparison, **CAT**, Computer assisted teaching, **UG**: Undergraduate, **PST**: Pre-service teacher, **TP**: traditional passage is written with a top-down structure, **CCT**: Conceptual change text, **W**:Within, **S**: Semester, **M**: Month, **H**: Hour, **We**: Week, **NR**: Not reported, **ISNM**: Inferential Statistics not made, **NED**: Not enough data to calculate effect size.

Table 2.3 Summary of studies investigating the effect of the learning cycle in chemistry

| Study   | Type | Sample                  | Compared to | Length | Outcomes   | Practical Importance | Calculated Cohen's d*  |
|---|------|-------------------------|-------------|--------|--|----------------------|--|
| 1. Wulfsberg (1983)<br>Inorganic Chemistry                  | 3EL  | 40<br>UG                | W           | 1 S    | Higher achievement,<br>Satisfactory improvement<br>(ISNM)  | NR                   |  |
| 2.Goh & Chia (1989)<br>Periodicity                          | 3E   | 122<br>9 <sup>th</sup>  | NC          | NR     | Satisfactory understanding (ISNM)  | NR                   |  |
| 3.Farrell et al.(1999)<br>General Chemistry                 | 3E   | 438<br>UG               | W<br>TI     | 1 S    | Similar achievement<br>Positive attitude<br>(ISNM)   | NR                   | NED  |
| 4.Cavallo et al (2003)<br>Chemical reaction                 | 3E   | 60<br>9 <sup>th</sup>   | W           | NR     | Improvement in conceptual<br>understandings  | NR                   |  |
| 5.Akar (2005)<br>Acid-base                                  | 5E   | 56<br>10 <sup>th</sup>  | TI          | 4W     | Higher conceptual understandings,<br>Similar attitudes toward chemistry  | NR                   | NED  |
| 6.Kilavuz ( 2005)<br>Acid-base                              | 5E   | 60<br>10 <sup>th</sup>  | TI          | 4 W    | Higher conceptual understandings,<br>Similar attitudes toward chemistry  | NR                   | NED for conceptual understandings<br>0.06 for attitude                                     |
| 7.Ekici (2007)<br>Redox reactions &<br>Electrochemistry     | 5E   | 49<br>11 <sup>th</sup>  | TI          | 6 W    | Higher conceptual understandings,<br>Similar attitudes toward chemistry  |                      | NED  |
| 8.Pabuçcu (2008)<br>Acid-base                               | 5E   | 130<br>11 <sup>th</sup> | TI          | 7 W    | Higher conceptual understandings,<br>Similar attitudes toward chemistry  | NR                   | 1.57 for conceptual understandings<br>0.20 for attitude                                    |
| 9.Sevinç (2008)<br>Organic chemistry laboratory             | 5EL  | 30<br>PST               | TI<br>W     | 5 W    | Higher conceptual understandings &<br>science process skills,<br>Higher attitude toward chemistry<br>laboratory<br>No improvement in attitude toward<br>chemistry laboratory | NR                   | 0.91 for conceptual understandings<br>0.83 for attitude<br>1.08 for science process skills |
| 10.Ceylan & Geban ( 2009)<br>State of matter and solubility | 5E   | 119<br>10 <sup>th</sup> | TI          | 6 W    | Higher conceptual understandings   | NR                   | NED  |

Table 2.3 (continued)

|  |      |                         |           |      |   |  |   |
|--|------|-------------------------|-----------|------|---|--|---|
| 11.Siribunnam & Tayraukham (2009)<br>Acid-base             | 7E   | 154<br>11 <sup>th</sup> | KWL<br>TI | 18 H | Higher analytical thinking, science achievement & attitudes toward chemistry than the TI students,<br>Higher science achievement than the students who learned with KWL learning method | NR   | NED   |
| 12.Ağgül-Yalçın & Bayrakçeken (2010)<br>Acids-bases        | 5E   | 43<br>PST               | TI        | 4 W  | Higher achievement  | NR   | 1.31  |
| 13.Köseoğlu & Tümay (2010)<br>General chemistry laboratory | 3E L | 40<br>UG                | TL        | 16 H | Higher conceptual understandings,<br>Similar attitudes toward science, chemistry and laboratory & science perception  | NR   | 1.62 for achievement<br>0.05 for attitude<br>0.23 for perception              |
| 14.Bektaş (2011)<br>The particulate nature of matter       | 5E   | 113<br>10 <sup>th</sup> | TI        | 5 W  | Higher conceptual & epistemological understandings  | $\eta^2 = 0.14$ for conceptual understandings<br>$\eta^2 = 0.08$ for epistemological understandings. | 0.81 for conceptual understandings<br>0.59 for epistemological understandings |
| 15.Temel et al. (2012)<br>Oxidation reduction              | 5E   | 30<br>PST               | W         | 5 W  | Improvement in conceptual understandings & lower and higher order thinking skills   | NR   |   |

\*\*In the Calculated Cohen's d column, Cohen's ds were calculated for between-group comparisons but not for within-group comparisons.**3E**: 3E learning cycle, **5E** learning cycle, **7E**: 7E learning cycle, **EL**: laboratory based on the learning cycle, **TI**: Traditional Instruction, **TL**: Traditional laboratory (Verification laboratory), **NC**: No comparison, **CAT**, Computer assisted teaching, **UG**: Undergraduate, **PST**: Pre-service teacher, **TP**: traditional passage is written with a top-down structure, **CCT**: Conceptual change text, **W**:Within, **S**: Semester, **M**: Month, **H**: Hour, **We**: Week, **NR**: Not reported, **ISNM**: Inferential Statistics not made, **NED**: Not enough data to calculate effect size.

Table 2.4 Summary of studies investigating the effect of the learning cycle in biology

| Study   | Type  | Sample  | Compared to | Length  | Outcomes  | Practical Importance   | Calculated Cohen's d*  |
|---|---|---|-------------|---------|---|--|--|
| 1.Cumo (1991)<br>Osmosis  | 3E  | 153<br>7 <sup>th</sup>                          | TI          | NR      | Similar cognitive development, content achievement, retention, & attitude toward science,<br>Higher science process skills  | NR   | 0.45 for cognitive development<br>0.30 for content achievement<br>0.16 for retention<br>0.41 for attitude<br>0.87 for science process skills |
| 2.Marek et al. (1994)<br>Diffusion                              | 3E  | 35<br>9 <sup>th</sup>                           | TI          | NR      | Higher Conceptual Understanding (ISNM)  | NR   | NED  |
| 3.Lord (1999)<br>Natural system,<br>Population<br>Resources     | 5E  | 181<br>UG                                       | TI          | 1 S     | Higher conceptual understandings,<br>More positive attitude toward approach (ISNM)  | NR   | 0.75 for natural system<br>0.82 for population<br>0.86 for resources<br>NED for attitude   |
| L1  | 4.Musheno & Lawson (1999)<br>Symbiosis, mutualism,<br>commensalism parasitism | 3EP<br>9 <sup>th</sup><br>&<br>10 <sup>th</sup> | TP          | NR      | Higher concept comprehension for all reasoning levels,<br>Similar retention   | NR   | 0.88 for empirical-inductive students<br>0.74 for transitional students<br>0.59 for hypothetical-deductive students                          |
| 5.Brown, (2000)<br>Environment & Resources                      | 5E  | PST   | W           | 1 S     | Improvement about social implications of science and attitudes to scientific inquiry<br>No improvement in perception of normality of scientists, adoption of science attitudes, enjoyment of science lessons, leisure interests in science, & career interest in science. | NR   |  |
| 6.Ewers (2001)<br>Science teaching method course                | 3E  | 57<br>PST                                       | TI          | 16<br>W | Similar science process skills, personal science teaching self-efficacy   | $\eta^2 = 0.02$ for process skills,<br>$\eta^2 = 0.04$ for self-efficacy | 0.29 for process skills,<br>0.42 for self-efficacy   |
| 7.Cavallo, Miller, & Saunders (2002)<br>Science teaching method | 3E  | 45<br>PST                                       | NC          | 2W      | Satisfactory motivational & affective dispositions (ISNM)   | NR   |  |
| 8.Ebrahim (2004)<br>Man and plants                              | 4E  | 111<br>4 <sup>th</sup>                          | TI          | 1 M     | Higher achievement & attitude toward science  | $\eta^2 = 0.27$ for achievement<br>$\eta^2 = 0.11$ for attitude.         | 1.22 for achievement.<br>0.70 for attitude   |

Table 2.4 (continued)

|   |      |                        |           |      |  |                                     |  |
|---|------|------------------------|-----------|------|--|-------------------------------------|--|
| 9.Tweedy (2005)<br>Osmosis & diffusion                                | 3EL  | 229<br>UG              | TL        | 4 W  | Similar conceptual understandings  | NR                                  | NED  |
| 10.Balci (2005)<br>Photosynthesis & respiration<br>in plants          | 5E   | 101<br>8 <sup>th</sup> | CCT<br>TI | 4 H  | Similar attitudes towards science  | NR                                  | NED  |
| 11.Garcia( 2005)<br>Evolution   | 5E   | 160<br>7 <sup>th</sup> | TI        | 4 W  | Similar conceptual understandings &<br>attitude toward science   | NR                                  | 0.06 for attitude  |
| 12.Balci, et al., (2006)<br>Photosynthesis & respiration<br>in plants | 5E   | 101<br>8 <sup>th</sup> | CCT<br>TI | 4 H  | Higher conceptual understandings than those<br>of TI group,<br>Similar conceptual understandings with those<br>of CCT groups | NR                                  | NED  |
| 13.Mecit (2006)<br>Water cycle  | 7E   | 46<br>5 <sup>th</sup>  | TI        | 4 W  | Greater critical thinking skills   | $\eta^2 = 0.46$                     | 1.84   |
| 14.Atilboz (2007)<br>Diffusion & osmosis                              | 5E   | 33<br>PST              | TI        | 4 W  | Higher conceptual understandings,<br>Similar attitude towards biology &<br>Similar biology teaching self-efficacy            | NR                                  | 0.88 for conceptual understandings<br>-0.11 for self-efficacy<br>0.30 for outcome expectation.<br>-0.40 for attitude |
| 15.Kaynar (2007)<br>Cell concepts                                     | 5E   | 153<br>6 <sup>th</sup> | TI        | 3 W  | Better attitude toward science   | $\eta^2 = 0.12$                     | 0.74   |
| 16.Dogrular-Atay & Tekkaya<br>(2008)<br>Genetics                      | 5E   | 213<br>8 <sup>th</sup> | TI        | 16 H | Higher conceptual understandings   | $\eta^2 = 0.24$                     | 1.12   |
| 17.Oren & Tezcan ( 2008)<br>Environment                               | 5E   | 56<br>7 <sup>th</sup>  | TI        | 21 H | Higher achievement and logical thinking<br>ability   | $\eta^2 = 0.23'$<br>$\eta^2 = 0.46$ | 1.09 for achievement<br>1.85 for logical thinking  |
| 18.Balci (2009)<br>Vertebrate   | 5EL. | 29<br>PST              | TL<br>W   | 8 W  | Higher achievement,<br>Positive attitude toward approach-(ISNM)  | NR                                  | NED  |
| 19.Cakiroglu (2006)<br>Photosynthesis & respiration                   | 5E   | 67<br>8 <sup>th</sup>  | TI        | 4 H  | Higher conceptual understandings   | $\eta^2 = 0.10$                     | 0.67   |
| 20.Ercan (2009)<br>The material cycle                                 | 5E   | 50<br>10 <sup>th</sup> | TI<br>W   | 4 W  | Higher achievement,<br>Improvement in achievement  | NR                                  | 1.11   |

Table 2.4 (continued)

|  |    |  |    |      |  |  |  |
|--|----|--|----|------|--|--|--|
| 21.Kaynar et al. (2009)<br>Cell concepts                             | 5E | 153<br>6 <sup>th</sup>                       | TI | 3 W  | Higher conceptual understandings & scientific epistemological beliefs  | $\eta^2 = 0.12$ for conceptual understandings<br>$\eta^2 = 0.35$ epistemological beliefs | 0.74 for conceptual understandings<br>1.47 for epistemological beliefs |
| 22. Liu, et al. (2009)<br>Aquatic plants                             | 5E | 46<br>4 <sup>th</sup>                        | W  | 14 W | Improvement in knowledge and understanding tests,<br>Positive perception about learning environment-(ISNM).                                | NR   |  |
| 23.Oren & Tezcan (2009)<br>Environment                               | 5E | 56<br>7 <sup>th</sup>                        | TI | 21 H | Higher attitude towards science  | $\eta^2 = 0.37$  | 1.53   |
| 24.Sikes & Schwartz-Bloom (2009)<br>Disease & Medicine               | 5E | 47<br>10 <sup>th</sup> -<br>12 <sup>th</sup> | W  | 3 W  | Improvement understandings about basic biology and chemistry concepts.<br>No improvement in self-efficacy                                  | NR   |  |
| 25.Saygin ( 2009)<br>Nucleic Acids & Protein Synthesis               | 3E | 105<br>11 <sup>th</sup>                      | TI | 4 W  | Higher conceptual understandings   | NR   | NED  |
| 26.Sriwattanarothai et al.(2009)<br>Seaweeds' Enzyme & Fighting Fish | 3E | 152<br>UG                                    | W  | 6 H. | Better conceptual understanding & retention for both units,<br>Better perception about intervention as constructivist learning environment | NR   |  |
| 27.Budprom, Suksringam, & Singsriwo (2010)<br>Environment            | 5E | 80<br>9th                                    | TI | 1 M  | Higher achievement, science process & critical thinking skills   | NR   | NED  |
| 28.Sadi & Çakiroğlu (2010)<br>Human Circulatory System               | 5E | 60<br>11 <sup>th</sup>                       | TI | NR   | Higher achievement   | NR   | 1.87   |
| 29.Saygin et al. (2006)<br>Cell                                      | 5E | 47<br>9 <sup>th</sup>                        | TI | 8 W  | Higher achievement   | NR   | 1.21   |
| 30.Harurluoglu & Kaya (2011)<br>Seed-Fruit-Flower                    | 4E | 38<br>PST                                    | TI | 4 W  | Higher conceptual understanding & retention  | NR   | 1.97 for conceptual understandings<br>1.45 for retention               |
| 31.Keles (2011)<br>Ecological footprint                              | 5E | 124<br>4 <sup>th</sup> - 8 <sup>th</sup>     | W  | NR   | Decrease in ecological footprint   | NR   |  |
| 32. Munmai et al.(2011)<br>Color of pigments                         | 5E | 24<br>PST                                    | W  | 8 H  | Improvement in conceptual understandings   | NR   |  |

Table 2.4 (continued)

|   |    |  |   |      |  |    |
|---|----|--|---|------|--|----|
| 33.Polyiem et al. (2011)<br>Heredity                                | 7E | 33<br>9 <sup>th</sup>                        | W | 18 H | Improvement in achievement, science process skills & moral reasoning |    |
| 34.Hagerman ( 2012)<br>Cellular structure, genetics,<br>& evolution | 5E | 42<br>10 <sup>th</sup> -<br>12 <sup>th</sup> | W | 8 M  | Improvement in content comprehension-<br>(ISNM)                      | NR |

\*In the Calculated Cohen's d column, Cohen's ds were calculated for between-group comparisons but not for within-group comparisons.**3E:** 3E learning cycle, **5E** learning cycle, **7E:** 7E learning cycle, **EL:** laboratory based on the learning cycle, **TI:** Traditional Instruction, **TL:** Traditional laboratory (Verification laboratory), **NC:** No comparison, **CAT:** Computer assisted teaching, **UG:** Undergraduate, **PST:** Pre-service teacher, **TP:** traditional passage is written with a top-down structure, **CCT:** Conceptual change text, **W:**Within, **S:** Semester, **M:** Month, **H:** Hour, **We:** Week, **NR:** Not reported, **ISNM:** Inferential Statistics not made, **NED:** Not enough data to calculate effect size.

Table 2.5 Summary of studies investigating the effect of the modified learning cycle which was enriched with other teaching activities

| Study                                     | Type                                    | Sample                  | Compared to             | Length | Outcomes  | Practical Importance | Calculated Cohen's d*   |
|---|---|-------------------------|-------------------------|--------|---|----------------------|---|
| 1.Wells (1987)<br>Mechanics               | 3E-Modelling                            | 72<br>HSH               | TI<br>3E                | 6<br>M | Higher conceptual understanding from those of both groups.<br>Better problem solving  | NR.                  | 1.38 for the 3E- TI comparison.   |
| 2.Lavoie (1999)<br>Genetics & inheritance | 3E enriched prediction-discussion phase | 250<br>10 <sup>th</sup> | 3E<br>W                 | 3<br>M | Higher conceptual understandings<br>Higher logical thinking skills<br>Similar science process skills.<br>Improvement in conceptual understanding and process skills<br>Improvement in logical thinking skills | NR                   | 0.62 for conceptual understandings<br>0.48 for higher logical thinking<br>0.42 for science process skills |
| 3.Blank (2000)<br>Ecology                 | Metacognitive-4E                        | 46<br>7 <sup>th</sup>   | Non-metacognitive<br>3E | 3<br>M | Similar conceptual understandings,<br>Higher retention  |                      | 0.18 for conceptual understandings<br>0.62 for retention  |

Table 2.5 (continued)

|  |   |  |                                      |      |   |     |   |
|--|---|--|--------------------------------------|------|---|-----|---|
| 4.Odom & Kelly (2001)<br>Diffusion and osmosis             | 3E with concept mapping<br>Expository instruction                             | 108<br>10 <sup>th</sup><br>&<br>11 <sup>th</sup> | 3E<br>&<br>Expository<br>instruction | NR   | Similar conceptual understandings with those in the learning cycle<br>Higher retention than that gained at the expository treatment<br>Similar retention with those at concept map and learning cycle group   | NR  | NED   |
| 5.Yildiz (2008)<br>Force & motion                          | Metacognitive 5E  | 52<br>7 <sup>th</sup>                            | TI<br>W                              | 15 H | Higher conceptual understandings, knowledge of cognition, & deep learning approaches,<br>Similar regulation of cognition,<br>Slightly less surface learning approaches,<br>Improvement in conceptual understandings, metacognition & learning approaches. | NR  | 0.91 for conceptual understandings<br>0.68 for knowledge of cognition<br>0.53 for regulation of cognition<br>0.65 for deep learning approaches<br>0.30 for surface level approaches |
| 6.Appamaraka, et al.,<br>(2009)<br>Environment             | Metacognitive 5E  | 82<br>9 <sup>th</sup>                            | TI                                   | 18 H | Higher achievement, integrated science process & critical thinking skills   | NR  | NED   |
| 7.Sornsakda, et al. (2009)<br>Life & environment           | Metacognitive 7E  | 93<br>11 <sup>th</sup>                           | TI<br>Within                         | 10 H | Higher achievement, integrated science process and critical thinking skills<br>Improvement in all constructs.   | NR  | NED   |
| 8.Çepni, Şahin & Ipek,<br>(2010)<br>Floating & sinking     | 5E enriched with<br>POE, Worksheets, CCT,<br>Concept cartoons, &<br>Animation | 48<br>8 <sup>th</sup>                            | 5E                                   | 4 H  | Higher Conceptual Understandings and Retention  | NR  | NED   |
| 9.Bülbül (2010)<br>Diffusion &Osmosis                      | 7E with Computer<br>animations  | 66<br>9 <sup>th</sup>                            | TI                                   | 4 W  | Higher conceptual understandings, achievement & attitude toward biology   | NR  | 1.80 for conceptual understandings<br>1.79 for achievement<br>1.57 for attitude   |
| 10.Yilmaz, Tekkaya &<br>Sungur (2010)<br>Genetics          | Prediction/<br>Discussion-Based 3E  | 81<br>8 <sup>th</sup>                            | TI<br>CCT<br>W                       | 10 H | Improvement on posttest and delayed test<br>Greater conceptual understandings & retention than those in TI  | NED |   |
| 11.Hirça, Çalik, & Seven<br>(2011)<br>Work, power & energy | 5E combined with<br>Computer animations,<br>CCT & Worksheets                  | 42<br>10 <sup>th</sup>                           | TI                                   | NR   | Higher conceptual understanding,<br>Better attitude   |     | 1.06 for conceptual understandings<br>0.96 for attitude   |

Table 2.5 (continued)

|   |  |                        |         |         |  |    |   |
|---|--|------------------------|---------|---------|--|----|---|
| 12.Çepni & Şahin (2012)<br>Buoyancy Force               | 5E enriched with<br>POE, Worksheets, CCT,<br>Concept cartoons &<br>Animation | 48<br>8 <sup>th</sup>  | 5E      | 6H      | Higher conceptual understandings & Retention   | NR | NED   |
| 13.Demir & Maskan,<br>(2011)<br>The Motion on the Earth | Web Supported 3E   | 52<br>11 <sup>th</sup> | TI      | NR      | Slightly higher achievement on knowledge level of Bloom Taxonomy.<br>Similar achievement on understanding level.<br>Less achievement on metacognitive and application levels | NR | 0.68 for knowledge<br>0.28 for understandings<br>-0.62 for application<br>-1.11 for metacognitive |
| 14.Demir & Maskan<br>(2012)<br>The Motion on the Earth  | Web Supported 3E   | 52<br>11 <sup>th</sup> | TI<br>W | 36<br>H | No improvement in physics self-efficacy beliefs<br>Similar physics self-efficacy beliefs   | NR | 0.23  |
| 15.Şahin, Akbulut &<br>Çepni (2012)<br>Solid Pressure   | 5E enriched with<br>Animations, Analogy &<br>Worksheets                      | 48<br>8 <sup>th</sup>  | 5E      | 2 H     | Higher conceptual understandings & Retention   | NR | NED   |
| 16.Şahin, & Çepni<br>(2012)<br>Gas Pressure             | 5E enriched with<br>POE, Worksheets, CCT,<br>Concept cartoons &<br>Animation | 48<br>8 <sup>th</sup>  | 5E      | 80<br>H | Higher conceptual understandings & Retention   | NR | NED   |

\*In the Calculated Cohen's d column, Cohen's ds were calculated for between-group comparisons but not for within-group comparisons. **3E**: 3E learning cycle, **4E**: 4E Learning cycle **5E**: 5E learning cycle, **7E**: 7E learning cycle, **EL**: laboratory based on the learning cycle, **TI**: Traditional Instruction, **TL**: Traditional laboratory (Verification laboratory), **NC**: No comparison, **HSH**: High school honors. **UG**: Undergraduate, **PST**: Pre-service teacher, **POE**: Predict-Observe-Explain, **CCT**: Conceptual change text, **W**: Within, **S**: Semester, **M**: Month, **H**: Hour, **We**: Week, **NR**: Not reported, **ISNM**: Inferential Statistics not made, **NED**: Not enough data to calculate effect size.

Sample. The sample sizes of 96 studies can be categorized as in Table 2.6. The table also shows the percentages of studies falling to respective sample size ranges. Two studies did not report the sample size. For experimental studies, Fraenkel, Wallen, and Hyu (2012) recommended that the minimum sample size be at least 30 participants per group. They also argued that “sometimes experimental studies with only 15 individuals in each group can be defended if they are very tightly controlled” (Fraenkel, Wallen, & Hyu, 2012, p. 103). According to the Table 2.6, seven percent of studies included less than 30 students and 38.5 of studies contained less than 60 students, although they were not firmly controlled. This limits generalizability of the results to the population.

Table 2.6 Sample size ranges, the percentages of studies falling to the related sample size ranges.

| Sample size | Percentage |
|-------------|------------|
| 0-29        | 7,3        |
| 30-59       | 38,5       |
| 60-89       | 16,7       |
| 90-120      | 13,5       |
| 120+        | 21,9       |

Grade levels of participants included in 96 studies and the percentages of studies assigned to each grade level are presented in Table 2.7. One study did not mention which grade level was considered. According to the table, the percentages of studies assigned to each grade levels are close to one another.

Table 2.7 Grade levels and the percentages of studies assigned to each grade level.

| Grade level                        | Percentages |
|------------------------------------|-------------|
| Elementary (Kindergarten- Grade 8) | 35.4        |
| High school (Grade 9-12)           | 37.5        |
| Undergraduate                      | 26.0        |

Length. The lengths of the studies range from one hour to one semester. Although there is no clear threshold for treatment time, to observe valid change in achievement, the length of the treatment period should be at least three weeks. For affective variables, the time period should be much longer. The testing threat might be possible if the length of time between pre-tests and post-tests was less than three weeks. Similarly, novelty might be potential threat for observed outcomes for short term studies.

Outcomes. The outcomes of studies in which means of groups were compared were evaluated using inferential statistic results in Table 2.1-2.5. “Higher”, “less” and “similar” words were utilized as indicator for relative magnitude of the treatment. Indeed, using effect size (ES) is more appropriate for this type of categorization; however, some studies did not provide enough statistics to calculate the ES. Furthermore, some studies assessed students’ progress across treatment within group. The outcomes of these studies were categorized using “improvement” word. The outcomes were addressed in the learning cycle studies are given as follows.

- Conceptual understandings and achievement
- Attitude, interest, self-efficacy
- Nature of science, science perception
- Cognitive development
- Learning style
- Attrition

- Transfer of learning
- Retention of learning
- Science processes skills
- Problem solving
- Thinking skills
- Epistemological beliefs
- Motivation
- Metacognition

**Practical Importance.** Effect size (ES) is a statistics used for assessing the strength of relation between the independent variable and dependent variable; the magnitude of proportion of the variance of the dependent variable explained by variance of the independent variable or used for assessing magnitude of the treatment; the differences between standardized means of groups (Tabachnick & Fidell 2007). Most of studies reviewed in the current study did not report ESs for dependent variables on which the effects of the learning cycle were investigated. Therefore, the researcher calculated ESs for related dependent variables using the respective statistics, mostly group means and standard deviations on post-test scores. In this study, Cohen's d (Cohen, 1988) was employed to estimate the standardized magnitude of mean differences between groups. The software developed by Wilson (2012) was used to calculate ESs. Some studies reported ESs as "eta squared ( $\eta^2$ )" which is proportion of the variance in the dependent variable explained by variance of the independent variable. These effect size values were converted to Cohen's d by using software developed by DeCoster (2012) to include them in calculation of overall average ES for achievement. Some of studies did not report enough statistics for calculating ES. These studies were not included in average ES calculation for achievement. The ESs of 35 studies comparing the effectiveness of the learning cycle to the effectiveness of the traditional instruction were used to estimate average ES for achievement. Average ES was calculated as 1.15 which is a large effect size according to Cohen (1988) guidelines (small= 0.20; medium= 0.5; large =0.80). Table 2.8 indicates the number of studies, mean, standard deviation of ESs and minimum and maximum ES in chemistry, physics, and biology and in total when the learning cycle was compared to the traditional instruction. The ESs range from -0.19 to 5.13.

Table 2.8 Descriptive statistics of ESs of studies comparing the learning cycle to the traditional instruction in chemistry, physics, and biology and in total

| <b>Area</b> | <b>N</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|-------------|----------|-------------|-----------|------------|------------|
| Chemistry   | 5        | 1.24        | 0.37      | 0.80       | 1.62       |
| Biology     | 14       | 1.10        | 0.46      | 0.30       | 1.97       |
| Physics     | 16       | 1.16        | 1.32      | -0.19      | 5.13       |
| Total       | 35       | 1.15        | 0.93      | -0.19      | 5.13       |

Table 2.9 shows the mean, standard deviation and maximum and minimum values of ES studies comparing the learning cycle to the traditional instruction on physics achievement in Turkey and abroad. Both average ESs can be considered as large.

Table 2.9 Descriptive statistics of ESs of studies comparing the learning cycle to the traditional instruction on physics achievement in Turkey and abroad.

| <b>Country</b> | <b>N</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|----------------|----------|-------------|-----------|------------|------------|
| Abroad         | 6        | 1.28        | 1.92      | 0.12       | 5.13       |
| Turkey         | 10       | 1.08        | 0.91      | -0.19      | 2.32       |

### **2.2.2.1 Research Studies on the 7E Learning cycle model.**

Mecit (2006) investigated the effect of the 7E learning cycle as an inquiry-based learning strategy on the improvement of fifth grade students' critical thinking skills when their gender, family income and prior critical thinking skills were controlled. Forty six fifth grade students from two different classes in a private primary school in Sakarya were involved in the study. The intact classes were randomly assigned into the experimental and control group. In the experimental group, the instruction relied on the 7E learning cycle was utilized while in the control group, traditional instruction was employed. The same science teacher taught both groups. The study was made for water cycle unit and took four weeks during 2005-2006 spring semester. A reasoning test was administered to probe students' critical thinking skills before and after the treatment. Analysis of covariance (ANCOVA) was made for the purpose of the study. The analysis results indicated that the mean of post-test scores of students in 7E learning cycle group was significantly higher than that of students in traditional method group on critical thinking skills test when their gender, family income and prior critical thinking skills were controlled, [ $F(1, 41) = 35.03, p = 0.00, \eta^2 = 0.46$ ]. This result indicated that the treatment had both statistical significance and practical importance. This study provided evidence that the instruction based on the 7E learning cycle is more effective for improving students' critical thinking skills. On the other hand, the study had some limitations. The first one is that sample size was not adequate for being able to do experimental study, which was a problem for generalizability of the result of the study to the population. Although the researcher controlled the effects of some confounding variables, students' prior achievement which might have been a significant covariate was not controlled. Furthermore, the researcher could have investigated the effect of 7E learning cycle on students' achievement in water cycle unit.

Kanli and Yagbasan (2008) conducted a study to compare the effect of a verification laboratory approach with the effect of a laboratory approach based on the 7E learning cycle on improvement of university students' science process skills and conceptual understandings in the general physics laboratory course. The experimental group included 43 night class students while control group was 38 day class students. The study took almost one semester. In the experimental class, the general physics laboratory course was taught based on the 7E learning cycle whereas the control class was instructed being used the verification laboratory approach. A conceptual test aiming probe students' understandings in force and motion and a science process skill test were administered both as pre-tests and post-tests. The researchers employed the ANCOVA for testing the hypotheses of the study. The result of the study indicated that there was a significant difference between the effects of the traditional laboratory approach and the 7E learning cycle based laboratory approach on development of science process skills and conceptual achievement. Students in laboratory approach based on the 7E learning cycle gained more success in development of science process skills than those in verification laboratory approach when their university entrance examination scores and prior science processes skill scores were controlled [ $F(1,77) = 34.35, p < 0.05$ ]. The large ES was obtained for this comparison ( $\eta^2 = 0.31$ ). In addition, students in the laboratory approach based on the 7E learning cycle had higher conceptual understandings of force and motion than those in the verification laboratory approach when their university entrance examination scores and pre- conceptual understandings of force and motion were controlled [ $F(1, 77) = 15.270, p < 0.05$ ]. The large ES was found for this comparison ( $\eta^2 = 0.17$ ). Considering these results, it can be said the laboratory based on the 7E learning cycle was more effective than the verification laboratory with respect to promoting students' science process skills and conceptual understandings. On the other hand, the researchers did not provide enough information on who implemented the treatment, how they trained the implementers and what they did for treatment verification. Furthermore, instead of running two distinct ANCOVA, they could have run the MANCOVA for control the probability of making type one error.

Gönen et al. (2006) compared the effectiveness of the 7E learning cycle to the Computer Assisted instruction in terms of promoting students' attitudes and achievement in physics. The study conducted in electrostatic topic over 3 weeks. Sample of the study included 33 ninth grade students at a private high school in Diyarbakir. Two classes were randomly assigned to the experimental and control conditions. The experimental group was instructed using the computer assisted instruction in which electrostatics were given employing java scripts and animations and presentation programs whereas the control group was instructed by the 7E learning cycle. The same teacher taught both groups. The achievement test and attitude survey were applied to collect data. The achievement test scores were divided into sub-parts corresponding to the level of Bloom Taxonomy. Independent t-test was used to test hypotheses. The results indicated there were significant group differences in knowledge

(Calculated Cohen's  $d = 1.04$ ) and comprehension levels (Calculated Cohen's  $d = 1.15$ ) and total achievement scores (Calculated Cohen's  $d = 2.09$ ) in favor of the computer-assisted instruction. There was no group differences in application level (Calculated Cohen's  $d = 0.31$ ) and attitude towards physics (Calculated  $= 0.19$ ). Based on these results, it can be concluded that the computer assisted instruction was more effective than the 7E learning cycle for improving students' achievement. However, the study had some deficiencies. That there was no information about treatment verification for both instruction limited results of the study. Another limitation is that sample size was too small for experimental study. Moreover, the researchers could have used the MANOVA for all dependent variables instead of using five different independent t-tests to decrease the probability of making type one error.

Siribunnam and Tayraukham (2009) compared the effectiveness of the 7E learning cycle, the KWL learning method, and the traditional instruction for promoting students' analytical thinking skills, science achievement and attitudes toward chemistry. The participants of the study were 154 eleventh grade students in Thailand. The study was made in acid-base topic over 18 hours in 2008. Three different groups were formed using cluster random sampling technique for the purpose of the study. In the first group, the 7E learning cycle was implemented while in the second group, the KWL method was applied to teach the topic. The control group was instructed using the traditional instruction. An analytical thinking, achievement, and attitude test were applied at the end of study as post-tests. The MANOVA was conducted to analyze the data. The main and post-hoc analyses indicated significant group differences among the groups. The 7E learning cycle group students outperformed the traditional group students in terms of analytical thinking, science achievement, and attitudes toward chemistry. Furthermore the 7E learning cycle group students had significantly higher achievement than those of the students in KWL group. The researchers did not give the value of ES and enough statistics for being able to calculate. The study had some limitations as well. One limitation of the study is that the researcher did not mention whether students' pre-test scores on all instruments were considered. Moreover, there was no information about teacher characteristics applied the treatments and about treatment verification.

Bulbul (2010) investigated the impact of the instruction based on the 7E learning cycle accompanied with computer animations compared to the effect of traditionally designed biology instruction on ninth grade students' understandings and achievement related to diffusion and osmosis concepts and their attitudes toward biology as a school subject. Sample of the study included 66 ninth grade students from four intact classes of a biology course in a private high school in Istanbul. The study was carried out for four weeks during spring semester of 2008-2009 academic year. Quasi experimental design was employed. Both the experimental group and control group had two classes taught by the same biology teacher. The classes were randomly assigned into the experiment and control groups. In the control group, traditional biology instruction (TDBI) was utilized while in the experimental group, the 7E learning cycle based instruction accompanied with computer animations (7ELCBI) was employed. A conceptual test and an achievement test were applied to assess students' conceptual understandings and achievement of diffusion and osmosis concepts, respectively. A science process skill test and an attitude toward biology test were applied to probe students' science processes skills and attitude toward biology, respectively. All instruments were applied as pre and post tests before and after treatment, respectively. The ANCOVA was made to compare two groups' conceptual understandings when science process skill was controlled. The result of this analysis showed students instructed with the 7ELCBI got significantly higher score than students instructed with the TDBI on the conceptual test when their science process skills were controlled as a covariate [ $F(1, 61) = 26.086, p < 0.05$ ]. The second ANCOVA results indicated that the students instructed with the 7ELCBI demonstrated significantly higher scores on the achievement test than those instructed with TDBI when students' science process skill were controlled [ $F(1, 61) = 10.043, p < 0.05$ ]. Moreover, Analysis of Variance (ANOVA) results indicated that students in the experimental group had significantly higher attitudes toward biology as a school subject compared to those of in the control group [ $F(1, 62) = 62.829, p < 0.05$ ]. In this study, no ES was reported for treatment effect. The researcher of the current study calculated ESs to show the relative magnitude of the treatment for all dependent variables. The calculated Cohen's  $d$ s were 1.80 for conceptual understandings, 1.79 for achievement and 1.87 for attitude towards biology. All ESs were large. In brief, based on these results the researcher claimed the 7ELCBI affected positively students' conceptual understandings and achievement in biology and attitudes toward biology as a school subject. The main deficiency of this study is the statistical analysis methods employed in the study. The study had three dependent variables, and the researcher run different analyses for each dependent variable. This inflates the

probability making type one error, which is rejecting a true null hypothesis. Thus, the researcher could have used Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA) or Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) to control increase of the probability of making type one error.

Polyiem, Nuangchalerm, and Wongchantra (2011) designed the instruction based on the 7E learning cycle to investigate the effectiveness of the instruction for improving students' achievement, science process skills and moral reasoning in heredity topic. The participants included 33 ninth grade students. The length of study was 18 hours. An achievement test and a moral reasoning test, science process skills test were administered as pre and post-tests at the beginning and end of the study. The paired t-test was used to test the effect of the intervention. The result showed that students' achievement, science process skills and moral reasoning significantly improved after instruction. Like previous study, there was not any information about teacher characteristics applied the treatment, and about treatment verification. Moreover, that there was no experimental control in the study weakened the conclusion of the study that observed improvements due to the instruction based on the 7E learning cycle.

### **2.3. Personal Epistemologies**

A personal epistemology is defined as individuals' understanding of the nature of knowledge, knowing and learning (Hofer & Pintrich, 1997; Elby, 2009). There are four different frameworks providing different ontological explanations for the form of the personal epistemology. These are epistemologies as developmental stages, beliefs, theories, and resources. This section includes a theoretical discussion of these frameworks.

#### **2.3.1. Epistemologies as Developmental Stages**

Developmental stage theorists describe the development of people's epistemologies as progressing in a predetermined order through unidimensional developmental stages (King & Kitchener, 1994), levels (Kuhn & Weinstock, 2002) or positions (Baxter Magolda, 1992, Perry, 1970). According to these theorists, the epistemological understanding has holistic nature; therefore it can't be coherently divided into independent dimensions (Pintrich, 2002). Each stage reflects qualitatively different interrelated clusters of epistemological assumptions about knowledge and knowing (King & Kitchener, 2004). They built their theoretical models on traditional cognitive developmental model pioneered by Piaget. They explain the way to mature epistemological understandings using Piagetian terms assimilation, accommodation and (dis)equilibrium.

Although stage theorists do not explicitly describe how classroom practices can be for fostering students' epistemological understandings, they seem to be compatible with belief theorists by accepting Piagetian disequilibrium (Bendixen & Rule, 2004).

##### **2.3.1.1 Perry's scheme**

Perry (1970) made interviews with the students during their four years in a liberal art college to determine the evolution in their interpretation of their lives. According to this scheme, students' views about knowledge and values progress by proceeding nine successive positions. These nine positions were labeled under four structures: dualism, multiplicity, relativism, and commitment in relativism. This developmental scheme is summarized below.

Dualism (Position 1 and Position 2). In Position 1, the student has dualistic view of the world (e. i., right versus wrong, we versus others). That is, the student has absolutistic right-wrong view of the world. Every problem has one right answer. Multiplicity is not on the stage. Authority knows everything. Knowledge is absolute and the quantitative collection of discrete items acquired by hard work and obedience. In position 2, the student recognizes multiplicity and uncertainty. However, she considers it as the impediment to dealing with a problem and finding an answer. Since the plurality in opinions is quite temporary, and resolvable, it is finally unreal. That is, multiplicity in this position does not have the legitimate epistemological status. The perceiving multiplicity does not change the authority figure in Position 1.

Multiplicity (Position 3 and Position 4). In position 3, the student has legitimate perception of multiplicity and uncertainty but they are still temporary in areas in which the answer has not been

known yet by authority. In Position 4, the legitimate uncertainty and diversity of opinion get the unstructured epistemological status where the student considers that everyone has a right to his own opinion, a status he creates against absolutistic authority view. The student starts to recognize qualitative contextual relativistic reasoning in multiplicity by assimilating it within authority's realm. Absolute answers are known by authorities.

Relativism (Position 5 and Position 6). In Position 5, all knowledge is viewed as relative and contextual. The student considers relativism as a way of seeing, thinking, valuing and knowing. Authority's knowledge is relative as well. In position 6: the student perceives the necessity of orienting himself in relativism via personal commitment.

#### Commitment in relativism.

In Position 7, the student takes an initial responsibility within relativistic world. In position 8, the student realized the implications of personal commitment and searches subjective and stylistic issues of commitment. In Position 9, the affirmation of identity among multiple responsibilities is experienced and commitment is viewed as ongoing and unfolding activity.

#### **2.3.1.2 The reflective judgment model**

King and Kitchener (1993) proposed another framework for epistemological development; the reflective judgment model. They extended study sample to include adolescent (high school students) in addition to college students. Reflective judgment model explains individuals' developmental progression in their epistemic cognition, assumptions about nature of knowledge and justification of knowledge as they respond to ill-structured problems and justify their beliefs about these problems. They divide the development period into 7 sequential stages similar to Perry's model. They have labeled the stages into three categories; pre-reflective thinking, quasi- reflective thinking, and reflective thinking to describe the reasoning of stages. These categories are explained as follows;

Pre-Reflective thinking (Stage 1, 2, 3). Pre-reflective thinking includes the reasoning associated with Stage 1, 2 and 3. Individuals having assumptions of these stages perceive knowledge certain. Knowledge is acquired either by direct observation or from authority figures. They do not discriminate well and ill structured problems thus they consider all problems have absolutely right answers. Specifically, in stage 1, individuals view knowledge as absolute and concrete. Knowledge is gained through direct observation. Knowledge does not need justification. Existence of alternative views is not perceived. In stage 2, knowledge is perceived as absolutely certain but not known by everyone. Certainty can be found in the domain of authorities. Individuals start to perceive alternative views in absolutistic knowledge view. That is, one's own views accounted as correct while others' as wrong. This view is similar to Perry's dualistic epistemology. In stage 3, individuals start to acknowledge that knowledge can be temporary uncertain in some areas. Certain knowledge can be acquired from authorities.

Quasi- Reflective thinking (Stage 4 and 5). King and Kitchener called the reasoning displayed by stage 4 and 5 students as Quasi- Reflective Thinking. In these stages, knowledge is viewed as uncertain. However, there is the difficulty in making justification and a reasoned conclusion in the domain of uncertainty. Although individuals supported evidence-based judgment, they claimed evaluation is individualistic and idiosyncratic. In stage 4, knowledge is perceived as uncertain and knowing is viewed as individualistic. Knowing carries ambiguity because of situational variables in knowledge acquisition. Knowledge claims are justified through evidence; however, the arguments and evidence choice are idiosyncratic. In stage 5, knowledge is perceived as contextual and subjective since knowledge is acquired in the light of one's perceptions and criteria for a judgment. Knowledge claims can be justified in the specific context through the rules of inquiry for that context and context-dependent interpretation of evidence. However, individuals are not capable to compare and contrast across context.

Reflective thinking (Stage 6 and 7). Reflective thinking demonstrated in stage 6 and 7 was labeled as reflective thinking. Individuals in these stages think knowledge is actively constructed and knowledge claims should be evaluated considering the context, they were generated. Knowledge justification should be based on relevant data and reevaluation of conclusions should be considered. In stage 6, knowledge is constructed using information from different sources. Reasoned conclusions can be generated making comparison and observing relationships across contexts but conclusions are limited

and situational because of inability to understand the larger system of knowing. Finally, in stage 7, individuals view knowledge as the outcome of reasonable inquiry. Knowledge claims are evaluated as most reasonable or probable based on the current evidence and they are always subject to reevaluation by taking into account the availability of new evidence, perspectives, or tools.

### **2.3.1.3 Epistemological development as levels**

Kuhn and Weinstock (2002) define epistemological development as the coordination of the objective and subjective dimension of knowing. At the beginning (Absolutist level), the objective aspect of knowing is completely ascendant and the subjective dimensions is excluded. In this level, knowledge is viewed as certain and coming from external source. Then, (Multiplist level), the subjective dimension dominates and the objective is forsaken. In this level, with radical shift, individuals see knowledge as uncertain and generated by human minds. Since all knowledge claims are subjective, every person has his or her opinions and every opinion is equally right. Finally, in the evaluativist level, the objective and subjective dimensions are coordinated with a balance without dominating each other. In this stage, individuals see knowledge as uncertain and generated by human minds as in the multiplist level. However, with reintegration of objectivity, two opinions can be right but one is more right to the extent which that opinion is better backed by argument and evidence.

### **2.3.2 Epistemologies as Beliefs**

Rather than considering personal epistemologies as unidimensional and developing in sequential stages, Schommer proposed a different framework for personal epistemology. In this framework, personal epistemology is defined as a belief system consisting of several more or less independent dimensions (Schommer, 1990; Schommer-Aikins, 2002). The use of the system of beliefs implies that personal epistemology consists of more than one belief (Schommer-Aikins, 2002). Shommer (1990) hypothesized five dimensions (five epistemological beliefs): (1) the structure of knowledge, (2) certainty of knowledge, (3) source of knowledge, (4) the control knowledge acquisition and (5) speed of knowledge acquisition. Shommer (1990) developed a questionnaire including these five dimensions based on previous research Using exploratory factor analysis, four dimensions except for source of knowledge were acquired as result of the analysis.

### **2.3.3 Epistemologies as Theories**

Hofer and Pintrich (1997) proposed a different approach in which stage theorists' coherent organization view of epistemological understanding and belief theorists' multidimensionality view of epistemological understanding were integrated. They concurred with Schommer's view that personal epistemology consist of more than one dimension; however, rather than independent positions, according to this view, epistemological beliefs are formed into personal theories as structures of interrelated propositions which interconnected and coherent (Hofer & Pintrich, 1997, Hofer, 2001). Their model conceptualizes personal epistemology into two dimensions of epistemological theories which are the nature of knowledge and knowing. The nature of knowledge is subdivided into the certainty of knowledge and simplicity of knowledge. The nature of knowing is subdivided into the source of knowledge and justification for knowing.

### **2.3.4 Epistemologies as Resources**

Hammer and Elby (2002) suggested a different framework to explain the variability in students' personal epistemologies across contexts. In terms of this framework, the "atoms" of students' naive epistemologies are epistemological resources similar to diSessa's (1993) phenomenological primitives (p-prims) in intuitive physics. The activation of the epistemological resources depends on contexts. For instance, a child might answer differently to the question "how do you know that?" according to the context the question is formed. When it is asked how the child knows what they are going to eat in the dinner, she might answer that her mother told her. This response shows that the child has resources for treating knowledge as a kind of "stuff" that can be passed from one person to the next. However, when it is asked how the child knows  $3 \times 5 = 15$ , she can respond that she added  $5 + 5 + 5$ . This answer indicates the child has resources for treating knowledge as created from other knowledge. The child's ability of giving epistemologically different answers to the same question in different contexts show the existence of various different epistemological resources for understanding the source of knowledge (Hammer & Elby, 2002).

The resource framework contains four categories for epistemological resources. The first category involves resources for understanding the nature and sources of knowledge, such as *knowledge as propagated stuff*, *knowledge as free creation*, and *knowledge as fabricated stuff*. The second category includes resources for understanding epistemological activities, such as *accumulation*, *formation*, and *checking*. The third category contains resources for understanding epistemological forms, such as *stories*, *songs*, and *lists*. The last category is made of resources for understanding epistemological stances such as *doubting*, *understanding*, and *acceptance* (Hammer & Elby, 2002).

### **2.3.5. What the Epistemological Frameworks Suggest About Epistemological Development**

In the light of above discussion, what do the epistemological frameworks suggest about the acquisition of more sophisticated epistemological understandings? As discussed before, the four epistemological frameworks differ in how they define personal epistemologies. However, three frameworks which are epistemologies as stages, beliefs and theories all support the idea that individuals' personal epistemologies are stable cognitive structures that an individual either does or does not have (Hammer & Elby, 2002) similar to the "conceptions" and "misconceptions" discussed in the literature. In the line of this idea, they explain the mechanism of epistemological development in similar manner. Although some of them are implicit about how personal epistemology changes, all seems to endorse Piagetian cognitive (dis)equilibrium, assimilation and accommodation for the necessary condition of epistemological development. They suggest "belief change" similar to conceptual change for misconceptions (Bendixen & Rule, 2004; Hofer & Pintrich, 1997; Hofer, 2001; Pintrich, 2002).

However, many research studies question the idea that individuals' epistemologies are coherent stable beliefs across contexts within a domain (Leach et al., 2000; Lising & Elby, 2005; Louca et al, 2004; Rosenberg et al. 2006; Roth & Roychoudhury, 1994; Sandoval & Morrison, 2003; Songer & Linn, 1991). For instance, Sandoval and Morrison (2003) made interviews with eight high school students on natural selection and evolution before and after a technology-supported inquiry unit lasting four weeks. They observed, even within a particular interview, individual students' answers to different questions differed across epistemological levels. Likewise, Leach et al. (2000) contrasted students' answers across two kinds of diagnostic questions that investigate students' views about the role of theory on the collection and interpretation of experimental data. Responding decontextualized Likert scale items, most students showed a different epistemological stance than when they talked about a concrete example of the same data being interpreted in two different ways.

Based on empirical evidences, therefore, the resources framework suggests different explanation for the mechanism of epistemological development. According to this framework, epistemological development and change includes the co-activation and stabilization of epistemological resources the individual already has rather than removal of old belief (Elby & Hammer, 2010).

This study endorses the resources framework to help students think physics as a coherent system of ideas and physics learning as a refinement of one's current understanding (Hammer & Elby, 2003). In the following section, the experimental studies explicitly focusing on students' personal epistemologies are summarized. Since this study was interested in personal epistemologies, the research studying development of students' views about the nature of science, epistemology of science, were not included into the following review.

### **2.3.6. Research Studies on the Personal Epistemology**

Regardless of what theoretical framework the researchers support, in general, there is not much study investigating the effectiveness of epistemological instruction in the literature. Because there was the limited number of studies investigating effectiveness of explicit epistemological instruction, the studies were not summarized on tables. They are discussed in detail in this section.

Brownlee et al. (2001) explored the effect of the year-long teaching programme in which the pre-service teachers explicitly reflect on their epistemological beliefs on such beliefs. Fifty pre-service teachers at the Queensland University of Technology in Queensland, Australia were participated in the study. The study took place in an educational psychology course. The experimental group students made explicit reflections about the content concerning literature of the epistemological beliefs and

their own epistemological beliefs in classroom discussions and in their journals when they learnt a long year educational psychology unit. The comparison group did not engage in such reflections. The questionnaire and interview were used as data collection tools. Students were surveyed and interviewed twice at the beginning and at the end of the study. The repeated measured ANOVA was applied to test the effect of the intervention. The result of analysis indicated that there was a significant group difference on the quick learning (Calculated Cohen's  $d = 0.61$ ) and certain knowledge dimensions of epistemology (Calculated Cohen's  $d = 0.12$ ) while no significant group differences were observed in innate ability and simple knowledge dimensions. The qualitative data analysis indicated the experimental group students expressed more sophisticated epistemological beliefs than the control group students at the end of study. These results support the importance of explicit epistemology instruction for promoting students' epistemological understandings. However, as statistical results indicated the intervention was not so effective for promoting all aspects of beliefs. The ESs for significant differences was small for certainty knowledge and medium for quick learning. This means practical significance of the study was not satisfactory level as well. Sample size was small. This limited the generalizability of the results...

Gill, Ashton, and Algina (2004) adopted two conceptual change models which were a refutational text and an augmented activation to change pre-service teachers' epistemological beliefs about teaching and learning in mathematics. The participants included 161 pre-service teachers at a child development course. A random assignment method was employed to form the experimental and control group. The control group used a traditional expository text while the intervention group read a text relied on the augmented activation and refutational text. The researchers measured students' explicit epistemological beliefs in mathematics using a survey and their implicit epistemological using the teaching scenarios. At the beginning of the study, the students' explicit and implicit epistemological beliefs in mathematics were probed. After that, in the following week, the treatment was conducted in 15 minutes. In the experimental group, at first, students read an augmented activation text aiming to trigger and challenge students' epistemological beliefs influencing how they responding the survey items at the beginning of the study. The passage focused on two survey item and pointed common responses to these and prompted students to focus on the explanations, which conflicting their own beliefs, given in the following refutational text. Then, the students read the refutational text including a rationale for scientifically accepted epistemologies and teaching methods and directions for questioning their naïve beliefs. However, in the comparison group, a brief word scramble related to the traditional passage was used. The purpose of this activity was not to activate students' own beliefs rather than to occupy students while the treatment group studied on the augmented activation message. After this, students read a traditional expository passage including only a rationale for scientifically accepted epistemology and teaching methods. After students read the texts, the post-tests were applied to assess the effectiveness of the treatment. One-way ANOVA was employed to check the effectiveness of the experimental manipulation. According to the analysis, there were significant differences between the experimental and control group in terms of rating the text as more challenging to their beliefs (Cohen's  $d = 0.84$ ), rating the text as making a clearer distinction between constructivist and procedural instruction (Cohen's  $d = 0.45$ ). However, there was no significant difference in their perceptions of the usefulness of mathematics (Calculated Cohen's  $d = 0.16$ ). The researchers utilized path analysis to test the treatment effect on students' explicit, implicit epistemological beliefs in mathematics. With respect to the implicit epistemological belief change assessed using the constructivist and procedural scenarios, the treatment had significant direct effects (Cohen's  $d = 0.36$  for the constructivist scenarios and  $0.27$  for procedural scenarios). With respect to explicit epistemological belief change, the significant direct effect of the treatment was observed (Cohen's  $d = 0.31$ ). These results support the effectiveness of the epistemological instruction explicitly emphasizing on students' epistemological beliefs although effect sizes were small. However, the study had some limitations. One of them, as researchers reported, the reliabilities of the instruments were very low. The second one, in the experimental group two survey items were addressed in the augmented activation passage. This might affect the students' responses to these items in the post-test. The researchers did not provide any information about this threat. The other limitation is that the duration of the intervention was very short and therefore the time between post-test and pre-test was not enough. We cannot assure these results were because of the novelty of the treatment and whether this result would long-lasting or not.

Kienhues, Bromme, and Stahl (2008) investigated the effect of the refutational epistemological instruction on students' epistemological beliefs in a short-term intervention. The participants of the study were 58 university students at a German university. They were from various subject areas such

as psychology and education. The treatment was conducted in genetic topic related to DNA fingerprinting. The participants were randomly assigned to the experimental and control groups according to their pre-epistemological beliefs so that both groups could be comparable in terms of naive and sophisticated epistemological stance. The experimental group was instructed based on a refutational text whereas control group was taught being used a traditional text which was in narrative form like textbook passage. This text did not imply any controversy. However, refutational text attacked on the belief that knowledge was stable and certain. This text included information about the uncertainties and difficulties in DNA fingerprinting to address this epistemological view. The treatment was made on-line. The MANOVA for repeated measures was employed with the mode of instruction and the prior epistemological beliefs as independent variables and stability, simplicity and certainty, texture and variability dimension of epistemological beliefs as dependent variables. The significant main effect for prior epistemological beliefs was observed [ $F(6,49) = 32.91, p < 0.01$ , eta squared = 0.80] while significant main effect was not observed for the mode of instruction. Similarly, the interaction effect between two independent variables did not reach statistical significance. To test change pre and post instructional beliefs, paired t-tests were carried out for each group d formed according to students' prior epistemological beliefs. Four groups were the sophisticated refutational group, sophisticated informational group, naive refutational group, and naive informational group. In terms of stability, simplicity and certainty dimensions, the researchers found similar differences between pre and post epistemological understandings. Only naive refutational group did not significantly change their beliefs. However, other groups changed their beliefs to more naïve view. In terms of texture aspect and variability of knowledge, the naive refutational students' beliefs significantly changed to more sophisticated view while the sophisticated refutational group and naive informational group did not change their beliefs, and the sophisticated informational group changed their beliefs to more naïve view. According to these results, the researchers concluded that the refutational text instruction had positive effect for changing students' epistemological beliefs towards more sophisticated view for naive groups. However, for the sophisticated group, the refutational instruction had negative effect. However, considering all dimensions, there was no clear picture of epistemological development. The main limitation of this study was sample size. The researchers made a factorial design with 58 students. This number was not enough for the factorial design. Another limitation was that the intervention period was too short to make valid interpretation about epistemological development.

Brownlee et al. (2011) made a study similar to the study of Browlee et al. 2001 to explore the impact of an integrated teaching program on pre-service teachers' personal epistemologies. The participants of the students were 73 pre-service teachers at early childhood education. The integrated teaching program included explicit weekly reflections on students' personal epistemology and implicit weekly authentic modeling of personal epistemology with collaborative reflection across four related unit. The study was completed in one semester. The students' personal epistemologies were probed at the beginning and end of the study using quantitative and qualitative measures. Repeated measures t-tests were used to analyze the quantitative data. The researchers observed significant improvements in the structure and integration of knowledge (Cohen's  $d = 0.53$ ), speed of knowledge acquisition, and knowledge as the construction of personal meaning while no significant improvements were observed on the certainty and attainability of truth. The qualitative data also showed that students moved to a more sophisticated epistemological stance. The main limitation of the study is that there is no experimental control, which limited cause and effect relationship between teaching intervention and change in students' epistemological beliefs.

Muis and Duffy (2012) investigated how the instruction relied on constructivist approach and employing epistemological prompts affected students' domain specific epistemic beliefs over time in a social sciences statistics course. The participants of the study were 63 graduate university students (46 female, 17 male) from two classes. The length of the study was one semester. The control group was instructed with traditional statistic instruction while the constructivist oriented instruction was employed in the experimental group. The first author instructed the experimental groups while the comparison group was taught by a different professor. Both professors got similar student evaluation for their course and had three years teaching experience. The same content, assignments, lectures, laboratories, midterm and final exams were employed in the groups. The differences were epistemological prompts used for promoting change in four dimensions of epistemological beliefs; namely the certainty and simplicity of knowledge, attainability of truth, source, and justification of knowledge. The researchers applied two surveys to probe students' epistemic beliefs, learning strategies, and level of motivation. The surveys were applied in the 2nd, 4th, 8th, 12th week of the

intervention and 3 weeks after the intervention. The repeated measures ANOVA was carried out to test research hypotheses. In terms of justification of knowledge dimension, the analysis indicated that there was no main effect for time while significant main effect for treatment was observed [ $F(1, 61) = 4.97, p < 0.01$ , eta-squared = 0.06]. The group differed significantly only in Week 12 and 15,  $p < 0.01$ . Muis and Duffy (2012) did not report effect sizes for the comparisons. The researcher of this study calculated Cohen's ds using groups' mean and standard deviation scores. Cohen's ds were estimated as 0.68 for Week 12 and 0.76 for Week 15. For attainability of truth, there was significant differences between groups in Week 8, 12 and 15. Cohen's ds were calculated as 0.61 for Week 8, 0.90 for Week 12, and 1.01 for Week 15. For source of knowledge, the experimental and control groups were not significantly different from each other. In terms of certainty and simplicity, the significant main effect for treatment was seen in the analysis. The groups differed in Week 8, 12, and 15. The effect sizes were estimated as 1.43 for Week 8 and 0.77 for week 12 and 0.67 for Week 15. With respect to within-group differences, the experimental group students' epistemological beliefs changed midway through the semester; however, the comparison group students' epistemological beliefs stayed constant across the semester. The other findings related to this study were that the epistemology-oriented constructivist approach was more effective for promoting students' performance, critical thinking and elaboration strategies, self-efficacy for learning statistics. The effect size for achievement was calculated as 1.09 considered large effect size. All these results support the effectiveness of using explicit epistemological prompts for improving students' epistemological understandings. One limitation of this study is that one of the researchers implemented the treatment. This might lead a problem to internal validity of the study with respect to researcher bias.

Elby (2001) developed instructional practices and curricular materials whose purpose is explicitly to foster students' epistemological development. He applied his curriculum to two different samples of high school students. The first group consisted of 27 physics students (43% were female.) who were 12th, 11th, and 10th graders from a small, comprehensive high school in the San Francisco, USA. The study was applied to this sample in the 1997–98 academic year by the researcher. The second group contained 55 gifted and talented students (50 percent of students were female) from a large magnet high school in Virginia. The curriculum was implemented for these students during the 1998–99 academic year by the researcher. He used two epistemological surveys, The Maryland Physics Expectations Survey (MPEX) developed by Redish et al. (1998) and the Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science (EBAPS), developed by White, Elby, Frederiksen, and Schwarz (1999) to probe students' epistemological understandings. The first sample took only EBAPS while the second sample took both surveys. The surveys were given as homework assignment in the beginning and at the end of the treatment. The result of study indicated that both sample demonstrated significant gains in epistemological understandings about structure of physics knowledge (coherent versus pieces), the content of physics knowledge and ways of physics learning after they were exposed to epistemological curricula. Hence, the result proved the importance of the targeting epistemology in the instruction for improving students' epistemological understandings in physics. On the other hand, the study had some shortcomings. The first one is the researcher employed one group experimental design. This weakened the study claiming that the observed change in students' epistemological understandings due to the treatment rather than anything else. The second one was that the researcher implemented the treatment which might be a problem for the internal validity of the study with regard to researcher bias.

Redish and Hammer (2009) designed an introductory algebra-based physics course using resources framework to activate students' productive conceptual and epistemological resources. They focused explicitly students' epistemological understandings in lectures, tutorials and laboratories. In the lecture part of the course, explicit epistemological discussions, epistemologically modified Peer Instruction materials and Interactive Lecture Demonstrations were employed. In the tutorial part of the study, students were encouraged to think learning physics is the reconciliation of everyday, intuitive thinking and experience with formal scientific thinking and engaged in explicit epistemological discussions about the learning process. The reformed labs aimed to help students understand the construction of knowledge through measurement and analysis. Students were responsible for designing their own experiments to answer empirically the given a one- sentence research questions. To evaluate students' conceptual understanding, the Force Concept Inventory (FCI) and the Force Motion Conceptual Evaluation (FMCE) were applied as pre and post tests. MPEX was applied as a pre and post test to probe epistemological understandings. The result of the study indicated that students demonstrated significant gains on both the conceptual test and the

epistemological survey. Therefore, the researchers concluded that epistemologically improved physic instruction was useful for both conceptual and epistemological understanding. On the other hand, like Elby's (2001) study, this study had a lack of experimental control although researcher made comparison previous classes' performance on FCI.

In sum, the studies reviewed above in general showed that explicitly focusing personal epistemologies in the instruction enhanced students' epistemological understandings. The studies conducted in physics supported this argument as well. Redish et al. (1998) applied the original MPEX survey to 1500 students in introductory calculus-based physics courses at six universities and colleges to investigate the effect of the physics instruction on students' epistemological understandings. Some of these institutions employed interactive engagement methods which were proved to be more effective for improving students' conceptual understandings compared to traditional physics instruction (Hake, 1998). The MPEX was administered at the beginning and end of the first term of the course. The pre and post survey results showed that after one semester physics instruction, students' epistemologies deteriorated. In other words, the instruction had negative effect on students' epistemologies. Following studies proving the effectiveness of research-based reformed curricula for promoting students' conceptual understandings in physics observed negative or no shift on students' epistemological understanding as result of the instructions based on these curricula (Finkelstein & Pollock, 2005; McKagan, Perkins, & Wieman, 2006; McKagan, et al., 2007, Moll & McKagan, 2009). For example, Finkelstein and Pollock (2005) tested the effectiveness of "Tutorials in Introductory Physics" developed by University of Washington Physics Education Research Group with respect to conceptual and epistemological understandings in physics. The researchers observed gains on force and motion conceptual tests. However, they observed no significant change on students' epistemological understandings as measured on the Colorado Learning Attitudes about Science Survey. In brief, the results of these studies implied that even research-proved teaching methodologies which significantly promoted students' conceptual understandings in physics did not in general improve students' epistemological understandings in physics. Therefore, to promote students' epistemological understandings, the physics instruction should explicitly target their epistemologies.

## 2.4. Metacognition

The term of metacognition was first introduced by John Flavell a couple of decades ago. After his contribution, metacognition became the subject of the study in a wide range research area such as reading, writing, mathematics. Like the personal epistemology, different theorists provide different definitions of metacognition. This section summarizes some of leading theorists' conceptualizations of metacognition.

### 2.4.1. Flavell's Conceptualization of Metacognition

According to Flavell (1981), metacognition is "probably best defined loosely and broadly, namely, as knowledge or cognition that takes as its objects or regulates any aspect of any cognitive endeavor" (p. 37). Flavell (1987, p. 21) argued that although metacognition generally defined as "knowledge and cognition about cognitive object, that is, about anything cognitive", the notion of metacognition could include anything psychological such as emotions or motives. Similarly, any kind of monitoring could be also regarded as a metacognitive activity.

Flavell (1979, 1981, 1985, & 1987) conceptualized metacognition into two components, metacognitive knowledge and metacognitive experiences. Metacognitive knowledge includes one's stored knowledge or beliefs about what factors or variables operate and interact and how, to influence the process and outcome of cognitive or psychological endeavor (Flavell, 1979, 1987). It is divided into three categories: knowledge about person, task, and strategy. The person category refers to any knowledge that one might acquire about the nature of oneself and other people as cognitive (psychological such as affective, motivational) processors (Flavell, 1979, 1987). This category is subdivided into cognitive differences within individuals (intraindividual differences), cognitive differences between individuals (interindividual) and cognitive similarities (universal) among all individuals (Flavell, 1979, 1985). For example, someone believes that she learns something better by taking notes than by listening or she believes that her physics teacher is more capable in electricity than in mechanics or people might feel sad in one day but they can feel happy in other days. The task category includes two subcategories. One subcategory is related to the nature of the information that an individual meets and copes with in any cognitive enterprise. The learner knows that the nature of

this information affects how the learner approaches to the task. For instance, the individual might get experience that unfamiliar information is difficult and time-consuming for her to understand. The second subcategory is related to the nature of task demands. For example, the learners know that some tasks are more difficult and they demand more time and attentions (Flavell, 1985). The strategy category refers to knowing that what strategies are useful for certain goals or sub-goals (Flavell, 1979).

Metacognitive experiences were described by Flavell (1979) as ‘any conscious or affective experiences that accompany and pertained to any intellectual enterprise’ (p. 906). These experiences can happen before, during and after cognitive enterprise. Metacognitive experiences have important influence on goals or tasks, metacognitive knowledge and cognition. For example, you feel that you do not understand adequately the text after you read first time (metacognitive experience). Then, you decide to read once more to understand deeply (cognitive strategy). Finally, you wonder (metacognitive experience) whether you understand the text deeply, for this purpose, you ask yourself certain questions about the text (metacognitive strategy). Flavell (1979) distinguish metacognitive strategies from cognitive strategies. According to him, cognitive strategies are employed for making cognitive process; however, metacognitive strategies are used for monitoring that process.

#### **2.4.2. Brown’s Conceptualization of Metacognition**

After Flavell’s contribution, Brown, Bransford, Ferrara, and Campoine (1983) and Brown (1987) defined metacognition, similarly. According to them, metacognition is knowledge and control of one’s own cognition. Brown (1987) subcategorized metacognition into knowledge about cognition and regulation of cognition. Knowledge about cognition involves the information about someone’s own cognitive processes while regulation of cognition includes regulating and supervising someone’s own learning (Brown, 1987). Regulation of cognition includes planning before learning, monitoring activities during learning and evaluation activities.

#### **2.4.3. Kluwe’s Conceptualization of Metacognition**

Another conceptualization of metacognition was introduced by Kluwe (1982). According to Kluwe, metacognition is a process; it is cognitive activity directed at the individual’s own cognitive enterprise. Put it differently, metacognition is an individual’s stored knowledge about thinking and cognitive activity directed at acquisition of information one’s own cognitive endeavor and efficient regulation of one’s own information processing in terms of the perceived demands. Metacognition includes two components: cognitive knowledge and executive control. Cognitive knowledge is individuals’ stored knowledge about thinking. Kluwe proposed “executive control” corresponds to Flavell’s metacognitive experience and Brown’s regulation of cognition to emphasize procedural aspect of metacognition. Kluwe divided this component into executive monitoring process and executive regulation process. Executive monitoring is executive activity directed at the acquisition of information about the person’s thinking process and executive regulation is executive activity directed at the regulation of one’s own thinking.

#### **2.4.4. Jacobs and Paris’s Conceptualization of Metacognition**

Jacobs and Paris (1987) defined metacognition as any shared knowledge about cognitive states or processes. They classified metacognition into two classes of metacognition: self-appraisal of cognition and self-management of thinking. Self- appraisal involves the static evaluation of one’s knowledge about a particular task. It includes three subcategories. Declarative knowledge refers to knowing that related to any cognitive activity. For instance, a learner might know that solving complex problems is difficult. Procedural knowledge includes knowing how to do. For example, a learner might know how to use problem solving strategies to solve an unfamiliar problem. And finally, conditional knowledge refers to knowing of the conditions affecting learning. For instance, knowing why and when a specific cognitive strategy should be used for a particular task. Self-management of thinking includes executive decisions about cognitive processes. It is subdivided into three categories: planning, evaluation and regulation. Planning refers to the selection and arrangement of specific cognitive means for particular tasks and goals. Evaluation refers to an ongoing process of the assessment of one’s own understanding in a task. Regulation refers to revising and modifying plans and strategies considering how well they work.

In conclusion, considering above discussion about metacognition, it seems they all agreed on some aspects of metacognition. Briefly, metacognition can be defined as knowledge and awareness of one's own cognition and monitoring, regulating, and evaluating of one's own cognition. The metacognitive prompts used in the present study were developed to engage students in these aspects of metacognition during the course of the instruction.

#### **2.4.6 The research studies on metacognition in Science Education**

In this section, first, the general review of 36 experimental studies investigating the effectiveness of incorporating metacognitive activities in science and published between 1984 and 2012 is presented. Then, the studies exploring the effectiveness of metacognitive inquiry-based teaching strategies are discussed in detail.

The reviewed metacognitive studies conducted in science are presented in Table 2.10. The integration of metacognitive activities into instruction differs among 36 studies. Some of studies used metacognition in the traditional instruction (e.g., Alemdar, 2009; Georghiades, 2004); some integrated it with inquiry (e.g., Blank, 2000; White & Frederiksen, 1998) or with other student-centered instructions. The studies also differ in the length of time allocated for metacognition or the number of different metacognitive activities employed in the instruction. Some of the studies used only one type of the metacognitive strategy while some applied different types of metacognitive activities together.

Table 2.10 summarizes these studies in terms of the type of metacognitive instruction, sample size, grade levels of the participants, comparison instructions, and practical importance. The table also includes the calculated ES for the studies not reporting the ES, relative magnitude of treatment effect.

Table 2.10 Summary of the metacognitive studies conducted in science

| Study/Topic                                | Sample                                      | Type  | Compared to                 | Length  | Outcomes  | Practical Importance  | Calculated Cohen's d* |
|--|---|---|-----------------------------|---------|---|---|-----------------------|
| 1.Baird & White (1984) Science and Biology | 64<br>9th &<br>11 <sup>th</sup>             | MI  | W                           | 6 M     | Improvement in students' control on their own learning & Attitude towards learning (ISNM)   | NR  | NED                   |
| 2.Adey & Shayer (1993) Science             | 173<br>6 <sup>th</sup> &<br>7 <sup>th</sup> | Cognitive conflict, Bridging set together with META | TI                          | 2 Y     | Similar science achievement<br>Higher cognitive development<br>Similar durability in cognitive development<br>Higher retention in science achievement                       | NR  | NED                   |
| 3.Neto & Valente, (1997) Physics           | NR<br>10 <sup>th</sup>                      | META- Problem solving approach                      | T- Problem solving approach | 5 M     | Better problem solving skills   | NR  | NED                   |
| 4.Beeth (1998) Physics                     | 12<br>5 <sup>th</sup>                       | MI  | W                           | 9 M     | Improvement in conceptual understandings, Metacognitive skills<br>Change in students from passively receiving information to actively examining their own conceptions(ISNM) | NR  | NED                   |
| 5.Tien (1998) Chemistry Lab                | 77<br>UG                                    | ML  | TL                          | 1 S     | Better attitudes towards chemistry & inquiry skills, beliefs about science & nature of research,<br>Higher achievement  | NR for attitude<br>0.53 for achievement   | NED                   |
| 6.White & Frederiksen (1998) Physics       | 120<br>7th to<br>9th                        | META-Inquiry  | Inquiry without META        | 10.5 We | Higher understandings of physics & inquiry for overall group and low-achieving students<br>Similar for high achieving students  | Understandings of physics<br>-0.13 for high achieving<br>0.59 for high achieving<br>Understandings of inquiry<br>0.1 for high achieving<br>0.37 for low achieving |                       |

Table 2.10 (continued)

|  |   |                         |                                |                           |   |    |  |
|--|---|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|---|----|--|
| 7.Hennessey (1999)<br>Physics                        | 170<br>1 <sup>st</sup><br>to 6 <sup>th</sup>          | MI                      | W                              | 3 Y                       | Improvement in metacognitive sophistication & conceptual understandings(ISNM)   | NR | NED  |
| 8.Lin & Lehman,<br>(1999)<br>Biology                 | 45<br>UG  | CS with META            | CS without META                | 7<br>We                   | Similar inquiry skills in near transfer<br>Higher inquiry skills in far transfer  | NR | 0.59 for near transfer<br>1.41 for far transfer  |
| 9.Blank (2000)<br>Biology                            | 46<br>7 <sup>th</sup>                                 | META-4E                 | 3E without META                | 3 M                       | Similar conceptual understandings<br>Higher retention   |    | 0.18 for conceptual understandings,<br>0.62 for retention                                  |
| 10.Koch (2001)<br>Physics                            | 64<br>UG  | META- Reading technique | Reading technique without META | 3 M                       | Higher reading-comprehension ability  | NR | 0.91   |
| 11.Mittlefehldt & Grotzer (2003)<br>Physics          | 182<br>8 <sup>th</sup>                                | META-inquiry            | W                              | NR                        | Improvement in achievement in density<br>Improvement in understandings of causality<br>Improvement in transfer of causal models                         | NR |  |
| 12.Georgiades (2004)<br>Science- Current electricity | 60<br>5th   | MI                      | TI                             | 8 H                       | Similar conceptual understandings on immediate and delayed test applied 2 months later<br>Higher retention observed after 8 months                      | NR | 0.19 for immediate test<br>0.28 for first delayed test<br>0.53 for the second delayed test |
| 13.Georgiades (2006)<br>Science-Current electricity  | 60<br>5th   | MI                      | TI                             | 8 H                       | Similar contextual use of science conceptions on the immediate test<br>Higher contextual use of science conceptions (far transfer) on both delayed test | NR | 0.44 for immediate test<br>0.44 for first delayed test<br>0.45 for the second delayed test |
| 14.Larkin (2006)                                     | 2<br>5 year old                                       | META- group work        | W                              | 1 Y                       | Improvement in students' metacognition (ISNM)   | NR |  |
| 15. Sbhatu (2006)<br>Science                         | 696<br>5 <sup>th</sup><br>&<br>519<br>6 <sup>th</sup> | MI                      | TI<br>W                        | 14<br>We<br>&<br>16<br>We | Higher application and transfer<br>Improvement in conceptual understanding of science topics and active student participation.                          | NR | NED  |

Table 2.10 (continued)

|   |                        |                           |                              |      |   |                  |  |
|---|------------------------|---------------------------|------------------------------|------|---|------------------|--|
| 16.Stuever (2006)<br>Density  | 66<br>8 <sup>th</sup>  | MI                        | TI                           | 2 H  | Similar science achievement and long-term retention.<br>Higher class participation  | NR               | NED  |
| 17.Bianchi (2007)<br>Biology  | 126<br>9 <sup>th</sup> | MI                        | Non-reflective               | 3 We | Higher achievement and retention  | $\eta^2 = 0.088$ | 0.63 for achievement<br>0.31 retention   |
| 18. Yildiz (2008)<br>Physics  | 52 7 <sup>th</sup>     | META-5E                   | TI<br>W                      | 15 H | Higher conceptual understandings, knowledge of cognition, and deep learning approaches<br>Similar regulation of cognition,<br>Similar surface learning approaches<br>Improvement in conceptual understandings, metacognition and learning approaches. | NR               | 0.91 for conceptual understandings<br>0.68 for knowledge of cognition<br>0.53 for regulation of cognition<br>0.65 for deep approach<br>0.30 for surface approach     |
| 19.Abd-El-Khalick & Akerson (2009)<br>Elementary science methods course | 49 PST                 | NOS instruction with META | NOS instruction without META | 4 M  | Better conceptions on all aspect of NOS except for Creative aspect (similar)<br>Higher metacognitive awareness (knowledge about cognition and regulation of cognition)  | NR               | NED for metacognition<br>0.67 for empirical aspect<br>0.83 for tentative aspect<br>0.80 for theory-driven<br>0.66 for inferential aspect<br>0.32 for creative aspect |
| 20.Alemdar ( 2009)<br>Science-Matter                                    | 68<br>7 <sup>th</sup>  | MI                        | TI                           | 4 M  | Higher achievement &conceptual understandings, metacognitive awareness,<br>Better transfer and retention  | NR               | 1.49 for achievement<br>1.14 for conceptual test<br>1.00 for metacognitive awareness<br>1.07 transfer<br>1.67 for retention  |

Table 2.10 (continued)

|                                 |   |               |              |      |   |   |  |
|---------------------------------|---|---------------|--------------|------|---|---|--|
| 21.Appamaraka et al.,<br>(2009) | 82<br>9 <sup>th</sup><br>Environmental<br>Education | META-5E       | TI           | 18 H | Higher achievement, integrated science process and critical thinking skills   | NR  | NED  |
| 22.Kaberman & Dori<br>(2009)    | 931<br>12 <sup>th</sup><br>Chemistry                | META- inquiry | Inquiry<br>W | 3 Y  | Higher question posing skills<br>Improvement in question posing skills and complexity level of the questions  | NR<br>For within comparison, net gain score of 1st and 2nd stages of the study were 0.7, & that of the 3rd stage was 0.6. | 0.56 for low academic level comparison<br>0.62 for high academic level comparison  |
| 23. Michalsky et al.<br>(2009)  | 108<br>4 <sup>th</sup><br>Biology                   | META-Reading  | T-Reading    | 4 M  | Higher science achievement,<br>Scientific Literacy and metacognitive awareness  | NR  | NED  |
| 24.Saribas (2009)<br>Chemistry  | 54 PST  | ML            | TL<br>W      | 1 S  | Similar procedural & declarative knowledge<br>Improvement in procedural and declarative knowledge achievement,<br>Higher conceptual understandings,<br>Higher science process skills,<br>Similar attitude,<br>Similar motivational beliefs and cognitive & metacognitive strategies | d = 0.17 for conceptual understandings<br>d= 0.10 process skills  | 0.55 for science process skills<br>0.63 for conceptual understandings<br>-0.07 procedural and declarative knowledge<br>-0.32 for attitude<br>0.45 for motivation |
| 25.Sornsakda et al.,<br>(2009)  | 93<br>11 <sup>th</sup><br>Life and environment      | META-7E       | TI<br>W      | 10 H | Higher achievement, integrated science process & critical thinking skills,<br>Improvement in all constructs.  | NR  | NED  |

Table 2.10 (continued)

|  |  |                                  |                                       |      |  |                                    |  |
|--|--|----------------------------------|---------------------------------------|------|--|------------------------------------|--|
| 26.Yuruk, et al.<br>(2009)<br>Physics    | 45<br>11 <sup>th</sup><br>12 <sup>th</sup> | MI                               | TI                                    | 13 H | Higher conceptual understandings & Retention   | $\eta^2 = 0.22$<br>$\eta^2 = 0.22$ | 1.06 for conceptual understandings<br>1.06 for retention.  |
| 27.Akgül (2010)<br>Physics               | 105<br>PST                                 | CCT with META                    | ET<br>RTs                             | 1H   | Higher conceptual understandings & retention than the gained in both groups<br>Higher attitude than that of ET group,<br>Similar attitude with RT group            | NR                                 | 1.77 for conceptual understanding for comparison with ET<br>1.02 for conceptual understanding for comparison with RT<br>0.92 for retention for comparison with RT<br>1.17 for retention for comparison with ET<br>0.65 for attitude for comparison with ET<br>0.49 for attitude for comparison with RT |
| 28. Hoffmann (2010)<br>Science           | 162<br>5 <sup>th</sup>                     | Graphic Organizer + M-monitoring | Graphic Organizer & M Monitoring & TI | 6 We | Higher comprehension scores than comparisons with TI and Graphic organizer<br>Similar with metacognitive monitoring<br>Similar metacognitive awareness             | NR                                 | NED  |
| 29. Peters & Kitsantas (2010)<br>Physics | 83<br>8 <sup>th</sup>                      | M-NOS                            | Implicit NOS.<br>W                    | NR   | Higher content knowledge<br>Better nature of science views<br>Similar metacognition & self-efficacy<br>Improvement in content, nature of science and metacognition | NR                                 | NED  |
| 30. Polat (2010)<br>Science-Matter       | 50<br>5 <sup>th</sup>                      | MI                               | TI                                    | 28 H | Higher achievement   | NR                                 | 1.05   |
| 31.Viko (2010)<br>Chemistry              | 192<br>12 <sup>th</sup>                    | MI                               | TI                                    | 8 We | Higher achievement & Chemistry self-efficacy   | NR                                 | 5.82 for achievement<br>3.02 for self-efficacy   |

Table 2.10 (continued)

|  |   |   |  |        |  |  |  |
|--|---|---|--|--------|--|--|--|
| 32.Cakir (2011)<br>Science                           | 28<br>PST   | ML                                      | W  | 1 S    | Improvement in awareness, cognitive strategy, & planning aspects of metacognition<br>No improvement in self-checking aspect                        | $\eta^2 = 0.17$ for awareness.<br>$\eta^2 = 0.16$ for cognitive strategy.<br>$\eta^2 = 0.14$ for planning<br>$\eta^2 = 0.06$ self-checking |  |
| 33.Collins (2011)<br>Chemistry                       | 61<br>9 <sup>th</sup> or<br>11 <sup>th</sup>        | META- inquiry                           | TI   | 1 Y    | Similar chemistry and inquiry self-efficacy<br>Similar inquiry skills  | NR   | NED  |
| 34.Dejonckheere et al. (2011)<br>Science             | 45<br>4 <sup>th</sup><br>&<br>45<br>5 <sup>th</sup> | META- support how to design experiment. | Controlled comparison strategy without META<br>Uninstructed group about how to design experiment | NR     | Similar experimentation skills for nine year old students<br>Higher experimental skills compared to both group.                                    | NR   | NED for nine year old students<br>1.62 for comparison with controlled comparison strategy<br>0.72 for comparison with Uninstructed group |
| 35. Sandi-Urena, Cooper, Stevens (2011)<br>Chemistry | 537<br>&<br>464<br>UG                               | ML                                      | TL<br>W  | 1.42 H | Higher problem solving ability & Metacognitive awareness<br>Decrease in metacognitive awareness in treatment group.<br>Higher problem solving rate | d = 0.1 for metacognitive awareness<br>d = 0.2 for problem solving ability   |  |
| 36.Butterfield (2012)<br>Science                     | 9<br>9th  | MI                                      | W  | 5 We   | Improvement in metacognition (ISNM)  | NR   | NED  |

\*In the Calculated Cohen's d column, Cohen's ds were calculated for between-group comparisons but not for within-group comparisons. **META:** Metacognition or Metacognitive, **MI:** Metacognitive instruction, **ML:** Metacognitive laboratory, **CS:** Computer-based simulation, **3E:** 3E learning cycle, **4E:** 4E Learning cycle **5E:** learning cycle, **7E:** 7E learning cycle, **TI:** Traditional Instruction, **TL:** Traditional laboratory (Verification laboratory), **NC:** No comparison, **UG:** Undergraduate, **PST:** Pre-service teacher, , **CCT:** Conceptual change text, **ET:** Expository texts, **RT:** Refutational texts, **W:** Within, **S:** Semester, **M:** Month, **H:** Hour, **We:** Week, **NR:** Not reported, **ISNM:** Inferential Statistics not made, **NES:** Not enough data to calculate effect size.

Sample. Of 36 studies conducted in science, only six studies, whose participants included pre-service teachers or elementary students, were made in Turkey. Grade levels of students participating in the metacognitive studies and the percentages of the studies categorized into the grade level are demonstrated in Table 2.11. As seen from the table, most researches were carried out for elementary students while only 21.6 % of studies addressed on high school students.

Table 2.11 Grade levels of participants included in the metacognitive studies and the percentages of the studies categorized into the grade level

| Grade level                        | Percentages |
|------------------------------------|-------------|
| Elementary (Kindergarten- grade 8) | 51.4        |
| High school (grade 9-12)           | 21.6        |
| Undergraduate                      | 24.3        |

Table 2.12 indicates sample size intervals and the percentages of the studies assigned to these intervals. Like the sample sizes of the studies investigating the impact of the learning cycle, approximately 30 percent of the studies' sample sizes were not adequate for experimental study.

Table 2.12 Sample size intervals and the percentages of the studies falling into these intervals.

| Sample size | Percentage |
|-------------|------------|
| 0-29        | 11.1       |
| 30-59       | 19.4       |
| 60-89       | 27.8       |
| 90-120      | 13.9       |
| 120+        | 25.0       |

Length. The length of treatment time ranged from one hour to 3 years. As explained before, for achievement, the time period less than 3 weeks was not enough for observing valid change in achievement.

Outcomes. The studies aimed to get improvement in various dependent variables as a result of adding metacognitive activities into science instruction. The outcomes of studies are as follows;

- Conceptual understandings and achievement
- Retention of learning
- Transfer of learning
- Metacognitive awareness and skills
- Nature of science, scientific literacy
- Problem solving
- Question asking skills
- Inquiry skills
- Attitude
- Self-efficacy
- Cognitive development
- Learning approaches
- Reading comprehension
- Thinking skills
- Class participation

Practical Importance. Most studies did not report the value of the ES for differences of group means. The researcher of the present study calculated ESs for studies who reported adequate statistics for estimating the ES of the study. For achievement, only 13 studies had enough statistics for calculation of the ES.

Mean, standard deviation of ESs of 13 studies and minimum and maximum ES observed in the studies are given in Table 2.13. The average ES was obtained as 1.14; however, as seen from the table, one study had a very large ES. Since the number of ESs was small, this outlier drastically affected the value of the mean. Therefore, this study was excluded from average ES computation. After this exclusion, the mean of ESs was found as 0.75 which is medium (see Table 2.14).

Table 2.13 Descriptive statistics of ESs of 13 research studies investigating influence of metacognitive instruction on students' achievement.

| N  | Mean | SD   | Min  | Max  |
|----|------|------|------|------|
| 13 | 1.14 | 1.47 | 0.18 | 5.82 |

Table 2.14 Descriptive statistics of ESs of 12 research studies excluding the outlier study.

| N  | Mean | SD   | Min  | Max  |
|----|------|------|------|------|
| 12 | 0.75 | 0.43 | 0.18 | 1.40 |

It should be noted that the average ES was acquired by considering all studies having ES for achievement regardless of type of the instruction in which metacognitive activities were added or the type of comparison instruction. Thus, this average ES should be interpreted with caution.

#### 2.4.6.1 Research on Metacognitive Inquiry-Based Instructions

White and Frederiksen (1998) developed a metacognitive curriculum in which students participated in scaffolding scientific inquiry using prompts. They engaged in reflective assessment in which they monitored and reflected on their own and each other's inquiry process and products (the limitations of what they have learned). To investigate the effect of reflective assessment, White and Frederiksen included a controlled comparison classes in which reflective assessment was not employed. The study was implemented in spring 1995 in force and motion unit, and was completed in 10.5 weeks by a 45-minute class in each day. Two teachers, who had worked with researchers for 1 month in developing the materials and who had piloted the developed materials in their classes and recommended necessary revisions and one teacher who only implemented the curriculum, applied the curriculum into 12 urban classes (grades 7 to 9) in two schools. The size of classes averaged about 30 students. The classes were randomly assigned into experimental and control groups. Students' average scores on Comprehensive test of Basics Skills (CTBS) indicating achievement did not differ significantly for the classes (grade 7 to 9). There was no significant difference between female and male students' CTBS scores. Students' inquiry skills and physics knowledge and attitudes about learning science were assessed by pre and post-tests. The quality of students' research projects which they developed during the course of the curriculum implementation was evaluated as well. The ANOVA with four between subject factors which were (1) treatment (reflective assessment and control), (2) gender (male and female), (3) CTBS achievement level (low [ $\leq 60$ ] and high [ $> 60$ ]) and (4) grade level (7 and 8/9) was run for analyzing students' understanding of inquiry and physics. One -tailed test was used to test the hypothesis that metacognitive instruction would be useful especially for low achieving students. The result of analysis indicated that experimental group students' understandings of physics and inquiry were significantly higher than those of comparison group students. The results also showed the interaction between treatment and achievement level of students. Including reflective assessment into scientific inquiry was especially useful low- achieving students. Their successes on their inquiry tests and research projects were significantly closer to those of high achieving students than the case in the control groups. The researchers concluded that metacognitively enhanced inquiry-

based curricula can help low achieving students reduce their educational disadvantages and also be useful for high-achieving students.

Tien (1998) explored the effect of metacognitive inquiry laboratory course called MORE (Model-Observe-Reflect- Explain) on students' attitudes towards chemistry and inquiry skills, beliefs about science and nature of research, and achievement. The participants were 77 college students at university of California, Berkeley. The study was completed in one semester in Chemistry course. The students were randomly assigned into the experimental and control groups. The experimental group was participated in the MORE project while the traditional laboratory was applied in the control group. On the reflect part of MORE cycle, students were stimulated to monitor and evaluate what they did in the experiment, to think and make sense the data they collected by using written prompts in their lab manual as well as the prompts provided by the instructor. Students also reflected on their learning in the lab in their written reports and oral presentations. Two experimental classes were instructed by the researcher while two control classes were instructed by different instructors. Both qualitative and quantitative data were collected. The result of the study indicated that the experimental group students got significantly higher scores in terms of achievement (reported Cohen's  $d = 0.53$ ), attitudes towards chemistry and inquiry skills, beliefs about science and nature of research. Qualitative data analysis also indicated that students in the experimental group improve their inquiry skills and attitude towards chemistry. These results supported the effectiveness of the inquiry instruction in which metacognitive prompts were employed in terms of improving students, achievement although the ES was medium. The main limitation of the study that the control and experimental groups were instructed by different teachers and the researcher implemented the treatment. That difference in teachers' characteristics and researcher bias might be threats to observed differences on the dependent variables.

Mittlefehldt and Grotzer (2003) investigated the effect of metacognitive instruction on transfer of causal models used in learning of density and pressure units. The participants were 182 eight grade students from six eighth grade science classes in the Boston. Two teachers applied the intervention, which was inquiry-based instruction enriched with metacognitive moves. Metacognitive moves included using question prompts when students constructed the causal models to help them be aware of their own and friends' conceptions and thinking processes, and to help think about applicability of their and friends' ideas to other situations. The metacognitive strategies used by the students were evaluated employing class discussions, semi-structured interviews, samples of student writings. The effect of metacognition use on students' transfer of causal models between learning of density and pressure and on learning in overall was assessed by comparing students' use of metacognition and students' understandings in both units. The results indicated that the intervention improved significantly students' understandings in density unit. Students' metacognitive statements significantly predicted the post-test score. Students' performance with respect to causality, also improved in density unit. In terms of transfer of causal models, the analysis showed that metacognitive statements were significant predictors of transfer scores in pressure unit. In conclusion, these results provided evidence that engaging in metacognitive activities improved students' understandings of causality and transfer of causal models as well as achievement. This study was a good example of the integration metacognitive prompts into most parts of the instruction rather than using metacognitive activities in a specific part of the instruction. The researchers employed question prompts both in written and verbally in the instruction. Students also evaluated their learning in their homework. However, lack of experimental control in this study produced a threat for claiming observed change on the dependent variables because of treatment rather than anything else.

Saribas (2009) investigated the impact of metacognitive chemistry laboratory on students' procedural and declarative knowledge, conceptual understandings, science process skills, attitude, motivational beliefs and cognitive and metacognitive strategies. Fifty four pre-service science teachers participated in the study conducted in general chemistry laboratory. The study was conducted for one semester over ten experiments. Students were randomly assigned to the control and experimental group. The experimental group made experiments designed to promote students metacognition and motivation while the control group conducted traditional verification experiments. In the experimental group, students mainly engaged in metacognitive activity as self-assessment at the end of experimentation processes. The researcher instructed both group. The researcher collected both qualitative and quantitative data. All instruments were applied as post and pre-tests. Independent t-tests were employed to test the effect of the intervention on the related variables. The results of the analysis indicated that there was no significant group differences for procedural and declarative knowledge

(Calculated Cohen's  $d = -0.07$ ), for attitude (Calculated Cohen's  $d = -0.32$ ), motivational beliefs and cognitive and metacognitive strategies (Calculated Cohen's  $d = 0.45$ ). However, significant group differences were observed in favor of the experimental group for conceptual understandings (Calculated Cohen's  $d = 0.55$ ), and science process skills (Calculated Cohen's  $d = 0.63$ ). The ESs for conceptual understandings and science process skills were medium. Although researcher of this study was designed the instruction based on self-regulated learning in which metacognition only one aspect of self-regulated learning, the explicit metacognitive activities involved small part of instruction. Furthermore, the researcher used several t-tests instead of the MANOVA. This inflates the probability of making type one error. Sample size of the study was small for experimental study. The researcher implemented the treatment, which might be a threat with respect to the researcher bias. Finally, there was no information for treatment verification.

A few studies investigating the effect of the instruction based on the learning cycle in which metacognitive activities were incorporated (Appamaraka et al., 2009; Blank, 2000; Sornsakda et al., 2009; Yildiz, 2008). These studies are discussed as follows.

Blank (2000) compared the effect of the Science Curriculum Improvement Study (SCIS) learning cycle to the effect of metacognitive learning cycle on students' achievement in ecology unit. Sample of study included 44 seventh grade students in a junior high school in a suburban school district of a large, midwestern metropolitan area. Students were randomly assigned to a control and experimental class. The control class consisted of 22 (10 males and 12 females) students whereas the experimental class included 24 (12 male and 12 female) students. True experimental design was used in this study. The study was conducted in a 3-month ecology unit. The same teacher taught both treatment groups. The control class was taught with SCIS 3E learning cycle while experimental class was instructed metacognitive learning cycle in which students were urged to reveal their science ideas and reflect on the status of their conceptions throughout the instruction. Blank integrated Hennessey's (1993) approach requiring students to engage in the status check of their conceptions by reflecting on the intelligibility, plausibility, and fruitfulness of their conceptions into Barman's four phases learning cycle (1997 as cited in Blank, 2000). Except for exploration phase, in other three phases of the learning cycle, students explicitly discussed the status of their science ideas using intelligibility, plausibility, and fruitfulness terms used in classical conceptual change approach. Specifically, students used intelligibility term to evaluate whether they could explain the conception or they can provide examples for it. When reflecting on whether their conceptions were plausible or not, they checked the consistency between their conceptions and the other experiences. Using fruitfulness term, students decided on whether their conceptions accounted for other experiences or events and facilitated solving of problems. Each student had a concept journal including her conceptions and reflections on the status of their conceptions. The assessment instrument used to measure students' understanding of the ecology concepts was administered to all students as a pre- test at the beginning of the study and as a post test at the end of study. The same instrument was also applied one and 6 months later the treatment. The ANOVA was employed to compare the means of scores on the ecology test. In this study, the researcher did not observe a statistically significant difference between either the pre or posttest mean scores across the two treatment groups (pretest:  $F = 3.36$ ;  $p = 0.07$ ; posttest:  $F = 0.348$ ;  $p = 0.56$ ). However, the experimental class significantly outperformed on both of delayed tests (for the first delayed test,  $F = 3.99$ ,  $p = 0.05$ ; for the second delayed test,  $F = 4.42$ ,  $p = 0.04$ ). The researcher did not provide ESs for the comparisons. In the immediate test comparison, the ES was calculated as 0.18 which is considered as small and for retention, ES was obtained as 0.62 which was medium. That means the study did not have a practical importance on improving students' conceptual understanding in biology as well but it had on promoting durability of students' conceptual understanding. Although Blank randomly assigned students to experimental and control conditions, the researcher did not assess the equivalence of the groups on other confounding variables which might explain the outcomes of the study. The sample size was less than 60. This limited the generalizability of the results to the population. In addition, Blank employed similar metacognitive prompts throughout the phases of the learning cycle. This might prevent students from engaging in different types of metacognitive thinking processes.

Blank's study is important for science education since it was the first study integrated the learning cycle with explicit metacognitive prompts. Following Blank (2000) study, Yildiz (2008), Appamaraka et al. (2009), and Sornsakda et al. (2009) designed similar instructions based on the metacognitive learning cycle.

Yildiz (2008) investigated the impact of the 5E learning cycle, which was based on conceptual change model and in which metacognitive prompts were incorporated into each stage, on students' conceptual understandings of force and motion concepts, learning approaches, metacognition and perceptions about metacognitive orientation of classroom learning environments. Sample of study were 52 seventh grade students in elementary school in Izmir. Two classes were randomly assigned into experimental and control conditions. There were 25 students (15 female, 10 male) in the experimental class and 27 students (11 female, 15 male) in the control class. The study included both qualitative and quantitative parts. A quasi experimental design with pre-test post-test control group was used. In the experimental group, students reflected on their conceptions using the intelligibility and plausibility terms like Blank's study. In addition, students produced journals and posters as metacognitive activity. In the control group, traditional instruction was applied. The researcher taught both groups. The independent t- test and the MANOVA was conduct to analyze the treatment effect. The independent t-test was employed to compare groups' pre test scores on force and motion test. The result of analysis indicated there was no mean differences between two groups ( $t = -0.66, p = 0.51$ ). Independent-t test also was used for post force and motion concept test. The result revealed that experimental group students significantly got lower score on the concept test ( $t = -3.29, p = 0.002$ ). The lower scores on the concept test indicated having less misconception. This result showed that the 5E learning cycle prompted by metacognition was effective to improve students' conceptual understanding in force and motion. The researcher compared pre metacognition inventory scores (knowledge of cognition and regulation of cognition) of students in experimental and control group using the MANOVA. There was no significant differences between experimental and control group students' scores on both parts of metacognitive inventory. However, the researcher observed significant difference between two groups on post scores on knowledge of cognition ( $t = 2.51, p = 0.01$ ) in favor of experimental group. Moreover, using the independent t-test, the researcher found that there was no significant difference between two groups' scores on pre Deep Learning Approach Scale and Surface Learning Approach Scale while experimental group students got higher score on post Deep Learning Approach Scale ( $t = 2.38, p = 0.02$ ) and got less score on Surface Learning Approach although the difference was not significant. Finally, the researcher observed significant differences between groups on all parts of Metacognitive Orientation of Learning Environment Scale-Science except Shared Control parts in favor of experimental group. This result indicated that the students' experimental group viewed classroom learning environment more metacognitive than those in control group students. The analyses of qualitative data also pointed out the positive effect of treatment on students' conceptual understandings of force and motion and metacognitive development, and learning approaches. The researcher did not report any ESs. The calculated effect sizes were as 0.91, large ES for conceptual understandings, as 0.68, medium ES, for knowledge of cognition, 0.53, medium ES, for regulation of cognition, 0.65, medium effect size for deep learning approach 0.30, small ES, for surface level approaches. According to these ES values, it can be said that the study had practical significance as well. On the other hand, the study had some deficiencies, as well. The first one is that the researcher implemented the treatment which might be a threat for internal validity of the study. The sample size was too small for experimental study. The researcher made individual statistical analysis for each dependent variable, which increased the probability of making type one error.

Appamaraka et al. (2009) explored the effect of the metacognitive 5E learning cycle on students' achievement, integrated science process and critical thinking skills. The participants were 82 ninth grade students in Thailand. The length of the study was 18 hours. The experimental and control groups were formed using cluster random sampling. The metacognitive learning cycle was applied in the experimental group while the traditional instruction was implemented in the control group. Metacognitive 5E learning cycle involved the integration of metacognitive technique namely the intelligibility, plausibility and wide applicability, similar to Blank's study. The achievement, integrated science process and critical thinking skills tests were applied as pre and post tests at the outset of the study and end of study, respectively. The MANCOVA was used to analyze the data. Results indicated that the experimental group students' achievement, critical thinking and integrated science process scores were greater than those of the control group students. There was no information about who implemented the treatments. The researchers did not provide enough statistics for being able to calculate the ES.

Sornsakda et al. (2009) investigated the impact of the metacognitive 7E learning cycle on students' achievement, integrated science process and critical thinking skills. The sample of the study included 93 eleventh grade students in Thailand. The students were assigned to experimental and control

conditions by cluster random sampling method. This metacognitive learning cycle was developed in similar manner to the study of Appamaraka et al. (2009). The intelligibility, plausibility and wide-applicability metacognitive moves were integrated into the 7E learning cycle. The control group was instructed with the traditional instruction. The study was completed in 10 hours. The researcher implemented the treatment. Three tests which were an achievement, integrated science process and a critical thinking skills test were applied as pre and posttests. The paired t test and the MANCOVA were used for analysis of the data. The significant group differences were observed for all constructs. Paired t test also indicated significant improvement in achievement, integrated science process and critical thinking skills. There were not adequate statistics to calculate ESs. The main limitation of the study was that the researcher taught the experimental group, which might cause a problem with respect to researcher bias.

## **2.5. Summary of the Literature Review**

- The learning cycle is an useful model for instruction and curriculum development (Cavallo & Laubach, 2001; Lawson, Abraham, & Renner, 1989; Musheno & Lawson, 1999).
- The studies comparing the effectiveness of the learning cycle with that of the traditional instruction gave evidences in favor of the learning cycle for development of students' achievement and conceptual understandings in physics (Açıslı & Turgut, 2011; Açıslı et al., 2011; Ateş, 2005a ; 2005b; Ateş & Polat, 2005; Barman et al., 1996; Cherry, 2011; Cobern et al., 2010; Ergin et al., 2008; Hussain et al., 2011; Kanlı & Yagbasan, 2008; Nuhoglu & Yalçın, 2006; Turgut & Gurbuz, 2011; Yılmaz & Huyugüzel Çavaş, 2006; Zolman, 1990), in chemistry (Ağgül-Yalçın & Bayrakçeken, 2010; Akar, 2005; Bektaş, 2011; Cavallo et al., 2003; Ceylan & Geban, 2009; Ekici, 2007; Kilavuz, 2005; Köseoğlu & Tümay, 2010; Pabuçcu, 2008; Sevinç, 2008; Siribunnam & Tayraukham, 2009), and in biology (Atilboz, 2007; Balci, 2009; Balci et al., 2006; Budprom et al., 2010; Cakiroglu, 2006; Dogru-Atay & Tekkaya, 2008; Ebrahim, 2004; Ercan, 2009; Harurluoğlu & Kaya, 2011; Kaynar et al., 2009; Marek et al., 1994; Lord, 1999; Musheno & Lawson, 1999; Oren & Tezcan, 2008; Sadi & Çakiroğlu, 2010; Saygin, 2009; Saygin et al., 2006).
- The average (Cohen's d) of the ESs of 35 studies contrasting the learning cycle to the traditional instruction for promoting students' achievement was estimated as 1.15 which is a large ES according to the threshold proposed by Cohen (1988). The average ESs of the learning cycle studies conducted in physics was 1.16 which is also a large ES.
- The learning cycle studies were also effective for retention of learning (Harurluoğlu & Kaya, 2011; Küçükylmaz, 2003; Sriwattanarothai et al., 2009; Turgut & Gurbuz, 2011), students' attitudes in physics, chemistry and biology (Açıslı & Turgut, 2011; Balci, 2009; Billings, 2001; Brown, 2000; Ebrahim, 2004; Ergin et al., 2008; Farrell et al., 1999; Hokkanen, 2011; Kaynar, 2007; Lord, 1999; Oren & Tezcan, 2009; Parker & Gerber, 2000; Siribunnam & Tayraukham, 2009; Thien Huong, 1997; Yılmaz & Huyugüzel Çavaş, 2006), for science process skills (Açıslı & Turgut, 2011; Budprom et al., 2010; Campbell, 1977; Cumo, 1991; Kanlı & Yagbasan, 2008; Poliyem et al., 2011; Sevinç, 2008), for thinking skills (Budprom et al., 2010; Mecit, 2006; Oren & Tezcan, 2008; Siribunnam & Tayraukham, 2009; Temel et al., 2012), for science perceptions (Campbell, 2006; Köseoğlu & Tümay, 2010; Liu et al., 2009; Sriwattanarothai et al., 2009), and for epistemological understandings (Bektaş, 2011; Kaynar et al., 2009).
- According to the meta-analysis conducted by Guzzetti et al. (1993), the inclusion of a laboratory in the learning cycle resulted in larger effects when compared to the approach without a laboratory.
- Extension from the 5E learning cycle to 7E learning cycle ensures that eliciting prior understandings and opportunities for transfer of learning are not neglected (Eisenkraft, 2003).
- Compared to the number of studies investigating the effectiveness of the 3E and 5E learning cycle, the limited number of study investigated the effectiveness of the 7E learning cycle.
- Almost half of the learning cycle studies' sample sizes were not adequate for experimental studies.
- The instruction based on the 7E learning cycle increased students' achievement and conceptual understandings (Bulbul, 2010; Kanlı & Yagbasan, 2008; Poliyem et al., 2011; Siribunnam & Tayraukham, 2009), their attitudes (Bulbul, 2010; Siribunnam & Tayraukham, 2009), their science process skills (Kanlı & Yagbasan, 2008; Poliyem et al., 2011) and their thinking skills (Mecit, 2006; Siribunnam & Tayraukham, 2009).

- Students' epistemological understandings affect their responses to learning activities, approaches to learning (Hammer, 1994; Hogan, 1999; Rosenberg et al., 2006; Sandoval, 2005; Tsai, 1998) in science and mathematics.
- Several research studies supported the idea that students' personal epistemologies context dependent rather than coherent, context-independent stable beliefs (Leach et al., 2000; Lising & Elby, 2005; Louca et al., 2004; Rosenberg et al. 2006; Roth & Roychoudhury, 1994; Sandoval & Morrison, 2003; Songer & Linn, 1991). Put it differently, the results of these studies supported the resources framework's claim that students' epistemologies consist of fine grained context dependent resources. Therefore, epistemological development and change include the co-activation and stabilization of epistemological resources the individual already has rather than removal of old belief (Elby & Hammer, 2010).
- The implicit instruction focusing on students' conceptual development and assuming their epistemological understandings would improve in the same way are not so effective compared to the instruction focusing explicitly on their epistemological development (Elby, 2001; Redish & Hammer, 2009; Sandoval & Morrison, 2003) in terms of promoting their epistemological understandings.
- There were few studies exploring the effectiveness of the explicit epistemological instruction. Most of them endorsed beliefs perspective and applied strategies used in traditional conceptual change approaches to change students' naïve beliefs towards more sophisticated beliefs. Only two studies developed their epistemological instructions based on the resources framework (Elby, 2001; Redish & Hammer, 2009). Moreover, all studies except for the study of Elby (2001) were conducted with university students. Furthermore, except for Elby (2001), and Redish and Hammer (2009), they made studies in their educational psychology or related courses and their main concern was students' epistemological development rather than other educational variables.
- Furthermore, to the best knowledge of the researcher of the present study, there was no research studying the effectiveness of the epistemological instruction explicitly emphasizing students' personal epistemologies in Turkey to date.
- Compared to reading and mathematics, there was not much research addressing metacognition in science. Thus, the number of studies evaluating the effectiveness of the metacognitive inquiry was less in science although it has been pointed the importance of metacognition for scientific inquiry skills (Baker, 1991; Blank, 2000; Schraw, et al., 2006; White & Frederiksen, 2000). Metacognition is also important for development of students' personal epistemologies. (Bendixen & Rule, 2004; Bendixen & Feucht, 2010; Elby & Hammer, 2010; Rule & Bendixen, 2010).
- Few studies integrated the learning cycle with metacognitive activities. However, they made similar integration by using Hennessey's (1993) status check approaches.
- Most of metacognitive studies in science were conducted for the elementary students.
- Almost 30 percent of research probing the effectiveness of metacognitive instruction in science had too small sample size for an experimental study.
- A great deal of research demonstrated metacognitive science instruction improved students' conceptual understandings and achievement (Akgül, 2010; Alemdar, 2009; Bianchi, 2007; Hoffmann, 2010; Koch, 2001; Michalsky et al., 2009; Mittlefehldt & Grotzer, 2003; Peters & Kitsantas, 2010; Polat, 2010; Saribas, 2009; Sbhatu, 2006; Tien, 1998; Viko, 2010; Yıldız, 2008; White & Frederiksen, 1998; Yuruk et al., 2009), the retention of learning (Adey & Shayer; 1993; Akgül, 2010; Alemdar, 2009; Bianchi, 2007; Blank , 2000; Georghiades, 2004; Yuruk et al., 2009), the transfer of learning (Alemdar, 2009; Georghiades, 2006; Lin & Lehman, 1999; Mittlefehldt & Grotzer, 2003; Sbhatu, 2006), metacognition (Abd-El-Khalick & Akerson, 2009; Baird & White, 1984; Butterfield, 2012; Cakir, 2011; Hennessey, 1999; Larkin, 2006; Michalsky et al., 2009; Yıldız, 2008) attitudes towards science and learning (Akgül, 2010, Baird & White, 1984; Tien, 1998) and scientific inquiry skills (Dejonckheere et al., 2011; Lin & Lehman, 1999; Saribas, 2009; Tien, 1998; White & Frederiksen, 1998).
- The average of ESs of 12 research studies investigating the influence of metacognitive instruction on students' achievement in science was estimated 0.75 which is a medium ES.
- Specifically, the result of metacognitive inquiry studies showed this type of instruction improved students' achievement (Appamaraka et al., 2009; Saribas, 2009; Sornsakda et al., 2009; Yıldız, 2008; Tien, 1998), science process skills (Appamaraka et al., 2009; Saribas, 2009; Sornsakda et al., 2009; Tien, 1998; White & Frederiksen, 1998), and their critical thinking skills (Appamaraka et al., 2009; Sornsakda et al., 2009).

In conclusion, according to the literature review conducted in this study, the learning cycle is an effective teaching strategy for improving students' achievement and conceptual understandings. However, there is little known about the effectiveness of the 7E learning cycle compared to the other types of the learning cycle. Similarly, the limited number of studies investigated the explicit epistemological instruction and most of them accepted the beliefs framework although many research studies gave supporting evidence for resources framework. There has been a great deal of research in reading and mathematics proving the effectiveness of metacognitive instruction while this number is limited for science. Both scientific inquiry and personal epistemology researchers pointed the importance of metacognition; however, few studies explored the integration of metacognition to inquiry-based or epistemological instruction. There is no study probing the effectiveness of the instruction based on the 7E learning cycle integrated with metacognition and personal instruction. Thus, the present study was conducted to fill these gaps in the literature.

## **CHAPTER 3**

### **METHOD**

Population and sample of the study are described in the first section of this chapter. The variables and instruments used in this study are introduced in the following sections. In the fourth section, the instructional materials developed and employed in the study are discussed. The treatments given in the experimental and control groups are explained in the fifth section. Finally, the analysis of the data, power and unit analysis, and assumptions and limitations of the study are presented in the following sections.

#### **3.1 Population and Sample**

The target population of this study is all tenth grade students at Anatolian teacher training high schools (ATTHS) in the Central Anatolia Region of Turkey. On the other hand, because too much time and effort are needed to deal with the target population, the researcher narrowed the population to the accessible population. The accessible population is the population to whom the researcher is entitled to generalize (Fraenkel & Wallen, 2000). The accessible population is all tenth grade students at ATTHSs in Ankara. The developed treatment in this study involved using micro-computer laboratory tools. When the treatment was made, only the ATTHSs had these tools, in Ankara. Thus, the ATTHSs were selected as study schools for the present study. There were nine ATTHSs in 2009-2010 academic year in Ankara. The number of all tenth grade students in accessible population was approximately 750 and there were about 17 tenth grade science classes and 13 physics teachers. Only four schools had more than one tenth grade science class. Two of these nine schools were selected conveniently by considering the number of science classes in the tenth grade and their distances to the center of Ankara. One of these two schools had two science classes taught by the same teacher. These two classes were selected for the current study. The other school had three classes. In this second school, two classes instructed by the same teacher were selected for the present study. In sum, four classes from two schools participated in the study. The students including in this study had achieved the high school entrance examination to be able to enroll at the ATTHSs, thus, it can be said that the sample of the study included high achieving students. The intact classes in each school were randomly assigned into the experimental and control groups. The experimental classes were instructed using the epistemologically and metacognitively stimulated 7E learning cycle (EM-7ELC) while the comparison classes were taught based on the traditional instruction. The numbers of students in experimental and control groups according to schools, classes and gender are given in Table 3.1. Two physics teachers, one is male, and the other is female, participated in the current study. The same teachers had taught both the experimental and control group in each school.

Table 3.1 Sample of the study in terms of the school, group and gender

| <b>Schools</b> | <b>Experimental Group</b> | <b>Control Group</b>    | <b>Total</b>             |
|----------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| School 1       | 28 (12 Female, 16 Male)   | 29 (12 Female, 17 Male) | 57 (24 Female, 33 Male)  |
| School 2       | 24 (12 Female, 12 Male)   | 26 (13 Female, 13 Male) | 50 (25 Female, 25 Male)  |
| Total          | 52 (24 Female, 28 Male)   | 55 (25 Female, 30 Male) | 107 (49 Female, 58 Male) |

The total number of the students in the selected sample was 107, which was approximately 14 percent of the accessible population. This sample size was also larger than the value of 59 obtained using Cohen's tables for power analysis (Cohen & Cohen, 1983). The number of classes included about 23 percent of tenth grade science classes in the accessible population.

### **3.2 Variables**

There are three dependent variables (DV) and five independent variables (IV) in this study. The dependent variables are students' Post-Test Scores on the Maryland Physics Expectations survey (POMPEX), and students' Post-Test Scores on Force and Motion Achievement Test- I (POFMAT-I) and students' Post-Test Scores on Force and Motion Achievement Test- II (POFMAT-II) in this study. The independent variables are divided in two groups as covariates and group membership variables. Covariate variables are students' Pre-Test Scores on the MPEX (PREMPEX), students' Pre-Test Scores on Force and Motion Achievement Test-I (PREFMAT-I), and teacher-made physics achievement test (TMT) scores acquired before treatment and students' gender. Group membership variable is Instructional Method (IM) which has two levels: the EM-7ELC and the traditional instruction (TI). Table 3.2 indicates the name, type, nature and scale of the variables in this study.

Table 3.2 The name, type, nature and scale of the variables in this study.

| Name      | Type | Nature      | Scale    |
|-----------|------|-------------|----------|
| POMPEX    | DV   | Continuous  | Interval |
| POFMAT-I  | DV   | Continuous  | Interval |
| POFMAT-II | DV   | Continuous  | Interval |
| PREMPEX   | IV   | Continuous  | Interval |
| PREFMAT-I | IV   | Continuous  | Interval |
| TMT       | IV   | Continuous  | Interval |
| Gender    | IV   | Categorical | Nominal  |
| IM        | IV   | Categorical | Nominal  |

### **3.3 Instruments**

Four instruments: Force and Motion Achievement Test-I, II and the Maryland Physics Expectations-II survey, and Classroom Observation Checklist were employed in this study. In the next sections, these instruments are explained further.

#### **3.3.1 The Maryland Physics Expectations Survey-II**

The Maryland Physics Expectations Survey-II (MPEX-II) was developed by Elby, McCaskey, Lippmann, and Redish (2001) to investigate students' epistemological stance in physics. They generated the survey from the Epistemological Beliefs Assessment for Physical Sciences (Elby et al., 1999) and the original Maryland Physics Expectations (MPEX) survey (Redish et al., 1998).

The intended population of the MPEX-II is high school and university students who take physics courses. It is a multi-dimensional survey relied on Hammer's (1994) epistemological dimensions: pieces versus coherence, formulas versus concepts, and authority versus independence. For the MPEX-II, these dimensions were called as Coherence, Concepts, and Independence. Redish and Hammer (2009) describe these dimensions as follows;

Coherence. The degree to which the student considers physics knowledge as coherent and sensible rather than as a bunch of disconnected pieces.

Concepts. The extent to which the student considers concepts as the substance of physics rather than as considering them as mere cues for which formulas to employ. That is, it is associated with the student's understanding about the content of physics knowledge as formulas or as concepts underlying the formulas.

Independence. The extent to which the student considers learning physics as a matter of constructing her own understanding as opposed to absorbing knowledge from authority.

There are two groups of items in the MPEX-II. The first group includes 25 Likert-type of items, the score of which ranges from 1 point (strongly disagree) to 5 points (strongly agree). The second group includes multiple-choice items (26-32), whose score ranges from 1 point (a) to 5 points (e). Items 1

and 26 were not categorized into any dimension, although researchers might decide to include these items for collecting further information about students' epistemological understandings, such as understandings about group working. The dimensions, sub-dimensions of the MPEX-II, the items assigned into sub-dimensions, and favorable responses in parenthesis are presented in Table 3.3.

Table 3.3 Items falling into each dimension and sub-dimension of MPEX-II

| <b>Dimensions</b> | <b>Items (Favorable Responses)</b>   |
|-------------------|--|
| Coherence         | 3(D) <sup>*</sup> , 4(A), 6(D), 8(D), 10(D), 13(D), 15(D), 19(D), 21(D), 23(D), 27(A,B), 28(A,C) |
| Concepts          | 5(D), 9(D), 16(D), 18(D), 19(D), 23(D), 24(D), 28(A,C) 30(D,E)                                   |
| Independence      | 2(D), 7(A), 11(D), 12(D), 14(D), 17(A), 20(D), 22(D), 25(D), 29(D,E), 31(D,E), 32(A,B)           |

Note: \*Abbreviations: A: Agree for 2-25 items, D: Disagree for 2-25 items. For 27-32 items, A, B, C, D, and E indicate item alternative choices. This table is taken from Yerdelen-Damar, Elby, & Eryilmaz (2012).

In this study, the Turkish version of the MPEX-II validated by Yerdelen-Damar, Elby, and Eryilmaz (2012) was used. The MPEX-II was adapted into Turkish, in four steps. First, it was translated into Turkish by the first author. Then, an instructor from the Basic English Department at Middle East Technical University reviewed the translated MPEX-II, and according to the instructor's corrections, the necessary revisions were made. Third, three instructors from the Faculty of Education who know the English version of the MPEX-II examined the corrected translation. They evaluated the translated survey whether the items were translated correctly and the translated items carried the same meanings as the English items did. The first instructor suggested corrections on 15 items, the second instructor recommended editing 18 items and the third instructor proposed suggestions on 25 items. Twelve items were common items on which all instructors asked corrections. The researcher synthesized all common recommendations and the survey was edited further considering the instructors' all suggestions. Finally, a teacher teaching Turkish in a high school reviewed the Turkish version to correct grammatical errors and check whether the statements would be clear to high school students.

The Turkish version of the MPEX-II was administered to 505 (270 female, 235 male) tenth grade students at four public high schools in Etimesgut, a district of Ankara. This sample included 270 females and 235 males whose ages ranged from 15 to 17. The survey was further revised in terms of structure and grammatical errors according to responses of students in the pilot study to improve clarity of the items. The final version of the Turkish MPEX-II was given in Appendix A. Yerdelen-Damar et al. (2012) applied the resources and beliefs frameworks to the psychometric analyses of the Turkish MPEX-II to describe how researchers' understandings of the form of students' epistemologies affect the researchers' decisions about development and refinement of surveys. Current psychometric analyses based on the idea that the good item should be well correlated with the other items hypothesized to be assessing the same construct. In other words, it endorses the beliefs framework's idea that the students' epistemological understandings are consistent across contexts in a domain. Therefore, low-correlated items should be excluded from the survey. However, if the results of psychometric analyses are interpreted in the resources framework, items weakly correlated to other items might be used as indicators that different contextual cues embedded into different items might trigger different nets of epistemological resources. The psychometric analyses of the Turkish MPEX-II indicated that some items were poorly correlated with the other items in the same construct. These were Items 10, 19, 23, 27, and 28, which are the coherence items, Item 28, which is also the concepts item, and Item 32, which is the independence item. According to Yerdelen-Damar et al. (2012), if the resources framework is taken very seriously, carrying out the psychometric analyses for instruments is not necessary. Since the present study endorses the resources framework, instead of excluding the uncorrelated items from the survey, these items were kept in the survey. However, the researcher of present study provided Cronbach's alphas for each instruments to reach as wide an audience as possible. In other words, the researcher tried to make the results of the present study acceptable to other researchers who do not advocate the resources framework. Only Items 1, 26 and 32 were not used in this study to short survey for saving completion time. In addition, for three multiple choice

items, 27, 28, and 31, students were asked to explain their choices. Students' explanations were used to test whether students' reasons for selecting a particular choice support that selected choice. In this study, it was observed that all explanations supported their respective choices. The possible maximum score which students can obtain was 145 while they can get 29 as the possible minimum score on the short form of the MPEX-II used in this study. The higher scores imply more sophisticated epistemological stance in physics. Cronbach's alphas were estimated as 0.64 for the PREMPEX and 0.72 for the POMPEX.

### 3.3.2 Force and Motion Achievement Test

The Force and Motion achievement Test-I (FMAT-I) and Force and Motion achievement Test-II (FMAT-II) were developed using the existing measuring tools in the literature. First, the objective list in Turkish high school physic curriculum (THSPC) was revised considering Bloom taxonomy, limitations and explanations suggested by the THSPC commission. The first version of objective list for the FMAT-I and II are given in Appendix B1. Second, the existing conceptual measuring tools are the Force Concept Inventory, FCI, (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992), the Force and Motion Conceptual Evaluation, FMCE, (Thornton & Sokoloff, 1998), the Test of Understanding Graphs-Kinematics, TUG-K (Beichner, 1994) and the Mechanics Baseline Test, MBT (Hestenes & Wells, 1992). These tools were examined and some of the questions were selected according to the objective list. The researcher searched the Turkish version of these conceptual measuring tools. The Turkish FCI adapted by Temizkan (2003), the Turkish TUG-K adapted by Delialioglu (2003) were used. The questions from the FMCE were translated into Turkish by the researcher of this study. Third, physics education research groups' web pages were searched to reach the questions they developed for their research studies. Finally, the researcher wrote questions for the rest of objectives. In the developed test, different types of questions including multiple-choice, true false, matching, and open-ended type of questions were used to improve the reliability and validity of test results.

Since the force and motion unit is quite long, the test was divided into two comparable parts as the FMAT-I and II according to the number of objectives. The first versions of the FMAT-I and II are given in Appendix B2 and B3, respectively. To check the content and face validity, two tests were examined by three Ph.D students and one instructor in physics education at the Middle East Technical University by using the tables of test specification (see Appendix B4 and B5) and evaluation criteria developed by the researcher. The evaluation criteria are presented in Appendix B6. The evaluators were asked to respond to four questions to assess whether the questions were properly matched with objectives; the levels of objectives were correct in terms of the Bloom taxonomy, and the levels of questions were appropriate for tenth grade students. Moreover, the last question of the criteria asked whether the researchers wanted to add additional information related to the tests and objective lists. The suggestions of the evaluators for the FMAT-I are summarized as follows;

- Question-objective matching. No evaluators mentioned a problem in the matching of questions to the objectives.
- Levels of objectives. The evaluators suggested changes on the levels of some objectives (Objectives 1.3, 2.2, and 2.3) with respect to the Bloom taxonomy. The researcher examined these objectives again and edited them considering suggested modifications. The second version of objective list for the FMAT-I is given in Appendix C1.
- Difficulty level of the questions. According to all evaluators, the difficulty level of the questions is appropriate for tenth grade students.
- Other suggestions. The evaluators made suggestions for the directions of each section of the test, punctuations, and grammatical errors. They also made recommendations to improve the clarity of the questions (Questions 6-12, 22, 23, 27, 28, 31, and 32). All suggestions were applied to the test. The second version of the FMAT-I is given in Appendix C2.

At the following recommendations were made by the evaluators for the FMAT-II;

- Question-objective matching. Questions 12, 13, 14, 15, and 16 had been matched with Objective 1.1. However, one evaluator suggested they should have matched to Objective 1.3. Moreover, Questions 9 and 10 had been matched with Objective 2.4 but they were suggested being matched with Objective 2.1. The researcher made suggested changes in the table of test specification (see Appendix C3 for the second version of the table of test specification for the FMAT-II).

- Levels of objectives. Taking into account evaluators' remarks, the researcher modified the levels Objectives 1.10 and 3.3. The second version of the objective list for the FMAT-II was presented in Appendix C4.
- Difficulty level of questions. All evaluators claimed that tenth grade students were able to answer the questions.
- Other suggestions. Some punctuation and grammatical errors were noticed by the evaluators. They made suggestions about the directions of each section in the FMAT-II. To promote clearness of the questions, one evaluator suggested modifications on Questions 12-21, and 31. All suggestions of the researchers were evaluated and necessary changes were carried out the questions. The second version of the FMAT-II is given in Appendix C5.

### **3.3.2.1 Pilot Study**

The both achievement tests had not been piloted to tenth grade students since the treatment was conducted the force and motion unit which new THSPC included. Put it differently, this new unit was taught at the first time when the treatment of the study was implemented. Thus, there was no tenth grade students who had been taught all concepts covered in the new force and motion unit. Therefore, 12<sup>th</sup> grade students who had been instructed all concepts when the pilot study was conducted were selected for the pilot study. As mentioned before, the present study was conducted at two ATTHSs in Ankara. These schools accept the students who succeed a very competitive high school entrance exam. That means the FMAT-I and II were supposed to be administered in the main study to the successful students. The students in the pilot study are expected to be comparable to the students in the main study in terms of success. Hence, two Anatolian high schools whose successes were similar to success of the main study schools were chosen, conveniently. The FMAT-I was piloted to 84 (36 Female, 48 Male) 12<sup>th</sup> grade students from one Anatolian high school at Diskapi, a district of Ankara while the FMAT-II was piloted into 83 12<sup>th</sup> grade students from an Anatolian high school at Çankaya, a district of Ankara. The followings explain what the researcher carried out to get more reliable and valid tests.

- The FMAT-I and II were administered to students by the researcher. The researcher determined the questions not understandable to students and checked whether students could complete the test in one-hour class time (45 minutes). It was observed that some questions were not clear for the students and the time was not enough for both tests. The researcher edited these questions in terms of format and grammar considering the reactions of the students.
- Overall descriptive statistics for true-false questions in both tests indicated these questions were answered by most of students. Therefore, the researcher changed the format of some of these questions into multiple-choice.
- The researcher ran the ITEMAN statistical data analysis program for multiple-choice and matching type of questions in both tests. The ITEMAN results are given in Appendix D. The questions were evaluated in terms of item difficulty index (p), the proportion of examinees who answered item correctly and discrimination index (Point biserial correlation index) indicating how effectively the item discriminates between examinees that are relatively high on the criterion of interest and those who are relatively low (Crocker & Algina, 1986).
- Using the ITEMAN results for multiple-choice and matching type of questions and overall answering rate for true-false and open-ended type questions, the researcher edited or removed some questions from both tests.

Results of the ITEMAN for the FMAT-I. The FMAT-I applied in the pilot study included the questions (Questions 1, 34, and 36) related to “the vector topic” covered in the force and motion unit; however, according to the ITEMAN, the difficulty index and the point- biserial index of Question 1 were not in the acceptable range. Most of students correctly answered this question, which means this question was not good for discriminating students. Question 34 and 36 were true- false type of questions and these questions were answered correctly most of students as well. After discussing these questions to a high school physics teacher, the teacher claimed that this result was reasonable since the vector questions are generally solved by most of students. Since the 45 minute-time also was not enough for the FMAT-I, the researcher decided not to include the vector topic in the scope of the present study. The main study was conducted after the teachers taught the vector topic.

After excluding Question 1, the ITEMAN results for the FMAT-I indicated that the item difficulty and discrimination indices were in the acceptable level. All alternatives worked well except for those of Question 11. In this question, one distracter was selected similar rate as the correct alternative was. The distracter was examined again and it was observed that it did not contain any information that might lead students to select the distracter for Question 11. Therefore, it was decided to keep this distracter among the alternatives of Question 11. Table 3.4 indicates the number of students taking the FMAT-I in the pilot study, the number of multiple-choice and matching type of questions entering the ITEMAN, the values of item difficulty, discrimination indices, and alpha and descriptive statistics of test scores.

Table 3.4 Summary statistics related to the ITEMAN for multiple-choice and matching type of questions of the FMAT-I in the pilot study

|                |       |
|----------------|-------|
| N of Items     | 18    |
| N of Examinees | 84    |
| Mean           | 6.440 |
| Std. Dev.      | 3.472 |
| Skewness       | 0.879 |
| Kurtosis       | 0.490 |
| Alpha          | 0.765 |
| SEM            | 1.683 |
| Mean P         | 0.358 |
| Mean Biserial  | 0.632 |

Results of the ITEMAN for the FMAT-II. The difficulty and discrimination indices were at the acceptable level for the questions in the FMAT-II according to the item analysis. Only in Question 19, one distracter had a high rate selection. However, since any problem was not observed in the distracter, it was kept in Question 19. The number of students taking the FMAT-II in the pilot study, the number of multiple-choice and matching type of questions entering the ITEMAN, the values of item difficulty, discrimination indices, and alpha and descriptive statistics of test scores are presented in Table 3.5

Table 3.5 Summary statistics related to the ITEMAN for multiple-choice and matching type of questions of the FMAT-II in the pilot study.

|                |        |
|----------------|--------|
| N of Items     | 21     |
| N of Examinees | 84     |
| Mean           | 13.476 |
| Std. Dev.      | 4.148  |
| Skewness       | -1.397 |
| Kurtosis       | 1.653  |
| Alpha          | 0.824  |
| SEM            | 1.741  |
| Mean P         | 0.642  |
| Mean Biserial  | 0.688  |

Cronbach's alphas were calculated for the objective-type questions in the FMAT-I and FMAT-II. Cronbach's alpha was estimated as 0.76 for the FMAT-I and 0.82 for the FMAT-II. As said above, because of time limitation, some questions were excluded from both tests considering balance of the number of question for each objective. (see Appendix E1 for the final version of the objective list and Appendix E2 and E3 for final version of the tables of test specification for FMAT-I and FMAT-II, respectively). Finally, the FMAT-I includes 27 questions which are 3 multiple-choice, 13 matching,

and 11 open-ended type questions while the FMAT-II is comprised of 31 questions which are 10 multiple choice, 10 matching and 11 open-ended type of questions. The final version of FMAT-I and II are given in Appendix E4 and E5, respectively.

Table 3.6 indicates the source of the question of the FMAT-I used in the main study. As mentioned before, some questions were taken from the studies conducted by the physics education research groups (PERG). Questions 17-20 were adapted from the Tutorials in Introductory Physics (McDermott, Shaffer, & the Physics Education Group, 2002) and Questions 21 and 24 were taken from the Open-Source Tutorials (OST), developed by University of Maryland Physics Education Research Group. Similarly, Questions 22 and 23 were adapted from the achievement tests developed by the Colorado Physics Education Research Group.

Table 3.6 The source of the questions in the FMAT-I

| Source                             | Questions |
|------------------------------------|-----------|
| FCI                                | 1, 3      |
| MBL                                | 2         |
| FCME                               | 4-16      |
| PERG-Developed                     | 17-24     |
| Bowden, Dall'Alba, & Martin (1992) | 25, 26    |
| Researcher-Developed               | 27        |

The sources of the questions in the FMAT-II are presented in Table 3.7. Questions 2 and 16-28 were adapted from the studies conducted by the physics education research groups (PERG). Question 2 was adapted from the Peer instruction book (Mazur, 1997). Questions 16-20 were adapted from Teaching Physics with the Physics Suite (Redish, 2003). Questions 21-26 were adapted from the achievement tests developed by the Colorado Physics Education Research Group. Questions 27 and 28 were taken from the OST.

Table 3.7 The sources of the questions in the FMAT-II

| Source               | Questions         |
|----------------------|-------------------|
| FCI                  | 6, 8              |
| TUG-K                | 1, 3, 4, 5        |
| FCME                 | 11-15             |
| PERG-Developed       | 2, 16-28          |
| OSS Exam             | 7                 |
| Researcher-Developed | 30, 9, 10, 29, 31 |

### 3.3.2.2. Main Study

The ITEMPAN results for the POFMAT-I and II. The ITEMPAN analysis was carried out for the objective type of questions in the POFMAT-I and POFMAT-II as well. The results are given in Appendix F. The number of students taking the tests , the number of objective type of questions entering the ITEMPAN, the values of item difficulty, discrimination indices, and alpha, and descriptive statistics of test scores of the POFMAT-I and POFMAT-I are given in Table 3.8 and Table 3.9, respectively. All difficulty and discrimination indices were at acceptable levels and all alternatives worked well. Cronbach's alphas estimated for multiple- choice questions in the FMAT-I and the FMAT-II were 0.77 and 0.87, respectively. Cronbach's alphas were calculated for all questions in the FMAT- I and II as well. The alphas are 0.90 for the FMAT-I and 0.88 for the FMAT-II.

Table 3.8 Summary Statistics related to the ITEMPAN for objective type of questions of the FMAT-I in the main study

|                |        |
|----------------|--------|
| N of Items     | 16     |
| N of Examinees | 105    |
| Mean           | 4.810  |
| Std. Dev.      | 3.269  |
| Skewness       | 0.662  |
| Kurtosis       | -0.478 |
| Alpha          | 0.772  |
| Mean P         | 0.301  |
| Mean Biserial  | 0.673  |

Table 3.9 Summary Statistics related to the ITEMPAN for objective type of questions of the FMAT-II in the main study

|                |        |
|----------------|--------|
| N of Items     | 20     |
| N of Examinees | 107    |
| Mean           | 12.318 |
| Std. Dev.      | 4.854  |
| Skewness       | -0.448 |
| Kurtosis       | -0.606 |
| Alpha          | 0.866  |
| Mean P         | 0.616  |
| Mean Biserial  | 0.701  |

The keys for objective type of questions are given in Appendix G. The correct choices were coded as one and the distractors were scored as zero on these types of questions in the analyses of the study.

The open-ended questions in the FMAT-I and II were graded by applying analytic and holistic scoring rubrics. The analytic scoring is “the assignments of scores to individual components of a performance or product” while the holistic scoring “the assignment of a score based on an overall impression of a performance or product rather than consideration of individual elements” (Gronlund & Waugh, 2009, p. 227). In this study, most of open-ended questions consisted of two parts. The first part involved providing a short answer to the question while the second part requested students to explain their reasoning for the short answer. Considering these parts, the general analytic scoring framework was generated (see Appendix H1). This framework included the categories and sub-categories formed employing different combination of short answers and explanations. For example, the students’ responses having both a correct short answer and an explanation were assigned to the first category (Code A) while the responses having both a short answer and an explanation but both or one of them were not completely correct were assigned to the second category (Code B). Moreover, the specific analytic scoring rubrics were created for each question relied on this framework. Questions 22, 23 and 24 in the FMAT-I and Questions 24, 29, and 30 in the FMAT-II were graded using holistic scoring rubrics because the answer patterns of these questions were different from the other questions scored with the general analytic scoring framework. Both analytic and holistic scoring rubrics were revised after examining all students’ answers to open-ended questions in the PREFMAT-I, POFMAT-I and POFMAT-II so that all possible responses could be taken into account before the questions were graded. The scoring rubrics for all open ended questions in the FMAT-I and II are given in Appendix H2 and H3, respectively. On the rubrics, the possible maximum score was three and the possible minimum score was zero for the categories. Each rubric consisted of the categories and subcategories, the scores of the sub-categories. Students’ answers exemplifying each category in the scoring rubrics are given in Appendix H4. The frequencies and the percentages of students’ responses which were assigned to each subcategory are presented for the experimental and control groups in Appendix H5 for the PREFMAT-I, in Appendix H6 for POFMAT-I and in Appendix H7 for POFMAT-II.

### **3.3.3 Classroom Observation Checklist**

The researcher developed a classroom observation checklist relied on the accepted theories of metacognition, epistemology and the learning cycle to control whether the EM-7ELC was properly implemented in the experimental classes and the TI was applied in the control classes. In other words, the classroom observation checklist was used for treatment verification. As seen in Appendix I, the observation checklist was developed considering the whole parts of the instruction based on the EM-7ELC. Since all parts of the EM-7ELC cannot be completed in one class hour, for being able to fill a checklist as a whole, the observer should participate in all classes in which a particular activity based on the EM-7ELC is completed.

The classroom observation checklist, presented in Appendix I, includes 23 items. The researcher benefited from the study of Keser (2003) when wrote Item 12 and 22. The other items were developed by the researcher. There are three answering options as “yes”, “partially” and “no” in the checklist. Some of items are intended for both instructions while some are developed for only the experimental or comparison instruction. Item 13 and 14 can be observed in both experimental and control group. Moreover, Items 7 and 23 are designed only for the comparison instruction while the rest of other items are aimed for only the treatment instruction.

Several lessons in both experimental and control groups were observed by using this checklist. Some of observations were conducted by two observers (one is the researcher and the other is a Ph.D student in the department of Secondary Science and Mathematics Education at METU) to calculate the inter-rater reliability coefficient which was used as an indicator for whether researcher alone can make the reliable classroom observations. The correlation coefficients between the observation checklist data of two observers were calculated ( $r=0.96$  for the control group and  $r=0.82$  for the experimental group). Because correlations between two observers’ data were at acceptable levels, the researcher conducted other observations, individually.

During treatment, force and motion unit was completed in 36 class hours in the experimental and control groups. Since there were four classes, two experimental classes and two control classes, the total instruction time of four classes was 144 class hours. In the experimental classes, seven observation checklists were completed in 30 hours and control classes were observed using five observation checklists in 21 hours. Considering these time periods, approximately, 35 percent of 144 class hours were observed by the researcher.

To support treatment verification, the researcher explored how the teachers and the students differentiated the instruction based on the EM- 7ELC from the TI. Specifically, the researcher asked both teachers and the students to answer the question of “How does the learning method used in force and motion unit differ from the methods used in the previous units?”. Furthermore, the researcher asked the teachers “What main difficulties they met in the implementation of the EM-7ELC?”. These two questions were adapted from the study of Serin (2009). Thirty six students in the experimental group reported their perceptions about the EM-7ELC, in written. The perceptions of two teachers who implemented the EM-7ELC were taken with interview. The researcher interviewed the teachers at the end of the treatment for 10- 20 minutes in their schools.

### **3.4 Instructional Materials**

Instructional materials including, activity sheets, teacher guides, homework sheets and the concept map drawing guide are discussed in this section.

#### **3.4.1 Activity sheets**

The researcher developed activity sheets for the implementation of the EM-7ELC (see Appendix J, for the activity sheets). The activity sheets were the main instructional materials on which students worked as a group of four or five in whole class time. They consisted of seven main parts corresponding to seven phases of the 7E learning cycle. Each part was integrated with metacognitive and epistemological components.

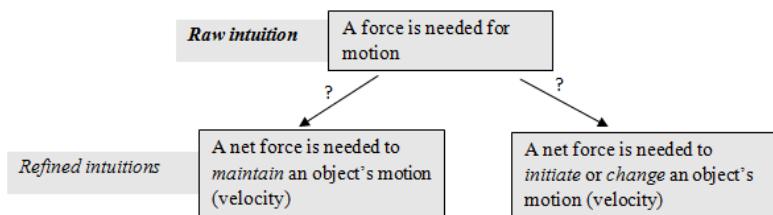
For epistemological activities, the Open-Source Tutorials (OST), developed by University of Maryland Physics Education Research Group, were mainly utilized. The OSTs were incorporated into the treatment in different ways. One way is to use tutorial sheets with minor changes (e.g., changing their order, excluding some parts, or rewording in terms of a particular topic). Another use is to develop epistemological activities similar to the activities used in the OST. The strategies used in this study and their short descriptions are as follows;

**Mistake catching lessons.** This strategy helps students realize the importance of thinking their own mistakes. It is a metacognitive tool because students explicitly think their own thinking processes. In this study, students employed this strategy when their predictions about a physical phenomenon did not match their observations. Student used this strategy to reconcile their intuitive knowledge to their observations. Specifically, using this strategy, students who made a mistake in their predictions wrote what they were thinking before experiment and how they could modify their thinking to avoid the mistake in the future.

**Checking for consistency.** Checking for consistency is used to lead students to realize that physics knowledge as a coherent system of ideas rather than unrelated bits of facts. Using this strategy students used the idea which she knows it is correct to check the other knowledge which she is not sure (Hammer & Elby, 2003; Redish & Hammer, 2009). For example, the student is sure that her velocity versus time graph is correct but she is not sure about her position versus time graph. When she is aware of physics knowledge is consistent with one another, she might use velocity versus time graph to check the correctness of the position graph.

**The implication game.** In the implication game, for instance, we have the idea that we are not sure it is true or not. Then, we consider its implications. If its implication lead us to something conflicting with other physics knowledge, we cannot accept it. If its implication leads us to something compatible with other physics knowledge, we can accept it (Redish & Hammer, 2009).

**Refinement lessons.** Another strategy used in this study is “Refinement lesson”. This strategy is developed by Elby (2001) to guide students to understand that learning physic involves refining one’s intuitive ideas in order to reconcile them with the physics rather than putting them aside. In this strategy, students are provided two groups of questions. In the first group of questions, students’ intuitions lead them wrong answer while in the second group of questions, the same intuitions lead them to correct answer. Then, students are guided by using refinement diagrams to discuss what makes these situations different to come up with the idea that the reason of their wrong answer is not because of incorrect raw intuition; instead, it is because of incorrect refinement of a useful raw intuition. For example, in the Newton’s second law topic a refinement diagram (see Figure 3.1) indicates an example of these refinement diagrams used in Tutorials in Physics Sense-Making developed the University of Maryland Physics Education Research Group.



1. Which of those two refinements were you using (perhaps unconsciously!) in part B ?
2. Which of those two refinements agrees with Newton's second law?
3. Which of those two refinements were you using (perhaps unconsciously) back in part I B and I C ?

Figure 3.1 A refinement diagram is used in Tutorials in Physics Sense-Making

Epistemologically prompted small and whole group discussions. In these discussions, students prompted to discuss explicitly epistemological issues related to physics knowledge and learning. For example, in the present study, after students got “ $F = ma$ ” the mathematical expression of Newton’s second law by making an experiment, they discussed the following question;

(Work individually) Which of the following best expresses your view about the relationship between physics formulas and common sense? (You can choose more than one.)

- Many physics *concepts* make a lot of sense and connect to everyday experience; but *formulas* are more of a problem-solving tool than a sense-making tool.
- It really depends on the formula. Some of them make sense, but you shouldn’t expect them to make sense as a general rule.
- In general, physics formulas express some kind of common-sense ideas.

Compare your answers with the rest of your group. If there was disagreement, have a debate—not to convince each other, but to understand each others’ views. If someone makes a good point that disagrees with what you initially thought, summarize that point here.

Metacognitive strategies are the strategies which direct or stimulate students to engage in metacognitive thinking processes. Metacognitive strategies employed in the present study are summarized as follows:

Metacognitive prompts. They are used to encourage students to engage in metacognitive processes such as planning, reflection, monitoring, evaluation of their own learning, or providing self-explanation. Prompts can be employed as scaffold to direct students’ metacognitive thinking. One advantage of prompts is that they can stimulate students make their own thinking explicit, which can lead students to evaluate and revise their own thought processes, further (Lin & Lehman, 1999). Self-monitoring and reflection prompts might provide conceptual guidance, help students to produce self-explanation, and enhance reflection that students usually disregard (Chin & Brown, 2000). Researchers have used prompts in different formats. They can be in questions or question stems and starters (King, 1989, 1990, 1992, 1994), and sentence starters (Conner & Gunstone, 2004; Davis, 2003, Scardamalia, Bereiter, & Steinbach, 1984). An example of the questions prompt can be “what do I know about this topic?”. An example of sentence starter can be “My difficulties in this topic are...” Students can be exposed to prompts verbally or in written in different periods of lesson by teachers or their friends. In the present study, the question and sentence starter prompts were employed. Students were prompted verbally or in written.

Concept mapping. Graphic organizer is a visual representations used in instructional materials to communicate logical structure of the instructional material (Jonessen, Beissner, & Yacci, 1993 as cited in Trowbridge & Wandersee, 1998). Some examples of graphic organizers are fishbone diagram, concept map, flow chart and Vee diagram (Trowbridge & Wandersee, 1998). Concept map is the most used graphic organizer. It is “a knowledge representation tool showing concepts and explicit prepositions forming a hierarchical structure” (Novak, 2002, p. 552). Trowbridge and Wandersee (1998) defined concept map as a metacognitive tool to help learners restructure their cognitive frameworks into more powerful integrated patterns. Many researchers indicated effectiveness of concept mapping (e.g. Chang, Sung, & Chen, 2002; Guastello, Beasley, & Sinatra, 2000). Concept mapping was used only in Activity 1 although it had been planned to be used in more than one activity sheet. However, it was observed that constructing concept map with group discussion took more time than planned. Therefore, the researcher used small group discussions in which question prompts were utilized instead of concept map applications.

Some experiments in activity sheets were adapted from the experiments in the book, RealTime Physics Active Learning Laboratories Module 1: Mechanics (Sokoloff, Thornton, & Laws, 2004). The others were obtained from previous research on force and motion. But before and after these experiments some metacognitive and epistemological activities were added considering the commitment to the accepted theoretical frameworks.

The researcher of the present study mostly benefited from well-known curricular documents in physic education such as the University of Washington tutorials and Eric Mazur’s peer instruction book for the conceptual questions which are used in the activity sheets and homework. In addition, the researcher made internet search on physic education research group websites to find out whether they provide any conceptual questions developed and used in their research studies. In that time, only two

research groups provided access to their materials: University of Maryland Physics Education Research group and The Physics Education Research Group at Colorado. All conceptual questions were modified considering resources framework.

The format of sheets was created to guide students what they were expected to do individually or in small or whole group without so much intervention of a teacher. The sheets were organized in such a manner that students could take notes and solve questions on them.

### **3.4.2 Teacher Guides**

Two types of the teacher guide were developed for this study. The first one is the general guide which contains general information about the EM-7ELC and how the teacher implements this learning strategy. The general teacher guide is given in Appendix K. In this guide, first, how metacognitive and epistemological activities are integrated with the 7E learning cycle stages is summarized in a table. Second, the 7E learning cycle model and the expected activities in seven phases are explained. Then, metacognition, the characteristics of metacognitive students and the metacognitive activities used in the current study are summarized. Finally, epistemology in physics and what epistemological activities would be employed in this study are summarized.

To train teachers how to implement the treatment, the researcher met each teacher individually two weeks before the treatment. The general guide was sent to the teachers by e-mail one week before the meeting so that they could study on the guide for discussion. In the meeting, the researcher and the teacher discussed about implementation for about 2 hours using general teacher guide.

The second type of teacher guides were developed for each activity sheet to help teacher implement the activity-sheet as intended. The teacher activity guides are given in Appendix L. They include the objectives covered on each activity sheet and the important points for each section of the sheet. The researcher sent each guide and the related activity sheet to the teachers by e-mail one week before the application of the activity sheet. Before each lecture in the experimental group, the researcher and teachers met and discussed related activities carried out in that lecture. These meetings were held in the physics laboratory and they took approximately 20-30 minutes.

### **3.4.3 Homework Sheets**

Each activity sheet had homework including two sections. The first section included conceptual questions having three parts, the aim of which is to activate students' intuitive physics knowledge and direct students to reconcile their everyday intuitive knowledge to formal physics knowledge. The idea behind this section of homework comes from David Hammer who used this type of strategy in his epistemologically oriented course (Hammer & Elby, 2003). The second section included some metacognitive prompts to guide students to think their own conceptual and epistemological understandings. Homework sheets are given in Appendix M.

### **3.4.4 Concept Map Drawing Guide**

The present study required students to draw concept maps as a metacognitive tool in Activity 1. Specifically, they drew concept maps at the beginning and at the end of the activity. However, the students in this study had not known so much how to draw the concept map. Thus, before the treatment started, the students in the experimental groups were trained about the concept map using the concept map drawing guide for one class hour. This training was conducted in students' counseling course. The purpose of this training was to teach students how to draw a concept map before the treatment so that the problems related to concept map drawing could be decreased in the implementation of the EM-7ELC. This guide includes the information about what the concept map and its elements are, how it is drawn, and the importance of concept mapping (see Appendix N).

## **3.5 Research Design**

As it is not possible to randomly assign subjects to the experimental and control groups, a quasi-experimental design (non-equivalent control group design) was used in this study. The intact classes were randomly assigned into the experimental and control groups. The groups were statistically matched on some related variables using the covariance analysis. Therefore, the matching-only

pretest-posttest control group design was employed (Fraenkel & Wallen, 2000). Table 3.10 indicates the research design of the study. According to this design, first, the FMAT-I and MPEX were applied into the experimental and control groups as pre-tests one week before the treatment at the first week of November. Then, the experimental group was instructed by the EM-7ELC while the control group was taught by the TI until the last week of January. In the same week, the FMAT-I was administered into both groups as a posttest. In this treatment period, force concept, the Newton's first and second laws, relative motion topics were covered. At the beginning of the second semester, the treatment of the study started again and it continued until the last week of March. Finally, the FMAT-II and MPEX were applied as post-tests immediately after the treatment in the same week. The topics covered in the second treatment period included motion in one and two dimensions, Newton's third law and inertia.

Table 3.10 Research design of the study

| <b>Group</b>  | <b>Pretest</b> | <b>Matching</b>         | <b>Treatment</b>                    | <b>Posttest</b> | <b>Treatment</b>                    | <b>Posttest</b> |
|---------------|----------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| EM-7ELC Group | FMAT<br>MPEX   | Statistical<br>matching | Instruction based on<br>the EM-7ELC | FMAT-I          | Instruction based<br>on the EM-7ELC | FMAT-II<br>MPEX |
| Control Group | FMAT<br>MPEX   | Statistical<br>matching | TI                                  | FMAT-I          | TI                                  | FMAT-II<br>MPEX |

### 3.6 Procedure

First of all, the research problem of the study was determined. A detailed review of the literature was conducted using the key words given in Appendix O and different combination of these keywords. After the keywords were determined, Educational Resources Information Center (ERIC), ProQuest Dissertations and Theses, the METU Library Theses and Dissertations Archive, METUnique search, Google Scholar which are general resources, were searched systematically. MS and PhD thesis made in Turkey were also searched using Turkish Council of Higher Education National Thesis Center/Database. The related studies were read and summarized. For literature review for research studies investigating the effectiveness of the learning cycle, metacognitive or epistemological instruction, the only experimental studies and the studies providing full-text access were taken into account in the present study.

The population and sample of the study were determined in terms of having micro-computer based laboratory tools. Since all schools do not have this opportunity, the schools having these materials were searched. It was found that the ATTHSs had these laboratory tools. Then, population of the study was decided to be tenth grade students at the ATTHSs in Ankara. According to the population of the study, the necessary permissions from the Ethics Committee in Middle East Technical University and Ankara Directorate of National Education were taken for the all ATTHSs in Ankara. Two schools were selected out of nine ATTHSs in Ankara in terms of having two science tenth grade classes.

To probe students' epistemological understandings in physics, the epistemological surveys were searched. The MPEX-II was decided by considering the accepted theoretical framework of epistemology for this study and the grade level of sample of the study.

After force and motion unit was decided, the researcher revised the objective list for this unit, then, the FMAT-I and II were developed. The both tests were piloted and revised before the main study.

The activity sheets, homework for each activity sheet, the general teacher guide, and the teacher guides for each activity sheet, the concept map drawing guide were developed.

Since micro-computer based laboratory materials are used in this study, the researcher spent almost two weeks to learn these tools, individually. After learning how to use these materials, the researcher took part in two workshops to train teachers from Anatolian teacher training high schools how to use these tools. One of the teachers in the present study had participated in one of these workshops; therefore, the researcher did not train this teacher again how to use the materials. However, the other

teacher had not taken part in the workshops, hence, the researcher trained this teacher how to use computer based laboratory tools before the treatment. Both teachers were trained how to implement the treatment as well. Furthermore, because students of the study had not used computer based laboratory tools, they were also given information about how to use these tools two weeks before the treatment.

The treatment of the study was conducted in 2009-2010 academic year at two ATTHSs. First, the FMAT-I and MPEX were administered as pre-tests by the researcher one week before the treatment at the beginning of November. Then, the treatment was implemented until the end of the first semester of the academic year. The FMAT-I was employed as a posttest at the end of the semester. The implementation of the treatment was resumed in the beginning of the second semester and ended at the last week of March. After the treatment ended, in the same week, the FMAT-II and MPEX were administered as post-tests. The study took about four months excluding the pre and post-test administrations.

The analytic and holistic scoring rubrics were formed to assess the open-ended questions in the FMAT-I and II. The data obtained by administration of the all instruments were entered into the Excel office program, then, they were analyzed using Statistical Package for Social Studies (SPSS) data analysis program. The results of the study were interpreted. The writing of the thesis was completed at the end of January.

### **3.7 The Implementation of the Treatment**

First, the treatment implemented in the experimental classes is summarized; then the treatment in the control classes is explained in this section.

#### **3.7.1 Treatment in the Experimental Group**

As mentioned before, in the present study, epistemological and metacognitive activities were incorporated in the seven phases of the learning cycle. The integration of these activities is presented in Table 3.11. This table also demonstrates the phases of the 7E learning cycle, the other activities employed in each phase and the overall purposes of each phase of the EM-7ELC. It should be noted that the aims presented in the table indicate collective purposes of the activities used in each phase rather than indicating the purpose of a specific activity in each phase.

Table 3.11 The phases of the 7E learning cycle, epistemological and metacognitive and other activities used in the each phase and the aims of each phase of the EM-7ELC.

| Phases  | Metacognitive, Epistemological and Other Activities   | Aim  |
|---------|---|--|
| Elicit  | Concept Mapping<br>Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts  | To help students be aware of their and their friends' intuitive knowledge/ ideas about the topic.<br><u>To have students support their reasoning.</u>  |
| Engage  | Watching an animation<br>Discussing on a cartoon<br>Reading a scientific story<br>Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts                     | To attract students' attention to the topic.<br>To have students make predictions.<br>To have students support their reasoning.  |
| Explore | Experiments were done with microcomputer-based laboratory tools and were directed by prompts  | To have students test their ideas  |
| Explain | Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts<br>Classroom Discussion led by metacognitive and epistemological prompts<br>Mistake-catching strategy | To have students discuss their findings and reach a conclusion.<br>To have students compare their findings with predictions and in case of differences to have them provide an explanation why they are wrong in their predictions.<br>To have students support their reasoning.<br>To help students refine their own understanding. |

Table 3.11(continued)

| <b>Phases</b> | <b>Metacognitive, Epistemological and Other Activities</b>   | <b>Aim</b>  |
|---------------|--|---|
| Elaborate     | Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts  | To have students apply their knowledge obtained previous stages.<br>To have students support their reasoning.             |
| Extend        | Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts<br>Mistake-catching strategy<br>Refinement diagrams<br>Checking for Consistency<br>Implication Game              | To help students refine their intuitive physic knowledge for reconciliation.<br>To have students support their reasoning. |
| Evaluate      | Concept Mapping<br>Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts<br>Mistake-catching strategy<br>Homework including metacognitive and epistemological prompts. | To help students to evaluate their own learning.<br>To help students to reconcile their prior and current understanding.  |

Some students' products are demonstrated in Appendix P. They exemplify some of activities explained above, such as their homework, concept maps, mistake catching strategy applications, and refinement diagrams.

Table 3.12 shows metacognitive and epistemological activities employed in the present study and the activity sheets in which they were included. According to the table, the prompted small and whole group discussions were the most frequent activities whereas the concept mapping and implication game were the least frequent activities.

Table 3.12 Metacognitive and epistemological activities and their occurrence in the activity sheets

| <b>Metacognitive and Epistemological Activities</b>                   | <b>Activity 1</b> | <b>Activity 2</b> | <b>Activity 3</b> | <b>Activity 4</b> | <b>Activity 5</b> | <b>Activity 6</b> | <b>Activity 7</b> | <b>Activity 8</b> |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Group Discussion led by metacognitive and epistemological prompts     | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 |
| Concept Mapping   |                   | X                 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Classroom Discussion led by metacognitive and epistemological prompts | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 |
| Mistake-catching strategy   |                   | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 |
| Refinement Diagrams   |                   | X                 | X                 |                   |                   |                   |                   | X                 |
| Checking for Consistency  |                   | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 | X                 |                   |
| Implication Game  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   | X                 |
| Homework including metacognitive and epistemological prompts.         | X                 | X                 | X                 |                   | X                 | X                 | X                 |                   |

At the outset of the treatment, the researcher and teachers constructed five heterogeneous groups of six or five students according to their previous physics achievement. The students were informed about whom they worked in the group at the first class of the treatment.

In both experimental and control classes, the medium of the instruction was Turkish. For describing how the EM-7ELC to be implemented in the experimental classes, the application of Activity 2 in one of the experimental classes are explained in this section. Activity 2 is given in Appendix J and an example of Activity 2 sheet of a student is presented in Appendix P. Figure 3.2 shows the seating

arrangement of this class when they started Activity 2. The activity is related to “relative motion” topic lasted four 45-minute lessons.

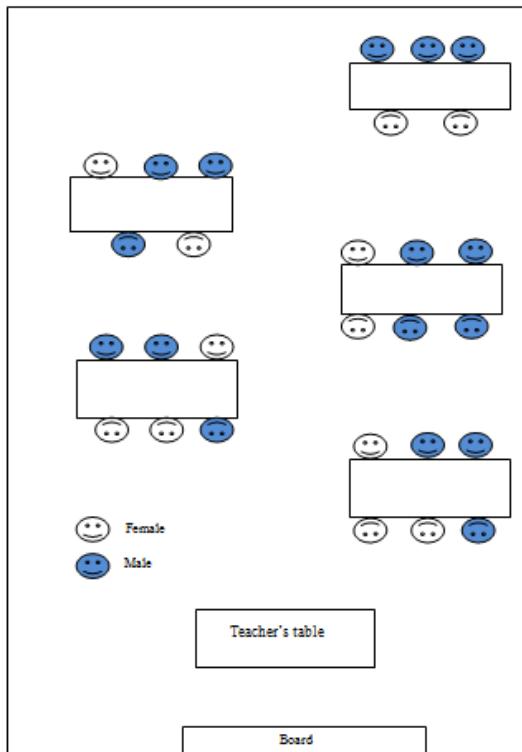


Figure 3.2 The seating arrangement of one of the experimental classes when they started Activity 2.

In the beginning of Activity 2, the students entered to the physics laboratory and sat down around their group tables. The teacher distributed activity sheets to the students. The activity sheet included mainly seven parts corresponding to seven stages of the 7E learning cycle. The first part named “Let’s show what we know” consisted of two sub-parts: work individually and work together. In the work individually sub- part, the teacher asked the students to explain their reasoning on two questions. The first question was a conceptual question which is “Can the velocity of a moving object be zero relative to another object? If so, give everyday examples and explain your reasoning”. The second question was an epistemological question aiming to help students think about the importance of thinking about their errors in learning processes. This question was “Is important to think about our errors? Explain your answer.”. After the students responded two questions, individually, the teacher requested the students to perform small group discussions in work together sub-part. The teacher urged them to discuss their answers to previous questions as a group. The students were prompted to explain why they think such a way and support their answers. In other words, the students were encouraged to explain their thoughts to provide causal explanations about the phenomenon. The teacher walked among five groups to guide all students to participate in discussion and to explain their reasoning using metacognitive prompts such as “Do you agree with your friends”, “Does your friend’s explanation make sense to you”. The teacher also warned the students not to change their previous answers they wrote in the work individually part. After they discussed the questions, some students wanted to learn answers of the questions. To respond them, the teacher said they would return these questions at the end of the activity and would discuss these questions again. The teacher also added that the important thing here was supporting their thoughts and sharing their ideas.

The teacher asked the students if they finished their group discussion, they could start the second part called “Let’s compare the velocities of Car A relative to Car B” led the students to work individually and to make prediction about the detected motion of a car (Car A) relative to another car (Car B). In this part, the teacher asked the students “Consider Car A and Car B with motion detector. In first situation, Car A moves and Car B is at rest. In the second situation, Car A moves toward Car

B and Car B moves toward Car A. The last situation, Car B moves toward Car A and Car A moves away from Car B. Every time, you give Car A the same brief push and Car B has constant velocity. Can you compare the velocity of Car A measured by the motion detector in three occasions.” Some students wanted the teacher to explain three situations further. The teacher clarified what the questions asked and how motion detector worked. Then, the teacher again requested the students to compare the observed motion of Car A in the three different occasions and explain their reasoning. After students made predictions, the teacher said “In the next lesson, we will test our predictions” and the first lesson for Activity 2 ended.

The second lesson of Activity 2 conducted two days later. Since set up of microcomputer-based laboratory tools takes time, before the lesson, related tools were put on the students’ tables. After the students arrived at their classroom, the teacher said “in the previous lesson, we made predictions. Let’s test our predictions. Set up the experiments by following the set-up instruction in the activity sheet to test your predictions”. The teacher helped them follow the instruction for the experiment. Some students had difficulty in getting clear velocity versus time graphs because of inappropriate use of the motion detector. The teacher helped these students how to get clear data by using motion detector. The students made the experiment to find out the measured velocities of Car A in three occasions. Using Car B with motion detector, they got velocity versus time graph for motion of Car A in each situation. The students used three different velocity versus time graphs to calculate average velocities of Car A and compared these velocities. The teacher checked whether all groups completed all parts of the experiment. After this, the second class was completed.

In the beginning of the third class, the teacher requested groups to report their findings in the “Let’s share our thoughts” part. One student of each group shared their experiment results with classroom. The teacher directed the classroom discussion. After this discussion, the teacher explained relative motion using the students’ expressions. At the end of this part, the teacher informed the students about a metacognitive strategy, mistake catching strategy. The students applied this strategy under sub-title “Let’s Understand Our Mistakes”, to compare their predictions and the experiment results. And in case of differences, some students provided an explanation why they were wrong in their predictions. Then, the students started the “Let’s elaborate what we have learned” part to apply relative motion concepts. They worked on two questions in group. Similar to the other parts, the teacher guided the students to explain and support their reasoning in this process as well. The teacher walked around all groups and checked their answers. The teacher warned some students who did not participate in group discussions as well. After this part, the teacher said they would apply relative motion into two-dimension. Then, the students started the “Let’s extend what we have learned” part in which they worked on conceptual questions which required the students to work on situations different from the situations in the “Let’s explore” and “Let’s elaborate what we have learned” parts. The students first worked in group on conceptual questions which asked to apply the relative motion concept into the motion with two-dimension. The teacher directed the students in group works and ensured all groups solved the questions. Finally, teacher asked whether all students finished solving questions. This was the end of third lesson of Activity 2.

Two days later, the students went on the second sub-parts of “Let’s elaborate what we have learned”. This part addressed explicitly the students’ epistemological understandings in physics. The refinement strategy was employed. In this strategy, the students were provided two groups of questions. In the first group of questions, students’ intuition that being ahead implies gone faster led most of them to wrong answers while in the second group of questions, the same intuition lead them to correct answers. More specifically, first, the teacher explained the students what intuitively answering questions meant. The teacher said “when you intuitively answer a question, you do not use the physics knowledge you learn in the school. You use your intuition to answer questions”. Some students said they could solve the question by using relative motion formula but teacher said for the first question (see Activity 2 in Appendix J), they were requested to answer, intuitively. The students responded the other related questions using formal physics knowledge. In the last question, they found out the motion of Car A to Car B using relative motion formula, and they were asked whether their response found in this question was compatible with the response they found intuitively. After all students individually answered all of three questions, the classroom discussion was carried for the first group of questions. The teacher asked the students to share their responses to three questions. Almost all students answered the first question wrong. They claimed that intuitively, Car A went to the east relative to Car B since Car A was ahead. However, they provided correct answer that the velocity of Car A was zero relative to Car B. In other words, most of students had contradiction

between the intuitive response and the response reached using the relative motion formula. After this, the students were requested to discuss what they do with the contradiction between common sense and scientific knowledge. The students were asked to explain their responses as well.

Then, in “the refinement of intuitive knowledge” sub-part, the students worked on the second group of questions. In the classroom discussion, it was seen that most of students did not have contradictions between common sense and scientific knowledge for the second group of questions. After students shared their answers, they were asked to think about two different results of use of their intuition (being ahead implies gone faster) in two different situations. Students were urged to discuss in group and in whole-class whether their intuition was correct, wrong or something else. After the classroom discussion, the teacher asked students to compare the displacement of Car A in two situations and to relate these displacements to the velocity of Car A. Students worked on this question in group. Finally, in the classroom discussion, the teacher summarized what students did and discussed everything from the beginning of the fourth lesson and to that time. Then, by using the refinement diagram (see Figure 3.3), the teacher guided students to discuss what made these situations different to come up with the idea that the reason of their wrong answer is not because of incorrect raw intuition (being ahead implies gone faster); instead, it is because of incorrect refinement of a useful raw intuition.

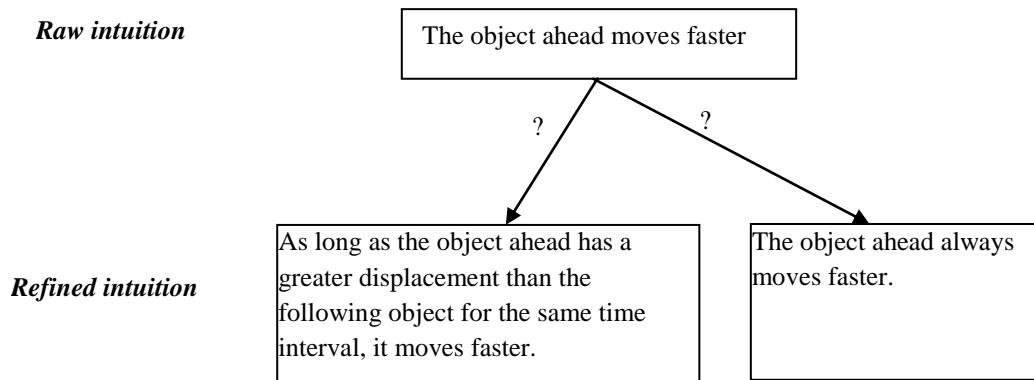


Figure 3.3 The refinement diagram for “the object ahead moves faster” intuitive knowledge

Finally, in the “Let’s evaluate ourselves” part, the same procedures in the “Let’s show what we know” part were followed by the students, but, in addition, they applied the mistake catching strategy after small group discussions. That is, the students worked on the same questions asked in the “let’s show what we know” part. After applying the mistake catching strategy, the teacher gave a homework which included two parts (see Appendix N for homework sheets). This is the time for the end of the relative motion topic. In the first part of the homework, students responded to a problem, then, they were asked how other people who don’t know physics might answer to this question and why they might respond like that. Finally, they answered whether there was a way to reconcile the common-sense idea underlying others’ reasoning with their own reasoning in this case. In the second part, students were prompted to think about their own learning during relative motion unit. For example, they were requested to compare what they had known with what they knew in relative motion after Activity 2. In Appendix P, two students’ homework sheets for Activity 2 are given to exemplify the students’ answers in the homework.

In general, in this activity, the students learned to interpret the motion of an object relative to another object and solved questions related to relative motion. Furthermore, students learned the application of the mistake catching strategy. They carried out discussions regarding thinking about their own errors, the cases in which their common senses (intuitive knowledge) contradict with formal physics knowledge, how incorrect refinements of raw intuitions lead students to making errors.

### **3.7.2 Treatment in the Control Group**

Control group was taught by the traditional physics instruction in which the teacher was firstly explained the topic by lecture and then, teacher solved some example questions and asked the additional questions to students. Students were mostly in listener role, took note what the teacher said and writings in the blackboard. At the end of lessons, the teacher gave homework to students.

Since this study did not investigate the effect of the microcomputer laboratory tools (MBL), to control the effect of use of these tools, the students in the control groups were made experiments for some topics using these tools as well. At the beginning of the study, the researcher requested the teachers to conduct at least one experiment for each topic using the MBL tools. Moreover, the teachers discussed how they would use experiments in the control groups. However, the researcher did not give any written documents to the teachers related to these experimentation processes or other activities carried out in the TI. By taking into account the researcher's request, the teachers had the students in the control groups make experiments after they explained the topic. The students did not make any predictions and the application of the mistake catching strategy. For example, for relative motion topic, the same experiment discussed above was conducted in the control groups after the teacher explained the relative motion and solved some examples. The teacher helped the students set up their experiments. After they finished the experiment, the teacher asked students their results and to write a report explaining what they did and found in the experiment. The students did not participate in prompted group and classroom discussions which were seen in the experimental groups.

## **3.8 Analyses of Data**

First, the data gathered by the applications of the FMAT-I, FMAT-II and the MPEX as pre and post-tests were entered to the Microsoft Excel file. The raw data are presented in Appendix Q. Then, the data were transferred to SPSS. Finally, the related variables were formed and analyses of the data were conducted.

### **3.8.1 Missing Data Analysis**

According to George and Mallery (2003), if a particular subject or a certain variable has more than 15 % missing data, it is recommended dropping that subject or variable from the analysis, entirely. If missing data proportion is less than 5 % of the whole data, they can easily replaced with the mean scores of the entire subjects for respective variables. The percentages for missing values were determined before starting analyses.

The statistical analyses were done by using SPSS. The data were analyzed in two parts. Descriptive statistics were employed in the first part while inferential statistics were employed in the second part.

### **3.8.2 Descriptive Statistics**

Descriptive statistics were utilized to summarize the data and to check the assumptions of the inferential statistics. The mean, standard deviation, skewness and kurtosis values for each variable which are the POMPEX, POFMAT-I, POFMAT-II, PREMPEX, PREFMAT-I, and TMT were created for all groups. Skewness and kurtosis values for each variable were employed to test normality assumptions of the inferential statistics. The mean and standard deviation were calculated to summarize the data and obtain overall information about the data.

### **3.8.3 Inferential Statistics**

Inferential statistics were employed to generalize results from the sample to the population. Since intact classes participated in the study, Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA) would have used statistically to equate groups on covariates (gender, the PREMPEX, PREFMAT-I, and TMT). However, the homogeneity of regression assumption was not met for the achievement variable. Therefore, the multiple linear regression analysis was used to examine the influence of the instructional method (IM) on students' achievement in case of the interaction between the covariate and the IM. In other words, aptitude treatment interaction (ATI) analysis was conducted to get understanding about the nature of the interaction effect. ANCOVA was run to investigate the

effectiveness of the IM on students' POMPEX score when their gender, PREFMAT-I, TMT, and PREMPEX scores were controlled.

### **3.8.4 Power Analysis**

Power analysis was made at the beginning of the study to determine the required sample size to reach the desired power. To find out the needed sample size, the procedures suggested by Cohen and Cohen (1983, p. 155) were utilized. First, they suggest setting the level of significance ( $\alpha$ ); the probability of making a Type I error, that is, the probability of rejecting true null hypothesis. The value of  $\alpha$  was set to 0.05. Power, "the probability of rejecting the null hypothesis when it is false" (Hinkle, Wiersma, & Jurs, 1998, p. 120.) was set to 0.80. After that,  $k_B$ , the number of IVs in set B, group membership variables, was determined. The number of IVs is equal to " $g-1$ ",  $g$  the number of levels of the group membership variables. In this study, group membership variable is the IM having two levels. Thus,  $k_B$  was equal to one. Then the value of  $L$  was found as 7.85 using  $\alpha$  (0.05) and power (0.80), and  $k_B$  (1.00). Finally, the pre-set  $f^2$ , index of effect size, was set to 0.15, medium effect size (Cohen & Cohen, 1983, p. 161) based on literature review.

Cohen and Cohen (1983, p. 155) provided the following formula for determining sample size (n) ;

$$n = (L/f^2) + k_A + k_B + 1, \text{ } k_A, \text{ the number of variables in set A, e.i., the number of covariates.}$$

In this study, the number of covariates was four. Using this formula, the required sample size for the desired power was equal to 59. On the other hand, the sample size used in the analysis of the study was 103. When this sample size was assigned to above formula,  $L$  was found as 14.55. According to L tables (Cohen & Cohen, p. 527), the calculated power was between 0.95 and 0.99 and close to 0.95.

### **3.8.5 Unit of Analysis**

In this study, the unit of analysis was each student while experimental unit was each class in the study. For independence of observation, these two units should have been the same (Peckham, Galss, & Hopkins, 1969). Therefore, independence of observation was not met completely. On the other hand, independence of observation for data collection was tried to meet by not allowing students to interact with each other when they were tested. The researcher applied all instruments into groups in each school at successive class hours.

## **3.9 Assumptions and Limitations**

The assumption of this study is:

- All instruments of the study were seriously, consciously and truthfully completed by the students.

The limitations of this study are:

- The results of the study are limited to tenth grade students at ATTHSs.
- The results of the study are limited to "force and motion unit" in tenth grade.

## CHAPTER 4

### RESULTS

This chapter is made of five sections related to the result of the study. In the first section, the data cleaning and missing data analysis of the study are summarized. The second section includes the discussion on the descriptive statistics of the scores on the variables in this study. Then, the results of the inferential statistics are presented in the third section. In the fourth section, the result of the observation checklist and the teachers' and the students' perceptions about the instruction relied on the EM-7ELC are discussed. Finally, the summary of results is given in the last section.

#### 4.1 Data Cleaning and Missing Data Analysis

Before forming variables of the present study, the frequency tables were produced for each question or item in the instruments of the study to check whether all data were within the range of minimum and maximum scores. Examining of the tables indicated that there was no value outside of the ranges being considered in the study. The score of questions in the FMAT-I and FMAT-II changes between zero and three. The score of the items in the MPEX ranges from one to five. All frequency tables are presented in Appendix R. After the data cleaning, the variables of the study, namely, the PREFMAT-I, POFMAT-I, POFMAT-II, PREMPEX, and POMPEX were computed. Moreover, missing data analysis was conducted on the variables of the present study. It is suggested dropping subjects or variables having missing data from the analysis, entirely if missing data are on the dependent variable. Therefore, the subjects who took all post-tests were included in the analyses of the study. Table 4.1 indicates the variables of the study and their missing values.

Table 4.1 Variables in the study, the values of missing in these variables and percentage of missing values

| Variables | Present(N) | Missing | Missing % |
|-----------|------------|---------|-----------|
| POMPEX    | 106        | 1       | 0.93      |
| POFMAT-I  | 105        | 2       | 1.87      |
| POFMAT-II | 105        | 2       | 1.87      |
| PREMPEX   | 102        | 5       | 4.67      |
| PREFMAT-I | 101        | 6       | 5.60      |
| TMT       | 107        | 0       | 0         |
| Gender    | 107        | 0       | 0         |

As seen from the table, all post tests have missing subjects. These absent students were removed from other tests as well. Table 4.2 presents the missing values of the variables after excluding the students who did not have test scores on all the post-tests.

Table 4.2 Variables in the study, the values of missing in these variables and percentage of missing values after excluding missing subjects in the post-tests

| Variables | Present(N) | Missing | Missing % |
|-----------|------------|---------|-----------|
| POMPEX    | 103        | 0       | 0         |
| POFMAT-I  | 103        | 0       | 0         |
| POFMAT-II | 103        | 0       | 0         |

Table 4.2 (continued)

| <b>Variables</b> | <b>Present(N)</b> | <b>Missing</b> | <b>Missing %</b> |
|------------------|-------------------|----------------|------------------|
| PREMPEX          | 100               | 3              | 2.91             |
| PREFMAT-I        | 99                | 4              | 3.88             |
| TMT              | 103               | 0              | 0                |
| Gender           | 103               | 0              | 0                |

Tabachnick and Fidell (2007) claimed that when the percentage of missing values was 5% or less, any missing data handling method produces similar results. Since the percentages for missing values for the PREMPEX and PREFMAT-I were less than 5 %, missing values in those variables were replaced with mean of the corresponding variables.

#### 4.2 Descriptive Statistics

Males included 45.6 % of the sample while females did 54.4 % after missing data analysis. Descriptive statistics of the continuous variables of the study are presented in Table 4.3. The possible maximum score students can acquire is 47 whereas the possible minimum score is zero on the FMAT-I. In this study, the maximum score was 26.50 and the minimum score was three on the PREFMAT-I. The EM-7ELC and control group students obtained similar mean scores. The minimum score was 2.75 while the maximum score was 43 on the POFMAT-I. The mean score of the EM-7ELC was higher than that of the control group on the POFMAT-I.

On the FMAT-II, the possible maximum score students can get is 57 while the minimum possible score is zero. In this study, the minimum score was 5.75 whereas the maximum score was 53 on the POFMAT-II. Similarly, the EM-7ELC group got a higher mean score than the control group did on the POFMAT-II. On the MPEX, students can get 145 as the maximum possible score while they can obtain 29 as the minimum possible score. The maximum score was 121 while the minimum was 55 on the PREMPEX. The EM-7ELC group had slightly higher mean score than the control group had. On the other hand, the maximum score on the POMPEX was 128 and the minimum score was 54. The mean scores of the groups differed from each other. The EM-7ELC group had a higher mean score than the control group had. Finally, on the TMT, the possible maximum score is 100 and the possible minimum score is zero. The maximum score in this study was 100 while the minimum score was 42 on the TMT. The control group had a higher mean score than the EM-7ELC group had on the TMT. The skewness and kurtosis values of the variables were within the range of -2 and 2 except for the PREFMAT-I.

The value of kurtosis of the PREFMAT-I scores in control group was 3.17 which is not drastically bigger than 2. Moreover, as explained in later sections, the PREFMAT-I would have been used for a covariate; however, it was not significantly correlated with the post-achievement variable. Therefore, it was not used in the analyses of this study. Thus, it can be said that the scores on the all variables used in the study were normally distributed.

Table 4.3 Descriptive statistics for the continuous variables of the study

|                  | <b>N</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>Skewness</b> | <b>Kurtosis</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|------------------|----------|-------------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| <b>PREFMAT-I</b> |          |             |           |                 |                 |            |            |
| Control          | 51       | 10.04       | 4.68      | 1.61            | 3.17            | 3.00       | 26.50      |
| EM-7ELC          | 52       | 9.57        | 3.60      | 0.71            | 0.67            | 4          | 21         |
| Total            | 103      | 9.81        | 4.15      | 1.38            | 2.87            | 3          | 26.50      |
| <b>PREMPEX</b>   |          |             |           |                 |                 |            |            |
| Control          | 51       | 83.45       | 14.45     | 0.32            | 0.32            | 55         | 121        |
| EM-7ELC          | 52       | 85.90       | 9.80      | 0.18            | 0.30            | 60         | 110        |
| Total            | 103      | 84.69       | 12.33     | 0.18            | 0.60            | 55         | 121        |

Table 4.3 (continued)

|                  | <b>N</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>Skewness</b> | <b>Kurtosis</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|------------------|----------|-------------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| <b>TMT</b>       |          |             |           |                 |                 |            |            |
| Control          | 51       | 81.67       | 12.35     | -0.88           | 0.75            | 45         | 100        |
| EM-7ELC          | 52       | 75.77       | 12.92     | -0.04           | 0.38            | 42         | 100        |
| Total            | 103      | 78.69       | 12.92     | -0.42           | -0.07           | 42         | 100        |
| <b>POFMAT-I</b>  |          |             |           |                 |                 |            |            |
| Control          | 51       | 12.25       | 5.55      | 0.63            | 0.24            | 2.75       | 27.25      |
| EM-7ELC          | 52       | 29.48       | 7.93      | -0.48           | -0.47           | 10         | 43         |
| Total            | 103      | 20.95       | 10.02     | 0.25            | -1.18           | 2.75       | 43         |
| <b>POFMAT-II</b> |          |             |           |                 |                 |            |            |
| Control          | 51       | 18.83       | 6.81      | 0.45            | -0.09           | 5.75       | 35.75      |
| EM-7ELC          | 52       | 33.45       | 9.30      | 0.02            | -0.06           | 10.75      | 53         |
| Total            | 103      | 26.21       | 10.95     | 0.39            | 0.48            | 5.75       | 53         |
| <b>POMPEX</b>    |          |             |           |                 |                 |            |            |
| Control          | 51       | 87.23       | 13.14     | 0.18            | 0.15            | 54         | 119        |
| EM-7ELC          | 52       | 99.91       | 14.70     | -0.41           | 0.12            | 61         | 128        |
| Total            | 103      | 93.63       | 15.27     | -0.01           | -0.38           | 54         | 128        |

Cohen's d, which is one of effect size (ES) indices, was calculated for post-test scores on the FMAT-I, FMAT-II and MPEX (see Table 4.4). All ESs are large according to the threshold values proposed by Cohen (1988). The biggest ES was obtained on the POFMAT-I scores.

Table 4.4 The ESs calculated on the POFMAT-I, POFMAT-II, and POMPEX

| <b>Test</b> | <b>Effect Size (Cohen's d)</b> |
|-------------|--------------------------------|
| POFMAT-I    | 2.51                           |
| POFMAT-II   | 1.79                           |
| POMPEX      | 0.90                           |

Correlations among all variables in the study were calculated (see Table 4.5). It was observed that the POFMAT-I scores were highly correlated with POFMAT-II scores. Therefore, the researcher combined these variables under the total achievement variable, labeled as POTFMAT to increase power of the study. On the calculated POTFMAT, the possible maximum score is 100 while the possible minimum score is zero. The descriptive statistics for the POTFMAT are given in Table 4.6.

Table 4.5 Correlations among the variables in the study

| <b>Variables</b> | <b>POFMAT-I</b> | <b>POFMAT-II</b> | <b>POMPEX</b> | <b>PREFMAT-I</b> | <b>PREMPEX</b> | <b>TMT</b> |
|------------------|-----------------|------------------|---------------|------------------|----------------|------------|
| POFMAT-II        | 0.80*           |                  |               |                  |                |            |
| POMPEX           | 0.51*           | 0.47*            |               |                  |                |            |
| PREFMAT-I        | 0.23*           | 0.11             | 0.11          |                  |                |            |
| PREMPEX          | 0.19            | 0.19             | 0.30*         | 0.05             |                |            |
| TMT              | -0.07           | 0.03             | 0.13          | 0.04             | 0.10           |            |
| GENDER           | 0.01            | -0.05            | -0.17         | 0.27*            | -0.20*         | -0.13      |

\* Correlation significant at the 0.05 level

Table 4.6 Descriptive statistics for the POTFMAT

| <b>Groups</b> | <b>N</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>Skewness</b> | <b>Kurtosis</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> |
|---------------|----------|-------------|-----------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| Control       | 51       | 31.08       | 10.40     | 0.35            | -0.38           | 11.75      | 57.50      |
| EM-7ELC       | 52       | 62.93       | 15.89     | -0.36           | -0.32           | 20.75      | 92.50      |
| Total         | 103      | 47.16       | 20.86     | 0.32            | -0.99           | 11.75      | 92.50      |

### 4.3 Inferential Statistics

Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA) was used to analyze the data of the study since there were covariates and more than one dependent variable in this study. The assumptions of the MANCOVA were tested before starting the analysis.

#### 4.3.1 Selecting Covariates

Tabachnick and Fidell (2007) argue that selecting a set of covariates relies on two conditions. The first one is a theory explaining the relation of the covariate to the dependent variable. The theory can be obtained from literature regarding the variables in the particular study. The second condition is statistically determining the set of covariates. That is, selecting IVs low correlated with one another and high correlated with dependent variables. In this study, gender, the students' prior understandings about force and motion unit (PREFMAT-I and TMT) and the students' prior epistemological understandings in physics (PREMPEX) were considered as the covariates based on the literature. Correlations among variables including the POTFMAT and excluding the POFMAT-I and II were estimated again. Table 4.7 shows the correlations among variables including the POTFMAT. However, according to Table 4.7, only the PREMPEX variable was significantly correlated with the dependent variables. Therefore, PREMPEX was identified as the covariate of this study, and the PREFMAT-I, TMT and gender were excluded from the covariates.

Table 4.7 The correlations among the variables including the POTFMAT and excluding the POFMAT-I and POFMAT-II

| <b>Variables</b> | <b>POTFMAT</b> | <b>POMPEX</b> | <b>PREFMAT-I</b> | <b>PREMPEX</b> | <b>TMT</b> |
|------------------|----------------|---------------|------------------|----------------|------------|
| POMPEX           | 0.52*          |               |                  |                |            |
| PREFMAT-I        | 0.18           | 0.11          |                  |                |            |
| PREMPEX          | 0.20*          | 0.30*         | 0.05             |                |            |
| TMT              | -0.02          | 0.13          | 0.04             | 0.10           |            |
| GENDER           | -0.02          | -0.17         | 0.27*            | -0.20*         | -0.13      |

\* Correlation significant at the 0.05 level

#### 4.3.2 Homogeneity of Regression Assumption

After deciding the covariate, whether the required assumptions for the MANCOVA would be met was checked. Homogeneity of regression assumption is that the regression slope between the dependent variable and the covariates in each group are equal to each other. If this assumption is not met, there is an interaction between independent variables and covariates. In other words, the relation of covariates to the dependent variable is not same at different levels of the independent variables (Tabachnick & Fidell, 2007). In this study, the independent variable was the IM carrying group membership and had two levels.

To test this assumption for the POTFMAT, the hierarchical multiple regression was employed for each dependent variable. First, the categorical treatment variable (IM) was transformed to a dichotomous variable using dummy coding. In this variable, the value of one represents the EM-7ELC group while the value of zero refers to the control group. Then, the variable used to test the interaction effect was generated by multiplying the covariate (PREMPEX) with the dichotomous IM. This variable was labeled as the PREMPEX\*IM. After preparation of the variables, the hierarchical

multiple regression was run. First of all, the PREMPEX was entered into the model as Set A. Then, the IM was included in the model as Set B. Finally, the PREMPEX\*IM was entered into the model as Set C. The result of this multiple regression correlation (MRC) analysis is presented in Table 4.8. According to this result, the inclusion of the interaction variable significantly changed the explained variance of the POTFMAT scores. That is, there was a statistically significant interaction between the covariate and treatment variable. Put it differently, the differences in the POTFMAT scores between the EM-7ELC and the control group were not same throughout the range of the PREMPEX scores. Therefore, it can be said that the homogeneity of regression assumption was violated for the POTFMAT dependent variable.

Table 4. 8 The result of the MRC for the POTFMAT

| Model | R    | R <sup>2</sup> | Adjusted R <sup>2</sup> | Change Statistics     |          |     |     |               |
|-------|------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------|-----|-----|---------------|
|       |      |                |                         | R <sup>2</sup> Change | F Change | df1 | df2 | Sig. F Change |
| Set A | 0.20 | 0.04           | 0.030                   | 0.04                  | 4.17     | 1   | 101 | 0.04          |
| Set B | 0.78 | 0.60           | 0.60                    | 0.56                  | 142.02   | 1   | 100 | 0.00          |
| Set C | 0.81 | 0.65           | 0.64                    | 0.05                  | 12.80    | 1   | 99  | 0.00          |

Similar procedures were carried out for the POMPEX for checking the homogeneity of regression. Set A, B, and C variables were same as the variables used in the previous analysis. The only difference was the dependent variable; the POMPEX. The result of the hierarchical MRC is given in Table 4.9. The addition of the PREMPEX\*IM did not significantly change the explained variance in the POMPEX scores. Therefore, the homogeneity of regression assumption was met for the POMPEX.

Table 4.9 The result of the MRC for the POMPEX

| Model | R    | R <sup>2</sup> | Adjusted R <sup>2</sup> | Change Statistics     |          |     |     |               |
|-------|------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------|-----|-----|---------------|
|       |      |                |                         | R <sup>2</sup> Change | F Change | df1 | df2 | Sig. F Change |
| Set A | 0.30 | 0.09           | 0.08                    | 0.09                  | 10.19    | 1   | 101 | 0.00          |
| Set B | 0.49 | 0.24           | 0.23                    | 0.15                  | 19.97    | 1   | 100 | 0.00          |
| Set C | 0.50 | 0.25           | 0.23                    | 0.01                  | 0.79     | 1   | 99  | 0.38          |

In sum, since the homogeneity of regression assumption was not observed for the POTFMAT, the MANCOVA was not suitable for the analysis of the data in this study. Cohen and Cohen (1983) claimed that in case of interaction, “it would be serious error to conclude from this that the research is uninterpretable. Quite the contrary!”(p. 328). They argued the MRC analysis might produce rich information which helps researchers’ understanding about the researched phenomena. That is, the MRC can be used safely to analyze data indicating the interaction effect. Thus, in the current study, the MRC was performed to investigate the effect of the IM on the students’ physics achievement when the students’ PREMPEX scores interacted with the IM. On the other hand, as the homogeneity of regression assumption was justified for the POMPEX score when the PREMPEX was taken as the covariate, the impact of the IM on the students’ POMPEX score was explored running one way Analysis of Covariance (ANCOVA).

#### 4.3.3 Multiple Regression Correlation (MRC) Analysis

The hierarchical MRC was used to interpret the nature of interaction between the PREMPEX which was the covariate and the IM which was the group membership variable when the POTFMAT was the

dependent variable. Before performing the MRC, the researcher checked required assumptions for the MRC. These assumptions are discussed in the following sections.

#### 4.3.3.1 Assumptions of the MRC

There are different rule of thumb criteria for sample size needed for the MRC in the literature. For example, according to Tabachnick and Fidell (2007, p. 123), sample size should be equal to or larger than  $50 + 8m$  (where  $m$  is the number of IVs). For this study, there were three IVs; hence the minimum sample size should be 74. However, Stevens (2000, p. 88) claimed that “for social science research, about 15 subjects per predictor are needed for a reliable equation”. For the present study, minimum sample size required for the MRC should be 45. As the sample size of the study was 103, the required sample size assumption was met considering two criteria given above.

Outliers, normality, linearity and homoscedasticity assumptions can be checked using the scatterplot of the standardized residuals and the normal probability plot (P-P) of the regression standardized residual produced in the analysis (Pallant, 2011, p. 158). For the normality assumption, the data points in the normal P-P Plot should yield roughly a straight diagonal line from bottom left to top right. Figure 4.1 indicates the Normal P-P Plot which suggests that the data are normally distributed.

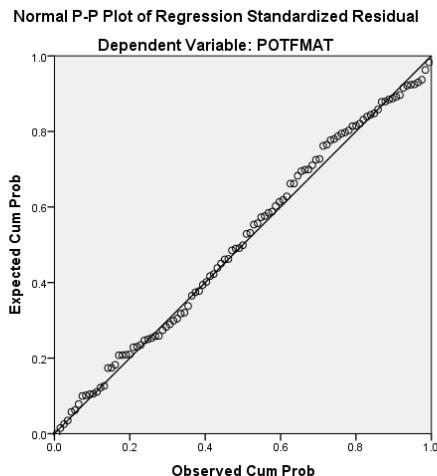


Figure 4.1 Normal P-P plot of regression standardized residual for the POTFMAT

Normality, linearity, and homoscedasticity assumptions can be inspected by interpreting the scatterplot. Pallant (2011, p. 158) recommended that in the scatter plot, the residuals should be roughly rectangularly distributed and most of the scores should be concentrated in the center along the zero point for these assumptions. Figure 4.2 shows the scatterplot of the standardized residuals produced in this study. When it is examined, it can be said that the linearity and homoscedasticity assumptions were met in the present study.

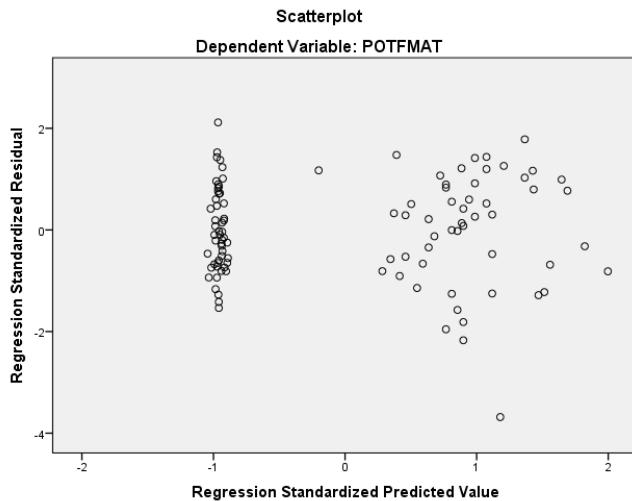


Figure 4.2 Scatterplot of standardized residual for the POTFMAT

Outliers in the data were evaluated using standardized residual values in Residuals Statistics table (see Table 4.10). Tabachnick and Fidell (2007, p. 128) argued that the cases whose standardized residual values are bigger than 3.30 or less than -3.30 can be considered outliers. According to Residuals statistics table, the standardized residual values ranged between 3.68 and 2.12. To determine outliers, the Casewise Diagnostics table was used. This table indicated that one case has 3.68, the standardized residual value. However, this value does not differ drastically from 3.30. To inspect, whether this outliers led a problem, the maximum value of Cook's Distance was used. According to Tabachnick and Fidell (2007, p. 75), the value that is bigger than 1.00 indicates the problem of outliers. In this study, the maximum value of Cook's Distance was less than 1.00; thus, the outlier was not influential.

Table4.10. Descriptive statistics of residuals, Mahalanobis Distance, Cook's Distance and Centered Leverage Value for POTFMAT

|                         | <b>Minimum</b> | <b>Maximum</b> | <b>Mean</b> | <b>SD</b> | <b>N</b> |
|-------------------------|----------------|----------------|-------------|-----------|----------|
| Residual                | -46.22         | 26.56          | 0.00        | 12.37     | 103      |
| Std. Residual           | -3.68          | 2.12           | 0.00        | 0.99      | 103      |
| Mahal. Distance         | 0.97           | 14.95          | 2.97        | 2.93      | 103      |
| Cook's Distance         | 0.00           | 0.09           | 0.01        | 0.01      | 103      |
| Centered Leverage Value | 0.01           | 0.15           | 0.03        | 0.03      | 103      |

Multicollinearity and singularity should not exist for performing the MRC. Multicollinearity refers to high correlation ( $r=.9$  and above) among the independent variables and singularity exists when an independent variable is combination of other independent variables (Pallant, 2011). Since this assumption was related to the variance explained by linear combination of independents variables, it related to model evaluation. In this study, the researcher did not use the MRC for this purpose; thus, this assumption was not needed for this study.

Since all related assumptions were justified, the MRC could be conducted for the POTFMAT as the dependent variable and for the IM, PREMPEX, IM\*PREMPEX as the independent variables. The results of the MRC are presented in the next section.

#### 4.3.3.2 Results of the MRC

The MRC was utilized to figure out the nature of the interaction between the mode of interaction and the students' pre-instructional epistemological understandings. That kind of interaction effect is called aptitude-treatment interaction (ATI) in the literature. Put it differently, the ATI is tested statistically using the MRC. The ATI means that individual differences change treatment effects (Cronbach, 1975 as cited in Koran & Koran, 1984). In case of the ATI, regression lines of the aptitude on achievement are nonparallel for different instructional treatments. This implies that a particular instructional type is significantly more influential for one type of student whereas another type of instructional treatment is significantly more influential for a different type of student (Cronbach & Snow, 1977 as cited in Koran & Koran, 1984). In this study, the ATI was seen as an interaction between covariate (PREMPEX scores) and group membership variable (IM). This interaction is represented by Figure 4.3. This figure is the scatterplot indicating the relationship between the POTFMAT and the PREMPEX scores for each group. The observed maximum and minimum scores on the PREMPEX are presented on the regression lines. According to the interaction types explained by Koran and Koran (1984), this interaction can be considered as an ordinal interaction. In the ordinal interaction, the regression slopes differ significantly from each other, one slope is superior to the other within aptitude range which is taken into account. As seen from Table 4.1 and Figure 4.3, the minimum and maximum observed scores on the PREMPEX were 55 and 121, respectively. Within this range of scores, the experimental group was superior to the control group.

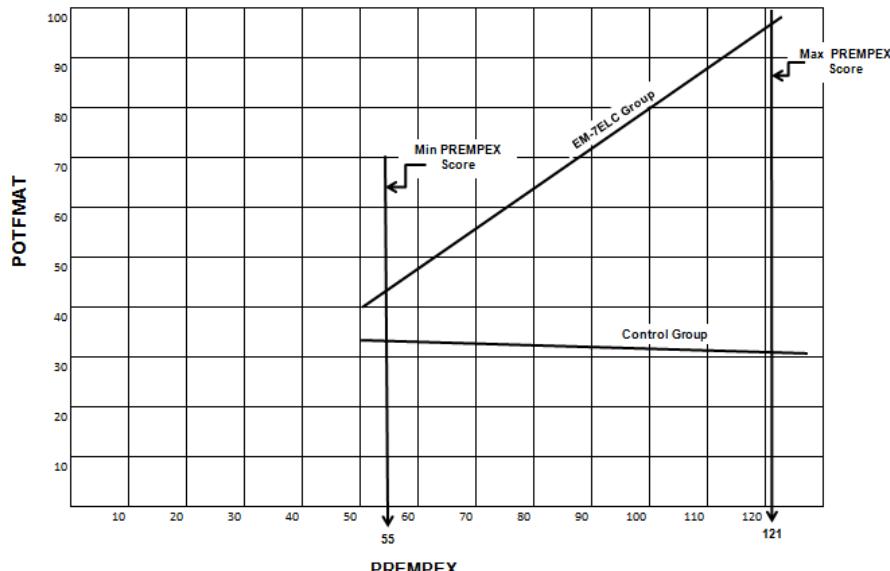


Figure 4.3 The regression lines of the PREMPEX on the POTFMAT for the control and the EM-7ELC group

After justifying the interaction effect statistically, the Johnson-Neyman technique (Johnson & Neyman, 1936 as cited in Fraas & Newman, 1997) was employed to find out the range of scores on the PREMPEX in which the TI and EM-7ELC group students did not differ significantly on the POTFMAT scores. In other words, using this technique, Johnson-Neyman confidence band (nonsignificance region), which includes the intersection point and the upper and lower limits, was calculated. Within this band, the regression lines are not significantly different from each other. To calculate the related points, the regression equations for the EM-7ELC and the control group were written using the regression coefficients given in Table 4.11.

Table 4.11 Coefficients of independent variables included in the regression model when the POTFMAT is dependent variable.

| Model      | Unstandardized Coefficients (B) |
|------------|---------------------------------|
| (Constant) | 34.36                           |
| PREMPEX    | -0.04                           |
| IM         | -34.90                          |
| PREMPEX*IM | 0.78                            |

$$Y_{\text{general}} = -34.90X_{\text{IM}} + (-0.04)X_{\text{PREMPEX}} + 0.78X_{\text{PREMPEX}*IM} + 34.36$$

In the regression equation,  $X_{\text{IM}}$  was substituted to the value of zero for the control group while  $X_{\text{IM}}$  was substituted to the value of one for the EM-7ELC group.

$$Y_{\text{control}} = (-0.04)X_{\text{PREMPEX}} + 34.36$$

$$Y_{\text{EM-7ELC}} = 0.74 X_{\text{PREMPEX}} - 0.54$$

$$\text{The point of intersection} = - (B_{\text{IM}}) / B_{\text{PREMPEX}*IM} = - 34.90 / 0.78 = 44.74$$

The lower and upper limits of nonsignificance region were calculated as 33.11 and 54.26, respectively. Considering these values, Figure 4.3 was extended to Figure 4.4. As seen from the figure, the non-significant region is out of the range of the PREMPEX scores observed in the present study. Koran and Koran (1984) claimed that the ordinal interaction might suggest the disordinal interaction, in which the regression lines are nonparallel and they intersect throughout different ranges of scores on the aptitude variable. In other words, the ordinal interaction may predict the disordinal interaction for different range of aptitude scores.

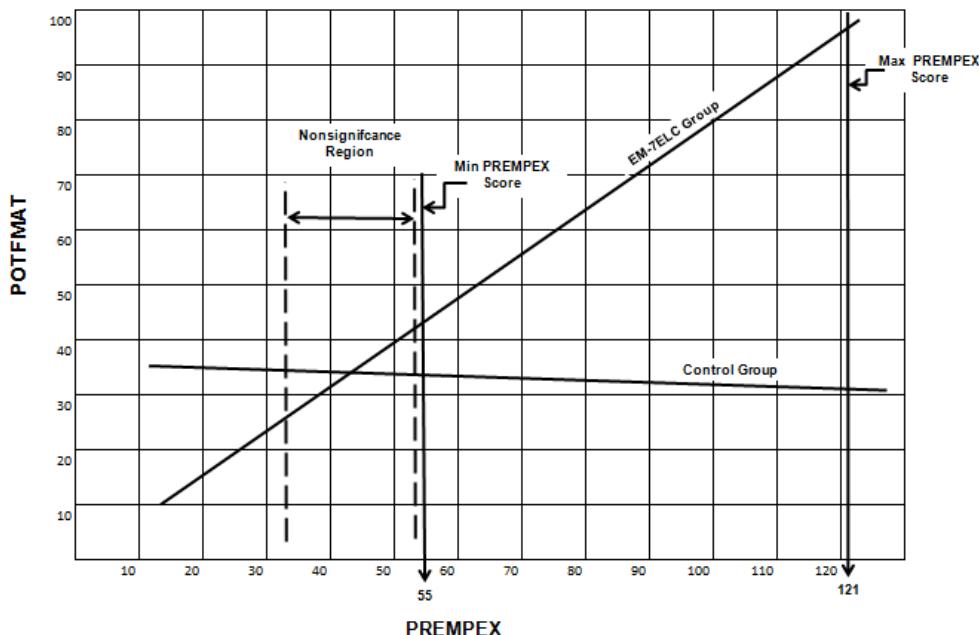


Figure 4.4 The regression lines of the PREMPEX on the POTFMAT for the control and the EM-7ELC group when Johnson-Neyman confidence band was included.

According to the Figure 4.4, the experimental and control group students would not significantly differ in POTFMAT scores when their PREMPEX scores were between 33.11 and 54.26. The control group students would have significantly higher total achievement scores when PREMPEX scores were less than 33.11 while the experimental group students would have significantly higher

POTFMAT scores when PREMPEX scores were larger than 54.26. Put it differently, in terms of improving physics achievement, the instruction based on the EM-7ELC was significantly better for the students whose PREMPEX scores were larger than 54.26 while the traditional instruction was significantly better for the students whose PREMPEX scores were less than 33.11

#### 4.3.4 One Way Analysis of Covariance (ANCOVA)

As mentioned before, the MANCOVA would have been more appropriate to analyze the data; however, since one of the assumptions for the MANCOVA, the homogeneity of regression, was not met for the POTFMAT, the MANCOVA was not employed in this study. On the other hand, the homogeneity of regression assumption was met for the POMPEX when the PREMPEX scores were used as a covariate. Therefore, the ANCOVA was performed to explore the impact of the IM on the students' POMPEX scores when their PREMPEX scores were controlled. The next sections summarize the assumptions of the ANCOVA, then, the result of ANCOVA is presented.

##### 4.3.4.1 Assumptions of ANCOVA

Normality assumption was checked using skewness and kurtosis values for the POMPEX scores. These values are between -2 and +2; that is, they are in the acceptable range (George & Mallory, 2001). Therefore, it can be said that the POMPEX scores were normally distributed.

Homogeneity of variance assumption requires similar variance scores for each group. Levene's test for equality of variance is used for this assumption (Pallant, 2011). In this study, Levene's test result was insignificant (see Table 4.12). In other words, the variability of scores was similar in the experimental and control groups.

Table 4.12 Levene's Test of Equality of Error Variances

| F     | df1 | df2 | Sig.  |
|-------|-----|-----|-------|
| 0.673 | 1   | 101 | 0.414 |

There should be a linear relation between the dependent and covariates to use ANCOVA (Pallant, 2011). To test this assumption, the scatterplot between the POMPEX and PREMPEX scores was drawn for the control and experimental groups, separately. Figure 4.4 shows that the linearity assumption was met for each group.

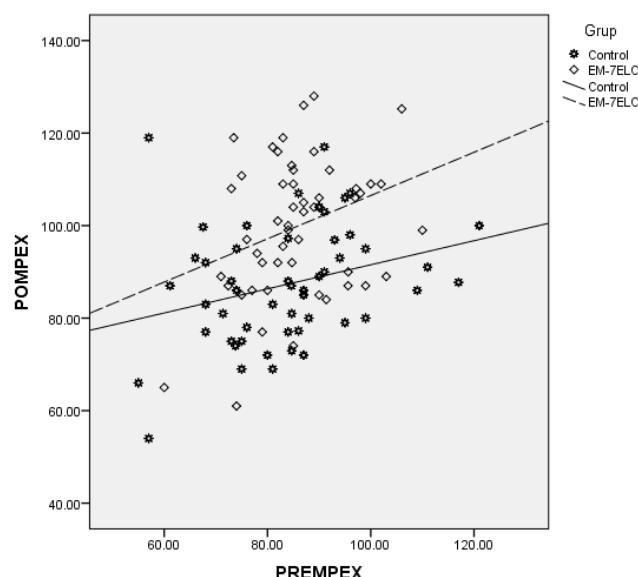


Figure 4.5 The scatterplot between the POMPEX and PREMPEX scores for each group

The homogeneity of regression assumption implies that the covariate demonstrates the same relationship with the dependent variable in the each group (Pallant, 2011). This assumption was checked for the POMPEX in Section 4.3.2. As mentioned earlier, no significant group membership-covariates interaction was observed according to Table 4.9.

#### 4.3.4.2 Result of ANCOVA

The ANCOVA was performed after checking the assumptions. In this analysis, the independent variable was the IM showing mode of instruction, the dependent variable included the POMPEX scores and the covariate included the PREMPEX scores. The results of the analysis indicated that there was a significant difference between two groups on the POMPEX scores when the PREMPEX scores were controlled. Table 4.13 indicates the result of the ANCOVA.

Table 4.13 The results of ANCOVA for the POMPEX scores

| Source    | Df   | F     | Sig. | Partial Squared | Eta  | Observed Power |
|-----------|------|-------|------|-----------------|------|----------------|
| Intercept | 1.00 | 50.55 | 0.00 | 0.34            | 1.00 |                |
| PREMPEX   | 1.00 | 9.08  | 0.00 | 0.08            | 0.85 |                |
| IM        | 1.00 | 19.97 | 0.00 | 0.17            | 0.99 |                |

According to this table, the instruction based on the EM-7ELC was more effective than the traditional instruction for improving the students' epistemological understandings in physics,  $F(1,100) = 19.97$ ,  $p = 0.00$ , eta squared= 0.17. Partial eta squared value indicating effect size is large according to the guidelines proposed by Cohen (1988) (small = 0.01, medium = 0.06=, large = 0.14). Observed power was larger than the range of the pre-specified power which is considered between 0.95 and 0.99, and close to 0.95. The adjusted mean on the POMPEX was 87.64 for the TI group while it was 99.52 for the EM-7ELC group. Table 4.13 also shows that there was a statistically significant relationship between the students' PREMPEX and POMPEX scores. The value of partial eta squared was 0.08 which was medium effect size.

#### 4.4 The Observation Checklist Results

As explained in Section 3.3.3, each experimental and control classes were instructed for 36 class hours during the implementation of this study. The total instruction time spent in all classes was 144 class hours. The experimental classes were observed using seven observation checklists for 30 hours while the control classes were observed for 21 hours using five observation checklists. That is, the researcher observed 35 % of 144 hours during the treatment processes.

To evaluate whether the treatment was implemented as intended, the observation checklists were scored. In the checklist, the "yes" alternatives scored as "2", "partially" alternatives scored as "1" and "no" was scored as "0". Table 4.14 demonstrates the mean and standard deviation of the items in the checklist utilized to observe the instruction based on the EM-7ELC and the TI. As explained in Section 3.3.3, there were 23 items in the checklist. Items 7 and 23 were expected to be observed more frequently in the TI, and the occurrence frequencies of Items 14 and 13 in the EM-7ELC and TI were supposed to be close. The rest of other items in the checklist were expected to occur in the EM-7ELC more frequently. The observation results supported these expectations. The means of the items supposed to be seen more frequently in the EM-7ELC were higher for the EM-7ELC while the means of Items 7 and 23 carrying characteristics of the TI were greater for the TI. The means of Items 13 and 14 in the EM-7ELC and the TI were approximately equal. For example, Item 7 asked whether the teacher explained the topic before the experiments. Mean of this item was two for the TI while it was zero for the EM-7ELC. On the other hand, according to the observation checklist results, some items were also observed in the TI although their means were small. The most striking ones were Items 1, 3 and 5. Mean of Item 1, which explored whether the teacher used metacognitive prompts to make students to be aware of their prior knowledge about the topic, was 0.8. Indeed, this result was not surprising since teachers, especially expert teachers, sometimes employ some metacognitive strategies

to activate students' prior understandings without being aware of this. Here, the difference between the TI and EM-7ELC was that in the EM-7ELC, the teachers were urged and assured to use metacognitive prompts, explicitly during the instruction. Similarly, it was reasonable somehow to observe Item 3, which inspected whether the teacher attracted students' attention to the topic, and Item 5, which checked whether the teacher had students make predictions about a physical phenomenon or situation, in the TI.

Table 4.14 The mean and standard deviation of the items in the checklist for each group.

| Item Number | The EM-7ELC |      | The TI |      |
|-------------|-------------|------|--------|------|
|             | Mean        | SD   | Mean   | SD   |
| 1           | 2           | 0    | 0.8    | 0.45 |
| 2           | 1.86        | 0.38 | 0.2    | 0.45 |
| 3           | 1.71        | 0.49 | 0.6    | 0.55 |
| 4           | 1.71        | 0.49 | 0      | 0    |
| 5           | 2           | 0    | 0.8    | 0.45 |
| 6           | 2           | 0    | 0      | 0    |
| 7           | 0           | 0    | 2      | 0    |
| 8           | 2           | 0    | 0.4    | 0.89 |
| 9           | 2           | 0    | 0      | 0    |
| 10          | 1.86        | 0.38 | 0      | 0    |
| 11          | 1.71        | 0.49 | 0      | 0    |
| 12          | 1.86        | 0.38 | 0      | 0    |
| 13          | 1.71        | 0.49 | 2      | 0    |
| 14          | 1.86        | 0.38 | 1.2    | 1.09 |
| 15          | 1.71        | 0.49 | 0.4    | 0.55 |
| 16          | 1.57        | 0.79 | 0      | 0    |
| 17          | 1.57        | 0.79 | 0      | 0    |
| 18          | 2           | 0    | 0      | 0    |
| 19          | 1.57        | 0.79 | 0      | 0    |
| 20          | 1.71        | 0.75 | 0      | 0    |
| 21          | 2           | 0    | 0      | 0    |
| 22          | 1.71        | 0.49 | 0.4    | 0.55 |
| 23          | 0.29        | 0.49 | 1.6    | 0.55 |

To test difference between the experimental group and the control group on the related items, the Mann-Whitney U Test was employed. Statistically significant differences between two groups were observed on all items except for Item 13 and 14 which were expected to be observed equally in the experimental and the control groups. These results indicated that in the experimental classes, the teachers properly implemented the EM-7ELC as intended while in the control classes, they applied the traditional instruction without using activities developed for the EM-7ELC instruction. In other words, the treatment verification of the study was supported with the class observations.

As explained in Section 3.3.3, to collect more information regarding the treatment verification, the researcher asked both the students in the experimental group and the teachers implementing the EM-7ELC to compare the instructions based on the EM-7ELC to the instructions employed in previous units. The students gave their answers in written while the teachers' responses were taken verbally in the interviews. The analysis of the teachers' and students' responses to "How does the learning method used in force and motion unit differ from the methods used in the previous units?" supported the results of class observations. Three themes emerged from students' responses to this question. They are summarized as follows:

**Understandings versus Memorizing.** Fifty three percent (19 of 36 students) of the students in the experimental group claimed that with new method, they learned the topic by making sense instead of memorizing. Some of them argued that in the previous teaching method, they had memorized formulas without understandings while they tried to learn the logic behind the formulas in the new method.

For example one student reported that;

Before I had to use memorized formulas. The important thing was to apply formulas to questions. But now I understand formulas by learning where the formulas come from. Without memorizing, I can easily apply the formulas to questions.

Concepts versus Formulas. Twenty five percent said that new method mostly focused on the refinement of intuitive knowledge used in their everyday life. Twenty eight percent of the students claimed that before the new method, they had learned so many formulas or solved quantitative questions requiring formula applications. For example, one student expressed that “In the old method, mostly we had solved quantitative problems. In the new method, we solve questions for refining our intuitive knowledge” A few students claimed that they figured out the formulas using previous learnings. For example, one student reported that “... We learned how formulas are created. Before, formulas had been given directly. Thank to this, I can produce formulas by myself instead of memorizing.”

Expository versus inquiry. The common difference reported by the students (22 %) was making experiments. For instance, one student said that “Teacher did not explain the topic. We learned by doing observations and experiments. Before, we had solved questions, individually. In the new method, we solved questions in group.”.

Some of the students argued that they learned topics with small and whole group discussions rather than listening teacher. For example one claimed that “Nobody explained the topic. We understood topic by ourselves with asked questions. We tried to prove our ideas by discussing in group. After that, we discussed with the class” A few students also reported that they focused on their errors. One student reported that “We did more experiments. We refine our intuitive knowledge. We learned our errors and focused on them.”.

Twenty eight percent of the students viewed the new method more student-centered than the previous ones. According to them, in this type of teaching, the teacher did not explain the topics rather than she was in guide role. The students learned topic by doing experiment, discussing with other students or thinking individually. For example, one student wrote that

Before, our teachers had us write definitions, formulas, then, they solved problems. Now, we are getting definitions from everyday life. We are finding out formulas by ourselves using our logic. In this process, our teacher guides us. She is not teaching knowledge rather she teaches us the way to reach knowledge.

The researcher asked the same question (How does the learning method used in force and motion unit differ from the methods used in the previous units) to two teachers implementing the treatment in the interview. The teachers’ responses supported students’ reports. At the following categories emerged from the interviews with the teachers.

- The instruction applied in the experimental groups was more inquiry-oriented than that in the TI.
- The teacher was a guide rather than knowledge transmitter.
- Students constructed their own understandings.
- Students were more active rather than passive listener.
- Lessons were more attractive to students.
- Students learned in group.
- Students were aware of their own knowledge and errors.
- The questions used in the instruction and homework were more conceptual.

Moreover, in the interviews, the researcher asked the teachers what main difficulties they met in the implementation of the EM-7ELC. Two teachers pointed similar difficulties. These are;

- It took more time to prepare the classes.
- Working with MBL tools required extensive preparation before each class.
- At the beginning, since the students were not used to this type of teaching, they had difficulties in classroom management.

- It was difficult to have students who wanted to continue to be passive listener or who wanted to solve lots of quantitative questions participate in teaching processes.

#### **4.6 Summary of Results**

- The means of the POFMAT-I, POFMAT-II and POMPEX scores of the EM-7ELC group students were greater than those of the control group students.
- The ESs calculated on post-test scores of the POFMAT-I, POFMAT-II and POMPEX were large.
- The effect of the EM-7ELC on the POTFMAT scores was dependent on the students' epistemological understandings demonstrated on the PREMPEX. That is, a statistically significant interaction between the treatment variable (IM) and the covariate (PREMPEX) was observed.
- The nature of interaction effect was examined using the ATI.
- The results of the ATI analysis indicated that there was an ordinal interaction between the IM and the PREMPEX across the range of the observed PREMPEX scores.
- Neyman- Johnson technique was used to analyze the disordinal interaction to which the ordinal interaction imply. The results of this technique showed that the experimental and control group students would not significantly differ in the POTFMAT scores when their PREMPEX scores were between 33.11 and 54.26.
- Moreover, the control group students would have significantly higher total achievement scores when the PREMPEX scores were less than 33.11 while the experimental group students would have significantly higher the POTFMAT scores when the PREMPEX scores were larger than 54.26.
- Since the homogeneity of regression assumption was met for the POMPEX scores, the ANCOVA was carried out to investigate the effect of the IM on the students' POMPEX scores when the students' PREMPEX scores were controlled. The result of this analysis showed that there was a significant difference between two groups on the POMPEX scores in favor of the EM-7ELC group when the PREMPEX scores were controlled.
- The effect size indicating practical importance was large for difference between the adjusted means on the POMPEX for the EM-7ELC group and the control group.
- The Mann-Whitney U Test analysis indicated that there was a statistically significant difference between the EM-7ELC group and the control group on the related items, which supported the treatment verification that the teachers administered the intended EM-7ELC instruction in the experimental classes whereas they did not employ any activity developed for the EM-7ELC in control classes and they used the TI for control classes.
- The teachers' and students' perceptions about the EM-7ELC also supported the observation checklist results that the instruction applied in the experimental group demonstrated the characteristics of the EM-7ELC.
- Based on class observations, the teachers', and students' perceptions, the EM-7ELC led the students to be cognitively, metacognitively and epistemologically active learners.
- According to the students' self-reports, the instruction based on the EM-7ELC helped the students learn for understanding rather than memorizing. They also claimed that instead of using plug-and- chug formula approach, they learned to refine everyday intuitive knowledge.
- On the other hand, the main difficulties the teacher met in the implementation of the EM-7ELC were time and classroom management, and preparation the MBL tools before each class.

## **CHAPTER 5**

### **DISCUSSION, CONCLUSION AND IMPLICATIONS**

In this chapter, first, the overall summary of the current study is given. Then, the results of the study are discussed and compared to the results of similar studies. Internal and external validity of the study are discussed at the following sections. Finally, the conclusions, implications of the study, and recommendations for future research are presented in this chapter.

#### **5.1 Summary of the Study**

This study investigated the effect of the EM-7ELC on tenth grade students' physics achievement and epistemological understandings in physics. The accessible population includes all tenth grade students at ATTHSs in Ankara. Two schools were selected conveniently out of the nine ATTHSs in Ankara. Two intact classes in each school and 107 tenth grade students participated in the study. The quasi experimental design in which students were statistically matched with each other was employed. The study was conducted in 2009-2010 academic year. The experimental group was taught by the instruction based on the EM-7ELC whereas the control group was instructed by the TI. The treatment of the study took approximately four months. Before the treatment, the FMAT-I and the MPEX were applied as pretests. At the middle of the treatment, the FMAT-I was administered as a posttest. Finally, at the end of the treatment, the FMAT-II and the MPEX were applied as posttests.

Since the correlation between the POFMAT-I and II scores was high, the scores of these tests were totaled under the POTFMAT. The MRC was employed to investigate the effect of the IM on the students' POTFMAT scores, and the ANCOVA was used to analyze the impact of the IM on the students' POMPEX scores.

#### **5.2 Discussion of the Results**

Before starting the discussion of results, it should be noted that there is no research, at least to date, investigating the combined effect of the 7E learning cycle, metacognitive and epistemological activities on students' achievement and epistemological understandings. Therefore, the direct comparison of the findings of this study to other studies could not be possible.

In this study, within the range of observed scores of the PREMPEX, the achievement of the students in the EM-7ELC was significantly higher than that of the students in the TI. In terms of the effectiveness of the learning cycle, this result was compatible with the other studies investigating the impact of the learning cycle on students' achievement in physics (Açıslı & Turgut, 2011; Açıslı et al., 2011; Ateş, 2005a ; 2005b; Ateş & Polat, 2005; Barman et al., 1996; Cherry, 2011; Coborn et al., 2010; Ergin et al., 2008; Hussain et al., 2011; Kanlı & Yagbasan, 2008; Nuhoglu & Yalçın, 2006; Turgut & Gurbuz, 2011; Yılmaz & Huyugüzel Çavaş, 2006; Zolman, 1990), in chemistry (Ağgül-Yalçın & Bayrakçeken, 2010; Akar, 2005; Bektaş, 2011; Ceylan & Geban, 2009; Ekici, 2007; Kilavuz, 2005; Köseoğlu & Tümay, 2010; Pabuçcu, 2008; Sevinç, 2008; Siribunnam & Tayraukham, 2009), and in biology (Atilboz, 2007; Balci, 2009; Balci et al., 2006; Budprom et al., 2010; Cakiroglu, 2006; Dogru-Atay & Tekkaya, 2008; Ebrahim, 2004; Ercan, 2009; Harurluoğlu & Kaya, 2011; Kaynar et al., 2009; Marek et al., 1994; Lord, 1999; Musheno & Lawson, 1999; Oren & Tezcan, 2008; Sadi & Çakiroğlu, 2010; Saygin, 2009; Saygin et al., 2006).

The value of effect size (ES) obtained in the current study for achievement was 2.37. This value was greater than 1.15 which was average of the ESs of 35 studies comparing the effectiveness of the learning cycle to that of the TI in science. Moreover, specifically for physics achievement, the ES of the current study was larger than average ESs of studies conducted in Turkey (ES: 1.08) and abroad (ES: 1.28). Considering these comparisons, it can be implied that the integration of epistemological and metacognitive activities promotes the effectiveness of the instruction based on the learning cycle.

With respect to the 7E learning cycle, the result of the current study is in agreement with the results of other 7E learning cycle studies in physics (Kanli & Yagbasan, 2008) in chemistry (Siribunnam & Tayraukham, 2009) in biology (Polyiem, et al., 2011). For example, Kanli and Yagbasan (2008) indicated that the laboratory approach based on the 7E learning cycle was more effective than the verification approach with respect to promoting conceptual understandings of the freshmen in force and motion. The current study was different from this study in several aspects. The first one is the grade level. The second one is Kanli and Yagbasan made this study in laboratory course, that is, the students had a related introductory physics course as well. There was no information about what was going on in this course. However, the present study took account of the physics course all together, the treatment was applied in the entire of physics course. The final and the most important difference is that Kanli and Yagbasan did not use metacognitive and epistemological activities. In this study, the effect size for achievement was 0.91 which is large. The ES of the current study was larger than this effect size. Therefore, in spite of differences in grade level and type of course, it can be said that the EM-7ELC was more effective than the 7E learning cycle. Siribunnam and Tayraukham (2009) and Polyiem et al. (2011) also found significant differences compared to the traditional instruction but they did not provide ES values and enough statistics for being able to calculate them. Therefore, the researcher of the current study could not make comparison to these studies with regard to the ES.

In terms of the metacognition, the current study supports the findings of studies investigating the influence of metacognitive instruction on students' achievement in science (Akgül, 2010; Alemdar, 2009; Bianchi, 2007; Hoffmann, 2010; Koch, 2001; Michalsky et al., 2009; Mittlefehldt & Grotzer, 2003; Peters & Kitsantas, 2010; Polat, 2010; Saribas, 2009; Sbhatu, 2006; Tien, 1998; Viko, 2010; Yıldız, 2008; White & Frederiksen, 1998; Yuruk et al., 2009). The average ES of 13 studies' ESs was 0.75 and average of the ESs of three studies comparing effectiveness of the metacognitive inquiry to the TI was 0.66. Both ESs were less than the ES of the current study.

A few studies focused on the metacognitive learning cycle in which the metacognitive prompts were integrated into the phases of the learning cycle (Blank, 2000; Appamaraka et al., 2009; Sornsakda et al., 2009; Yıldız, 2008). As explained before, all studies employed similar metacognitive prompts based on Hennesey's (1993) status check approaches. The current study is different from these studies in several ways. The first one is that they employed the same set of metacognitive prompts throughout the phases of learning cycle. This might lead students to engage in similar kinds of metacognitive thinking in all stages of the instruction. However, in the current study, students were directed to engage in different kind of metacognitive thinking processes using various types of metacognitive prompts throughout the instruction. Another difference is that all metacognitive learning cycle studies did not aim to improve students' epistemological understandings. Thus, current study suggests a new metacognitive learning cycle to the literature.

The results of the ANCOVA indicated that the instruction based on the EM-7ELC was more effective than the TI for promoting the students' epistemological understandings in physics when their PREMPEX scores were controlled. This result was compatible with the result of other studies (Brownlee et al., 2001; Brownlee et al., 2011; Elby, 2001; Gill et al., 2004; Kienhues et al., 2008; Muis & Duffy, 2012; Redish & Hammer, 2009). All studies provided evidence that explicit epistemological instruction promoted students' epistemological understandings. The current study is mostly similar to Elby (2001) and Redish and Hammer (2009). The other studies were different from the current study. For example, all accepted beliefs perspective and tried to change students' misbeliefs using conceptual change strategies such as refutational text. Another difference is that all made studies with undergraduate or graduate students. The other difference is that they applied their instructions in educational psychology or related courses and focused on only students' epistemological understandings. However, the current study like Elby (2001) and Hammer and Redish (2009) endorsed resource view and aimed to promote not only epistemological understandings but also their conceptual understandings. However, the current study also differs from them by using the learning cycle and explicit metacognitive instruction in addition to epistemological activities.

The results of the ATI analysis indicated that there was an ordinal interaction between the treatment variable and the students' PREMPEX scores when the POTFMAT was taken as the dependent variable. The Johnson-Neyman confidence band was calculated to find out the range of scores on the PREMPEX in which the EM-7ELC and the control group would significantly differ and not differ from each other on the POTFMAT. According to the calculated band, the traditional instruction is

significantly more effective than the EM-7ELC for the students indicating very low pre-epistemological understandings (33.11 out of 145 on the MPEX) for improving students' achievement in force and motion unit. However, the EM-7ELC was significantly effective than the TI for the students whose PREMPEX scores larger than 54.26. In this study, the lower and upper limits of the band were not within observed scores on the PREMPEX; thus, this study implies this type of the interaction out of the range of the MPEX scores being seen in this study. As mentioned before, the sample of this study included high achieving students and based on the literature, it can be said that there is a linear relationship between students' learning and epistemological understandings. Therefore, the lower pre-epistemological stances can be observed at other populations which have low achieving students. Studying with this type of students can provide a chance to experimentally test this interaction. Windschitl and Andre (1998) observed a similar interaction effect. They found that students demonstrating more sophisticated epistemological beliefs learned better in a constructivist treatment while students indicating less sophisticated epistemological beliefs learned better in an objectivist treatment in biology. Few studies indicated interaction between students' epistemological understandings and the treatment (Bendixen & Hartley, 2003; Windschitl & Andre, 1998). Therefore, the current study makes another contribution to literature as well in terms of indicating an epistemological understanding-treatment interaction.

As mentioned before, two ATTHSs in Ankara participated in this study. These schools were similar to each other on the variables of the study according related statistical analyses. The results of the independent t- tests indicated that there were no differences on the covariates, which were the TMT, PREFMAT-I and PREMPEX, between two schools. The MRC analysis showed that there was no significant difference between the schools on the POFMAT scores. Similarly, the schools did not significantly differ on the POMPEX scores according to the ANCOVA. Therefore, the data obtained from each school were combined and the analyses were conducted for whole data rather than for individual school data.

This study did not aim to investigate the effect of microcomputer based laboratory tools (MBL). To control the effect of the MBL tools, the researcher had teachers used these tools in control group as well. This might provide more and less control on use of MBL tools. However, all experiments were not done in the control groups. This difference might be considered a limitation of the current study.

### **5.3 Internal Validity of the Study**

According to Fraenkel and Wallen (2000, p. 188), "internal validity means that observed differences on the dependent variable are directly related to the independent variable, and not due to some other unintended variable". Fraenkel and Wallen (2000) claimed that the matching-only pretest-posttest control group design provides somewhat control on subject characteristics, mortality, instrument decay, testing, history, maturation, and regression threats. However, this design has a weak control on location, data collector characteristics, data collector bias, attitudinal, and implementation threats. The researcher generally took more caution against these threats.

Since, in this study, the intact groups were randomly assigned to the treatment conditions, some subject characteristics might affect students' POMPEX, POFMAT-I, and POFMAT-II scores. Based on the literature review, students' PREMPEX, PREFMAT-I, TMT scores, and gender were considered as primary potential confounding variables. These variables were taken as covariates to control their effects in this study. However, only students' PREMPEX scores met statistical requirements for being a covariate, which was explained in Section 4.3.1. The researcher statistically controlled the effect of the PREMPEX scores by using it as the covariate of the study.

The mortality threat was controlled by selecting test administration dates together with the teachers of classes to find out appropriate times when all students could take the tests. Test dates were announced a few times before the administration of the tests. Nevertheless, a few students were absent at some test administrations. In these situations, the researcher had some of these students take the tests later in appropriate time. In spite of all the researcher efforts, few students could not take some tests. However, since these missing subjects included less than 5 % of the sample size, missing subjects did not lead to any mortality threat.

Location may be a threat to internal validity if the classroom conditions of control and experiment groups are significantly different from each other. In this study, location might be a threat because the

EM-7ELC group took their lessons in their physics laboratory while the control group was instructed in their usual classrooms. However, this threat was tried to control by having the control group students make at least one experiment for each topic in the laboratory.

The characteristics such as, age, gender, ethnicity, of the data collector and collector bias, which means that data collector may unconsciously distort the data in a such a way to make certain outcome may affect the results (Fraenkel & Wallen, 2000). The researcher collected data herself from all groups to control the first threat. The second threat was controlled by standardizing all procedures of data collection for groups. Moreover, the researcher wrote clear instructions at the beginning of each test for the students.

Instrument decay might be possible “if the nature of instrument (including the scoring procedure) is changed in some way or another” (Fraenkel & Wallen, 2000, p. 193). The researcher controlled this threat by preparing scoring rubrics for each open-ended question by taking opinions of the supervisor of the present study. In addition, the open-ended questions were scored question by question to fix scoring manner.

One or more anticipated, and unplanned events might occur during the course of the study that can affect the responses of subjects. This is called a history threat (Fraenkel & Wallen, 2000). The researcher controlled the threat by alerting to any such influences that may occur during the course of the study. The researcher visited the schools at least twice a week. In addition, the researcher requested detailed information from teachers about unvisited days. Extraordinary any event was not observed during the treatment. Moreover, the tests were administered to all groups at the same days to control this threat.

Attitudes of subjects might be a threat to the study. One threat related to the attitude of students towards to a treatment might happen when experimental group students received unusual attention and recognition because of taking part in the study. This threat is called Hawthorne effect (Fraenkel, Wallen, & Hyu, 2012, p. 181). Other related threats might be experimental groups may perform better because of the novelty of the treatment rather than because of specific nature of the treatment or control group students might become resentful and hence perform more poorly than the treatment group (Fraenkel & Wallen, 2000, p. 197). To control this threat, the control group student made some experiments in the physics laboratory as well. In addition, the students were warned that the instruction in the experimental group was a usual part of teaching.

An implementation threat can happen when different individuals are assigned to implement different methods, and these individuals differ in ways related to the outcome (Fraenkel & Wallen, 2000). Implementation threat was controlled by assigning the same teacher to all groups in each school. The teachers were trained about the implementation of the instruction based on the EM-7ELC before the treatment. Moreover, the researcher met the teachers before each class during the treatment. The researcher was present at all classes of the experimental group to see that the treatment was administered as intended. Some classes of both groups were observed by using the observation checklist which was prepared for treatment verification. The results of the checklist administration were discussed in Section 4.4.

Before the treatment conducted, the researcher obtained all permissions from Middle East Technical University Ethic Committee and Ankara Directorate of National Education to implement the treatment. The permission document is given in Appendix S. All students in the experimental group were informed about the aim of the study and they were ensured that they were not exposed to any physical and psychological harm during the treatment. This study actually did not have any procedures or requirements which might cause significant physical harms to students. Minor injuries may happen in the explorer phase of the learning cycle which contains some experiments. These physical harms were prevented by preparing set up. The possible physiological harms might be that students may be forced to take test and they may be threatened that the scores of test would be used in their grade or other reasons. These harms were prevented by informing students that their data would be used for only research purpose and their names would not be used elsewhere. For confidentiality threat, all data obtained from participants were accessible to only the researcher.

#### **5.4. External Validity of the Study**

The external validity means “the extent to which the results of a study can be generalized” (Fraenkel & Wallen, 2000, p. 119). The accessible population of the study was all tenth grade students at nine ATTHSs in Ankara. This study was made at two ATTHSs out of nine ATTHSs. The sample of the study exceeded ten percent of the accessible population; thus, the results of the study could be generalized to the population. Since the students at the ATTHSs in Ankara are mostly high achieving students, the results might be also generalized to other schools consisting of high achieving students.

The class size of the ATTHSs is generally 30 students or less. In addition, these schools have very modern physics laboratories compared to other public schools. They have MBL tools. Therefore, the results might be generalized to the schools having similar environmental settings.

#### **5.5. Conclusion of the Study**

It should be pointed that random sampling could not been employed in this study. This limits the generalizability of the conclusion. In addition, the conclusions of study presented in this section can be generalized to only similar settings discussed above. The conclusions of this study are given as follows.

- The results of the study suggested an interaction effect between the treatment and the students' pre -epistemological understandings in physics in terms of promoting physics achievement. Johnson- Neyman technique was used to find out the range of the PREMPEX score at which post- achievement score of the groups would differ significantly. The result of this technique showed that the EM-7ELC group students significantly outperformed the TI group students within observed score of the PREMPEX. However, this technique also showed a disordinal interaction on unobserved score of the PREMPEX. According to this interaction, the TI is better at improving achievement of students in force and motion unit for the students demonstrating very low epistemological understanding stance in physics. However, the EM-7ELC is better for the other types of students including students indicating low, average and high epistemological stance in physics.
- The effect size (Cohen's d) for achievement was calculated as 2.37, which is considered large effect size according to the thresholds suggested by Cohen (1988).
- On the other hand, with respect to epistemological understandings, there was no an interaction between the treatment and the students' pre epistemological understandings in physics.
- The EM-7ELC was more effective than the TI with respect to promoting students' epistemological understandings in physics. This result has not only statistical ( $p < 0.05$ ) but also practical significance ( $\eta^2 = 0.17$ ,  $d = 0.90$ ; large ES).
- There were no significant mean differences in achievement and epistemological understandings between female and male students after the treatment.
- According to the observation checklist results, the teachers' and students' perceptions, the students in the EM-7ELC group were physically, cognitively, metacognitively, and epistemologically more active than the students in the TI.
- Students in the experimental group argued that they learned for understandings rather than memorizing in the instruction relied on the EM-7ELC.
- It should be noted that there are some shortcomings of the EM-7ELC. The first, it takes more time than the TI does. The second, since the EM-7ELC has three different constructs, training teachers about how to implement it takes more time as well.
- On the other hand, according to the researcher's experience with the teacher and students, preparing well-designed activity sheets, which are clear and organized step by step so that the students don't need the teacher's instruction to start a particular task, saves instruction time. Similarly, preparing teacher-guides for each activity and meeting with teachers before each lecture make easy the implementation processes for teachers.

## **5.6. Implications**

The implications based on the findings of the study for teachers, other researchers, curriculum developers, and textbook writers are given as follows.

Teachers;

- Should use the traditional instruction to enhance physics achievement of students demonstrating very low epistemological stance (corresponding to the scores less than 23 percent of the possible maximum score on the MPEX) in physics. Or they should use the EM-7ELC to help this type of students promote their epistemological understandings so that later they can get improvement on conceptual development as well.
- Should employ the EM-7ELC to improve physics achievement of students demonstrating epistemological stance corresponding to the scores ranging from 23 to 37 percent of the possible maximum score on the MPEX. The both treatment produce the same impact on physics achievement within this range. However, since the EM-7ELC also improves students' epistemological understandings more, to improve both physics achievement and epistemological understandings of this type of students, the EM-7ELC should be used.
- Should apply the EM-7ELC to facilitate physics achievement of the other types of students indicating low, average and high epistemological stance corresponding to the scores greater than 37 percent of the possible maximum score on the MPEX.
- Should utilize the EM-7ELC to promote students' epistemological understandings in physics.
- Should use the EM-7ELC to help students be physically, cognitively, metacognitively and epistemologically active learner.
- Should employ the EM-7ELC to improve both females' and males' achievement and epistemological understandings in physics.

Researchers;

- Should prepare well-designed activity sheets, which require little teacher intervention to start a particular activity, to save instruction time needed for activities used in the EM-7ELC.
- Should develop teacher guides and meet with teachers before each lecture to make easy the implementation of the EM-7ELC for teachers.

Curriculum Developers;

- Should give more priority to metacognition and the personal epistemology in addition to inquiry.
- Should write specific instructional objectives to have teachers explicitly use metacognitive and epistemological activities in their inquiry-based instructions or other instructions.

Textbook Writers;

- Should produce passages which address personal epistemologies of students by using metacognitive prompts.
- Should suggest activities engaging students in metacognitive inquiry.
- Should write teacher guidebooks to help teachers implement metacognitively and epistemologically prompted activities.

Teacher education programs;

- Should train pre-service teachers how to implement explicitly epistemological and metacognitive instructions.
- Should provide concrete examples demonstrating how metacognitive and epistemological instructions are integrated into other teaching strategies.
- Should engage pre-service teachers in discussion of different personal epistemological frameworks so that they can question instructional examples related to personal epistemologies.
- Should provide in-service teacher education programs to train in-service teachers how to apply the epistemologically and metacognitively improved the 7E learning cycle to their instructions.

### **5.7. Recommendation for Further Research**

The researcher of the current study proposed the following suggestions for other researchers, teachers, curriculum developers, and textbook writers.

- This study suggested a disordinal interaction between students' epistemological understandings and the mode of instruction (the EM-7ELC versus the TI). This result can be used to design ATI research studies in which this interaction would be experimentally tested using factorial designs. Put it differently, the students grouped as very low, low, average, high and very high according to their pre-instructional epistemological stance and these students can be assigned to the EM-7ELC and TI groups. Then, whether the effects of teaching methods are changed across these groups can be tested.
- In the present study, three constructs, namely, the learning cycle, epistemology, and metacognition were integrated. Since the sample of this study was small, the effectiveness of this integration was evaluated only by comparing to the TI. In the future studies, using larger samples, the EM-7ELC can be compared to the TI, the 7E learning cycle, the TI with epistemological activities, the TI with metacognitive activities, the metacognitive 7E learning cycle, and the epistemological 7E learning cycle to determine which integration is more effective than others.
- This study did not evaluate the durability effect of the instruction on students' conceptual and epistemological understandings. Future studies can include retention tests to investigate this issue.

## REFERENCES

- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2161-2184.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... & Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- Abraham, M.R. (2003). The learning cycle approach as a strategy for instruction in science. In B. J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.). *International handbook of science education* (pp. 513-524). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.
- Açışlı, S., & Turgut, Ü. (2011). The examination of the influence of the materials generated in compliance with 5E learning model on physics laboratory applications. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2), 562-593
- Açışlı, S., Yalçın, S. A., & Turgut, Ü. (2011). Effects of the 5E learning model on students' academic achievements in movement and force issues. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 2459-2462.
- Adey, O., & Shayer, M. (1993). An explanation long-term far transfer effects following and extended intervention program in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, 11(1), 1-29.
- Ağgül-Yalçın, F., & Bayrakçeken, S. (2010). The effect of 5E learning model on pre-service science teachers' achievement of acids-bases subject. *International Online Journal of Educational Sciences* 2(2), 508-531.
- Akar, E. (2005). *Effectiveness of 5E learning cycle model on students' understanding of acid-base concepts*. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Akgül, P. (2010). *The effect of conceptual change texts enriched with metaconceptual processes on preservice science teachers' conceptual understanding about heat and temperature*. Unpublished Master Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Alemdar, A. (2009). *The effect of science content embedded metacognitive training on students' success and the acquisition, durability and transfer of science concepts*. Unpublished Doctoral Dissertation, Marmara University, Istanbul, Turkey.
- Appamaraka, S., Suksringarm, P., & Singseewo, A. (2009). Effects of learning environmental education using the 5Es-learning cycle approach with the metacognitive moves and the teacher's handbook approach on learning achievement, integrated science process skills and critical thinking of high school (grade 9) students. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 6(5), 287-291.
- Ates, S. (2005a). The effects of learning cycle on college students' understanding of different aspects in resistive dc circuits. *Electronic Journal of Science Education*, 9(4), 1-20.
- Ates, S. (2005b). The effectiveness of the learning-cycle method on teaching dc circuits to prospective female and male science teachers. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 213-227.
- Ates, S., & Polat, M. (2005). The effects of learning cycle method on removing misconceptions related to electric circuits. *Hacettepe University Journal of Education*, 28, 39-47.
- Atilboz, N., G. (2007). *The effects of learning cycle model on preservice biology teachers' understanding of diffusion and osmosis concepts, biology teaching self-efficacy beliefs and attitudes towards biology teaching*. Unpublished Doctoral Dissertation, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Baird, J. R., & White, R. T. (1984). Improving learning through enhanced metacognition: A classroom study. (Eric Document Reproduction Service No. ED 249250)
- Baker, L. (1991). Metacognition, reading, and science education. In C.M. Santa and D.E. Alvermann (Eds.), *Science learning: Processes and applications* (pp. 2-13) Newark, DE: International Reading Association.
- Balci, S. (2005). *Improving 8th grade students' understanding of photosynthesis and respiration in plants by using 5E learning cycle and conceptual change text*, Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

- Balci, S. (2009). *The effects of 5E learning cycle model based on constructivist theory on the academic success of students in biology education*. Unpublished Master Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Balci, S., Cakiroglu, J., & Tekkaya, C. (2006). Engagement, exploration, explanation, extension, and evaluation (5E) learning cycle and conceptual change text as learning tools. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34(3), 199-203.
- Barman, C. R., Barman, N. S., & Miller, J. A. (1996). Two teaching methods and students' understanding of sound. *School Science and Mathematics*, 96(2), 63-67.
- Baxter Magolda, M. B. (1992). *Knowing and Reasoning in College: Gender-Related Patterns in Students' Intellectual Development*, Jossey Bass, San Francisco.
- Beeth, M. E. (1998). Teaching for conceptual change: Using status as a metacognitive tool. *Science Education*, 82(3), 343-356.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Bektaş, O. (2010). *The effect of 5E learning cycle model on tenth grade students' understanding in the particulate nature of matter, epistemological beliefs and views of nature of science*. Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Bendixen L. D.& Feucht, F. C. (2010). Personal Epistemology in the Classroom: What Does Research and Theory Tell Us and Where Do We Need to Go Next? In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Eds.), *Personal Epistemology in the Classroom: Theory, Research, and Implications for Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 555-586
- Bendixen, L. D., & Rule, D. C. (2004). An integrative approach to personal epistemology: A guiding model. *Educational Psychologist*, 39(1), 69-80.
- Bianchi, G. A. (2007). *Effects of metacognitive instruction on the academic achievement of students in the secondary*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3272507)
- Billings, L. B. (2001). *Assessment of the learning cycle and inquiry based learning in high school physics education* (Master Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 1407596)
- Blank, L. M. (2000). Metacognitive learning cycle: A better warranty for students understanding. *Science Education*, 84, 486- 506.
- Bowden, J., Dall'Alba, G., Martin, E., Laurillard, D., Marton, F., Masters, G., ... & Walsh, E. (1992). Displacement, velocity, and frames of reference: Phenomenographic studies of students' understanding and some implications for teaching and assessment. *American Journal of Physics*, 60, 262-269.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert and R. H. Kluwe (Eds) *Metacognition, Motivation, and Understanding* (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum), 65-116.
- Brown, A.L., Bransford, J.D., Ferrara, R.A., & Campione, J.C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In J.H. Flavell, and E.M. Markman (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 3. Cognitive Development* (4th ed., pp. 77-166). New York: John Wiley and Sons.
- Brown, F. (2000). The effect of an inquiry-oriented environmental science course on preservice elementary teachers' attitudes about science. *Journal of Elementary Science Education*, 12(2), 1-6.
- Brownlee, J., Petriwskyj, A., Thorpe, K., Stacey, P., & Gibson, M. (2011). Changing personal epistemologies in early childhood pre-service teachers using an integrated teaching program. *Higher Education Research & Development*, 30(4), 477-490.
- Brownlee, J., Purdie, N., & Boulton-Lewis, G. (2001). Changing epistemological beliefs in pre-service teacher education students. *Teaching in Higher Education*, 6(2), 247-268.
- Budprom, W., Suksringam, P., & Singsriwo, A. (2010). Effects of learning environmental education using the 5E-learning cycle with multiple intelligences and teacher's handbook approaches on learning achievement, basic science process skills and critical thinking of grade 9 students. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 7(3), 200-204.
- Bulbul, Y. (2010). *Effects of 7E learning cycle model accompanied with computer animations on understanding of diffusion and osmosis concepts*. Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Butterfield A. (2012). *Employing metacognitive procedures in natural science teaching*. Unpublished Master Thesis, Stellenbosch University.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

- Cakir, B. (2011). *Pre-service science teachers' metacognition in a science laboratory course with metacognitively oriented learning environment*. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Cakiroglu, J. (2006). The effect of learning cycle approach on students' achievement in science. *Eurasian Journal of Educational Research*, 22, 61-73.
- Campbell, M. A. (2006). *The effects of the 5E learning cycle model on students' understanding of force and motion concepts*. (Master Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No 1433537)
- Campbell, T. C. (1977). *An evaluating of a learning cycle intervention strategy for enhancing the use of formal operational thought by beginning college physics students*. Unpublished Doctoral Dissertation, The University of Nebraska, Lincoln.
- Cavallo, A. M. L., & Laubach, T. A. (2001). Students' science perceptions and enrollment decisions in differing learning cycle classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(9), 1029- 1062.
- Cavallo, A. M., Miller, R. B., & Saunders, G. (2002). Motivation and affect toward learning science among preservice elementary school teachers: Implications for classroom teaching. *Journal of Elementary Science Education*, 14(2), 25-38.
- Cavallo, A., McNeely, J. C., & Marek, E. A. (2003). Eliciting students' understandings of chemical reactions using two forms of essay questions during a learning cycle. *International Journal of Science Education*, 25(5), 583-603.
- Çepni, S., & Şahin, Ç. (2012). Effect of different teaching methods and techniques embedded in the 5E instructional model on students' learning about buoyancy force. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 4(2), 97-127.
- Çepni, S., Şahin, Ç., & Ipek, H. (2010). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the 5E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), 1-39.
- Ceylan, E., & Geban, O. (2009). Facilitating conceptual change in understanding state of matter and solubility concepts by using 5E learning cycle model. *Hacettepe University Journal of Education*, 36, 41-50.
- Chang, K., Sung, Y., & Chen, I. (2002). The effect of concept mapping to enhance text comprehension and summarization. *Journal of Experimental Education*, 71(1), 5-23.
- Cherry, G. R. (2011). *Analysis of Attitude and Achievement using the 5E Instructional Model in an Interactive Television Environment*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No.3455283)
- Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109-138
- Cobern, W. W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., Undreiu, A., & Gobert, J. D. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research in Science & Technological Education*, 28(1), 81-96.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J., & Cohen, P. (1983). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (2<sup>nd</sup> ed.). Hillside, NJ: Prentice Hall.
- Colburn, A., & M. P. Clough. 1997. Implementing the learning cycle. *The Science Teacher* 64(5), 30–33.
- Collins, T. A. (2011). *Science inquiry as knowledge transformation: investigating metacognitive and self-regulation strategies to assist students in writing about scientific inquiry tasks*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3464385)
- Conner, L., & Gunstone, R. (2004). Conscious knowledge of learning: accessing learning strategies in a final year high school biology class. *International Journal Of Science Education*, 26(12), 1427-1443.
- Crocker, L., & Algina, J. (1986) *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. Florida: Holt, Rinehart, and Winston, Inc.
- Cumo, J. M. (1991). *Effects of the learning cycle instructional method on cognitive development, science process, and attitude toward science in seventh graders*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No.9212376)
- Davis, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 91-142.

- DeCoster, J.(2012). Microsoft Excel Spreadsheets. Retrieved from <http://stat-help.com/spreadsheets.html>
- Dejonckheere, P., Van de Keere, K., & Tallir, I. (2011). Are fourth and fifth grade children better scientists through metacognitive learning?. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(1), 133-156.
- Delialioglu, F. (2003) *The roles of gender and learning styles on tenth grade students' kinematics graphing skills*. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Demir, C., & Maskan, A. K. (2011). The effect of web supported learning cycle approach on the achievement in pyhsics of high school 11th class students. Paper presented in 2nd International Conference on New Trends in Education and Their Implications Antalya-Turkey
- Demir, C., & Maskan, A. K. (2012). The effect of web supported learning cycle approach on the 11<sup>th</sup> grade students' self-efficacy beliefs toward physics. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18 17-30
- Dikici, A., Türker, H. H., & Özdemir, G. (2010). 5E öğrenme döngüsünün anlamlı öğrenmeye etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(39), 100-128.
- Dogru-Atay, P., & Tekkaya, C. (2008). Promoting students' learning in genetics with the learning cycle. *The Journal of Experimental Education*, 76(3), 259-280.
- Ebrahim, A. (2004). *The effects of traditional learning and a learning cycle inquiry learning strategy on students' science achievement and attitudes toward elementary science* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3129129).
- Eisenkraft, A. (2003). Expending 5E model: A proposed 7E model emphasizes " transfer of learning and importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher*, 70(6), 56- 59.
- Ekici, F. (2007). *The effect of instructional material designed according to 5E learning cycle which is based on constructivist approach on 11th grade students' understanding of redox reactions and electrochemistry*. Unpublished Master Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Elby, A. & Hammer, D. (2010). Epistemological resources and framing: A cognitive framework for helping teachers interpret and respond to their students' epistemologies. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Eds.), *Personal Epistemology in the Classroom: Theory, Research, and Implications for Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 409-434.
- Elby, A. (2001). Helping physics students learn how to learn. *American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement*, 69(7), S54-S64.
- Elby, A. (2009). Defining Personal Epistemology: A response to Hofer & Pintrich (1997) and Sandoval (2005). *Journal of the Learning Sciences*, 18(1), 138-149.
- Elby, A., & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 85, 554-567.
- Elby, A., McCaskey, T., Lippmann, R. and Redish, E. F. (2001). Retrieved from <http://www.physics.umd.edu/perg/tools/attsur.htm>
- Ercan, S. (2009). *The effect of constructivist approach 5E learning model on teaching material cycle*. Unpublished Master Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Ergin, I., Kanlı, U., & Ünsal, Y. (2008). An example for the effect of 5E model on the academic success and attitude levels of students' :"Inclined projectile motion". *Journal of Turkish Science Education*, 5(3), 47-59.
- Ewers, T. G. (2001). *Teacher-Directed versus learning cycles methods: Effects on science process skills mastery and teacher efficacy among elementary education students*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No 3022333)
- Farrell, J.J., Moog, R.S., & Spencer, J.N. (1999). A guided inquiry general chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 76, 570-574.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Flavell, J. H. (1985). *Cognitive Development*, 2nd edn. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall).
- Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. E. Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive monitoring : a new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologists*, 34, 906- 911.
- Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. In W. P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills* (pp. 35 - 60). New York: Academic Press.

- Fraas, J. W., & Newman, I. (1997). The Use of the Johnson-Neyman Confidence Bands and Multiple Regression Models to Investigate Interaction Effects: Important Tools for Educational Researchers and Program Evaluators. In *Annual Meeting of the Eastern Educational Research Association*.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (1996). *How to design and evaluate research in education* (3th ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.
- Gang, S. (1995). Removing preconceptions with a “learning cycle”. *The Physics Teacher*, 33, 346-354.
- Garcia, C. M. (2005). *Comparing the 5Es and traditional approach to teaching evaluation in a hispanic middle school science classroom*. (Master Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 1424354).
- George, D., & Mallory, P. (2003). *SPSS for Windows Step By Step: A Simple Guide and Reference (11.0 Update)*. Boston: Allyn and Bacon.
- Georghiades, P. (2004). Making pupils' conceptions of electricity more durable by means of situated metacognition. *International Journal of Science Education*, 26(1), 85-99.
- Georghiades, P. (2006). The role of metacognitive activities in the contextual use of primary pupils' conceptions of science. *Research in Science Education*, 36(1), 29-49.
- Gill, M. G., Ashton, P. T., & Algina, J. (2004). Changing preservice teachers' epistemological beliefs about teaching and learning in mathematics: An intervention study. *Contemporary Educational Psychology*, 29(2), 164-185.
- Goh, N. K., Chia, L. S. (1989). Using the learning cycle to introduce periodicity. *Journal of Chemical Education*, 66(9), 747-749.
- Gönen, S., Kocakaya, S., & İnan, C. (2006). The effect of the computer assisted teaching and 7E model of the constructivist learning methods on the achievements and attitudes of high school students. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 5(4), 82-88.
- Grandy, R., & Duschl, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science & Education*, 16(2), 141-166
- Gronlund, N. E. Waugh, C. K. (2009). *Assessment of student achievement*. Upper Saddle River, N.J : Pearson.
- Guastello, E. F., Beasley, T. M., & Sinatra, R. C. (2000). Concept mapping effects on science content comprehension of low-achieving inner-city seventh graders. *Remedial and Special Education*, 21, 356–365.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28(2), 117-159.
- Hagerman, C. L. (2012). *Effects of the 5E learning cycle on student content comprehension and scientific literacy*. Unpublished Master Thesis, Montana State University, Bozeman, Montana
- Hammer, D. M. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*, 12(2), 151-183.
- Hammer, D., & Elby, A. (2002). On the form of a personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hammer, D., & Elby, A. (2003). Tapping epistemological resources for learning physics. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 53-90.
- Hammer, D., Russ, R., Mikeska, J., & Scherr, R. (2005). Identifying inquiry and conceptualizing students' abilities. Retrieved from [http://dhammer.phy.tufts.edu/home/publications\\_files/inquiry%20book%20chap.pdf](http://dhammer.phy.tufts.edu/home/publications_files/inquiry%20book%20chap.pdf)
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Harurluoğlu, Y., & Kaya, E. (2011). The effect of learning cycle model on the achievements and retention levels of pre-service science teachers in seed-fruit-flower topics. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(4), 43-50
- Hennessey, M. (1993). Students' ideas about their conceptualization: Their elicitation through instruction. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta, GA.

- Hennessey, M. G. (1999). Probing the dimensions of metacognition: implications for conceptual change teaching-learning. (Eric Document Reproduction Service No. ED 446921).
- Hestenes, D., & Wells, M. (1992). A mechanics baseline test. *The physics teacher*, 30(3), 159-166.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-153.
- Hırç'a, N., Çalık, M., & Seven, S. (2011). Effects of guide materials based on 5E model on students' conceptual change and their attitudes towards physics: A case for 'work, power and energy' unit. *Journal of Turkish Science Education*, 8 (1), 153-158.
- Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (2003). *Applied statistics for the behavioral sciences*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Educational Psychology Review*, 13, 353-383.
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140.
- Hoffmann, K. F. (2010). *The impact of graphic organizer and metacognitive monitoring instruction on expository science text comprehension in fifth grade students*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3425907)
- Hogan, K. (1999). Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science Education*, 83(1), 1-32.
- Hokkanen, S. L. (2011). *Improving student achievement, interest and confidence in science through the implementation of the 5E learning cycle in the middle grades of an urban school*. Unpublished Master Thesis, Montana State University Bozeman, Montana, USA.
- Hussain, A., Azeem, M., & Shakoor, A. Physics Teaching Methods: Scientific Inquiry Vs Traditional Lecture. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(19), 269-276.
- Jacobs, J. E., & Paris, S. G. (1987). Children's metacognition about reading: Issues in definition, measurement and instruction. *Educational Psychologist*, 22, 255-278. doi:10.1207/s15326985ep2203&4\_4
- Kaberman, Z., & Dori, Y. J. (2009). Metacognition in chemical education: question posing in the case-based computerized learning environment. *Instructional Science*, 37(5), 403-436.
- Kanlı, U., & Yagbasan, R. (2008). The effects of a laboratory based on the 7E learning cycle model with verification laboratory approach on students' development of science process skills and conceptual achievement. *Essays in Education*, 22 143-153.
- Karplus, R., & Their, H. D. (1967). *A New Look at Elementary School Science*. Chicago: Rand McNally.
- Kaynar, D. (2007). *The effect of 5E learning cycle approach on sixth grade students' understanding of cell concept, attitude toward science and scientific epistemological beliefs*, Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Kaynar, D., Tekkaya, C., & Cakiroglu, J. (2009). Effectiveness of 5E learning cycle instruction on students' achievement in cell concept and scientific epistemological beliefs. *Hacettepe University Journal of Education*, 37, 96-105.
- Keles, Ö. (2011). The Effect of Learning Cycle Model on Students' Reducing Ecological Footprints. *Gaziantep University Journal Of Social Sciences*, 10(3), 1143-1160.
- Keser, O. F. (2003). *Designing and implementing a constructivist learning environment for physics education*. Unpublished Doctoral Dissertation, Karadeniz Teknik University, Trabzon, Turkey.
- Keskin, V. (2008). *Effectiveness of constructivist 5E learning cycle model on high school students' learning of simple pendulum concepts and attitudes*. Unpublished Master Thesis, Marmara University, Istanbul, Turkey.
- Kienhues, D., Bromme, R., & Stahl, E. (2008). Changing epistemological beliefs: The unexpected impact of a short-term intervention. *British Journal of Educational Psychology*, 78(4), 545-565.
- Kilavuz, Y. (2005). *The effects of 5E learning cycle model based on constructivist theory on tenth grade students' understanding of acid-base concepts*. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- King, A. (1989). Effects of self-questioning training on college students' comprehension of lectures. *Contemporary Educational Psychology*, 14(4), 366-381.
- King, A. (1990). Enhancing peer interaction and learning in the classroom through reciprocal questioning. *American Educational Research Journal*, 27(4), 664-687.

- King, A. (1992). Facilitating elaborative learning through guided student-generated questioning. *Educational Psychologist*, 27(1), 111-126.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31(2), 338-368.
- King, P., & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgment: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Kirbulut, Z. D. (2012). *The effect of metaconceptual teaching instruction on 10th grade students' understanding of states of matter, self-efficacy toward chemistry, and the nature of metaconceptual processes*. Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Kluwe, R. H. (1982). Cognitive knowledge and executive control: Metacognition. In D. R. Griffin (Ed.), *Animal mind - human mind* (pp. 201-224). New York: Springer-Verlag.
- Koch, A. (2001). Training in metacognition and comprehension of physics texts. *Science Education*, 85(6), 758-768.
- Koran, M. L., & Koran, J. J. (2006). Aptitude-treatment interaction research in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(8), 793-808.
- Köseoğlu, F., & Tümay, H. (2010) The Effects of Learning Cycle Method in General Chemistry Laboratory on Students' Conceptual Change, Attitude and Perception. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, 11(1), 279-295.
- Küçükylmaz, E. A. (2003). *The effect of learning cycle approach on students' academic achievement and recall level in science classes*. Unpublished Doctoral Dissertation, Anadolu University, Eskisehir, Turkey.
- Kuhn, D., & Weinstock, M. (2002). What is epistemological thinking and why does it matter? In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 121-144). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Larkin, S. (2006). Collaborative group work and individual development of metacognition in the early years. *Research in science education*, 36(1), 7-27.
- Lavoie, D. R. (1999). Effects of Emphasizing Hypothetico-Predictive Reasoning within the Science Learning Cycle on High School Student's Process Skills and Conceptual Understandings in Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1127-1147.
- Lawson, A.E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. National Association for research in Science Teaching (Monograph 1). . (Eric Document Reproduction Service No. ED 324204).
- Leach, J., Millar, R., Ryder, J., & Sere, M. G. (2000). Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, 10, 497-527.
- Lin, X., & Lehman, J. D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 837-858.
- Lising, L. & Elby, A. (2005). The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics. *American Journal of Physics*, 73(4), 372-382.
- Liu, T. C., Peng, H., Wu, W. H., & Lin, M. S. (2009). The effects of mobile natural-science learning based on the 5E learning cycle: A case study. *Educational Technology & Society*, 12 (4), 344-358.
- Lord, T. R. (1999). A comparison between traditional and constructivist teaching in environmental science. *The Journal of Environmental Education*, 30(3), 22-27.
- Louca, L., Elby, A., Hammer, D., & Kagey, T. (2004). Epistemological resources: Applying a new epistemological framework to science instruction. *Educational Psychologist*, 39(1), 57-68.
- Marek, E. A., Cowan, C. C., & Cavallo, A. M. (1994). Students' misconceptions about diffusion: How can they be eliminated?. *The American Biology Teacher*, 56 (2), 74-77.
- Marek, E.A., & Cavallo, A. M. L. (1997). *The learning cycle: Elementary school science and beyond*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Marek, E.A., Laubach T.A., & Pedersen, J. (2003). Preservice elementary school teachers' understandings of theory based science education. *Journal of Science Teacher Education*, 14(3), 147-159.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: a user's manual* (Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall).
- McDermott, L.C., Shaffer, P. S., & the Physics Education Group, (2002). *Tutorials in Introductory Physics*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ,

- Mecit, O. (2006). *The effect of 7E learning cycle model on the improvement of fifth grade students' critical thinking skills*, Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Michalsky, T., Mevarech, Z. R., & Haibi, L. (2009): Elementary School Children Reading Scientific Texts: Effects of Metacognitive Instruction. *The Journal of Educational Research*, 102:5, 363-376
- Mittlefehldt, S., & Grotzer, T. A. (2003, March). Using metacognition to facilitate the transfer of causal models in learning density and pressure. Paper presented at *National Association of Research in Science Teaching Conference*.
- Muis, K. R., & Duffy, M. C. (2012, August 13). Epistemic Climate and Epistemic Change: Instruction Designed to Change Students' Beliefs and Learning Strategies and Improve Achievement. *Journal of Educational Psychology*. Advance online publication. doi:10.1037/a0029690
- Munmai, A., Ruenwongsa, P., Panijpan, B., Barman,N., Magee, P.,& Somsook, E. (2011). Using principles of subtractive colors to teach color of pigments: A 5E learning cycle lesson for pre-service elementary teachers. *The International Journal of Learning*, 18(1). 203-217.
- Musheno, B.V., & Lawson, A. E.(1999). Effects of learning cycle and traditional text on comprehension of science concepts by students at differing reasoning levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 23-27.
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, D.C: National Academy Press.
- Neto, A., &Valente, M. O. (1997). Problem solving in physics: Towards a metacognitively developed approach. Paper presented at *National Association of Research in Science Teaching Conference*
- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or appropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548-571.
- Nuhoglu, H., & Yalcin, N. (2006). The effectiveness of the learning cycle model to increase students' achievement in the physics laboratory. *Journal of Turkish Science Education*, 3(2), 28-30.
- Odom, A. L., & Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education*, 85, 615-635.
- Ören, Ş. F., & Tezcan, R. (2008). İlköğretim 7. Sınıf fen bilgisi dersinde öğrenme halkası yaklaşımının, öğrencilerin başarı ve mantıksal düşünme yetenekleri üzerine etkisi. *Eğitim Fakültesi Dergisi*, XXI (2), 427-446.
- Pabuçcu, A. (2008). *Improving 11th grade students' understanding of acid-base concepts by using 5E learning cycle model*. Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Pallant, J. (2011). SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis using SPSS for Windows. Australia: Allen & Unwin.
- Parker, V., & Gerber, B. (2000). Effects of a Science Intervention Program on Middle-Grade Student Achievement and Attitudes. *School Science and Mathematics*, 100(5), 236-242.
- Peckham, P. D., Glass, G. V., & Hopkins, K. D. (1969). The experimental unit in statistical analysis. *The Journal of Special Education*, 3, 337-349
- Perry,W. G. (1970). *Forms of intellectual development and ethical development in the college years: A scheme*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Pesman, H. (2012). *Method-approach interaction: The effects of learning cycle vs traditional and contextual vs non-contextual instruction on 11th grade students' achievement in and attitudes towards physics*. Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Peters, E., & Kitsantas, A. (2010). The effect of nature of science metacognitive prompts on science students' content and nature of science knowledge, metacognition, and self-regulatory efficacy. *School Science and Mathematics*, 110(8), 382-396.
- Pintrich, P. R. (2002). Future challenges and directions for theory and research on personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Polat, S. (2010). *The effect of teaching implement based on metacognitive strategies on student's data in science and technology in fifth class of primary school*. Unpublished Master Thesis, Selcuk University, Konya, Turkey.

- Polyiem, T., Nuangchalerm, P., & Wongchantra, P. (2011). Learning achievement, science process skills, and moral reasoning of ninth grade students learned by 7E learning cycle and socioscientific issue-based learning. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10): 257-564.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics: with the physics suite*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Redish, E. F., & Hammer, D. (2009). Reinventing college physics for biologists: Explicating an epistemological curriculum. *American Journal of Physics*, 77(7), 629- 642.
- Redish, E. F., Saul, J. M., & Steinberg, R. N. (1998). Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics*, 66, 212–224.
- Rosenberg, S. A., Hammer, D., & Phelan, J. (2006). Multiple epistemological coherences in an eighth-grade discussion of the rock cycle. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 261- 292.
- Rule, D. C., & Bendixen L. D. (2010). The Integrative Model of Personal Epistemology Development: Theoretical Underpinnings and Implications for Education. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Eds.), *Personal Epistemology in the Classroom: Theory, Research, and Implications for Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 94-123.
- Rutherford, P. M. (1999). *The effect of computer simulations and the learning cycle on students' conceptual understanding of Newton's three laws of motion*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No.9930148)
- Sadi, Ö., & Cakiroğlu, J. (2010). Effects of 5E learning cycle on students' human circulatory system achievement. *Journal of Applied Biological Sciences*, 4(3), 63-67.
- Şahin, Ç. Ş., Akbulut, H. İ., & Çepni, S. (2012). Teaching of solid pressure with animation, analogy and worksheet to primary 8th students. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 1(1), 22-51.
- Şahin, Ç., & Çepni, S. (2012). Effectiveness of instruction based on the 5E teaching model on students' conceptual understanding about gas pressure. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 220-264
- Sandi-Urena, S., Cooper, M. M., & Stevens, R. H. (2011). Enhancement of metacognition use and awareness by means of a collaborative intervention. *International Journal of Science Education*, 33(3), 323-340.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
- Sandoval, W. A., & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 369– 392.
- Saribas, D. (2009). *Investigating the effect of laboratory environment aimed to improve self-regulated learning strategies on conceptual understanding, science process skills and attitude towards chemistry*. Unpublished Doctoral Dissertation, Marmara University, Istanbul, Turkey.
- Saygin, O. (2009). *Examining the effects of using learning cycle to high school students' understanding of nucleic acids and protein synthesis subjects, their motivation and learning strategies*. Unpublished Doctoral Dissertation, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Saygin, Ö., Atilboz, N. G., & Salman, S. (2006). Yapılandırmacı öğretim yaklaşımının biyoloji dersi konularını öğrenme başarısı üzerine etkisi: canlılığın temel birimi-Hücre. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1), 51-64.
- Sbhatu, D. B. (2006). *Investigating the Effects of Metacognitive Instruction in Learning Primary School Science in Some Schools in Ethiopia*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3269453)
- Scardamalia, M., Bereiter, C., & Steinbach, R. (1984). Teachability of reflective processes in written composition. *Cognitive science*, 8(2), 173-190.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 498-504.
- Schommer, M., & Walker, K. (1995). Are epistemological beliefs similar across domains? *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 424–432.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Serin, G. (2009). The effect of problem based learning instruction on 7th grade students' science achievement, attitude toward science and scientific process skills. Unpublished Doctoral Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Settlage, J. (2000). Understanding the learning cycle: influences on abilities to embrace the approach by preservice elementary school teachers. *Science Education*, 84, 43-50.

- Sevinç, E. (2008). *The effects of the 5E model on the students' conceptual understanding, the development of their scientific process skills and their attitude in the organic chemistry laboratory course*. Unpublished Master Thesis, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Sikes, S. S., & Schwartz-Bloom, R. D. (2009). Direction discovery. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 37(2), 77-83.
- Siribunnam, R., & Tayraukham, S. (2009). Effects of 7-E, KWL and conventional instruction on analytical thinking, learning achievement and attitudes toward chemistry learning. *Journal of Social Sciences*, 5(4), 279-282.
- Slone, K. A. (2007). *Sixth grade students' conceptions of magnets and magnetic phenomena before and after inquiry-based instruction*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3259186)
- Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., & Laws, P. W. (2004). RealTime Physics Active Learning Laboratories Module 1: Mechanics. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 761-784.
- Soomro, A. Q., Qaisrani, M. N., Rawat, K. J., & Mughal, S. H. (2010). Teaching Physics through Learning Cycle Model: An Experimental Study. *Journal of Educational Research*, 13 (2), 5-18.
- Sornsakda, S., Suksringarm, P., & Singseewo, A. (2009). Effects of learning environmental education using the 7E-learning cycle with metacognitive techniques and the teacher's handbook approaches on learning achievement, integrated science process skills and critical thinking of mathayomsuksa 5 students with different learning achievement. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 6(5), 297-303.
- Sriwattanarothai, N., Jittam, P., Ruenwongsa, P., & Panijpan, B. (2009) From research on local materials to the learning of science: An inquiry-based laboratory for undergraduates. *The International Journal of Learning*, 16(6), 459-473.
- Stevens, J. P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Stuever, D. M. (2006). *The effect of metacognitive strategies on subsequent participation in the middle school science classroom*. (Master Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 1439086)
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics*. (Fifth Ed.). Boston: Pearson Education, Inc.
- Temel, S., Dincol-Ozgur, S., & Yilmaz, A (2012). The effect of learning cycle model on preservice chemistry teachers' understanding of oxidation reduction topic and thinking skills. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 287-305.
- Temizkan, D. (2003). *The effect of gender on different categories of students' misconceptions about force and motion*. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Thien Huong, T. T. (1997). *A combination of physics lectures and demonstrations using the learning cycle in physics teaching at the college of general studies National University of Ho Chi Minh City*. (Master Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66, 338- 352.
- Tien, L. T. (1998). *Fostering expert inquiry skills and beliefs about chemistry through the MORE laboratory experience*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9902256).
- Trowbridge, J. E. & Wandersee, J. H. (1998) Theory-driven graphic organizers, in: J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Eds) *Teaching science for understanding: a human constructivist view* (San Diego, Academic Press), 95–131.
- Trowbridge, L.W., Bybee, R.W., & Powell, J.C. (2004). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy* (8th ed.). New Jersey: Pearson.
- Tsai, C. C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82, 473–489.
- Turgut, U., & Gurbuz, F (2011). Effects of teaching with 5e model on students' behaviors and their conceptual changes about the subject of heat and temperature. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2), 679-706.

- Türker, H. H. (2009). *An Investigation of the Effect of 5E Learning Cycle Model on Meaningful Learning in the Force Concept*. Unpublished Master Thesis, Niğde University, Niğde, Turkey.
- Turkish physics curriculum development commission (2007). Fizik dersi öğretim programı. Retrieved from <http://w3.gazi.edu.tr/~bgunes/fizik/>
- Tweedy, M. E. (2005). *Measuring students' understanding of osmosis and diffusion when taught with a traditional laboratory instructional style versus instruction based on the learning cycle*. (Master Thesis). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 1425236)
- Viko, J. N. B. N. (2010). Effect of instruction in Metacognitive self-assessment strategy on Chemistry Students self-efficacy and achievement. *Academia Arena*, 2(8), 34-43.
- Weaver, G. C. (1998). Strategies in K-12 science instruction to promote conceptual change. *Science Education*, 82(4), 455-472.
- Weinert and R. H. Kluwe (Eds) *Metacognition, Motivation, and Understanding* (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum), 21–29.
- Wells, M. (1987). *Modeling instruction in high school physics*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 8805504)
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, Modeling and Metacognition: Making Science Accessible To All Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118
- White, B., & Frederiksen, J. (2000). Metacognitive facilitation: An approach to making scientific inquiry accessible to all. In J. Minstrell & E. van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 331–370). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- White, B., Elby, A., Frederiksen, J., & Schwarz, C. (1999). The epistemological beliefs assessment for physical science. Paper presented at the American Education Research Association, Montreal.
- Wilson, D. B. (2012). Practical Meta-Analysis Effect Size Calculator. Retrieved from <http://gunston.gmu.edu/cebcp/EffectSizeCalculator/index.html>
- Wulfsberg, G. (1983). A Piaget learning-cycle laboratory approach to teaching descriptive inorganic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 60(9), 725-728.
- Yerdelen-Damar, S., Elby, A., & Eryilmaz, A. (2012). Applying beliefs and resources frameworks to the psychometric analyses of an epistemology survey. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8(1), 010104.
- Yıldız, E. (2008). *The effects of metacognition during the instruction based on conceptual change used with 5e model: an application regarding the force and motion subject in the 7th grade*. Unpublished Doctoral Dissertation, Dokuz Eylül University, Izmir, Turkey.
- Yilmaz, D., Tekkaya, C., & Sungur, S. (2011). The Comparative Effects of Prediction/Discussion-Based Learning Cycle, Conceptual Change Text, and Traditional Instructions on Student Understanding of Genetics. *International Journal of Science Education*, 33(5), 607-628.
- Yilmaz, H., & Huyuguzel Cavas, P.(2006). The effect of the 4-E learning cycle method on students' understanding of electricity. *Journal of Turkish Science Education*, 3(1), 2-5.
- Yuruk, N., Beeth, M. E., & Andersen, C. (2009). Analyzing the effect of metaconceptual teaching practices on students' understanding of force and motion concepts. *Research in Science Education*, 39(4), 449-475.
- Zollman, D. (1990). Learning cycles for a large-enrollment class. *The Physics Teacher*, 28(1), 20-25.

## APPENDIX A

### THE TURKISH MPEX-II

#### FİZİK BEKLENTİLERİ ANKETİ

Adı Soyadı:

Sınıf:

Cinsiyet:  Kız  Erkek

Sevgili öğrenciler,  
Bu anket, fizik dersi hakkındaki düşüncelerinizi belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Anket, 2 bölümden oluşmaktadır. Her bölümde, verilen ifadeleri dikkatlice okuyunuz. İfadeler basit ve açık bir şekilde yazılmıştır. Bunun için, ifadelerin anlamları üzerinde çok fazla zaman harcamadan, ilk anladığınız şekilde cevap veriniz. Lütfen anketi içten ve samimi olarak cevaplayınız. **Doğru** ya da **Yanlış** cevap yoktur. Cevaplarınız gizli tutulacak ve hiçbir kimseyle paylaşılmayacaktır.

Katkılarınız dolayı teşekkür ederiz.

#### I. Bölüm

Bu bölüm 25 ifadeden oluşmaktadır. Her maddenin karşısında “**Kesinlikle Katılımıyorum**” dan “**Kesinlikle Katılıyorum**” a kadar beş seçenek verilmiştir. Belirtilen ifadelere ne ölçüde katılıp katılmadığınızı sağ taraftaki *ilgili kutucuğa* (X) işaretini yazarak belirtiniz.

| No | Maddeler   | Kesinlikle Katılımıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|----|--|--------------------------|--------------|------------|-------------|------------------------|
| 1  | Fizik öğrenmek, günlük yaşamdaki durumları anlamama yardım eder.   |                          |              |            |             |                        |
| 2  | Fizik dersindeki temel fikirlerin çoğunu anlamak için bütün yapmam gereken; sadece derslere girmek, problemlerin çoğuna çalışmak, ders kitabını okumak ve/veya dersi dikkatli bir şekilde dinlemektir. |                          |              |            |             |                        |
| 3  | Bir formülün nerden geldiğini anlamaktaki temel amaç, o formülün geçerli olduğunu ve problemlerde kullanılabileceğini öğrenmektir.   |                          |              |            |             |                        |
| 4  | Yeni bir fizik konusunu öğrenirken, kendi kişisel deneyimlerim ya da fikirlerim hakkında düşünmek ve onları öğrenmeye olduğum fizik konusuyla ilişkilendirmek önemlidir.                               |                          |              |            |             |                        |
| 5  | Fizik dersinde, formüllerin ustaca kullanılması, fizik problemlerini etkili bir şekilde çözmek için gerekli olan temel şeydir.   |                          |              |            |             |                        |
| 6  | Fizik bilgisi, her biri temelde özel bir duruma uygulanan çok sayıda birbirinden bağımsız bilgi parçalarından oluşur.  |                          |              |            |             |                        |
| 7  | Sınavda bir problemin çözümü için gerekli olan belirli bir formülü hatırlayamazsam, yeterli süre verilirse, formülü üretmek için büyük olasılıkla bir yol bulurum.                                     |                          |              |            |             |                        |
| 8  | Fizik gerçek dünya ile bağlantılıdır; ama bu bağlantıyı düşünmemeksızın fiziği anlayabilirim.  |                          |              |            |             |                        |
| 9  | Fizik dersinde “problem çözmek”, aslında, problemleri gerçekler veya formüllerle eşleştirmek ve sonra değerleri yerine koyarak bir sayı elde etmek demektir.   |                          |              |            |             |                        |

|           |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|
| <b>10</b> | Fizik dersinde, formülleri sezgisel olarak anlamayı beklemiyorum, onlar verildiği gibi kabul edilmelidir.  |  |  |  |  |
| <b>11</b> | Bir sınav için alıştırma çözerken veya bir ödevde çalışırken, bir problem için bulduğum iki farklı yolu farklı cevaplar vermesi durumunda, kaygılanmazdım. Doğru cevabı bulduktan sonra sadece, yanlış cevabı veren yolu ilerde kullanmaktan kaçınmaya çalışırdım. |  |  |  |  |
| <b>12</b> | Fizik dersindeki notum, temelde konuya ne kadar aşina olduğuma bağlıdır. Notum, anlama ya da yaratıcılıkla çok az ilgilidir.   |  |  |  |  |
| <b>13</b> | Çoğu zaman, bir fizik prensibi veya teorisi size anlamlı gelmeyebilir. Böyle durumlarda, onu kabul etmek ve devam etmek zorundasın, çünkü fizikte her şeyin sana anlamlı gelmesi gerekmek.   |  |  |  |  |
| <b>14</b> | Eğer sınavdaki bir problem daha önce çözdiğim bir probleme benzemezse, onu çözebilmek için fazla bir şansım olacağını düşünmüyorum.  |  |  |  |  |
| <b>15</b> | Betül, fizik kitabında kendi deneyimlerine ters düşen bir şey okudu. Fakat, Betül, fiziği daha iyi öğrenmek için, kendi deneyimlerini düşünmemeyip kitabın söyledigine odaklanmalıdır.   |  |  |  |  |
| <b>16</b> | Bir fizik problemini çözmede en önemli şey, kullanılacak olan doğru formülü bulmaktır.   |  |  |  |  |
| <b>17</b> | Bir fizik sınavımın nasıl geçtiğini, sınavdan hemen sonra diğer öğrencilerle sınav hakkında konuşmadan önce bile, doğru bir şekilde anlayabilirim.   |  |  |  |  |
| <b>18</b> | Fiziği bizim tam anlamıyla öğrenebilmemiz için öğretmenlerin derste, kavramlara, genel formüllerin ispatlarına ve bir iki problemin çözümüne çok fazla zaman harcamak yerine, bize birçok problemin nasıl çözüldüğünü göstermeleri gereklidir.                     |  |  |  |  |
| <b>19</b> | Fizik dersinde, bilmem gereken bütün bilgilerin ezberlenmek zorunda olması önemli bir sorundur.  |  |  |  |  |
| <b>20</b> | Eğer fizik öğretmenleri günlük yaşamla ilişkili çok sayıda örnek ve örnek problemlerle gerçekten de anlaşılabılır dersler verirlerse, iyi öğrencilerin birçoğu dersin dışında çok fazla zaman harcamadan derste verilenleri öğrenebilir.                           |  |  |  |  |
| <b>21</b> | Fizik kanunları, bizim derste ve laboratuarda gördüklerimize benzer belli başlı basit durumlara uygulanabilmesine rağmen, gerçek dünyadaki deneyimlerimle çok az ilişkilidir.  |  |  |  |  |
| <b>22</b> | Fizik dersindeki grup çalışması, gruptaki en az bir kişinin üzerinde tartışıkları konuyu daha önceden anladığı ve bildiği sürece yararlıdır.   |  |  |  |  |
| <b>23</b> | “Temel fikirler”, açık- uçlu sorular için faydalı olabilir, ama normal fizik problemleri için faydalı olmaz. Bu nedenle, problemleri çözerken, en önemli şey her bir soru tipine uygun yöntemleri bilmektir.   |  |  |  |  |
| <b>24</b> | Fiziği anlamak için formüller (eşitlikler) en temel şeydir; diğer bilgiler çoğunlukla hangi durumlarda hangi formülü kullanacağına karar vermede yardımcı olur.  |  |  |  |  |
| <b>25</b> | Eğer bir ödevde hangi soruları yanlış yaptığımı biliyorsam ve çalışmak için onların çözümleri ben de varsa, ödevlerin geri verilmemesi önemli değildir.  |  |  |  |  |

## II. Bölüm

Bu bölüm 7 çöktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soruyu dikkatle okuduktan sonra size göre en uygun seçeneği işaretleyiniz.

26. İki öğrenci sınıfındaki deneyimleri hakkında konuşuyorlar.

Sevgi: Bizim grubun gerçekten iyi olduğunu düşünüyorum. Çok kez kafamız karışmış bir şekilde çok zaman harcıyoruz ve bazen, bize hiç doğru cevabı bulamıyoruz gibi gelir. Ama hepimiz birbirimizin düşüncelerini dinler ve bu şekilde bir çözüm bulmaya çalışırız.

Zeynep: Bizim grupta, her zaman doğru cevabı bilen bir kişi var ve bu yüzden biz her zaman büyük ölçüde onu takip ederiz. Bu harika, çünkü biz her zaman ödevi zamanında ve bazen erken bitiririz.

- (a) Nerdeyse tamamen Sevgi' ye katılıyorum.
- (b) Sevgi'ye daha fazla katılmama rağmen, bence Zeynep de bazı iyi noktalara dikkat çekiyor.
- (c) Sevgi ve Zeynep'e eşit olarak katılıyorum (ya da katılmıyorum).
- (d) Zeynep' e daha fazla katılmama rağmen, bence Sevgi de bazı iyi noktalara dikkat çekiyor.
- (e) Nerdeyse tamamen Zeynep' e katılıyorum.

27. Aşağıdaki soruda, bazı konularda anlaşamayan iki öğrenci arasındaki kısa tartışmayı okuyacaksınız.

Sule: İyi bir fizik ders kitabının, bir bölümdeki bilgilerin diğer bölmelerdeki bilgilerle nasıl bağlantılı olduğunu göstermesi gereklidir. Kitap her bir konuya, ayrı bir bölüm olarak ele almamalıdır; çünkü onlar gerçekte ayrı değildir.

Fatma: Fakat çoğu zaman her bir bölüm farklı bir konu hakkındadır ve bu farklı konular her zaman birbirleriyle bağlantılı değildir. Ders kitabı her şeyi harmanlayacağına birbirlerinden ayrı tutmalıdır.

Kiminle aynı fikirdesiniz? Bir tanesini seçmeden önce bütün seçenekleri okuyunuz.

- (a) Nerdeyse tamamen Şule' ye katılıyorum.
- (b) Şule'ye daha fazla katılmama rağmen, bence Fatma da bazı iyi noktalara dikkat çekiyor.
- (c) Şule ve Fatma'ya eşit olarak katılıyorum (ya da katılmıyorum).
- (d) Fatma'ya daha fazla katılmama rağmen, bence Şule de bazı iyi noktalara dikkat çekiyor.
- (e) Nerdeyse tamamen Fatma' ya katılıyorum.

28. Bir öğrencinin çalışmak için kısıtlı bir zamana sahip olduğunu ve bu yüzden aşağıdaki seçeneklerden birini seçmesi gerektiğini düşünelim. Sınavın anlamayı ölçen adil bir sınav olduğunu ve sınav süresinin bir problem oluşturmadığını varsayarsak, öğrencinin hangi seçeneği seçmesi gereklidir?

- (a) Sadece birkaç temel formülü öğrenmek ama onların ayrıntılara girmek
- (b) İlgili bölmelerdeki bütün formüllerini öğrenmek ama çok ayrıntıya girmemek
- (c) (a) ve (b) seçeneğinin her ikisini de doğru bulmak fakat (a) ya daha çok katılmak.
- (d) (a) ve (b) seçeneğinin her ikisini de doğru bulmak fakat (b) ye daha çok katılmak.
- (e) (a) ve (b) seçeneklerinin her ikisini de doğru bulmak ve bu iki uç arasında orta yolu bulmak.

29. Bazı insanlar görsel belleğe sahiptirler, yani okudukları her şeyi aynen hatırlama yeteneğine sahiptirler. Fizik öğrendiğiniz zaman görsel bellek size ne derecede avantaj sağlar?

- (a) Olabilecek en yararlı şey olurdu.
- (b) Çok yararlı olurdu.
- (c) Yeterince yararlı olurdu.
- (d) Çok az yararlı olurdu.
- (e) Nerdeyse hiç yararı olmazdı.

**30.** Aşağıda popüler bir fizik kitabından alınan bir soru verilmiştir.

*“Bir ata, bir yere yolcu götürmek için bir arabayı çekmesi söyleniyor. At, arabayı çekmenin işe yaramayacağını öne sürerek, sahibine ‘ben arabayı çekersem araba da beni geri çekeceğ ve Newton’ın 3. Kanununa göre bu kuvvetler birbirine eşit ve zit yönlüdür. Bu yüzden, bu kuvvetler birbirini yok edeceğinden, ben arabayı nasıl hareket ettirebilirim ki?’ diye sorar. Ata nasıl cevap verirdin?”*

Aşağıdakilerden hangisi bir sınava çalışırken bu gibi sorulara çalışmaya ve cevaplamaya karşı tutumunuza en iyi şekilde tanımlar?

- (a) Bu tür sorulara çalışmak yararlı değildir; çünkü bu tür sorular sınavda çıkmaz.
- (b) Bu tür sorulara çalışmak biraz yararlıdır; fakat problem çözme teknikleri veya formüller gibi diğer şeylere çalışmak kadar yararlı değildir.
- (c) Bu tür sorulara çalışmak yeterince yararlıdır, yeterince zaman ayırmaya değer.
- (d) Bu tür sorulara çalışmak oldukça yararlıdır, zamanımın oldukça fazlasına değer.
- (e) Bu tür sorulara çalışmak son derece yararlıdır. Zamanımın pek çoğuna değer.

**31.** Ali ve Murat bir problem üzerinde çalışıyorlar.

Ali: “Kitabın, bir çember etrafında dönen her şey merkezcil ivmeye sahiptir dediğini hatırlıyorum.”

Murat: “Ama eğer parçacığın hızı sabitse, nasıl ivmelenebilir? Bu mantıklı değil.”

Ali: “Tam buraya bak, ‘Düzgün Dairesel Hareket’ başlığı altında ivmenin formülü  $a=v^2/r$  olarak verilmiş. Bu, problemi çözmek için ihtiyacımız olan şey.”

Murat: “Ama ivmenin olması için hızda bir değişiklik olması gerektiğini biliyorum. Hızın nasıl değiştiğini anlamıyorum. Bu formül bana doğru gelmiyor.”

Eğer onlardan yalnız biri ile çalışabilseydiniz, kimin daha yararlı olacağını düşünürdünüz?

- (a) Ali daha çok yararlı olurdu.
- (b) Ali birazcık daha yararlı olurdu.
- (c) İkişi de eşit derecede yararlı olurdu.
- (d) Murat birazcık daha yararlı olurdu.
- (e) Murat daha çok yararlı olurdu.

**32.** Birkaç öğrenci grup çalışması hakkında konuşuyorlar.

Arzu: “Bir şeyi, grubumdaki başkalarına anlatmamın onu daha iyi anlamama gerçekten yardım ettiğini düşünüyorum.”

Pınar: “Başkalarına açıklamanın senin daha iyi anlamana yardım ettiğini düşünmüyorum. Sadece, bir şeyi başka birisine anlatabildiğin zaman onu zaten anladığını fark ediyorsun.”

Kime katılıyorsunuz? Bir seçeneği seçmeden önce bütün seçenekleri okuyunuz.

- (a) Nerdeyse tamamen Arzu’ya katılıyorum.
- (b) Arzu’ya daha fazla katılmama rağmen, bence Pınar da bazı iyi noktalara dikkat çekiyor.
- (c) Arzu ve Pınar’a eşit olarak katılıyorum (ya da katılmıyorum).
- (d) Pınar'a daha fazla katılmama rağmen, bence Arzu da bazı iyi noktalara dikkat çekiyor.
- (e) Nerdeyse tamamen Pınar'a katılıyorum.

## APPENDIX B1

### THE FIRST VERSION OF THE OBJECTIVE LIST

#### Objectives for the FMAT-I

##### 1. Hareketin nedeni ile ilgili öğrenciler;

- 1.1.Cisim üzerine etki eden kuvvetleri açıklar. (Comprehension)
  - 1.2.Cisim üzerine etki eden kuvvetleri etiketlendirir. (Comprehension)
  - 1.3.Serbest cisim diyagramı çizer. (Analysis)
  - 1.4.Kuvvetin vektörel olmasından kaynaklanan sonuçları tayin eder. (Knowledge)
  - 1.5.Bir cisme etki eden kuvvetlerin bileşkesini hesaplar.(Application)
- ##### 1. Net kuvvetin sıfır olduğu durumda cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;
- 2.1.Net kuvvet ile hız değişimi arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analysis)
  - 2.2.Limit hızı etki eden faktörleri ayırt eder. (Analysis)
  - 2.3.İki cismin hareketini birbirine göre yorumlar. (Comprehension)
  - 2.4.Hareketli bir ortamdaki cisimlerin hareketlerini farklı gözlem çevrelerine göre yorumlayıp problemler çözer. (Application)
- ##### 3. Net bir kuvvetin etkisindeki cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;
- 3.1. Net kuvvet ile cismin ivmesi ve kütlesi arasındaki bağıntıyı kullanarak problemler çözer. (Application)
  - 3.2.Net kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analysis)
  - 3.3. Cismin hareketi ile ivmesi arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analysis)
  - 3.4.Cismin hareketi ile cisme etki eden kuvvet arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analysis)

#### Objectives for the FMAT-II

##### 1. Net bir kuvvetin etkisindeki cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;

- 1.1.Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını ayırt eder (Analiz)
- 1.2. Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını yapar (Synthesis)
- 1.3.Verilen hareket durumunun metinsel açıklamasının kinematik grafiğini ayırt eder (analiz)
- 1.4.Bir hareket durum için verilen bir kinematik grafiğinden diğer kinematik grafiklerini çizer. (Synthesis)
- 1.5.Konum-zaman grafiğinden yararlanarak hızı hesaplar. (Application)
- 1.6.Hız- zaman grafiğinden yararlanarak toplam yer değiştirmeyi hesaplar.(Application)
- 1.7.Hız- zaman grafiğinden yararlanarak ivmeyi hesaplar.(Application)
- 1.8. Atış hareketlerinin düşeyde sabit ivmeli hareket ile yatayda sabit hızlı hareketlerin birleşimi olduğunu ifade eder.(Knowledge)
- 1.9.İki boyutlu hareketlerde yatay ve düşey boyut için konum-zaman, hız-zaman ve ivme- zaman grafiklerini çizer.(Analysis)
- 1.10. Atış hareketleri yapan cismin izlediği yolu seçer.(Knowledge)
- 1.11.İki boyuta sabit ivmeli hareketler ile ilgili problemler çözer.(Application)

##### 2. Her etkinin bir tepki doğurmasıyla ilgili olarak öğrenciler;

- 2.1. Etki tepki kuvvet çiftlerini günlük yaşamda olaylara uygular.(Application)
- 2.2. Etki tepki kuvvet çiftlerini kullanarak cisimlerin birbirine uyguladıkları kuvvetler hakkında karar verir.(Evaluation)
- 2.3.Etki tepki kuvvet çiftlerinin farklı cisimler üzerinde olduğuna karar verir (Evaluation)
- 2.4.Birden fazla cisimden oluşan sistemlerde sistemin ve cisimlerin ivmesini hesaplar.(Application)
- 2.5. Sistem içi kuvvetleri hesaplar.(Application)

##### 3.Cismin eylemsizliği ile ilgili olarak öğrenciler;

- 3.1.Eylemsizlik cismin durgun, sabit hızlı ve sabit ivmeli hareketinden bağımsız olduğunu ifade eder. (Knowledge)
- 3.2.Cismin eylemsizliğinin kütlesinin bir ölçüsü olduğunu ifade eder(knowledge)
- 3.3.Kuvvet ve eylemsizliğin farklı olduğu ayrimını yapar.(Knowledge)

## **APPENDIX B2**

### **THE FIRST VERSION OF THE FMAT-I**

#### **KUVVET VE HAREKET BAŞARI TESTİ**

**Adınız- Soyadınız:**

**Sınıfınız:**

**Cinsiyetiniz:**

**Kız**     **Erkek**

Sevgili öğrenciler,

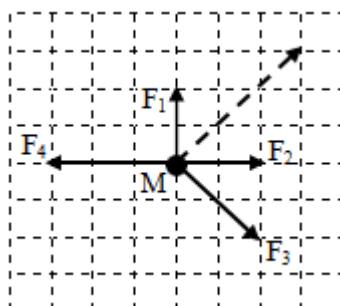
36 sorudan oluşan bu test, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu test 4 bölümden oluşmaktadır. Her bölümün başında verilen açıklamaları dikkatlice okuduktan sonra soruları cevaplayınız. Cevaplarınız gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Katkılarınız dolayı teşekkür ederiz.

## I. Bölüm

Bu bölüm 5çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soru için yalnızca bir şık işaretleyiniz. Yanlışlar doğru cevapları götürmeyecektir. Lütfen, tüm soruları cevaplayınız.

1.



M cismine şekildeki gibi  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  kuvvetleri etkimektedir.

**M cismine etki eden bileske kuvvet hangi yönindedir?**

- A)  $F_1$  yönünde
- B)  $F_2$  yönünde
- C)  $F_3$  yönünde
- D)  $F_4$  yönünde
- E) Kesikli okla belirtilen yönde

2. Bir kadın büyük bir kutuya sabit yatay bir kuvvet uyguluyor. Sonuç olarak, kutu yatay bir yüzey üzerinde sabit  $V_0$  hızıyla hareket ediyor.

**Kadın tarafından uygulanan sabit yatay kuvvet,**

- A) kutunun ağırlığı ile aynı büyüklüğündedir.
- B) kutunun ağırlığından büyüktür.
- C) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetle aynı büyüklüğündedir.
- D) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetten büyüktür.
- E) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetten veya kutunun ağırlığından büyüktür.

3. Suya göre hızı  $2v$  olan bir uçak gemisi ile bir yunus aynı yönde gidiyor. Geminin pistinde hareket eden bir motosikletli yunusu duruyor gibi görüyor.

**Yunusun suya göre hızı v olduğuna göre, motosikletin gemiye göre hızı nedir?**

- A) Gemile aynı yönde v
- B) Gemile aynı yönde  $2v$
- C) Gemile aynı yönde  $3v$
- D) Gemile zit yönde v
- E) Gemile zit yönde  $2v$

4. Bir araba maksimum  $3 \text{ m/s}^2$  lik bir ivmeye sahiptir. Bu araba kendisinin iki katı kütlesine sahip ikinci bir arabayı çektiği zaman, maksimum ivmesi ne olur?

- A)  $2,5 \text{ m/s}^2$
- B)  $2,0 \text{ m/s}^2$
- C)  $1,5 \text{ m/s}^2$
- D)  $1,0 \text{ m/s}^2$
- E)  $0,5 \text{ m/s}^2$

5. Bir çocuk çelik bir topu tam yukarıya doğru dik olarak atar. Topun, çocuğun elinden çıktıktan sonra en yüksek noktaya ulaşana kadar sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvet; aşağıya inerken ise, cisim dünyaya yaklaştıkça sürekli artan aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.

**Bu şartlarda topa etkiyen kuvvet(ler),**

- A) sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvetle birlikte aşağıya doğru bir yerçekimi kuvvetidir.
- B) çocuğun elinden çıktıktan sonra en yüksek noktaya ulaşana kadar sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvet; aşağıya inerken ise, cisim dünyaya yaklaştıkça sürekli artan aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- C) top en yüksek noktaya ulaşana kadar yukarı yönde sürekli azalan bir kuvvetle birlikte, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti; aşağıya inerken ise, sadece sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- D) sadece, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- E) yukarıdakilerden hiçbirini. Topun dünya üzerinde durma doğal eğilimi olduğu için top yere düşer.

## II. Bölüm

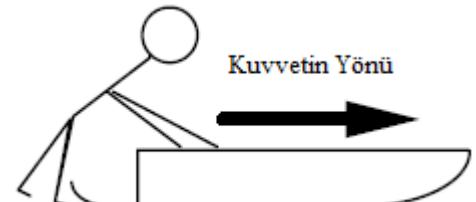
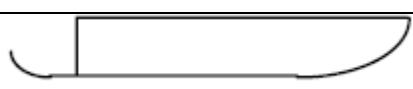
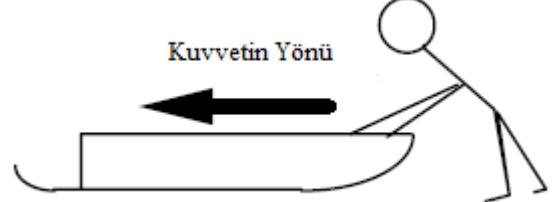
Bu bölüm, 13 adet eşleştirme sorusundan oluşmaktadır. Her soru için bir eşleştirme yapınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

### AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 6-12 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

Bir kızak, aşağıda **6**'dan **12**'ye kadar olan sorularda tanımlanan biçimlerde buz üzerinde hareket ediyor. *Sürtünme kuvveti ihmali ediniz*. Buz üzerinde kaymayan bir ayakkabı giyen bir kişi kızağı bir kuvvet uygulayabiliyor ve kızağı buz üzerinde itebiliyor.

Kızağın **6**'dan **12**'ye kadar olan her bir soruda tanımlanan **hareketini devam ettirecek bir** kuvveti (A'dan G'ye) seçiniz ve seçtiğiniz harfi sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmamayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir cevap seçiniz. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız J seçeneğini sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

|   |  |
|---|--|
| <br><b>Kuvvetin Yönü</b>   | A. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) artan bir kuvvet<br>B. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) sabit bir kuvvet<br>C. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) azalan bir kuvvet |
|                           | D. Kuvvet uygulamaya gerek yoktur.   |
| <br><b>Kuvvetin Yönü</b> | E. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) azalan bir kuvvet<br>F. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) sabit bir kuvvet<br>G. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) artan bir kuvvet |

- \_\_\_\_\_ 6. Hangi kuvvet kızağın saşa doğru ve sabit oranda hızlanan (sabit ivmeli) hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 7. Kızak saşa doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet kızağın saşa doğru sabit hızlı hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 8. Kızak saşa doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet onu sabit oranda (sabit ivme ile) yavaşlatır?  
\_\_\_\_\_ 9. Hangi kuvvet kızağın sola doğru ve sabit oranda hızlanan (sabit ivmeli) hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 10. Kızak durgun halden başlayarak ve saşa doğru sabit bir hızla ulaşıcaya kadar itiliyor. Hangi kuvvet kızağın bu sabit hızlı hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 11. Kızak sabit oranla (sabit ivme ile) yavaşlıyor ve kızağın ivmesi saşa doğrudur. Hangi kuvvet bu harekete neden olur?  
\_\_\_\_\_ 12. Kızak sola doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet kızağı sabit oranda (sabit ivme ile) yavaşlatır?

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 13-15. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

**13-15.** sorular yukarı doğru havaya fırlatılan metal para ile ilgilidir. Para fırlatıldıktan sonra yukarı doğru hareket ediyor, en yüksek noktaya çıkıyor ve tekrar aşağı düşüyor. Paranın **13-15** sorularında tanımlanan hareketinin her bir basamağındaki ivmesini belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini kullanınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız. *Hava direncinin etkisini ihmali ediniz. Yukarı yönü pozitif aşağı yönü negatif alınır.*

- A. İvme negatif yönde ve sabittir.
- B. İvme negatif yönde ve artıyor.
- C. İvme negatif yönde ve azalıyor.
- D. İvme sıfırdır
- E. İvme pozitif yönde ve sabittir.
- F. İvme pozitif yönde ve artıyor.
- G. İvme pozitif yönde ve azalıyor.

\_\_\_\_\_ **13.** Metal para fırlatıldıktan sonra yukarı yönde hareket ediyor iken.

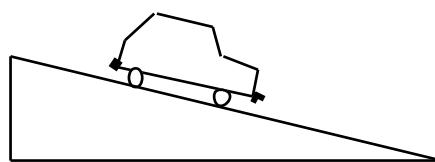
\_\_\_\_\_ **14.** Metal para en yüksek noktada iken.

\_\_\_\_\_ **15.** Metal para aşağı yönde hareket ediyor iken.

**AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 16-18 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

**16-18.** sorular, anlık bir itme uygulanarak bir eğik düzlemede yukarı doğru tırmanan oyuncak araba ile ilgilidir.

Araba anlık itme ile fırlatıldıktan sonra eğik düzleme tırmanıyor ve en yüksek noktaya çıkararak tekrar geriye dönüyor. *Sürtünme kuvveti ihmali edilemeyecek kadar kuçuktur.*



Aşağıda **16-18** sorularında tanımlanan her bir durumda arabaya etki eden net kuvveti belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini kullanınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız J seçeneğini sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

- A. Rampadan aşağı doğru sabit net kuvvet
- B. Rampadan aşağı doğru artan net kuvvet
- C. Rampadan aşağı doğru azalan net kuvvet
- D. Net kuvvet sıfır
- E. Rampadan yukarı doğru sabit net kuvvet
- F. Rampadan yukarı doğru artan net kuvvet
- G. Rampadan yukarı doğru azalan net kuvvet

\_\_\_\_\_ **16.** Araba fırlatıldıktan sonra rampanın yukarısına doğru hareket ediyor iken.

\_\_\_\_\_ **17.** Araba en yüksek noktada iken.

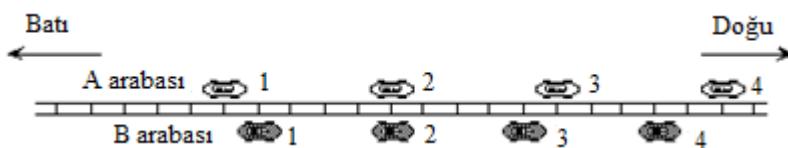
\_\_\_\_\_ **18.** Araba rampanın aşağısına doğru hareket ediyor iken.

### III. Bölüm

Bu bölüm 15açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Her soru için cevaplarınızı kısaca açıklayınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

#### AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 19-22 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

A ve B arabaları düz bir yol boyunca sabit bir hızla hareket ediyorlar. Aşağıda verilen diyagram arabaların eşit zaman aralıklarıyla ayrılmış 1-4 anlarındaki konumlarını göstermektedir.



A arabasında bulunan gözlemci B arabasının konumunu çeşitli zaman aralıklarında kaydediyor.

Aşağıda verilen anlarda, A arabasındaki gözlemci B arabasını:

19.  $t_1$ : (bir tanesini yuvarlak içine alınız) batiya hareket ediyor, doğuya hareket ediyor, duruyor olarak görür. Cevabınızı açıklayınız.

20.  $t_2$ : (bir tanesini yuvarlak içine alınız) batiya hareket ediyor, doğuya hareket ediyor, duruyor olarak görür. Cevabınızı açıklayınız.

21.  $t_3$ : (bir tanesini yuvarlak içine alınız) batiya hareket ediyor, doğuya hareket ediyor, duruyor olarak görür. Cevabınızı açıklayınız.

22. Yanda verilen vektör setlerinden hangisi A **abrasındaki gözlemciye göre B arabasının 1, 2 ve 3 anlarındaki hızını gösterir**. Yukarıdaki soruya verdığınız cevabı açıklayınız.

| 1 anı | 2 anı | 3 anı |
|-------|-------|-------|
| a)    | →     | 0     |
| b)    | ←     | 0     |
| c)    | →     | 0     |
| d)    | →     | →     |
| e)    | →     | →     |
| f)    | →     | →     |
| g)    | ←     | ←     |
| h)    | ←     | ←     |
| i)    | ←     | →     |

#### AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 23-25 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

Küçük bir çocuk olan Ahmet bir kuyunun yanında oynarken kuyunun içine düşer. Ahmet'i kuyudan çıkarmak için kurtarma ekipleri makaralı bir makineye bağlı bir ipi kuyuya sallarlar ve Ahmet bu ipi beline bağlar. Ahmet'in ağırlığı 250 N dur.

23. Ahmet yukarıya doğru sabit bir hızla çekilirken, ip yukarıya doğru 250 N dan büyük mü, küçük mü, yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

24. Ahmet'in ailesi bir an önce oğullarına kavuşmak istediklerinden kurtarma ekiplerinden makineyi hızlandırmalarını isterler. Makine, Ahmet'in hızı giderek artacak şekilde ipi çekmeye başlar. Bu durumda ip, yukarıya doğru 250 N dan büyük mü, küçük mü, yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

- 25.** Ahmet kuyunun başına yaklaşığı zaman, Ahmet'in hareketini durdurmak için, makine yavaşlatılır. Bu zaman aralığında ip yukarıya doğru 250 N dan büyük mü, küçük mü, yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

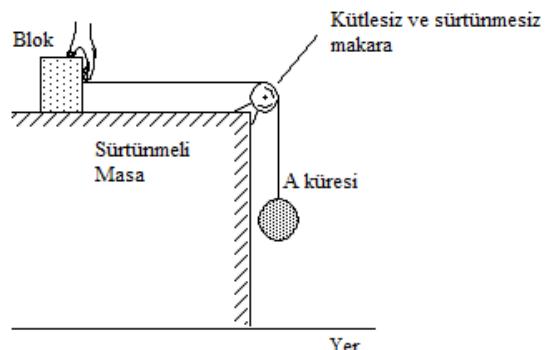
**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 26-28 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Bir blok ve bir A külesi şekildeki gibi bir iple sürütmemesiz bir makara üzerinde kayacak şekilde birbirine bağlanıyor ve bir el bloğu kaymaması için tutuyor.

İpin ağırlıksız ve esnemediğini varsayıyınız.

Blok ile masa arası sürütmelidir.

Hava direncini ihmal ediniz.



**Blok serbest bırakıldıkten hemen sonra**

- 26.** Blok üzerine etki eden kuvvetlerin adlarını yazıp, kısaca tanımlayınız. (Örneğin yerçekimi kuvveti “dünya tarafından bloğa uygulanan kuvvet” şeklinde tanımlanır.)

**27.** Blok üzerine etki eden kuvvetleri

- a) kuvvetin türü (örneğin yerçekimi kuvveti, sürüünme kuvveti, normal kuvvet),
  - b) Kuvvetin uygulandığı cisim,
  - c) Kuvveti uygulayan cisim,
- dikkate alarak etiketlendirin (sembollerle gösterin).

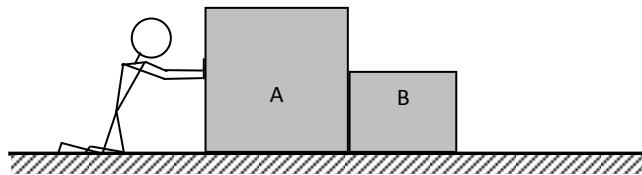
Örneğin, yerçekimi kuvveti (*dünya tarafından bloğa uyguladığı kuvvet*)  $W_{BE}$  şeklinde etkilendirilir.

- 28.** Etiketlendirdiğiniz kuvvetleri serbest cisim diyagramında gösteriniz.  
(*Serbest cisim diyagramı bir cisim üzerine etki eden tüm kuvvetlerin gösterildiği diyagramdır.*)

**BLOK**

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKİLİ 29-30 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

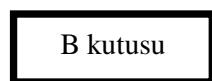
Bir çocuk içi dolu olan A ve B kutularını şekildeki gibi itiyor.



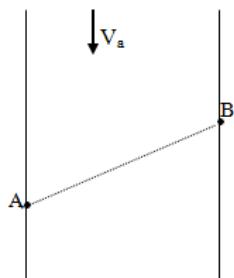
**29.** B kutusuna etki eden kuvvetleri

- a) kuvvetin türü (örneğin yerçekimi kuvveti, sürtünme kuvveti, normal kuvvet),
  - b) Kuvvetin uygulandığı cisim,
  - c) Kuvveti uygulayan cismi,
- dikkate alarak etiketlendirin(sembollerle gösterin).

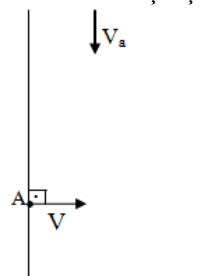
**30.** Etiketlendirdiğiniz kuvvetleri serbest cisim diyagramında gösteriniz.



**31.** Suya göre sabit bir hızı sahip olan bir motor A noktasından nehrin karşısındaki B noktasına gitmek için şekilde gibi bir yolu izliyor. Motorun B noktasına varma süresi nehir durgunken  $t_1$ , sabit bir  $V_a$  hızıyla akarken  $t_2$ ' dir. Buna göre  $t_1$  ve  $t_2$  sürelerini karşılaştırın.



**32.** İkinci bir motor şekilde görüldüğü gibi A noktasından sabit bir V hızıyla hareket ediyor. Motorun karşı kıyaya varma süresi nehir durgunken  $t_1$ , sabit bir  $V_a$  hızıyla akarken  $t_2$ ' dir. Buna göre  $t_1$  ve  $t_2$  sürelerini karşılaştırın.



**33.** Bir çocuk bir topu trenin zemininden trenin hareketine zit yönde yuvarlıyor. Tren 10 m/s lik hızla ilerlerken top 3s de 2m yol alıyor. 3s zaman aralığındaki topun yere yerdeğiştirmesi ne kadardır?

**IV. Bölüm**

*Bu bölüm 3 adet doğru yanlış sorudan oluşmaktadır. Doğru olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna (D), yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna ise (Y) yazınız.*

- 34.** Bazı durumlarda, bileske kuvvetin kendini oluşturan kuvvetlerden küçük olması kuvvetin vektör olmasından kaynaklanmaktadır. (.....)
- 35.** Aynı büyüklükte paraşütlerle aynı yükseklikten atlayan iki paraşütçüden ağır olan limit hızı daha erken ulaşır. (.....)
- 36.** Bir cisim üzerine birden fazla kuvvet etki ettiğinde cismin hareket durumunu belirlemek için kuvvetlerin her birinin büyüklüklerinin bilinmesi yeterlidir. (.....)

## **APPENDIX B3**

### **THE FIRST VERSION OF THE FMAT-II**

#### **KUVVET VE HAREKET BAŞARI TESTİ**

**Adınız- Soyadınız:**

**Sınıfınız:**

**Cinsiyetiniz:**

**Kız**     **Erkek**

Sevgili öğrenciler,

37 sorudan oluşan bu test, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu test 4 bölümden oluşmaktadır. Her bölümün başında verilen açıklamaları dikkatlice okuduktan sonra soruları cevaplayınız. Cevaplarınız gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.

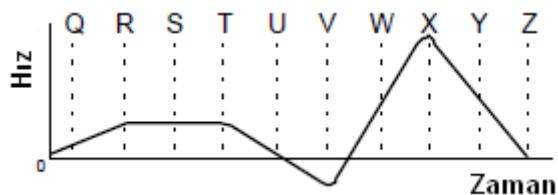
Katkılarınız dolayı teşekkür ederiz.

### I. Bölüm

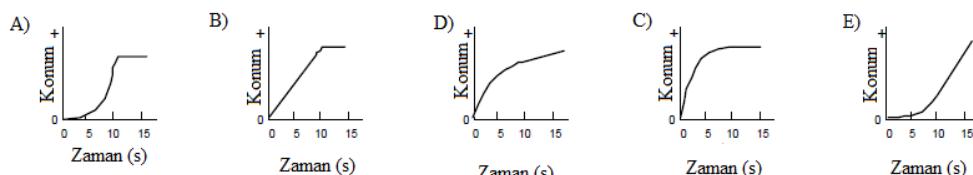
Bu bölüm 11 çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soru için yalnızca bir şık işaretleyiniz. Yanlışlar doğru cevapları götürmeyecektir. Lütfen, bütün sorulara cevap veriniz.

1. Aşağıda bir cismin hız -zaman grafiği verilmiştir. Hangi zaman aralığındaki **negatif ivme en** büyük degerdedir?

- A) R-T aralığında
- B) T-V aralığında
- C) V anında
- D) X anında
- E) X-Z aralığında

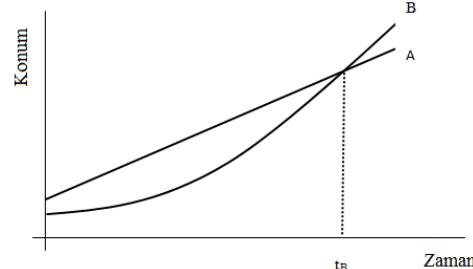


2. Bir cisim durgun halden harekete başlar ve on saniye boyunca sabit pozitif bir ivmeye hareket eder. Daha sonra sabit bir hızla hareketini sürdürür. **Aşağıdaki grafiklerden hangisi bu cismin konum-zaman grafiği olabilir?**



3. Paralel yollarda ilerleyen A ve B arabasının **konum - zaman** grafiği yanda verilmiştir. Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

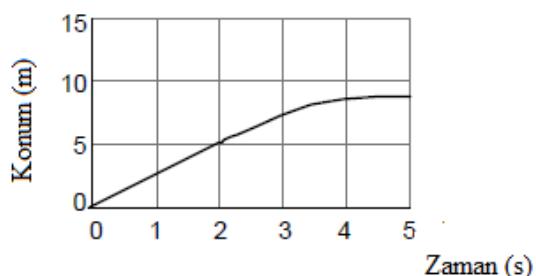
- I.  $t_B$  zamanında iki araba da aynı hızı sahiptir.
- II. Her iki araba da hızlanmaktadır.
- III. A ve B arabaları  $t_B$  zamanından önce herhangi bir anda aynı hızı sahip olurlar
- IV. Grafiğin belli bir noktasında her iki arabanın ivmesi birbirine eşit olur.



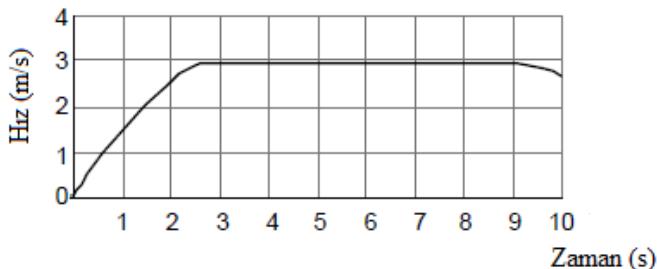
- A) Yalnız I
- B) Yalnız III
- C) I, II,
- III
- D) I, II, IV
- E) I, II, III, IV

4. Aşağıda bir cismin **konum -zaman** grafiği verilmiştir. Cismin 2. saniyedeki hızı kaç m/s 'dir?

- A) 0,4 m/s
- B) 2,0 m/s
- C) 2,5 m/s
- D) 5,0 m/s
- E) 10,0 m/s



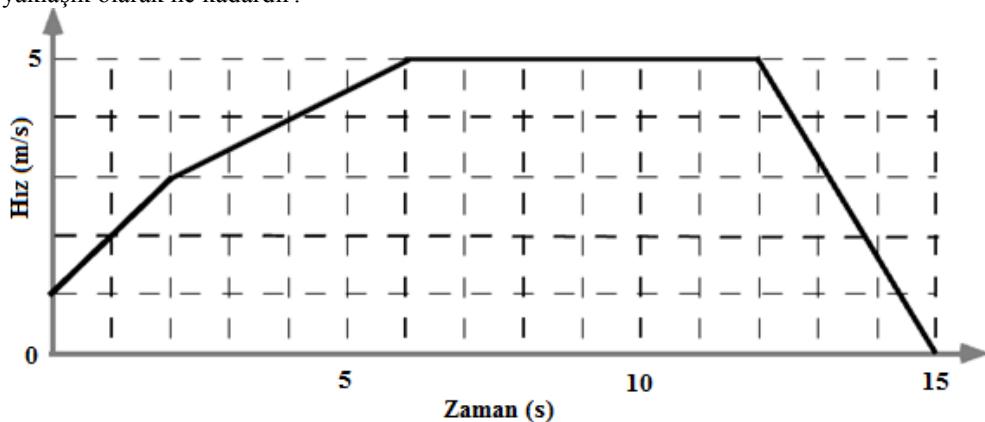
5. Bir cisim aşağıdaki grafiğe göre hareket etmektedir:



Buna göre,  $t=4$  s ile  $t=8$  s zaman aralığında cisim ne kadar **yer değiştirir**?

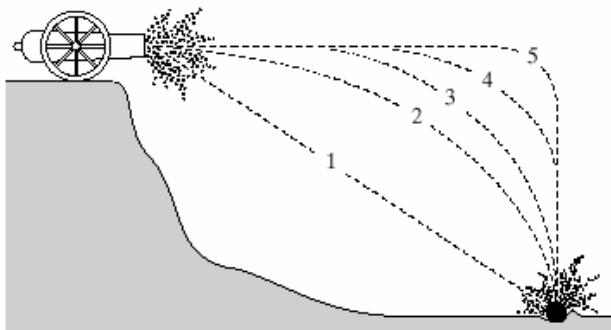
- A) 0,75 m    B) 3,0 m    C) 4,0 m    D) 8,0 m    E) 12,0 m

6. Aşağıda bir cismin **hız-zaman** grafiği verilmiştir. Cismin  $t=0$  ve  $t=6$  s arasındaki ortalama ivmesi yaklaşık olarak ne kadardır?



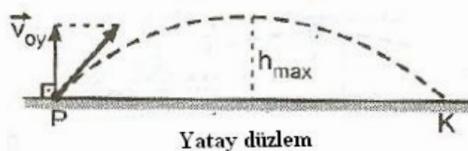
- A)  $3,0 \text{ m/s}^2$     B)  $1,5 \text{ m/s}^2$     C)  $0,83 \text{ m/s}^2$     D)  $0,67 \text{ m/s}^2$   
E) Soruyu cevaplamak için yeterli bilgi verilmemiştir.

7. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, bir tepenin kenarından bir top ateslenir. 1-5 yollarından hangisi, merminin/güllenin izleyeceği en yakın yoldur?



- A) 1    B) 2    C) 3    D) 4    E) 5

8.



Yerçekimi ivmesinin ( $g$ ) olduğu bir yerde, şekildeki gibi P noktasından eğik atılan bir top (t) sn sonra K noktasına düşüyor.

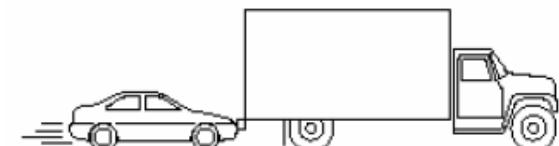
**Yalnız (g) ve (t) bilinenleriyle;**

- I.  $h_{\max}$  yüksekliği
- II.  $V_{0y}$  bileşenin büyüklüğü
- III. PK uzaklığı

**Niceliklerinden hangileri hesaplanabilir?**

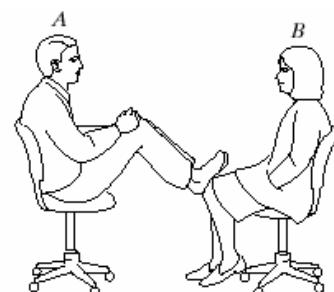
- A) Yalnız  $h_{\max}$
- B)  $V_{0y}$  ve PK
- C)  $h_{\max}$  ve PK
- D)  $h_{\max}$  ve  $V_{0y}$
- E)  $h_{\max}$ ,  $V_{0y}$  ve PK

9. Şekildeki gibi, büyük bir kamyon yolda bozulur ve küçük bir otomobil tarafından itilir. Hızını artırrarak, istenen yol hızına ulaşıcaya kadar otomobil kamyonu iterken,



- A) otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğe eşittir.
- B) otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden azdır.
- C) otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden fazladır.
- D) otomobilin motoru çalışmakta olduğu için kamyonu itmektedir, kamyonun motoru çalışmadığı için arabayı geri itmemektedir. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
- E) kamyon da otomobil de birbirlerine kuvvet uygulamamaktadır. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.

10. Yandaki şekilde A öğrencisi 75 kg ve B öğrencisi ise 57 kg kütlelidir. Birbirinin aynı ofis sandalyelerinde karşı karşıya oturmaktadırlar. A öğrencisi, şekildeki gibi, ayaklarını B öğrencisinin dizlerine koymuştur. Sonra A öğrencisi birden ayaklarıyla dışarıya doğru iterek, her iki sandalyenin de hareket etmesine neden olur.



İtme sırasında ve A'nın ayakları B'nin dizine hala dokunm时候, A'nın ayakları B'nin dizine hala dokunm时候,

- A) öğrenciler birbirlerine hiçbir kuvvet uygulamamaktadırlar.
- B) A öğrencisi B öğrencisi üzerine bir kuvvet uygulamakta, fakat B A'ya bir kuvvet uygulamamaktadır.
- C) her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat B daha büyük bir kuvvet uygular.
- D) her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat A daha büyük bir kuvvet uygular.
- E) her iki öğrenci de birbirleri üzerine eşit büyüklükte kuvvet uygulamaktadırlar.

11. Aşağıdaki cisimlerden hangisinin/ hangilerinin eylemsizliğinden bahsedilebilir?

- I. Duran bir arabanın
- II. Sabit hızla ilerleyen bir arabanın
- III. Sabit bir ivme ile hızlanan bir arabanın

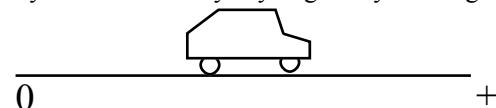
- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) II ve III
- E) I, II, ve III

## II. Bölüm

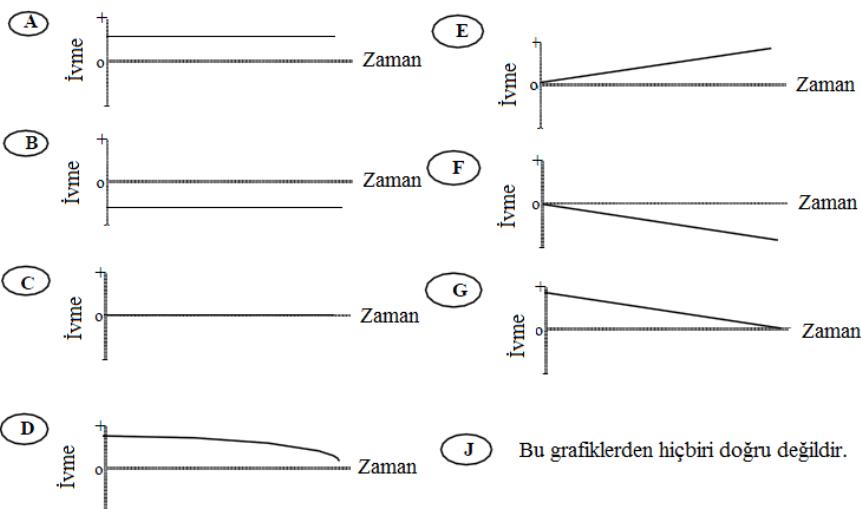
Bu bölüm, 10 eşleştirme sorusundan oluşmaktadır. Her soru için bir eşleştirme yapınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

### AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 12-16. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

Oyuncak bir araba yatay doğru boyunca sağa veya sola hareket edebiliyor. Pozitif yön sağa doğrudur.



Aşağıda arabanın farklı hareketleri tanımlanmıştır. Arabanın hareketi için **12-16** sorularında tanımlanan her bir duruma ait **ivme-zaman** grafiğini belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini kullanınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmaya bilirsiniz. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız.



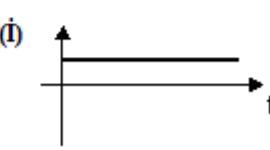
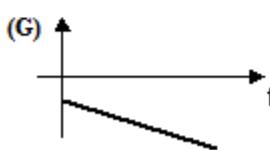
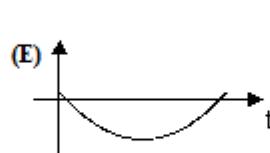
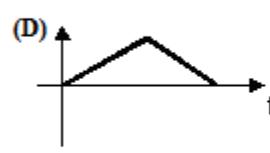
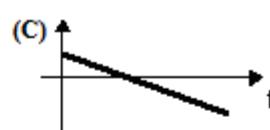
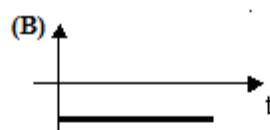
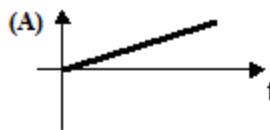
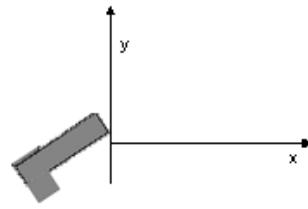
- \_\_\_\_\_ 12. Araba sağa doğru (orijinden uzaklaşarak) sabit oranda hızlanarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 13. Araba sağa doğru sabit oranda yavaşlayarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 14. Araba sola doğru (orijine doğru) sabit hızla hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 15. Araba sola doğru sabit oranda hızlanarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 16. Araba sağa doğru sabit hızla hareket ediyor.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 17-21 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ**

Plastik top fırlatan bir silah şekilde görüldüğü gibi belirli bir açı altında ateşleniyor. Hava sürünmesini ihmal ediniz.

Topun hareketi ile ilgili aşağıda grafikler verilmiştir. A'dan İ'ye kadar olan grafiklerin yatay ekseni zamanı gösterirken düşey eksenler belirtilmemiştir.

Merminin hareketi için 17-21 sorularında verilen her bir nicelikte ait grafiği belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan İ'ye) birini kullanınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız.



\_\_\_\_\_ 17. Düşey eksendeki konum

\_\_\_\_\_ 18. Hızın yatay bileşeni

\_\_\_\_\_ 19. Net kuvvet

\_\_\_\_\_ 20. Hızın düşey bileşeni

\_\_\_\_\_ 21. Yatay eksendeki konum

### III. Bölüm

Bu bölüm 13 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Her soru için cevaplarınızı kısaca açıklayınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

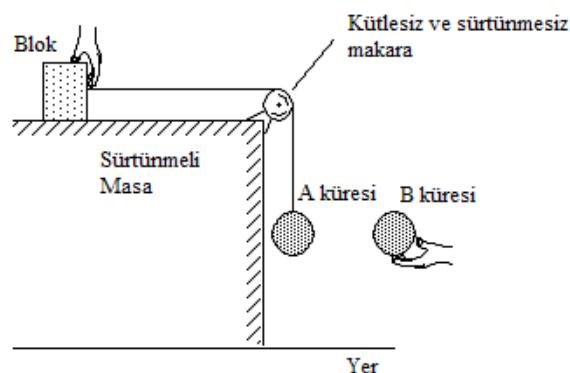
#### AŞAĞIDAKI AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 22-24 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ

Bir blok ve bir A külesi şekildeki gibi bir iple sürütmemesiz bir makara üzerinde kayacak şekilde birbirine bağlanıyor ve bir el bloğu kaymaması için tutuyor.

İpin ağırlıksız ve esnemediğini varsayıınız.

Blok ile masa arası sürütmelidir.

Hava direncini ihmal ediniz.



Blok serbest bırakıldığı anda A külesi ile özdeş olan B külesi de serbest bırakılıyor.

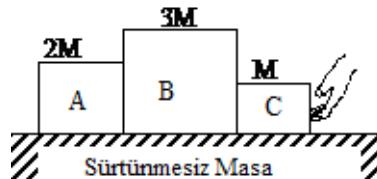
22. B külesi A küresinden önce mi, sonra mı, yoksa aynı anda mı yere çarpar? Cevabınızı açıklayınız.

23. Blok serbest bırakılmadan önce, ipteki gerilme kuvveti 10 N dur. Blok serbest bırakıldıktan sonra, ipteki gerilme kuvveti 10 N' dan büyük müdür, 10 N'dan küçük müdür, yoksa 10 N' a eşit midir? Cevabınızı açıklayınız.

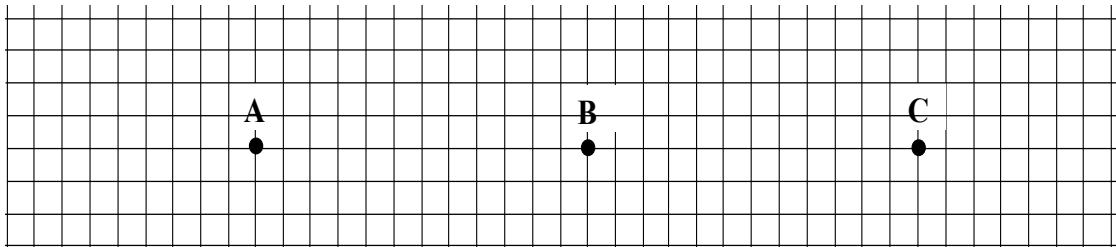
24. Şimdi deneyi **sürütmemesiz masa** üzerinde tekrarladığınızı düşününüz. Bu durumda B külesi A küresinden önce mi, sonra mı, yoksa aynı anda mı yere çarpar? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 25-27 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

A, B, C blokları sürtünmesiz bir masa boyunca sola doğru sabit bir kuvvetle itiliyor. A bloğu  $2M$ , B bloğu  $3M$  ve C bloğu  $M$  kütlesine sahiptir.



- 25.** Aşağıda verilen ölçekli alana her bir bloğa etki eden net kuvveti gösteren vektörleri çiziniz. Vektörleri, bloklara etki eden net kuvvetlerin birbirine göre büyüklüklerini ve yönlerini dikkat ederek çiziniz.



**26 ve 27. soruları cevaplarken B bloğunun kütlesinin iki katına çıkarıldığını, diğer blokların kütelerinin değiştirilmmediğini ve elin başlangıçtaki sabit kuvveti uyguladığını düşünerek cevaplayınız.**

- 26.** A bloğunun ivmesi B bloğunun kütlesi iki katına çıkarıldıktan sonra artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır? Cevabınızı açıklayınız.

- 27.** A bloğuna etki eden net kuvvet B bloğunun kütlesi iki katına çıkarıldıktan sonra artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 28-30 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Fatma mutfağın yerlerini sildikten sonra buzdolabını tekrar yerine itmeye çalışıyor. Aşağıda verilen her iki durum için Fatma'nın uyguladığı kuvvetin büyüklüğü buzdolabının Fatma'ya uyguladığı kuvvetten *büyük müdür, küçük müdür yoksa eşit midir?* Cevabınızı açıklayınız.

- 28.** Fatma buzdolabını itiyor, fakat buzdolabı kımıldamıyor.

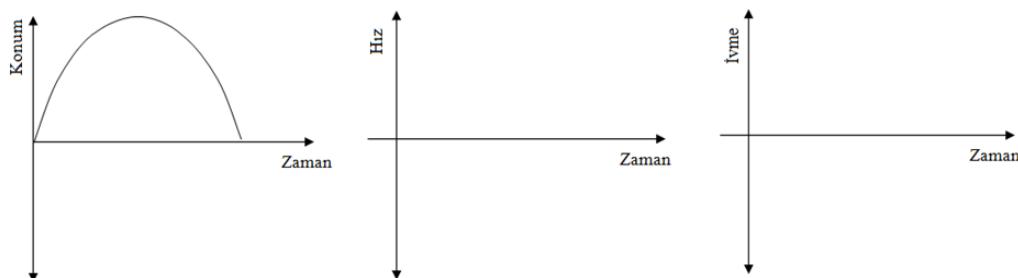
- 29.** Fatma bütün gücüyle ittikten sonra buzdolabı sabit hızla hareket etmeye başlıyor.

Fatma'nın arkadaşı Hatice bir tabure üzerinde oturarak Fatma'yı buzdolabını iterken seyrediyor ve Fatma'ya:

*Canlı varlıkların aksine cansız varlıklar dokundukları varlıklara her zaman kuvvet uygulamazlar. Üzerinde oturduğum tabureyi örnek olarak ele alalım. Eğer ben seni tabureyle ile itersem, tabure sana kuvvet uygular. Fakat ben taburenin üzerinde oturduğum zaman tabure bana kuvvet uygulamaz. Tabure sadece yer gibi benim düşmememi sağlar der.*

**30.** Hatice'nin düşüncelerine katılıyor musunuz? Açıklayınız.

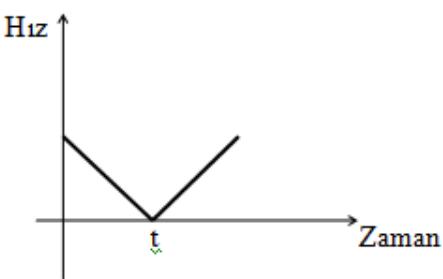
**31.** Mehmet evlerinin yakınındaki okula yürüken **konum- zaman** grafiği aşağıdaki gibi olan bir hareket yapıyor. Bu grafikten yararlanarak Mehmet'in hareketinin **hız-zaman** ve **ivme- zaman** grafiklerini çiziniz.



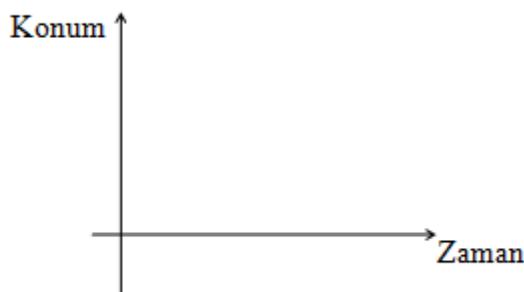
**AŞAĞIDAKI AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 32-33 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Hareketli bir arabanın hız- zaman grafiği şekildeki gibidir.

**32.** Araba t anında yön değiştirmiştir midir? Açıklayınız.



**33.** Hız zaman grafiğinden yararlanarak arabanın hareketinin konum zaman graphini çiziniz?



**34.** Ali, kestiği kütüğü iple çekerek yola çıkarırken, Newton'un 3. yasasının çekme olayında geçerli olup olmadığını düşünür. Ali , “*Newton'un 3. Yasasına göre ben kütüyü ne kadar kuvvetle çekersem kütükte beni o kadar kuvvetle geri çekecek ve zit yönlü bu kuvvetler birbirini yok edeceğinden kütüğün hareket etmemesi gereklidir. Kütük hareket ettiğine göre Newton'un 3. yasası burada geçerli değildir*” diye düşünür.

Ali'nin düşüncelerine katılıyor musunuz? Açıklayınız.

#### **IV. Bölüm**

*Bu bölüm 3 doğru yanlış sorudan oluşmaktadır. Doğru olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna (D), yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna ise (Y) yazınız.*

**35.** Eylemsizlik bir kuvvettir. (.....)

**36.** Bir cismin eylemsizliği kütlesi ile doğru orantılıdır. (.....)

**37.** Atış hareketleri yatayda sabit hızlı hareketle düşeyde sabit ivmeli hareketlerin birleşimidir. (.....)

## APPENDIX B4

### THE FIRST VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-I

|                    | <b>Knowledge</b>      | <b>Comprehension</b>                    | <b>Application</b>         | <b>Analysis</b>   | <b>Synthesis</b> | <b>Evaluation</b> | <b>Total</b>   |
|--------------------|-----------------------|---|----------------------------|---|------------------|-------------------|----------------|
| 1.Hareketin nedeni | <b>1.4</b><br>(34,36) | <b>1.1</b> (26),<br><b>1.2</b> (27,29), | <b>1.5</b> (1)             | <b>1.3</b> (28,30)  |                  |                   | <b>4</b> (8)   |
| 2.Net kuvvet=0     |                       | <b>2.3</b> (19,20,21,22)                | <b>2.4</b><br>(3,31,32,33) | <b>2.1</b> (2,7,10,23,24,25),<br><b>2.2</b> (35),                               |                  |                   | <b>4</b> (15)  |
| 3.Net kuvvet ≠0    |                       |   | <b>3.1</b> (4)             | <b>3.2</b> (6,8,9,11,12),<br><b>3.3</b> (13, 14, 15), <b>3.4</b> (5, 16,17,18), |                  |                   | <b>4</b> (13)  |
| <b>Total</b>       | <b>1</b> (2)          | <b>3</b> (7)                            | <b>3</b> (6)               | <b>6</b> (21)   |                  |                   | <b>13</b> (37) |

**Objectives are bold. Questions are in parenthesis**

## APPENDIX B5

### THE FIRST VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-II

|                 | <b>Knowledge</b>  | <b>Comprehension</b> | <b>Application</b>  | <b>Analysis</b>  | <b>Synthesis</b>                       | <b>Evaluation</b>                | <b>Total</b>   |
|-----------------|---|----------------------|---|--|--|----------------------------------|----------------|
| 3.Net kuvvet ≠0 | <b>1.8</b> (37),<br><b>1.10</b> (7),                    |                      | <b>1.5</b> (4), <b>1.6</b> (5),<br><b>1.7</b> (1,6),<br><b>1.11</b> (8)             | <b>1.1</b> (3,12, 13,<br>14,15,16),<br><b>1.3</b> (2), <b>1.9</b><br>(17, 18,<br>19,20,21) | <b>1.2</b> (32),<br><b>1.4</b> (31,33) |                                  | <b>11</b> (22) |
| 4.Etki-Tepki    |   |                      | <b>2.1</b> (28,29),<br><b>2.4</b> (9, 10, 22,<br>24,26), <b>2.5</b> (23,<br>25,27), |  |  | <b>2.2</b> (30), <b>2.3</b> (34) | <b>5</b> (12)  |
| 5.Eylemsizlik   | <b>3.1</b> (11),<br><b>3.2</b> (36),<br><b>3.3</b> (35) |                      |   |  |  |                                  | <b>3</b> (3)   |
| <b>Total</b>    | <b>5</b> (5)  |                      | <b>7</b> (15)   | <b>3</b> (12)  | <b>2</b> (3)                           | <b>2</b> (2)                     | <b>19</b> (37) |

**Objectives are bold. Questions are in parenthesis**

## **APPENDIX B6**

### **EVALUATION CRITERIA**

*Sayın öğretim görevlisi,  
Görüşlerinizi almak istedigimiz test, kuvvet ve hareket konusunda öğrencilerin başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Test ve kazanımlar hakkındaki görüşlerinizi aşağıdaki sorulara bağlı kalarak ve ilgili kazanımın ve sorunun numarasını yazarak belirtiniz. Katkılarınızdan dolayı teşekkür ederim.*

1. Kazanım ile soru uyumlu mu?
  
  
  
  
  
2. Kazanımın Bloom Taksonomisindeki yerı doğru verilmiş mi?
  
  
  
  
  
3. Soru 10. sınıf öğrencilerinin seviyesine uygun mu?
  
  
  
  
  
4. Farklı olarak eklemek istediğiniz düşünceleriniz;

## **APPENDIX C1**

### **THE SECOND VERSION OF THE OBJECTIVE LIST FOR THE FMAT-I**

#### **Kazanımlar**

##### **1. Hareketin nedeni ile ilgili öğrenciler;**

- 1.1.Cisim üzerine etki eden kuvvetleri açıklar. (Kavrama)
- 1.2.Cisim üzerine etki eden kuvvetleri etiketlendirir. (Kavrama)
- 1.3.Serbest cisim diyagramı çizer. (Kavrama)
- 1.4.Kuvvetin vektör olma özelliğini kaynaklanan sonuçları tayin eder. (Bilgi)
- 1.5.Bir cisme etki eden kuvvetlerin bileşkesini hesaplar.(Uygulama)

##### **2. Net kuvvetin sıfır olduğu durumda cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;**

- 2.1.Net kuvvet ile hız değişimi arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)
- 2.2.Cisinin limit hız ile kütle arasında ilişki kurar. (Kavrama)
- 2.3.İki cismin hareketini birbirine göre yorumlar. (Sentez)
- 2.4.Hareketli bir ortamındaki cisimlerin hareketlerini farklı gözlem çerçevelerine göre yorumlayıp problemler çözer. (Uygulama)

##### **3. Net bir kuvvetin etkisindeki cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;**

- 3.1. Net kuvvet ile cismin ivmesi ve kütlesi arasındaki bağıntıyı kullanarak problemler çözer. (Uygulama)
- 3.2.Net kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)
- 3.3. Cisinin hareketi ile ivmesi arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)
- 3.4.Cisinin hareketi ile cisme etki eden kuvvet arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)

## **APPENDIX C2**

### **THE SECOND VERSION OF THE FMAT-I USED IN THE PILOT STUDY**

#### **KUVVET VE HAREKET BAŞARI TESTİ**

**Adınız- Soyadınız:**

**Sınıfınız:**

**Cinsiyetiniz:**

**Kız**     **Erkek**

Sevgili öğrenciler,

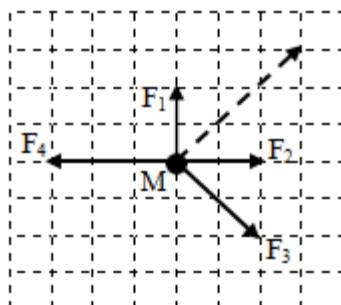
36 sorudan oluşan bu test, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu test 4 bölümden oluşmaktadır. Her bölümün başında verilen açıklamaları dikkatlice okuduktan sonra soruları cevaplayınız. Cevaplarınız gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Katkılarınız dolayısı teşşekkür ederiz.

## I. Bölüm

Bu bölüm 5 adet çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soru için yalnızca bir şık işaretleyiniz. Yanlışlar doğru cevapları götürmeyecektir. Lütfen, tüm soruları cevaplayınız.

1.



M cismine şekildeki gibi  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  kuvvetleri etkimektedir.

**M cismine etki eden bileşke kuvvet hangi yöndedir?**

- A)  $F_1$  yönünde
- B)  $F_2$  yönünde
- C)  $F_3$  yönünde
- D)  $F_4$  yönünde
- E) Kesikli okla belirtilen yönde

2. Bir kadın büyük bir kutuya sabit yatay bir kuvvet uyguluyor. Sonuç olarak, kutu yatay bir yüzey üzerinde sabit  $V_0$  hızıyla hareket ediyor.

**Kadın tarafından uygulanan sabit yatay kuvvet,**

- A) kutunun ağırlığı ile aynı büyüklüğtedir.
- B) kutunun ağırlığından büyütür.
- C) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetle aynı büyüklüğtedir.
- D) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetten büyütür.
- E) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetten veya kutunun ağırlığından büyütür.

3. Suya göre hızı  $2v$  olan bir gemi ile bir yunus aynı yönde gidiyor. Geminin pistinde hareket eden bir motosikletli yunusu **duruyor gibi** görüyor.

**Yunusun suya göre hızı v olduğuna göre, motosikletin gemiye göre hızı nedir?**

- A) Gemile aynı yönde v
- B) Gemile aynı yönde  $2v$
- C) Gemile aynı yönde  $3v$
- D) Gemile zit yönde v
- E) Gemile zit yönde  $2v$

4. Bir araba maksimum  $3 \text{ m/s}^2$  lik bir ivmeye sahiptir. Bu araba kendisinin iki katı kütlesine sahip ikinci bir arabayı çektiği zaman, maksimum ivmesi ne olur?

- A)  $2,5 \text{ m/s}^2$
- B)  $2,0 \text{ m/s}^2$
- C)  $1,5 \text{ m/s}^2$
- D)  $1,0 \text{ m/s}^2$
- E)  $0,5 \text{ m/s}^2$

5. Bir çocuk çelik bir topu tam yukarıya doğru dik olarak atar. Topun, çocuğun elinden çıktıktan sonra en yüksek noktaya ulaşana kadar sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvet; aşağıya inerken ise, cisim dünyaya yaklaşıkça sürekli artan aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.

**Bu şartlarda topa etkiyen kuvvet(ler) aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvetle birlikte aşağıya doğru bir yerçekimi kuvvetidir.
- B) Çocuğun elinden çıktıktan sonra en yüksek noktaya ulaşana kadar sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvet; aşağıya inerken ise, cisim dünyaya yaklaşıkça sürekli artan aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- C) Top en yüksek noktaya ulaşana kadar yukarı yönde sürekli azalan bir kuvvetle birlikte, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti; aşağıya inerken ise, sadece sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- D) Sadece, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- E) Yukarıdakilerden hiçbir. Topun dünya üzerinde durma doğal eğilimi olduğu için top yere düşer.

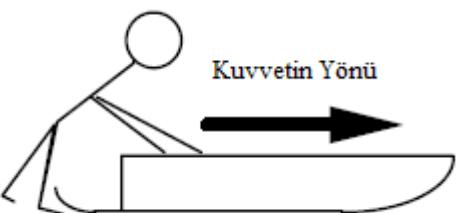
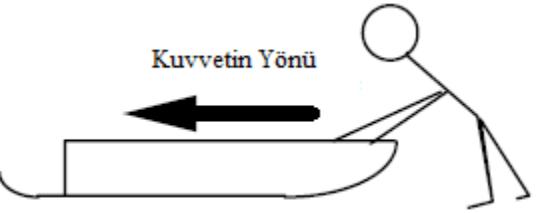
## II. Bölüm

Bu bölüm, 13 adet eşleştirme sorusundan oluşmaktadır. Her soru için bir eşleştirme yapınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

### AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 6-12 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

Aşağıdaki şekiller buz üzerinde kaymayan bir ayakkabı giyen bir kişinin bir kıracağı sağa doğru kuvvet uygulaması, hiçbir kuvvet uygulamaması ve sola doğru kuvvet uygulaması durumları için seçenekler sunmaktadır (A'dan G'ye kadar). Hemen altında ise 6'dan 12'ye kadar sorularda bazı hareket durumları verilmiştir. Kırlığın her bir soruda tanımlanan **hareketini devam ettirecek bir kuvveti** (A'dan G'ye) seçiniz ve seçtiğiniz harfi sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir seçenek yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbiriin doğru olmadığını düşünüyorsanız J seçeneğini sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Sürtünme kuvvetini ihmal ediniz.

|  |  |
|--|--|
|   | A. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) artan bir kuvvet<br>B. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) sabit bir kuvvet<br>C. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) azalan bir kuvvet |
|   | D. Kuvvet uygulamaya gerek yoktur.   |
|  | E. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) azalan bir kuvvet<br>F. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) sabit bir kuvvet<br>G. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) artan bir kuvvet |

- \_\_\_\_\_ 6. Hangi kuvvet kırığın saşa doğru ve düzgün hızlanan (sabit ivmeli) hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 7. Kızak saşa doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet kırığın saşa doğru sabit hızlı hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 8. Kızak saşa doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet onu düzgün (sabit ivme ile) yavaşlatır?  
\_\_\_\_\_ 9. Hangi kuvvet kırığın sola doğru ve düzgün hızlanan (sabit ivmeli) hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 10. Kızak durgun halden başlayarak ve saşa doğru sabit bir hızla ulaşıcaya kadar itiliyor. Hangi kuvvet kırığın bu sabit hızlı hareketini **devam ettirir**?  
\_\_\_\_\_ 11. Kızak düzgün (sabit ivme ile) yavaşlıyor ve kırığın ivmesi saşa doğrudur. Hangi kuvvet bu harekete neden olur?  
\_\_\_\_\_ 12. Kızak sola doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet kırığı düzgün (sabit ivme ile) yavaşlatır?

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 13-15. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

13-15. sorular yukarı doğru havaya fırlatılan metal para ile ilgilidir. Para fırlatıldıktan sonra yukarı doğru hareket ediyor, en yüksek noktaya çıkıyor ve tekrar aşağı düşüyor. Paranın 13-15 sorularında tanımlanan hareketinin her bir basamağındaki ivmesini belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini seçiniz ve sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir seçenek yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız. Yukarı yönü pozitif aşağı yönü negatif alınız. Havanın sürtünme kuvvetini ihmali ediniz.

- A. İvme negatif yönde ve sabittir.
- B. İvme negatif yönde ve artıyor.
- C. İvme negatif yönde ve azalıyor.
- D. İvme sıfırdır
- E. İvme pozitif yönde ve sabittir.
- F. İvme pozitif yönde ve artıyor.
- G. İvme pozitif yönde ve azalıyor.

\_\_\_\_\_ 13. Metal para fırlatıldıktan sonra yukarı yönde hareket ediyor iken.

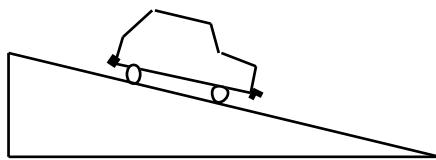
\_\_\_\_\_ 14. Metal para en yüksek noktada iken.

\_\_\_\_\_ 15. Metal para aşağı yönde hareket ediyor iken.

**AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 16-18 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

16-18. sorular, anlık bir itme uygulanarak bir eğik düzlemede yukarı doğru tırmanan oyuncak araba ile ilgilidir.

Araba anlık itme ile fırlatıldıktan sonra eğik düzleme tırmanıyor ve en yüksek noktaya çıkarak tekrar geriye dönüyor. Sürtünme kuvvetini ihmali ediniz.



Aşağıda 16-18 sorularında tanımlanan her bir durumda arabaya etki eden net kuvveti belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini seçiniz ve sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir seçenek yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız J seçeneğini sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

- A. Rampadan aşağı doğru sabit net kuvvet
- B. Rampadan aşağı doğru artan net kuvvet
- C. Rampadan aşağı doğru azalan net kuvvet
- D. Net kuvvet sıfır
- E. Rampadan yukarı doğru sabit net kuvvet
- F. Rampadan yukarı doğru artan net kuvvet
- G. Rampadan yukarı doğru azalan net kuvvet

\_\_\_\_\_ 16. Araba fırlatıldıktan sonra rampanın yukarısına doğru hareket ediyor iken.

\_\_\_\_\_ 17. Araba en yüksek noktada iken.

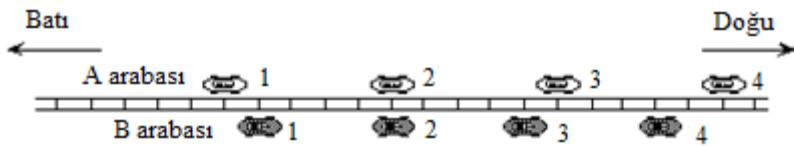
\_\_\_\_\_ 18. Araba rampanın aşağısına doğru hareket ediyor iken.

### III. Bölüm

Bu bölüm 15 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Her soru için cevaplarınızı kısaca açıklayınız.  
Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

#### AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 19-22 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

A ve B arabaları düz bir yol boyunca sabit bir hızla hareket ediyorlar. Aşağıda verilen diyagram arabaların eşit zaman aralıklarıyla ayrılmış **1-4** anlarındaki konumlarını göstermektedir.



19. A arabasındaki gözlemci B arabasını **1** anında batiya mı hareket ediyor, doğuya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.

20. A arabasındaki gözlemci B arabasını **2** anında batiya mı hareket ediyor, doğuya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.

21. A arabasındaki gözlemci B arabasını **3** anında batiya mı hareket ediyor, doğuya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.

22. Yanda verilen vektör setlerinden hangisi A **abrasındaki gözlemciye göre B arabasının 1, 2 ve 3 anlarındaki hızını gösterir?** (Hız vektörlerinin büyüklüğünü de dikkate alınır.)

Yukarıdaki soruya verdığınız cevabı açıklayınız.

|    | 1 anı | 2 anı | 3 anı |
|----|-------|-------|-------|
| a) | →     | 0     | →     |
| b) | ←     | 0     | ←     |
| c) | →     | 0     | ←     |
| d) | →     | →     | →     |
| e) | →     | →     | →     |
| f) | →     | →     | →     |
| g) | ←     | ←     | ←     |
| h) | ←     | ←     | ←     |
| i) | ←     | ←     | ←     |

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 23-25 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Küçük bir çocuk olan Ahmet bir kuyunun yanında oynarken kuyunun içine düşer. Ahmet'i kuyudan çıkarmak için kurtarma ekipleri bir makineye bağlı bir ipi kuyuya sallarlar ve Ahmet bu ipi beline bağlar. Ahmet'in ağırlığı 250 N dur.

**23.** Ahmet yukarıya doğru sabit bir hızla çekilirken, ip yukarıya doğru 250 N dan büyük mü, küçük mü yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

**24.** Ahmet'in ailesi bir an önce oğullarına kavuşmak istediklerinden kurtarma ekiplerinden makineyi hızlandırmalarını isterler. Makine, Ahmet'in hızı giderek artacak şekilde ipi çekmeye başlar. Bu durumda ip, yukarıya doğru 250 N dan büyük mü, küçük mü, yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

**25.** Ahmet kuyunun başına yaklaştığı zaman, Ahmet'in hareketini durdurmak için, makine yavaşlatılır. Bu zaman aralığında ip yukarıya doğru 250 N dan büyük mü, küçük mü, yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 26-28 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

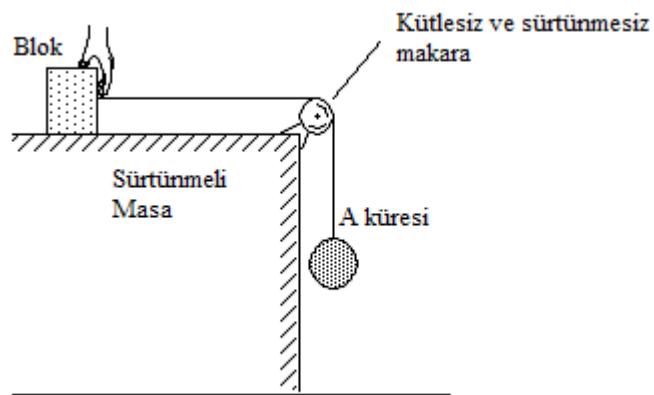
Bir blok ve bir A külesi şekildeki gibi bir iple sürtünmesiz bir makara üzerinde kayacak şekilde birbirine bağlanıyor ve bir el bloğu kaymaması için tutuyor.

İpin ağırlıksız ve esnemediğini varsayıyın.

Blok ile masa arası sürtünmelidir.

Havanın sürtünme kuvvetini ihmal ediniz.

***El bloğu serbest bırakıktan hemen sonra***



**26.** Blok üzerine etki eden kuvvetlerin adlarını yazıp, kısaca tanımlayınız.

*Örneğin yerçekimi kuvveti "dünya tarafından bloğa uygulanan kuvvet" şeklinde tanımlanır.*

**27.** Blok üzerine etki eden tüm kuvvetleri

a) kuvvetin türü (*örneğin yerçekimi kuvveti, sürtünme kuvveti, normal kuvvet*),

b) Kuvvetin uygulandığı cisim ve

c) Kuvveti uygulayan cisim,  
dikkate alarak etiketlendirin (harflerle gösteriniz).

*Örneğin, B cisminin A cismine uyguladığı kuvvet  $F_{AB}$  şeklinde etiketlendirilebilir. Bloğa etki eden yerçekimi kuvveti yani dünya tarafından bloğa uygulanan kuvvet de  $G_{BD}$  şeklinde etiketlendirilebilir.*

**28.** Etiketlendirdiğiniz kuvvetleri aşağıda blok üzerinde gösteriniz.



**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 29-30 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

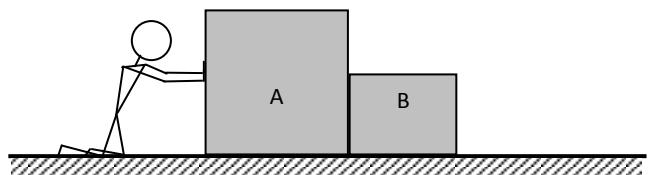
Bir çocuk içi dolu olan A ve B kutularını şekildeki gibi itiyor.

**29.** B kutusuna etki eden tüm kuvvetleri  
a) kuvvetin türü (*örneğin yerçekimi kuvveti, sürütünme kuvveti, normal kuvvet*),

- b) Kuvvetin uygulandığı cisim ve  
c) Kuvveti uygulayan cismi,

dikkate alarak etiketlendirin (harflerle gösteriniz).

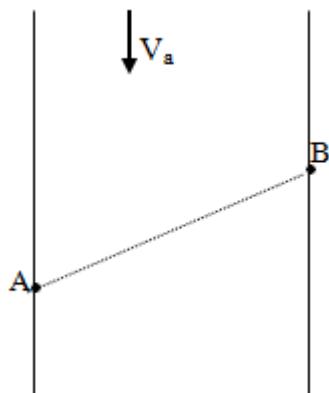
*Örneğin, B cisminin A cismine uyguladığı kuvvet  $F_{AB}$  şeklinde etiketlendirilebilir.*



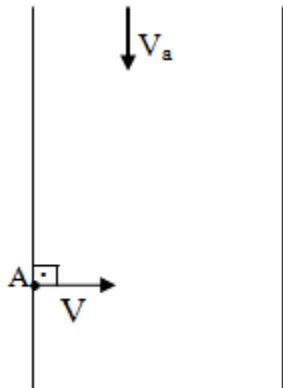
**30.** Etiketlendirdiğiniz kuvvetleri aşağıda B kutusu üzerinde gösteriniz.



**31.** Suya göre sabit bir hızza sahip olan bir motor A noktasından nehrin karşısındaki B noktasına gitmek için şekilde gibi bir yolu izliyor. Motorun B noktasına varma süresi, nehir durgunken  $t_1$ , sabit bir  $V_a$  hızıyla akarken  $t_2$ ' dir. Buna göre  $t_1$  ve  $t_2$  sürelerini karşılaştırın. Cevabınızı açıklayınız.



**32.** İkinci bir motor şekilde görüldüğü gibi A noktasından sabit bir V hızıyla hareket ediyor. Motorun karşı kıyaya varma süresi nehir durgunken  $t_1$ , sabit bir  $V_a$  hızıyla akarken  $t_2$ ' dir. Buna göre  $t_1$  ve  $t_2$  sürelerini karşılaştırın. Cevabınızı açıklayınız.



**33.** Bir çocuk bir topu trenin zemininden trenin hareketine zit yönde yuvarlıyor. Tren 10 m/s lik hızla ilerlerken top 3s de 2m yol alıyor. 3s zaman aralığındaki topun yere göre yerdeğiştirmesi ne kadardır?

#### IV. Bölüm

Bu bölüm 3 adet doğru yanlış sorudan oluşmaktadır. Doğru olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna (D), yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna ise (Y) yazınız.

**34.** Bazı durumlarda, bileşke kuvvetin kendini oluşturan kuvvetlerden küçük olması kuvvetin vektör olmasından kaynaklanmaktadır. (.....)

**35.** Aynı büyüklükte paraşütlerle aynı yükseklikten atlayan iki paraşütüden ağır olan limit hızda daha erken ulaşır. (.....)

**36.** Bir cisim üzerine birden fazla kuvvet etki ettiğinde cismin hareket durumunu belirlemek için kuvvetlerin her birinin büyüklüklerinin bilinmesi yeterlidir. (.....)

### APPENDIX C3

#### THE SECOND VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-II

|                 | <b>Knowledge</b>                     | <b>Comprehension</b>            | <b>Application</b>  | <b>Analysis</b>   | <b>Synthesis</b>                       | <b>Evaluation</b>                   | <b>Total %</b>                 |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------|---|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1.Net kuvvet ≠0 | <b>1.8</b> (37)                      | <b>1.10</b> (7)                 | <b>1.5</b> (4),<br><b>1.6</b> (5),<br><b>1.7</b> (1,6),<br><b>1.11</b> (8)    | <b>1.1</b> (3)<br><b>1.3</b> (2,12, 13, 14,15,16),<br><b>1.9</b> (17, 18, 19,20,21) | <b>1.2</b> (32),<br><b>1.4</b> (31,33) |                                     | <b>11</b> (22)<br>57.89(59.46) |
| 2.Etki-Tepki    |                                      |                                 | <b>2.1</b> (9, 10, 28,29), <b>2.4</b> (22, 24,26),<br><b>2.5</b> (23, 25,27), |   |  | <b>2.2</b> (30),<br><b>2.3</b> (34) | <b>5</b> (12)<br>26.31(32.43)  |
| 3.Eylemsizlik   | <b>3.1</b> (11),<br><b>3.2</b> (36), | <b>3.3</b> (35)                 |   |   |  |                                     | <b>3</b> (3)<br>15.79(8.11)    |
| <b>Total %</b>  | <b>3</b> (3)<br>15.79(8.11)          | <b>2</b> (2)<br>10.53<br>(5.41) | <b>7</b> (15)<br>36.84(40.54)   | <b>3</b> (12)<br>15.79(32.43)   | <b>2</b> (3)<br>10.53(8.11)            | <b>2</b> (2)<br>10.53(5.41)         | <b>19</b> (37)<br>100(100)     |

**Objectives are bold. Questions are in parenthesis**

## APPENDIX C4

### THE SECOND VERSION OF THE OBJECTIVE LIST FOR THE FMAT-II

#### Kazanımlar

##### **1. Net bir kuvvetin etkisindeki cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;**

- 1.1.Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını ayırt eder (Analiz)
- 1.2.Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını yapar (Sentez)
- 1.3.Verilen hareket durumunun metinsel açıklamasının kinematik grafiğini ayırt eder (Analiz)
- 1.4.Bir hareket durum için verilen bir kinematik grafiğinden diğer kinematik grafiklerini çizer. (Sentez)
- 1.5.Konum-zaman grafiğinden yararlanarak hızı hesaplar. (Uygulama)
- 1.6.Hız- zaman grafiğinden yararlanarak toplam yer değiştirmeyi hesaplar.(Uygulama)
- 1.7.Hız- zaman grafiğinden yararlanarak ivmeyi hesaplar.(Uygulama)
- 1.8. Atış hareketlerinin düşeyde sabit ivmeli hareket ile yatayda sabit hızlı hareketlerin bir birleşimi olduğunu ifade eder.(Bilgi)
- 1.9.İki boyutlu hareketlerde yatay ve düşey boyut için konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çizer.(Analiz)
- 1.10. Atış hareketleri yapan cismin izlediği yolu seçer.(Kavrama)
- 1.11.İki boyutta sabit ivmeli hareketler ile ilgili problemler çözer.(Uygulama)

##### **2. Her etkinin bir tepki doğurmasıyla ilgili olarak öğrenciler;**

- 2.1. Etki tepki kuvvet çiftlerini günlük yaşamındaki olaylara uygular.(Uygulama)
- 2.2. Etki tepki kuvvet çiftlerini kullanarak cisimlerin birbirine uyguladıkları kuvvetler hakkında karar verir.(Değerlendirme)
- 2.3.Etki tepki kuvvet çiftlerinin farklı cisimler üzerinde olduğuna karar verir (Değerlendirme)
- 2.4.Birden fazla cisimden oluşan sistemlerde sistemin ve cisimlerin ivmesini hesaplar.(Uygulama)
- 2.5. Sistem içi kuvvetleri hesaplar.(Uygulama)

##### **3.Cisin eylemsizliği ile ilgili olarak öğrenciler;**

- 3.1.Eylemsizliği cismin durgun, sabit hızlı ve sabit ivmeli hareketinden bağımsız olduğunu ifade eder. (Bilgi)
- 3.2.Cisin eylemsizliğinin kütlesinin bir ölçüsü olduğunu ifade eder. (Bilgi)
- 3.3.Kuvvet ve eylemsizliğin farklı olduğu ayrimını yapar.(Kavrama)

## **APPENDIX C5**

### **THE SECOND VERSION OF THE FMAT-II USED IN THE PILOT STUDY**

#### **KUVVET VE HAREKET BAŞARI TESTİ**

**Adınız- Soyadınız:**

**Sınıfınız:**

**Cinsiyetiniz:**

**Kız**     **Erkek**

Sevgili öğrenciler,

37 sorudan oluşan bu test, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu test 4 bölümden oluşmaktadır. Her bölümün başında verilen açıklamaları dikkatlice okuduktan sonra soruları cevaplayınız. Cevaplarınız gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.

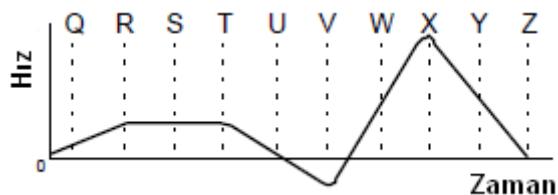
Katkılarınız dolayısı teşşekkür ederiz.

### I. Bölüm

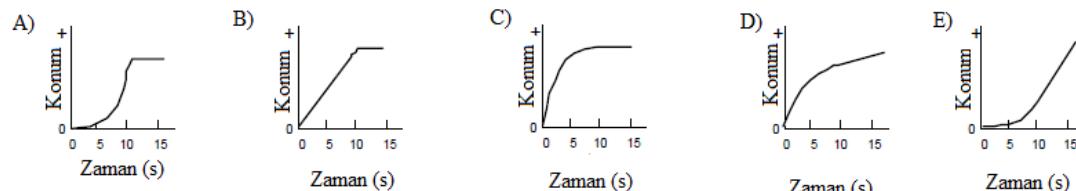
Bu bölüm 11 adet çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soru için yalnızca bir şık işaretleyiniz. Yanlışlar doğru cevapları götürmeyecektir. Lütfen, tüm soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda bir cismin hız -zaman grafiği verilmiştir. Hangi zaman aralığındaki **negatif ivme en** büyük degerdedir?

- A) R-T aralığında
- B) T-V aralığında
- C) V anında
- D) X anında
- E) X-Z aralığında

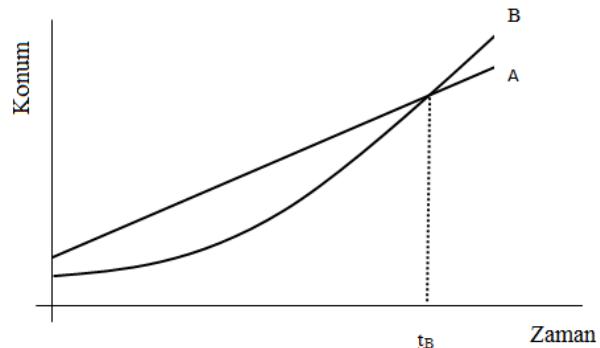


2. Bir cisim durgun halden harekete başlar ve 10 saniye boyunca sabit pozitif bir ivmeye hareket eder. Daha sonra sabit bir hızla hareketini sürdürür. **Aşağıdaki grafiklerden hangisi bu cismin konum-zaman grafiği olabilir?**



3. Paralel yollarda ilerleyen A ve B arabasının **konum-zaman** grafiği yanda verilmiştir. Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

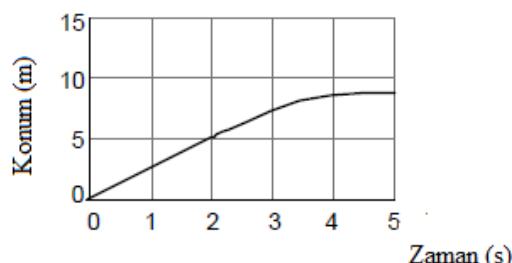
- I.  $t_B$  zamanında iki araba da aynı hızda sahiptir.
- II. Her iki araba da hızlanmaktadır.
- III. A ve B arabaları  $t_B$  zamanından önce herhangi bir anda aynı hızda sahip olurlar.
- IV. Grafiğin belli bir noktasında her iki arabanın ivmesi birbirine eşit olur.



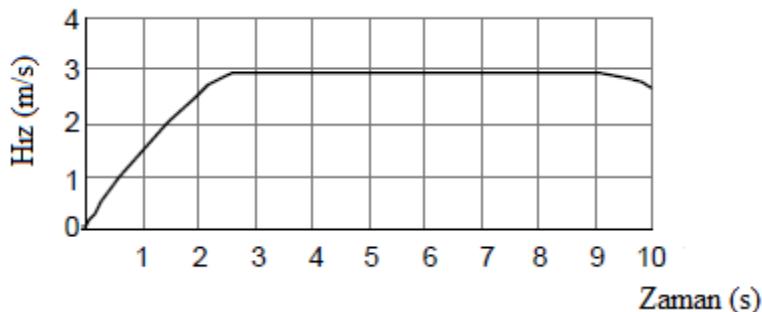
- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I, II, III D) I, II, IV E) I, II, III, IV

4. Aşağıda bir cismin **konum-zaman** grafiği verilmiştir. Cismin 2. saniyedeki **hızı** kaç m/s'dir?

- A) 0,4 m/s
- B) 2,0 m/s
- C) 2,5 m/s
- D) 5,0 m/s
- E) 10,0 m/s



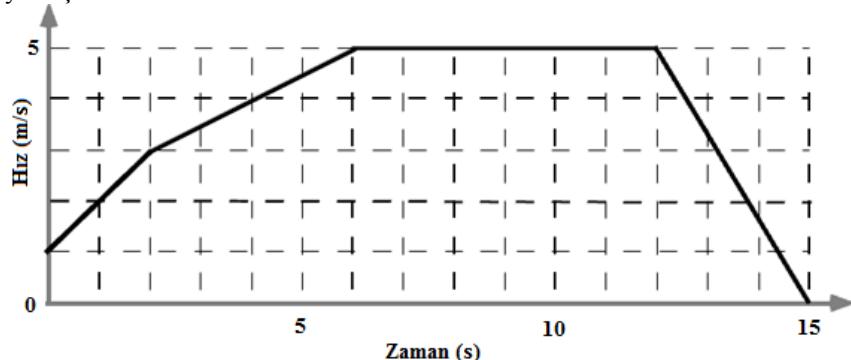
5. Bir cisim aşağıdaki grafiğe göre hareket etmektedir:



Buna göre,  $t=4$  s ile  $t=8$  s zaman aralığında cisim ne kadar **yer değiştirir**?

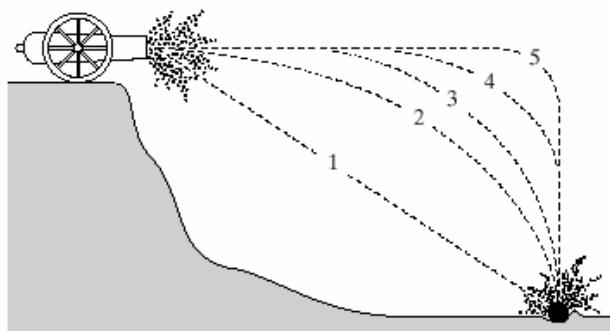
- A) 0,75 m   B) 3,0 m   C) 4,0 m   D) 8,0 m   E) 12,0 m

6. Aşağıda bir cismin **hız-zaman** grafiği verilmiştir. Cismin  $t=0$  ve  $t=6$  s arasındaki ortalama ivmesi yaklaşık olarak ne kadardır?



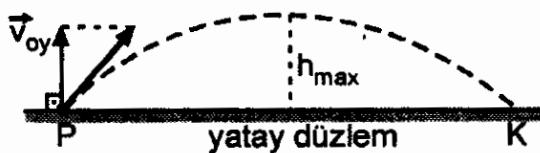
- A)  $3,0 \text{ m/s}^2$    B)  $1,5 \text{ m/s}^2$    C)  $0,83 \text{ m/s}^2$    D)  $0,67 \text{ m/s}^2$   
E) Soruyu cevaplamak için yeterli bilgi verilmemiştir.

7. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, bir tepenin kenarından bir top ateslenir. 1-5 yollarından hangisi, merminin/güllenin izleyeceği en yakın yoldur?



- A) 1   B) 2   C) 3   D) 4   E) 5

8.



Yerçekimi ivmesinin ( $g$ ) olduğu bir yerde, şekildeki gibi P noktasından eğik atılan bir top (t) s sonra K noktasına düşüyor.

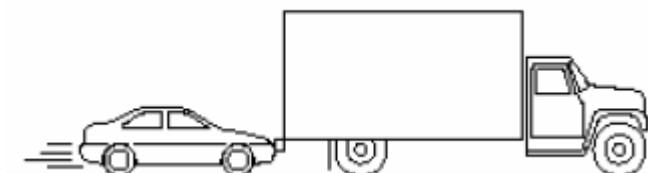
**Yalnız ( $g$ ) ve ( $t$ ) bilinenleriyle;**

- h<sub>max</sub> yüksekliği
- V<sub>0y</sub> bileşenin büyüklüğü
- PK uzaklığı

**Niceliklerinden hangileri hesaplanabilir?**

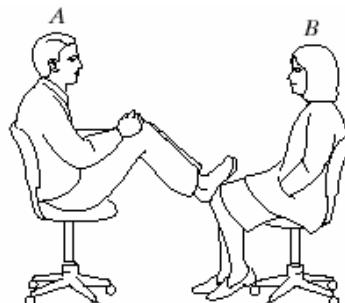
- A) Yalnız h<sub>max</sub>
- B) V<sub>0y</sub> ve PK
- C) h<sub>max</sub> ve PK
- D) h<sub>max</sub> ve V<sub>0y</sub>
- E) h<sub>max</sub>, V<sub>0y</sub> ve PK

9. Şekildeki gibi, büyük bir kamyon yolda bozulur ve küçük bir otomobil tarafından itilir. **Hızını artırrarak, istenen yol hızına ulaşınca kadar otomobil kamyonu iterken,**



- A) otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğe eşittir.
- B) otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden azdır.
- C) otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden fazladır.
- D) otomobilin motoru çalışmakta olduğu için kamyonu itmektedir, kamyonun motoru çalışmadığı için arabayı geri itmemektedir. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
- E) kamyon da otomobil de birbirlerine kuvvet uygulamamaktadır. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.

10. Yandaki şekilde A öğrencisi 75 kg ve B öğrencisi ise 57 kg kütlelidir. Birbirinin aynı ofis sandalyelerinde karşı karşıya oturmaktadırlar. A öğrencisi, şekildeki gibi, ayaklarını B öğrencisinin dizlerine koymustur. Sonra A öğrencisi birden ayaklarıyla dışarıya doğru iterek, her iki sandalyenin de hareket etmesine neden olur.



**İtme sırasında ve A'nın ayakları B'nin dizine hala dokunmaktadırken,**

- A) öğrenciler birbirlerine hiçbir kuvvet uygulamamaktadırlar.
- B) A öğrencisi B öğrencisi üzerine bir kuvvet uygulamakta, fakat B A'ya bir kuvvet uygulamamaktadır.
- C) her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat B daha büyük bir kuvvet uygular.
- D) her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat A daha büyük bir kuvvet uygular.
- E) her iki öğrenci de birbirleri üzerine eşit büyüklükte kuvvet uygulamaktadırlar.

**11.** Aşağıdaki cisimlerden hangisinin/ hangilerinin **eylemsizliğinden** bahsedilebilir?

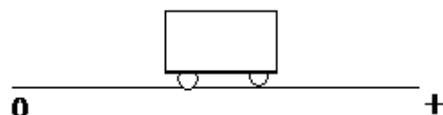
- I. Duran bir arabanın
  - II. Sabit hızla ilerleyen bir arabanın
  - III. Sabit bir ivme ile hızlanan bir arabanın
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II, ve III

## II. Bölüm

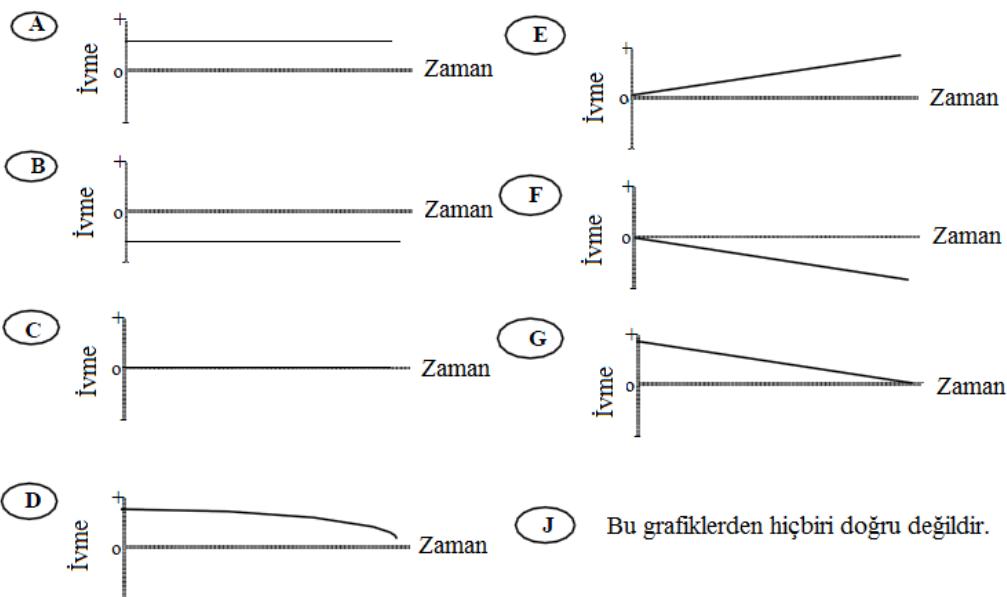
Bu bölüm, 10 adet eşleştirme sorusundan oluşmaktadır. Her soru için bir eşleştirme yapınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

**AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 12-16. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Oyuncak bir araba yatay doğru boyunca sağa veya sola hareket edebiliyor. Pozitif yön sağa doğrudur.



Aşağıda arabanın farklı olası hareketleri için ivme-zaman grafikleri (**A'dan G'ye**) verilmiştir. **12-16** sorularında ise arabanın farklı hareket durumları verilmiştir. Bu hareket durumlarına ait **ivme-zaman** grafiğini belirtmek için **A'dan G'ye** kadar olan seçeneklerden birini seçiniz ve sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir cevap yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız.

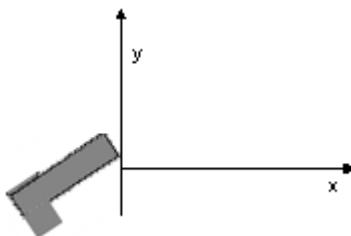


- \_\_\_\_\_ 12. Araba sağa doğru düzgün hızlanarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 13. Araba sağa doğru düzgün yavaşlayarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 14. Araba sola doğru sabit hızla hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 15. Araba sola doğru düzgün hızlanarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 16. Araba sağa doğru sabit hızla hareket ediyor.

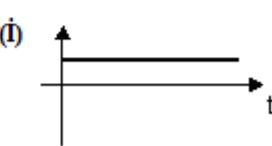
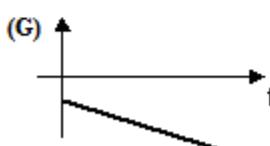
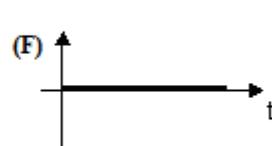
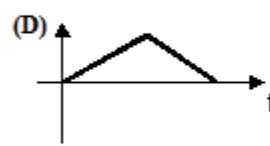
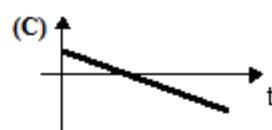
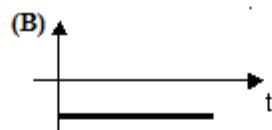
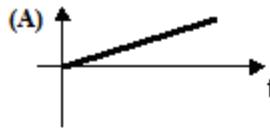
**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 17-21 SORULARINI  
CEVAPLARKEN KULLANINIZ**

Plastik top fırlatan bir silah şekilde görüldüğü gibi belirli bir açı altında atesleniyor. Havanın sürütme kuvvetini ihmal ediniz.

Topun hareketi ile ilgili aşağıda grafikler verilmiştir. A'dan İ'ye kadar olan grafiklerin yatay ekseni zamanı gösterirken **düsey eksenler belirtilmemiştir**.



Merminin hareketi için **17-21** sorularında verilen her bir niceliğe ait grafiği belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan İ'ye) birini seçiniz ve seçtiğiniz harfi sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmaya bilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir cevap yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız.



\_\_\_\_\_ 17. Düşey eksendeki konum

\_\_\_\_\_ 18. Hızın yatay bileşeni

\_\_\_\_\_ 19. Net kuvvet

\_\_\_\_\_ 20. Hızın düşey bileşeni

\_\_\_\_\_ 21. Yatay eksendeki konum

### III. Bölüm

Bu bölüm 13 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Her soru için cevaplarınızı kısaca açıklayınız.  
Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

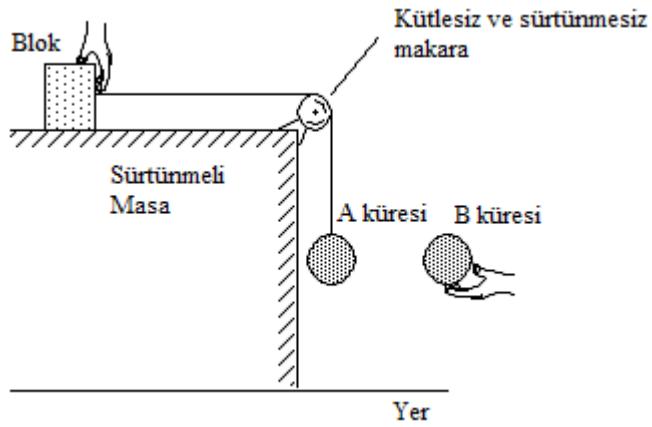
#### AŞAĞIDAKI AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 22-24 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ

Bir blok ve bir A külesi şekildeki gibi bir iple sürtünmesiz bir makara üzerinde kayacak şekilde birbirine bağlanıyor ve bir el bloğu kaymaması için tutuyor.

İpin ağırlıksız ve esnemediğini varsayıyın.

Blok ile masa arası sürtünmelidir.

Havanın sürtünme kuvvetini ihmal ediniz.



El bloğu serbest bıraktığı anda A külesi ile özdeş olan B külesi de serbest bırakılıyor.

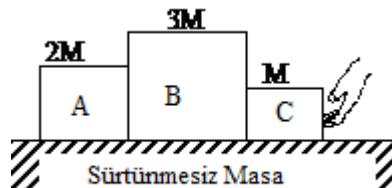
22. B külesi A küresinden önce mi, sonra mı, yoksa aynı anda mı yere çarpar? Cevabınızı açıklayınız.

23. Blok serbest bırakılmadan önce, ipteki gerilme kuvveti 10 N dur. Blok serbest bırakıldıktan sonra, ipteki gerilme kuvveti 10 N' dan büyük müdür, 10 N'dan küçük müdür, yoksa 10 N' a eşit midir? Cevabınızı açıklayınız.

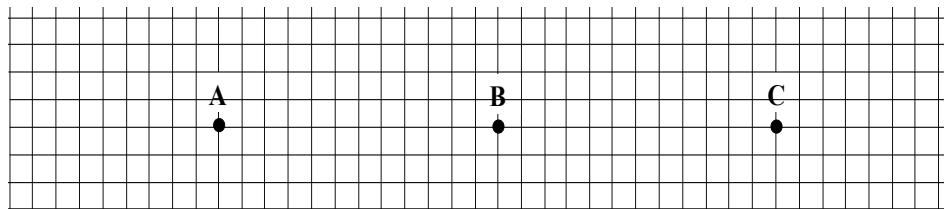
24. Şimdi deneyi **sürtünmesiz masa** üzerinde tekrarladığınızı düşününüz. Bu durumda B külesi A küresinden önce mi, sonra mı, yoksa aynı anda mı yere çarpar? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 25-27 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

A, B, C blokları sürtünmesiz bir masa boyunca sola doğru sabit bir kuvvetle itiliyor. A bloğu  $2M$ , B bloğu  $3M$  ve C bloğu  $M$  kütlesine sahiptir.



- 25.** Aşağıda verilen ölçekli alana her bir bloğa etki eden **net kuvveti** gösteren vektörleri çiziniz. Vektörleri, bloklara etki eden net kuvvetlerin **birbirine göre büyüklüklerini ve yönlerini** dikkate alarak çiziniz.



**26 ve 27. soruları cevaplarken B bloğunun kütlesinin iki katına çıkarıldığını, diğer blokların küt勒lerinin değiştirilmmediğini ve elin başlangıçtaki sabit kuvveti uyguladığını düşünerek cevaplayınız.**

**26.** A bloğunun ivmesi B bloğunun kütlesi iki katına çıkarıldıktan sonra artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır? Cevabınızı açıklayınız.

**27.** A bloğuna etki eden net kuvvet B bloğunun kütlesi iki katına çıkarıldıktan sonra artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 28-30 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Fatma mutfak yerlerini sildikten sonra buzdolabını tekrar yerineitmeye çalışıyor.

**28.** Fatma buzdolabını itiyor, fakat buzdolabı kimildamıyor. Fatma'nın uyguladığı kuvvetin büyülübü buzdolabının Fatma'ya uyguladığı kuvetten *büyük müdür, küçük müdür yoksa eşit midir?* Cevabınızı açıklayınız.

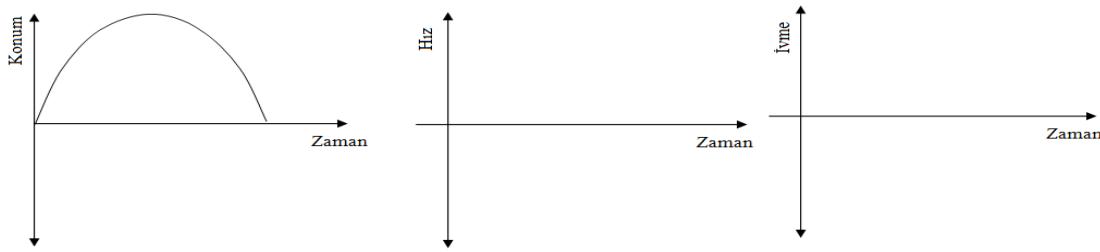
**29.** Fatma bütün gücüyle ittiğinden sonra buzdolabı sabit hızla hareket etmeye başlıyor. Fatma'nın uyguladığı kuvvetin büyülübü buzdolabının Fatma'ya uyguladığı kuvetten *büyük müdür, küçük müdür yoksa eşit midir?* Cevabınızı açıklayınız.

**30.** Fatma'nın arkadaşı Hatice bir tabure üzerinde oturarak Fatma'yı buzdolabını iterken seyrediyor ve Fatma'ya:

*Canlı varlıkların aksine cansız varlıklar dokundukları varlıklara her zaman kuvvet uygulamazlar. Üzerinde oturdugum tabureyi örnek olarak ele alalım. Eğer ben seni tabureyle ile itersem, tabure sana kuvvet uygular. Fakat ben taburenin üzerinde oturdugum zaman tabure bana kuvvet uygulamaz. Tabure sadece yer gibi benim düşmememi sağlar der.*

Hatice'nin düşüncelerine katılıyor musunuz? Açıklayınız.

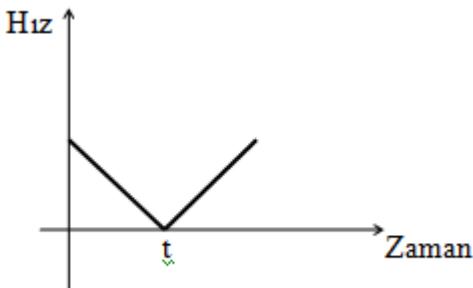
31. Yukarıya doğru atılan bir taşın **konum- zaman** grafiği aşağıdaki gibidir. Bu grafikten yararlanarak Mehmet'in hareketinin **hız-zaman** ve **ivme- zaman** grafiklerini çiziniz.



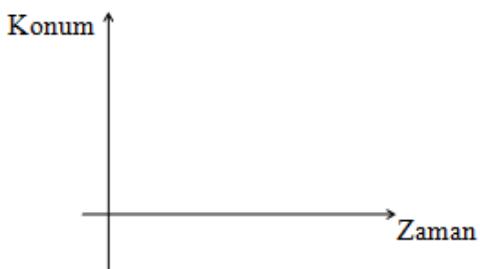
**AŞAĞIDAKI AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 32-33 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Hareketli bir arabanın hız- zaman grafiği şekildeki gibidir.

32. Araba t anında yön değiştirmiştir? Açıklayınız.



33. Hız zaman grafiğinden yararlanarak arabanın hareketinin konum zaman grafiğini çiziniz?



34. Ali, kestigi kütüğü iple çekerek yola çıkarırken, Newton'un 3. yasasının çekme olayında geçerli olup olmadığını düşünür. Ali, "Newton'un 3. Yasasına göre ben kütüğü ne kadar kuvvetle çekersem kütükte beni o kadar kuvvetle geri çekeceğim ve zit yönlü bu kuvvetler birbirini yok edeceklerinden kütüğün hareket etmemesi gereklidir. Kütük hareket ettiğine göre Newton'un 3. yasası burada geçerli değildir" diye düşünür.

Ali'nin düşüncelerine katılıyor musunuz? Açıklayınız.

**IV. Bölüm**

Bu bölüm 3 adet doğru yanlış sorudan oluşmaktadır. Doğru olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna (D), yanlış olduğunu düşündüğünüz ifadenin sonuna ise (Y) yazınız.

35. Eylemsizlik bir kuvvetdir. (.....)

36. Bir cismin eylemsizliği kütlesi ile doğru orantılıdır. (.....)

37. Atış hareketleri yatayda sabit hızlı hareketle düşeyde sabit ivmeli hareketlerin birleşimidir. (.....)

## APPENDIX D

### ITEMAN RESULTS FOR THE FMAT-I AND FMAT-II IN THE PILOT

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |           |        |                     |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|-----------|--------|---------------------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Prop.<br>Alt.          | Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. Key |
| 1           | 1-1            | 0.929            | 0.217  | 0.115           | A                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.929     | 0.217  | 0.115               |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.012     | -0.270 | -0.077              |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.036     | -0.145 | -0.061              |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.012     | 0.062  | 0.018               |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.012     | -0.380 | -0.109              |
| 2           | 1-2            | 0.405            | 0.575  | 0.454           | A                      | 0.036     | -0.014 | -0.006              |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.012     | -0.601 | -0.172              |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.405     | 0.575  | 0.454               |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.333     | -0.192 | -0.148              |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.202     | -0.432 | -0.303              |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.012     | -0.380 | -0.109              |
| 3           | 1-3            | 0.690            | 0.530  | 0.404           | A                      | 0.167     | -0.524 | -0.351              |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.012     | -0.380 | -0.109              |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.048     | -0.234 | -0.109              |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.690     | 0.530  | 0.404               |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.036     | -0.189 | -0.080              |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.048     | -0.061 | -0.028              |
| 4           | 1-4            | 0.476            | 0.330  | 0.263           | A                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.464     | -0.347 | -0.276              |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.476     | 0.330  | 0.263               |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.060     | 0.052  | 0.026               |
| 5           | 1-5            | 0.250            | 0.526  | 0.386           | A                      | 0.036     | -0.276 | -0.117              |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.310     | -0.286 | -0.218              |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.345     | -0.137 | -0.107              |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.250     | 0.526  | 0.386               |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.048     | 0.077  | 0.036               |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.012     | -0.049 | -0.014              |
| 6           | 1-6            | 0.512            | 0.645  | 0.515           | A                      | 0.429     | -0.636 | -0.505              |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.512     | 0.645  | 0.515               |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.012     | -0.380 | -0.109              |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.012     | 1.000  | 0.302               |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.024     | -0.298 | -0.110              |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000              |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.012     | -0.380 | -0.109              |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics                                  |        |                 | Alternative Statistics |                    |        |                 |     |
|-------------|----------------|--|--------|-----------------|------------------------|--------------------|--------|-----------------|-----|
|             |                | Prop.<br>Correct                                 | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key |
| ---         | ---            | ---  | ---    | ---             | ---                    | ---                | ---    | ---             | --- |
| 7           | 1-7            | 0.452  | 0.418  | 0.332           | A                      | 0.048              | -0.268 | -0.125          |     |
|             |                |  |        |                 | B                      | 0.298              | -0.495 | -0.375          |     |
|             |                |  |        |                 | C                      | 0.048              | 0.008  | 0.004           |     |
|             |                |  |        |                 | D                      | 0.452              | 0.418  | 0.332           | *   |
|             |                |  |        |                 | E                      | 0.036              | -0.189 | -0.080          |     |
|             |                |  |        |                 | F                      | 0.060              | 0.052  | 0.026           |     |
|             |                |  |        |                 | G                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | Other                  | 0.060              | 0.342  | 0.171           |     |
| 8           | 1-8            | 0.452  | 0.513  | 0.408           | A                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | B                      | 0.012              | -0.380 | -0.109          |     |
|             |                |  |        |                 | C                      | 0.262              | -0.281 | -0.208          |     |
|             |                |  |        |                 | D                      | 0.024              | -0.359 | -0.132          |     |
|             |                |  |        |                 | E                      | 0.071              | -0.268 | -0.142          |     |
|             |                |  |        |                 | F                      | 0.452              | 0.513  | 0.408           | *   |
|             |                |  |        |                 | G                      | 0.179              | -0.166 | -0.113          |     |
|             |                |  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | Other                  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
| 9           | 1-9            | 0.333  | 0.732  | 0.565           | A                      | 0.012              | -0.380 | -0.109          |     |
|             |                |  |        |                 | B                      | 0.036              | 0.030  | 0.013           |     |
|             |                |  |        |                 | C                      | 0.036              | -0.494 | -0.209          |     |
|             |                |  |        |                 | D                      | 0.083              | 0.244  | 0.135           |     |
|             |                |  |        |                 | E                      | 0.012              | -0.270 | -0.077          |     |
|             |                |  |        |                 | F                      | 0.333              | 0.732  | 0.565           | *   |
|             |                |  |        |                 | G                      | 0.452              | -0.647 | -0.515          |     |
|             |                |  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | Other                  | 0.036              | 0.117  | 0.049           |     |
| 10          | 1-10           | 0.417  | 0.690  | 0.547           | A                      | 0.048              | -0.268 | -0.125          |     |
|             |                |  |        |                 | B                      | 0.250              | -0.380 | -0.279          |     |
|             |                |  |        |                 | C                      | 0.060              | -0.180 | -0.090          |     |
|             |                |  |        |                 | D                      | 0.417              | 0.690  | 0.547           | *   |
|             |                |  |        |                 | E                      | 0.060              | -0.440 | -0.220          |     |
|             |                |  |        |                 | F                      | 0.095              | -0.254 | -0.146          |     |
|             |                |  |        |                 | G                      | 0.012              | 0.062  | 0.018           |     |
|             |                |  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | Other                  | 0.060              | -0.064 | -0.032          |     |
| 11          | 1-11           | 0.119  | 0.424  | 0.260           | A                      | 0.024              | -0.054 | -0.020          |     |
|             |                |  |        |                 | B                      | 0.119              | 0.424  | 0.260           | *   |
|             |                | CHECK THE KEY<br>B was specified, F works better |        |                 | C                      | 0.250              | -0.100 | -0.073          |     |
|             |                |  |        |                 | D                      | 0.071              | -0.368 | -0.195          |     |
|             |                |  |        |                 | E                      | 0.167              | -0.030 | -0.020          |     |
|             |                |  |        |                 | F                      | 0.179              | 0.399  | 0.272           | ?   |
|             |                |  |        |                 | G                      | 0.095              | -0.213 | -0.123          |     |
|             |                |  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | Other                  | 0.095              | -0.355 | -0.205          |     |
| 12          | 1-12           | 0.298  | 0.782  | 0.592           | A                      | 0.214              | -0.234 | -0.167          |     |
|             |                |  |        |                 | B                      | 0.298              | 0.782  | 0.592           | *   |
|             |                |  |        |                 | C                      | 0.107              | -0.092 | -0.055          |     |
|             |                |  |        |                 | D                      | 0.024              | -0.298 | -0.110          |     |
|             |                |  |        |                 | E                      | 0.214              | -0.387 | -0.275          |     |
|             |                |  |        |                 | F                      | 0.048              | -0.165 | -0.077          |     |
|             |                |  |        |                 | G                      | 0.036              | -0.189 | -0.080          |     |
|             |                |  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |  |        |                 | Other                  | 0.060              | -0.209 | -0.104          |     |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |           |        |                 |       |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|-----------|--------|-----------------|-------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Prop.<br>Alt.          | Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key   |
|             |                | -----            | -----  | -----           | -----                  | -----     | -----  | -----           | ----- |
| 13          | 1-13           | 0.345            | 0.495  | 0.384           | A                      | 0.345     | 0.495  | 0.384           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.083     | -0.449 | -0.249          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.143     | -0.156 | -0.101          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.012     | 0.172  | 0.049           |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.036     | 0.073  | 0.031           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.024     | -0.421 | -0.155          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.357     | -0.177 | -0.137          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
| 14          | 1-14           | 0.131            | 0.906  | 0.571           | A                      | 0.131     | 0.906  | 0.571           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.845     | -0.839 | -0.552          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.012     | -0.159 | -0.046          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.012     | 0.393  | 0.113           |       |
| 15          | 1-15           | 0.214            | 0.918  | 0.652           | A                      | 0.214     | 0.918  | 0.652           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.345     | -0.482 | -0.373          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.036     | -0.276 | -0.117          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.202     | -0.006 | -0.004          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.202     | -0.237 | -0.166          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
| 16          | 1-16           | 0.119            | 0.958  | 0.589           | A                      | 0.119     | 0.958  | 0.589           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.048     | -0.545 | -0.254          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.048     | -0.199 | -0.093          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.012     | 0.172  | 0.049           |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.071     | -0.066 | -0.035          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.024     | 0.007  | 0.003           |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.655     | -0.300 | -0.232          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.024     | -0.054 | -0.020          |       |
| 17          | 1-17           | 0.107            | 1.000  | 0.610           | A                      | 0.107     | 1.000  | 0.610           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.869     | -0.938 | -0.591          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.012     | 0.504  | 0.144           |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.012     | -0.159 | -0.046          |       |
| 18          | 1-18           | 0.190            | 0.718  | 0.497           | A                      | 0.190     | 0.718  | 0.497           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.655     | -0.411 | -0.319          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.024     | -0.421 | -0.155          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.024     | 0.191  | 0.070           |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.024     | 0.496  | 0.183           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.036     | -0.407 | -0.172          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.024     | -0.421 | -0.155          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000     | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.024     | -0.054 | -0.020          |       |

**ITEMAN Results for the FMAT-II**

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |                  |                 | Alternative Statistics |                    |                  |                 |     |
|-------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|--------------------|------------------|-----------------|-----|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser.<br>Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser.<br>Biser. | Point<br>Biser. | Key |
| 1           | 1-1            | 0.833            | 0.651            | 0.436           | A                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.060              | -0.712           | -0.356          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.036              | 0.057            | 0.024           |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.012              | -0.784           | -0.224          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.833              | 0.651            | 0.436           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.060              | -0.494           | -0.247          |     |
| 2           | 1-2            | 0.464            | 0.516            | 0.411           | A                      | 0.071              | -0.334           | -0.177          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.083              | -0.119           | -0.066          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.024              | 0.054            | 0.020           |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.321              | -0.127           | -0.097          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.464              | 0.516            | 0.411           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.036              | -1.000           | -0.533          |     |
| 3           | 1-3            | 0.464            | 0.458            | 0.365           | A                      | 0.202              | 0.294            | 0.207           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.464              | 0.458            | 0.365           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.024              | -0.612           | -0.225          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.131              | -0.449           | -0.283          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.024              | 0.054            | 0.020           |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.155              | -0.581           | -0.382          |     |
| 4           | 1-4            | 0.929            | 0.986            | 0.522           | A                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.012              | -1.000           | -0.304          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.929              | 0.986            | 0.522           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.024              | -0.305           | -0.112          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.036              | -1.000           | -0.455          |     |
| 5           | 1-5            | 0.952            | 1.000            | 0.646           | A                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.012              | -1.000           | -0.304          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.012              | -0.877           | -0.251          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.952              | 1.000            | 0.646           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.024              | -1.000           | -0.507          |     |
| 6           | 1-6            | 0.452            | 0.420            | 0.334           | A                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.095              | -0.048           | -0.027          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.202              | 0.162            | 0.114           |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.452              | 0.420            | 0.334           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.060              | -0.494           | -0.247          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.190              | -0.535           | -0.370          |     |
| 7           | 1-7            | 0.798            | 0.805            | 0.565           | A                      | 0.024              | -0.253           | -0.093          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.798              | 0.805            | 0.565           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.107              | -0.549           | -0.327          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.024              | -0.612           | -0.225          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.048              | -0.779           | -0.363          |     |
| 8           | 1-8            | 0.762            | 0.654            | 0.475           | A                      | 0.060              | -0.082           | -0.041          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.036              | -0.344           | -0.146          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.762              | 0.654            | 0.475           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.107              | -0.393           | -0.235          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.036              | -1.000           | -0.502          |     |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |                    |        |                 |     |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|--------------------|--------|-----------------|-----|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key |
| 9           | 1-9            | 0.202            | 0.325  | 0.228           | A                      | 0.202              | 0.325  | 0.228           | *   |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.036              | 0.204  | 0.086           |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.619              | 0.235  | 0.185           |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.036              | -0.600 | -0.254          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.036              | -0.637 | -0.270          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.071              | -0.734 | -0.388          |     |
| 10          | 1-10           | 0.440            | 0.279  | 0.222           | A                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.012              | -0.137 | -0.039          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.024              | -0.612 | -0.225          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.500              | 0.014  | 0.011           |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.440              | 0.279  | 0.222           | *   |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.024              | -1.000 | -0.507          |     |
| 11          | 1-11           | 0.595            | 0.431  | 0.340           | A                      | 0.012              | -0.414 | -0.118          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.012              | -1.000 | -0.304          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.286              | -0.021 | -0.015          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.048              | -0.316 | -0.147          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.595              | 0.431  | 0.340           | *   |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.048              | -0.836 | -0.390          |     |
| 12          | 1-12           | 0.881            | 1.000  | 0.707           | A                      | 0.881              | 1.000  | 0.707           | *   |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.012              | -0.692 | -0.198          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.012              | -1.000 | -0.304          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.071              | -0.713 | -0.377          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.024              | -1.000 | -0.507          |     |
| 13          | 1-13           | 0.702            | 0.720  | 0.546           | A                      | 0.024              | -0.612 | -0.225          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.702              | 0.720  | 0.546           | *   |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.071              | -0.334 | -0.177          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.024              | -0.714 | -0.263          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.060              | -0.179 | -0.090          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.119              | -0.545 | -0.335          |     |
| 14          | 1-14           | 0.857            | 1.000  | 0.678           | A                      | 0.012              | -1.000 | -0.304          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.060              | -0.494 | -0.247          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.857              | 1.000  | 0.678           | *   |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.024              | -0.560 | -0.206          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.048              | -1.000 | -0.538          |     |
| 15          | 1-15           | 0.679            | 0.872  | 0.669           | A                      | 0.071              | -0.018 | -0.010          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.679              | 0.872  | 0.669           | *   |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.012              | -1.000 | -0.304          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.107              | -0.658 | -0.392          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.131              | -0.732 | -0.461          |     |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics                             |                    |        |                 |       |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|--|--------------------|--------|-----------------|-------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key   |
| ----        | -----          | -----            | -----  | -----           | -----  | -----              | -----  | -----           | ----- |
| 16          | 1-16           | 0.893            | 1.000  | 0.624           | A<br>B<br>C<br>D<br>E<br>F<br>G<br>H<br>Other      | 0.060              | -0.518 | -0.259          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.893              | 1.000  | 0.624           | *     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -1.000 | -0.304          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.036              | -1.000 | -0.533          |       |
|             |                |                  |        |                 |  |                    |        |                 |       |
| 17          | 1-17           | 0.488            | 0.687  | 0.548           | A<br>B<br>C<br>D<br>E<br>F<br>G<br>H<br>I<br>Other | 0.083              | -0.474 | -0.263          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.414 | -0.118          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.298              | 0.042  | 0.032           |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.877 | -0.251          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.784 | -0.224          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.488              | 0.687  | 0.548           | *     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.095              | -0.895 | -0.516          |       |
| 18          | 1-18           | 0.750            | 1.000  | 0.736           | A<br>B<br>C<br>D<br>E<br>F<br>G<br>H<br>I<br>Other | 0.024              | -0.560 | -0.206          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.970 | -0.357          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.048              | -0.287 | -0.134          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.407 | -0.150          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.458 | -0.169          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.750              | 1.000  | 0.736           | *     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.107              | -0.845 | -0.504          |       |
| 19          | 1-19           | 0.095            | 0.224  | 0.129           | A<br>B<br>C<br>D<br>E<br>F<br>G<br>H<br>I<br>Other | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.095              | 0.224  | 0.129           | *     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.107              | 0.089  | 0.053           |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.253 | -0.093          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.143              | 0.258  | 0.166           |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.155              | -0.026 | -0.017          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.044 | -0.013          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.071              | -0.229 | -0.121          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.155              | 0.384  | 0.252           | ?     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.238              | -0.487 | -0.354          |       |
| 20          | 1-20           | 0.500            | 0.597  | 0.476           | A<br>B<br>C<br>D<br>E<br>F<br>G<br>H<br>I<br>Other | 0.036              | -0.198 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.877 | -0.251          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.500              | 0.597  | 0.476           | *     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.119              | -0.213 | -0.131          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.107              | 0.151  | 0.090           |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.692 | -0.198          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.095              | -0.065 | -0.037          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.253 | -0.093          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.095              | -0.793 | -0.458          |       |
| 21          | 1-21           | 0.738            | 0.833  | 0.617           | A<br>B<br>C<br>D<br>E<br>F<br>G<br>H<br>I<br>Other | 0.738              | 0.833  | 0.617           | *     |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.202 | -0.074          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.356 | -0.131          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | -0.663 | -0.244          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.024              | 0.054  | 0.020           |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.012              | -0.414 | -0.118          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.060              | -0.397 | -0.199          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 |  | 0.095              | -0.861 | -0.497          |       |

## APPENDIX E1

### THE FINAL VERSION OF OBJECTIVE LIST FOR THE MAIN STUDY

#### Objectives for the FMAT-I Used in The Main Study

##### **1. Hareketin nedeni ile ilgili öğrenciler;**

- 1.1.Cisim üzerine etki eden kuvvetleri açıklar. (Kavrama)
- 1.2.Cisim üzerine etki eden kuvvetleri etiketlendirir. (Kavrama)
- 1.3.Serbest cisim diyagramı çizer. (Kavrama)

##### **2. Net kuvvetin sıfır olduğu durumda cismin hareketiyle ilgili olarak öğrenciler;**

- 2.1.Net kuvvet ile hız değişimi arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)
- 2.2.Cisinin limit hız ile kütle arasında ilişki kurar. (Kavrama)
- 2.3.İki cismin hareketini birbirine göre yorumlar. (Sentez)
- 2.4.Hareketli bir ortamındaki cisimlerin hareketlerini farklı gözlem çerçevelerine göre yorumlayıp problemler çözer. (Uygulama)

##### **3. Net bir kuvvetin etkisindeki cismin hareketiyle ilgili öğrenciler;**

- 3.1. Net kuvvet ile cismin ivmesi ve kültlesi arasındaki bağıntıyı kullanarak problemler çözer. (Uygulama)
- 3.2.Net kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)
- 3.3. Cismin hareketi ile ivmesi arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)
- 3.4.Cismin hareketi ile cisme etki eden kuvvet arasındaki ilişkiyi irdeler. (Analiz)

#### Objectives for the FMAT-II Used in The Main Study

##### **1. Net bir kuvvetin etkisindeki cismin hareketiyle ilgili öğrenciler;**

- 1.1.Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını ayırt eder (Analiz)
- 1.2.Verilen hareket durumunun metinsel açıklamasının kinematik grafiğini ayırt eder (Analiz)
- 1.3.Bir hareket durum için verilen bir kinematik grafiğinden diğer kinematik grafiklerini çizer. (Sentez)
- 1.4.Konum-zaman grafiğinden yararlanarak hızı hesaplar. (Uygulama)
- 1.5.Hız- zaman grafiğinden yararlanarak toplam yer değiştirmeyi hesaplar.(Uygulama)
- 1.6.Hız- zaman grafiğinden yararlanarak ivmeyi hesaplar.(Uygulama)
- 1.7.İki boyutlu hareketlerde yatay ve düşey boyut için konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çizer.(Analiz)
- 1.8.Atiş hareketleri yapan cismin izlediği yolu seçer.(Kavrama)
- 1.9.İki boyutta sabit ivmeli hareketler ile ilgili problemler çözer.(Uygulama)

##### **2. Her etkinin bir tepki doğurmasyyla ilgili öğrenciler;**

- 2.1. Etki tepki kuvvet çiftlerini günlük yaşamındaki olaylara uygular.(Uygulama)
- 2.2.Etki tepki kuvvet çiftlerinin farklı cisimler üzerinde olduğuna karar verir (Değerlendirme)
- 2.3.Birden fazla cisimden oluşan sistemlerde sistemin ve cisimlerin ivmesini hesaplar.(Uygulama)
- 2.4. Sistem içi kuvvetleri hesaplar.(Uygulama)

##### **3.Cismin eylemsizliği ile ilgili öğrenciler;**

- 3.1.Eylemsizliği cismin durgun, sabit hızlı ve sabit ivmeli hareketinden bağımsız olduğunu ifade eder. (Bilgi)
- 3.2.Cismin eylemsizliğinin külesinin bir ölçüsü olduğunu ifade eder. (Bilgi)
- 3.3.Kuvvet ve eylemsizliğin farklı olduğu ayrimini yapar.(Kavrama)

## APPENDIX E2

### THE FINAL VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-I

|                    | <b>Knowledge</b> | <b>Comprehension</b>                        | <b>Application</b>            | <b>Analysis</b>   | <b>Synthesis</b>              | <b>Evaluation</b> | <b>Total %</b>                     |
|--------------------|------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1.Hareketin nedeni |                  | <b>1.1</b> (22),<br><b>1.2, 1.3</b> (23,24) |                               |   |                               |                   | <b>3(3)</b><br><b>30</b> (11)      |
| 2.Net kuvvet=0     |                  | <b>2.2</b> (27)                             | <b>2.4</b> (25,36)            | <b>2.1</b> (1,5,8,21)   | <b>2.3</b> (17,18,19,20)      |                   | <b>4(11)</b><br>40(41)             |
| 3.Net kuvvet ≠0    |                  |   | <b>3.1</b> (2)                | <b>3.2</b> (4,6,7,9,10),<br><b>3.3</b> (11, 12, 13),<br><b>3.4</b> (3,14,15,16) |                               |                   | <b>3(13)</b><br>30(48)             |
| <b>Total %</b>     |                  | <b>4(4)</b><br><b>40</b> (15)               | <b>2(3)</b><br><b>20</b> (11) | <b>3</b> (16)<br><b>30</b> (59)   | <b>1(4)</b><br><b>10</b> (15) |                   | <b>10</b> (27)<br><b>100</b> (100) |

**Objectives are bold. Questions are in parenthesis**

### APPENDIX E3

#### THE FINAL VERSION OF TABLE OF TEST SPECIFICATION FOR THE FMAT-II

|                 | <b>Knowledge</b>                  | <b>Comprehension</b>    | <b>Application</b>   | <b>Analysis</b>  | <b>Synthesis</b>     | <b>Evaluation</b>    | <b>Total %</b>             |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|--|--|----------------------|----------------------|----------------------------|
| 1.Net kuvvet ≠0 |                                   | <b>1.8(6)</b>           | <b>1.4(3),<br/>1.5(4),<br/>1.6(5),<br/>1.9(7)</b>                          | <b>1.1(2)<br/>1.2(1,11, 12,<br/>13,14,15),<br/>1.7(16, 17,<br/>18,19,20)</b> | <b>1.3(29,30)</b>    |                      | <b>10(19)<br/>63 (61)</b>  |
| 2.Etki-Tepki    |                                   |                         | <b>2.1(8,<br/>27,28),<br/>2.3 (21,<br/>23,25),<br/>2.4(22,<br/>24,26),</b> |  |                      | <b>2.2(31)</b>       | <b>4(10)<br/>25(32)</b>    |
| 3.Eylemsizlik   | <b>3.1 (9),<br/>3.2<br/>(10),</b> | <b>3.3(10*)</b>         |  |  |                      |                      | <b>2(2)<br/>12(7)</b>      |
| <b>Total %</b>  | <b>2(2)<br/>12.5(6)</b>           | <b>2(1)<br/>12.5(3)</b> | <b>7(13)<br/>44(42)</b>  | <b>3(12)<br/>19(39)</b>  | <b>1(2)<br/>6(7)</b> | <b>1(1)<br/>6(3)</b> | <b>16(31)<br/>100(100)</b> |

Objectives are bold. Questions are in parenthesis \*Question 10 was counted for Objective 3.1, thus it was not counted here.

#### **APPENDIX E4**

#### **THE FINAL VERSION OF THE FMAT-I USED IN THE MAIN STUDY**

#### **KUVVET VE HAREKET BAŞARI TESTİ I**

**Adınız- Soyadınız:**

**Sınıfınız:**

Sevgili öğrenciler,

27 sorudan oluşan bu test, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu test 3 bölümden oluşmaktadır. Her bölümün başında verilen açıklamaları dikkatlice okuduktan sonra soruları cevaplayınız. Cevaplarınız gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Katkılarınız dolayısı teşekkür ederiz.

## I. Bölüm

Bu bölüm 3 adet çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soru için yalnızca bir şık işaretleyiniz. Yanlışlar doğru cevapları götürmeyecektir. Lütfen, tüm soruları cevaplayınız.

**1.** Bir kadın büyük bir kutuya sabit yatay bir kuvvet uyguluyor. Kutu yatay bir yüzey üzerinde sabit  $V_0$  hızıyla hareket ediyor.

**Kadın tarafından uygulanan sabit yatay kuvvet,**

- A) kutunun ağırlığı ile aynı büyüklüğtedir.
- B) kutunun ağırlığından büyütür.
- C) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetle aynı büyüklüktedir.
- D) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetten büyütür.
- E) kutunun hareketini engellemeye çalışan toplam kuvvetten veya kutunun ağırlığından büyütür.

**2.** Bir araba maksimum  $3 \text{ m/s}^2$  lik bir ivmeye sahiptir. Bu araba kendisinin iki katı kütlesine sahip ikinci bir arabayı çektiği zaman, maksimum ivmesi ne olur?

- A)  $2,5 \text{ m/s}^2$
- B)  $2,0 \text{ m/s}^2$
- C)  $1,5 \text{ m/s}^2$
- D)  $1,0 \text{ m/s}^2$
- E)  $0,5 \text{ m/s}^2$

**3.** Bir çocuk çelik bir topu tam yukarıya doğru dik olarak atar. Topun, çocuğun elinden çıkışın yere düşene kadar olan hareketini dikkate alın ve hava tarafından topa uygulanan kuvvetlerin ihmali edilebilir olduğunu düşünün.

**Bu şartlarda topa etkiyen kuvvet(ler) aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvetle birlikte aşağıya doğru bir yerçekimi kuvvetidir.
- B) Çocuğun elinden çıktıktan sonra en yüksek noktaya ulaşana kadar sürekli azalan yukarı yönde bir kuvvet; aşağıya inerken ise, cisim dünyaya yaklaştıkça sürekli artan aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- C) Top en yüksek noktaya ulaşana kadar yukarı yönde sürekli azalan bir kuvvetle birlikte, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti; aşağıya inerken ise, sadece sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- D) Sadece, neredeyse sabit aşağı yönde bir yerçekimi kuvvetidir.
- E) Yukarıdakilerden hiçbirini. Topun dünya üzerinde durması doğal eğilimi olduğu için top yere düşer.

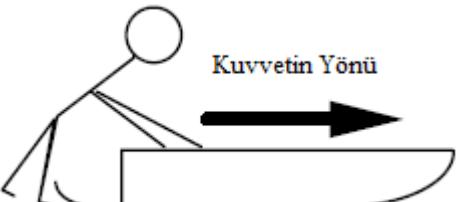
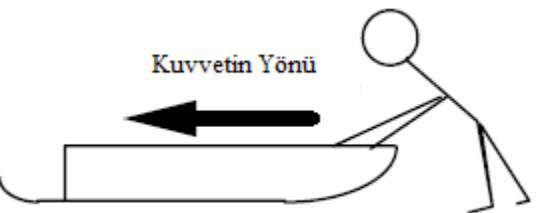
## II. Bölüm

Bu bölüm, 13 adet eşleştirme sorusundan oluşmaktadır. Her soru için **bir eşleştirme** yapınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

### AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 4-10 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

Aşağıdaki şekiller buz üzerinde kaymayan bir ayakkabı giyen bir kişinin bir kızığa sağa doğru kuvvet uygulaması, hiçbir kuvvet uygulamaması ve sola doğru kuvvet uygulaması durumları için seçenekler sunmaktadır (A'dan G'ye kadar). Hemen altında ise 4'den 10'a kadar sorularda bazı hareket durumları verilmiştir. Kızığın her bir soruda tanımlanan **hareketini devam ettirecek bir kuvveti** (A'dan G'ye) seçiniz ve seçtiğiniz harfi sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

Bir seçeneği birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir seçenek yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız J seçeneğini sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Sürtünme kuvvetini ihmal ediniz.

|   |  |
|---|--|
|    | A. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) artan bir kuvvet<br>B. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) sabit bir kuvvet<br>C. Saşa doğru ve şiddeti (büyüklüğü) azalan bir kuvvet |
|   | D. Kuvvet uygulamaya gerek yoktur.   |
|  | E. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) azalan bir kuvvet<br>F. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) sabit bir kuvvet<br>G. Sola doğru ve şiddeti (büyüklüğü) artan bir kuvvet |

- \_\_\_\_\_ 4. Hangi kuvvet kızığın sağa doğru ve düzgün hızlanan (sabit ivmeli) hareketini **devam ettirir**?
- \_\_\_\_\_ 5. Kızak sağa doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet kızığın sağa doğru sabit hızlı hareketini **devam ettirir**?
- \_\_\_\_\_ 6. Kızak sağa doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet onu düzgün (sabit ivme ile) yavaşlatır?
- \_\_\_\_\_ 7. Hangi kuvvet kızığın sola doğru ve düzgün hızlanan (sabit ivmeli) hareketini **devam ettirir**?
- \_\_\_\_\_ 8. Kızak durgun halden başlayarak ve sağa doğru sabit bir hızza ulaşıcaya kadar itiliyor. Hangi kuvvet kızığın bu sabit hızlı hareketini **devam ettirir**?
- \_\_\_\_\_ 9. Kızak düzgün (sabit ivme ile) yavaşlıyor ve kızığın ivmesi sağa doğrudur. Hangi kuvvet bu harekete neden olur?
- \_\_\_\_\_ 10. Kızak sola doğru hareket ediyor. Hangi kuvvet kızığı düzgün (sabit ivme ile) yavaşlatır?

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 11-13. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

**11-13.** soruları yukarı doğru havaya fırlatılan metal para ile ilgilidir. Para fırlatıldıktan sonra yukarı doğru hareket ediyor, en yüksek noktaya çıkıyor ve tekrar aşağı düşüyor. Paranın **11-13** sorularında tanımlanan hareketinin her bir basamağındaki ivmesini belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini seçiniz ve sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsınız; fakat her bir boşluk için sadece bir seçenek yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız. Yukarı yönü pozitif aşağı yönü negatif alınız. Havanın sürtünme kuvvetini ihmali ediniz.

- A. İvme negatif yönde ve sabittir.
- B. İvme negatif yönde ve artıyor.
- C. İvme negatif yönde ve azalıyor.
- D. İvme sıfırdır
- E. İvme pozitif yönde ve sabittir.
- F. İvme pozitif yönde ve artıyor.
- G. İvme pozitif yönde ve azalıyor.

\_\_\_\_\_ **11.** Metal para fırlatıldıktan sonra yukarı yönde hareket ediyor iken.

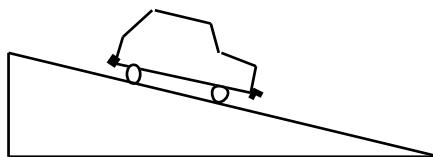
\_\_\_\_\_ **12.** Metal para en yüksek noktada iken.

\_\_\_\_\_ **13.** Metal para aşağı yönde hareket ediyor iken.

**AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 14-16 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

**14-16.** sorular, anlık bir itme uygulanarak bir eğik düzlemede yukarı doğru tırmanan oyuncak araba ile ilgilidir.

Araba anlık itme ile fırlatıldıktan sonra eğik düzleme tırmanıyor ve en yüksek noktaya çıkararak tekrar geriye dönüyor. Sürtünme kuvvetini ihmali ediniz.



Aşağıda **14-16** sorularında tanımlanan her bir durumda arabaya etki eden net kuvveti belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan G'ye) birini seçiniz ve sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsınız; fakat her bir boşluk için sadece bir seçenek yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız J seçeneğini sorunun yanındaki boşluğa yazınız.

- A. Rampadan aşağı doğru sabit net kuvvet
- B. Rampadan aşağı doğru artan net kuvvet
- C. Rampadan aşağı doğru azalan net kuvvet
- D. Net kuvvet sıfır
- E. Rampadan yukarı doğru sabit net kuvvet
- F. Rampadan yukarı doğru artan net kuvvet
- G. Rampadan yukarı doğru azalan net kuvvet

\_\_\_\_\_ **14.** Araba fırlatıldıktan sonra rampanın yukarısına doğru hareket ediyor iken.

\_\_\_\_\_ **15.** Araba en yüksek noktada iken.

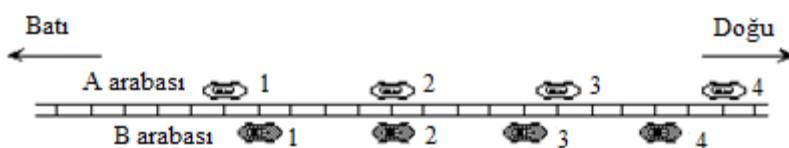
\_\_\_\_\_ **16.** Araba rampanın aşağısına doğru hareket ediyor iken.

### III. Bölüm

Bu bölüm 11 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Her soru için cevaplarınızı kısaca açıklayınız.  
Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

#### AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 17-20 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

A ve B arabaları düz bir yol boyunca doğuya doğru sabit bir hızla hareket ediyorlar. Aşağıda verilen diyagram arabaların eşit zaman aralıklarıyla ayrılmış 1-4 anlarındaki konumlarını göstermektedir.



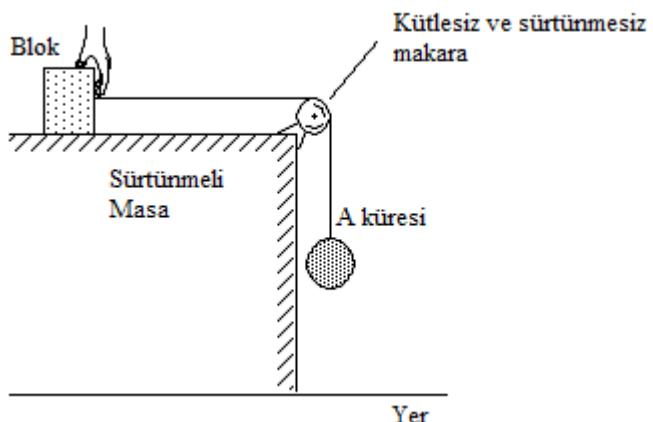
17. A arabasındaki gözlemci B arabasını **1** anında batiya mı hareket ediyor, doğuya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.
18. A arabasındaki gözlemci B arabasını **2** anında batiya mı hareket ediyor, doğuya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.
19. A arabasındaki gözlemci B arabasını **3** anında batiya mı hareket ediyor, doğuya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.
20. Yanda verilen vektör setlerinden hangisi A **arabasındaki gözlemciye göre B arabasının 1, 2 ve 3 anlarındaki hızını (bağlı hızı) gösterir?** (Hız vektörlerinin bütünlüğünü de dikkate alınınız.)

|    | 1 anı | 2 anı | 3 anı |
|----|-------|-------|-------|
| a) | →     | 0     | →     |
| b) | ←     | 0     | ←     |
| c) | →     | 0     | ←     |
| d) | →     | →     | →     |
| e) | →     | →     | →     |
| f) | →     | →     | →     |
| g) | ←     | ←     | ←     |
| h) | ←     | ←     | ←     |
| i) | ←     | ←     | ←     |

- 21.** Küçük bir çocuk olan Ahmet bir kuyunun yanında oynarken kuyunun içine düşer. Ahmet'i kuyudan çıkarmak için kurtarma ekipleri bir ipi kuyuya sallarlar ve Ahmet bu ipi beline bağlar. Ahmet'in ağırlığı 250 N dur. Tüm sürtünmeleri ihmal ediniz.  
 Ahmet yukarıya doğru sabit bir hızla çekilirken, ip yukarıya doğru 250 N dan büyük, küçük yoksa eşit bir kuvvet mi uygular? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKI AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 22 ve 23 SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

Bir blok ve bir A külesi şekildeki gibi bir iple sürtünmesiz bir makara üzerinde kayacak şekilde birbirine bağlanıyor ve bir el bloğunu kaymaması için tutuyor. İpin ağırlıksız ve esnemediğini varsayıyın.  
 Blok ile masa arası sürtünmelidir.  
 Havanın sürtünme kuvvetini ihmal ediniz.



El bloğu serbest bırakıktan hemen sonra

- 22.** Blok üzerine etki eden kuvvetlerin adlarını yazıp, kısaca tanımlayınız.  
 Örneğin yerçekimi kuvveti “bloğa dünya tarafından uygulanan kuvvet” şeklinde tanımlanır.

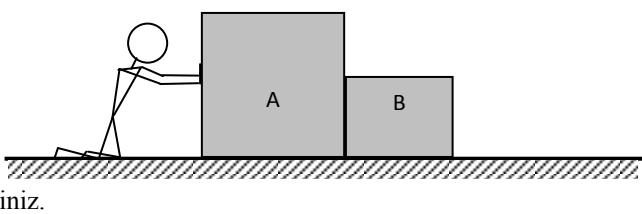
- 23.** Blok üzerine etki eden tüm kuvvetleri  
 a) kuvvetin türü (*örneğin yerçekimi kuvveti*)  
 b) Kuvvetin uygulandığı cisim ve  
 c) Kuvveti uygulayan cisim,  
 dikkate alarak etiketlendiriniz (harflerle gösteriniz) ve etiketlendirdiğiniz kuvvetleri aşağıda blok üzerinde gösteriniz.  
*Örneğin, B cisminin A cismine uyguladığı kuvvet  $F_{AB}$  şeklinde etiketlendirilebilir.*

BLOK

**24.** Bir çocuk içi dolu olan A ve B kutularını şekildeki gibi itiyor.

**B kutusuna etki eden tüm kuvvetleri**

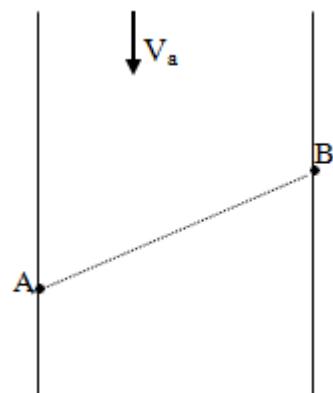
- a) kuvvetin türü (*örneğin yerçekimi kuvveti*),
- b) Kuvvetin uygulandığı cisim ve
- c) Kuvveti uygulayan cismi,  
dikkate alarak etiketlendiriniz (harflerle gösteriniz) ve etiketlendirdiğiniz kuvvetleri aşağıda B kutusu üzerinde gösteriniz.



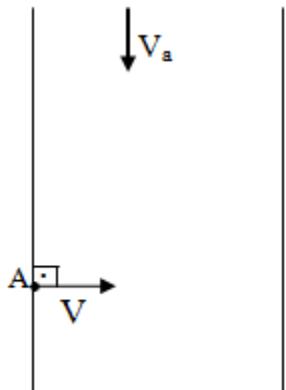
*Örneğin, B cisminin A cismine uyguladığı kuvvet  $F_{AB}$  şeklinde etiketlendirilebilir.*

B kutusu

**25.** Suya göre sabit bir hız'a sahip olan bir motor A noktasından nehrin karşısındaki B noktasına gitmek için, yerde duran bir gözlemeçiye göre şekilde gibi bir yolu izliyor. Motorun B noktasına varma süresi, nehir durgunken  $t_1$ , nehir sabit bir  $V_a$  hızıyla akarken  $t_2$ ' dir. Motorun suya göre hızı her iki durumda da aynı olduğuna göre  $t_1$  ve  $t_2$  sürelerini karşılaştırınız. Cevabınızı açıklayınız.



**26.** Bir motor şekilde görüldüğü gibi A noktasından nehrin kıyısına dik sabit bir V hızıyla hareket ediyor. Motorun karşı kıyaya varma süresi nehir durgunken  $t_1$  nehir sabit bir  $V_a$  hızıyla akarken  $t_2$ ' dir. Motorun suya göre hızı her iki durumda da aynı olduğuna göre  $t_1$  ve  $t_2$  sürelerini karşılaştırınız. Cevabınızı açıklayınız.



**27.** Aynı büyüklükte paraşütlerle aynı yükseklikten atlayan iki paraşütçüden ağır olan paraşütü hafif olan paraşütçüye göre **limit hızı** daha erken, daha geç yoksa aynı anda mı ulaşır? Cevabınızı açıklayınız.

## **APPENDIX E5**

### **THE FINAL VERSION OF THE FMAT-II USED IN THE MAIN STUDY**

#### **KUVVET VE HAREKET BAŞARI TESTİ II**

**Adınız- Soyadınız:**

**Sınıfınız:**

Sevgili öğrenciler,

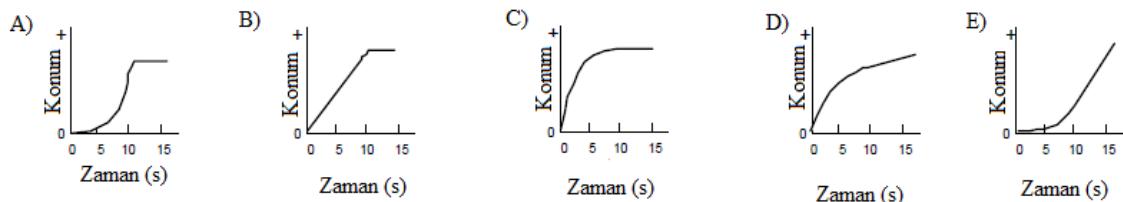
31 sorudan oluşan bu test, öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki başarılarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu test 3 bölümden oluşmaktadır. Her bölümün başında verilen açıklamaları dikkatlice okuduktan sonra soruları cevaplayınız. Cevaplarınız gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Katkılarınız dolayı teşekkür ederiz.

### I. Bölüm

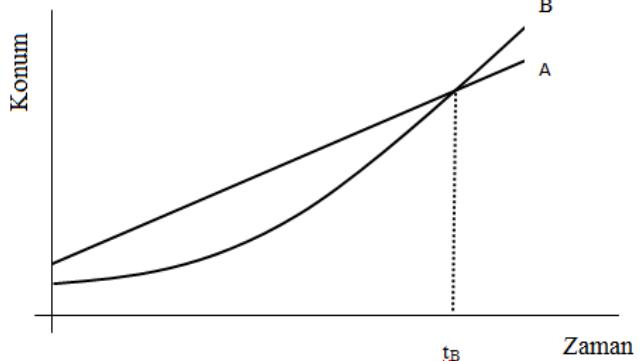
Bu bölüm 10 adet çöktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Her soru için yalnızca bir şık işaretleyiniz. Yanlışlar doğru cevapları götürmeyecektir. Lütfen, tüm soruları cevaplayınız.

1. Bir cisim durgun halden harekete başlar ve 10 saniye boyunca sabit pozitif bir ivmeye hareket eder. Daha sonra sabit bir hızla hareketini sürdürür. **Aşağıdaki grafiklerden hangisi bu cismin konum-zaman grafiği olabilir?**



2. Paralel yollarda ilerleyen A ve B arabasının **konum-zaman** grafiği yanda verilmiştir. Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

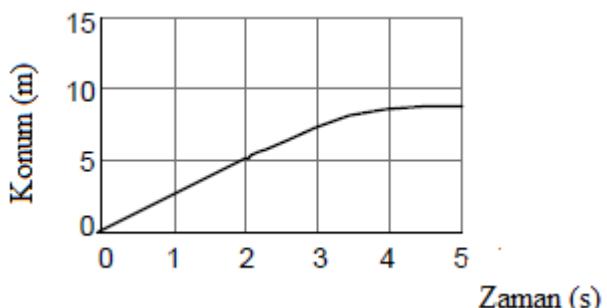
- I.  $t_B$  zamanında iki araba da aynı hızı sahiptir.
- II. Her iki araba da hızlanmaktadır.
- III. A ve B arabaları  $t_B$  zamanından önce herhangi bir anda aynı hızı sahip olurlar
- IV. Grafiğin belli bir noktasında her iki arabanın ivmesi birbirine eşit olur.



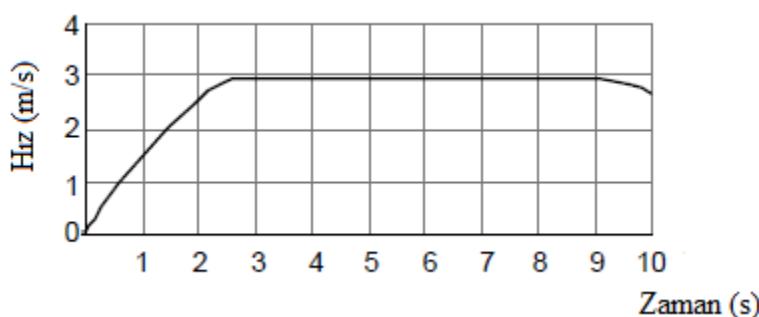
- A) Yalnız I      B) Yalnız III      C) II ve III      D) I, II ve IV      E) II, III ve IV

3. Aşağıda bir cismin **konum-zaman** grafiği verilmiştir. Cismin 2. saniyedeki **hızı** kaç m/s'dir?

- A) 0,4 m/s  
B) 2,0 m/s  
C) 2,5 m/s  
D) 5,0 m/s  
E) 10,0 m/s



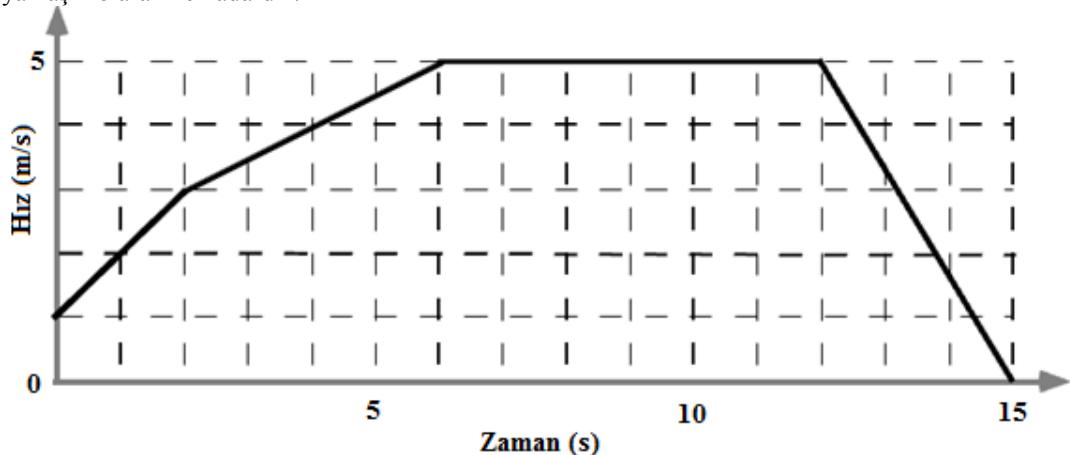
4. Bir cisim aşağıdaki grafiğe göre hareket etmektedir:



Buna göre,  $t=4$  s ile  $t=8$  s zaman aralığında cisim ne kadar **yer değiştirir**?

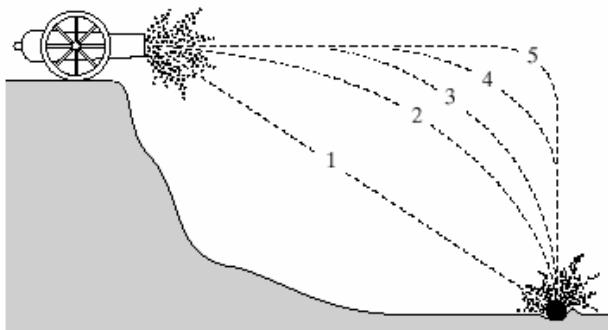
- A) 0,75 m    B) 3,0 m    C) 4,0 m    D) 8,0 m    E) 12,0 m

5. Aşağıda bir cismin **hız-zaman** grafiği verilmiştir. Cismin  $t=0$  ve  $t=6$  s arasındaki ortalama ivmesi yaklaşık olarak ne kadardır?



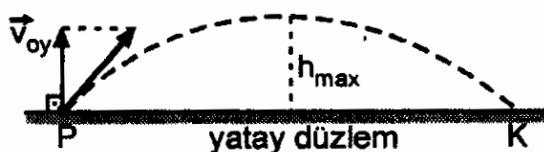
- A)  $3,0 \text{ m/s}^2$       B)  $1,5 \text{ m/s}^2$       C)  $0,83 \text{ m/s}^2$       D)  $0,67 \text{ m/s}^2$   
 E) Soruyu cevaplamak için yeterli bilgi verilmemiştir.

6. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, bir tepenin kenarından bir top ateslenir. 1-5 yollarından hangisi, merminin/güllenin izleyeceği en yakın yoldur?



- A) 1      B) 2      C) 3      D) 4      E) 5

7.



Yerçekimi ivmesinin ( $g$ ) olduğu bir yerde, şekildeki gibi P noktasından eğik atılan bir top ( $t$ ) s sonra K noktasına düşüyor.

**Yalnız ( $g$ ) ve ( $t$ ) bilinenleriyle;**

$h_{\max}$  yüksekliği

$V_{0y}$  (düsey) bileşenin büyüklüğü

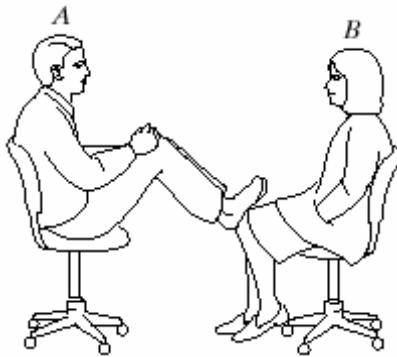
PK uzaklığı

Niceliklerinden hangileri hesaplanabilir?

- A) Yalnız  $h_{\max}$       B)  $V_{0y}$  ve PK      C)  $h_{\max}$  ve PK      D)  $h_{\max}$  ve  $V_{0y}$       E)  $h_{\max}$ ,  $V_{0y}$  ve PK

- 8.** Yandaki şekilde A öğrencisi 75 kg ve B öğrencisi ise 57 kg kütlelidir. Birbirinin aynı ofis sandalyelerinde karşı karşıya oturmaktadırlar. A öğrencisi, şekildeki gibi, ayaklarını B öğrencisinin dizlerine koymuştur. Sonra A öğrencisi birden ayaklarıyla dışarıya doğru iterek, her iki sandalyenin de hareket etmesine neden olur.

**İtme sırasında ve A'nın ayakları B'nin dizine hala dokunmaktadır,**



- A) öğrenciler birbirlerine hiçbir kuvvet uygulamamaktadırlar.
- B) A öğrencisi B öğrencisi üzerine bir kuvvet uygulamakta, fakat B A'ya bir kuvvet uygulamamaktadır.
- C) her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat B daha büyük bir kuvvet uygular.
- D) her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat A daha büyük bir kuvvet uygular.
- E) her iki öğrenci de birbirleri üzerine eşit büyüklükte kuvvet uygulamaktadırlar.

- 9.** Aşağıdaki cisimlerden hangisinin/ hangilerinin **eylemsizliğinden** bahsedilebilir?

- I. Duran bir arabanın
- II. Sabit hızla ilerleyen bir arabanın
- III. Sabit bir ivme ile hızlanan bir arabanın

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II, ve III

- 10.** Aşağıda eylemsizlik ile ilgili verilen yargılardan hangisi doğrudur?

- I. Eylemsizlik bir kuvvettir.
- II. Bir cismin eylemsizliği kütlesi ile doğru orantılıdır.
- III. Eylemsizlik cismin hareket durumuna bağlıdır.

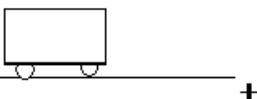
- A ) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

## II. Bölüm

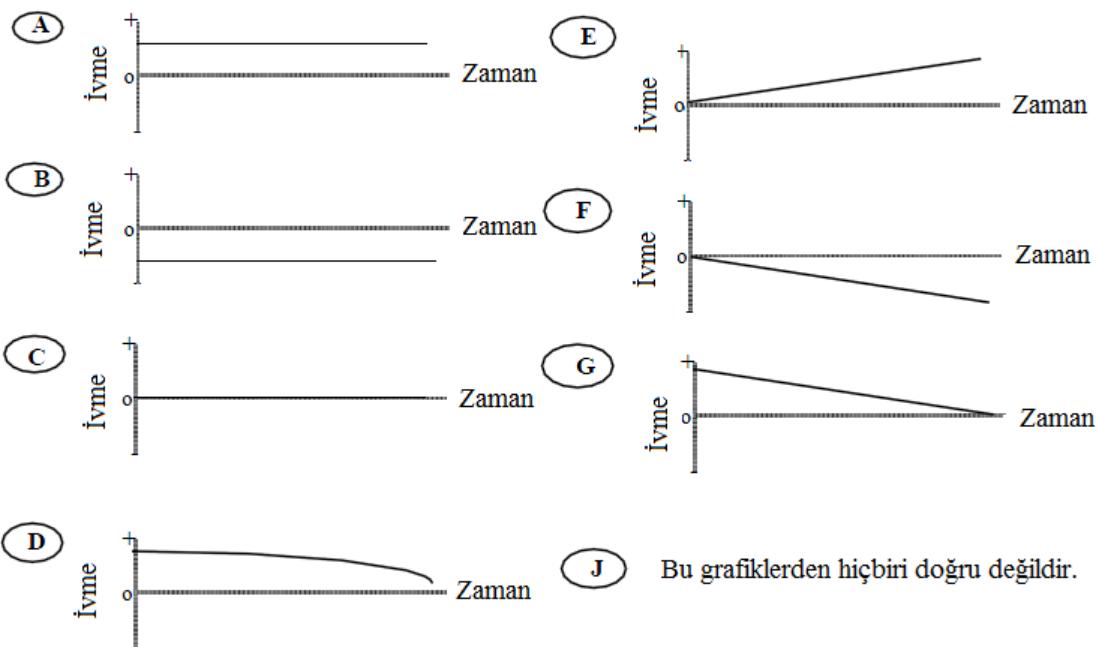
Bu bölüm, 10 adet eşleştirme sorusundan oluşmaktadır. Her soru için bir eşleştirme yapınız. Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

### AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 11-15. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.

Oyuncak bir araba yatay doğru boyunca sağa veya sola hareket edebiliyor. Pozitif yön sağa doğrudur.



Aşağıda arabanın farklı olası hareketleri için ivme-zaman grafikleri (A'dan G'ye) verilmiştir. 11-15 sorularında ise arabanın farklı hareket durumları verilmiştir. Bu hareket durumlarına ait **ivme-zaman** grafiğini belirtmek için A'dan G'ye kadar olan seçeneklerden birini seçiniz ve sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçenek birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir cevap yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız.

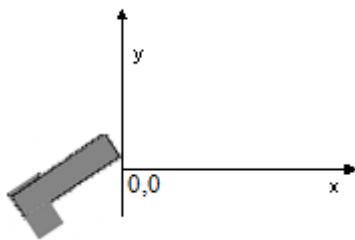


- \_\_\_\_\_ 11. Araba sağa doğru düzgün hızlanarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 12. Araba sağa doğru düzgün yavaşlayarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 13. Araba sola doğru sabit hızla hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 14. Araba sola doğru düzgün hızlanarak hareket ediyor.  
\_\_\_\_\_ 15. Araba sağa doğru sabit hızla hareket ediyor.

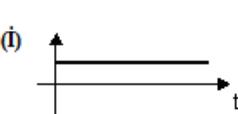
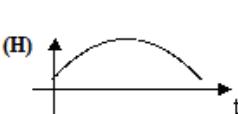
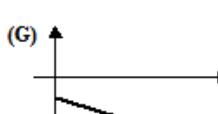
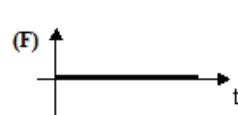
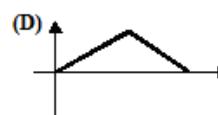
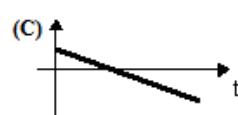
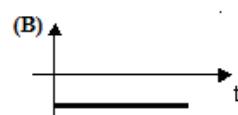
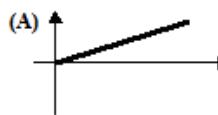
**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 16-20. SORULARINI  
CEVAPLARKEN KULLANINIZ**

Plastik top fırlatan bir silah şekilde görüldüğü gibi belirli bir açı altında ateşleniyor. Havanın sürütme kuvvetini ihmal ediniz.

Topun hareketi ile ilgili aşağıda grafikler verilmiştir. A'dan İ'ye kadar olan grafiklerin yatay ekseni zamanı gösterirken **düşey eksenler belirtilmemiştir.**



Merminin hareketi için **16-20** sorularında verilen her bir nicelige ait grafiği belirtmek için aşağıdaki seçeneklerden (A'dan İ'ye) birini seçiniz ve seçtiğiniz harfi sorunun yanındaki boşluğa yazınız. Bir seçeneği birden fazla kullanabilir ya da hiç kullanmayabilirsiniz; fakat her bir boşluk için sadece bir cevap yazınız. Eğer seçeneklerden hiçbirinin doğru olmadığını düşünüyorsanız sorunun yanındaki boşluğa J seçeneğini yazınız.



\_\_\_\_\_ 16. Düşey eksendeki konum

\_\_\_\_\_ 17. Hızın yatay bileşeni

\_\_\_\_\_ 18. Net kuvvet

\_\_\_\_\_ 19. Hızın düşey bileşeni

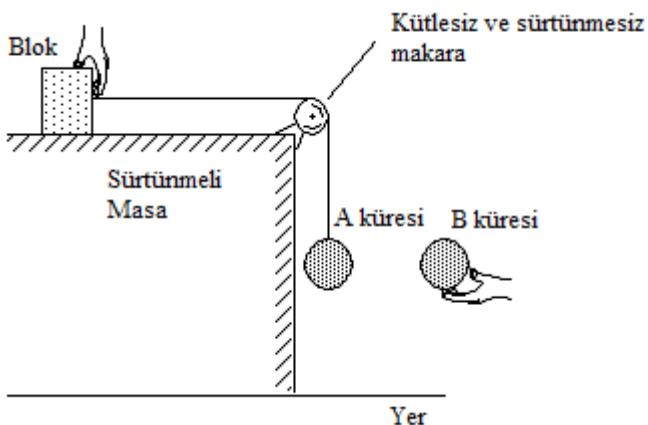
\_\_\_\_\_ 20. Yatay eksendeki konum

### III. Bölüm

Bu bölüm 11 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Her soru için cevaplarınızı kısaca açıklayınız.  
Lütfen tüm soruları cevaplayınız.

#### AŞAĞIDAKI AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 21-23. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ

Bir blok ve bir A külesi şekildeki gibi bir iple sürtünmesiz bir makara üzerinde kayacak şekilde birbirine bağlanıyor ve bir el bloğu kaymaması için tutuyor. İpin ağırlıksız ve esnemediğini varsayıyın. Blok ile masa arası sürtünmelidir. Havanın sürtünme kuvvetini ihmal ediniz.



**El bloğu serbest bıraktığı anda A külesi ile özdeş olan B külesi de serbest bırakılıyor.**

21. B külesi A küresinden önce mi, sonra mi, yoksa aynı anda mı yere çarpar?  
Cevabınızı açıklayınız.

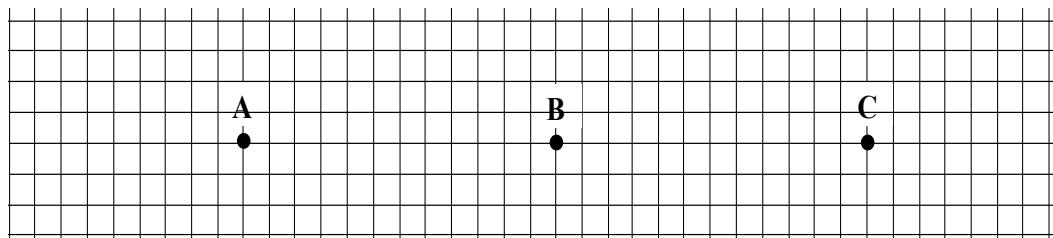
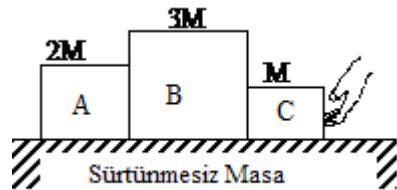
22. Blok serbest bırakılmadan önce, ipteki gerilme kuvveti 10 N dur. Blok serbest bırakıldıktan sonra, ipteki gerilme kuvveti 10 N' dan büyük müdür, 10 N'dan küçük müdür, yoksa 10 N' a eşit midir?  
Cevabınızı açıklayınız.

23. Şimdi deneyi **sürtünmesiz masa** üzerinde tekrarladığınızı düşününüz. Bu durumda B külesi A küresinden önce mi, sonra mı, yoksa aynı anda mı yere çarpar? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMA VE ŞEKLİ 24-26. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**

A, B, C blokları sürtünmesiz bir masa boyunca sola doğru sabit bir kuvvetle itiliyor. A bloğu  $2M$ , B bloğu  $3M$  ve C bloğu  $M$  kütlesine sahiptir.

**24.** Aşağıda verilen **ölçekli alana** her bir bloğa etki eden **net kuvveti** gösteren vektörleri çiziniz. Vektörleri, bloklara etki eden net kuvvetlerin **birbirine göre büyüklüklerini ve yönlerini** dikkate alarak çiziniz.



**25 ve 26. soruları cevaplarken B bloğunun kütlesinin iki katına çıkarıldığını, diğer blokların kütelerinin değiştirilmmediğini ve elin başlangıçtaki sabit kuvveti uyguladığını düşünerek cevaplayınız.**

**25.** A bloğunun ivmesi B bloğunun kütlesi iki katına çıkarıldıktan sonra artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır? Cevabınızı açıklayınız.

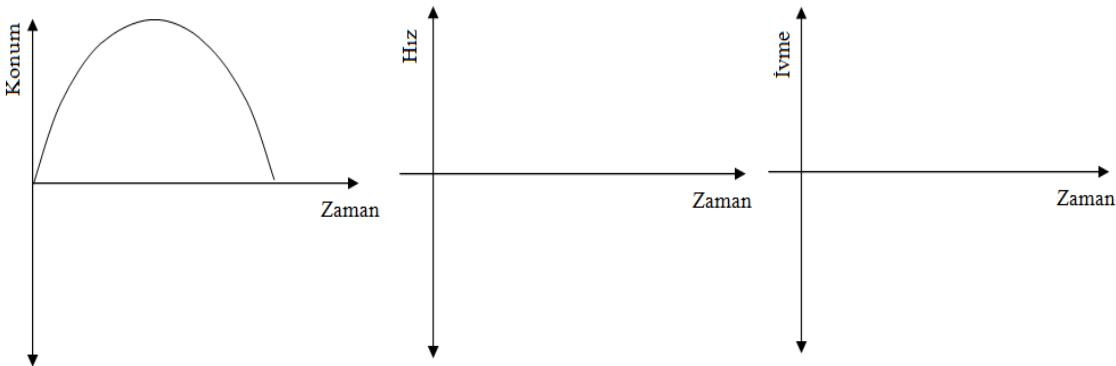
**26.** A bloğuna etki eden net kuvvet B bloğunun kütlesi iki katına çıkarıldıktan sonra artar mı, azalır mı, yoksa aynı mı kalır? Cevabınızı açıklayınız.

**AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 27 ve 28. SORULARINI CEVAPLARKEN KULLANINIZ.**  
Fatma mutfak yerlerini sildikten sonra buzdolabını tekrar yerine itmeye çalışıyor.

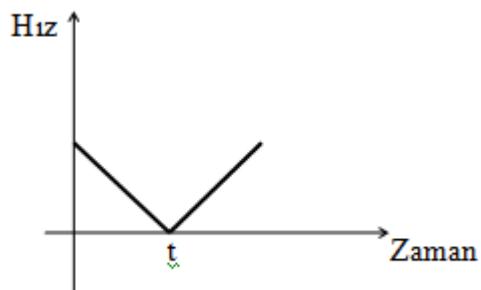
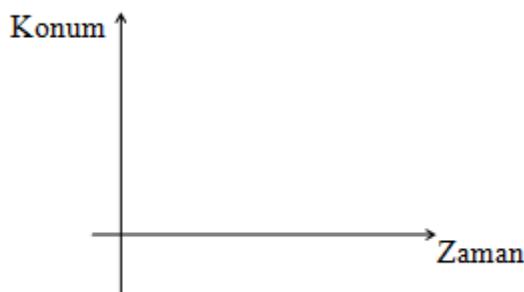
**27.** Fatma buzdolabını itiyor, fakat buzdolabı kimildamıyor. Fatma'nın uyguladığı kuvvetin büyüklüğü buzdolabının Fatma'ya uyguladığı kuvvetten *büyük müdür, küçük müdür yoksa eşit midir?* Cevabınızı açıklayınız.

**28.** Fatma bütün gücüyle ittiğinden sonra buzdolabı sabit hızla hareket etmeye başlıyor. Fatma'nın uyguladığı kuvvetin büyüklüğü buzdolabının Fatma'ya uyguladığı kuvvetten *büyük müdür, küçük müdür yoksa eşit midir?* Cevabınızı açıklayınız.

**29.** Yukarıya doğru atılan bir taşın **konum- zaman** grafiği aşağıdaki gibidir. Bu grafikten yararlanarak taşın hareketinin **hız-zaman** ve **ivme- zaman** grafiklerini çiziniz.



**30.** Hareketli bir arabanın hız- zaman grafiği şekildeki gibidir. Bu grafikten yararlanarak arabanın hareketinin **konum- zaman** grafiğini çiziniz?



**31.** Ali, kestigi kütüğü iple çekerek yola çıkarırken, Newton'un 3. yasasının çekme olayında geçerli olup olmadığını düşünür. Ali, "Newton'un 3. Yasasına göre ben kütüyü ne kadar kuvvetle çekersem kütükte beni o kadar kuvvetle geri çekecek ve zit yönlü bu kuvvetler birbirini yok edeceklerinden kütüğün hareket etmemesi gereklidir. Kütük hareket ettiğine göre Newton'un 3. yasası burada geçerli değildir" diye düşünür.

Ali'nin düşüncesindeki yanlış ne olabilir? Açıklayınız.

## APPENDIX F

### ITEMAN RESULTS FOR THE FMAT-I AND FMAT-II IN THE MAIN STUDY

#### Iteman Results For The FMAT-I

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |                 |                 | Alternative Statistics |                    |                 |                 |                     |
|-------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Point<br>Biser. | Prop.<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Point<br>Biser. | Prop.<br>Biser. | Point<br>Biser. Key |
| ---         | ---            | ---              | ---             | ---             | ---                    | ---                | ---             | ---             | ---                 |
| 1           | 1-1            | 0.581            | 0.377           | 0.299           | A                      | 0.095              | 0.446           | 0.257           |                     |
|             |                |                  |                 |                 | B                      | 0.029              | -0.510          | -0.200          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | C                      | 0.581              | 0.377           | 0.299           | *                   |
|             |                |                  |                 |                 | D                      | 0.162              | -0.437          | -0.291          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | E                      | 0.133              | -0.383          | -0.243          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | Other                  | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
| 2           | 1-2            | 0.505            | 0.125           | 0.100           | A                      | 0.010              | -0.435          | -0.114          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | B                      | 0.010              | -0.549          | -0.144          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | C                      | 0.438              | 0.020           | 0.016           |                     |
|             |                |                  |                 |                 | D                      | 0.505              | 0.125           | 0.100           | *                   |
|             |                |                  |                 |                 | E                      | 0.029              | -0.376          | -0.147          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | Other                  | 0.010              | -0.320          | -0.084          |                     |
| 3           | 1-3            | 0.333            | 0.887           | 0.684           | A                      | 0.048              | -0.295          | -0.137          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | B                      | 0.324              | -0.547          | -0.420          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | C                      | 0.248              | -0.268          | -0.196          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | D                      | 0.333              | 0.887           | 0.684           | *                   |
|             |                |                  |                 |                 | E                      | 0.029              | -0.019          | -0.007          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | Other                  | 0.019              | -0.227          | -0.077          |                     |
| 4           | 1-4            | 0.419            | 0.890           | 0.705           | A                      | 0.495              | -0.811          | -0.647          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | B                      | 0.419              | 0.890           | 0.705           | *                   |
|             |                |                  |                 |                 | C                      | 0.010              | -0.206          | -0.054          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | D                      | 0.038              | 0.168           | 0.072           |                     |
|             |                |                  |                 |                 | E                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | F                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | G                      | 0.019              | -0.290          | -0.098          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | H                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | Other                  | 0.019              | -0.415          | -0.141          |                     |
| 5           | 1-5            | 0.467            | 0.823           | 0.656           | A                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | B                      | 0.400              | -0.754          | -0.595          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | C                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | D                      | 0.467              | 0.823           | 0.656           | *                   |
|             |                |                  |                 |                 | E                      | 0.010              | -0.320          | -0.084          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | F                      | 0.067              | 0.188           | 0.097           |                     |
|             |                |                  |                 |                 | G                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | H                      | 0.000              | -9.000          | -9.000          |                     |
|             |                |                  |                 |                 | Other                  | 0.057              | -0.454          | -0.224          |                     |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |                    |        |                 |       |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|--------------------|--------|-----------------|-------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key   |
| ----        | -----          | -----            | -----  | -----           | -----                  | -----              | -----  | -----           | ----- |
| 6           | 1-6            | 0.343            | 0.831  | 0.644           | A                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.352              | -0.604 | -0.469          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.057              | -0.276 | -0.136          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.343              | 0.831  | 0.644           | *     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.200              | -0.021 | -0.015          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.048              | -0.442 | -0.206          |       |
| 7           | 1-7            | 0.324            | 0.896  | 0.688           | A                      | 0.010              | 0.478  | 0.126           |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.019              | -0.352 | -0.120          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.048              | -0.119 | -0.055          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.029              | -0.197 | -0.077          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.324              | 0.896  | 0.688           | *     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.524              | -0.648 | -0.516          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.048              | -0.354 | -0.165          |       |
| 8           | 1-8            | 0.390            | 0.469  | 0.369           | A                      | 0.057              | 0.004  | 0.002           |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.390              | -0.426 | -0.336          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.019              | -0.039 | -0.013          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.390              | 0.469  | 0.369           | *     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.067              | -0.128 | -0.066          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.076              | 0.011  | 0.006           |       |
| 9           | 1-9            | 0.057            | 0.613  | 0.303           | A                      | 0.010              | -0.206 | -0.054          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.057              | 0.613  | 0.303           | *     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.390              | -0.168 | -0.133          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.019              | 0.463  | 0.157           |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.124              | -0.278 | -0.173          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.190              | 0.202  | 0.140           |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.133              | 0.117  | 0.074           |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.076              | -0.315 | -0.170          |       |
| 10          | 1-10           | 0.267            | 0.801  | 0.595           | A                      | 0.286              | -0.122 | -0.092          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.267              | 0.801  | 0.595           | *     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.057              | -0.073 | -0.036          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.267              | -0.529 | -0.393          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.038              | 0.203  | 0.088           |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.029              | -0.287 | -0.112          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.057              | -0.327 | -0.161          |       |
| 11          | 1-11           | 0.171            | 0.509  | 0.343           | A                      | 0.171              | 0.509  | 0.343           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.029              | -0.153 | -0.060          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.105              | -0.368 | -0.218          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.390              | 0.401  | 0.315           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.038              | -0.430 | -0.186          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.257              | -0.505 | -0.372          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |                    |        |                 |       |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|--------------------|--------|-----------------|-------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key   |
| ----        | -----          | -----            | -----  | -----           | -----                  | -----              | -----  | -----           | ----- |
| 12          | 1-12           | 0.067            | 0.751  | 0.389           | A                      | 0.067              | 0.751  | 0.389           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.010              | -0.092 | -0.024          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.705              | -0.539 | -0.408          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.133              | 0.523  | 0.331           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.010              | -0.435 | -0.114          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.067              | -0.015 | -0.008          |       |
| 13          | 1-13           | 0.448            | 0.574  | 0.457           | A                      | 0.448              | 0.574  | 0.457           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.267              | -0.600 | -0.446          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.067              | 0.481  | 0.249           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.181              | -0.237 | -0.162          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.019              | -0.290 | -0.098          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |
| 14          | 1-14           | 0.114            | 0.728  | 0.442           | A                      | 0.114              | 0.728  | 0.442           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.038              | 0.168  | 0.072           |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.019              | -0.227 | -0.077          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.048              | 0.527  | 0.246           |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.143              | 0.398  | 0.257           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.048              | -0.383 | -0.178          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.571              | -0.598 | -0.474          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.019              | -0.290 | -0.098          |       |
| 15          | 1-15           | 0.095            | 0.859  | 0.495           | A                      | 0.095              | 0.859  | 0.495           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.010              | -0.435 | -0.114          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.800              | -0.364 | -0.255          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.010              | 0.592  | 0.156           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.010              | -0.435 | -0.114          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.057              | -0.174 | -0.086          |       |
| 16          | 1-16           | 0.229            | 0.641  | 0.462           | A                      | 0.229              | 0.641  | 0.462           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.571              | -0.553 | -0.439          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.038              | 0.097  | 0.042           |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.076              | 0.214  | 0.116           |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.029              | 0.070  | 0.027           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.029              | -0.108 | -0.042          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.019              | -0.102 | -0.035          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.010              | -0.320 | -0.084          |       |

**ITEMAN for The FMAT-II**

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |                  |                 | Alternative Statistics |                    |                  |                 |     |
|-------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|--------------------|------------------|-----------------|-----|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser.<br>Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser.<br>Biser. | Point<br>Biser. | Key |
| 1           | 1-1            | 0.477            | 0.574            | 0.458           | A                      | 0.047              | -0.347           | -0.160          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.093              | -0.463           | -0.266          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.075              | -0.253           | -0.136          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.290              | -0.100           | -0.076          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.477              | 0.574            | 0.458           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.019              | -1.000           | -0.350          |     |
| 2           | 1-2            | 0.579            | 0.696            | 0.551           | A                      | 0.159              | -0.114           | -0.076          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.579              | 0.696            | 0.551           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.037              | -0.526           | -0.226          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.093              | -0.348           | -0.200          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.103              | -0.435           | -0.257          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.028              | -1.000           | -0.396          |     |
| 3           | 1-3            | 0.832            | 0.557            | 0.374           | A                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.009              | 0.129            | 0.034           |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.832              | 0.557            | 0.374           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.103              | -0.403           | -0.238          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.037              | -0.290           | -0.125          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.019              | -1.000           | -0.350          |     |
| 4           | 1-4            | 0.916            | 0.634            | 0.353           | A                      | 0.009              | -0.331           | -0.086          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.028              | -0.687           | -0.268          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.019              | -0.111           | -0.037          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.916              | 0.634            | 0.353           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.028              | -0.627           | -0.244          |     |
| 5           | 1-5            | 0.411            | 0.614            | 0.485           | A                      | 0.084              | -0.422           | -0.235          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.168              | -0.266           | -0.179          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.121              | 0.295            | 0.182           |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.411              | 0.614            | 0.485           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.131              | -0.330           | -0.208          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.084              | -0.622           | -0.346          |     |
| 6           | 1-6            | 0.654            | 0.552            | 0.428           | A                      | 0.196              | -0.346           | -0.241          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.654              | 0.552            | 0.428           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.121              | -0.297           | -0.183          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.009              | -0.024           | -0.006          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.019              | -1.000           | -0.350          |     |
| 7           | 1-7            | 0.477            | 0.685            | 0.547           | A                      | 0.196              | -0.352           | -0.246          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.047              | -0.110           | -0.051          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.047              | -0.425           | -0.197          |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.477              | 0.685            | 0.547           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.215              | -0.259           | -0.184          |     |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.019              | -1.000           | -0.350          |     |
| 8           | 1-8            | 0.738            | 0.555            | 0.411           | A                      | 0.000              | -9.000           | -9.000          |     |
|             |                |                  |                  |                 | B                      | 0.037              | -0.054           | -0.023          |     |
|             |                |                  |                  |                 | C                      | 0.028              | 0.091            | 0.036           |     |
|             |                |                  |                  |                 | D                      | 0.178              | -0.518           | -0.353          |     |
|             |                |                  |                  |                 | E                      | 0.738              | 0.555            | 0.411           | *   |
|             |                |                  |                  |                 | Other                  | 0.019              | -1.000           | -0.350          |     |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |                    |        |                 |     |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|--------------------|--------|-----------------|-----|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key |
| ---         | ---            | ---              | ---    | ---             | ---                    | ---                | ---    | ---             | --- |
| 9           | 1-9            | 0.636            | 0.822  | 0.642           | A                      | 0.037              | -0.479 | -0.206          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.103              | -0.210 | -0.124          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.131              | -0.620 | -0.391          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.065              | -0.411 | -0.212          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.636              | 0.822  | 0.642           | *   |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.028              | -0.747 | -0.291          |     |
| 10          | 1-10           | 0.533            | 0.745  | 0.594           | A                      | 0.019              | -0.406 | -0.137          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.533              | 0.745  | 0.594           | *   |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.084              | 0.002  | 0.001           |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.121              | -0.459 | -0.284          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.187              | -0.397 | -0.273          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.056              | -0.697 | -0.342          |     |
| 11          | 1-11           | 0.776            | 0.846  | 0.608           | A                      | 0.776              | 0.846  | 0.608           | *   |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.056              | -0.186 | -0.091          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.009              | -0.714 | -0.186          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.131              | -0.711 | -0.448          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.028              | -0.986 | -0.384          |     |
| 12          | 1-12           | 0.607            | 0.863  | 0.680           | A                      | 0.131              | -0.077 | -0.048          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.607              | 0.863  | 0.680           | *   |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.019              | -0.616 | -0.208          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.037              | -0.266 | -0.114          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.159              | -0.806 | -0.534          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.047              | -0.721 | -0.334          |     |
| 13          | 1-13           | 0.804            | 0.853  | 0.595           | A                      | 0.009              | -0.408 | -0.106          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.140              | -0.663 | -0.426          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.804              | 0.853  | 0.595           | *   |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.009              | -0.561 | -0.146          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.009              | -0.637 | -0.166          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.028              | -0.747 | -0.291          |     |
| 14          | 1-14           | 0.570            | 0.665  | 0.527           | A                      | 0.159              | -0.194 | -0.129          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.570              | 0.665  | 0.527           | *   |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.037              | -0.455 | -0.196          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.168              | -0.534 | -0.359          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.009              | 0.129  | 0.034           |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.056              | -0.407 | -0.200          |     |
| 15          | 1-15           | 0.785            | 0.766  | 0.545           | A                      | 0.121              | -0.660 | -0.407          |     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.785              | 0.766  | 0.545           | *   |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.019              | -0.069 | -0.023          |     |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.009              | -0.714 | -0.186          |     |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.065              | -0.547 | -0.282          |     |

| Seq.<br>No. | Scale<br>-Item | Item Statistics  |        |                 | Alternative Statistics |                    |        |                 |       |
|-------------|----------------|------------------|--------|-----------------|------------------------|--------------------|--------|-----------------|-------|
|             |                | Prop.<br>Correct | Biser. | Point<br>Biser. | Alt.                   | Prop.<br>Endorsing | Biser. | Point<br>Biser. | Key   |
| ----        | -----          | -----            | -----  | -----           | -----                  | -----              | -----  | -----           | ----- |
| 16          | 1-16           | 0.570            | 0.753  | 0.597           | A                      | 0.121              | -0.631 | -0.390          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.028              | -0.328 | -0.128          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.178              | -0.089 | -0.061          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.028              | 0.001  | 0.001           |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.028              | -0.567 | -0.221          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.570              | 0.753  | 0.597           | *     |
|             |                |                  |        |                 | I                      | 0.009              | -0.484 | -0.126          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.037              | -0.927 | -0.399          |       |
| 17          | 1-17           | 0.682            | 0.771  | 0.591           | A                      | 0.037              | -0.431 | -0.185          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.019              | -0.364 | -0.123          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.037              | -0.195 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.047              | -0.406 | -0.188          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.019              | -0.616 | -0.208          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.093              | -0.233 | -0.133          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.009              | -0.714 | -0.186          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.009              | -0.331 | -0.086          |       |
|             |                |                  |        |                 | I                      | 0.682              | 0.771  | 0.591           | *     |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.047              | -0.760 | -0.352          |       |
| 18          | 1-18           | 0.206            | 0.528  | 0.372           | A                      | 0.037              | -0.384 | -0.165          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.206              | 0.528  | 0.372           | *     |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.075              | -0.021 | -0.011          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.065              | -0.109 | -0.056          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.047              | -0.012 | -0.005          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.290              | 0.001  | 0.001           |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.009              | 0.359  | 0.094           |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.093              | -0.302 | -0.173          |       |
|             |                |                  |        |                 | I                      | 0.112              | -0.008 | -0.005          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.065              | -0.457 | -0.235          |       |
| 19          | 1-19           | 0.421            | 0.713  | 0.564           | A                      | 0.047              | -0.130 | -0.060          |       |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.037              | -0.313 | -0.135          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.421              | 0.713  | 0.564           | *     |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.159              | -0.162 | -0.107          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.084              | -0.260 | -0.145          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.037              | 0.017  | 0.007           |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.037              | -0.195 | -0.084          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.103              | -0.253 | -0.149          |       |
|             |                |                  |        |                 | I                      | 0.037              | -0.313 | -0.135          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.037              | -0.927 | -0.399          |       |
| 20          | 1-20           | 0.645            | 0.828  | 0.644           | A                      | 0.645              | 0.828  | 0.644           | *     |
|             |                |                  |        |                 | B                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | C                      | 0.000              | -9.000 | -9.000          |       |
|             |                |                  |        |                 | D                      | 0.028              | -0.418 | -0.163          |       |
|             |                |                  |        |                 | E                      | 0.019              | -0.574 | -0.194          |       |
|             |                |                  |        |                 | F                      | 0.084              | -0.360 | -0.200          |       |
|             |                |                  |        |                 | G                      | 0.028              | -0.537 | -0.209          |       |
|             |                |                  |        |                 | H                      | 0.103              | -0.274 | -0.162          |       |
|             |                |                  |        |                 | I                      | 0.056              | -0.356 | -0.175          |       |
|             |                |                  |        |                 | Other                  | 0.037              | -0.927 | -0.399          |       |

## **APPENDIX G**

### **KEYS FOR THE OBJECTIVE TYPE QUESTION IN THE FMAT-I AND II**

#### **The FMAT-I**

1. C
2. D
3. D
4. B
5. D
6. F
7. F
8. D
9. B
10. B
11. A
12. A
13. A
14. A
15. A
16. A
20. G

#### **The FMAT-II**

1. E
2. B
3. C
4. E
5. D
6. B
7. D
8. E
9. E
10. B
11. A
12. B
13. C
14. B
15. C
16. H
17. I
18. B
19. C
20. A

## APPENDIX H1

### THE GENERAL ANALYTIC SCORING FRAMEWORK

| Coding | Category   | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
|--------|--|--|------------|-------|
| A      | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.                     | Soruyu doğru olarak yanıtlayıp açıklamayı formül kullanarak yapar  | A1         | 3     |
|        |  | Soruyu doğru olarak yanıtlayıp açıklamayı formül kullanmadan yapar.  | A2         | 3     |
| B      | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama her ikisinde ya da ikisinden birinde hata yapar. | Cevabı yanlış yazıp doğru açıklama yapar   | B1         | 2     |
|        |  | Cevabı doğru olarak yazar ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2         | 2     |
|        |  | Cevabı doğru olarak yazıp, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B3         | 1.25  |
|        |  | Cevabı doğru olarak yazıp açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4         | 1     |
|        |  | Cevabı yanlış yazar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B5         | 0.25  |
| C      | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar.  | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|        |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabi oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                               | C2         | 1     |
|        |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3         | 0.25  |
|        |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4         | 0     |
|        |  | Doğru cevap verir.   | C5         | 1     |
|        |  | Yanlış cevap verir   | C6         | 0     |
| D      | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır.         | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1         | 0     |
|        |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2         | 0     |

## APPENDIX H2

### SCORING RUBRICS FOR THE OPEN-ENDED QUESTION IN THE FMAT-I

| <b>Question 17</b> |  |  |                   |              |
|--------------------|--|--|-------------------|--------------|
| <b>Coding</b>      | <b>Category</b>  | <b>Sub-Category</b>  | <b>Sub-Coding</b> | <b>Score</b> |
| A                  | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.                     | Bati cevabını yazar ve B aracının batıya doğru gidiyormuş gibi göründüğünü bağıl hız formülünü kullanarak açıklar.                                       | A1                | 3            |
|                    |  | Bati cevabını yazar ve B aracının batıya doğru gidiyormuş gibi göründüğünü bağıl hız formülünü kullanmadan açıklar.                                      | A2                | 3            |
| B                  | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama her ikisinde ya da ikisinden birinde hata yapar. | Bati cevabından farklı bir cevap verir ama doğru açıklama yapar.   | B1                | 2            |
|                    |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2                | 2            |
|                    |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                     | B3                | 1.25         |
|                    |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4                | 1            |
|                    |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B5                | 0.25         |
| C                  | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1                | 2            |
|                    |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                         | C2                | 1            |
|                    |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3                | 0.25         |
|                    |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4                | 0            |
|                    |  | Bati cevabını verir.   | C5                | 1            |
|                    |  | Yanlış cevap verir   | C6                | 0            |
| D                  | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanıtsız bırakır.         | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1                | 0            |
|                    |  | Soruyu yanıtsız bırakır.   | D2                | 0            |

| Question 18 |  |  |            |       |
|-------------|--|--|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.                     | Bati cevabını yazar ve B aracının batıya doğru gidiyormuş gibi göründüğünü bağıl hız formülünü kullanarak açıklar.                                       | A1         | 3     |
|             |  | Bati cevabını yazar ve B aracının batıya doğru gidiyormuş gibi göründüğünü bağıl hız formülünü kullanmadan açıklar.                                      | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama her ikisinde ya da ikisinden birinde hata yapar. | Bati cevabından farklı bir cevap verir ama doğru açıklama yapar.   | B1         | 2     |
|             |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2         | 2     |
|             |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                     | B3         | 1.25  |
|             |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4         | 1     |
|             |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                         | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4         | 0     |
|             |  | Bati cevabını verir.   | C5         | 1     |
|             |  | Yanlış cevap verir   | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır.         | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1         | 0     |
|             |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2         | 0     |

| <b>Question 19</b> |  |  |                   |              |
|--------------------|--|--|-------------------|--------------|
| <b>Coding</b>      | <b>Category</b>  | <b>Sub-Category</b>  | <b>Sub-Coding</b> | <b>Score</b> |
| A                  | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.                     | Bati cevabını yazar ve B aracının batıya doğru gidiyormuş gibi göründüğünü bağıl hız formülünü kullanarak açıklar.                                       | A1                | 3            |
|                    |  | Bati cevabını yazar ve B aracının batıya doğru gidiyormuş gibi göründüğünü bağıl hız formülünü kullanmadan açıklar.                                      | A2                | 3            |
| B                  | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama her ikisinde ya da ikisinden birinde hata yapar. | Bati cevabından farklı bir cevap verir ama doğru açıklama yapar.   | B1                | 2            |
|                    |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2                | 2            |
|                    |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                     | B3                | 1.25         |
|                    |  | Bati cevabını yazar ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4                | 1            |
|                    |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B5                | 0.25         |
| C                  | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1                | 2            |
|                    |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                         | C2                | 1            |
|                    |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3                | 0.25         |
|                    |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4                | 0            |
|                    |  | Bati cevabını verir.   | C5                | 1            |
|                    |  | Yanlış cevap verir   | C6                | 0            |
| D                  | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır.         | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1                | 0            |
|                    |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2                | 0            |

| <b>Question 21</b> |  |  |                   |              |
|--------------------|--|--|-------------------|--------------|
| <b>Coding</b>      | <b>Category</b>  | <b>Sub-Category</b>  | <b>Sub-Coding</b> | <b>Score</b> |
| A                  | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | Kuvvetlerin eşit olduğunu söyler. Hız değişimi(ivme) ve net kuvvet arasındaki ilişkiyi formül kullanarak açıklar.                | A1                | 3            |
|                    |  | Kuvvetlerin eşit olduğunu söyler. Hız değişimi(ivme) ve net kuvvet arasındaki ilişkiyi formül kullanmadan açıklar.               | A2                | 3            |
| B                  | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Eşit cevabından farklı bir cevap verir ama doğru açıklama yapar  | B1                | 2            |
|                    |  | Kuvvetlerin eşit olduğunu söyler ama hız değişimi(ivme) ve net kuvvet arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklamaz.                  | B2                | 2            |
|                    |  | Kuvvetlerin eşit olduğunu söyleyip, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır. | B3                | 1.25         |
|                    |  | Kuvvetlerin eşit olduğunu söyler ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar                                       | B4                | 1            |
|                    |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                | B5                | 0.25         |
| C                  | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Soruya cevap olacak hız değişimi(ivme) ve net kuvvet arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklar.                                     | C1                | 2            |
|                    |  | Soruya cevap olacak hız değişimi(ivme) ve net kuvvet arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklamaz.                                   | C2                | 1            |
|                    |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                     | C3                | 0.25         |
|                    |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4                | 0            |
|                    |  | Kuvvetlerin eşit olduğunu söyler.  | C5                | 1            |
|                    |  | Yanlış cevap verir   | C6                | 0            |
| D                  | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1                | 0            |
|                    |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2                | 0            |

| Question 22   |        |   |
|---------------|--------|---|
| Score         | Coding | Category  |
| 1+2=3         | A      | Blok üzerine etki eden 4 kuvveti belirler ve kuvvetleri, kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar. |
| 1+1.5=2.5     | B      | 4 kuvvetin ismini yazar, 3 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 0.75+1.5=2.25 | C      | 3 kuvvetin ismini yazar, 3 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 1+1=2         | D      | 4 kuvvetin ismini yazar, 2 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 0.75+1=1.75   | E      | 3 kuvvetin ismini yazar, 2 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 1+0.5=1.5     | F      | 4 kuvvetin ismini yazar, 1 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 0.5+1=1.5     | G      | 2 kuvvetin ismini yazar, 2kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                                |
| 0.75+0.5=1.25 | H      | 3 kuvvetin ismini yazar, 1 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 1             | I      | 4 kuvvetin ismini yazar   |
| 0.5+0.5=1     | J      | 2 kuvvetin ismini yazar, 1 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 0.75          | K      | 3 kuvvetin ismini yazar   |
| 0.25+0.5=0.75 | L      | 1 kuvvetin ismini yazar, 1 kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek veya kitabı betimlemesini vererek tanımlar.                               |
| 0.5           | M      | 2 kuvvetin ismini yazar   |
| 0.25          | N      | 1 kuvvetin ismini yazar   |
| 0             | O      | Soruya verilen yanlış yanıtlar  |
| 0             | Q      | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanlış yanıtlar  |
| 0             | R      | Yanıtsız.   |

| Question 23   |        |  |
|---------------|--------|--|
| Score         | Coding | Category   |
| 3             | A      | Blok üzerine etki eden 4 kuvveti kuvvetin türü, kuvvetin uygulandığı cisim ve kuvveti uygulayan cismi dikkate alarak etiketler ve kuvvetleri blok üzerinde çizer. [Burada sadece kuvvet türünü (yani sadece T, G, f vb harflerini kullanma) gösterecek şekilde yapılan etiketlendirmeler de doğru kabul edilir.] |
| 1+1.5=2.5     | B      | 4 kuvveti etiketlendirir, 3 nü cisim üzerinde gösterir   |
| 0.75+1.5=2.25 | C      | 3 kuvveti etiketlendirir, 3 nü cisim üzerinde gösterir   |
| 0.5+1=1.5     | D      | 2 kuvveti etiketlendirir, 2 ni cisim üzerinde gösterir   |
| 0.5+0.5=1     | E      | 2 kuvveti etiketlendirir1 ni cisim üzerinde gösterir   |
| 0.25+0.5=0.75 | F      | 1 kuvveti etiketlendirir1 ni cisim üzerinde gösterir   |
| 1             | G      | 4 kuvveti etiketlendirir   |
| 0.75          | H      | 3 kuvveti etiketlendirir   |
| 0.5           | I      | 2 kuvveti etiketlendirir.  |
| 0.25          | J      | 1 kuvveti etiketlendirir.  |
| 0             | K      | Soruya verilen yanlış yanıtlar   |
| 0             | L      | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanlış yanıtlar   |
| 0.75+1=1.75   | M      | 3 kuvveti etiketlendirir, 2 ni cisim üzerinde gösterir   |
| 0             | N      | Yanıtsız.  |

| Question 24    |        |  |
|----------------|--------|--|
| Score          | Coding | Category   |
| 3              | A      | Blok üzerinde etki eden 4 kuvveti kuvvetin türü, kuvvetin uygulandığı cisim ve kuvveti uygulayan cismi dikkate alarak etiketler ve kuvvetleri blok üzerinde çizer. [Burada sadece kuvvet türünü (yani sadece T, G, f vb harflerini kullanma) gösterecek şekilde yapılan etiketlendirmelerde doğru kabul edilir.] |
| 1+1.5=2.5      | B      | 4 kuvveti etiketlendirir, 3 nü cisim üzerinde gösterir.  |
| 0.75+1.5= 2.25 | C      | 3 kuvveti etiketlendirir, 3 nü cisim üzerinde gösterir.  |
| 0.5+1=1.5      | D      | 2 kuvveti etiketlendirir, 2 ni cisim üzerinde gösterir.  |
| 0.5+0.5=1      | E      | 2 kuvveti etiketlendirir 1 ni cisim üzerinde gösterir.   |
| 0.25+0.5=0.75  | F      | 1 kuvveti etiketlendirir 1 ni cisim üzerinde gösterir.   |
| 1              | G      | 4 kuvveti etiketlendirir.  |
| 0.75           | H      | 3 kuvveti etiketlendirir.  |
| 0.5            | I      | 2 kuvveti etiketlendirir.  |
| 0.25           | J      | 1 kuvveti etiketlendirir.  |
| 0              | K      | Soruya verilen yanlış yanıtlar   |
| 0              | L      | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanlış yanıtlar   |
| 0.75+1=1.75    | M      | 3 kuvveti etiketlendirir, 2 ni cisim üzerinde gösterir.  |
| 0              | N      | Yanıtsız.  |

| Question 25 |  |   |            |       |
|-------------|--|---|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category  | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | Nehr durgunken karşıya geçme süresinin, nehir akarken karşıya geçme süresinden daha küçük olduğunu söyley ve açıklamasını motorun her iki durumda nehre göre hızını karşılaştırarak yapar.      | A1         | 3     |
|             |  | Nehr durgunken karşıya geçme süresinin, nehir akarken karşıya geçme süresinden daha küçük olduğunu söyley ve açıklamasını motorun her iki durumda nehre göre aldığı yolu karşılaştırarak yapar. | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama doğru açıklama yapar   | B1         | 2     |
|             |  | Karşılaştırmayı doğru yapar ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                                | B2         | 2     |
|             |  | Karşılaştırmayı doğru yapar, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B3         | 1.25  |
|             |  | Karşılaştırmayı doğru yapar ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | B4         | 1     |
|             |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.   | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.  | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | C4         | 0     |
|             |  | Nehr durgunken karşıya geçme süresinin, nehir akarken karşıya geçme süresinden daha küçük olduğunu söyley.  | C5         | 1     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruya yanıtsız bırakır. | Yanlış cevap verir  | C6         | 0     |
|             |  | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | D1         | 0     |
|             |  | Soruya yanıtsız bırakır.  | D2         | 0     |

| Question 26 |   |  |            |       |
|-------------|---|--|------------|-------|
| Coding      | Category  | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.            | Nehir durgunken karşıya geçme süresinin, nehir akarken karşıya geçme süresine eşit olduğunu söyley ve açıklamasını motorun her iki durumdaki nehre göre hızını karşılaştırarak yapar.      | A1         | 3     |
|             |   | Nehir durgunken karşıya geçme süresinin, nehir akarken karşıya geçme süresine eşit olduğunu söyley ve açıklamasını motorun her iki durumdaki nehre göre aldığı yolu karşılaştırarak yapar. | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.          | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama doğru açıklama yapar  | B1         | 2     |
|             |   | Karşılaştırmayı doğru yapar ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                           | B2         | 2     |
|             |   | Karşılaştırmayı doğru yapar, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B3         | 1.25  |
|             |   | Karşılaştırmayı doğru yapar ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | B4         | 1     |
|             |   | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar  | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |   | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.   | C2         | 1     |
|             |   | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır  | C3         | 0.25  |
|             |   | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | C4         | 0     |
|             |   | Nehir durgunken karşıya geçme süresinin, nehir akarken karşıya geçme süresine eşit olduğunu söyley.  | C5         | 1     |
|             |   | Yanlış cevap verir.  | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanıtız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | D1         | 0     |
|             |   | Soruyu yanıtız bırakır.  | D2         | 0     |

| Question 27 |  |   |            |       |
|-------------|--|---|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category  | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | Ağır olan paraşütünün daha geç limit hızla ulaştığını söyler açıklamayı formül kullanarak yapar   | A1         | 3     |
|             |  | Ağır olan paraşütünün daha geç limit hızla ulaştığını söyler açıklamayı formül kullanmadan yapar.   | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Cevabı yanlış yazıp doğru açıklama yapar  | B1         | 2     |
|             |  | Ağır olan paraşütünün daha geç limit hızla ulaştığını söyler ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2         | 2     |
|             |  | Ağır olan paraşütünün daha geç limit hızla ulaştığını söyler, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B3         | 1.25  |
|             |  | Ağır olan paraşütünün daha geç limit hızla ulaştığını söyler açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4         | 1     |
|             |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.   | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.  | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır   | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | C4         | 0     |
|             |  | Ağır olan paraşütünün daha geç limit hızla ulaştığını söyler.   | C5         | 1     |
|             |  | Yanlış cevap verir.   | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | D1         | 0     |
|             |  | Soruyu yanitsız bırakır.  | D2         | 0     |

### APPENDIX H3

#### SCORING RUBRICS FOR THE OPEN-ENDED QUESTION IN THE FMAT-II

| Question 21 |  |  |            |       |
|-------------|--|--|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | B küresinin daha önce düştüğünü söyler. A ve B kurelerinin ivmelerini, kurelerin üzerine etki eden net kuvvetleri kullanarak hesaplar. | A1         | 3     |
|             |  | B küresinin daha önce düştüğünü söyler. Sistemin ivmesinden yola çıkarak A küresinin ivmesine ulaşır.                                  | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama doğru açıklama yapar.   | B1         | 2     |
|             |  | B küresinin daha önce düştüğünü söyler ama açıklamasını eksik yapar.   | B2         | 2     |
|             |  | Bkülesi daha önce düştüğünü söyler. Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.       | B3         | 1.25  |
|             |  | B küresinin daha önce düştüğünü söyler ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar                                       | B4         | 1     |
|             |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                      | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.       | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır  | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | C4         | 0     |
|             |  | Bkülesi daha önce düştüğünü söyler.  | C5         | 1     |
|             |  | Yanlış cevap verir.  | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanıtsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1         | 0     |
|             |  | Soruyu yanıtsız bırakır.   | D2         | 0     |

| Question 22 |   |  |            |       |
|-------------|---|--|------------|-------|
| Coding      | Category  | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.            | Sistem hareketliyken T gerilmesinin daha küçük olduğunu söyler. Sistem durgunken ve hareketliyken T gerilme kuvvetlerinin büyüklüklerini formül kullanarak hesaplar.   | A1         | 3     |
|             |   | Sistem hareketliyken T gerilmesinin daha küçük olduğunu söyler. Sistem durgunken ve hareketliyken T gerilme kuvvetlerinin büyüklüklerini formül kullanmadan karşılaştırır.   | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.          | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama doğru açıklama yapar  | B1         | 2     |
|             |   | Bırakıldıktan sonra sitemin bir ivme sahip olduğunu ve ivme artışının T gerilmesini azalttığını söyler ama bu azalmanın nasıl olduğunu açıklamaz. (İç kuvvetlerin sistemin ivmesinden etkilendiğini fark eder, ama nasıl etkilediğini açıklamaz) | B2         | 2     |
|             |   | Sistem hareketliyken T gerilmesinin daha küçük olduğunu söyler, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B3         | 1.25  |
|             |   | Sistem hareketliyken T gerilmesinin daha küçük olduğunu söyler, açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | B4         | 1     |
|             |   | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar.   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |   | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.   | C2         | 1     |
|             |   | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3         | 0.25  |
|             |   | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | C4         | 0     |
|             |   | Sistem hareketliyken T gerilmesinin daha küçük olduğunu söyler.  | C5         | 1     |
|             |   | Yanlış cevap verir   | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanıtız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1         | 0     |
|             |   | Soruyu yanıtız bırakır.  | D2         | 0     |

| Question 23 |  |  |            |       |
|-------------|--|--|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | B küresinin ivmesi daha büyük olduğundan daha erken düşeceğini söyler. A ve B kürelerinin ivmelerini kärelerin üzerine etki eden net kuvvetleri kullanarak hesaplar. | A1         | 3     |
|             |  | B küresinin ivmesi daha büyük olduğundan daha erken düşeceğini söyler. Sistemin ivmesinden yola çıkarak A küresinin ivmesini hesaplar.                               | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama doğru açıklama yapar.   | B1         | 2     |
|             |  | B küresinin daha erken düşeceğini söyler. A küresinin daha sonra düşeceğini bloğun veya ipin varlığına bağlar ama dinamik yasalarını kullanmaz.                      | B2         | 2     |
|             |  | B küresinin daha erken düşeceğini söyler, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                               | B3         | 1.25  |
|             |  | B küresinin daha erken düşeceğini söyler ama açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | B4         | 1     |
|             |  | Karşılaştırmayı yanlış yapar ama açıklamasında cevabı oluşturan kavramlara yer verir.  | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabi oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.                                     | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | C4         | 0     |
|             |  | B küresinin daha erken düşeceğini söyler.  | C5         | 1     |
|             |  | Yanlış cevap verir.  | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1         | 0     |
|             |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2         | 0     |

| Question 24 |        |   |
|-------------|--------|---|
| Score       | Coding | Category  |
| 3           | A      | Bloklara etki eden 3 net kuvveti, yön ve birbirine göre büyüklüklerini dikkate alarak çizer.  |
| 2.5         | B      | Bloklara etki eden 3 net kuvvetin yönü doğru çizer, ama 1nin büyülüğünü yanlış çizer.         |
| 2.5         | C      | Bloklara etki eden 3 net kuvvetin büyülüklərini doğru çizer, ama 1 nin yönünü yanlış çizer.   |
| 2           | D      | Bloklara etki eden 3 net kuvvetin büyülüklərini doğru çizer, ama 2 sinin yönünü yanlış çizer. |
| 1.5         | E      | Bloklara etki eden 3 net kuvvetin büyülüğünü doğru çizer, 3 nün yönünü yanlış çizer.          |
| 2           | F      | Bloklara etki eden 2 net kuvvetin büyülüğünü doğru çizer, 1nin yönünü yanlış çizer.           |
| 1.5         | G      | Bloklara etki eden 2 net kuvvetin büyülüğünü doğru çizer, 2 sinin yönünü yanlış çizer.        |
| 1.5         | H      | Bloklara etki eden 3 net kuvvetin yönü doğru çizer, ama 3 nün büyülüğünü yanlış çizer.        |
| 1           | I      | Bloklara etki eden 2 net kuvvetin yönü doğru çizer, ama 3 nün büyülüğünü yanlış çizer.        |
| 1           | J      | Bloklara etki eden 2 net kuvvetin büyülüğünü doğru çizer, 3nun yönünü yanlış çizer.           |
| 0.5         | K      | Bloklara etki eden 1 net kuvvetin yönünü doğru 3 nün büyülüğünü yanlış çizer.                 |
| 0           | L      | Soruya verilen yanlış yanıtlar  |
| 0           | M      | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanıtlar   |
| 0           | N      | Yanıtsız  |

| Question 25 |  |  |            |       |
|-------------|--|--|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | A bloğunun ivmesinin azalacağını söyle. Nedenini formül kullanarak açıklar.  | A1         | 3     |
|             |  | A bloğunun ivmesinin azalacağını söyle. Nedenini formül kullanmadan açıklar.   | A2         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Cevabı yanlış yazıp doğru açıklama yapar   | B1         | 2     |
|             |  | Sistemin toplam kütle artışının A bloğunun ivmesini azaltacağını doğru tahmin eder ve değişimin kütle, kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiyi gösteren formülden olduğunu belirtir ama neden olduğunu açıklamaz. | B2         | 2     |
|             |  | A bloğunun ivmesinin azalacağını söyle, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır  | B3         | 1.25  |
|             |  | A bloğunun ivmesinin azalacağını söyle açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | B4         | 1     |
|             |  | Cevabı yanlış yazar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.   | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | C4         | 0     |
|             |  | A bloğunun ivmesinin azalacağını söyle.  | C5         | 1     |
|             |  | Yanlış cevap verir.  | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanıtsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | D1         | 0     |
|             |  | Soruyu yanıtsız bırakır.   | D2         | 0     |

| <b>Question 26</b> |  |   |                   |              |
|--------------------|--|---|-------------------|--------------|
| <b>Coding</b>      | <b>Category</b>  | <b>Sub-Category</b>   | <b>Sub-Coding</b> | <b>Score</b> |
| A                  | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | Sitemin kültlesi artıktan sonra A bloğuna etki eden net kuvvetin azaldığını doğru olarak tahmin eder açıklamayı formül kullanarak yapar.  | A1                | 3            |
|                    |  | Sitemin kültlesi artıktan sonra A bloğuna etki eden net kuvvetin azaldığını doğru olarak tahmin eder açıklamayı formül kullanmadan yapar.   | A2                | 3            |
| B                  | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Cevabı yanlış yazıp doğru açıklama yapar  | B1                | 2            |
|                    |  | A bloğuna etki eden net kuvvetin azalacağını söyler ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabi oluşturan tüm kavram ve kavramlar arşındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2                | 2            |
|                    |  | A bloğuna etki eden net kuvvetin azalacağını söyler, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.                                       | B3                | 1.25         |
|                    |  | A bloğuna etki eden net kuvvetin azalacağını söyler ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4                | 1            |
|                    |  | Cevabı yanlış yazar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır   | B5                | 0.25         |
| C                  | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.   | C1                | 2            |
|                    |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabi oluşturan tüm kavram ve kavramlar arşındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.   | C2                | 1            |
|                    |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | C3                | 0.25         |
|                    |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | C4                | 0            |
|                    |  | A bloğuna etki eden net kuvvetin azalacağını söyler.  | C5                | 1            |
|                    |  | Yanlış cevap verir  | C6                | 0            |
| D                  | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | D1                | 0            |
|                    |  | Soruyu yanitsız bırakır.  | D2                | 0            |

| Question 27 |  |  |            |       |
|-------------|--|--|------------|-------|
| Coding      | Category   | Sub-Category   | Sub-Coding | Score |
| A           | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler ve nedenini açıklar.   | A1         | 3     |
| B           | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Eşit dışında farklı bir cevap verir ama doğru açıklama yapar   | B1         | 2     |
|             |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2         | 2     |
|             |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır   | B3         | 1.25  |
|             |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | B4         | 1     |
|             |  | Eşit dışında farklı bir cevap verir ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır  | B5         | 0.25  |
| C           | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1         | 2     |
|             |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabi oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.   | C2         | 1     |
|             |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3         | 0.25  |
|             |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4         | 0     |
|             |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler.   | C5         | 1     |
|             |  | Yanlış cevap verir   | C6         | 0     |
| D           | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar   | D1         | 0     |
|             |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2         | 0     |

| <b>Question 28</b> |  |  |                   |              |
|--------------------|--|--|-------------------|--------------|
| <b>Coding</b>      | <b>Category</b>  | <b>Sub-Category</b>  | <b>Sub-Coding</b> | <b>Score</b> |
| A                  | Sorunun cevabını doğru olarak yazar ve açıklamasını eksiksiz olarak yapar.             | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler ve nedenini açıklar.   | A1                | 3            |
| B                  | Hem cevabı yazıp hem de açıklamayı yapar, ama ikisinden birin de hata yapar.           | Eşit dışında farklı bir cevap verir ama doğru açıklama yapar.  | B1                | 2            |
|                    |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler ama açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir. | B2                | 2            |
|                    |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler, açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.  | B3                | 1.25         |
|                    |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.   | B4                | 1            |
|                    |  | Eşit dışında farklı bir cevap verir ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | B5                | 0.25         |
| C                  | Cevap ve açıklamadan herhangi birini yapar   | Açıklamayı eksiksiz olarak doğru yapar.  | C1                | 2            |
|                    |  | Açıklamayı eksik yapar yani açıklamasında cevabı oluşturan tüm kavram ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bir kısmına yer verir.   | C2                | 1            |
|                    |  | Açıklamayı yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   | C3                | 0.25         |
|                    |  | Açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar  | C4                | 0            |
|                    |  | Buzdolabının Fatma ya eşit kuvvet uygulayacağını söyler.   | C5                | 1            |
|                    |  | Yanlış cevap verir.  | C6                | 0            |
| D                  | Cevap ve açıklamanın her ikisini de tamamen yanlış yapar veya soruyu yanitsız bırakır. | Cevabı yanlış yapar ve açıklamayı ilgisiz kavramları kullanarak yanlış yapar.  | D1                | 0            |
|                    |  | Soruyu yanitsız bırakır.   | D2                | 0            |

| <b>Question 29</b> |               |  |
|--------------------|---------------|--|
| <b>Score</b>       | <b>Coding</b> | <b>Category</b>  |
| 3                  | A             | Konum-zaman grafiğinden yaralanarak hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerinin ikisini de doğru olarak çizer. |
| 2                  | B             | Hız grafiğini doğru çizer, ivme grafiğini bir kısmını doğru çizer.                                       |
|                    | C             | İvme grafiğini doğru çizer, hız grafiğini bir kısmını doğru çizer.                                       |
| 1.5                | D             | Hız grafiğini doğru çizer, ivme grafiğini yanlış çizer.  |
|                    | E             | İvme grafiğini doğru çizer, hız grafiğini yanlış çizer.  |
| 1                  | F             | Hız ve ivme grafiklerinin bir kısmını doğru çizer.   |
| 0.5                | G             | Hız grafiğini bir kısmını doğru çizer.   |
| 0.5                | H             | İvme grafiğini bir kısmını doğru çizer.  |
| 0                  | J             | Soruya verilen yanlış yanıtlar.  |
| 0                  | K             | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanıtlar.   |
| 0                  | L             | Yanıtsız.  |

| <b>Question 30</b> |               |   |
|--------------------|---------------|---|
| <b>Score</b>       | <b>Coding</b> | <b>Category</b>   |
| 3                  | A             | Hız-zaman grafiğini kullanarak konum-zaman grafiğini doğru olarak çizer.                  |
| 1.5                | B             | Konum-zaman grafiğinin “t” anından önce veya sonra olan kısımlarından birini doğru çizer. |
| 0                  | C             | Soruya verilen yanlış yanıtlar  |
| 0                  | D             | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanıtlar   |
| 0                  | E             | Yanıtsız.   |

| <b>Question 31</b> |               |  |
|--------------------|---------------|--|
| <b>Score</b>       | <b>Coding</b> | <b>Category</b>  |
| 3                  | A             | Ali' nin düşüncesindeki yanlışı tespit eder ve etki ve tepki kuvvet çiftlerinin farklı cisimler üzerinde olması gerektiğini fark eder. |
| 2                  | B             | Ali nin düşüncesindeki yanlışı tespit eder ama açıklamasını eksik yapar.   |
| 0.25               | C             | Açıklamasını yanlış yapar ama açıklamasında soru ile ilgili doğru bilgi ifadelerine rastlanır.   |
| 0                  | D             | Soruya verilen yanlış yanıtlar   |
| 0                  | E             | Sorunun cevabıyla ilgili olmayan yanıtlar  |
| 0                  | F             | Yanıtsız.  |

#### APPENDIX H4

##### STUDENTS' ANSWERS EXEMPLIFYING OBSERVED SUB-CATEGORIES

**FMAT-I**

| Question 17 |   |
|-------------|---|
| Sub-Coding  | Examples  |
| A1          | Batiya 1 br hızla gidiyor görür. Çünkü $V_A = 5 \text{ br}$<br>$V_B = V_B - V_A \Rightarrow 4 - 5 = -1 \text{ br} \rightarrow$ Yani Batiya gidiyor görür. |
| A2          | A arabasının hızı B arabasından fazla olduğu için B yi batıya doğru gidiyor görür.  |
| B1          | A arabasının hızı B arabasından fazla olduğu için B yi doğuya doğru gidiyor görür.  |
| B2          | Batiya hareket ediyor olarak görür. $V_{\text{gözlenen}} - V_{\text{gözlemci}}$ den.  |
| B3          | Batiya hareket ediyor olarak görür. Çünkü ona doğru yaklaşıyor.   |
| B4          | Batiya hareket ediyor görür. Çünkü B arabasının konumu A arabasından ileridedir.  |
| C5          | Batı  |
| C6          | Doğu  |
| D1          | Doğuya doğru hareket ediyor. Çünkü B aracı öndedir.   |
| D2          | -   |

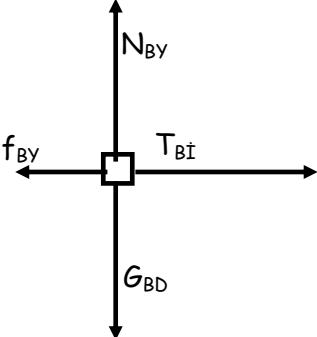
**Question 18**

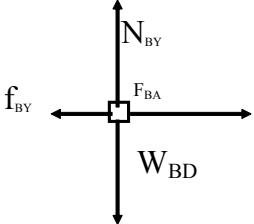
| Question 18 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | $V_B = V_B - V_A$<br>$= 4 - 5$<br>$= -1$ <span style="margin-left: 20px;">         A arabosunun birim zamanındaki yerdeğişimi<br/>         5 birim ve B arabosunun birim zamanındaki yerdeğişimi<br/>         4 birimidir. Bu nedenle B arabosunu A gözlemci<br/>         batıya hareket ettiğini düşünür.       </span> |
| A2          | Batı olarak görünür çünkü A arabası ile B arabası aynı yöne hareket eder fakat A arabası daha hızlıdır.  |
| B1          | A arabasındaki gözlemci B yi doğuya gidiyor olarak görür çünkü A'nın hızı B'den fazladır.  |
| B2          | Batiya doğru gidiyormuş gibi görünür çünkü A daha çok yerdeğiştirmiştir.   |
| B3          | Batiya doğru A yi duruyor farz etsek B batıya doğru A dan uzaklaşıyor.   |
| B4          | Batiya hareket ettiğini düşünebilir çünkü ilk baktığında önündeydi şimdi ise yanında.  |
| C5          | Batı   |
| C6          | Duruyor  |
| D1          | Duruyormuş gibi görür. Çünkü aynı yöne giden ve yanyana giden araçlar birbirlerini duruyor gibi görürler.  |

| Question 19 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | $v_b = v_{g2} - v_{g1}$ ... Batıya doğru hareket ediyor gibi.<br>$v_b = 4 - 5$<br>$\leftarrow -1$  |
| A2          | Batıya hareket ediyor olarak görür. Bunun nedeni A'nın daha hızlı olmasıdır.   |
| B2          | A arabasındaki gözlemci B arabasını batıya doğru hareket ediyor olarak görür. Çünkü A arabasının yerdeğiştirmesi B arabasından büyütür. B arabasının yaptığı yerdeğiştirme küçüktür. |
| B3          | Batıya gidiyormuş gibi görür. Çünkü arabaların yerdeğiştirmeler farklıdır.   |
| B4          | Batıya gidiyor olarak görür çünkü B daha hızlıdır.   |
| C5          | Batı   |
| C6          | Doğuya   |
| D1          | Duruyor olarak görür. Geçerken de B sabit hızlı olduğu için onu duruyor olarak görür.  |
| D2          | -  |

| Question 21 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | <p>Eşit bir kuvvet uygular. Hız sabitse ivme yoktur. Ivme yoksa <math>F_{net} = 0</math> olmalıdır. Newton'un 2. yasası gereği.</p>                  |
| A2          | Eşit kuvvet uygular. Çünkü sabit hızla çekildiğinde ivme 0 ve buna bağlı olarak net kuvvet 0'dır. O zaman bu kuvvetlerin eşit olması gereklidir.     |
| B2          | <u>Örnek cevap1:</u><br>Eşit, sabit hızlı hareket ettiğinden.<br><u>Örnek cevap2:</u><br>Eşit kuvvet uygular $F=ma$ dan.                             |
| B3          | Eşit bir kuvvet uygular çünkü ip herhangi bir nakara yada palanga sistemine sarılmış ve çocuk 250 N sa onu çekmek için de o kadar kuvvet gereklidir. |
| B4          | Eşit bir kuvvet uygular. Çünkü yukarıda doğru çekildiği için eşit olur.  |
| C5          | Eşit   |
| C6          | Büyük  |
| D1          | 250 den büyük olması gereklidir. Küçük olursa çekemezler eşit olursa dengede kalır.  |
| D2          | -  |

| Question 22 |   |
|-------------|---|
| Coding      | Examples  |
| A           | <p>Blok üzerine etki eden 4 kuvveti belirler ve kuvvetleri, kuvveti bloğa uygulayan cismi belirterek tanımlar.</p> <p>Yerçekimi Kuvveti: Bloğa dünya tarafından uygulanan kuvvet;</p> <p>2) Normal Kuvvet: Bloğa yüzey tarafından uygulanan kuvvet;</p> <p>3) Sürtünme Kuvveti: Bloğa yüzey tarafından uygulanan kuvvet;</p> <p>4) Gerilme Kuvveti: Bloğa ip tarafından uygulanan kuvvet.</p> <p>veya</p> <p>sözlük (fiziksel) betimlemesini vererek tanımlar.</p> <p>Yerçekimi Kuvveti dünyanın cisimlerin kütlesinden dolayı uyguladığı çekim kuvvetine yerçekimi denir</p> <p>Normal Kuvvet Bir cisim yüzey tarafından uygulanan kuvvette denir.</p> <p>Sürtünme Kuvveti Temas halinde olan iki cisim arasında oluşan ve cismin hareketine karşı koyan kuvvettir</p> <p>Gerilme Kuvveti Bir cisim iple çekildiğinde ip cisime kuvvet uygular. İpteki bu kuvvete denir.</p> |
|             | The other coding examples involves one or more missings in the parts of example given in the coding A   |

| Question 23 |  |
|-------------|--|
| Coding      | Examples   |
| A           | <p>1) Yerçekimi Kuvveti: <math>G_{BD}</math></p> <p>2) Normal Kuvvet: <math>N_{BY}</math></p> <p>3) Sürtünme kuvveti: <math>f_{BY}</math></p> <p>4) Gerilme Kuvveti: <math>T_{BI}</math></p>  |
| B           | The other coding examples involves one or more missings in the parts of example given in the coding A  |

| Question 24 |   |
|-------------|---|
| Coding      | Examples  |
| A           | <p>1) Yerçekimi Kuvveti: <math>G_{BD}</math></p> <p>2) Normal Kuvvet: <math>N_{BY}</math></p> <p>3) Sürtünme kuvveti: <math>f_{BY}</math></p> <p>4) <math>F_{BA}</math></p>  |
| B           | The other coding examples involves one or more missings in the parts of example given in the coding A   |

| <b>Question 25</b> |  |
|--------------------|--|
| <b>Sub-Coding</b>  | <b>Examples</b>  |
| A1                 | Karşıya geçme süresi kayığın nehre göre hızının düşey bileşenine bağlıdır. Motor B noktasına çıkmak için, nehir $V_a$ hızıyla akarken doğrultu değiştirmesi gereklidir. Motorun hızı her iki durumda da aynı olduğunu göre doğrultu değiştirmek kayığın düşey bileşenini azaltacağından karşı kıyaya geçeme süresi uzayacaktır. Yani $t_1 < t_2$ dir |
| A2                 | Motorun motorun nehre göre aldığı yol nehir akarken daha uzun olur. Motorun nehre göre hızı her iki durumda aynı olduğuna göre nehir akarken daha uzun yolu daha uzun surede alır. Yani $t_1 < t_2$ dir  |
| B2                 | $t_2$ süresi $t_1$ süresinden uzundur. Çünkü nehir durgunken alınan yolu hız böldüğümüzde çıkan sonuç nehir akarken alınan yolu hız böldüğümüzde çıkan sonuctan daha küçüktür.   |
| B3                 | $t_1 < t_2$ Çünkü $t_2$ anında akıntı hızına karşı bir direnç uygulaması gereklidir ve düşüy bileşeni değişir.   |
| B4                 | $t_1 < t_2$ Çünkü, nehrin uyguladığı kuvvet nehir hızlandırdıkça artar ve buna karşı koymak zorlaşır. Aracın hızı sabit kalacağından dolayı bu kuvvette karşı alınan yoldaki zamanda artar.  |
| B5                 | $t_1 = t_2$ Nehrin akıntılı olması karşı kıyuya geçmeyi etkilemez. Sadece sürüklər. Farklı noktadan çıkar ama daha uzun sürede değil. Karşıya çıkış süresi dik bileşenle alakalıdır. Her iki durumda da bu değişmediğinden karşı kıyuya geçme süresi değişmez.   |
| C5                 | $t_1 < t_2$  |
| C6                 | $t_1 = t_2$  |
| D1                 | Motorun suya göre hızı aynı olduğuna göre $t_1 > t_2$ dir. Çünkü $V_a$ yönü güneşe kaydırır. Mesafe dikketikçe uzaklık azalacaktır. Uzaklık azalınca t de azalacaktır.   |
| D2                 |  |

| <b>Question 26</b> |  |
|--------------------|--|
| <b>Sub-Coding</b>  | <b>Examples</b>  |
| A1                 | $t_1 = t_2$ dir. Çünkü burada motorun yatay bileşeni hep karşı kıyuya doğru ve dik bu yüzden bu kuvvette bir değişme olmaz ancak karşı kıyıda farklı bir yerden karaya ulaşır.                                     |
| A2                 | Motorun nehre göre aldığı yol nehir durgunken ve nehir akarken aynıdır. Motorun nehre göre hızı her iki durumda aynı olduğuna göre, motorun karşıya geçme süresi nehir durgunken ve akarken aynı olur. $t_1 = t_2$ |
| B2                 | $t_1 = t_2$ dir. Çünkü her iki harekette de alınan yollar eşittir.   |
| B3                 | $t_1 = t_2$ dir. Çünkü akıntı etki etmez.  |
| B4                 | $t_1 = t_2$ dir. Çünkü akıntı hızı da etkili olmuştur.   |
| C5                 | $t_1 = t_2$  |
| C6                 | $t_1 < t_2$  |
| D1                 | $t_1 < t_2$ Çünkü akıntı hızı moturun hızını yavaşlatır.   |
| D2                 |  |

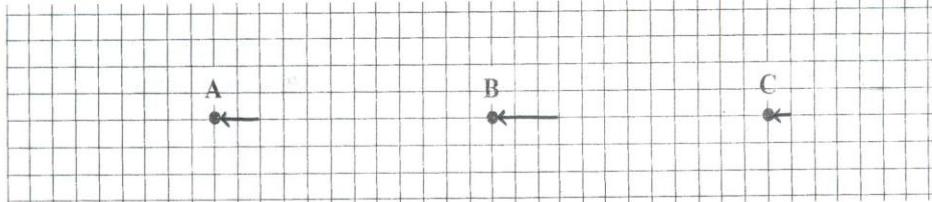
| Question 27 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A2          | <p><i>Aşırı olan paraşütü daha geç limit hızı ulaşır. Geriye hafif olan hava direne kuvveti ile dengeleşdiğinde hâlde aşırı olan direne kuvveti ile dengelememiştir. Cisim aşısı doğrusu merkez hizi ortacoltır. Bu yandan direne kuvveti de ortar. Bu yüzden cisim fnetle daha geç ulaşır ve limit hızı daha geç varır.</i></p> |
| B2          | Daha geç ulaşır. Çünkü hafif olanın limit hızı ulaşması m nin az olmasından daha kolay ve hızlıdır. Fakat m büyükçe limit hızı ulaşma süresi de artar.   |
| B3          | Daha geç ulaşır.. Hafif olan paraşütü daha büyük kuvvet uyguladığı için limit hızı ulaşması geçikir.   |
| B5          | Daha erken ulaşır çünkü ona uygulanan yerçekimi fazladır.  |
| C5          | Daha geç ulaşır.   |
| C6          | Daha erken ulaşır  |
| D1          | Aynı anda ulaşır çünkü ikisine de uygulanan yerçekimi aynı.  |
| D2          |  |

## THE FMAT II

| Question 21 |   |
|-------------|---|
| Sub-Coding  | Examples  |
| A1          | <p>A küresine etki eden kuvvetler; T gerilme kuvveti ile yerçekimi (mg) dir.<br/>A üzerine etki eden net kuvvet;<br/> <math>F_A = T - mg = -m*a_A</math><br/> <math>a_A = g - T/m</math>.</p> <p>B üzerine etki eden kuvvet sadece dünyanın uyguladığı yerçekimi kuvvetidir.<br/> <math>F_B = mg = m a_B</math><br/> <math>a_B = g</math><br/> <math>a_A &lt; a_B</math> yani B küresinin ivmesi daha fazladır. B külesi daha önce düşer.</p> |
| A2          | <p><i>A'nın ivmesi</i><br/> <math>a_A = \frac{mg - F_s}{m_A + m_A}</math></p> <p><i>B'nin ivmesi</i><br/> <math>a_B = \frac{mg}{m_B}</math></p> <p><i>B küresinin ivmesi döktür sırığı olduğu için daha önce çarpar</i></p>   |
| B2          | B külesi daha önce yere çarpar. Çünkü B küresine sadec e yerçekimi etki ederken A küresine yerçekimine ters yönde ipin uyguladığı kuvvet vardır.  |
| B3          | B külesi daha önce düşer. Çünkü blok yol alırken masanın bloka karşı uyguladığı sürtünme kuvveti A küresinin yere düşüş süresini uzatır.  |
| B4          | B külesi önce düşer. Masa sürtünmeli olmasaydı aynı anda düşerlerdi.  |
| B5          | Sonra çarpar. Masa sürtünmeli olduğu için   |
| C5          | B külesi daha önce yere çarpar.   |
| C6          | Sonra   |
| D1          | 2' side aynı anda düşer. Çünkü önmeli olan "m" değil "g" dir. (Hava sürtünmesi yok)   |
| D2          |   |

| Question 22 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | Bırakıldıkta önce<br>$T_0 = mg = G = 10$<br>Bırakıldıktan sonra<br>$T_s = G - ma$<br>$T_s < G$<br>10 N dan küçük olur.         |
| A2          | Önce, $T = 10$ Sonra aşağıya doğru hızlanan hareket yaptığına göre 10 N dan küçüktür.  |
| B2          | Azalır. Bloğu tutarken yerçekiminin etkisi altında. Tutmayı bırakınca yerçekimi ve sürtünme etki edecek. Bundan dolayı azalır. |
| B3          | Küçüktür, çünkü sistem serbest kalır.  |
| B4          | Küçüktür. Öncede el ile blok sabitlenmiş şekilde tutluyormuş, ama sonra eleini çekince düşer gerilme kuvveti.                  |
| B5          | 10 n a eşittir. Çünkü serbest bırakılmadan önce gerilme 10 ise A'nın ağırlığı 10 N dur.  |
| C5          | 10 N küçüktür.   |
| C6          | 10 na eşittir  |
| D1          | Eşittir gerile kuvvetinin formülü hep aynıdır.   |
| D2          |  |

| Question 23 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | A küresine etki eden kuvvetler; T gerilme kuvveti ile yerçekimi ( $mg$ ) dir.<br>A üzerine etki eden net kuvvet;<br>$F_A = T - mg = -m*a_A$<br>$a_A = g - T/m$ .<br>B üzerine etki eden kuvvet sadece dünyanın uyguladığı yerçekimi kuvvetidir.<br>$F_B = mg = m*a_B$<br>$a_B = g$<br>$a_A < a_B$ yani B küresinin ivmesi daha fazladır. B külesi daha önce düşer. |
| A2          | $a_A = \frac{mg}{m_A + m_B}$   |
| B2          | Yine önce çarpar çünkü bloğun kütlesi vardır. $a_{sis}$ 'de bloğun kütlesini de hesaba katarız.  |
| B3          | B külesi önce düşer çünkü çektiği bir blok var.  |
| B5          | Aynı anda çarpar çünkü A küresine ve B küresine yerçekiminden başka bir kuvvet etmez.  |
| C5          | B külesi daha önce yere çarpar.  |
| C6          | Aynı anda  |
| D1          | Aynı anda yere çarparlar çünkü sürtünme yok.   |
| D2          |  |

| Question 24 |   |
|-------------|---|
| Sub-Coding  | Examples  |
| A           |  $F_{net\ A} = 2m \cdot \frac{F}{2m}$ $F_{net\ B} = 3m \cdot \frac{F}{3m}$ $F_{net\ C} = 6m \cdot \frac{F}{6m}$ |
|             | The other coding examples involves one or more missings in the parts of example given in the coding A   |

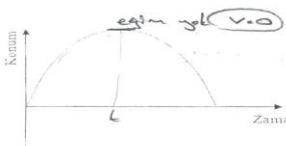
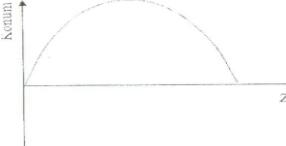
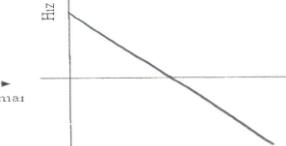
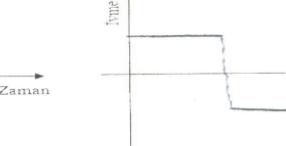
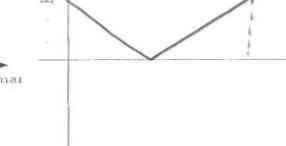
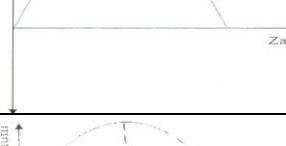
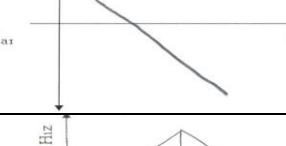
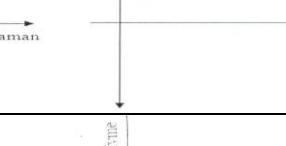
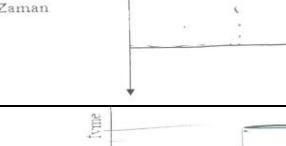
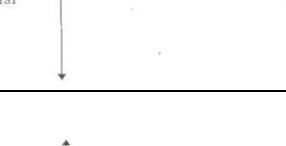
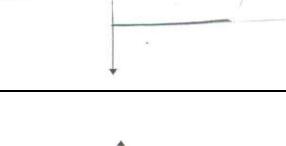
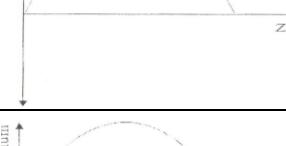
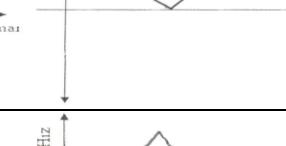
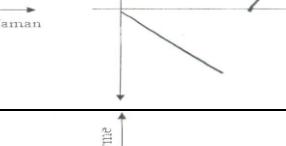
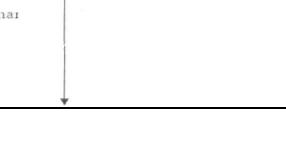
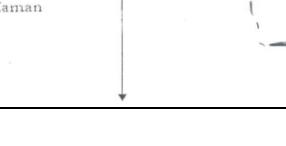
| Question 25 |   |
|-------------|---|
| Sub-Coding  | Examples  |
| A1          | <p>A bloğunun ivmesi (bunlar beraber hareket ettikler için) sistemin ivmesidir.</p> <p>İlk önce <math>a_s = \frac{F_{net}}{6m}</math></p> <p>sonra <math>a_s = \frac{F_{net}}{9m}</math></p> <p><math>\Rightarrow</math> A bloğunun ivmesi azalır</p> |
| A2          | B bloğunun ivmesi 2 katına çıkarsa sistemin toplam kütlesi artacağından ivme azalır. A bloğunun ivmesi sistemin ivmesi ile aynı olduğundan A bloğunun ivmesi de azalır.   |
| B2          | Azalır çünkü ivme ile kütle orantılıdır.  |
| B3          | Azalır çünkü uygulanan kuvvet değişmiyor.   |
| B4          | Azalır çünkü el aynı kuvveti uyguluyor B nin kütlesi artıyor.   |
| C5          | Azalır  |
| C6          | Aynı kalır.   |
| D1          | Değişmez çünkü oranlar aynı kalır.  |
| D2          |   |

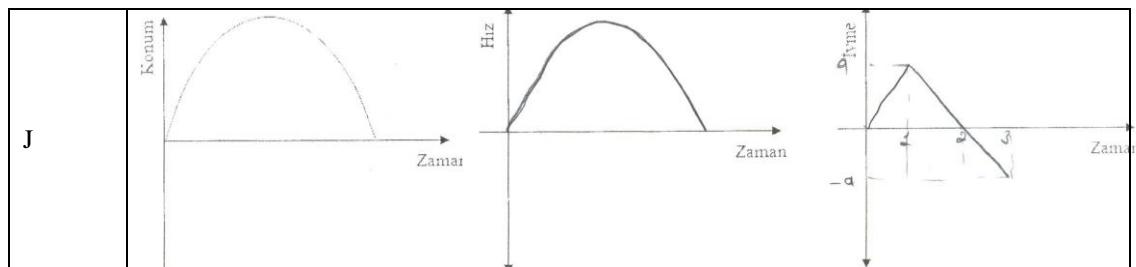
| Question 26 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | $F_{Net} = m \cdot T \cdot g$<br>$= 2m \cdot \frac{F}{6m}$<br>$F_{Net} = \frac{2F}{3}$ } $F_{Net} = m \cdot T \cdot g$<br>$= 2m \cdot \frac{F}{9m}$<br>$F_{Net} = \frac{2F}{9}$ } $\frac{2F}{3} > \frac{2F}{9}$ olduğundan azalır. |
| A2          | arasında birlikte sis aradıktan sonra $F_{NetA}$ 0'da $M_A \cdot a_{sis} = F_{NetA}$<br>a sis aralırsa A bloğuna etki eden net kuvvet azalır.  |
| B2          | İvme azaldığından etki de azalmıştır.  |
| B3          | Azalır. Çünkü kutle artarsa etki eden sürtünme kuvveti artar. Böyle olunca net kuvvet azalır.  |
| B4          | Azalır. Kuvvet artırınca ivme azalır. Ivme azalırsa birbirine etkisi de azalır.  |
| C5          | Azalır.  |
| C6          | Aynı kalır.  |
| D1          | $F_A = \frac{10m \cdot a}{2m}$<br>$F_A = 5m \cdot a$<br>2 katına artar.  |
| D2          |  |

| Question 27 |   |
|-------------|---|
| Sub-Coding  | Examples  |
| A1          | Eşittir. Fatma'nın buz dolabına uyguladığı kuvvet ile buz dolabının Fatma ya uyguladığı kuvvet etki-tepki çiftleri olduğu için eşittir. |
| B2          | Eşittir. Çünkü Fatma buz dolabına ne kadar kuvvet uygularsa buz dolabı da Fatmaya o kadar kuvvet uygular.                               |
| B3          | Eşittir. Yerinden kimildamadığı için etki kuvveti = - Tepki kuvveti   |
| B4          | Buz dolabının Fatma'ya uyguladığı kuvvet eşittir. Sürtünme kuvveti de etkili olmuştur.  |
| C5          | Eşittir.  |
| C6          | Büyükür.  |
| D1          | Buz dolabının kütlesi daha büyük olduğundan buz dolabı Fatma'ya daha büyük bir kuvvet uygular.  |

| Question 28 |  |
|-------------|--|
| Sub-Coding  | Examples   |
| A1          | Eşittir. Etki-tepki çiftleri her durumda eşittir.  |
| B2          | Eşittir. Her ne kadar sabit hızlı hareket de etse Fatma'nın uyguladığı kuvvet buz dolabınıninkine eşittir. |
| B3          | Eşittir. Buz dolabının sürtünme kuvvetini yemesinden dolayı buz dolabı hareket etmiştir.                   |
| B4          | Buz dolabının Fatma'ya uyguladığı kuvvet eşittir. Sürtünme kuvveti de etkili olmuştur.                     |
| C5          | Eşittir.   |
| C6          | Küçüktür.  |
| D1          | Küçüktür. Çünkü küçük olmasaydı buz dolabı hareket etmezdi.  |

**Question 29**

| Sub-Coding | Examples   |
|------------|--|
| A          |          |
| B          |          |
| C          |          |
| D          |       |
| E          |    |
| F          |    |
| G          |    |
| H          |    |



**Question 30**

| Sub-Coding | Examples |
|------------|----------|
| A          |          |
| B          |          |
| C          |          |

**Question 31**

| Sub-Coding | Examples   |
|------------|--|
| A          | Newton'un 3. Yasasında cisimlerin uyguladığı tepki kuvveti 2 farklı cisim üzerinde de olduğu için birbirlerini görmeyecek ve cisim hareket edecektir. Ali'nın düşüncesindeki yanlışın sebebi tepki kuvvetlerinin aynı cisim üzerinde düşünmesidir. |
| B          | Çünkü etki tepki farklı cisimler üzerindedir.  |
| C          | Ali cisme sürtünme kuvvetinin etki ettiğini unutuyor. Bu yüzden kütüğü harekete geçiren kuvvet $F_s$ den büyük olduğu için cisim hareket eder.   |
| D          | Ali kütüğü itmiyor ki, çekiyor. Bu yüzden tepki kuvveti yoktur. Eylemsizlik eğilimi vardır yalnızca. O da azdır.   |
| E          | Hiçbir fikrim yok.   |
| F          |  |

## APPENDIX H5

### THE FREQUENCIES AND THE PERCENTAGES OF SUBCATEGORIES FOR THE GROUPS FOR THE PREFMAT-I

#### THE PREFMAT-I

| <b>Question 17</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | A2                  | 7                | 13.7              |
|                    | B3                  | 2                | 3.9               |
|                    | B4                  | 2                | 3.9               |
|                    | C5                  | 2                | 3.9               |
|                    | C6                  | 12               | 23.5              |
|                    | D1                  | 22               | 43.1              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | A2                  | 8                | 15.4              |
|                    | B4                  | 3                | 5.8               |
|                    | C5                  | 2                | 3.8               |
|                    | C6                  | 14               | 26.9              |
|                    | D1                  | 24               | 46.2              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 18</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | A2                  | 4                | 7.8               |
|                    | C5                  | 2                | 3.9               |
|                    | C6                  | 12               | 23.5              |
|                    | D1                  | 29               | 56.9              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | A2                  | 4                | 7.7               |
|                    | B3                  | 1                | 1.9               |
|                    | B4                  | 1                | 1.9               |
|                    | C5                  | 2                | 3.8               |
|                    | C6                  | 13               | 25.0              |
|                    | D1                  | 30               | 57.7              |
| Total              |                     | 52               | 100.0             |

| <b>Question 19</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | A1                  | 1                | 2.0               |
|                    | A2                  | 12               | 23.5              |
|                    | B3                  | 13               | 25.5              |
|                    | B4                  | 5                | 9.8               |
|                    | C5                  | 14               | 27.5              |
|                    | C6                  | 1                | 2.0               |
|                    | D1                  | 1                | 2.0               |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | A2                  | 9                | 17.3              |
|                    | B2                  | 2                | 3.8               |
|                    | B3                  | 8                | 15.4              |
|                    | B4                  | 12               | 23.1              |
|                    | C5                  | 16               | 30.8              |
|                    | C6                  | 2                | 3.8               |
|                    | D1                  | 2                | 3.8               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 21</b> |                   |                  |                |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|
| <b>Group</b>       | <b>Categories</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percent</b> |
| Control Group      |                   | 3                | 5.9            |
|                    | A2                | 2                | 3.9            |
|                    | B2                | 4                | 7.8            |
|                    | B3                | 3                | 5.9            |
|                    | C5                | 1                | 2.0            |
|                    | C6                | 7                | 13.7           |
|                    | D1                | 30               | 58.8           |
|                    | D2                | 1                | 2.0            |
|                    | Total             | 51               | 100.0          |
|                    |                   |                  |                |
| EM-7ELC            |                   | 1                | 1.9            |
|                    | A2                | 1                | 1.9            |
|                    | B2                | 3                | 5.8            |
|                    | B3                | 3                | 5.8            |
|                    | B4                | 2                | 3.8            |
|                    | C5                | 4                | 7.7            |
|                    | C6                | 10               | 19.2           |
|                    | D1                | 28               | 53.8           |
|                    | Total             | 52               | 100.0          |

| <b>Question 22</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | E                   | 2                | 3.9               |
|                    | G                   | 7                | 13.7              |
|                    | H                   | 4                | 7.8               |
|                    | J                   | 8                | 15.7              |
|                    | L                   | 15               | 29.4              |
|                    | M                   | 3                | 5.9               |
|                    | N                   | 7                | 13.7              |
|                    | O                   | 2                | 3.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | E                   | 1                | 1.9               |
|                    | G                   | 5                | 9.6               |
|                    | H                   | 2                | 3.8               |
|                    | J                   | 6                | 11.5              |
|                    | K                   | 1                | 1.9               |
|                    | L                   | 17               | 32.7              |
|                    | M                   | 5                | 9.6               |
|                    | N                   | 13               | 25.0              |
|                    | O                   | 1                | 1.9               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 23</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | C                   | 2                | 3.9               |
|                    | D                   | 23               | 45.1              |
|                    | E                   | 3                | 5.9               |
|                    | F                   | 10               | 19.6              |
|                    | J                   | 1                | 2.0               |
|                    | K                   | 4                | 7.8               |
|                    | N                   | 5                | 9.8               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | D                   | 23               | 44.2              |
|                    | E                   | 1                | 1.9               |
|                    | F                   | 11               | 21.2              |
|                    | I                   | 1                | 1.9               |
|                    | J                   | 5                | 9.6               |
|                    | K                   | 4                | 7.7               |
|                    | N                   | 6                | 11.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |

| <b>Question 24</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | A                   | 1                | 2.0               |
|                    | C                   | 9                | 17.6              |
|                    | D                   | 18               | 35.3              |
|                    | E                   | 1                | 2.0               |
|                    | F                   | 8                | 15.7              |
|                    | I                   | 1                | 2.0               |
|                    | J                   | 2                | 3.9               |
|                    | K                   | 2                | 3.9               |
|                    | N                   | 6                | 11.8              |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | C                   | 13               | 25.0              |
|                    | D                   | 15               | 28.8              |
|                    | E                   | 1                | 1.9               |
|                    | F                   | 7                | 13.5              |
|                    | H                   | 1                | 1.9               |
|                    | I                   | 1                | 1.9               |
|                    | J                   | 1                | 1.9               |
|                    | K                   | 5                | 9.6               |
|                    | N                   | 7                | 13.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 25</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | B3                  | 6                | 11.8              |
|                    | B4                  | 26               | 51.0              |
|                    | C5                  | 5                | 9.8               |
|                    | C6                  | 3                | 5.9               |
|                    | D1                  | 7                | 13.7              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |
|                    |                     |                  |                   |
|                    |                     |                  |                   |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | B2                  | 1                | 1.9               |
|                    | B3                  | 8                | 15.4              |
|                    | B4                  | 25               | 48.1              |
|                    | C5                  | 4                | 7.7               |
|                    | C6                  | 3                | 5.8               |
|                    | D1                  | 8                | 15.4              |
|                    | D2                  | 2                | 3.8               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |
|                    |                     |                  |                   |

| <b>Question 26</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | A1                  | 1                | 2.0               |
|                    | B2                  | 2                | 3.9               |
|                    | C5                  | 1                | 2.0               |
|                    | C6                  | 5                | 9.8               |
|                    | D1                  | 37               | 72.5              |
|                    | D2                  | 2                | 3.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | A1                  | 5                | 9.6               |
|                    | B2                  | 5                | 9.6               |
|                    | C5                  | 4                | 7.7               |
|                    | C6                  | 6                | 11.5              |
|                    | D1                  | 25               | 48.1              |
|                    | D2                  | 6                | 11.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 27</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      |                     | 3                | 5.9               |
|                    | A2                  | 3                | 5.9               |
|                    | B2                  | 6                | 11.8              |
|                    | B3                  | 1                | 2.0               |
|                    | C6                  | 5                | 9.8               |
|                    | D1                  | 28               | 54.9              |
|                    | D2                  | 5                | 9.8               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            |                     | 1                | 1.9               |
|                    | B2                  | 2                | 3.8               |
|                    | C5                  | 1                | 1.9               |
|                    | C6                  | 8                | 15.4              |
|                    | D1                  | 35               | 67.3              |
|                    | D2                  | 5                | 9.6               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

## APPENDIX H6

### THE FREQUENCIES AND THE PERCENTAGES OF SUBCATEGORIES FOR THE GROUPS FOR THE POFMAT-I

#### THE POFMAT-I

| <b>Question 17</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 1                | 2.0               |
|                    | A2                  | 13               | 25.5              |
|                    | B2                  | 2                | 3.9               |
|                    | B4                  | 1                | 2.0               |
|                    | C5                  | 6                | 11.8              |
|                    | C6                  | 12               | 23.5              |
|                    | D1                  | 16               | 31.4              |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 15               | 28.8              |
|                    | A2                  | 23               | 44.2              |
|                    | B1                  | 2                | 3.8               |
|                    | B3                  | 1                | 1.9               |
|                    | B4                  | 1                | 1.9               |
|                    | C5                  | 2                | 3.8               |
|                    | C6                  | 2                | 3.8               |
|                    | D1                  | 6                | 11.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 18</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A2                  | 8                | 15.7              |
|                    | B2                  | 1                | 2.0               |
|                    | B3                  | 1                | 2.0               |
|                    | C5                  | 4                | 7.8               |
|                    | C6                  | 14               | 27.5              |
|                    | D1                  | 23               | 45.1              |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |
| EM-7ELC            | A1                  | 11               | 21.2              |
|                    | A2                  | 26               | 50.0              |
|                    | B1                  | 1                | 1.9               |
|                    | B2                  | 3                | 5.8               |
|                    | B3                  | 1                | 1.9               |
|                    | C5                  | 2                | 3.8               |
|                    | C6                  | 2                | 3.8               |
|                    | D1                  | 6                | 11.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 19</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 4                | 7.8               |
|                    | A2                  | 18               | 35.3              |
|                    | B2                  | 4                | 7.8               |
|                    | B4                  | 5                | 9.8               |
|                    | C5                  | 16               | 31.4              |
|                    | C6                  | 2                | 3.9               |
|                    | D1                  | 2                | 3.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 11               | 21.2              |
|                    | A2                  | 27               | 51.9              |
|                    | B2                  | 4                | 7.7               |
|                    | B3                  | 2                | 3.8               |
|                    | B4                  | 1                | 1.9               |
|                    | C5                  | 6                | 11.5              |
|                    | D1                  | 1                | 1.9               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 21</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 1                | 2.0               |
|                    | A2                  | 1                | 2.0               |
|                    | B2                  | 9                | 17.6              |
|                    | B3                  | 1                | 2.0               |
|                    | C5                  | 8                | 15.7              |
|                    | C6                  | 5                | 9.8               |
|                    | D1                  | 25               | 49.0              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
| EM-7ELC            | Total               | 51               | 100.0             |
|                    | A1                  | 19               | 36.5              |
|                    | A2                  | 11               | 21.2              |
|                    | B2                  | 14               | 26.9              |
|                    | B4                  | 1                | 1.9               |
|                    | C5                  | 5                | 9.6               |
|                    | D1                  | 2                | 3.8               |
| Total              |                     | 52               | 100.0             |

| <b>Question 22</b> |                 |                  |                   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | B               | 1                | 2.0               |
|                    | G               | 8                | 15.7              |
|                    | H               | 1                | 2.0               |
|                    | J               | 7                | 13.7              |
|                    | K               | 3                | 5.9               |
|                    | L               | 10               | 19.6              |
|                    | M               | 7                | 13.7              |
|                    | N               | 9                | 17.6              |
|                    | O               | 2                | 3.9               |
|                    | R               | 3                | 5.9               |
|                    | Total           | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A               | 13               | 25.0              |
|                    | B               | 3                | 5.8               |
|                    | C               | 12               | 23.1              |
|                    | D               | 1                | 1.9               |
|                    | E               | 8                | 15.4              |
|                    | F               | 1                | 1.9               |
|                    | G               | 4                | 7.7               |
|                    | H               | 2                | 3.8               |
|                    | J               | 3                | 5.8               |
|                    | K               | 1                | 1.9               |
|                    | L               | 2                | 3.8               |
|                    | M               | 1                | 1.9               |
|                    | R               | 1                | 1.9               |
|                    | Total           | 52               | 100.0             |

| <b>Question 23</b> |                 |                  |                   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | C               | 3                | 5.9               |
|                    | D               | 23               | 45.1              |
|                    | E               | 3                | 5.9               |
|                    | F               | 6                | 11.8              |
|                    | H               | 1                | 2.0               |
|                    | I               | 1                | 2.0               |
|                    | J               | 3                | 5.9               |
|                    | K               | 4                | 7.8               |
|                    | M               | 1                | 2.0               |
|                    | N               | 6                | 11.8              |
|                    | Total           | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A               | 22               | 42.3              |
|                    | C               | 23               | 44.2              |
|                    | D               | 3                | 5.8               |
|                    | F               | 3                | 5.8               |
|                    | G               | 1                | 1.9               |
|                    | Total           | 52               | 100.0             |

| <b>Question 24</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A                   | 2                | 3.9               |
|                    | C                   | 18               | 35.3              |
|                    | D                   | 12               | 23.5              |
|                    | F                   | 5                | 9.8               |
|                    | H                   | 1                | 2.0               |
|                    | I                   | 1                | 2.0               |
|                    | J                   | 1                | 2.0               |
|                    | K                   | 5                | 9.8               |
|                    | M                   | 4                | 7.8               |
|                    | N                   | 2                | 3.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A                   | 35               | 67.3              |
|                    | B                   | 1                | 1.9               |
|                    | C                   | 10               | 19.2              |
|                    | D                   | 4                | 7.7               |
|                    | F                   | 1                | 1.9               |
|                    | N                   | 1                | 1.9               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 25</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A2                  | 1                | 2.0               |
|                    | B2                  | 2                | 3.9               |
|                    | B3                  | 1                | 2.0               |
|                    | B4                  | 16               | 31.4              |
|                    | B5                  | 6                | 11.8              |
|                    | C5                  | 8                | 15.7              |
|                    | C6                  | 2                | 3.9               |
|                    | D1                  | 14               | 27.5              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |
| EM-7ELC            | A1                  | 10               | 19.2              |
|                    | B2                  | 9                | 17.3              |
|                    | B3                  | 3                | 5.8               |
|                    | B4                  | 6                | 11.5              |
|                    | B5                  | 18               | 34.6              |
|                    | D1                  | 6                | 11.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 26</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 5                | 9.8               |
|                    | B2                  | 4                | 7.8               |
|                    | B3                  | 5                | 9.8               |
|                    | B4                  | 1                | 2.0               |
|                    | C5                  | 6                | 11.8              |
|                    | C6                  | 8                | 15.7              |
|                    | D1                  | 21               | 41.2              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 34               | 65.4              |
|                    | A2                  | 1                | 1.9               |
|                    | B2                  | 7                | 13.5              |
|                    | B3                  | 1                | 1.9               |
|                    | C6                  | 2                | 3.8               |
|                    | D1                  | 7                | 13.5              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 27</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | B2                  | 3                | 5.9               |
|                    | B3                  | 4                | 7.8               |
|                    | C5                  | 1                | 2.0               |
|                    | C6                  | 13               | 25.5              |
|                    | D1                  | 29               | 56.9              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A2                  | 20               | 38.5              |
|                    | B2                  | 14               | 26.9              |
|                    | B3                  | 3                | 5.8               |
|                    | B5                  | 6                | 11.5              |
|                    | D1                  | 9                | 17.3              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

## APPENDIX H7

### THE FREQUENCIES AND THE PERCENTAGES OF SUBCATEGORIES FOR THE GROUPS FOR THE POFMAT-II

#### **POFMAT-II**

| <b>Question 21</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 2                | 3.9               |
|                    | A2                  | 1                | 2.0               |
|                    | B2                  | 12               | 23.5              |
|                    | B3                  | 28               | 54.9              |
|                    | B4                  | 2                | 3.9               |
|                    | B5                  | 1                | 2.0               |
|                    | C5                  | 1                | 2.0               |
|                    | C6                  | 3                | 5.9               |
|                    | D1                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 6                | 11.5              |
|                    | A2                  | 5                | 9.6               |
|                    | B2                  | 16               | 30.8              |
|                    | B3                  | 19               | 6.5               |
|                    | D1                  | 5                | 9.6               |
|                    | D2                  | 1                | 1.9               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 22</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | B3                  | 3                | 5.9               |
|                    | B4                  | 17               | 33.3              |
|                    | C5                  | 7                | 13.7              |
|                    | C6                  | 4                | 7.8               |
|                    | D1                  | 18               | 35.3              |
|                    | D2                  | 2                | 3.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
|                    |                     |                  |                   |
|                    |                     |                  |                   |
|                    |                     |                  |                   |
| EM-7ELC            | A1                  | 5                | 9.6               |
|                    | A2                  | 1                | 1.9               |
|                    | B2                  | 5                | 9.6               |
|                    | B3                  | 5                | 9.6               |
|                    | B4                  | 6                | 11.5              |
|                    | B5                  | 1                | 1.9               |
|                    | C6                  | 5                | 9.6               |
|                    | D1                  | 23               | 44.2              |
|                    | D2                  | 1                | 1.9               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 23</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | B2                  | 3                | 5.9               |
|                    | B3                  | 10               | 19.6              |
|                    | B5                  | 1                | 2.0               |
|                    | C5                  | 5                | 9.8               |
|                    | C6                  | 11               | 21.6              |
|                    | D1                  | 20               | 39.2              |
|                    | D2                  | 1                | 2.0               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 1                | 1.9               |
|                    | A2                  | 3                | 5.8               |
|                    | B2                  | 4                | 7.7               |
|                    | B3                  | 3                | 5.8               |
|                    | B5                  | 5                | 9.6               |
|                    | C6                  | 1                | 1.9               |
|                    | D1                  | 33               | 63.5              |
|                    | D2                  | 2                | 3.8               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 24</b> |                 |                  |                   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A               | 1                | 2.0               |
|                    | D               | 1                | 2.0               |
|                    | G               | 1                | 2.0               |
|                    | H               | 15               | 29.4              |
|                    | I               | 1                | 2.0               |
|                    | K               | 10               | 19.6              |
|                    | L               | 16               | 31.4              |
|                    | N               | 6                | 11.8              |
|                    | Total           | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A               | 20               | 38.5              |
|                    | B               | 1                | 1.9               |
|                    | E               | 1                | 1.9               |
|                    | F               | 2                | 3.8               |
|                    | H               | 19               | 36.5              |
|                    | I               | 2                | 3.8               |
|                    | K               | 4                | 7.7               |
|                    | L               | 3                | 5.8               |
|                    | Total           | 52               | 100.0             |

| <b>Question 25</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 1                | 2.0               |
|                    | B2                  | 20               | 39.2              |
|                    | B3                  | 5                | 9.8               |
|                    | B4                  | 9                | 17.6              |
|                    | C5                  | 1                | 2.0               |
|                    | C6                  | 4                | 7.8               |
|                    | D1                  | 8                | 15.7              |
|                    | D2                  | 3                | 5.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 15               | 28.8              |
|                    | A2                  | 11               | 21.2              |
|                    | B2                  | 13               | 25.0              |
|                    | B4                  | 1                | 1.9               |
|                    | C5                  | 1                | 1.9               |
|                    | D1                  | 10               | 19.2              |
|                    | D2                  | 1                | 1.9               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 26</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A2                  | 2                | 3.9               |
|                    | B2                  | 3                | 5.9               |
|                    | B3                  | 4                | 7.8               |
|                    | B4                  | 5                | 9.8               |
|                    | C5                  | 5                | 9.8               |
|                    | C6                  | 10               | 19.6              |
|                    | D1                  | 20               | 39.2              |
|                    | D2                  | 2                | 3.9               |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 4                | 7.7               |
|                    | A2                  | 9                | 17.3              |
|                    | B2                  | 2                | 3.8               |
|                    | B3                  | 2                | 3.8               |
|                    | B4                  | 3                | 5.8               |
|                    | C6                  | 2                | 3.8               |
|                    | D1                  | 30               | 57.7              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 27</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 16               | 31.4              |
|                    | B2                  | 4                | 7.8               |
|                    | B3                  | 1                | 2.0               |
|                    | B4                  | 13               | 25.5              |
|                    | C5                  | 2                | 3.9               |
|                    | C6                  | 4                | 7.8               |
|                    | D1                  | 11               | 21.6              |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 33               | 63.5              |
|                    | B2                  | 4                | 7.7               |
|                    | B4                  | 4                | 7.7               |
|                    | C5                  | 3                | 5.8               |
|                    | D1                  | 8                | 15.4              |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 28</b> |                     |                  |                   |
|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Sub-Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A1                  | 7                | 13.7              |
|                    | B4                  | 3                | 5.9               |
|                    | C5                  | 3                | 5.9               |
|                    | C6                  | 8                | 15.7              |
|                    | D1                  | 30               | 58.8              |
|                    | Total               | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A1                  | 29               | 55.8              |
|                    | B2                  | 1                | 1.9               |
|                    | B3                  | 1                | 1.9               |
|                    | B4                  | 13               | 25.0              |
|                    | C5                  | 4                | 7.7               |
|                    | D1                  | 4                | 7.7               |
|                    | Total               | 52               | 100.0             |

| <b>Question 29</b> |                 |                  |                   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A               | 2                | 3.9               |
|                    | B               | 6                | 11.8              |
|                    | D               | 1                | 2.0               |
|                    | E               | 1                | 2.0               |
|                    | F               | 4                | 7.8               |
|                    | G               | 9                | 17.6              |
|                    | H               | 12               | 23.5              |
|                    | J               | 16               | 31.4              |
|                    | Total           | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A               | 29               | 55.8              |
|                    | B               | 6                | 11.5              |
|                    | C               | 4                | 7.7               |
|                    | D               | 2                | 3.8               |
|                    | E               | 1                | 1.9               |
|                    | F               | 1                | 1.9               |
|                    | H               | 5                | 9.6               |
|                    | J               | 3                | 5.8               |
|                    | L               | 1                | 1.9               |
|                    | Total           | 52               | 100.0             |

| <b>Question 30</b> |                 |                  |                   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | A               | 23               | 45.1              |
|                    | B               | 6                | 11.8              |
|                    | C               | 21               | 41.2              |
|                    | E               | 1                | 2.0               |
|                    | Total           | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A               | 37               | 71.2              |
|                    | B               | 6                | 11.5              |
|                    | C               | 8                | 15.4              |
|                    | E               | 1                | 1.9               |
|                    | Total           | 52               | 100.0             |

| <b>Question 31</b> |                 |                  |                   |
|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Group</b>       | <b>Category</b> | <b>Frequency</b> | <b>Percentage</b> |
| Control Group      | B               | 1                | 2.0               |
|                    | C               | 2                | 3.9               |
|                    | D               | 35               | 68.6              |
|                    | E               | 5                | 9.8               |
|                    | F               | 8                | 15.7              |
|                    | Total           | 51               | 100.0             |
| EM-7ELC            | A               | 15               | 28.8              |
|                    | B               | 10               | 19.2              |
|                    | C               | 12               | 23.1              |
|                    | D               | 13               | 25.0              |
|                    | F               | 2                | 3.8               |
|                    | Total           | 52               | 100.0             |

## APPENDIX I

### CLASSROOM OBSERVATION CHECKLIST

| No | Maddeler   | Evet | Kısmen | Hayır |
|----|--|------|--------|-------|
| 1  | Öğrencilerin konu hakkındaki ön bilgilerinin farkına varmaları için üst-bilişsel yönlendirmeler yapılıyor mu?  |      |        |       |
| 2  | Öğrencilerin konu hakkındaki gündelik yaşamdan elde ettikleri sezgisel bilgilerinin farkına varmaları için üst-bilişsel yönlendirmeler yapılıyor mu?       |      |        |       |
| 3  | Öğrencilerin konuya ilgi duymaları sağlanıyor mu?  |      |        |       |
| 4  | Öğrenciler grup arkadaşlarıyla konu hakkındaki düşüncelerini üst-bilişsel ve/veya epistemolojik yönlendirmelerle tartışıyorlar mı?                         |      |        |       |
| 5  | Öğrencilerin bir olay veya bir durum hakkında tahmin yapmaları sağlanıyor mu?  |      |        |       |
| 6  | Öğrenciler tahminlerini test edecekleri deneyler yapıyorlar mı?  |      |        |       |
| 7  | Öğretmen deneylerden önce konuyu anlatıyor mu?   |      |        |       |
| 8  | Öğrenciler gözlemlerini ve deney sonuçlarını uygun formatta kayıt ediyorlar mı?  |      |        |       |
| 9  | Öğrenciler elde ettikleri sonuçlarla tahminlerini karşılaştırıyorlar mı?   |      |        |       |
| 10 | Öğrenciler tahminleri ile deney sonuçları farklı çıkması halinde bu farklılığın nedenini bulmaya çalışıyorlar mı?  |      |        |       |
| 11 | Öğrencilerin keşif basamağında elde ettikleri sonuçları diğer arkadaşları ile tartışması üst bilişsel ve/veya epistemolojik yönlendirmelerle yapılıyor mu? |      |        |       |
| 12 | Öğretmen öğrencilerin gözlem ve sonuçlarına dayanarak araştırılan konu hakkında bilgi veriyor mu?  |      |        |       |
| 13 | Öğrencilerin konu hakkında öğrendiklerini benzer durumlara uygulaması sağlanıyor mu?   |      |        |       |
| 14 | Öğrenciler konu hakkında problemler çözüyorlar mı?   |      |        |       |
| 15 | Öğrencilerin konu hakkında öğrendiklerini daha farklı durumlara uygulamaları sağlanıyor mu?  |      |        |       |
| 16 | Öğrencilerin sezgisel bilgilerini fizik bilgileri ile uyumlu hale getirmek için aktiviteler yapılıyor mu?  |      |        |       |
| 17 | Öğrencilerin hatalarını analiz etmelerini sağlayacak aktiviteler yapılıyor mu?   |      |        |       |
| 18 | Öğrencilerin öğrendiklerini değerlendirecekleri üst-bilişsel ve/veya epistemolojik yönlendirmeler yapılıyor mu?  |      |        |       |
| 19 | Öğrencilerin sezgisel bilgilerinin farkında olmaları ve onları aritmaları için ödevler veriliyor mu?   |      |        |       |
| 20 | Öğrencilerin kendi öğrenmeleri üzerinde düşünmeleri için ödevler veriliyor mu?   |      |        |       |
| 22 | Öğretmen çoğunlukla yönlendirici rolünde midir?  |      |        |       |
| 23 | Öğretmen çoğunlukla bilgi aktaran rolünde midir?   |      |        |       |

## APPENDIX J

### ACTIVITY SHEETS

**Adı ve Soyadı:**

**Sınıf:**

#### ETKİNLİK 1

##### I. Neleri Biliyoruz Gösterelim

- A. (*Bireysel çalışınız*). Aşağıdaki soruları grup olarak tartışınız. Grup tartışmalarında herkesin fikirlerini belirtmesini bekliyoruz. Düşüncelerinizi belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü belirtiniz.
1. Kuvvet nedir?
  2. Hangi cisimler kuvvet uygulayabilir?
  3. Kuvvet türleri nelerdir?
  4. Kuvvetin cisimleri üzerinde etkileri nelerdir?
  5. Kuvvetin özellikleri nelerdir? (vektörel mi yoksa skaler bir büyüklük müdür?)
  6. Bileşke kuvvet nasıl bulunur?
- B. (*Grup olarak çalışınız*). Bu sorulara verdığınız yanıtlar ve kuvvet hakkında sahip olduğunuz diğer bilgilere dayanarak KUVVET hakkında bir kavram haritası çiziniz. (*Kavram haritalarınızı size verilen boş kâğıda çiziniz.*)

##### II. Newton Gibi Düşünelim

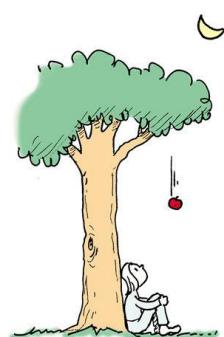
Ünlü fizikçi Isaac Newton'un elma hikâyesini bilmeyen yoktur:

*“Bir gün Isaac elma ağacının altında kitap okurken ağaçtan bir elma düşer ve..”*

Çoğu insan için sıradan gibi görünen bu olay Newton için hiçe sıradan bir olay değildi. Elmanın düşmesine neden olan etken acaba gezegenleri Güneş etrafındaki yörüngelerinde tutan etkenle aynı şey miydi? Bu soruya verdiği yanıtla döneminde büyük üne kavuşan Newton'nu diğer insanlardan ayıran en önemli özelliği gözlemediği fiziksel olayların **nedenlerini sorgulamasıydı**. Neden elma düşüyor? Gezegenler uzayda nasıl hareket edebiliyorlar?

Newton gibi çevremizde gördüğümüz ve artık bizi şaşırtmayan fiziksel olayların nedenlerini ve nasıl meydana geldiklerini sorgulamak fiziği daha iyi anlamamıza ve öğrenmemize yardım edecektir.

Bugün yaptığımız aktivitelerle gözlemediğimiz olayların nedenlerini sorgulamaya bir başlangıç yapacağız.



##### III. Araştıralım

Gerekli Malzemeler:

- Pinpon Topu
- Küçük Araba

Aşağıda A ve B kısımlarında sizden istenenleri gerçekleştirin ve soruları kendi grubunuzda tartışarak yanıtlayınız.

A. Pinpon topunu belli bir yükseklikten serbest bırakın ve yaptığı hareketi gözlemleyiniz.

1. Pinpon topunun yere düşunceye kadar yaptığı hareketi tanımlayınız.

**2.** Pinpon topunun bu hareketine neden olan etken ne olabilir?

**B.** Arabaya masa üzerinde anlık bir itme uygulayın ve hareketini gözlemleyiniz.

**1.** Araba nasıl bir hareket yaptı tanımlayınız.

**2.** Bu harekete neden olan etken ne olabilir?

#### **IV. Düşüncelerimizi Paylaşalım**

- *Sınıf Tartışması*

**A.** (*Grup olarak çalışınız*) Bildiğiniz kuvvet türleri nelerdir? Bunları kısaca göstermek istersek genelde hangi harflerle gösteririz?

#### **V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim**

**A.** Şekildeki masa üzerinde duran bir kitabı dikkate alarak aşağıdaki soruları cevaplayalım.  
**B.**

**Fizik Kitabı**

**1.** Bireysel olarak masa üzerinde duran kitabı etki eden kuvvetleri tanımlayınız?  
(*İpucu: Düşen pinpon topuna etki eden yerçekimi kuvvetini nasıl tanımladığımızı hatırlayın.*)

**2.** Grup olarak tartıştıktan sonra kitabı etki eden kuvvetleri tanımlayınız.

- *Sınıf tartışması*

**3.** Grup olarak belirlediğiniz bu kuvvetleri aşağıda kitabı üzerinde gösteriniz.

**Fizik Kitabı**

- *Sınıf tartışması*

Biraz önce tahtaya çizdiğimiz diyagrama kuvvet diyagramı denir. Kuvvet diyagramı sadece ilgilenilen cisim üzerine etki eden kuvvetleri gösterir.

Çoğu kez kuvvetlerin (1) hangi tür olduğu, (2) kuvvetin uygulandığı cisim ve (3) kuvveti uygulayan cismi belirtmek için etkilendirilmesi yani kuvvetlerin harflerle gösterilmesi uygun bir kuvvet diyagramı çizmek için oldukça yararlıdır.

Örneğin Dünyanın kitabı uyguladığı kuvvet **G<sub>KD</sub>** şeklinde etiketlendirilir.

- Siz de bireysel olarak diğer kuvveti etiketlendiriniz.

- Grup olarak tartıştıktan sonra kuvveti etiketlendiriniz.

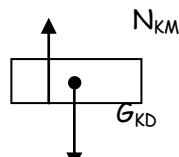
- *Sınıf Tartışması*

- Sınıf tartışmasından sonra etiketlendirdiğiniz kuvvetleri kitap üzerinde çiziniz.



## VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim (Esnek Masa)

Bir önceki derste masa üzerinde duran bir kitaba uygulanan kuvvetleri aşağıdaki şekilde gösterdik.



Ama masanın kitabı kuvvet uygulaması, çoğu öğrenciye sezgisel olarak anlamlı gelmemektedir.

- *Sınıf Tartışması*

Aşağıda iki öğrencinin masanın kuvvet uygulaması hakkındaki konuşmalarını okuyalım.

**Sevgi:** *Biz kuvveti bir cismin başka bir cisim üzerine uyguladığı itme veya çekme olarak tanımladık. Ama masa benim kitabı itmem gibi kitabı itmiyor. Bu yüzden masanın kuvvet uygulaması bana mantıklı gelmiyor. Bana göre masa sadece kitabın düşmesini engelliyor.*

**Ufuk:** *Sana katılıyorum. Ayrıca, farz edelim ki kitabın ağırlığı 5 N olsun bu durumda normal kuvvet 5 N oluyor. Eğer kitabın ağırlığı 10 N ise normal kuvvet 10 N oluyor. Yani normal kuvvet kitabın ağırlığına göre kendini ayarlıyor. Masa her defasında ne kadar kuvvet uygulaması gerektiğini nerden biliyor? Bence masa bu kadar zeki olamaz.*

### A.

Sevgi ve Ufuk'un öne sürdüğü düşünceleri dikkate alarak aşağıdaki aktiviteleri yapalım ve masanın kuvvet uygulayabileceği fikrinin sezgisel olarak mantıklı, anlamlı olup olmadığını araştıralım.

1. (*Grup olarak çalışınız*). Yatay bir zemin üzerinde sıkıştırılmış bir yayın önüne bir blok koyup, yayı serbest bıraktıktan sonra bloğun hareketini gözleyiniz. *Sezgisel olarak* yayın bloğu ittiğini, yani bloğa bir kuvvet uyguladığını söyleyebilir miyiz? Kısaca düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü açıklayınız.
2. (*Grup olarak çalışınız*). Bir önceki etkinlikteki gibi yatay bir zemin üzerinde sıkıştırılmış bir yayın önüne bloğu koyun fakat şimdi yayı serbest bırakmak yerine önünde bloğu durdurmayla çalışın. *Sezgisel olarak* yayın bloğu ittiğini yani bloğa bir kuvvet uyguladığını söyleyebilir miyiz? Kısaca düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü açıklayınız.
3. (*Grup olarak çalışınız*). Yayı bir zemin üzerinde düşey olarak tutun, sıkıştırın ve üzerine bloğu koyduktan sonra yayı serbest bırakın. *Sezgisel olarak* yayın bloğu **yukarıya doğru ittiğini** yani bloğa bir kuvvet uyguladığını söyleyebilir miyiz? Kısaca düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü açıklayınız.
4. (*Grup olarak çalışınız*). Bir önceki etkinlikteki gibi yayı bir zemin üzerinde düşey olarak tutun ama şimdi yayı sıkıştırmadan üzerine bloğu koyun. *Sezgisel olarak* yayın bloğu **yukarıya doğru ittiğini**, yani bloğa bir kuvvet uyguladığını söyleyebilir miyiz? Kısaca düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü açıklayınız. (*Bu etkinlikle 2. Etkinlik*

*arasında benzerlik kurmak olayı anlamamızı kolaylaştıracaktır. 2. Etkinlikte yayın eski haline dönmesini engelleyen bizim elimizken, bu etkinlikte yayın eski haline dönmesini engelleyen blogun ağırlığıdır. )*

5. (*Grup olarak çalışınız*). Şimdi yay üzerine daha ağır bir blok koyup yaydaki değişimi gözlemleyelim. Ağır blok yay üzerindeyken, yay hafif bloğa uyguladığı kuvvetten **daha büyük** yukarıya doğru bir kuvvet uygulayacağını nasıl bilir? Kısaca düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü açıklayınız.
- B. Dokuzuncu sınıfta bütün katıların azda olsa esneyebildiğini öğrendiniz. Katı maddeler de yay gibi esneyebildiğine göre, masanın kitabı ittiğine sezgisel olarak mantıklı bir açıklama getirebilir misiniz? Başka bir değişle dersin başında Sevgi'nin öne sürdüğü "masanın kuvvet uygulamasının mantıklı olmadığı" görüşüne **karşı** bir açıklama yapabilir misiniz?
- C. Daha ağır bir kitabı masanın üzerine koyduğumuzda masa yukarıya doğru ne kadar kuvvet uygulayacağını nerden bilir? Başka bir değişle Ufuk 'un düşüncesine karşı mantıklı bir açıklama nasıl getirebilirsiniz?
- D. Bugünkü dersimizin ana fikri sizce nedir?
- *Sınıf Tartışması*
  -
- VI. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim**
- A. Şimdi dersin başında grup olarak çizmiş olduğunuz kavram haritaları size geri verilecek. Kavram haritası çizerken tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız ve tartışma sonunda sorulara verdığınız yanıtlarla ve kuvvet hakkında öğrendığınız diğer bilgilere dayanarak kavram haritanızda gerekli değişiklikleri ve eklemeleri size verilen renkli kalemlle yapınız.
- B. Yaptığınız değişiklikleri/eklemeleri ve niçin bu değişiklikleri/eklemeleri yaptığınızı kısaca kavram haritasının arkasına yazınız.

**Adı ve Soyadı:**

**Sınıf:**

## **ETKİNLİK 2**

Bu etkinliğimizde bağıl hızı öğrenmenin yanında hatalarımızı tespit etmeye ve gelecekte aynı hataları yapmayı önlemeye yardımcı bir metot öğreneceğiz.

### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

- A.** (*Bireysel çalışınız*). Aşağıdaki sorular hakkında düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşünügüünüzü yazınız.

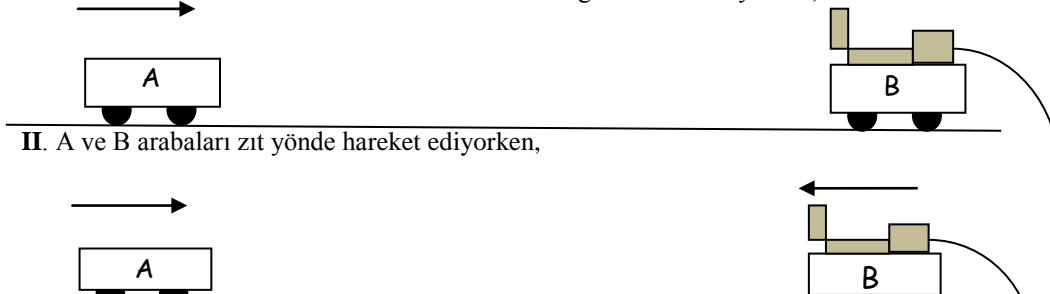
1. Hareketli bir cismin hızı başka bir cisme göre sıfır olabilir mi? Nasıl? Günlük hayattan örnek vererek açıklayınız?
2. Hatalarımız hakkında düşünmek önemli midir? Cevabınızı açıklayınız.

- B.** (*Grup olarak çalışınız*). Yukarıdaki soruları tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşünügüünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEYİNİZ.*

### **II. Arabaların Ölçülen Hızlarını Karşılaştıralım**

- A.** (*Bireysel çalışınız*). Aşağıdaki üç durumda, A arabası, her defasında *aynı büyüklükte ani bir itme* verilerek harekete geçiriliyor. Buna göre her durum için A arabasının hareket detektörü aracılığıyla ölçülen hızlarının büyüklüklerini karşılaştırınız. Neden o şekilde karşılaştırdığınızı açıklayınız. (*Hareket detektörlü B arabası II ve III durumlarında aynı hızla hareket ediyor.*)

- I.** A arabası duran hareket detektörlü B arabasına doğru hareket ediyorken,



- II.** A ve B arabaları zıt yönde hareket ediyorken,



- III.** A ve B arabaları aynı yönde hareket ediyorken,



### **III. Araştıralım**

A. Şimdi yukarıdaki üç durumu deneysel yolla inceleyerek, tahminlerinizi test ediniz.

#### **Malzemeler:**

- Bilgisayar
- Hareket Detektörü
- Arabirim
- Logger Pro programı
- Araba (2 adet)
- Ray

#### **I.Durum: Hareket Detektörlü Araba Hareketsizken**

- ✓ Hareket detektörünü bir araba üzerine kaymayacak şekilde bağlayınız ve I. durumda düzeneği kurunuz.
- ✓ Arabirim bilgisayara ve hareket detektörünü de arabirimin DIG/SONIC 1 KANALINA bağlayın.
- ✓ “**Topla**” tuşuna bastıktan sonra hareket detektörlü arabanın karşısındaki arabayı hareket detektörlü arabaya doğru itiniz.

*Düzungün bir grafik oluşuncaya kadar süreci tekrar ediniz. Araba hareket ediyorken hareket detektörünün önünde hiç kimseyin hareket etmediğinden emin olunuz.*

1. A arabanın ortalama hızını oluşturan hız-zaman grafiğinden yararlanarak bulunuz.

$$V_{\text{ort}} =$$

#### **II. Durum: Arabalar Zıt Yände Hareket Ediyorken**

- ✓ II. durumda verilen deney düzeneğini kurunuz.
- ✓ “**Topla**” tuşuna bastıktan sonra rayın her iki ucunda bulunan arabaları birbirine doğru itiniz. A arabasını I. durumda hiza yakın bir hız verecek şekildeitmeye özen gösteriniz.

1. A arabanın ortalama hızını grafikten bulunuz.

$$V_{\text{ort}} =$$

#### **III. Arabalar Aynı Yände Hareket Ediyorken**

- ✓ Hareket detektörsüz arabayı rayın ortasına hareket detektörlü arabayı ise rayın başına yerleştirerek III. durumda deney düzeneğini kurunuz.
- ✓ “**Topla**” tuşuna bastıktan sonra arabaları aynı yönde itiniz. A ve B arabasını II. durumda hızlarına yakın bir hız verecek şekildeitmeye özen gösteriniz.

1. A arabanın ortalama hızını grafikten bulunuz.

$$V_{\text{ort}} =$$

### **IV. Düşüncelerimizi Paylaşalım**

- *Sınıf Tartışması*

#### **Hatalarımızı Anlayalım**

Bugün bu derste “Hata Yakalama” stratejisi adı verdiğimiz yeni bir stratejiyi öğreneceğiz. Bu stratejiyi hatalarımızı belirlemek ve onları gelecekte tekrarlamamak için kullanacağız.

Hata yakalama stratejisinde tek yapmanız gereken, hatayı niye yaptığınızı anlamaya çalışmak ve hatayı tekrar yapmamak için sizi hataya götürün düşüncelerinizi nasıl değiştireceğinizi düşünmektir.

Şimdi “Hata Yakalama” stratejisini deney yaparak test ettiğiniz A arabanın hızlarını karşılaştırdığınız soruya uygulayalım.

1. Eğer A arabasının hızlarını deney sonuçlarından farklı tahmin ettiyseniz *ilk olarak niçin hata yaptığınızı ve ikinci olarak da sizi hataya götüren düşüncelerinizi nasıl değiştireceğinizi* yazınız.

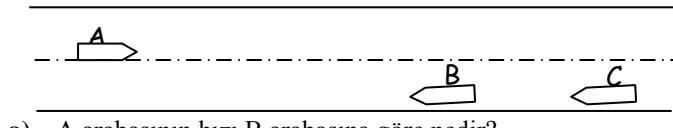
Bu soru için örnek cevap aşağıdaki şekilde olabilir.

A arabasının hızının gözlemediği referans sistemine yani gözlemciye bağlı olmadığını düşündüğümüzden üç durumda da hızların eşit olacağını düşünüyorum. Ama arabanın hızı gözlemediği referans sistemine bağlı olduğundan her üç durum için bulunan hız değerleri birbirinden farklı olacaktır.

## V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

*Grup olarak aşağıdaki soruları cevaplayınız*

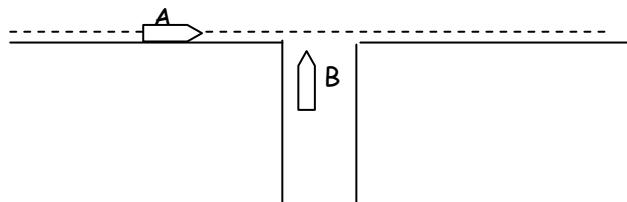
1. Bir yol üzerinde A araba  $10 \text{ m/s}$  hızla doğuya doğru giderken B araba  $15 \text{ m/s}$ , C araba ise  $20 \text{ m/s}$  hızla batıya gitmektedir.



- a) A arabasının hızı B arabasına göre nedir?
- b) B arabasının hızı A arabasına göre nedir?
- c) C arabasının A ve B arabalarına göre hızı nedir?
- d) Arabalar birbirini geçtikten sonra A arabasının hızı B arabasına göre nedir?
2. Suya göre hızı  $2v$  olan bir gemi ile bir yunus aynı yönde gidiyor. Geminin pistinde hareket eden bir motosikletli yunusu **duruyor gibi** görüyor. **Yunusun suya göre hızı v olduğuna göre, motosikletin gemiye göre hızı nedir?**

## VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim

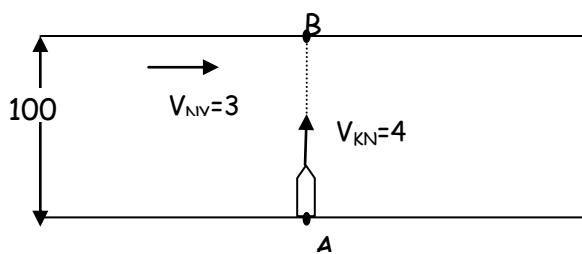
- A. Şimdiye kadar hep aynı doğrultudaki hareketleri inceledik. Şimdi farklı doğrultuda hareket eden cisimlerin birbirlerinin hızlarını nasıl algıladıkları üzerinde duralım.
1. (*Grup olarak çalışınız*). Şekilde görüldüğü gibi A araba  $30 \text{ m/s}$  ile doğu yönünde hareket ederken B araba kuzey yönünde  $40 \text{ m/s}$  ilerliyor. Buna göre
- 



- a) A arabasının hızı B arabasına göre nedir?

- b) B arabasının hızı A arabasına göre nedir?

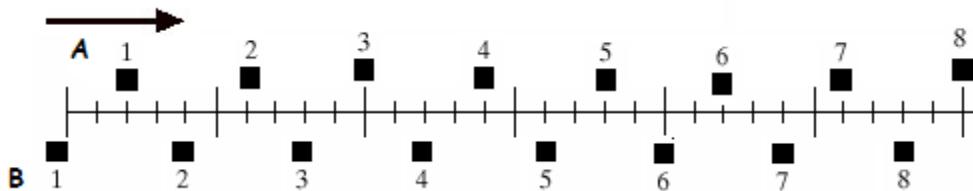
2. (Grup olarak çalışınız). Nehre göre  $4 \text{ m/s}$  sabit hızı olan bir kayak şekilde görüldüğü gibi  $3 \text{ m/s}$  sabit hızlı bir nehrin akış yönüne dik olacak şekilde A noktasından harekete başlıyor.



- Kayığın yere göre hızı ne kadardır?
- Kayık karşı kıyıya ne kadar sürede çıkar?
- Kayık B noktasından ne kadar uzağa sürüklenebilir?
- Kayık A noktasından B noktasına gitmek için şekildeki gibi düz bir yolu izliyor. Kayığın bu yolu izleyebilmesi için yönünde değişiklik yapmasına gerek var mıdır? Bu durumda karşı kıyaya geçme süresi değişir mi? Açıklayınız.

#### B. Sezgisel Bilgiler ve Bağıl Hız

1. (Bireysel çalışınız). A ve B arabalarının 1 saniye zaman aralıklı konumları, aşağıdaki şekilde numaralandırılmış karelerle gösterilmiştir. Arabalar doğuya doğru hareket etmektedirler.



- Sezgisel olarak 3 anında B aracı A aracını *doğuya mı hareket ediyor, batıya mı hareket ediyor yoksa duruyor* olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.
  - Konum ekseninde her küçük aralık  $5 \text{ m}$  ise A ve B arabalarının hızı nedir?
  - Bulduğunuz değerlerle 3 anındaki  $V_{AB}$  hesaplayınız. Bulduğunuz sonuç a) kısmındaki cevabınızla tutarlı mı?
- Sınıf Tartışması*

### C. Sezgilerimiz ile Fizik Tutarsız Olduğunda Ne Yapmalıyız

Çoğu öğrenci *önde olan daha hızlıdır* sezgisine sahiptir. Biraz önce sezgisel olarak verdiğimiz yanıtın bağıl hız formülünü kullanarak verdığımız yanıtla çeliştiğini gördük. Şimdi bu çelişki üzerinde biraz düşünelim.

1. (Bireysel çalışınız). Aşağıdakilerden hangisi bu tutarsızlık durumuna karşı tutumunuzu en iyi şekilde gösterir? *Birden fazla seçenek seçebilirsiniz.*

- a) Bu gibi tutarsızlıklar üzerinde düşünmek gereksizdir. Bağıl hızın ne olduğunu tam olarak öğrenmek yeterlidir.
- b) Nasıl yapılacağını bilmiyorum ama bağıl hız formülü ile sezgilerimi tutarlı hale getirmenin muhtemelen bir yolu vardır.
- c) Fizik ile sezgilerimiz çoğunlukla birbirleriyle tutarlıdır. Ama yukarıdaki soruda fizik ile sezgilerimiz arasındaki uyumsuzluk çok belirgin olduğundan bu tutarsızlığı kabul edip devam etmek zorundayız.

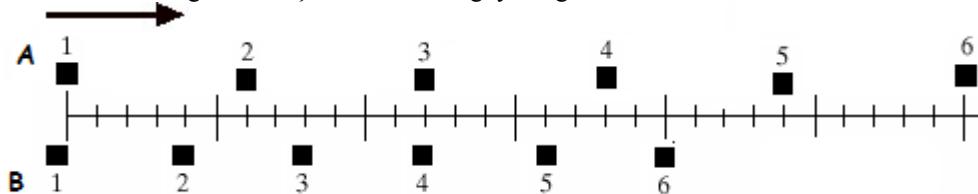
Cevabınızı açıklayınız.

2. Cevaplarınızı gruptaki arkadaşlarınızla tartışınız. Aranızda bir anlaşmaya vardınız mı, grup içinde farklı düşünenler var mı?

### D. Sezgisel Bilgilerimizin Arıtılması

Bağıl hız formülü ile “*önde olan daha hızlıdır*” sezgimiz arasında uzlaştırılamaz bir tartışma olduğunu kabul etmeden önce bir “*Uzlaştırma Stratejisi*” olan “*Sezgilerin Arıtılması*” adı verdiğimiz bir stratejiyi uygulayalım.

1. A ve B arabalarının 1 saniye zaman aralıklı konumları, aşağıdaki şekilde numaralanmış karelerle gösterilmiştir. Arabalar doğuya doğru hareket etmektedirler.



- a) *Sezgisel olarak 3 anında B aracı A arabaşını doğuya mı hareket ediyor, batıya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür?* Cevabınızı açıklayınız.

- b) Konum ekseninde her küçük aralık 5 m ise A ve B arabalarının hızı nedir?

- c) Bulduğunuz değerlerle 3 anındaki  $V_{AB}$  hesaplayınız. Bulduğunuz sonuç önde olan araba daha hızlıdır sezgisi ile uyum içinde midir?

- *Sınıf Tartışması*

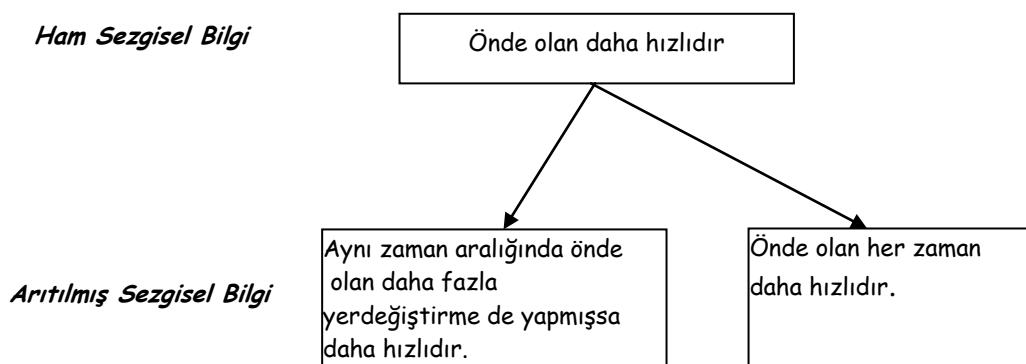
2. (Grup olarak çalışınız). “*Önde olan daha hızlıdır*” sezgisel bilgisini kullandığımız iki soru çözdük. İlk soruda bu sezgimiz bizi yanlış sonuca götürürken ikinci soruda doğru cevabı götürdü. O halde *önde olan daha hızlıdır* sezgisel bilgisi hakkında ne söylenebilir? Yanlış mı, doğru mu, yoksa başka bir şey midir. Açıklayınız.

- *Sınıf Tartışması*

3. (Grup olarak çalışınız). *Önde olan daha hızlıdır* sezgisel bilgisi fizik dersi olmadan önce oluşan ham bir sezgi midir? Yoksa fizik dersi aldiktan sonra şekillenen arıtlı bir sezgi midir? Eğer ham ise onu nerden öğrendiniz?
  4. Hangi durumda A arabasının 1 anından 3 anına kadar yerdeğiştirmesi B arabasının yerdeğiştirmesinden büyütür? Bunu A arabasının hızı ile ilişkilendirebilir miyiz?
- *Sınıf Tartışması*

### Aritma Diyagramı

*Önde olan daha hızlıdır* sezgisini aşağıdaki gibi iki şekilde arıtabiliriz.



5. (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki arıtlı sebzilerden hangisi bağıl hız formülü ile uyum içerisindeidir?
  6. Bugünkü dersin ana fikri nedir?
- *Sınıf Tartışması*

## VII. Kendimizi Değerlendirelim

1. (Grup olarak çalışınız). Bağıl hız konusuna başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşünüldüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız*. Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.
2. (Bireysel çalışınız). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (*İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayın*).

**Adı ve Soyadı:**

**Sınıf:**

### **ETKİNLİK 3**

#### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

- A. (Bireysel çalışınız).** Aşağıdaki sorular hakkında düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü yazınız.

1. Bir kutu, bir yüzey üzerinde bir ip yardımıyla çekilerek sabit hızla hareket ettiliyor. Bu durumda ipin kutuya uyguladığı gerilme kuvveti ( $T_{Kİ}$ ) yüzeyin kutuya uyguladığı ve kutunun hareketine zıt sürtünme kuvvetinden ( $f_{KY}$ ) büyük müdür, küçük müdür, yoksa eşit midir?
  
2. Aynı kutu sürtünmesiz yüzey üzerinde sabit bir kuvvetle çekiliyor. Bu durumda
  - a) Kutunun ivmesi artar mı, azalır mı, yoksa sabit midir?
  
  - b) Hızı artar mı, azalır mı yoksa sabit mi dir?
  
3. Aynı kutu iki kat kuvvetle çekilirse ivmesi nasıl değişir?

- B. (Grup olarak çalışınız).** Yukarıdaki soruları tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEYİNİZ.*

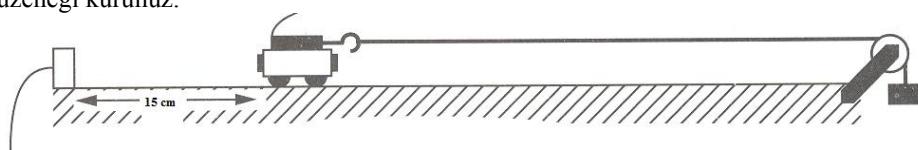
## II. Siz Nedenini Biliyor musunuz?



### Gerekli Malzemeler:

- Bilgisayar
- Arabirim
- Hareket Detektörü
- Kuvvet Sensörü
- Hareket programı
- Hareketli araba
- Rampa
- Makara
- Kütleler (5g, 10g, 50gr, ...)

A. (Grup olarak çalışınız). I. Bölümdeki 2. soruya yaptığıınız tahmini test etmek için aşağıdaki düzeneği kurunuz.



### Dikkat!!!

- Kuvvet sensörünün araba üzerinden kaymaması için mümkün olduğunda sıkı bir şekilde bağlığınızdan emin olunuz.
- Kuvvet sensörü elektronik sinyallerde meydana gelen değişiklere göre kuvveti ölçüduğundan, bilgisayarın kuvvet sensörüne kuvvet uygulanmadığı durumdaki sinyali sıfır olarak okuması deneye başlamadan önce önemlidir. Bu işleme "sıfırlama" denir. Kuvvet sensörü ile ölçüm yapmadan önce "sıfırla" butonu seçilerek sıfırlama yapılmalıdır.
- Hareket detektörünün bütün hareket boyunca arabayı gördüğünden emin olunuz.

- ✓ L03A2-2 (Speeding Up Again) deney dosyasını açınız.
- ✓ Makaraya bağlı kütlelerin arabayı çok hızlı hareket ettirmemesi gereklidir. Uygun kütle miktarını bulmak için, kütleler serbest bırakıldıktan sonra, arabanın ray üzerindeki 2-3 saniyelik hareketini gözlemleyerek bulunuz.
- ✓ Makaraya bağlığınız kütleyi kayıt ediniz:

- ✓ Hareket detektörü ve kuvvet sönsörünü sıfırlayınız.
- ✓ Hareket detektöründen tık sesi duyduktan sonra makaraya bağlı kütleleri serbest bırakınız. İyi bir grafik elde edinceye kadar denemelerinizi tekrarlayınız.

1. İvme-zaman ve kuvvet-zaman grafiklerinin ilgili yerlerini seçerek ve araç çubuğundaki

“istatistikler” ( ) tuşunu tıklayarak ortalama kuvvet ve ivmeyi bulunuz.

$$\mathbf{F}_{\text{ort}} =$$

$$\mathbf{a}_{\text{ort}} =$$

2. Kuvvet sensörünün ölçüdüğü kuvvet ne tarafından arabaya uygulanır?

3. Arabanın ivmesi nasıl değişti?

4. Arabanın hızı nasıl değişti?

- *Sınıf Tartışması*

### Hatalarımızı Anlayalım

1. (*Bireysel çalışınız*). Eğer I. Bölümde 2a daki sabit bir kuvvetin etkisindeki kutunun ivmesi nasıl olur sorusuna verdığınız cevapla deney sonuçları farklısa hata yakalama stratejisini kullanarak bu farklılığın nedenini bulmaya çalışınız. (*Hata yakalama stratejisinin nasıl uygalandığını 2. Etkinlikten hatırlayınız*.)
2. (*Bireysel çalışınız*). Benzer şekilde hata yakalama stratejisini 2b deki sabit bir kuvvetin etkisindeki kutunun hızı nasıl değişir sorusuna verdığınız cevaba uygulayınız.

**B.** I. Bölümde 3 soruya verdığınız cevabı deneysel yolla test ediniz.

- ✓ L03A2-2 (Speeding Up Again) deney dosyasını tekrar açınız.

- ✓ Arabaya daha önceki kuvvetten daha büyük kuvvet uygulayınız. Bunu yapmak için makaraya bağlığınız kütleyi yaklaşık olarak iki katına çıkarınız.
- ✓ Makaraya bağlı kütle: \_\_\_\_\_
- ✓ Kuvvet sensörünü sıfırlayınız.

1. İvme-zaman ve kuvvet-zaman grafiklerinden ilgili yerleri seçerek ve araç çubuğundaki

“istatistikler” ( ) tuşunu tıklayarak ortalama kuvvet ve ivmeyi bulunuz.

$$\mathbf{F}_{\text{ort}} =$$

$$\mathbf{a}_{\text{ort}}$$

2. Daha önceki bölümde ve şimdi bulduğunuz değerleri kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

|   | <b>Ortalama Kuvvet</b> | <b>Ortalama İvme</b> |
|---|------------------------|----------------------|
| A |                        |                      |
| B |                        |                      |

3. Değerleri bilgisayara girerek kuvvetin ivmeye bağlı grafiğini çiziniz.

4. Grafiğin eğimi neyi veriyor?

5. Arabanın ivmesi ile arabaya etkiyen kuvvet arasındaki matematiksel ilişki nasıldır? Bu ilişkiye gösteren formülü yazınız ve açıklayınız.

6. Yukarıda yazdığınız formül fizikteki hangi kanununun **matematiksel bir ifadesidir**?

- *Sınıftartışması*

7. (Bireysel çalışınız). Yukarıda ulaştığınız formül doğrudan size verilebilirdi. Ama formüle belli aşamalardan sonra ulaştınız. Formüle ulaşınca kadar yapılan işlemlerin amacı ne olabilir?

8. (Bireysel çalışınız). Aşağıdakilerden hangisi fizik formülleri hakkındağı görüşlerinizi en iyi şekilde ifade eder. (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz.)

- a) Birçok fizik kavramı (kuvvet, hız, enerji, vb) anlamlıdır ve günlük hayataki tecrübelerimizle ilişkilidir; ama fizik formülleri fiziki zihnimizde anlaşılmaktan ziyade, problem çözmek için kullanılan araçlardır.
- b) Aslında formülüne göre değişir; bazı formüller anlamlıdır, fakat hepsinin anlamlı olmasını beklemiyorum.
- c) Genelde fizik formülleri anlamlıdır ve günlük yaşamda kullandığımız sezgi ve tecrübelerimizi bir bakıma ifade ederler.

Cevabınızı açıklayınız.

**9.** (*Grup olarak çalışınız*). 7. ve 8. sorulara verdığınız cevaplarınızı grubunuzdaki arkadaşlarınızın cevapları ile karşılaştırınız. Grupta farklı düşünceler varsa, birbirinizi ikna etmek yerine birbirinizin düşüncelerini anlamaya çalışınız. Sizin düşüncelerinizden farklı olan ama iyi noktalara işaret eden arkadaşlarınızın görüşlerini özetleyiniz.

- *Sınıf tartışması*

#### **IV. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim**

*Grup olarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Sürtünmesiz bir yüzey üzerinde *sağa doğru*  $2 \text{ N}$  luk sabit bir kuvvetle çekilen  $1 \text{ kg}$  lik oyuncak bir arabanın ivmesi nedir?
2. Bu arabaya  $1 \text{ kg}$  lik ikinci bir oyuncak araba bağlanırsa ivmesi ne olur?
3.  $1 \text{ kg}$  lik başka bir oyuncak arabanın *sola doğru*  $2 \text{ m/s}^2$  lik bir ivme ile hareket edebilmesi için hangi yönde ne kadar büyülüklükte bir kuvvet uygulanması gereklidir?
4.  $1 \text{ kg}$  lik araba *sağa doğru*  $2 \text{ N}$  kuvvetle sürtünmeli yüzey üzerinde çekiliyor, arabaya  $1 \text{ N}$  luk bir sürtünme kuvveti etki ediyor. Buna göre arabanın ivmesinin yönü ve büyülüğu nedir?
5. Park halindeki bir arabayı düşününüz. Arabaya dünya tarafından uygulanan aşağıya doğru yerçekimi kuvvetinin arabayla yüzey tarafından uygulanan yukarıya doğru normal kuvvette eşit olmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir? (*Birden fazla seçenek seçebilirsiniz.*)
  - A. Bu kuvvetler etki tepki çiftleri olduğundan;
  - B. Arabaya etki eden net kuvvet sıfır olduğundan;
  - C. Yukarıdakilerden hiçbiri. Eşittir, çünkü

- *Sınıf Tartışması*

## VII. Öğrendiklerimizi Genişletelim

### A. Sezgilerimiz ve Newton'un 2. Yasası

1. (Bireysel çalışınız). Bir dağcı yolculuğu sırasında beklenmedik bir kar fırtınası ile karşılaşır ve dağda mahsur kalır. Dağcıyı kurtarmak için bir kurtarma ekibi bölgeye bir helikopterle gönderilir. Helikopter dağcıya ulaştığı zaman kurtarma ekipleri aşağıya bir ip sallarlar. Dağcı bu ipi beline bağlar. Dağının ağırlığı (dağcıya aşağıya doğru etki eden yerçekimi kuvveti) 650 N dur. İp dağcıyı yukarıya doğru sabit bir hızla çekerken ipin yukarıya doğru uyguladığı kuvvet sezgisel olarak 650 N dan büyük, küçük yoksa eşit midir. Cevabınızı açıklayınız.
2. (Grup olarak çalışınız). Şimdi yukarıdaki soruya Newton'un 2. Yasasını kullanarak ipin uyguladığı kuvvetin 650 N dan büyük, küçük yoksa eşit mi olduğunu bulunuz.

- *Sınıf Tartışması*

3. (Grup olarak çalışınız). Çoğu öğrenci yukarıya doğru bir hareketin yukarıya doğru bir kuvveti gerektirdiği sezgisine sahiptir. Örneğin yukarıdaki soruda dağının hareket edebilmesi için ipin uyguladığı kuvvetin dağının ağırlığından büyük olduğunu düşünmektedirler. Biz bu sezgiyi Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğumuz sonuçla (yukarıya doğru kuvvetin aşağıya doğru kuvvette eşit olduğu) uyumlu hale getirebilir miyiz? Yoksa bu uyumsuzluğu kabul mü etmeliyiz?

### B. Sezgilerimizi Newton'un 2. Yasası ile Uyumlu Hale Getirmek için Arıtalım

Daha önce sezgilerin arıtılması stratejisini *önde olan daha hızlıdır* sezgisinin uygulayarak bağıl hız ile uyumlu hale getirmiştik. Şimdi sezgilerin arıtılması stratejisinin burada çalışıp çalışmadığınına bakalım.

1. (Grup olarak çalışınız). İpin dağcıyı yukarıya doğru çekmeye başladığı *ilk anda* dağının durgun olduğunu düşününüz. Hareketin bu başlangıç aşamasında, yukarıya doğru ipin uyguladığı kuvvet 650 N (dağının ağırlığından) büyük, küçük yoksa eşit midir? Cevabınızı açıklayınız.
2. (Grup olarak çalışınız). Newton'un 2. Yasasını bu soruya uyguladığınızda hangi sonucu elde edersiniz? (İpucu: *Dağcı harekete başladığı anda hızlanıyor mu, yani bir ivmesi var mıdır?*)

- 3.** (*Grup olarak çalışınız*). Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğunuz cevap sezgilerinizle uyum içerisinde mi?

**4-9. sorularında dağcının harekete başladığı aşamadan sonraki hareketi yani dağcının yukarıya doğru hareketli olduğunu düşününüz.**

- 4.** *Sezgisel olarak*, ipin uyguladığı yukarıya doğru kuvvet dağcının ağırlığından büyük olursa (dağcının harekete başladığı andaki gibi) dağcı hızlanarak mı, yavaşlayarak mı yoksa sabit hızla mı yükselir. Kısaca açıklayınız.

- 5.** Newton'un 2. Yasasını bu soruya uyguladığınızda hangi sonucu elde edersiniz?

- 6.** Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğunuz cevap sezgilerinizle uyum içerisinde mi?

- 7.** *Sezgisel olarak*, ipin uyguladığı yukarıya doğru kuvvet dağcının ağırlığından küçük olursa çocuk hızlanarak mı, yavaşlayarak mı yoksa sabit hızla mı yükselir. Kısaca açıklayınız.

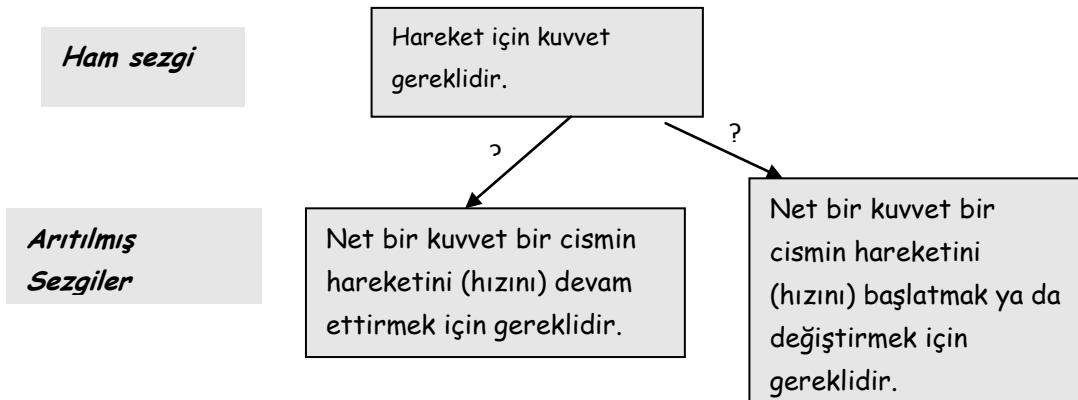
- 8.** Newton'un 2. Yasasını bu soruya uyguladığınızda hangi sonucu elde edersiniz?

- 9.** Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğunuz cevap sezgilerinizle uyum içerisinde mi?

- 10.** Şimdi yaptıklarımızı birbirleriyle ilişkilendirelim. İpin uyguladığı kuvvet yerçekiminden daha büyük olmayı **sürdürüdüğünde** dağcının hızlanmaya devam etmesi ve ipin uyguladığı kuvvetin yerçekiminden daha küçük olmaya başladığı zaman dağcının yavaşlaması artık sezgisel olarak anlamlı gelmektedir. Aynı düşünce şekliyle, ipin uyguladığı kuvvet dağcının ağırlığına **eşit** olduğu zaman (ipin uyguladığı kuvvet dağcının ağırlığından daha büyük olması ile daha küçük olmasının ortasında olduğu zaman) dağcının hızı hakkında ne söylenebilir?

- 11.** Cevabınız Newton'un 2. Yasası ile uyum içerisinde mi?

**12.** Aşağıdaki arıtma diyagramı üzerinde *grup olarak* çalışınız.



- a) Yukarıdaki iki *arıtılmış sezgisel bilgiden* hangisini (belki farkında olmadan) sayfa 8 deki 4. soruya cevaplarken kullandınız?
- b) Yukarıdaki arıtılmış sezgisel bilgiden hangisi Newton'un 2. Yasası ile uyum içerisinde dir?
- c) Yukarıdaki iki arıtılmış sezgisel bilgiden hangisini (belki farkında olmadan) sayfa 7 deki 1. soruya cevaplarken kullandınız?

**13.** (*Grup olarak çalışınız*). Etkinliğin 7. sayfasındaki 2. soruda Newton'un 2. Yasasını kullanarak sabit hızlı harekete ipin uyguladığı kuvvetin dağçının ağırlığına eşit olduğunu gördük. O soruda zaten cevabı bulduğumuz halde 2. sorudan sonraki yaptıklarımızın amacı ne olabilir?

## VII. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

1. (*Grup olarak çalışınız*). Etkinlik 3 başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız*. Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.

2. (*Bireysel çalışınız*). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (*İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayın*).

**Adı ve Soyadı:**

**Sınıf:**

## ETKİNLİK 4

### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

- A.** (*Bireysel çalışınız*). Aşağıdaki sorular hakkında düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü yazınız.
1. Havada düşme hareketi yapan bir topa etki eden havanın direnç kuvvetinin büyüklüğü nelere bağlıdır?
  2. Bir paraşütü bir uçaktan atladıkten sonra havada gittikçe hızlanırken, ivmesi artar mı, azalır mı, yoksa sabit midir?
  3. Bir paraşütü havada limit hızla (sabit hızla) düşerken paraşütünün ağırlığı yukarıya doğru etki eden havanın direnç kuvvetinden büyük mü, küçük mü yoksa eşit midir?
  4. Büyük bir binanın tepesinden aynı anda serbest bırakılan aynı büyüklükteki iki tenis topu aynı anda yere çarpar. Eğer bu toplardan birinin içi demir parçaları ile doldurulursa hangisi daha çabuk yere düşer? Neden? Toplardan hangisi daha fazla direnç kuvvetinin etkisinde kalır?
  5. Aynı büyüklükte paraşütlerle aynı yükseklikten atlayan iki paraşütçüden biri diğerinden daha ağırdır. Paraşütülerin limit hızlarının büyüklüklerini karşılaştırınız.
- B.** (*Grup olarak çalışınız*). Yukarıdaki soruları tartışınız. *Her bir soru hakkında düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEYİNİZ.*

### **II. Şaşkin Kutup Ayısı**

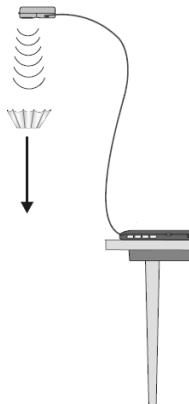
Şimdi bir kutup ayısının uçaktan atladıkten sonraki hareketini gösteren bir video izleyeceksiniz. İzlerken kutup ayısının nasıl bir hareket yaptığına dikkat ediniz.

### III. Araştıralım

- A.** I. Bölümde 2. soruya verdığınız cevabı deneysel yolla test ediniz.

**Gerekli Malzemeler:**

- Bilgisayar
- Arabirim
- Hareket Detektörü
- Hareket programı
- Pasta Kalıbı (6 adet)
- ✓ L06A1-1 (Falling Ball) deney dosyasını açınız.
- ✓ Bir pasta kalibini aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi hareket detektörünün altında serbest bırakınız.



- Pasta kalibinin ivmesi nasıl değişiyor. Bu tahminlerinizle aynı mı? Eğer farklı ise bu farklılığın nedeni nedir?
  - Pasta kalibinin hızının sabit olduğu yerde ivmesi nasıldır? Bu sabit hız ne olarak adlandırılır?
  - Newton'un 2. Yasasını pasta kalibinin limit hızla düşüğü harekete uygularsak pasta kalibine etki eden kuvvetlerin (aşağıya doğru ağırlığı ile yukarıya doğru havanın direnç kuvveti) büyüklükleri hakkında ne söylenebilir?
  - Yukarıda verdığınız cevap I. Bölümdeki 3. soruya verdığınız cevapla uyum içerisinde midir?
- *Sınıf Tartışması*
- B.** Şimdi I. Bölümdeki 5. soruya verdığınız cevabı test ediniz. Tahminlerinizi test etmek için aynı büyülükteki biri diğerinden daha ağır olan iki pasta kalibini kullanınız.
- ✓ Pasta kalıplarının sayısını artırarak kütleyi artırınız.
  - ✓ L06A1-1 (Falling Ball) deney dosyasını açınız.
  - ✓ Daha önceki etkinlikteki gibi hafif pasta kalibini serbest bırakınız. (*Pasta kalibini bırakırken, kalibin hareket detektörüne uzaklığa dikkat ediniz, çünkü aynı uzaklığa ağır pasta kalibi içinde kullanacaksınız.*)
  - ✓ Oluşan ivme-zaman ve hız-zaman grafiklerini arka plana atmak için deney menüsü altındaki “en son uygulamayı sakla” seçeneğini seçiniz.
  - ✓ Benzer şekilde ağır olan pasta kalibini bırakınız.
- Oluşan hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini arka plana attığınız diğer grafiklerle karşılaştırınız. Hangi pasta kalibi daha büyük limit hızına sahiptir?
- *Sınıf tartışması*

## VII. Kendimizi Değerlendirelim

- (*Grup olarak çalışınız*). Etkinlik 4 başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir sorularındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız.* Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.
- (*Bireysel olarak çalışınız*). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (*İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayın*).

Adı ve Soyadı:

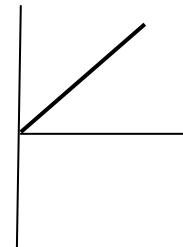
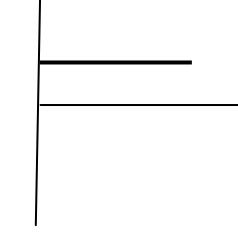
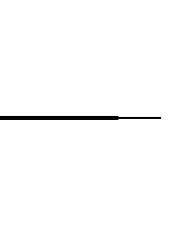
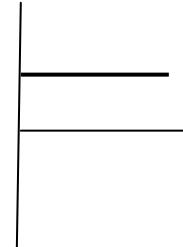
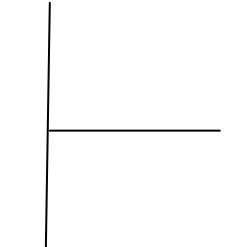
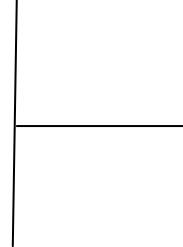
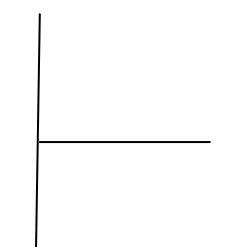
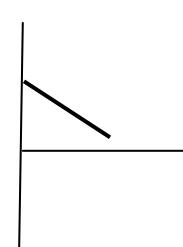
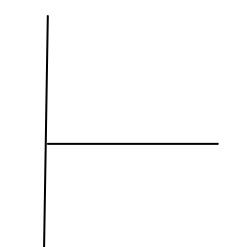
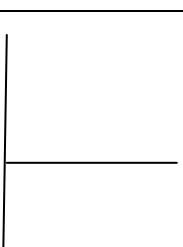
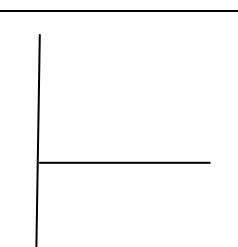
Sınıf:

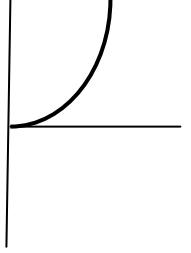
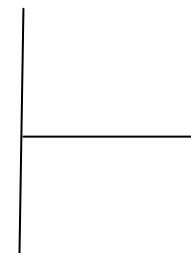
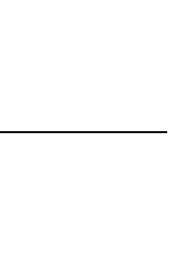
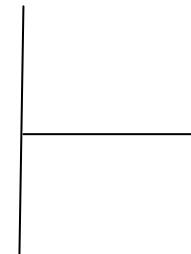
## ETKİNLİK 5

### I. Neleri Biliyoruz Gösterelim

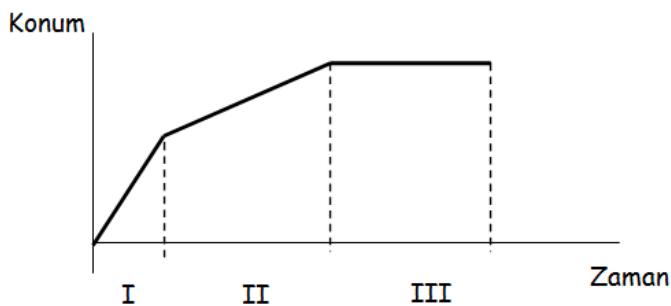
A. (Bireysel çalışınız).

1. Aşağıdaki tabloda birinci satırda verilen örnek cevaptan yararlanarak diğer satırlardaki ilgili yerleri doldurunuz.

| Hareketin Tanımı                                  | Konum-zaman Grafiği   | Hız-zaman Grafiği  | İvme-zaman Grafiği  |
|---|---|--|---|
| Araba orijinden sabit hızla uzaklaşıyor.          |    |    |    |
|   |   |   |   |
| Araba orijinden düzgün yavaşlayarak uzaklaşıyor.  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| Araba orijine doğru düzgün hızlanarak yaklaşıyor. |  |  |  |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  |  |   |   |
| Araba orijine doğru düzgün yavaşlayarak yaklaşıyor.  |   |  |   |
| Araba önce orijinden düzgün yavaşlayarak uzaklaşıyor, daha sonra bir anlık durup, tekrar orijine doğru düzgün hızlanarak yaklaşıyor. |  |  |  |

2. Aşağıda yolda yürüyen bir adamın konum zaman grafiği verilmiştir. Adam hangi zaman aralığında daha hızlı yürümüştür? Neden?



3. Hız-zaman grafiğini kullanarak ivmeyi nasıl buluruz?

- B. (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki soruları tartışınız. Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEYİNİZ.

### III. Araştıralım

Bu bölümde düz bir rampa üzerinde hareket eden arabanın hareketini gözlemleyerek, konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri üzerinde çalışacaksınız.

#### Malzemeler:

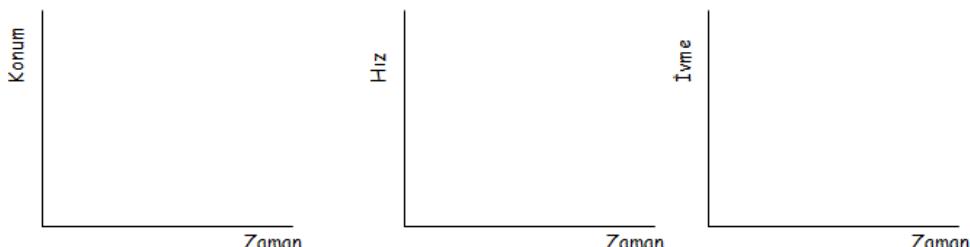
- Bilgisayar
- Hareket Detektörü
- Arabirim
- Hareket programı
- Hareketli araba
- Rampa
- Makara
- Kütler (5g, 10g, 50gr, ...)

#### A. Araba hızlanıyor mu yoksa sabit hızla mı ilerliyor?

- ✓ Hareket detektörü, araba, rampa, makara ve kütlerden oluşan düzeneği şekilde görüldüğü gibi kurunuz.



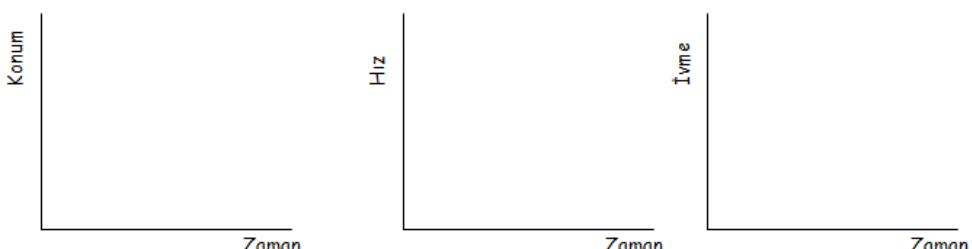
1. (Bireysel çalışınız). Arabayı *durgun halden serbest bırakıktan* sonra arabanın yaptığı hareketin konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerinin nasıl olacağını aşağıdaki eksenlere *kesikli çizgi* ile çiziniz.



2. (Grup olarak çalışınız). Gruptaki arkadaşlarınızla yukarıdaki soruyu tartıştıktan sonra grubun ortak cevabını *kesiksiz çizgi* ile yukarıdaki eksenlere çiziniz.

#### Tahminlerinizi Test Ediniz

- ✓ L02A1-1(Speeding Up) deney dosyasını açınız.
- 3. Hareket detektöründen tık sesi duyduktan sonra arabayı durgun halden serbest bırakınız. (*Elinizin hareket detektörü ile araba arasında kalmamasına dikkat ediniz. Düzgün grafik elde edinceye kadar denemelerinize devam ediniz.*)
- 4. Oluşturduğunuz konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini aşağıdaki eksenlere çiziniz.



5. Konum-zaman grafiğinin birkaç noktasının eğimini bulunuz. Bulduğunuz eğim değerleri neye karşılık gelir? (*Eğimi araç çubuğundaki “Teget”* () komutunu kullanarak bulunuz.)
6. Hız-zaman grafiğinin altında kalan alanın hesaplayınız. Bulduğunuz değer neye karşılık gelir? (*Alanı araç çubuğundaki “Integral”* () komutunu kullanarak bulunuz.)
7. Hız-zaman grafiğinin hangi özelliği arabanın hızlandığını gösterir?
8. Hız-zaman grafiğinin eğimi neyi verir?
9. Arabanın hızlandığı süre boyunca ivme pozitif mi yoksa negatif midir? İvmenin bu işaretti ile arabanın hızındaki değişiklik arasında bir ilişki var mıdır?
10. Arabanın hızındaki artış sabit midir yoksa başka türlü müdür?
11. Araba hızlandığı zaman ivme nasıl değişir? Bu değişim hız-zaman grafiğinden çıkardığınız değişimle uyşuyor mu?
12. İvme-zaman grafiğinin altında kalan alanı hesaplayınız. Bulduğunuz değer neye karşılık gelir?

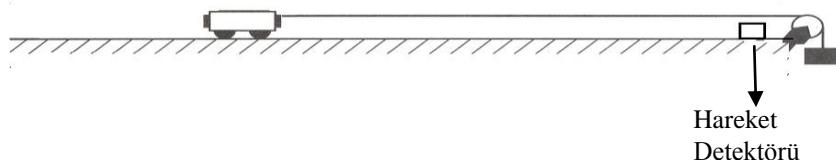
- *Sınıf Tartışması*

#### **Hatalarımızı Anlayalım**

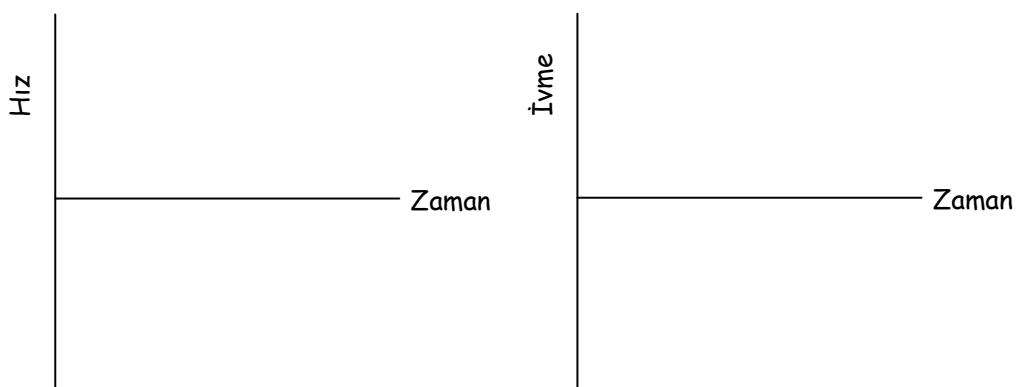
3. (*Bireysel çalışınız*). Eğer bireysel olarak yaptığınız tahminle deney sonuçları farklısa hata yakalama stratejisini kullanarak bu farklılığın nedenini bulmaya çalışınız. (*Hata yakalama stratejisinin nasıl uygalandığını önceki etkinliklerden hatırlayınız.*)

**B. Arabanın hareket doğrultusuna zıt bir kuvvet uygulanırsa ne olur?**

- ✓ Hareket detektörü, makara, rampa ve kütlelerden oluşan aşağıdaki düzeneği kurunuz.



1. (Bireysel çalışınız). Araba hareket detektöründen uzaklaşacak şekilde *ani bir kuvvetle* itildikten sonra makaraya bağlı kütleler serbest bırakılırsa arabanın ivmesi pozitif mi, negatif mi yoksa sıfır mı olur? Neden?
2. (Bireysel çalışınız). Arabanın hareketinin hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini tahmin ederek aşağıda verilen hız ve ivme eksenlerine *kesikli çizgi* olarak çiziniz.

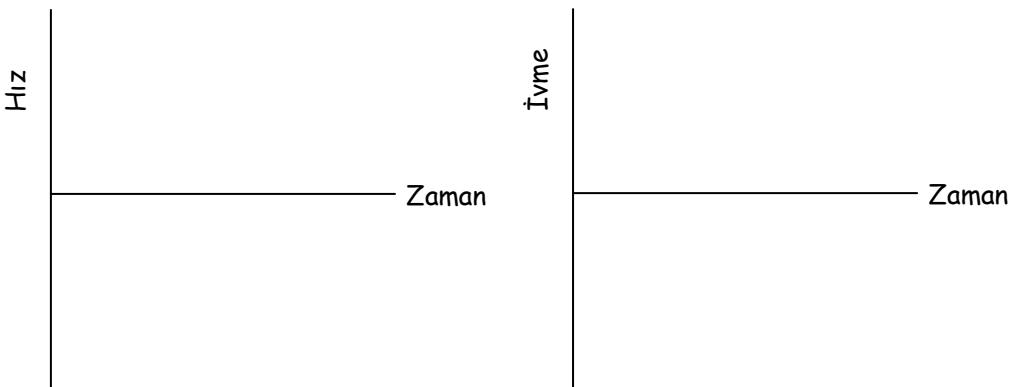


3. (Grup olarak çalışınız). Gruptaki arkadaşlarınızla tartıştıktan sonra grubun ortak cevabını kesiksiz çizgi ile yukarıdaki eksenlere çiziniz.

**Tahminlerinizi Test Ediniz**

- ✓ L04A1-1(Slowing Down Again) deney dosyasını açınız.
- ✓ Hareket detektörünün yönünü ters çeviriniz.
- ✓ Arabayı hareket detektörüne doğru *ani bir itme* ile itiniz. *Elinizin hareket detektörü ile araba arasında kalmamasına dikkat ediniz, arabanın rampadan düşmemesi için rampanın sonuna gelmeden durdurunuz. Düzgün sonuçlar alıncaya kadar deneyi tekrarlayınız.*

4. Oluşan hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çiziniz.



5. (Grup olarak çalışınız). Grafikleriniz üzerinde
  - a) Arabayı elinizin itmeye başladığınız noktayı A ile
  - b) Elinizin itmeyi bıraktığın noktayı B ile
  - c) Makaraya bağlı kütlerden kaynaklanan kuvvetin arabaya etkidiği bölgeyi C ile
  - d) Arabanın hareketinin sona erdiği noktayı D ile gösterecek şekilde grafikler üzerinde işaretleyiniz.
6. (Grup olarak çalışınız). Hız-zaman grafiğini kullanarak ivmenin işaretti hakkında ne söyleyebilirsiniz?
7. (Grup olarak çalışınız). İvmenin bu işarette olmasının arabanın hareketiyle nasıl bir ilişkisi vardır?

- *Sınıf Tartışması*

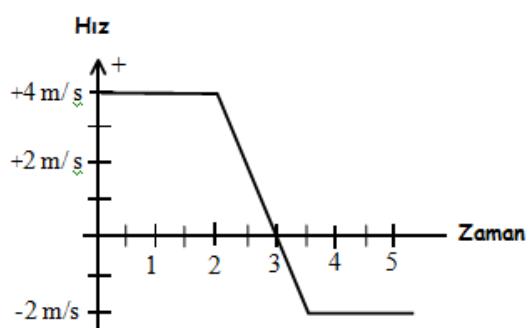
#### Hatalarımızı Anlayalım

1. (Bireysel çalışınız). Eğer bireysel olarak yaptığınız tahminler (1. ve 2. sorular için) deney sonuçlarından farklılsa hata yakalama stratejisini kullanarak bu farklılığın nedenini bulmaya çalışınız. (*Hata yakalama stratejisinin nasıl uygalandığını önceki etkinliklerden hatırlayınız.*)

#### IV. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

*Grup olarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

Ali' nin teneffüste, koridorda yaptığı hareketin **hız-zaman grafiği** yanda verilmiştir. Bu grafiği kullanarak aşağıdaki 1 -5 sorularına cevap veriniz. *Sağ yönü pozitif alınız.*



1.  $t=1\text{ s}$  de Ali'nin konumu hakkında aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?
  - A) Konum kesinlikle pozitiftir.
  - B) Konum kesinlikle negatiftir.
  - C) Konum kesinlikle sıfırdır.
  - D) Verilen bilgiden konumun pozitif, negatif ya da sıfır olduğu yorumunu çıkaramayız.

Cevabınızı açıklayınız.

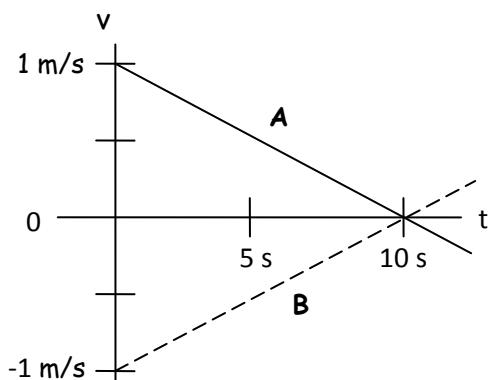
2. Ali'nin  $t=3$  s deki ivmesi nedir?
- A)  $0 \text{ m/s}^2$   
 B)  $+4 \text{ m/s}^2$   
 C)  $-4 \text{ m/s}^2$   
 D)  $+6 \text{ m/s}^2$   
 E)  $-6 \text{ m/s}^2$
3. Ali'nin  $t=0$  ve  $t=3$  s zaman aralığında yaptığı yerdeğiştirme ne kadardır?
- A) Yerdeğiştirmeyi hesaplamak için yeterli bilgi verilmemiştir.  
 B) 4 m  
 C) 6 m  
 D) 8 m  
 E) 10 m
4. Ali'nin  $t=2$  ve  $t=3,5$  s zaman aralığındaki ortalama hızı nedir?
- A)  $+3 \text{ m/s}$   
 B)  $-6 \text{ m/s}$   
 C)  $-4 \text{ m/s}$   
 D)  $+1,33 \text{ m/s}$   
 E)  $+1 \text{ m/s}$
5.  $t=2,5$  s Ali nin yaptığı hareketi aşağıdakilerden hangisi tanımlar?
- A) Sabit hızla sağa doğru hareket ediyor.  
 B) Azalan hızla sağa doğru hareket ediyor.  
 C) Sabit hızla sola doğru hareket ediyor.  
 D) Azalan hızla sola doğru hareket ediyor.  
 E) Yukarıdakilerin hiçbirini yeterli bilgi verilmemiştir.

Cevabınızı açıklayınız

A ve B hareketlileri birbirlerine paralel yollarda hareket etmektedir. Hareketlilerin yaptıkları hareketin **hız-zaman grafiği** yanda verilmiştir. Aşağıdaki 6. ve 7. soruları cevaplarken yandaki grafiği kullanınız.

6.  $t=10$  s de A hareketlisinin ivmesi nedir?

- A)  $2 \text{ m/s}^2$   
 B)  $0 \text{ m/s}^2$   
 C)  $0,5 \text{ m/s}^2$   
 D)  $0,1 \text{ m/s}^2$   
 E) Yukarıdakilerin hiçbirini

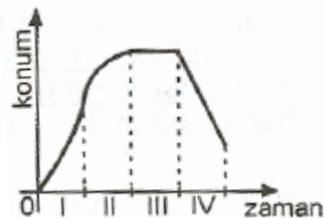


7. Aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

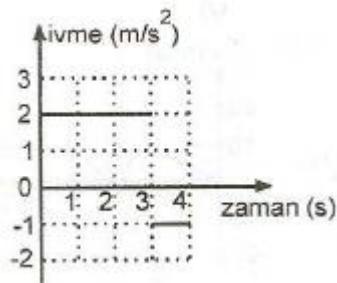
- A) A ve B hareketlileri  $t=10$  s den önce, belli bir zamanda birbirlerini geçerler (yani aynı konumda olurlar).  
 B) İki hareketli  $t=10$  s aynı konumda olurlar.  
 C) İki hareketli birbirlerini asla geçmezler.  
 D) Bu soruyu cevaplamak için yeterli bilgi verilmemiştir.

Cevabınızı açıklayınız.

8. Bir hareketlinin konum-zaman grafiği şekildeki gibidir. Hangi zaman aralıklarında, bu hareketlinin hızı azalmaktadır?

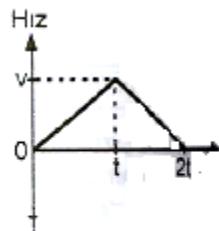
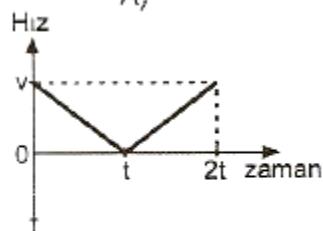


9. Şekildeki ilk hızı  $V_0 = 9 \text{ m/s}$  olan bir hareketlinin **ivme-zaman grafiği** verilmiştir. Bu hareketlinin  $t=4 \text{ s}$  sonraki hızı kaç m/s olur?

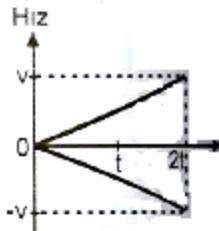
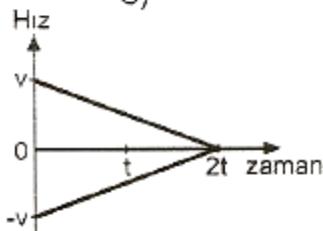


10. Bir cisim,  $t=0$  anında bulunduğu yere  $2t$  süresi sonunda geri dönüyor. Bu cismin hız-zaman grafiği aşağıdakilerden hangisi olabilir?

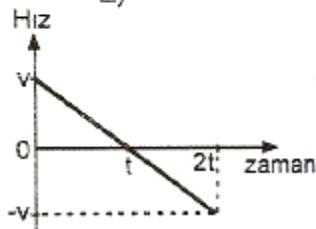
A)



C)

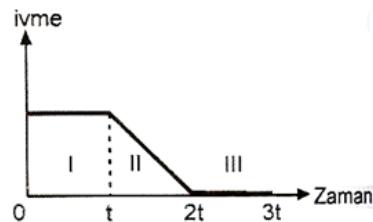


E)

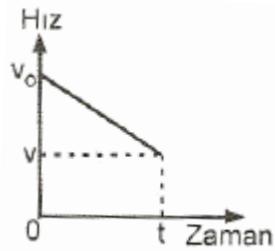


- 11.** İvme-zaman grafiği şekildeki gibi olan bir cisim için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

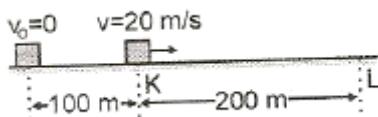
- A) Cismin (I) aralığındaki konum değişimi, (II) aralığındaki iki katıdır.
- B) Cismin (I) aralığındaki hız değişimi, (II) aralığındaki iki katıdır.
- C) Cisim (III) aralığında hareketsizdir.
- D) Cismin hızı (II) aralığında düzgün olarak azalmıştır.
- E) Cisim (I) aralığında değişimeyen hızla hareket etmiştir.



- 12.** Bir cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir. Buradaki  $V_0$ ,  $V$  ve  $t$  bilinenleriyle  $\Delta X$ , cismin konum değişimi  
a, cismin ivmesi  
F, cisme etki eden kuvvet niceliklerinden hangileri bulunabilir?



- 13.** Düz bir yolda,  $v = 20 \text{ m/s}$  lik sabit hızla giden bir cisim, şekildeki K noktasına geldiği anda, 100 m gerisinde duran başka bir cisim, sabit ivmeyle aynı yönde harekete başlıyor. **İki cismin, L noktasına aynı anda varabilmesi için, arkadakinin ivmesi kaç  $\text{m/s}^2$  olmalıdır?**



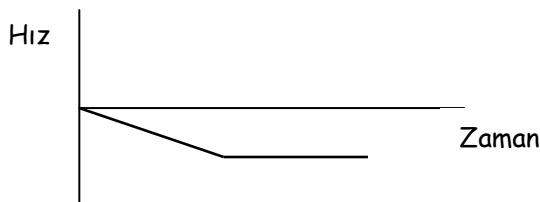
## VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim

### A. Tutarlı Olup Olmadığını Kontrol Etmek

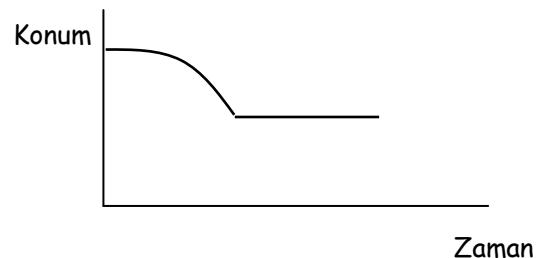
Bu bölümde yeni bir hata önleme stratejisi öğreneceğiz. Bu stratejiyi sadece bu konu için değil diğer bütün fizik konularını öğrenmek için kullanabilirsiniz.

Bir öğrenciden bir cismin hareketinin hız-zaman grafiğini çizmesi isteniyor. Öğrenci aşağıdaki grafik 1 çiziyor. Daha sonra aynı hareketin konum-zaman grafiğini çiziyor.

GRAFİK 1



GRAFİK 2



- (Bireysel çalışınız). Sizin için **konum-zaman** grafiğini mi çizmek daha kolaydır yoksa **hız-zaman** grafiğini mi? Cevabınızı gruptaki arkadaşlarınızla karşılaştırınız. *Cevabın kişiye özel olduğunu unutmayın.*

- (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki grafikleri çizer öğrenci genel olarak **konum-zaman** grafiklerinde iyi olduğunu ve % 99 oranında çizdiği grafiğin doğru olduğunu düşünüyor.

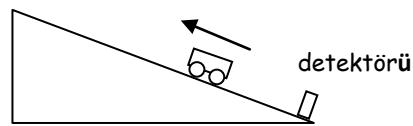
Buna göre, öğrencinin **konum-zaman** grafiğini kullanarak **hız-zaman** grafiğindeki hatasını kontrol etmesinin bir yolu var mıdır? Eğer varsa, düşüncelerinizi açıklayınız? (İpucu: *Konum-zaman grafiğinin hangi özelliği hızı gösterir?*)

3. (Grup olarak çalışın). Birçok iyi fizik öğrencisi onlardan sadece **hız-zaman** grafiğini çizmeleri istediği halde, **konum-zaman** grafiğini de çizdiklerini söylemişlerdir. Sizce neden iki grafiği de çizme gereği duymuş olabilirler?

- *Sınıf tartışması*

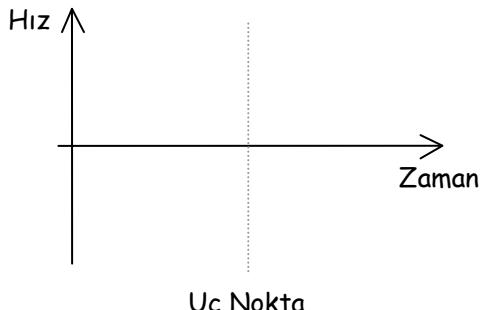
### B.Eğik Düzlem Üzerinde Hareket

Hareket detektörü, araba ve raydan oluşan şekildeki sistem düşününüz. Arabaya rayın alt kısmında, ani bir itme kuvveti verilerek yukarıya doğru hareket etmesi sağlanıyor. Araba rayın en yüksek noktasına çıkıyor ve tekrar aşağıya doğru hareket ediyor. Aşağıdaki sorular arabanın ray üzerinde *ani bir itme verildikten sonraki hareketi* ile ilgilidir.



#### I. Hız ile ilgili Tahminler

1. (Bireysel çalışın). Arabanın yaptığı hareketin **hız-zaman** grafiğini kesikli çizgilerle çiziniz. (İpucu: Arabanın hareketini iki kısımda düşününüz: arabanın yukarıya doğru hareketi ve arabanın aşağıya doğru hareketi.)



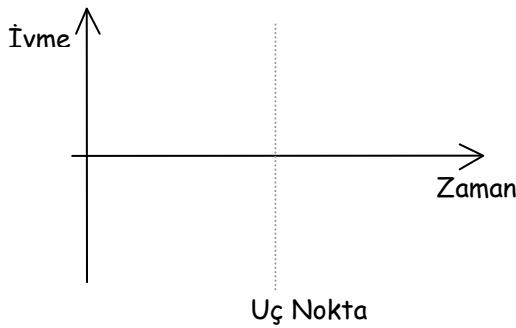
2. (Grup olarak çalışın). Grupla tartıştıktan sonra grubun ortak cevabını *kesiksiz* çizgi ile çiziniz.

#### II. İvme ile ilgili Tahminler

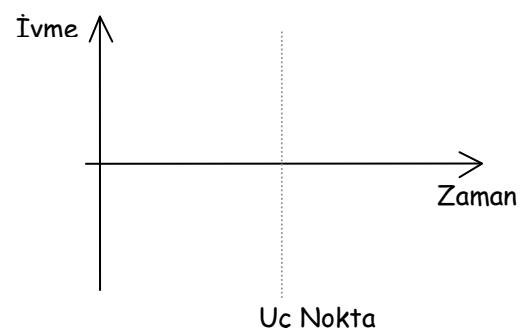
1. (Grup olarak çalışın). Araba yukarıya doğru hareket ettikçe ivmesi pozitif mi, negatif mi, yoksa sıfır mıdır? Cevabınızı açıklayınız.
2. (Grup olarak çalışın). Araba rayın uç noktasına ulaştığı anda ivmesi pozitif mi negatif mi yoksa sıfır mıdır? Cevabınızı açıklayınız.
3. (Grup olarak çalışın). Arabanın **uç noktaya ulaştıktan sonraki aşağıya doğru hareketini** düşününüz. İyi bir fizik öğrencisi arabanın bu hareketinin ivmesinin **pozitif** olduğunu düşünmektedir. Öğrencinin bu şekilde düşünmesinin nedeni ne olabilir? Kısaca açıklayınız.

4. (Grup olarak çalışınız). Şimdi tekrar arabanı **uç noktaya ulaştıktan sonra aşağıya doğru hareketini** düşününüz. Başka bir iyi fizik öğrencisi arabanın bu hareketinin ivmesini **negatif** olduğunu düşünmektedir. Öğrencinin bu şekilde düşünmesinin nedeni ne olabilir? Kısaca açıklayınız.
5. (Grup olarak çalışınız). Aşağıdaki grafiklerin birine arabanın aşağıya doğru hareketi için ivme pozitif diyen öğrencinin yaptığı tahmini, diğerine de negatif diyen öğrencinin tahminini çizmeye çalışınız.

Pozitif İvme

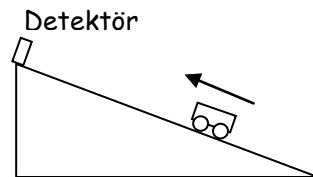


Negatif İvme



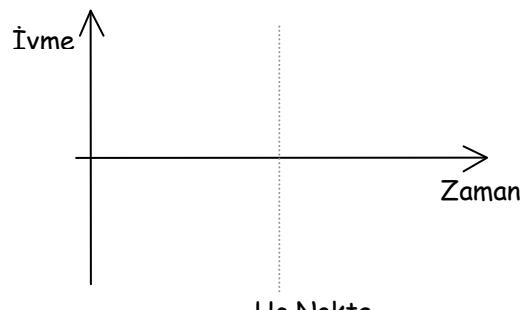
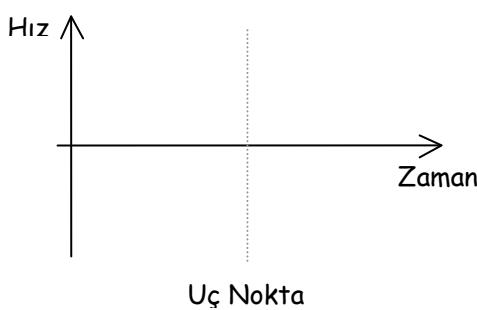
### III. Tahminlerinizi Test Ediniz.

- ✓ Aşağıdaki deney düzeneğini kurunuz.



- ✓ Inclined Ramp (L06A1-5) deney dosyasını açınız. (*Program bu deneye hareket detektörüne doğru hareketi pozitif olarak aldığından yukarıya doğru hareketi pozitif alınız.*)
- ✓ Hareket detektöründen tık sesi duyduktan sonra arabaya elinizle ani bir itme vererek arabanın yukarıya doğru hareket etmesini sağlayınız.

1. Oluşan **hız-zaman** ve **ivme-zaman** grafiklerini aşağıdaki eksenlere çiziniz.



*Aşağıda bir sonraki adım için anlaşamayan iki öğrencinin aralarındaki tartışma verilmiştir.*

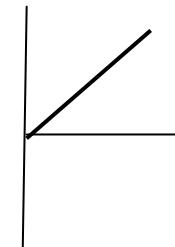
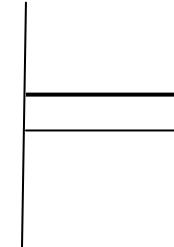
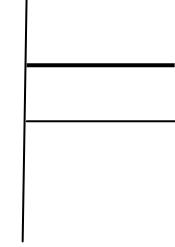
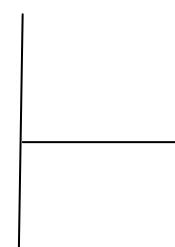
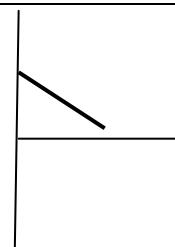
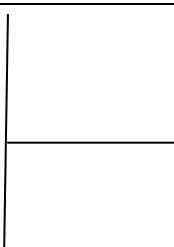
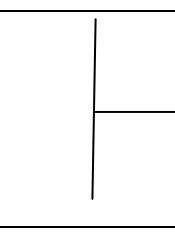
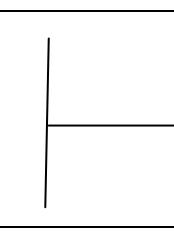
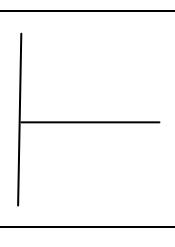
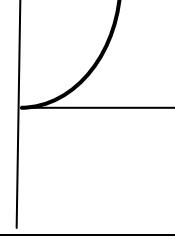
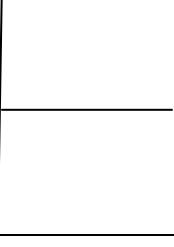
**Tuğba:** Artık arabanın aşağı doğru hareketinde ivmenin pozitif mi negatif mi olduğunu öğrendik. Fizik deneye dayanan bir bilimdir. Doğru cevabı bildiğimize göre artık devam edebiliriz.

**Gül:** Fakat biz ayrıca ivmenin negatif değil de pozitif olacağına dair mantıklı bir düşünce ile de karşılaştık. Bence ivmeyi daha iyi anlamak için bu düşünce içinde yanlış anlamak zorundayız.

- 1.** (*Bireysel çalışınız*). Hangi öğrenciye daha çok katılıyorsun. Cevabınızı açıklayınız.
  
  
  
- 2.** (*Grup olarak çalışınız*). Yukarıdaki soruya cevabınızı gruptaki diğer arkadaşlarınızla tartışınız. Sizin düşüncelerinizden farklı düşünen arkadaşınızın düşüncelerini özetleyiniz.
  
  
  
- 3.** (*Grup olarak çalışınız*). Birbirleriyle çelişen iki düşünceyi düşününüz: arabanın aşağıya doğru hareketinde ivme (1) negatif mi yoksa (2) pozitif mi? Bu iki düşünceden hangisinin doğru olduğunu deney yapmadan karar vermek mümkün müdür? Yoksa bu durumda tek çözüm deney mi yapmaktadır? Cevabınızı açıklayınız.
  
  
  
- 4.** (*Grup olarak çalışınız*). Daha önce öğrendiğimiz **tutarlı olup olmadığını kontrol etme** stratejisinin karar vermede bize yardımcı olup olmayacağı hep birlikte görelim. Sayfa 12'de tahmin ettiğiniz hız-zaman grafiğine bakınız. Tahmin ettiğiniz hız-zaman grafiği ile ivme zaman grafiklerinin (sayfa 13' teki) tutarlı olup olmadığını kontrol ederek, ivmenin pozitif mi negatif mi olduğuna karar verebilir misiniz?
  
  
  
- 5.** (*Grup olarak çalışınız*). Biraz önce **tutarlı olup olmadığını kontrol etme** stratejisinin birbirleriyle çelişen düşünceler arasında karar vermede yardımcı olduğunu gördük. Bu metodu kullanarak diğer düşüncenin neden yanlış olduğunu bulabilir miyiz? Hız-zaman ve ivme zaman grafikleri arasındaki ilişkiyi kullanarak araba aşağıya doğru hareket ederken hızlandıgı halde ivmenin neden negatif olduğunu açıklayabilir miyiz? (*İpucu: arabanın hızı artıyor mu azalıyor mu?*)

### VII. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

(Grup olarak çalışınız). Etkinlik 5 başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız.* Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.

| Hareketin Tanımı                                  | Konum-zaman Grafiği   | Hız-zaman Grafiği  | İvme-zaman Grafiği  |
|---|---|--|---|
| Araba orijinden sabit hızla uzaklaşıyor.          |    |    |    |
|   |    |    |    |
| Araba orijinden düzgün yavaşlayarak uzaklaşıyor.  |   |   |   |
|   |  |  |  |
| Araba orijine doğru düzgün hızlanarak yaklaşıyor. |  |  |  |
|   |  |  |  |

|   |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|
| Araba orijine doğru düzgün yavaşlayarak yaklaşıyor.   | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| Araba önce orijinden düzgün yavaşlayarak uzaklaşıyor, daha sonra bir anlık durup, tekrar orijine doğru düzgün yaklaşıyor. | <hr/> | <hr/> | <hr/> |

5. (*Bireysel olarak çalışınız*). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (*İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayınız*).

**Adı ve Soyadı:**

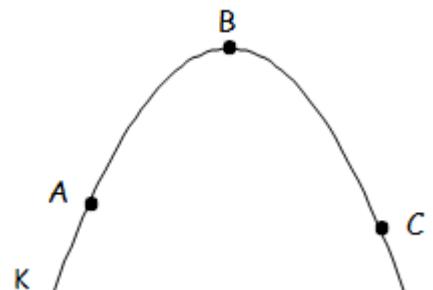
**Sınıf:**

## **ETKİNLİK 6**

### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

**A. (Bireysel çalışınız).**

1. Yatay ve eğik atış hareketlerinde yatay ve düşey hız nasıl değişir. Nedenleriyle birlikte açıklayınız?
  
  
  
  
  
  
2. Sabit bir hızla doğu yönünde hareket eden bir trendeki bir yolcu elindeki topu havaya dik olarak atar.
  - a) Topun yolcu tarafından görülen yörüngesini çiziniz.
  
  
  
  
  
  
  - b) Topun trenin dışında duran bir gözlemci tarafından görülen yörüngesini çiziniz.
  
  
  
  
  
  
3. Yatayla belli bir açı yapacak şekilde havalandan topun izlediği yol yanda verilmiştir.
  - a) A, B ve C noktalarında topun hızının yönünü oklarla gösteriniz.
  - b) A, B ve C noktalarında topun ivmesinin yönünü oklarla gösteriniz.

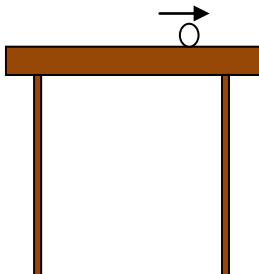


- B. (Grup olarak çalışınız).** Yukarıdaki soruları tartışınız. *Her bir soru hakkında düşünelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEYİNİZ.*

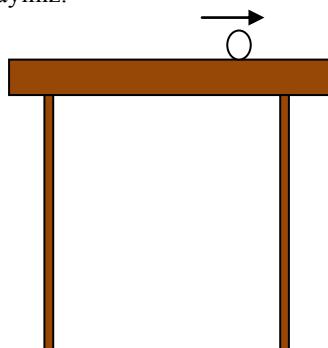
### III. Araştıralım

#### A. Yuvarlanan Top

1. (Bireysel çalışınız). Bir masa üzerinde yuvarlanan çelik bir topun masanın kenarına geldikten sonra nasıl bir yol izleyeceğini tahmin ediniz. Cevabınızı açıklayınız.



2. (Bireysel çalışınız). Bir önceki sorudaki top daha hızlı yuvarlanırsa izleyeceği yol nasıl olur? Cevabınızı açıklayınız.



3. (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki iki soruyu grup olarak tartıştıktan sonra grubun ortak cevabını kesikli çizgilerle çiziniz.

#### Tahminlerinizi Test Etme Zamanı

Eğik ve yatay atış hareketleri tek boyutlu hareketler olmadığından, bu hareketlerin konum-zaman, hız-zaman ve ivme zaman grafiklerini hareket detektörü kullanarak elde etmek mümkün olamamaktadır.. Bu hareketleri incelemenin bir yolu Logger Pro programının video analiz komutunu kullanmaktır.

Aşağıdaki sorular üzerinde *grup olarak* çalışınız.

1. Birinci soruya verdığınız yanıtını test etmek için aç menüsünü kullanarak videolardan “Yuvarlanan Top1” videosunu açınız.
  - ✓ Video analiz seçeneğini kullanarak topun düştükten sonraki hareketini inceleyiniz.
  - ✓ Videoyu yavaşlatılmış olarak izleyiniz. “Ad point” seçeneğini kullanarak topun belli aralıklardaki konumlarını video üzerinde belirleyiniz.
2. Top nasıl bir yörünge izledi? Aşağıya çiziniz.
3. Araç çubuğundaki “İncele ()” seçeneğini kullanarak topun yatay hareketinin konum-zaman grafiği üzerinde belli noktaların konumlarını belirleyiniz. Topun x eksenindeki yerdeğiştirmesi nasıl değişmekte?

4. Yerdeğiştirmedeki değişim yatay eksendeki hız hakkında ne söyleyebilir? Yatay eksendeki hız artıyor mu azalıyor mu yoksa sabit mi?



5. Araç çubuğundaki “İncele ()” seçeneğini kullanarak topun düşey hareketinin konum-zaman grafiği üzerinde belli noktaların konumlarını belirleyiniz. Topun Y eksenindeki yerdeğiştirmesi nasıl değişmektedir?
6. Yerdeğiştirmedeki değişim düşey eksendeki hızı hakkında ne söyleyebilir? Yatay eksendeki hız artıyor mu azalıyor mu yoksa sabit mi?
7. İlkinci soruya verdiğiniz yanıtını test etmek için Araç çubuğundaki aç menüsünü kullanarak videolardan “Yuvarlanan Top2” videosunu açınız.
- ✓ Video analiz seçeneğini kullanarak topun düştükten sonraki hareketini inceleyiniz.
  - ✓ Videoyu yavaşlatılmış olarak izleyiniz. “Ad point” seçeneğini kullanarak topun belli aralıklardaki konumlarını video üzerinde belirleyiniz.
8. Top nasıl bir yörüngे izledi. Aşağıya çiziniz.
9. Topun yavaş yuvarlanırken ve hızlı yuvarlanırken izlediği yolu karşılaştırınız. Aralarındaki fark nedir?

### Hatalarımızı Anlayalım

(Bireysel çalışınız). Tahminlerinizle şimdiki cevaplarınız birbirinden farklı ise hata yakalama stratejisini kullanarak başlangıçtaki düşüncenizin neden yanlış olduğunu ve bu düşünceyi nasıl değiştirdiğinizi yazınız.

1. Tahmin

2. Tahmin

- *Sınıf Tartışması*

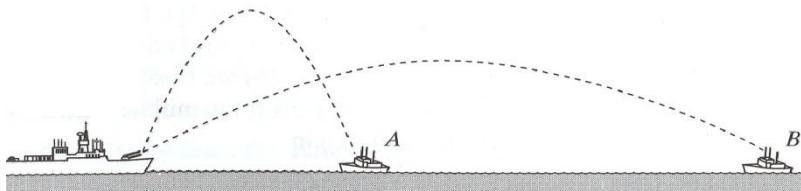
### Kabul etme ve Anlama

1. Neden yatay atış hareketlerinde cisimler parabolik bir yörüngé izler?

#### IV. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Grup olarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Bir cisim yukarıda doğru  $V_0$  hızıyla dik olarak atılıyor. Yerçekimi ivmesi  $g$  olduğuna göre cismin maksimum yüksekliğe çıkması için gerekli süre ne kadardır?
2. Bir cisim yatayla belli bir açı yapacak şekilde  $V_0$  hızıyla ateşleniyor. Yerçekimi ivmesi  $g$  olduğuna göre merminin yere düşme süresini hesaplayınız.
3. Bir savaş gemisi aynı anda ve aynı hızla iki bombadan birini yakındaki A düşman gemisine diğerini de uzaktaki B düşman gemisine doğru ateşliyor. Bombalar savaş gemisinden farklı açılarda ayrılıyorlar ve aşağıdaki şekildeki gibi parabolik yolları takip ediyorlar. Buna göre, hangi düşman gemisi önce vurulur?



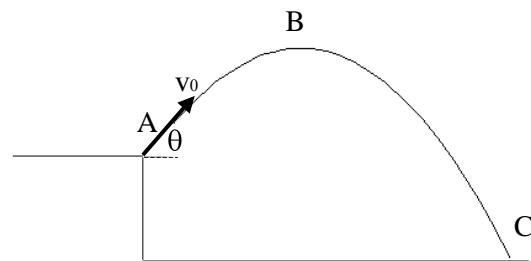
- a) A                    b) B                    c) İlkisi de aynı anda vurulur.
4. Fizik problemlerini (örneğin kuvvet ve hareket ünitesindeki problemleri) işlemsel problemlerden ayıran özellikleri nelerdir?
  5. Fizik problemlerini (örneğin kuvvet ve hareket ünitesindeki problemleri) nasıl çözersiniz?

- *Sınıf Tartışması*

4. Uçurumun kenarında duran bir kişi iki toptan birini yukarıya diğeri aşağıya aynı hızla fırlatıyor. Hava direncini ihmal edersek, hangi top yere daha büyük hızla çarpar.
  - a) Yukarıya atılan top
  - b) Aşağıya atılan top
  - c) Her ikisi de aynı hızla yere çarpar.
5. Bir top yukarıda doğru dik olarak  $V_0$  hızıyla ateşleniyor. Hava direncini ihmal ediniz. Topun ilk hızı iki katına çıkarılırsa topun maksimum yüksekliğe çıkma süresi
  - a) iki katına çıkar,
  - b) Dört katına çıkar
  - c) yarıya iner,
  - d) Yukarıdakilerden hiçbiri,
  - e) Bu soruya cevap vermek için yeterli bilgi verilmemiştir.
6. Topun ilk hızı iki katına çıkarılırsa topun çıkacağı maksimum yükseklik,
  - a) iki katına çıkar,
  - b) Dört katına çıkar
  - c) yarıya iner,
  - d) Yukarıdakilerden hiçbiri,
  - e) Bu soruya cevap vermek için yeterli bilgi verilmemiştir.

Aşağıdaki sorular bir uçurumun kenarında yatayla  $\theta$  açısı yapacak şekilde  $v_0$  ilk hızıyla yukarıda doğru fırlatılan tenis topu ile ilgilidir. Havanın direnç kuvvetini ihmal ediniz.

- A** Topun fırlatıldıktan hemen sonraki konumu
- B** Topun çıkabileceği maksimum yükseklikteki konumu
- C** topun yere çarpmadan hemen önceki konumunu göstermektedir.



7. Hangi nokta da topun ivmesi maksimumdur?

- a) A
- b) B
- c) C
- d) İvme her yerde aynıdır.

Neden?

8. Topun B noktasındaki hızı aşağıdakilerden hangisidir?

- a)  $v_0$
- b)  $v_0 \cos \theta$
- c)  $v_0 \sin \theta$
- d)  $v_0 \tan \theta$

9. Tenis topunun başlangıçtaki hızının yatay bileşeninin yarıya inecek ve düşey bileşeninin değişimeyecek şekilde değiştirildiğini düşününüz. Bu durumda tenis topunun yere çarpması süresi hakkında ne söylenebilir?

- a) Zaman yarıya iner
- b) Zaman azalır, ama yarısından daha az azalır.
- c) Aynı zamanda yere çarpar.
- d) İki katı sürede yere çarpar
- e) Zaman artar ama iki katı süreden daha az artar.

Neden?

10.  $t = 0$  da bir uçurumun kenarından yatay olarak fırlatılan bir tenis topunun  $t$  anındaki hızının büyüklüğünü veren ifade aşağıdakilerden hangisidir? *Havanın direnç kuvvetini ihmal ediniz.*

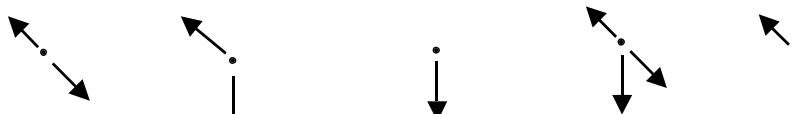
- a)  $v_o + g t$
- b)  $v_o t + \frac{1}{2} g t^2$
- c)  $\sqrt{v_o^2 + g t^2}$
- d)  $v_o - g t$
- e) Hiçbiri

**SONRAKİ İKİ SORUYU CEVAPLARKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.**

Bir futbolcu bir topa şekilde görüldüğü gibi vuruyor. Top sola doğru havalandırıyor.  
Hava tarafından topa uygulanan kuvvetlerin ihmali edilebilir olduğunu düşününüz.

11. Aşağıdakilerden hangisi topun ayaktan çıkış yere düşene kadar olan hareketi boyunca topa etki eden kuvvet/kuvvetleri gösteren serbest cisim diyagramıdır?

- a) b) c) d) e)



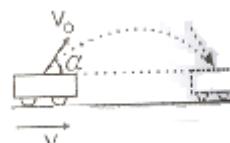
12. Futbolcu topa yatayla  $30^0$  lik açı ve  $10 \text{ m/s}$  lik hız yapacak şekilde vuruyor. Buna göre topun maksimum yüksekliğine çıkması için ne kadar süre gereklidir ( $g=10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 30=0,5$ ,  $\cos 30=0.866$ )

- A) 0,5 s      B) 0,87 s      C) 1 s      D) 1,2 s      E) 2 s

13. Doğrusal ve yatay bir yolda V hızıyla ilerleyen bir arabadan, yatayla  $\theta$  açısı yapacak doğrultuda ve yere göre  $V_0$  hızıyla atılan top yine arabanın içine, atıldığı noktaya düşüğünde göre arabanın V hızıyla topun  $V_0$  hızı arasında nasıl bir ilişki vardır? (Sürtünmeyi ihmali ediniz.)

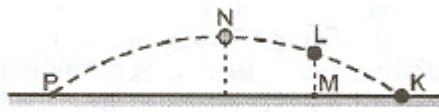
$$V =$$

- a)  $v_0$   
b)  $v_0 \cos \theta$   
c)  $v_0 \sin \theta$   
d)  $2v_0$   
e)  $2v_0 \cos \theta$



14. Şekildeki P noktasından eğik olarak fırlatılan bir cisim, yörungesi üzerindeki L noktasından K noktasına t sürede gelmiştir.

MK uzaklığı ve t zamanı verildiğine göre, cisim N,L,K noktalarındaki  $V_N$ ,  $V_L$  ve  $V_K$  hızlarından hangileri bulunabilir?



- a) Yalnız  $V_N$ ,  
b) Yalnız  $V_L$   
c) Yalnız  $V_K$   
d)  $V_L$  ve  $V_K$   
e)  $V_N$ ,  $V_L$  ve  $V_K$

15. Kuvvetli esen rüzgâra rağmen, bir tenis oyuncusu racketle tenis topuna vuruyor ve top ağıın üzerinden geçerek rakibin sahasına düşüyor. Aşağıdaki kuvvetleri dikkate alınınız:

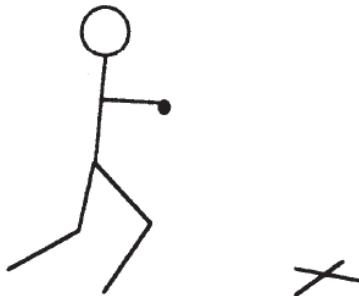
1. Aşağı doğru yer çekimi kuvveti.
2. "Vurmayla" oluşan kuvvet.
3. Hava tarafından uygulanan kuvvet.

**Yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) tenis topunun racketle temasını kaybettiğinden sonra ve yere değmeden önce tenis topu üzerine etki etmektedir?**

- a) Yalnız 1      b) 1 ve 2      c) 1 ve 3      d) 2 ve 3      e) 1, 2 ve 3

## VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim

- 1) (*Bireysel çalışınız*). Elinizde tenis topu ile okulun koridorunda koştugunuza düşününüz. Yerde ilerde duran bir hedefe topu isabet ettirmek istiyorsunuz. Buna göre topun hedefe çarpması için topu hedeften önce mi, sonra mı, yoksa hedefe vardığınızda mı düşürürsiniz? Neden? (*Dikkat: topu fırlatmıyorsunuz, düşürtüyorsunuz*.)



- 2) (Grup olarak çalışınız). Grup olarak yukarıdaki soruyu tartışınız. Grubun cevabını nedenleri ile birlikte yazınız.

### Tahminlerinizi Test Etme Zamanı

Koridora geçerek tahminlerinizi test edeniz. İlk olarak tahmin ettiğiniz konumda topu düşürünüz, daha sonra diğer iki konumları deneyiniz.

- 3) Her üç durum içinde topun düşüğü konumu gözlemleyiniz. Gözlemlerini yazınız.

### Hatalarımızı Anlayalım

- 4) (*Bireysel çalışınız*). Deney sonuçları tahminlerinizle uyuşmuyorsa hata yakalama stratejisini kullanarak bu farklılığın nedenini açıklayınız. Yani başlangıçtaki düşüncenizin neden yanlış olduğunu ve bu düşüncenin nasıl değiştirdiğini yazınız.
- 5) Peki, yanlışlarınızın doğru olduğu durumlar olabilir mi? Grup olarak tahminleri yanlış olan arkadaşlarınızın, tahminlerinin doğru olduğu durumları belirleyiniz. (Günlük yaşamdaki deneyimlerinizden yararlanınız.)

## VI. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

6. (*Grup olarak çalışınız*). Etkinlik 6 başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir sorularındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız*. Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.
7. (*Bireysel olarak çalışınız*). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (*İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayınız*).

**Adı ve Soyadı:**

**Sınıf:**

## **ETKİNLİK 7**

### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

**A.** Aşağıdaki soruları bireysel olarak cevaplayınız. Cevaplarınızı açıklayamayı unutmayın.

- I.** (*Bireysel çalışınız*). Bir bilardo oyununda oyuncu bilardo masasının ortasında duran topa kendi topuyla vuruyor. Çarpışma anında oluşan kuvvetler hakkında ne söylenebilir? Bu kuvvetlerin büyüklüklerini karşılaştırınız. *Cevabınızı açıklayınız.*
- 2.** (*Bireysel çalışınız*). İki bilardo oyuncusu bilardo masasının yanında karşılıklı durarak toplarına aynı kuvvetle vuruyorlar. Toplar masanın ortasında çarpıyorlar. Çarpışma anında oluşan kuvvetler hakkında ne söylenebilir? Bu kuvvetlerin büyüklüklerini karşılaştırınız. *Cevabınızı açıklayınız.*
- 3.** (*Bireysel çalışınız*). Bir sivrisinek otoyolda çok hızlı giden bir otobüsün ön camına çarpiyor. Çarpışma anında sineğin uyguladığı kuvvet otobüsün uyguladığı kuvvetten büyük, küçük yoksa eşit midir? *Cevabınızı açıklayınız.*
- 4.** (*Bireysel çalışınız*). Murat bayram tatilinde memleketine giderken yolda otomobili bozulur. Hemen tamircisini arar ve tamirci gelinceye kadar arabayı yolu kenarına itmek ister. Neyse ki arabası küçük bir araba olduğundan tek başına arabayı ittirebileceğini düşünür.

  - a)** Murat ilk denemesinde arabayı hareket ettiremiyor. Bu durumda Murat'ın uyguladığı kuvvet arabanın Murat'a uyguladığı kuvvetten *büyük, küçük yoksa eşit* midir? *Cevabınızı açıklayınız.*
  - b)** Murat uyguladığı kuvveti biraz daha artırdıktan sonra araba sabit hızla hareket etmeye başlıyor. Bu durumda Murat'ın uyguladığı kuvvet arabanın Murat'a uyguladığı kuvvetten *büyük, küçük yoksa eşit* midir? *Cevabınızı açıklayınız.*
  - c)** Murat arkadan bir arabanın geldiğini görünce kuvveti daha da artırıyor ve araba hızlanarak hareket etmeye başlıyor. Bu durumda Murat'ın uyguladığı kuvvet arabanın Murat'a uyguladığı kuvvetten *büyük, küçük yoksa eşit* midir? *Cevabınızı açıklayınız.*
- C.** (*Grup olarak çalışınız*). Yukarıdaki soruları tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEYİNİZ.*

### III. Araştıralım

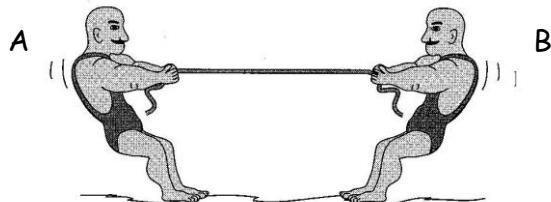
#### Gerekli Malzemeler:

- Bilgisayar
- Arabirim
- Hareket Detektörü
- Kuvvet Sensörü (2 adet)
- Hareket programı
- 30 cm ip

#### A. Tahmin Yapma Zamanı

##### *Halat Çekme Oyunu*

1. (*Grup olarak çalışınız*). Hemen hemen aynı kilo ve boyda olan iki sporcunun halat çekme oyunu oynadığını düşününüz. Her iki sporcunun **bütün gücüyle** halati çekiyor. Her ikisi de herhangi bir yöne hareket etmiyor yani hareketsizler. Bu durum aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur. Neden?

- a) A sporcusu B sporcusundan daha fazla kuvvet uygular.
  - b) Her iki sporcunun birbirlerine aynı kuvveti uygular.
  - c) A sporcusu B sporcusundan daha az kuvvet uygular.
2. (*Grup olarak çalışınız*). Şimdi biri diğerinden daha zayıf olan iki sporcunun halat çekme oyunu oynadığını düşününüz. Her iki sporcunun **bütün gücüyle** halati çekiyor. Her ikisi de herhangi bir yöne hareket etmiyor yani hareketsizler. (*A sporcusu B sporcusundan daha ağırdır*.) Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur. Neden?
  - a) A sporcusu B sporcusundan daha fazla kuvvet uygular.
  - b) Her iki sporcunun birbirlerine aynı kuvveti uygular.
  - c) A sporcusu B sporcusundan daha az kuvvet uygular.
3. (*Grup olarak çalışınız*). Şimdi biri diğerinden daha zayıf olan iki sporcunun halat çekme oyunu oynadığını ve hafif olan sporcunun (B sporcusu) bir kaykay üzerinde olduğunu düşününüz. Ağır olan sporcunun (A sporcusu) hafif olan sporcuyu kendisine doğru hareket edecek kadar kuvvetle çektiğine göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur. Neden?
  - a) A sporcusu B sporcusundan daha fazla kuvvet uygular.
  - b) Her iki sporcunun birbirlerine aynı kuvveti uygular.
  - c) A sporcusu B sporcusundan daha az kuvvet uygular.

## B. Tahminleri Test Etme Zamanı

1. (Grup olarak çalışınız). Birinci soruya verdiğiiniz cevabı test ediniz.

### Önemli

- Deneye başlamadan önce kuvvet sönsörleri kalibre ediniz.
- Kalibre etmek için DENEY menüsü altındaki “kalibre et” i seçiniz. KN1: Dual Range Force ‘u seçin. “Kalibre et” tuşuna tıklayınız.
- İlk sensör üzerindeki kuvvetleri kaldırın ve kancası aşağı gelecek şekilde dik tutunuz. Değer 1 alanına “0” (sıfır) girin ve Değer 1 için görünen yazı sabit hale geldiğinde “sakla” tuşuna tıklayınız.
- Sensöre 1 kg kütle asınız. Bu 9,8 N boyutunda bir kuvvet uygular. Değer 2 alanına “9,8” girin ve Değer 2 için görünen yazı sabit hale geldiğinde “sakla” tuşuna tıklayınız.
- İlk kuvvet sensörünün kalibresini tamamlamak için “son” tuşunu tıklayınız.
- 2. İkinci sensörde benzer şekilde kalibre ediniz.

- ✓ Tug-of-War (L07A2-1) deney dosyasını açınız.
- ✓ Halat çekme oyununda kuvvetlerin yönleri ters olduğundan kuvvet sensörlerinden birinin yönünü ters çeviriniz.
- ✓ Kuvvet sensörlerini sıfırlayınız.
- ✓ İple çevresi 30 cm olan bir halka yapın. Kuvvet sensörlerinin kancalarını bu halkaya geçiriniz.
- ✓ Bir kuvvet sensörünü bir kişi tutarken diğerini gruptaki farklı bir kişi tutsun. (*Bu iki kişinin yanı kiloda ve büyülüktte kişiler olmasına dikkat ediniz.*)
- ✓ **Topla** tuşuna bastıktan sonra kuvvet sönsörelerini tutan kişiler sensörleri kendilerine doğru çeksin.

1. Oluşan kuvvet-zaman grafiklerini yorumlayarak Kuvvet 1 ve Kuvvet 2 nin büyüklüklerini karşılaştırınız.

### Hatalarımızı Anlayalım

(Bireysel çalışınız). Tahminlerinizle şimdiki cevaplarınız birbirinden farklı ise hata yakalama stratejisini kullanarak başlangıçtaki düşüncenizin neden yanlış olduğunu ve bu düşünceyi nasıl değiştirdiğinizi yazınız.

2. Şimdi 2. Soru için yaptığınız tahmini test ediniz.
  - ✓ Tug-of-War (L07A2-1) deney dosyasını açınız.
  - ✓ Halat çekme oyununda kuvvetlerin yönleri ters olduğundan kuvvet sensörlerinden birinin yönünü ters çeviriniz.
  - ✓ Kuvvet sensörlerini sıfırlayınız.
  - ✓ İple çevresi 30 cm olan bir halka yapınız. Kuvvet sensörlerinin kancalarını bu halkaya geçiriniz.
  - ✓ Bir kuvvet sensörünü bir kişi tutarken diğerini gruptaki farklı bir kişi tutsun. (*Bu iki kişinin farklı iki kiloda ve büyülüktte kişiler olmasına dikkat ediniz.*)
  - ✓ **Topla** tuşuna bastıktan sonra kuvvet sönsörelerini tutan kişiler sensörleri kendilerine doğru çeksin.
3. Oluşan kuvvet-zaman grafiklerini yorumlayarak Kuvvet 1 ve Kuvvet 2 nin büyüklüklerini karşılaştırınız.

### **Hatalarımızı Anlayalım**

(*Bireysel çalışınız*). Tahminlerinizle şimdiki cevaplarınız birbirinden farklı ise hata yakalama stratejisini kullanarak başlangıçtaki düşüncenizin neden yanlış olduğunu ve bu düşünceyi nasıl değiştirdiğinizi yazınız.

4. Şimdi 3. Soruya yaptığınız tahmini test ediniz.

- ✓ Tug-of-War (L07A2-1) deney dosyasını açınız.
- ✓ Halat çekme oyununda kuvvetlerin yönleri ters olduğundan kuvvet sensörlerinden birinin yönünü ters çeviriniz.
- ✓ Kuvvet sensörlerini sıfırlayınız.
- ✓ Bu deneyde bir kişi tekerlikli sandalye otururken diğeri ayakta duracak.
- ✓ **Topla** tuşuna bastıktan sonra ayakta duran kişi, tekerlikli sandalyedeki kişiyi kendisine doğru hareket edecek şekilde çeksin.

5. Oluşan kuvvet-zaman grafiklerini yorumlayarak Kuvvet 1 ve Kuvvet 2 nin büyüklüklerini karşılaştırınız.

### **Hatalarımızı Anlayalım**

(*Bireysel çalışınız*). Tahminlerinizle şimdiki cevaplarınız birbirinden farklı ise hata yakalama stratejisini kullanarak başlangıçtaki düşüncenizin neden yanlış olduğunu ve bu düşünceyi nasıl değiştirdiğinizi yazınız.

- *Sınıf Tartışması*

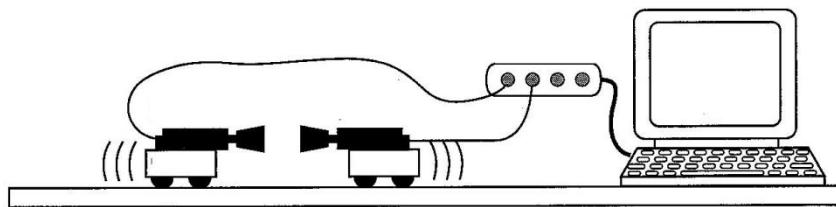
## **V. Öğrendiklerimizi Genişletelim**

### **A. Büyük, Küçük yoksa Eşit mi?**

1. (*Bireysel çalışınız*). Büyük bir otobüs, park halindeki içinde insan bulunmayan bir otomobile çarpıyor. *Sezgisel olarak* otomobilin otobüse uyguladığı kuvvet, otobüsün otomobile uyguladığı kuvvetten büyük, küçük yoksa eşit midir? *Cevabınızı açıklayınız*

Birçok öğrenci yukarıdaki soruya aşağıdaki şekilde cevap vermiştir.  
Sezgisel olarak çarpışma anında otomobil daha çok etkilenir. Bunun için araba daha çok kuvvet hisseder yani otobüs daha fazla kuvvet uygular. Başka bir ifade ile *hafif cisimler daha çok etkilenir* sezgisini öne sürmüşlerdir.

2. (*Grup olarak çalışınız*). 1. Soruya verdığınız yanıt yukarıdaki yanıtla benzer mi, yoksa farklı mı, açıklayınız.
3. (*Grup olarak çalışınız*). Şimdi 1. Soruya verdığınızın yanıtını test etmek için aşağıdaki deney düzeneğini kurunuz. *Arabalardan birini daha ağır yapmak için içine kütleler yerleştiriniz.*

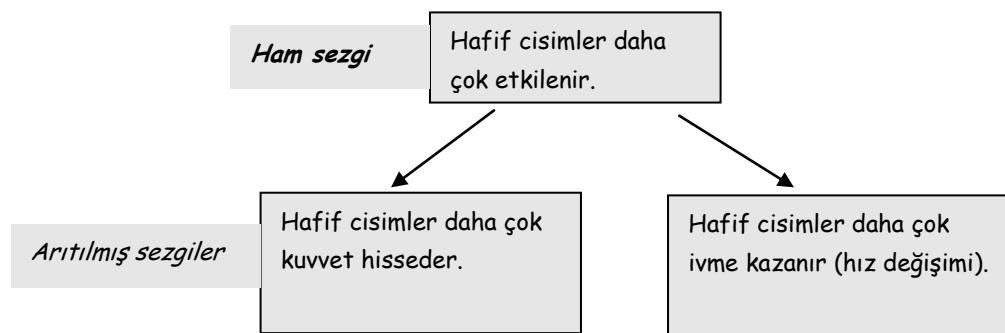


4. (*Grup olarak çalışınız*). Arabaların birbirine uyguladıkları kuvvetleri karşılaştırınız.
  
5. (*Grup olarak çalışınız*). Sezgilerimizle fizik çeliştiği zaman ne yapıyorduk?

#### B. Sezgisel bilgilerimiz ve Newton'un 3. Yasası

1. (*Grup olarak çalışınız*). Çarışan otomobil ve otobüs sorusuna tekrar dönelim. Otobüsün 2000 kg otomobilin 1000 kg olduğunu düşününüz. Otobüsün hızı çarpışma anında  $5 \text{ m/s}$  azaldığına göre sezgisel olarak çarpışma anında otomobilin hızı ne kadar artar? (*Otomobil çarpışma anında daha çok etkilenir* sezgisel bilgisini bu soruya uygulamaya çalışınız ve otobüsün 2 kat daha ağır olduğunu unutmayın.)
2. (*Grup olarak çalışınız*). Çarpışma anında otomobile otobüsün birbirleriyle  $0,5 \text{ s}$  temas halinde kaldıklarını düşününüz. Buna göre,
  - a) Otobüsün çarpışma anındaki ivmesi ne kadardır?
  - b) Otomobili çarpışma anındaki ivmesi ne kadardır? (*1. Soruda bulduğunuz hız değerini kullanınız*)
  
3. Newton'un ikinci yasasını kullanarak;
  - a) Otobüsün çarpışma anında hissettiği kuvveti bulunuz?
  - b) Otomobilin çarpışma anında hissettiği kuvveti bulunuz?
  
4. (*Grup olarak çalışınız*). *Otomobil daha çok etkilenir* sezgisini kullanarak otomobilin ne kadar hız kazandığını tahmin ettikten sonra bu hız değerini kullanarak otomobilin çarpışma anındaki ivmesini ve hissettiği kuvveti bulunuz. Bu değer Newton'un 3. Yasası ile uyum içerisinde midir? Uyum içerisinde olup olmadığını nerden anlarsınız?
  
5. (*Grup olarak çalışınız*). *Otomobil daha çok etkilenir* sezgisinin otomobilin daha fazla hız değişimine (yani daha fazla ivme kazandığı) uğradığı anlamına geldiği gördük. Her iki araç da aynı kuvveti hissetmeklerine rağmen neden otomobil daha fazla ivme kazanır?

6. Aşağıdaki arıtma diyagramı üzerinde grup olarak çalışınız.



7. (Bireysel çalışınız). Sayfa 5' deki birinci soruya cevap verirken yukarıdaki arıtılmış sezgiden hangisini kullandınız?

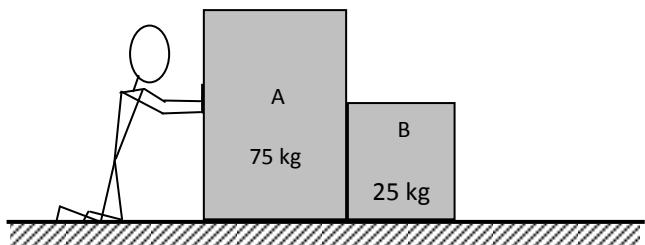
6. (Bireysel çalışınız). Sayfa 6' daki 1. soruya cevap verirken yukarıdaki arıtılmış sezgiden hangisini kullandınız?

### C. İçerde veya Dışarıda olmak Çok Şey Değiştirir mi?

- 1.(Grup olarak çalışınız). Yağmurlu bir günde arabanızın aküsü bitti ve arabanın aküsünü tekrar başlatmak için arabayı hareket ettirmek yani itmek zorundasınız. Arabanın içindeyken arabanın ön camını bütün gücünüzle itmenize rağmen neden arabayı hareket ettiremiyorsunuz? Açıklayınız.

AŞAĞIDAKİ ŞEKİL VE AÇIKLAMAYI 2-11 SORULARI İÇİN KULLANINIZ.

Bir çocuk içi dolu olan A ve B kutularını, kutular ile zemin arasındaki sürtünmenin, kutuların altındaki silindirler yardımıyla yok edildiği bir zemin üzerinde şekildeki gibi itiyor. A kutusu 75 kg iken B kutusu 25 kg dir. Çocuk A kutusuna 200 N luk yatay bir kuvvet uyguluyor.



- 2.(Grup olarak çalışınız). İşlem yapmadan sezgisel olarak A kutusunun ivmesi B kutusundan büyük, küçük yoksa eşit mi dir. Cevabınızı açıklayınız.

- 3.(Grup olarak çalışınız). Şimdi herhangi bir metodu kullanarak blokların ivmelerini hesaplayınız.

**4.(Grup olarak çalışınız).** Birden fazla cisimden oluşan sistem problemlerine iki şekilde yaklaşılır (I) Cisimleri tek bir cisim olarak ele almak; (II) Cisimleri ayrı ayrı ele almak. Yukarıdaki soruda ivmeyi bulurken hangi yaklaşımı kullandınız?

**5.(Grup olarak çalışınız).** Sistem sorularında sistemi oluşturan cisimlerin ivmelerini bulurken kuvvet diyagramı çizmenin yararı olur mu? Açıklayınız.

**6.(Grup olarak çalışınız).** B kutusunda çok iyi paketlenmemiş cam tabaklar vardır. Bu tabaklar uygulanan kuvvet 200 N a yaklaşığı zaman kırılıyor. Çocuğun, A kutusunu 200 N luk kuvvetle ittiğini hatırlayınız. Bu kuvvet B kutusuna aktarılır mı? Yani kutunun içindeki camlar kırılır mı? *Hesap yapmayınız, sadece mantığınızı kullanarak sezgilerinizle cevap veriniz. Cevabınızı açıklayınız.*

**7.**Şimdi hesap yapmadan sezgisel olarak B kutusunun 200 N kuvveti hissedip hissetmediği bulabileceğimiz bir yol üzerinde duralım. İlk olarak, her iki kutu için ayrı kuvvet diyagramları çiziniz.

A kutusuna etki eden kuvvetler



B kutusuna etki eden kuvvetler



**8.**Şimdi yukarıda çizdiğiniz diyagramları kullanarak, **sonuçlar oyunu** oynayınız. Sonuçlar oyunu doğruluğundan emin olunmayan bir düşüncenin doğruluğunu test etmek için kullanılan bir stratejidir. Seçilen düşüncenin doğru olması durumunda doğuracağı sonuçlara odaklanız. X doğru ise, Y nin olması gerekdir. Bazen Y diğer fizik bilgileriyle çelişir bu durumda X den vazgeçeriz, Bazı durumlarda ise Y diğer fizik bilgileriyle uyum içerisinde olur ve X in doğruluğundan daha çok emin oluruz.

Şimdi geçici olarak A kutusuna uygulanan 200 N luk kuvvetin aynen B kutusuna iletildiğini kabul ediniz. Bu kabullenmişin doğuracağı sonuçları düşününüz.

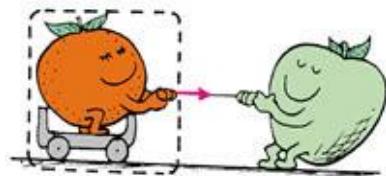
- Eğer  $F_{BA}$  (B' ye A tarafından uygulanan kuvvet) =200 N olduğu doğru ise,  $F_{AB}$  (A ya B tarafından uygulanan kuvvet) = ?
- Eğer  $F_{BA} = 200$  N olduğu doğru ise, A kutusuna etki eden net kuvvet ne kadardır?
- Kabullenmişin doğuracağı sonuca dayanarak,  $F_{BA} = 200$  N olduğu yani A kutusuna çocuğun uyguladığı kuvvetin B kutusuna aktarıldığı düşüncesini kabul mü yoksa ret mi edersiniz?

**9.(Grup olarak çalışınız).** Bu soruda kuvvet diyagramı çizmek işinizi kolaylaştır mı yoksa kuvvet diyagramı çizmek sadece sizin hangi kuvvetleri bildiğinizi öğretmenlerinize göstermenin bir yolumu dur?

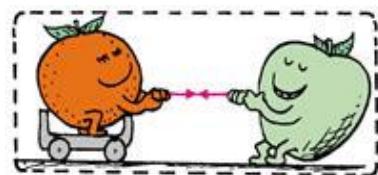
**10. (Grup olarak çalışınız).** A kutusunun B kutusuna uyguladığı  $F_{BA}$  bulunuz.

- 11.** Birden fazla cisimden oluşan sistem problemlerine iki şekilde yaklaşılır (I) Cisimleri tek bir cisim olarak düşünmek;(II) Cisimleri ayrı ayrı düşünmek. Yukarıdaki soruda kuvveti bulurken hangi yaklaşımı kullandınız?

- 12.** Eğer portakalı bir sistem olarak kabul edersek elmanın portakala uyguladığı kuvvet bir iç kuvvet yoksa dış kuvvet midir?(*Sürtünme kuvvetini ihmali ediniz*).Bu kuvvetin sitemin ivmelenmesi üzerinde etkisi nedir?



- 13.** Eğer portakal ile elmayı bir sistem olarak düşünürsek elmanın portakala uyguladığı kuvvet bir iç kuvvet yoksa dış kuvvet midir? (*Sürtünme kuvvetini ihmali ediniz*).Bu kuvvetin sitemin ivmelenmesi üzerinde etkisi nedir?



- 14.** (*Grup olarak çalışınız*). Şimdi sayfa 8 deki 1. soruyu tekrar tartışınız.

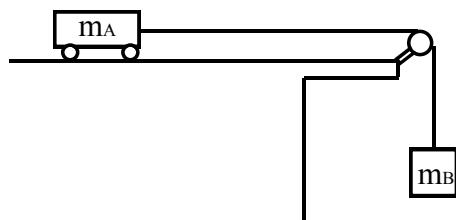
### Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Aşağıdaki soruları grup olarak tartışınız.

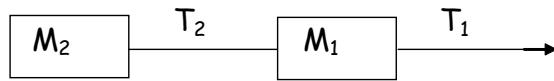
- 1.** Masa üzerinde duran bir kitabı etki eden kuvvetler yerçekimi ve masanın uyguladığı normal kuvvettir. Bu kuvvetler Newton'un 3. Yasasına göre etki- tepki çiftleridir ve birbirlerine eşit ve zit yönlüdür.

Yukarıdaki ifadeye katılıyor musunuz? Cevabınızı açıklayınız.

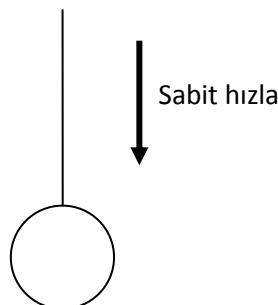
- 2.** A arabası serbest bırakıldıktan sonra ipin A arabasına uyguladığı gerilme kuvveti ile B cisminin ağırlığını karşılaştırınız. *Tüm sürütmeleri ihmali ediniz*.



3.  $M_1$  ve  $M_2$  kütleli iki blok bir ip yardımıyla birbirlerine bağlıyor. Bloklar  $T_1$  gerilme kuvveti ile sağa doğru çekiliyorlar.  $M_2 > M_1$  olduğuna göre iplerde oluşan  $T_1$  ve  $T_2$  gerilmelerini karşılaştırınız. *Tüm sürütmeler ihmäl ediniz.*

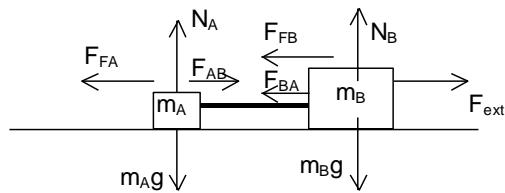


4. Bir ipin ucuna bağlı bir çelik top sabit bir hızla aşağıya doğru indirilmektedir. İpte oluşan gerilme ile topun ağırlığını karşılaştırınız. Cevabınızı açıklayınız. *Havanın direnç kuvvetini ihmäl ediniz.*



5. Aynı top aşağıya doğru düzgün yavaşlayarak indirilirse ipte oluşan gerilme ile topun ağırlığını karşılaştırınız. Cevabınızı açıklayınız. *Havanın direnç kuvvetini ihmäl ediniz.*
6. Aynı top aşağıya doğru düzgün düzgün hızlanarak indirilirse İpte oluşan gerilme ile topun ağırlığını karşılaştırınız. *Havanın direnç kuvvetini ihmäl ediniz.*

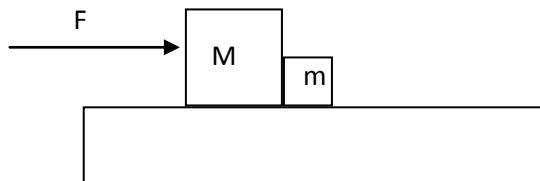
7. Bir ip yardımıyla birbirine bağlanan A ve B blokları bir dış kuvvetle sağa doğru sabit bir kuvvetle çekilmektedir.  $m_A < m_B$  dir. Bloklara etki eden kuvvetler şekildeki şekilde gösterilmiştir. Aşağıdaki ifadelerden hangisi Newton' un 3. Yasasını kullandığımızda doğru bir ifadedir.



- a) Newton'un 3. Yasasına göre her bir blok için Normal kuvvet blokların ağırlıklarına eşittir.

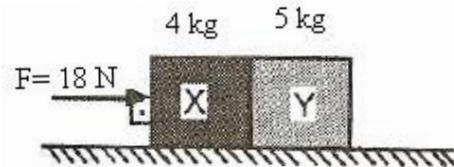
- b) Newton'un 3. Yasasına göre  $F_{AB} = F_{BA}$  dir.  
 c) Newton'un 3. Yasasına göre  $F_{BA}$  ipte oluşan gerilme kuvvetine eşit ve zit yönlüdür.  
 d) Yukarıdakilerin hepsi.

8. M ve m kütleli iki blok sürtünmesiz bir yüzey boyunca yatay bir F kuvveti ile itilmektedir.



- a) Küçük bloğun büyük bloğa uyguladığı kuvvet F, M ve m cinsinden neye eşittir.  
 b) Büyük blok üzerine etki eden **net kuvvet** F, M ve m cinsinden neye eşittir.  
 c) Küçük blok üzerine etki eden **net kuvvet** F, M ve m cinsinden neye eşittir.

9. Sürtünmesiz yatay bir düzlemede, şekildeki gibi birbirine dokunacak biçimde konmuş 4 kg kütleli X küpü ile 5 kg kütleli Y küpü 18 N luk yatay kuvvetle itiliyor. Her iki küpe etki eden net kuvveti hesaplayınız.



#### VI. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

8. (*Grup olarak çalışınız*). Etkinlik 7 başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşünügüünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız*. Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.
9. (*Bireysel olarak çalışınız*). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (*İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayınız*).

**Adı ve Soyadı:**

**Sınıf:**

## **ETKİNLİK 8**

### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

**A. (Bireysel çalışınız).** Aşağıdaki soruları bireysel olarak cevaplayınız. Cevaplarınızı açıklamayı unutmayın.

1. Aşağıdaki durumların hangisinde bir otobüsün içindeki yolcuların eylemsizliğinden bahsedilebilir? Cevabınızı açıklayınız.
  - a) Duran bir otobüsün içinde bulunan yolcuların

Neden?

- b) Sabit hızla ilerleyen bir otobüsün içinde bulunan yolcuların

Neden?

- c) İvmeli hareket yapan (hızında değişimelerin olduğu) bir otobüsün içinde bulunan yolcuların

Neden?

2. Otobüs, kamyon gibi motorlu araçların eylemsizliğinden bahsedilebilir mi? Cevabınızı açıklayınız.

3. Aynı kütleyeli iki toptan biri  $10 \text{ m/s}$  sabit hızla gidiyor, diğeri  $20 \text{ m/s}$  sabit hızla gidiyor. Bu topların eylemsizliklerinden bahsedilebilir mi? Bahsedilirse, eylemsizliklerinin büyülüklerini karşılaştırınız.

4. Aynı kütleyeli iki toptan biri  $4 \text{ m/s}^2$  ivmeyeyle gidiyor, diğeri  $8 \text{ m/s}^2$  ivmeyeyle gidiyor. Bu topların eylemsizliklerinden bahsedilebilir mi? Bahsedilirse, eylemsizliklerinin büyülüklerini karşılaştırınız.

**B. (Grup olarak çalışınız).** Yukarıdaki soruları tartışınız. *Her bir soru hakkında düşünelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEMEYİNİZ.*

### **III. Araştıralım**

1. **(Grup olarak çalışınız).** Pişmiş ve pişmemiş iki yumurtayı birbirinden nasıl ayırt edersiniz?
2. **(Grup olarak çalışınız).** Size verilen yumurtaları ayrı ayrı masalarınızın üzerinde çeviriniz ve dönen yumurtalara hafifçe kısa süreli dokunup bırakarak yumurtaların durmalarını sağlayınız. Gözlemlerinizi kaydediniz?

3. (Grup olarak çalışınız). Gözlemlerinizde dayanarak sizce hangi yumurta pişmemiş olabilir? Neden bir yumurta dönmezken diğeri dönmeye devam etti (İpucu: Yumurtaların yapışal farklılıklarına dikkat ediniz.)
  
  4. (Grup olarak çalışınız). Yumurtalar dönerken ivmeli mi yoksa sabit hızla mı hareket ediyor?
- *Sınıf Tartışması*

#### **IV. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim**

*Aşağıdaki durumları grup olarak tartıınız.*

1. Elin uyguladığı kuvvet bardağın üzerindeki kartonu ivmelendirirken neden para bardağın içine düşer?



2. Çekicin aşağı doğru hareket ettirip aniden durmak neden çekisi sıkışmasını sağlar?



#### **VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim**

1. (Grup olarak çalışınız). Aynı büyüklükte iki tane kutu bir masanın üzerinde durmaktadır. Bu kutulardan biri kum ile doldurulurken diğeri pamuk ile doldurulmuştur. Bu kutuları kaldırmadan hangisinde pamuk olduğunu nasıl belirlersiniz? Açıklayınız.
  
2. (Grup olarak çalışınız). Bir belediye otobüsü kırmızı ışığın yandığını son anda fark edip, fren basıyor. Otobüsün içinde ayakta duran şişman ve zayıf iki yolcudan hangisi daha fazla öne doğru hareket eder neden?
  
3. (Grup olarak çalışınız). Bir arkadaşınız eylemsizliği “cismin hareket durumunu değiştirmeye çalışan kuvvette karşı gösterilen ve cismin var olan durumunu korumaya çalışan kuvvet” olarak tanımlıyor. Arkadaşınıza katılıyor musunuz? Açıklayınız.
  
4. (Grup olarak çalışınız). Emniyet kemeri takmak neden önemlidir?
  
5. (Grup olarak çalışınız). Virajı dönen bir arabanın içinde olduğunuzu düşününüz. Araba virajı dönerken neden virajın dışına doğru savrulursunuz?

#### **VII. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim**

1.(Grup olarak çalışınız). Etkinlik 8 başlarken “Neleri Biliyoruz Gösterelim” kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. *Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündügüünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız.* Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.

2.(Bireysel olarak çalışınız). **Neleri Biliyoruz Gösterelim** kısmında bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdî grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayınız).

## APPENDIX K

### THE GENERAL TEACHER GUIDE

#### ÜSTBİLİŞSEL VE EPISTEMOLOJİK OLARAK ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ 7E ÖĞRENME DÖNGÜSÜ MODELİ UYGULAMA REHBERİ

Bu çalışmanın amacı üst-bilişsel ve epistemolojik olarak zenginleştirilmiş 7E öğrenme döngüsü modeline dayalı geliştirilen öğretimin 10. sınıf öğrencilerinin kuvvet ve hareket ünitesindeki başarısına ve epistemolojik gelişmelerine etkisini araştırmaktır.

Üst-bilişsel ve epistemolojik olarak zenginleştirilmiş 7E öğrenme döngüsü modeline dayalı öğretim, 7E öğrenme döngüsünün 7 basamağına üst-bilişsel ve epistemolojik aktivitelerin yedirilmesi sonucu oluşmaktadır. Aşağıdaki tabloda bu birleşim özetlenmiştir.

| 7E Öğrenme Çevrimi                 | Üst-Bilişsel Aktiviteler  | Epistemolojik Aktiviteler                     |
|------------------------------------|---|---|
| <b>Önbilgileri ortaya çıkarma:</b> | Grup Tartışması<br>Kavram Haritası<br>Günlük Yazımı             | Günlük Yazımı                                 |
| <b>Girme</b>                       |   |   |
| <b>Keşfetme</b>                    | Üst-bilişsel yönlendirmeler                                     |   |
| <b>Açıklama</b>                    | Üst-bilişsel yönlendirmeli Sınıf Tartışması                     |   |
| <b>Derinleştirme</b>               | Üst-bilişsel yönlendirmeler<br>Sınıf Tartışması                 | Epistemolojik Stratejiler<br>Sınıf Tartışması |
| <b>Uzatma</b>                      | Üst-bilişsel yönlendirmeler<br>Sınıf Tartışması                 | Epistemolojik Stratejiler<br>Sınıf Tartışması |
| <b>Değerlendirme</b>               | Kavram Haritası<br>Üst-bilişsel yönlendirmeler<br>Günlük Yazımı | Günlük Yazımı                                 |

#### 7E ÖĞRENME DÖNGÜSÜ MODELİ

Bu öğretim metodu 7 basamaktan oluşmaktadır.

**Önbilgilerin ortaya çıkarılması** basamağında öğrencilerin konu hakkındaki önceki bilgileri ve tecrübeleri çeşitli yöntemler kullanılarak ortaya çıkarılır.

**Girme** basamağında öğrencilerin konuya karşı merak duymalarını ve konu hakkında zihinlerinde sorular oluşturmayı sağlayacak aktivitelere yer verilir.

Öğrenme döngüsünün **keşfetme** basamağı öğrencilere gözlemlemek, bilgileri kayıt etmek, değişkenleri belirlemek, deneyleri planlamak, grafik yaratmak, sonuçları yorumlamak, hipotez geliştirmek ve sonuçlarını düzenlemek için fırsat sağlar.

**Açıklama** basamağında ise öğrenciler bir önceki basamaktaki araştırdıkları olaylara, sonuçlara açıklamalar getirirler.

**Derinleştirme** aşamasında öğrenciler öğrenmiş olduğu bilgileri benzer durumlara uygularlar. Bu aşamada öğrenciler benzer sorular ve hipotezler üretip benzer deneyler yapabilirler. Öğrenme döngüsünün bu evresinde öğrencilere çözebilecekleri sayısal problemlerde sunulabilir.

**Yayma** basamağında ise öğrencilerin öğrendikleri bilgileri daha farklı durumlara uygulamaları beklenir.

**Değerlendirme** basamağı hem süreç hem de ürün değerlendirmesini kapsamaktadır. Ürün değerlendirme için öğrencilerden yaptıkları deneylerin sonuçlarını yorumlamaları istenebilir, testler uygulanabilir. Süreç değerlendirme öğrenme döngüsünün belli bir basamağı ile sınırlanılmamıştır. Öğrenme döngüsü sadece bir yönlü olmadığından, öğrencilerle etkileşimin olduğu tüm basamaklarda süreç değerlendirilebilir.

## ÜSTBİLİŞ

Üst-biliş basit anlamda düşünme hakkında düşünme olarak tanımlanabilir. Öğrencinin kendi öğrenmesini ilgilendiren her türlü etkenin farkında olması ve öğrenmesi üzerinde bir kontrole sahip olması olarak da tanımlanabilir.

Üst-bilişsel olarak iyi bir durumda olan bir öğrenci:

- Öğrenen olarak kendisini iyi tanıyan, analiz eden,
- Öğrenilecek aktivitenin (yeni öğrenilecek konu, ödev, deney..) nasıl çalışılacağını, hangi stratejilerin konu için uygun olduğu, konun zor mu kolay mı olduğunu farkında olan,
- Aktiviteye başlamadan önce plan yapan, amaçlar belirleyen
- Öğrenme sürecinde öğrenip öğrenmediğini kontrol eden,
- Öğrenme sonrasında kendini değerlendiren, amaçlarına ulaşıp ulaşmadığını kontrol eden, karşılaştığı zorlukların, yaptığı hataların farkında olan öğrencidir.

Bu çalışmada, öğrencilerin üst-bilişsel olarak aktif olmaları için üst-bilişsel yönlendirmeler kullanarak bu becerileri alışkanlık haline getirmeleri amaçlanmaktadır.

### Kullanılan Belli Başlı Üst-Bilişsel Aktiviteler

#### • *Üst-Bilişsel Okuma Ödevleri*

Bu aktivitede öğrencilere okuma ödevleri verilecek ve okumalarını okuduklarını anlayıp anlamadıklarını kontrol etmelerine ve önceki bilgi ve tecrübeleriyle ilişkilendirmelerine yardım edecek üst-bilişsel yönlendirmeler yapmaları istenecektir.

Örneğin,

1. Size verilen okuma ödevini dikkatlice okuyunuz. Ardından kendinize konuyu anlayıp anlamadığınızı kontrol eden sorular sorun.

Bu sorulardan birkaçını yazınız.

2. Eğer kendinize sorduğunuz soruyu cevaplayamıysanız, sorunuza cevap bulmak için ilgili yerleri tekrar okuyunuz.
3. Okuduklarınızla günlük yaşamınızda kullandığınız bilgi ve deneyimlerinizle çelişen bilgilerle oldu mu? Örnek veriniz?

#### • *Günlük Yazımı:*

Öğrencilerden kendi öğrenmeleri ve ilgili konularındaki bilgi ve tecrübeleri üzerinde düşünmeleri için günlükler yazmaları istenecektir. Günlükleri yazarken kullanılacak üst-bilişsel yönlendirmeler öğrencilere konuya başlamadan ve konu bitiminden sonra verilecek.

### Konuya başlamadan önce verilecek başlıca yönlendirmeler:

Konu hakkında neleri biliyorum?

Konu hakkında neleri öğrenmek istiyorum?

Konuya çalışmadan önce plan yaptım mı?

Konuya nasıl çalışacağım?

### Konuya bitiminde verilecek başlıca yönlendirmeler:

Konu hakkında neleri öğrendim?

Amaçlarımı ulaştım mı?

Konunun hangi kesimlerinde zorlandım, neden?

Çalışma yöntemim etkili oldu mu?

#### • *Sınıf ve Grup Tartışmaları*

Konularındaki tartışmalar üst-bilişsel yönlendirmeler kullanılarak yürütülecek.

### Kullanılacak bazı üst-bilişsel yönlendirmeler:

Bu aktivitede (soru, durum ...) nasıl düşündüğünü bizimle paylaşır mısın?

Burada bunumu söylemek istiyorsun?

Arkadaşlarımla aynı fikirde misin?

Bu soruya başka biri nasıl cevap verebilirdi, ve neden bu şekilde düşünmüş olabilir?

Böyle düşünmeye (yanlış düşünce) neden olacak örnek durumlar verebilir misin? O durumlarla incelediğimiz bu durumlar arasındaki fark nedir?

#### • *Kavram Haritaları*

Öğrenme döngüsünün bilgileri ortaya çalışma ve değerlendirme basamağında öğrencilerin bildiklerinin farkına varmaları amacıyla kullanılacaktır.

## **EPİSTEMOLOJİ**

Bilgi kuramı olarak da adlandırılan epistemoloji bilginin doğası ve bilme yolları hakkında inanışlar olarak tanımlanır. Bu çalışmada öğrencilerin fiziklarındaki epistemolojilerinin geliştirilmesi için epistemolojik aktiviteler uygulanacaktır.

Fiziklarındaki epistemoloji üçe ayrılır.

- Fizik bilgisinin yapısılarındaki inanışlar: Fizik bilgisi (fizik) birbirinden bağımsız bilgi parçaları topluluğumu yoksa tutarlı tek bir sistem midir?
- Fiziğin içeriği hakkında inanışlar: Fizik formüllerden mi ibarettir yoksa formüllere temel oluşturan kavamlardan mı oluşur.
- Fizik öğrenmelarındaki inanışlar: Fizik öğrenmek dışarıdan pasif bir şekilde bilgi almak mıdır yoksa gündelik yaşamda fiziksel olayları açıklamak için kullanılan sezgisel bilgilerin ve deneyimlerin işlenerek yeniden düzenlenmesi midir?

### **Kullanılacak Belli Başı Epistemolojik Stratejiler**

- Hataları Yakalamak

Hatalarının ve neden hata yaptığından farkında olması için kullanılan stratejidir.

- Tutarlık İçin Kontrol Etmek

Cevaplarıyla sahip olduğu diğer fizik bilgileri arasında tutarlılığı yakalamak için yapılan stratejidir.

- Sezgisel Bilgilerin Arıtılması

Bu strateji öğrencilere fizik öğrenmenin günlük yaşamda kullandıkları bilgi ve tecrübelerin işlenerek geliştirilmesi olduğu düşüncesini geliştirmeyi amaçlamaktadır.

- Köprü Düşünceleri Seçmek

Bu strateji ile öğrencilere bazı durumlarda bir olayın açıklaması için farklı düşünelerden hangisini doğru kabul edip devam edeceklerine karar vermekte zorlandıkları zaman, ilerleyebilmek için düşünelerden birini doğru kabul edip, en azından belli bir süre için, devam etmeleri önerilir.

- Sonuçlar Oyunu Oynamak

Bu stratejide öğrenciler seçikleri düşüncenin doğruluğunu test etmek için sonuçlar oyunu oynarlar. Örneğin düşünceyi seçikten sonra onun doğuracağı sonuçları düşünürler. Eğer X doğru ise, Y nin olması gereklidir. Bazen Y diğer fizik bilgileriyle çelişir bu durumda X den vazgeçeriz, Bazı durumlarda ise Y diğer fizik bilgileriyle uyum içerisinde olur ve X in doğruluğundan daha çok emin oluruz.

## **APPENDIX L**

### **THE TEACHER GUIDES FOR ACTIVITY SHEETS**

#### **ETKİNLİK 1 UYGULAMA REHBERİ**

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin;

1. Cisim üzerine etki eden kuvvetleri tanımlaması
2. Cisim üzerine etki eden kuvvetleri etiketlendirmesi ve
3. Kuvvet diyagramı çizmesi

beklenmektedir.

Genel olarak bu aktivite ve diğer aktivitelerde, öğrenciler bireysel-grup tartışması ve sınıf tartışması sırasını takip ederek çalışacaklardır. Her sınıf tartışmasında, kendisinden önceki bireysel ve grup çalışmalarındaki durumlar sınıfça tartışılarak özetlenecektir.

#### **I.**

Bu bölümde, öğrencilerin verilen sorulara dayanarak birbirleriyle tartışması sağlanır. Tartışma sırasında gruplar arasında dolaşalarak öğrenciler yönlendirilir. 5 dakikalık süre sonrasında 5 dakika öğrencilerin kavram haritalarını çizmeleri sağlanır. Öğrencilerin ilk kavram haritası olduğu için kavram haritasının nasıl çizileceği hakkında yardımlarda bulunulabilir.

#### **II.**

Bu kısım öğrencilerin derse ilgisini çekmek için verilmiştir. Hızlıca okumaları istenir ve çevremizde gördüğümüz fiziksel olayların nedenini sorgulamanın önemine vurgu yapılır.

#### **III.**

Bu kısımda öğrencilerin yaptıkları küçük deneylerle kuvvet ile hareket arasında ilişki kurmaları beklenir.

#### **IV.**

“Sonuçları paylaşalım kısmında” sınıf tartışması yapılır. Her bir durum için, birkaç gruptan verilerini sınıfla paylaşmaları istenir.

Öğrencilerin bu tartışmada üst-bilişsel olarak aktif olmaları için onlara üst-bilişsel yönlendirmeler yapılmalıdır:

Örneğin;

- Bu aktivitede nasıl düşündüğünü bizimle paylaşır misin?
- Burada bunu mu söylemek istiyorsun? (Öğrencinin söylediğleri farklı bir şekilde ifade edilir)
- Arkadaşlarınızla aynı fikirde misin, farklı düşünün var mı?
- Tartıştığımız konuda size sezgisel olarak anlamlı ya da doğru gelmeyen düşünceler, ya da durumlar oldu mu?

*Sezgisel bilgi: Kişinin bir olayın nasıl olacağı ya da nasıl olması gerekiğine dair beklenisi olarak tanımlanabilir. Örneğin, ağır cisimlerin itmenin daha zor olacağının beklenisi bir sezgisel bilgidir.*

- Bu soruya başka biri nasıl cevap verebilirdi ve neden bu şekilde düşünmüştür?
- Böyle düşünmene (yanlış düşünce) neden olacak örnek durumlar (gündelik yaşamdan) verebilir misin? O durumlarla incelediğimiz bu durum arasındaki fark nedir?

*Önceki iki soru öğrencilerin hatalarının farkına varmalarına yardım edecektir.*

Sınıf tartışmasının ardından kuvvet tanımlanır. Kuvvetin, her zaman iki cismin etkileşmesi sonucu olduğu bunun için de kuvvet tanımlanırken kuvveti uygulayan ve kuvvetin uygulandığı cismin mutlaka belirtilmesi gerektiği vurgusu yapılır.

A. Öğrencilerin gündelik yaşamımızda sıklıkla karşılaştığımız etkileşimler sonucu oluşan kuvvetleri hatırlamaları sağlanır.

Belirlenen kuvvetler için hangi harflerin kullanılacağı karara bağlanır.

## V.

Bu kısımda seçilen örnek diğer araştırmacılar tarafından da sıkılıkla kullanılan bir önektrir. Bu önekte sıkılıkla yapılan hata masanın kitabı kuvvet uygulamayacağının düşünülmemesidir. Bu açık olmayan hatalardan birisidir çünkü öğrenciler soruları çözerken yukarıya doğru bir kuvveti çizmeye zorlanmazlar, ama o kuvvetin hangi cisim tarafından uygulandığı üzerinde pek düşünmezler.

*Sınıf tartışmasının* ardından kitabı uygulanan kuvvetler:

**Yerçekimi kuvveti:** Kitaba dünya tarafından uygulanan kuvvet ve

**Normal Kuvvet:** Kitaba masa tarafından uygulanan kuvvet olarak tanımlanır.

Bu sınıf tartışmasında da yine üst-bilişsel yönlendirmelerle öğrencilerin üst-bilişsel olarak aktif olmaları sağlanır.

## IV

Sınıf tartışması ile kitap üzerine etki eden kuvvetler çizilir.

Burada kuvvet diyagramının önemine vurgu yapılır. Kuvvet diyagramı çizmenin kuvvet ve hareket problemlerinin çiziminde çok yararlı olacağı belirtilir.

Kuvvetler etiketlendirilirken ilk olarak kuvvetin türünü belirten harfin yazılmasının daha sonra alt indisler yazılırken ise ilk olarak kuvvetin uygulandığı cismin baş harfi daha sonra kuvveti uygulayanın baş harfi yazılmasının daha anlaşılır etiketlendirme için yararlı olacağı vurgulanır.

Kitaba dünya tarafından uygulanan kuvvet:  $G_{KD}$  ve

Normal Kuvvet: Kitaba masa tarafından uygulanan kuvvet:  $N_{KM}$  şeklinde etiketlendirilir.

## ETKİNLİK 1(Devam) UYGULAMA REHBERİ

Pasif kuvvetler sadece aktif kuvvetler uygulandığı zaman ve onlara tepki olarak meydana gelen kuvvetlerdir. Normal kuvvet, sürtünme kuvveti ve gerilme kuvveti ancak aktif bir kuvvet uygulandığında tepki olarak ortaya çıkarlar ve uygulanan kuvvete göre büyülüklüklerini ayarlarlar.

Çoğu öğrenci pasif kuvvetlerin (normal kuvvet, sürtünme kuvveti, gerilme kuvveti) aktif kuvvetlerden (bir insanın kitabı itmesi, yerçekimi kuvveti) farklı olduğunu düşünmektedir. Yani bütün kuvvetlerin ortak özelliklere sahip olduğu gerçekini göz ardı etmektedirler. Oysaki fizikte bütün kuvvetlerin bir yönü ve şiddeti vardır ve hepsi hareketle benzer şekilde ilişkilidir ( $F=ma$ ). Pasif kuvvetlerin diğer kuvvetlerden ayrı yere konulması fark edilmesi zor bir kavram yanılığıdır. Çünkü öğrenciler kuvvet diyagramı çizerken ve soruları çözerken bu kuvvetleri, özellikle normal kuvveti, kullanmakta zorlanmazlar. Ama bazı öğrencilerin normal kuvvetin cisimin ağırlığına eşit olmadığı durumlarda da eşit olarak alması, normal kuvvetin ne olduğunu ve nasıl olduğunu anlamamalarından kaynaklanmaktadır. Bu etkinlikte öğrencilerin masanın kitabı kuvvet uygulamasının sezgisel olarak da anlamlı olduğu ve pasif kuvvetlerin diğer aktif kuvvetlerle aynı özelliklere sahip olduğu gerçekinin farkına varmaları beklenmektedir.

### I.

Öğrencilerle sezgisel bilgilerin ne olduğu ve önemi hakkında sınıf tartışması yapılarak günlük hayattan birkaç örnek verilecektir. Sezgisel bilgiler kişinin bir olayın nasıl olacağı ya da nasıl olması gerektiğine dair bekłentisi olarak tanımlanabilir. Örneğin, ağır cisimleri itmenin daha zor olacağının bekłentisi bir sezgisel bilgidir. Öğrencilere bu bekłentilerinin tersi genelde mantıklı gelmemektedir.

## **II. Araştıralım**

Öğrenciler genelde esnek cisimlerin sıkıştırıldığından kendisini sıkıştıran cisme kuvvet uygulayacağı fikrini mantıklı bulmaktadır. Yapılacak 5 aktivitede gerilmiş yay kullanarak, öğrencilerin bu sezgisel bilgisini aktif ederek ve masa ile yay arasında benzerlik kurularak masanın kitabı kuvvet uygulayabildiği fikrinin öğrencilere mantıklı gelmesi sağlanmaya çalışılacaktır. Bu aktiviteler sonucunda öğrencilerin normal kuvvetin gerçekte bir itme yani bir kuvvet olduğunu anlamaları beklenmektedir.

Her aktiviteden önce öğrencilere aktivitede ne yapmaları bekleniyor açıklanacaktır.

1. Yatay olarak sıkıştırılmış yayın bloğu itmesi yani kuvvet uygulaması öğrenciler tarafından gözlenecektir.
2. Bu aktivitede öğrenciler bloğun hareket etmesinin karşı bir itme ile engellenmesine rağmen yayın hala bloğa kuvvet uyguladığını gözleyeceklerdir.
3. Öğrenciler düşey konumda sıkıştırılmış yayın, üzerine konulan bloğu ittiğini gözleyeceklerdir.
4. Bu aktivitede blok, yayın üzerinde dengededir. Öğrencilerin bu durumda da yayın sıkışlığının ve yayın üzerinde ağırlık olmadığı durum olan denge konumundan daha aşağıda olduğunun farkına varmaları gereklidir. Bundan önceki aktivitelerin öğrencilerin yayın bu durumdayken yine bloğu ittiğini görmelerine yardım edeceğini umulmaktadır. Eğer öğrenciler yayın bloğu ittiğini sınıf tartışmasında belirtmezlerse, bu aktivitenin 2. aktiviteye benzediğini, her iki durumda da yayın sıkışlığı vurgulanmalı ve 2. aktivitede yayın bloğu ittiğini ama elimizden bloğun hareket etmesini engellediği, benzer şekilde bu aktivitede yayın bloğu ittiğini ama bloğun ağırlığının bloğun hareket etmesini engellediği belirtilebilir.
5. Burada daha ağır blok konulduğunda daha fazla sıkışlığı dolayısıyla daha fazla kuvvet uygulayacağını öğrencilerin farkına varması beklenmektedir.

Bütün kısımlar sınıfça tartışıldıktan sonra aşağıdaki soru sorularak öğrencilerle sınıf tartışması yapılabilir. “*Bu gün derse gelmeden önce masanın kitabı kuvvet uyguladığını zaten biliyordunuz. O halde bugün bunları neden yaptık, bugünkü dersin ana fikri nedir?*”

Sınıf tartışmasının ardından öğrencilerin masanın kitabı ittiğini yani bir kuvvet uygulayabildiği fikrinin mantıklı bulması ve pasif kuvvetlerin (normal kuvvet, gerilme kuvveti, sürtünme kuvveti) gerçekte pasif olmadıkları, diğer kuvvetlerin sahip olduğu özellikleri gösterdiklerini anlamaları beklenmektedir.

## **Öğrendiklerimizi Değerlendirelim**

Bu kısmında öğrencilerin bir önceki çizdıklarının kavram haritasını yeni öğrendiklerine bağlı kalarak değiştirmeleri veya eklemeler yapmaları beklenmektedir. Değişiklikleri neden yaptıklarını açıklamaları üstbilişsel olarak öğrencilerin aktif olmalarına yardım edecektir.

## **ETKİNLİK 2 UYGULAMA REHBERİ**

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin,

1. İki cismin hareketini birbirine göre yorumlamaları ve
2. Hareketli bir ortamındaki cisimlerin hareketlerini farklı gözleme çerçevelerine göre yorumlayıp problemler çözmeleri beklenmektedir.

Bu etkinlikte bağıl hız konusunun yanında öğrencilerin hatalarını belirlemeye ve önlemede kullanacakları “Hata Yakalama” ve “Sezgilerin Arıtılması” stratejilerini öğrenmeleri amaçlanmaktadır.

### **I. Neleri Biliyoruz Gösterelim**

Bu bölümde öğrencilerin konu hakkında ön-bilgilerini ve sezgisel bilgilerini ortaya çıkarmak için sorular verilmiştir. Öğrenciler bireysel olarak bu soruları cevapladıktan sonra grup olarak aynı soruları tartışacaklardır.

### **II. Arabaların Ölçülen Hızlarını Karşılaştıralım**

Öğrenciler verilen her üç durum için A arabasının hareket detektörüyle ölçülen hızlarını tahmin edeceklerdir. Bu kısmda öğrencilere cevaplarının doğruluğu hakkında bilgi verilmeyecektir.

### **III. Araştıralım**

Bu bölümde öğrenciler bir önceki aşamada yaptıkları tahminleri test edeceklerdir. Öğrenciler ilk denemelerinde düzgün grafikler elde edemeyebilirler. Düzgün grafik elde edinceye kadar süreci tekrarlamaları ve her üç durumda da A arabasına aynı hız verecek şekildeitmeleri önerilmelidir.

Öğrencilere elde ettikleri hız-zaman grafiklerinin ilgili yerlerini ve analiz menüsü altında “istatistikler”i seçerek A arabasının ortalama hızını hesaplamalarına yardım edilecektir.

### **IV. Düşüncelerimizi Paylaşalım**

Bu bölümde öğrencilerin Araştıralım bölümündeki gözlem ve sonuçlarını birbirleriyle paylaşmaları sağlanacak ve öğrencilerin sonuç ve düşüncelerinden yararlanılarak bağıl hız verilecektir.

#### **Hatalarımızı Anlayalım**

Bu alt başlıkta öğrencilere “Hata Yakalama” stratejisinin nasıl uygulanacağı gösterilecektir. Bu stratejinin etkili kullanılmasının hataları tespit etmede ve önlemede onlara büyük bir güç sağlayacağı belirtilerek, öğrenciler stratejiyi öğrenmeye ve uygulamaya teşvik edilebilir.

Öğrenciler bu stratejiyi “Arabaların Ölçülen Hızlarını Karşılaştıralım” bölümünde yaptıkları tahmin ve deney sonuçlarının farklı çıkması durumuna uygulayacaklardır. Verilen örnek cevap açıklanarak benzer şekilde kendi hatalarını belirlemeleri istenecektir.

$$\vec{V}_{\text{bağıl}} = \vec{V}_{\text{gözlenen}} - \vec{V}_{\text{gözlemci}}$$

formülünün ancak cisimlerin hızları ortak bir referans sistemine (örneğin yere) göre verildiği durumlarda kullanıldığı, hızlar farklı referans sistemlerine göre verilip bağıl hız hesabı istendiğinde bu formülün karışıklığa yol açabileceği söylenir.

Bağıl hız bulunurken hızların alt indislerle belirtilmesinin hata yapmayı önleyeceği vurgusu yapılır. Hız vektörel bir büyülüklük olduğundan, bağıl hız bulunurken vektörel toplama ve çıkarma yapıldığı söylenir.

Aının yere göre hızı ( $V_{AY}$ ) bulunurken kullanılan indislerin sırasına dikkat çekilerek, eşitliğin sağ tarafındaki içteki indislerin aynı harf (birinci terimin ikinci ve ikinci terimin birinci indis, B), dıştakilerin de (birinci terimin ilk (A) ve ikinci terimin ikinci indis (Y)) ,sırasıyla birleştirildiklerinde eşitliğin diğer tarafındaki hızın indislerini (AB) verdiği söylenir.

$$\vec{V}_{AY} = \vec{V}_{AB} + \vec{V}_{BY}$$

Hızların alt indislerle belirtilip yukarıdaki gibi uygun sırada yazılarak toplanması çok sayıda hızın söz konusu olduğu durumlarda bağıl hızı hata yapmadan bulmaya yardımcı olacağı soylenir.

### **V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim**

Bu bölümde, öğrencilerin öğrendiklerini benzer durumlara uygulamaları için sorular verilmiştir. Öğrencilerin bağıl hızın vektörel bir büyülüklük olduğu, bunun için hem büyülüğünün hem de yönünün belirtilmesi gerektiğini farkına varmaları sağlanır.

### **VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim**

**A.** Farklı doğrultularda hareket eden cisimlerin birbirlerine göre bağıl hızlarının nasıl bulunacağı üzerinde durulur.

1. Hızın vektör olduğu bunun için bağıl hızın vektörel işlem sonucu bulunduğu vurgusu yapılır.
2. Bu soruda karşıya geçme süresini kayığın akıntıya dik bileşeninin belirlediği, yatayda alınan yolun ise kayığın yere göre hızının yatay bileşenin (kayığın suya göre hızının yatay bileşeni ile akıntı hızının vektörel toplamı) belirlediğinin öğrenciler tarafından anlaşılması önemlidir. d kısmında, kayığın A dan B' ye verilen yolu takip etmesi için yön değiştirmesi gerektiğini ve bu yön değiştirmesinin ise kayığın düşey bileşenin azalmasına neden olacağını düşünmeleri öğrencilerin bu soruyu doğru olarak çözmeleri için önemlidir.

**B.** Öğrenciler, hız ile ilgili çocukluklarından beri çeşitli gözlem ve tecrübelerini yorumlamaları sonucu elde ettikleri sezgisel bilgilere sahiptirler. Bu bölümde *önde olan daha hızlıdır* sezgisel bilgisi üzerinde durulacaktır.

a kısmında öğrencilerin bu sezgisel bilgiye sahip olup olmadığı araştırılacaktır.

b ve c kısımlarında öğrencilerin bağıl hız ile sezgisel bilgileri arasında çatışma yaşamaları beklenmektedir.

*Sınıf tartışmasında* soru tartışularak çatışma durumuna vurgu yapılacaktır.

C. Bu soruda öğrencilerin uyumsuzluk durumlarında sezgisel bilgilerine karşı tutumları araştırılmaktadır.

#### D. Sezgisel Bilgilerimizin Arıtılması

1. Öğrenciler bu soruda sezgisel olarak verdiği cevaplarla fiziğin uyum içinde olduğunu gözlemleyeceklerdir.

*Sınıf tartışmasında* öğrencilerin soru hakkındaki düşüncelerini birbirleriyle paylaşmaları sağlanacaktır.

*Sınıf tartışmasında* 2. soruya verilen cevaplar tartışılmacaktır. Öğrencilerin bu soruda sezgisel bilgilerin ne doğru ne de yanlış olduğu, duruma göre değiştiği, bazı durumlarda doğru iken bazı durumlarda yanlış olduğunu söylemeleri beklenmektedir.

2. soru kısaca tartışıldıkten sonra öğrencilere “sezgisel bilgilerimizle hammaddeleler arasında benzerlik kurmak istersek nasıl bir benzerlik kurabilirim?” diye sorulup sınıf tartışmasından sonra bu benzerlik aşağıdaki gibi açıklanabilir;

“Nasıl ham maddeleri arıtarak onları kullanabilir hale getiririz, sezgisel bilgilerimizi de arıtarak onları fizik bilgileri ile uyumlu hale getiririz. Nasıl ham maddeleri (petrol, tuz) arıtırken istenmeyen kısımları bir kenara ayırip onları saflaştıracak şekilde kullanabilir hale getiriyoruz, benzer şekilde sezgisel bilgilerimizi de arıtırken onların çalıştığı durumları ve çalışmıyor durumları bulup onlarda düzenlemeler yaparak fizik bilgileri ile tutarlı hale getiririz.”

*Sınıf tartışmasında* 3. ve 4. sorular tartışılıp öğrencilere *önde olan daha hızlıdır sezgisel bilgisini* 4. soruya verdikleri cevaba dayanarak yanıtlanabilecekleri sorulur. Öğrencilere arıtma diyagramları sunularak ham ve arıtlı sevgi arasındaki farka vurgu yapılır. Ham sevgi daha genelken, arıtlı sevginin daha özel olduğu belirtilir.

6. soruda öğrencilerin sezgisel bilgilerle fizik bilgileri arasındaki uyumsuzluğun ham sezgisel bilginin yanlış olmasından değil yanlış olarak arıtılması sonucu olduğunu ve hangi durumda hangi arıtmayı yaptığımızın farkında olmamız hata yapmamızı önlemede bize yardımcı olacağını söylemeleri beklenmektedir.

### VII. Kendimizi Değerlendirelim

1. Bağlı hız konusuna başlarken sorulan soruların öğrencilerin tekrar grup olarak tartışmaları istenir.
2. Öğrencilerin bireysel olarak hata yakalama stratejisini yaptıkları hatalara uygulamaları istenir.

## ETKİNLİK 3 UYGULAMA REHBERİ

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin aşağıdaki kazanımlara sahip olmaları beklenmektedir. Öğrenciler,

1. Net kuvvet ile hız değişimi arasındaki ilişkiyi irdeler,
2. Net kuvvet ile cismin ivmesi ve kütlesi arasındaki bağıntıyı kullanarak problemler çözer ve
3. Net kuvvet ve ivme arasındaki ilişkiyi irdeler.

### I.Neleri Biliyoruz

Bu kısımda öğrencilerin uygulanan kuvvet ile bir cismin hareketi arasındaki ilişki hakkında ön/sezgisel bilgilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Öğrenciler, sorulara cevap verirken neden o şekilde cevaplardıklarını yazmaları ve benzer şekilde arkadaşlarıyla tartışırken de nedenleriyle birlikte cevaplarını söylemeleri konusunda uyarılmalıdır.

### II. Siz Nedenini Biliyor musunuz?

Bu bölüm öğrencilerin derse ilgilerini çekmek amacıyla verilmiştir.

### III. Araştıralım

Öğrenciler araştıralım kısmında I. Bölümdeki 2. ve 3. sorulara yaptıkları tahminleri test edeceklerdir.

**A** kısmında öğrenciler sabit bir kuvvetin etkisindeki arabanın ivme ve hızındaki değişimi inceleyeceklerdir. Bu bölümde, öğrencilere düzin grafik elde edinceye kadar denemelerine devam etmeleri söylenir.

2. soruda öğrenciler, genelde arabaya uygulanan kuvvetin ip tarafından uygulandığını göz ardı etmekte, ipin ucuna bağlı kütelerin kuvvet uyguladığını ifade etmektedirler.

*Sınıf Tartışmasında* öğrencilerin deney sonuçlarını ve sorulara verdikleri yanıtları birbirleriyle paylaşmaları sağlanır. Sabit bir kuvvetin sabit bir ivme oluşturduğunu bütün öğrencilerin görmesi sağlanır.

### Hatalarımızı Anlayalım

Bu tür soruları öğrenciler genelde gereken önemi göstermemektedirler. Bunun için bütün öğrencilerin bu soruları cevaplamaları sağlanmalı gereken yönlendirmeler yapılmalıdır.

**B.** kısmında öğrencilerin  $F = ma$  ulaşmaları beklenmektedir.

*Sınıf tartışmasında* öğrencilerin deney sonuçlarını ve sorulara verdikleri cevapları diğer arkadaşları ile tartışmaları sağlanır.

7. ve 8. sorular ile öğrencilerin fizik formüllerini nasıl algıladıkları araştırılmaktadır. Öğrencilerin bu soruları bireysel cevaplardan sonra grupla tartışmaları oldukça önemlidir.

**Sınıf tartışmasında** öğrencilerin 1. soruya formülü ezberlemek yerine formülün temelini oluşturan kavramları ve bu kavramlar arasındaki ilişkileri gözlemleyerek zihinlerinde formülü anlamlandırmaları için yaptıklarını ifade etmeleri beklenmektedir.

8. soruda öğrencilerin formüllerin de diğer fizik bilgileri (kavramlar, kanunlar, teoriler) gibi anlamlı, mantıklı olduğunu ve fizik kavramlarının ve/veya bu kavramlar arasındaki ilişkilerin matematiksel bir ifadesinin olduğunu belirtmeleri beklenir.

Öğrencilere “*Fizikte her şey anlamlı ve birbirleriyle tutarlıdır çünkü, fizikteki bütün formüller, teoriler, kavramlar... mutlaka fiziksel bir olayın açıklamasıdır. Bunun için öğrenilen fizik formüllerinin anlamsız matematiksel ifadeler olarak değil, kendi tecrübe ve sezgilerimizle ilişkilendirerek onları anlamlı hale getirerek öğrenmeliyiz*” vurgusu yapılmalıdır.

### V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Bu bölümdeki **1-4** sorularında, öğrenciler net kuvvetle ivme arasındaki ilişkiyi irdeleyeceklerdir. Bu sorularda öğrencilerin ivmenin **büyüklüğünün** yanında **yönüne** dikkat etmeleri sağlanmalıdır.

### VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim

Bu kısımda öğrenciler sezgisel bilgileri ile Newton'un 2. Yasasını kullanarak ulaştıkları cevapların birbirleriyle tutarlı olmadığını gözlemleyip, sezgisel bilgilerini fizikle uyumlu hale getirmek için arıtacaklardır.

### VII. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

Bu bölümde, öğrenciler Etkinlik 3 başlarken tartışıkları soruları tekrar kendi gruplarında tartıştıktan sonra bireysel olarak hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

## ETKİNLİK 4 UYGULAMA REHBERİ

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin aşağıdaki kazanımları göstermesi beklenmektedir.

1. Cisinin hareketi ile ivmesi arasındaki ilişkiyi irdeler.
2. Cisinin hareketi ile cisime etki eden kuvvet arasındaki ilişkiyi irdeler.
3. Cisinin limit hız ile kütle arasında ilişki kurar.

### I. Neleri Biliyoruz

Bu bölümde öğrenciler verilen soruları ilk olarak bireysel yanıtlayıp daha sonra grup olarak tartışacaklardır. Bütün öğrencilerin grup tartışmalarına katılmalıdır. Öğrenciler düşüncelerini nedenleriyle birlikte açıklamalıdır. Öğrencilere cevaplarının doğru ya da yanlışlığı

hakkında bilgi verilmeyecektir. Öğrencilere, grupla tartıştıktan sonra ilk verdikleri cevapları değiştirmemeleri söylenir.

## **II. Şaşkın Kutup Ayısı**

Bu bölümde, öğrenciler, bir kutup ayısının havada yaptığı hareketi gösteren bir videoyu izleyeceklerdir. Burada amaç öğrencilerin konuya ilgilerini çekmek ve konu ile ilgili zihinlerinde soru işaretleri oluşturmaktır.

Öğrencilere ilk olarak video kesintisiz izlettilir. Daha sonra video, ilgili yerlerde durdurularak aşağıdaki sorular öğrencilere yöneltilir;

1. Kutup ayısı kuşu görünceye kadar nasıl bir hareket yaptı?
2. Bu hareket boyunca etki eden kuvvetler nelerdir? Bunların büyüklükleri nasıl değişir?
3. Böyle bir durumdayken ayı havada asılımı yoksa hareket halinde midir?
4. Limit hızla düşerken ayıya hangi kuvvetler etki eder? Peki, sabit bir hızdayken ayıya kuvvet etki eder mi? Etki ederse bu kuvvetlerin büyüklükleri nasıldır?
5. Ayı limit hızla ulaştıktan sonra neden tekrar hızlandı?
6. Şemsiye açıldıktan sonra ayı tekrar neden yükseldi?
7. Yere düştükten sonra çantasındakilerin ondan sonra düşmesi bu maddelerin limit hızları hakkında bize ne söyleyebilir? Yani ayıdan önce mi sonra mı limit hızla ulaşırlar?

## **III. Araştıralım**

Bu bölümde öğrenciler pasta kalibinin ivmesinin nasıl değiştiği hakkında yaptıkları tahminleri test edeceklerdir.

1. soruda öğrencilerin hata yakalama stratejisini uygulamaları sağlanmalıdır.

*Sınıf tartışmasında* öğrencilerin gözlemelerini ve sorulara verdikleri cevapları tartışmaları sağlanarak limit hız kavramı verilir ve limit hızda pasta kalıbına etki eden net kuvvetin sıfır olduğu sonucuna varmaları sağlanır.

**B.** kısmında öğrenciler pasta kalibinin kütlesinin limit hızın büyüklüğünü ve limit hızla ulaşma süresini nasıl etkilediğini test edecekleridir.

*Sınıf tartışmasında* öğrencilerin gözlemelerini ve sorulara verdikleri cevapları tartışmaları sağlanır. Tartışma sonunda öğrencilerin kütle artıkça limit hızın büyüklüğünün ve limit hızla ulaşma süresinin arttığı sonucuna varmaları beklenmektedir.

## **IV. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim**

Bu bölümde öğrenciler Etkinlik 4 başlarken tartışıkları soruları tekrar kendi gruplarında tartıştıktan sonra bireysel olarak hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

## **ETKİNLİK 5 UYGULAMA REHBERİ**

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin aşağıdaki kazanımlara sahip olmaları beklenmektedir. Öğrenciler,

1. Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını ayırt eder
2. Verilen kinematik grafiğinin metinsel açıklamasını yapar
3. Verilen hareket durumunun metinsel açıklamasının kinematik grafiğini ayırt eder
4. Bir hareket durum için verilen bir kinematik grafiğinden diğer kinematik grafiklerini çizer.
5. Konum-zaman grafiğinden yararlanarak hızı hesaplar.
6. Hız- zaman grafiğinden yararlanarak toplam yer değiştirmeyi hesaplar.
7. Hız- zaman grafiğinden yararlanarak ivmeyi hesaplar.

## **I.Neleri Biliyoruz Gösterelim**

Bu bölümde, A kısmında, verilen tablo ile öğrencilerin konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerinin birini kullanarak, diğer grafikleri doğru olarak çizebilme ve verilen kinematik grafiğinin betimsel açıklamasını yapabilme becerileri araştırılmaktadır.

2. soruda, öğrencilerin, hızın büyüklüğünü konum-zaman grafiğinin eğiminin belirlediği ve ivmenin büyüklüğünü ise hız-zaman grafiğinin eğiminin belirlediği bilgisine sahip olup olmadıkları araştırılmaktadır.

### **III. Araştıralım**

#### **A. Araba hızlanıyor mu yoksa sabit hızla mı ilerliyor?**

Bu kısımda, öğrenciler sabit bir kuvvetin etkisinde hızlanan hareketi inceleyeceklerdir. İlk olarak hareketin konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerinin nasıl olacağını bireysel olarak tahmin edip, daha sonra grup olarak tartıştıktan sonra, grup olarak tahminlerini çizmeleri istenecektir.

#### **Tahminlerinizi Test Ediniz**

Bu kısımda, öğrenciler yaptıkları tahminleri deneySEL yolla test ederek, verilen sorulara cevap verip, grafikleri yorumlayacaklardır.

*Sınıf tartışmasında* öğrencilerin elde ettikleri sonuçları ve sorulara verdikleri cevapları arkadaşları ile tartışmaları sağlanacaktır. Bu tartışma sonunda öğrencilerin grafikleri yorumlamadan yanında kinematik denklemlerine ulaşmaları beklenmektedir.

#### **Hatalarımızı Anlayalım**

Öğrenciler tahminleri ile deney sonuçlarını karşılaştırarak, hatalarının nedenlerini bulmaları ve hataya götüren düşünce şekillerini nasıl değiştireceklerini belirtmeleri sağlanacaktır.

#### **B. Arabanın hareket doğrultusuna zıt bir kuvvet uygulanırsa ne olur?**

Bu kısımda, öğrenciler, sabit bir kuvvetin etkisinde düzgün yavaşlayan ve sonra hızlanan hareketin grafikleri üzerinde çalışacaklardır.

Bu kısımda da bir önceki kısımda izlenen yol takip edilecektir. Yani ilk olarak hareketin hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerinin nasıl olacağını bireysel olarak tahmin edip, daha sonra grup olarak tartıştıktan sonra grup olarak tahminlerini çizmeleri istenecektir. Daha sonra tahminlerini test edip verilen soruları cevaplayıp, sınıf tartışmasının ardından hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

#### **Tahminlerinizi Test Ediniz**

Bu kısımda öğrenciler yaptıkları tahminleri deneySEL yolla test ederek, verilen sorulara cevap vererek grafikleri yorumlayacaklardır.

*Sınıf tartışmasında* öğrencilerin elde ettikleri sonuçları ve sorulara verdikleri cevapları arkadaşları ile tartışmaları sağlanacaktır. Bu tartışma sonunda öğrencilerin grafikleri yorumlamadan yanında kinematik denklemlerine ulaşmaları beklenmektedir.

#### **Hatalarımızı Anlayalım**

Öğrenciler tahminleri ile deney sonuçlarını karşılaştırarak, hatalarının nedenlerini bulmaları ve hataya götüren düşünce şekillerini nasıl değiştireceklerini belirtmeleri sağlanacaktır.

### **V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim**

Bu bölümde öğrenciler bir önceki bölümlerde öğrendiklerini benzer durumlara uygulamaları için örnekler problemler üzerinde çalışacaklardır.

### **VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim**

Bu bölümde öğrencilerin “Tutarlı olup olmadığını Kontrol Et” stratejisini öğrenip, çeşitli uygulamalar yapmaları sağlanacaktır.

### **VI. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim**

Bu bölümde öğrenciler Etkinlik 5’e başlarken tartışıkları soruları tekrar kendi gruplarında tartıştıktan sonra bireysel olarak hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

## ETKİNLİK 6 UYGULAMA REHBERİ

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin aşağıdaki kazanımlara sahip olmaları beklenmektedir. Öğrenciler,

1. İki boyutlu hareketlerde yatay ve düşey boyut için konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çizer.
2. Atış hareketleri yapan cismin izlediği yolu secer.
3. İki boyutta sabit ivmeli hareketler ile ilgili problemler çözer.

### I.Neleri Biliyoruz Gösterelim

Bu kısımda öğrencilerin konu hakkında ön-bilgilerinin farkına varmaları amaçlanmaktadır. Öğrenciler bireysel olarak soruları cevapladıktan sonra grup olarak aynı soruları tartışacaklardır

### II. Araştıralım

#### A. Yuvarlanan Top

Bu kısımda öğrenciler yatay atış yapan bir cismin hareketini inceleyeceklerdir. Yatay atış harekatlarında öğrenciler çoğunlukla hızlı atılan bir cismin belli bir süre yatayda doğrusal bir yol alacağını düşünmektedirler. Hareket detektörü sadece tek boyutlu doğrusal hareketler için kullanıldığından iki boyutlu hareketler için logger pro programındaki video analiz seçeneği kullanılacaktır. Bireysel ve grup tahminlerinden sonra öğrenciler video analiz programını kullanarak sorulara verdikleri cevaplarını test edecek ve ilgili sorularla iki boyutlu hareketin yatay ve düşey hız ve ivmelerinin nasıl değiştiğini bulacaklardır.

#### Hatalarımızı Anlayalım

Öğrenciler tahminleri ile deney sonuçlarını karşılaştırarak, hatalarının nedenlerini bulmaları ve hataya götüren düşünce şekillerini nasıl değiştireceklerini belirtmeleri sağlanacaktır. Hata yakalama stratejisi uygulandıktan sonra sınıf tartışmasıyla öğrencilerin yuvarlanan topun hareketinin incelenmesinden elde ettikleri bilgileri birbirleriyle paylaşmaları sağlanır.

#### Kabul etme ve Anlama

Bu bölümde sorulan soru ile fizikte bilgilerin anlayarak mı ya da kabul edilerek mi öğrenildiği hakkında tartışma yapılarak, fizik öğrenmenin, olayların nedenleri aramaya dayandığı sonucuna öğrencilerin varması sağlanır.

### V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Bu bölümde öğrenciler bir önceki bölümlerde öğrendiklerini benzer durumlara uygulamaları için kavramsal sorular üzerinde grup olarak çalışacaklardır.

### VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim

Bu kısımda öğrenciler belli bir hızla ilerleyen bir hareketilden düşen bir cismin hareketini inceleyeceklerdir. Öğrenciler bireysel ve grup olarak soru üzerinde tartıştıktan sonra tahminlerini test edip hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır. Son olarak öğrencilere yanlış olan tahminlerinin doğru olabildiği durumların olup olmayacağı sorulacaktır. Bu soruya öğrencilerin sezgisel bilgilerin tamamen yanlış bilgiler olmadığı ve bazı durumlarda okulda öğrenilen fizikle tutarlı olduğunun farkına varmaları amaçlanmaktadır. Fizik öğrenmenin günlük yaşamda kullandığımız bu sezgisel bilgilerin işlenmesine dayandığı sonucuna varmaları sağlanacaktır.

### VII. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

Bu bölümde öğrenciler Etkinlik 6'ya başlarken tartışıkları soruları tekrar kendi gruplarında tartıştıktan sonra bireysel olarak hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

## ETKİNLİK 7 UYGULAMA REHBERİ

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin aşağıdaki kazanımlara sahip olmaları beklenmektedir. Öğrenciler,

1. Etki tepki kuvvet çiftlerini günlük yaşamdaki olaylara uygular.
2. Etki tepki kuvvet çiftlerinin farklı cisimler üzerinde olduğuna karar verir.
3. Birden fazla cisimden oluşan sistemlerde sistemin ve cisimlerin ivmesini hesaplar.
4. Sistem içi kuvvetleri hesaplar.

## I.Neleri Biliyoruz Gösterelim

Bu bölümde öğrencilerin 9. Sınıfta temel olarak öğrendikleri Newton'un 3. Yasasını günlük yaşamda oylalara uygulayıp uygulayamadıkları araştırılmaktadır. Öğrenciler genelde bu tür sorulara sezgisel bilgileri ile yaklaşmakta ve epistemolojik açıdan ele alındığında Newton'un 3. Yasası'nın bazı durumlarda geçerli olmadığını düşünmektedirler. Daha önceki etkinliklerde olduğu gibi öğrenciler, sorulara cevap verirken neden o şekilde cevaplardıklarını yazmaları ve benzer şekilde arkadaşlarıyla tartışırken da nedenleriyle birlikte cevaplarını söylemeleri konusunda uyarılmalıdır.

## III. Araştıralım

### *Halat Çekme Oyunu*

Öğrencilerin bu tür sorulara yaklaşımı genellikle Newton'un 3. Yasası ile çelişmektedir. Öğrencilerin düşünce süreçlerini etkileyen iki önemli özellik vardır: Etkileşen cisimlerin kütleleri ve etkileşimi başlatan hareket durumu. Bu kısımda öğrenciler, aynı kütledeki iki kişinin, farklı kütledeki ve farklı kütlede iki kişiden birinin hareketli olduğu etkileşimlerdeki kuvvetlerin büyüklüklerini tahmin edip daha sonra deneysel olarak tahminlerini test edeceklerdir.

Deneye başlamadan önce kuvvet sensörlerinin kalibre edilmesi deney sonuçlarının doğruluğu açısından oldukça önemlidir.

### **Hatalarımızı Anlayalım**

Öğrenciler bu kısımlarda onları hataya götürün düşüncede şekillerinin farkına varmaları için yönlendirilmelidir.

Sınıf Tartışmasında öğrencilerin deney sonuçlarını sınıfla paylaşmaları sağlanarak etkileşen iki cisim birbirine uyguladıkları kuvvetlerin birbirine eşit ve zıt yönlü olduğu söylerek Newton'un 3. Yasası öğrencilere hatırlatılır.

## V. Öğrendiklerimizi Genişletelim

Bu kısımda öğrencilerin *çarpışmalarda hafif olan daha çok etkilenir* sezgisel bilgilerini fizikle uyumlu hale getirmek için nasıl arıtacakları üzerinde durulur. Öğrenciler genellikle bu sezgisel bilgiyi kuvvet açısından işleyip hafif cisimler daha çok etkilendiklerine göre kütlesi fazla olan otobüsün daha fazla kuvvet uyguladığı sonucuna varırlar. Bu kısımda öğrencilerin *çarpışmalarda hafif olan daha çok etkilenir* sezgisel bilgisini hız değişimi yani ivme açısından işlemelerinin fizikle uyumlu sonuçlar vereceğini kavramaları sağlanır.

### **C. İçerde veya Dışarıda olmak Çok Şey Değiştirir mi?**

Bu kısımda, öğrencilerin sistem, sistemin ivmesi ve sitem içi kuvvetler kavramları üzerinde çalışmaları sağlanacaktır. Öğrenciler genelde sistemi oluşturan cisimlerin ivmelerini hesaplarken sisteme dışarıdan etki eden kuvvetin bütün cisimlere aynen aktarıldığını düşünüp cisimler için farklı ivme değerleri hesaplamaktadırlar. Bu kısımda öğrencilerin kuvvet diyagramlarının çiziminin sistem sorularını çözmekte onlara yardımcı olduğunu görürler.

Bu bölümde öğrenciler yeni bir stratejiyi (sonuçlar oyunu oynamak) uygulamayı da öğrenip, fizigin nasıl ilerlediği konusunda kendi aralarında tartışacaklardır.

## VI.Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Bu bölümde öğrenciler bir önceki bölmelerde öğrendiklerini benzer durumlara uygulamaları için örnekler problemler üzerinde çalışacaklardır.

## VII.Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

Bu bölümde öğrenciler Etkinlik 7'ye başlarken tartışıkları soruları tekrar kendi gruplarında tartıştıktan sonra bireysel olarak hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

## **ETKİNLİK 8 UYGULAMA REHBERİ**

Bu etkinlikten sonra öğrencilerin aşağıdaki kazanımlara sahip olmaları beklenmektedir. Öğrenciler,

1. Eylemsizliği cismin durgun, sabit hızlı ve sabit ivmeli hareketinden bağımsız olduğunu ifade eder.
2. Cismin eylemsizliğinin kütlesinin bir ölçüsü olduğunu ifade eder.
3. Kuvvet ve eylemsizliğin farklı olduğu ayrimini yapar.

### **I.Neleri Biliyoruz Gösterelim**

Bu bölümde öğrencilerin eylemsizliğinin cisimlerin hareket durumuna bağlılığı hakkında ön bilgileri araştırılacaktır.

### **III. Araştıralım**

Bu bölümde, öğrencilerin pişmiş ve pişmemiş yumurtayla yaptıkları deneyle ve yumurtaların yapısal farklılığına dikkat ederek eylemsizliği tanımlamaları sağlanacaktır.

Sınıf tartışmasında öğrencilerin gözlemlerini ve düşüncelerini sınıfla paylaşmaları sağlanacaktır.

### **V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim**

Bu bölümde öğrenciler bir önceki bölmelerde öğrendiklerini benzer durumlara uygulamaları için örnek iki durum üzerinde tartışmaları sağlanacaktır.

### **VI.Öğrendiklerimizi Genişletelim**

Bu bölümde öğrencilerin eylemsizlikle kütle arasında ilişki kurmaları sağlanacaktır.

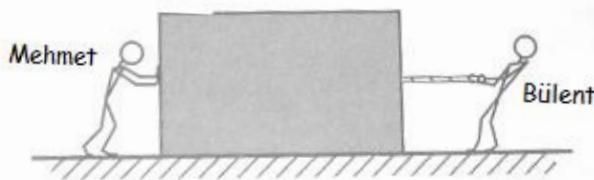
### **VII.Öğrendiklerimizi Değerlendirelim**

Bu bölümde öğrenciler Etkinlik 8'e başlarken tartışıkları soruları tekrar kendi gruplarında tartışıkta sonra bireysel olarak hata yakalama stratejisini uygulayacaklardır.

**APPENDIX M**  
**HOMEWORK SHEETS**

**ÖDEV I**

1. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi Mehmet ve Bülent içinde buz dolabı olan ağır bir kutuyu hareket ettirmeye çalışıyorlar ama kutu hareket etmiyor. Mehmet eliyle kutuyu iterken Bülent kutuya bağlı ipi çekiyor.

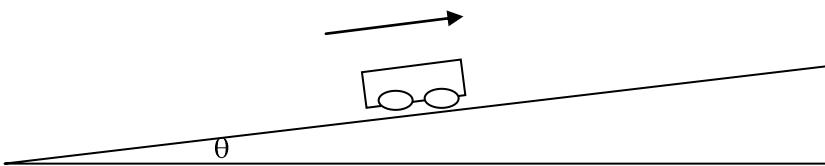


2. Kutuya etki eden kuvvetlerin adlarını yazarak tanımlayınız?
3. Bu kuvvetleri etiketlendiriniz.
4. Etiketlendiğiniz kuvvetleri aşağıda kutu üzerinde gösteriniz.

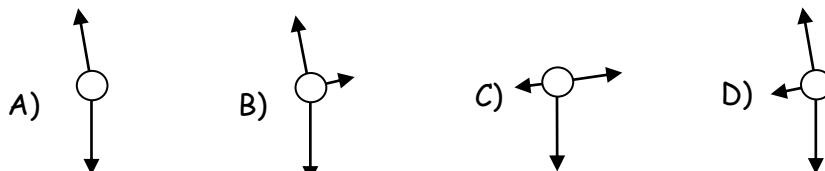


5. Aşağıda iki arkadaşın kuvvet diyagramı hakkındaki tartışması verilmiştir.
- Öğrenci 1: *Kuvvet diyagramında ip tarafından, Mehmet tarafından ve Bülent tarafından uygulanan kuvvetlerin olması gerektiğini düşünüyorum.*
- Öğrenci 2: *Kuvvet diyagramında Bülent'in uyguladığı kuvvetin olması gerektiğini düşünmüyorum. Çünkü insanlar dokunmadıkları cisimlere kuvvet uygulamazlar.*
- Yukarıdaki öğrencilerden hangisine katılıyorsun? Neden?

Aşağıdaki açıklama ve şekil sonraki 4 soru ile ilgilidir?



5. Araba anlık itme ile fırlatıldıktan sonra yatayla  $\theta$  açısı yapan sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde şekildeki gibi hareket ediyor. Aşağıdakilerden hangisi araba üzerine etki eden kuvvetleri gösteren kuvvet diyagramıdır.



6. Yukarıda verdığınız cevabın nedenini açıklayınız?
7. Sizden farklı düşünen başka bir arkadaşınızın vereceği olası cevap hangisi olurdu? Neden bu şekilde cevap vermiş olabilir?
8. Arkadaşınızı bu cevaba götürecek düşünce şeklindeki yanlış ne olabilir?

Yukarıdaki 3 soru (6,7 ve 8) size alışageldiğimiz soru tiplerinden farklı gelebilir. Bu sorularda sizden istenen soruya verdığınız cevabın nedenini açıklamanız, sizden farklı düşünen birinin bu soruya verebileceği olası bir cevabı ve bu cevabı neden verdiği ve son olarak da cevabın neden yanlış olduğu yönünde bir açıklama yapmanız beklenmektedir. Bu üç soru arasından, sizden farklı düşünen birisinin cevabının neden yanlış olduğunu açıklamak en zor kısımdır. Karşı düşünencen neden yanlış olduğunu açıklamanın güzel bir yolu bu düşünencenin doğru olduğu durumları bulmak ve onların soruda tanımlanan durumdan farklı olduğunu açıklamaktır.

Yani şöyle denilebilir: Bu düşünce (yanlış olan düşünce) doğru olurdu, eğer... fakat bu sorudaki durum ...

9. Fizik öğrenmendeki amacın nedir?

### **Önceki Bildiklerimizle Şimdiki Bilgilerimizi Karşılaştıralım**

Aşağıda bazı kavramlar ve durumlar hakkında dersten önce bildiklerinizle dersten sonra öğrendiklerinizi karşılaştıracığınız bazı sorular verilmiştir. *Bu sorulara verdığınız cevaplar doğru ya da yanlış olarak değerlendirilmeyecek sadece soruları ne kadar detaylı yanıtladığınız ve ne kadar içten olduğunuz değerlendirecektir.* Önceki bildiklerinizin ne olduğunu hatırlamak için sınıfta yapılan etkinliklerdeki sorulara verdığınız cevapları, grup ve sınıf tartışmalarını düşünübilirsiniz.

**1a.** Kuvveti dersten önce nasıl tanımlıyordun?

**1b.** Kuvveti şimdi nasıl tanımlıyorsun?

**1c.** Daha önceki tanımda eksik olan kısım var mıydı? Var ise belirtiniz.

**2.** Dersten önce masa üzerinde duran bir kitaba etki eden kuvvetler:

**3.** Dersten sonra masa üzerinde duran bir kitaba etki eden kuvvetler:

**4.** Dersten önce masanın kitaba kuvvet uygulaması sezgisel olarak anlamlı geliyor muydu yani masanın kitaba kuvvet uygulayacağı fikri size mantıklı geliyor muydu?

**5.** Şimdi masanın kitaba kuvvet uygulaması sezgisel olarak anlamlı geliyor mu? Gelmiyorsa lütfen belirtiniz.

## ÖDEV-2

Aşağıdaki şekli 1-3 soruları için kullanınız.



1. Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi siyah araba **batiya** hareket ederken, uçak ve beyaz araba **doğuya** doğru hareket ediyor. **Uçağın hızı her iki arabanın hızından da büyüktür**. Uçakta bulunan bir gözlemci arabaları hangi yöne doğru gidiyor görür? Neden?
  
2. Fizik dersi almamış başka bir arkadaşınız yukarıdaki soruya nasıl cevap verirdi? Neden bu şekilde cevap vermiş olabilir?
  
3. Arkadaşınızın bu cevaba götürecek düşünce yanlış ne olabilir? (yani arkadaşınızın düşüncesi şeklini fizikle uyumlu hale getirmek için artmanın bir yolu var mıdır?)  
*(Not: Ödev 1 de bu tür soruları nasıl cevaplayacağınız hakkında verilen açıklamayı ve Etkinlik 2 de 10. sayfadaki 7. soruyu nasıl çözügümüzü hatırlamanız soruları yanıtlamana yardım edecektir.)*

### **Önceki Bildiklerimizle Şimdiki Bilgilerimizi Karşılaştıralım**

Aşağıda bazı kavramlar ve durumlar hakkında dersten önce bildiklerinizle dersten sonra öğrendiklerinizi karşılaştıracağınız bazı sorular verilmiştir. *Bu sorulara verdığınız cevaplar doğru ya da yanlış olarak değerlendirilmeyecek sadece soruları ne kadar detaylı yanıtladığınız değerlendirilecektir.* Önceki bildiklerinizin ne olduğunu hatırlamak için sınıfta yapılan etkinliklerdeki sorulara verdığınız cevapları, grup ve sınıf tartışmalarını düşünübilirsiniz.

**1.** Bağıl hız konusunda önceden neleri biliyordum?

**2.** Bağıl hız konusunda şimdi neleri biliyorum?

**3.** Etkinlik 2 de öğrenmekte zorlandığım kısımlar?

**4.** Karşılaştığım zorlukları nasıl çözebilirim?

**5.** Etkinlik 2 boyunca öğrendiğim en önemli şey nedir?

**6.** Bağıl hız ya da genel olarak hız hakkında gündelik yaşantılarım sonucu elde ettiğim sezgisel bilgi ve tecrübelerim nelerdir?

**7.** Etkinlik 2 boyunca fizik bilgileri ile uyumlu hale getirmek için aryttığım sezgisel bilgilerim nelerdir?

### **ÖDEV-3**

- 1.** Elinizle yatay bir kuvvet uygulayarak bir fizik kitabı sabit bir hızla bir masa üzerinde ittiğinizi düşününüz. Kitaba masa tarafından uygulanan sürtünme kuvveti kitabı hareketine zit yöndedir. Buna göre elinizin uyguladığı itme kuvveti sürtünme kuvvetinden büyük müdür, küçük müdür, yoksa eşit midir? Neden?
  
- 2.** Fizik dersi almamış başka bir arkadaşınız yukarıdaki soruya nasıl cevap verirdi? Neden bu şekilde cevap vermiş olabilir?

**3.** Arkadaşınızın sezgisel bilgilerini kullanarak verdiği cevabı sizin verdığınız cevapla uzlaştırmamanın bir yolu var mıdır? Yoksa arkadaşınıza sadece “deneyler sizin düşüncenizi desteklediğinden sizin cevabınızı kabul etmesini mi söylersiniz? (İpucu: Arkadaşınız sezgisel bilgilerini sizin cevabınızla uyumlu yapabilmek için nasıl artırılabilir?)

#### **4. Niçin Hatalara Odaklanırız?**

Hemen hemen bütün etkinliklerde ve ödevlerde hatta bu ödevde de, yanlış düşüneler üzerinde düşünmeye vurgu yapıyoruz. Hatalar üzerinde bu kadar çok durmamızın aynı hataları tekrarlamamızın önüne geçmenin yanında başka ne nedeni olabilir? (Bu soru için tek doğru cevap olmadığını unutmayın. Sadece ne düşünüyorsanız onu belirtiniz).

#### **Önceki Bildiklerimizle Şimdiki Bilgilerimizi Karşılaştıralım**

**1.** Etkinlik 3' ten önce cisim üzerine uygulanan net kuvvetle ivme arasındaki ilişkiyi nasıl tanımlıyordun? (Yani Bir cisim üzerine net bir kuvvet etki ettiğinde ivmesinin artacağını mı, azalacağını mı, yoksa sabit mi kalacağını düşünüyordun ?)

**2.** Etkinlik 3' ten sonra bir cisim üzerine net bir kuvvet etki ettiğinde ivmesinin artacağını mı, azalacağını mı, yoksa sabit mi kalacağını düşünüyorsun? Neden?

**3.** Kuvvet ile cismin hareketi (hızı) arasındaki ilişki hakkında gündelik yaşantılarım sonucu elde ettiğim sezgisel bilgilerim nelerdir?

**4.** Etkinlik 3 boyunca fizik bilgileri ile uyumlu hale getirmek için aryttığım sezgisel bilgilerim nelerdir?

**5.** Bu ödevdeki performansını nasıl değerlendirirsin?

a) Kötü                    b)Orta                    c)İyi

## ÖDEV-5

AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI 1-5 SORULARI İÇİN KULLANINIZ.

Bir araba durgun halden  $t = 2$  s kadar düzgün hızlanarak hareket ediyor. Daha sonra 4 s sabit hızla ilerlerken, aniden önüne çıkan yayaya çarpmamak için frenе basıyor ve düzgün yavaşlayarak 3 s sonra duruyor.

- İlk olarak konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini birbirinden bağımsız olarak ayrı ayrı çiziniz.



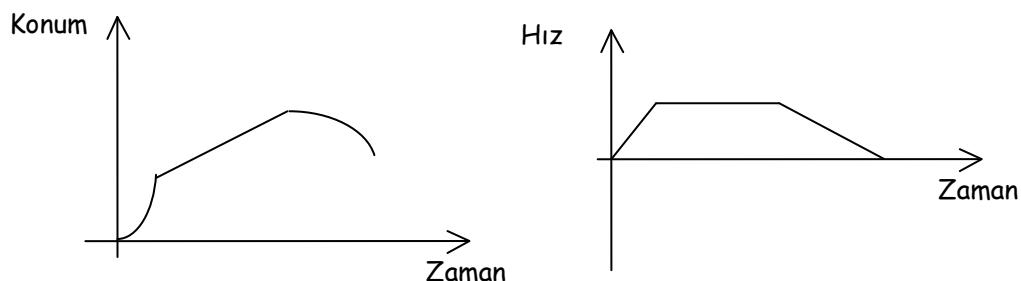
- Şimdi yukarıda çizmiş olduğunuz konum-zaman ile hız-zaman ile ivme-zaman grafiklerinin birbirile tutarlı olup olmadığını kontrol ediniz. Tutarlılık için kontrol etme stratejisini uyguladıktan sonra grafiklerde bir değişiklik oldusaya aşağıdaki eksenlere grafiklerinizi tekrar çiziniz? (Birinci soruya verdığınız cevabınızın doğru olup olmadığı önemli değil, ikinci grafiklerinizin doğruluğuna göre not alacaksınız. Bunun için ilk grafiklerinizi değiştirmeyiniz.)



- Eğer grafiklerinizde herhangi bir düzeltme yaptıysanız bunu neden yaptığınızı açıklayınız.

- Tutarlı olup olmadığını kontrol etme stratejisi ilk grafiklerinizdeki hatalarını belirlemeye size yardımcı oldu mu? Yoksa siz grafiklerin birbirleriyle uyumlu olup olmadığını düşünmeden de ilk grafik çizimlerinizde doğru cevaba ulaştınız mı?

- Bir öğrenci 1. soru için aşağıdaki grafikleri çiziyor:

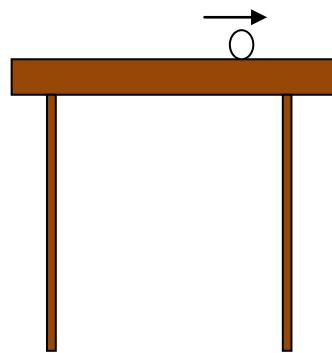


6. Tutarlılık için kontrol etme stratejisinin bu öğrenciye yaptığı hatayı belirlemede ve düzeltmede nasıl yardımcı olacağını açıklayınız?
  
7. Öğrenci yaptığı hatayı neden yapmış olabilir? Bu öğrencinin gelecekte aynı hatayı yapmaması için ona ne önerirsiniz (*Hatasını düzeltmesi için ne söylersiniz?*)?

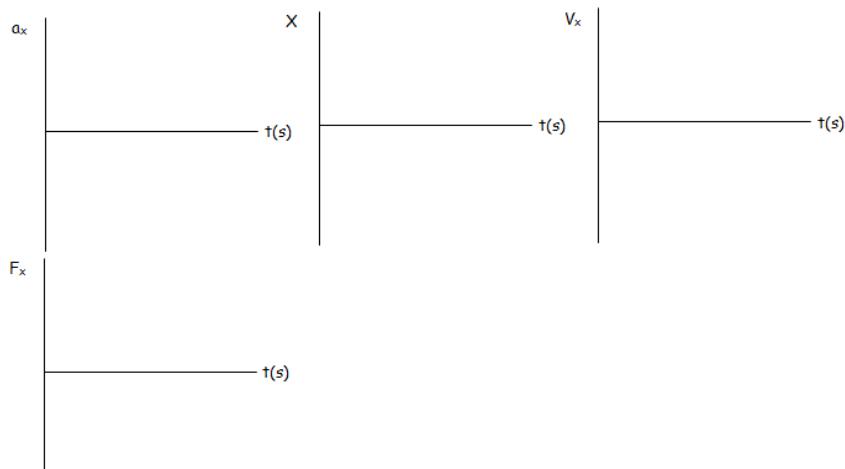
### **Önceki Bildiklerimizle Şimdiki Bilgilerimizi Karşılaştıralım**

- 1.** Etkinlik 5 dan sonra neleri öğrendiniz.
  
- 2.** Etkinlik 5 boyunca öğrenmekte zorluk yaşadığınız kısımlar neler oldu? Neden bu zorlukları yaşadınız?
  
- 3.** Hala anlamakta zorlandığınız kısımlar kaldı mı?
  
- 4.** Tutarlı olup olmadığını kontrol etme stratejisini kullanmanın öğrenmenize olumlu katkısı olacağını düşünüyor musunuz? Neden?
  
- 5.** Fizik problemlerini (örneğin kuvvet ve hareket ünitesindeki problemleri) işlemsel problemlerden ayıran özellikleri nelerdir?
  
- 6.** Fizik problemlerini (örneğin kuvvet ve hareket ünitesindeki problemleri) nasıl çözersiniz?

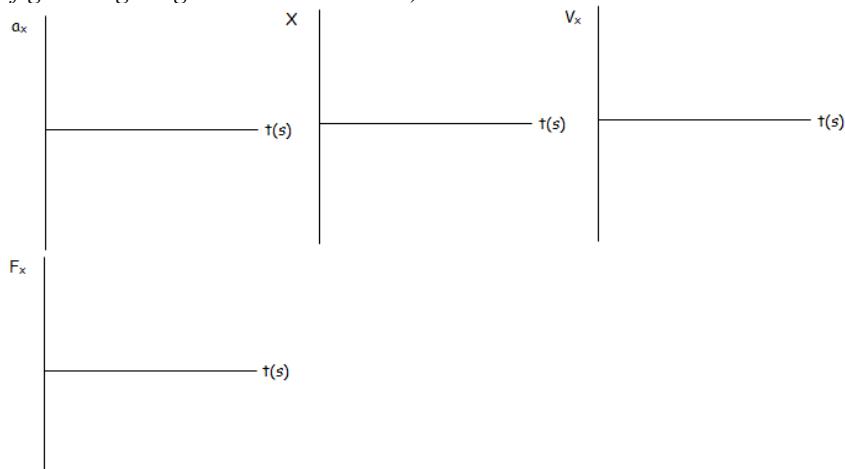
### ÖDEV-6



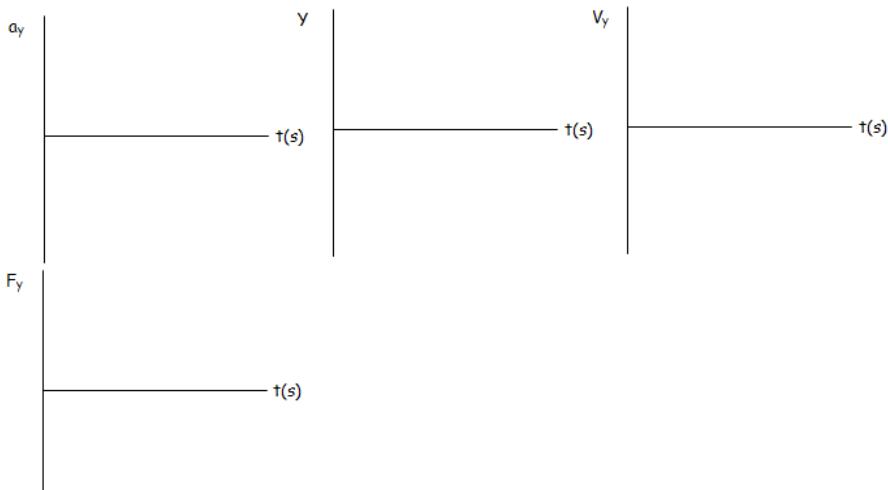
- Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi masa üzerinde duran bir topa anı bir kuvvet verilerek hareket etmesi sağlanıyor. Top kazanmış olduğu hızla masanın kenarına vardiktan sonra yere düşüyor. Topun yere düşünceye kadarki hareketinin yatay eksenindeki ivme-zaman, konum-zaman, hız-zaman, kuvvet-zaman grafiklerini ayrı ayrı çiziniz.



- Daha sonra doğruluğuna en çok emin olduğunuz grafiği kullanarak diğer grafiklerin doğruluğunu, “tutarlı olup olmadığı test etme” stratejisini kullanarak kontrol edip değişiklik yaptıklarınızı aşağıya çiziniz. (İpucu: *tutarlı olup olmadığı kontrol etme stratejisini kullanırken, konum-zaman grafiğinin eğimi ile hızın, hız-zaman grafiğinin eğimiyle ivmenin, kuvvet ile ivme arasındaki ilişkiden yararlanarak da kuvvet-zaman grafiğinin doğruluğunu test edebilirsiniz*).



3. Benzer şekilde masa üzerinden düşen aynı topun düşey eksenindeki ivme-zaman, konum-zaman, hız-zaman, kuvvet-zaman grafiklerini tutarlı olup olmadığını kontrol etme stratejisini kullanarak çiziniz.



4. Fizik dersinde size mantıksız, anlamsız gelen, yani gündelik yaşamınızda hiç işinize yaramadığını düşündüğünüz bilgiler var mıdır? Varsa aklınıza gelenleri yazınız. Cevabınızı nedenleri ile birlikte açıklayınız.
5. Fizik öğrenirken ezberlemek (anlamadan zihne olduğu gibi yerleştirmek) zorunda kaldığınız bilgiler oluyor mu? (a) Oluyorsa, bunlar özellikle nelerdir? (b) Bu bilgileri ezberlemenizin temel nedenleri ne olabilir?

#### Önceki Bildiklerimizle Şimdi Bilgilerimizi Karşılaştıralım

**1.** Etkinlik 6 den sonra neleri öğrendiniz.

**2.** Etkinlik 6 boyunca öğrenmekte zorluk yaşadığınız kısımlar neler oldu? Neden bu zorlukları yaşadınız?

**3.** Hala anlamakta zorlandığınız kısımlar kaldı mı?

#### ÖDEV-7

1. Bir futbol maçında Ali ile Ahmet kalecinin attığı topa vurmak için birbirlerine doğru koşmaya başlıyorlar. Sporcular birbirlerini fark etmediği için çarpışıyorlar. Çarpışma anında Ali Ahmet'ten iki kat daha hızlı olduğuna göre çarpışma anında oluşan kuvvetler hakkında ne söylenebilir? Kuvvetlerin büyüklüklerini karşılaştırınız.
2. Şimdi ise Ali topa vurmak için daha önce ve sabit hızla koşmaya başlıyor. Ahmet ise daha sonra, fakat hızını artırarak koşmaya başlıyor. Çarpışma anında her iki futbolcuda aynı hızda olduğuna göre çarpışma anında oluşan kuvvetler hakkında ne söylenebilir? Kuvvetlerin büyüklüklerini karşılaştırınız.

- 3.** Şimdi Ali'nin Ahmet'ten daha ağır olduğunu düşününüz. Çarpışma anında her iki futbolcuda aynı hızda olduğuna göre çarpışma anında oluşan kuvvetler hakkında ne söylenebilir? Kuvvetlerin büyüklüklerini karşılaştırınız.
- 4.** Fizik bilmeyen bir arkadaşınız yukarıdaki 3 soruya nasıl cevap verirdi? Neden?
1. soru
2. soru
3. soru
- 5.** Fizik problemlerini (örneğin kuvvet ve hareket ünitesindeki problemleri) işlemsel problemlerden ayıran özellikleri nelerdir?
- 6.** Fizik problemlerini (örneğin kuvvet ve hareket ünitesindeki problemleri) nasıl çözersiniz?

#### **Önceki Bildiklerimizle Şimdi Bilgilerimizi Karşılaştıralım**

- 1.** Etkinlik 7 den sonra öğrendığınız en önemli şey nedir?
- 2.** Etkinlik 7 boyunca öğrenmekte zorluk yaşadığınız kısımlar neler oldu? Neden bu zorlukları yaşadınız?
- 3.** Etkinlik 7 de öğrendığınız ama size hala mantıksız anlamsız gelen bilgiler var mıdır? Bunlar nelerdir?
- 4.** Etkilik 7 boyunca arittığınız sezgisel bilgileriniz nelerdir?

## APPENDIX N

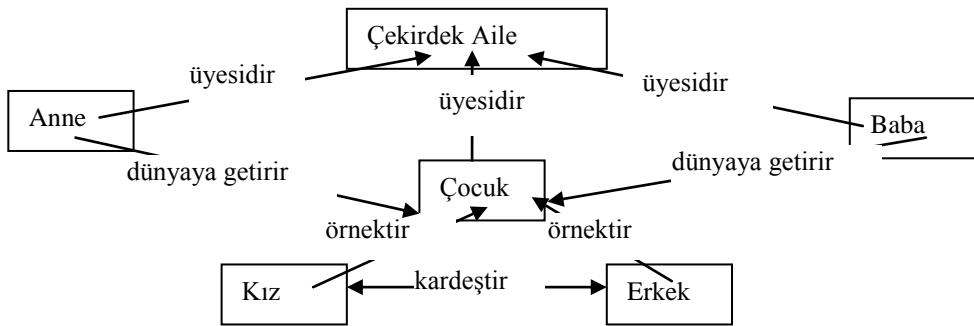
### CONCEPT MAP DRAWING GUIDE

Kavram haritası insanların bir konu hakkında sahip olduğu kavramları ve bu kavramları zihinlerinde nasıl ilişkilendirdiklerini göstermek amacıyla çizilen iki boyutlu bir şemadır. Kavram haritası öğrenilen yeni bilgilerin eski bilgilerle birleştirilmesinde etkili olduğu gibi var olan eski bilgilerin de yeniden düzenlenerek birbirleriyle ilişkilendirilmesinde etkili olan bir öğrenme ve öğretme stratejisidir.

Kavram haritaları oluşturularken aşağıda belirtilen basamaklar izlenebilir.

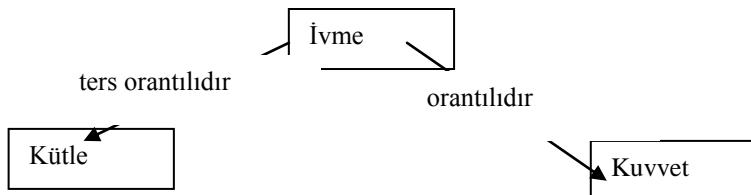
1. Konuya ilgili tüm kavramlar, ya da verilen kavrama ilişkili tüm kavramlar belirlenir.
2. Kavamlar yakınlık derecesine göre yerleştirilir.
3. İlgili kavamlar birbirleriyle oklarla bağlanır.
4. Okların üstüne iki kavram arasındaki ilişkiyi gösteren kelimeler veya ekler yazılır.

Aşağıda çekirdek ailenin kavram haritası verilmiştir.



Çekirdek aile ile anne arasındaki ilişki “anne çekirdek ailenin üyesidir” şeklinde kavram haritasından okunabilir. Ya da çocuk ile erkek kavamları arasındaki ilişki “erkek çocuğa örnektir” şeklinde okunabilir.

Fizikten bir örnek verirsek bir cismin ivmesinin nelere bağlı olduğu kavram haritasında aşağıdaki gibi gösterilebilir.



İvme ile kütle arasındaki ilişki kavram haritasından “ivme kütle ile ters orantılıdır” şeklinde okunur.

Yukarıda verilen örneklerde de görüldüğü gibi kavram haritasının **3 önemli ögesi** vardır. Bunlar kutucuk içine alınan **kavamlar**, **oklar** ve okların üzerine yazılan, kavamlar arasındaki ilişkiyi gösteren **bağlantı kelimeleridir**. Kavram haritası okunurken okun başladığı kavramdan başlanır sonra okun bittiği kavram en sonunda da bağlantı kelimeleri söylenilir. Bunun için kavamlar birbirine bağlayan okun yönüne dikkat etmek kavram haritasının herkes tarafından aynı şekilde anlaşılmasını kolaylaştıracaktır.

#### Kavram Haritası Hazırlarken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

1. Birbirleriyle ilişkili kavamlar oklarla birleştirildikten sonra mutlaka ilişkiyi gösterecek bağlantı kelimeleri veya ekleri yazılmalıdır.
2. İlgili bütün kavamlar birbirleriyle oklar yardımıyla ilişkilendirilmelidir.
3. Oklar çizilirken ilişkinin yönüne dikkat edilmelidir.
4. Her kavram harita çizilirken sadece bir defa kullanılmalıdır.
5. Bir konu için standart bir kavram haritası yoktur. Kavram haritaları kişiye özeldir. Bunun için bir konu hakkında bir öğrencinin çizdiği kavram haritası diğer öğrencinin çizmiş olduğu haritasından farklı olabilir.

## **APPENDIX O**

### **KEY WORDS**

- Scientific inquiry
- Inquiry-based teaching
- Inquiry-based learning
- Learning cycle
- 7E learning cycle
- Metacognition
- Metacognitive instruction
- Metacognitive training
- Metacognitive strategy instruction
- Metacognitive strategy training
- Metacognitive prompts
- Concept Map (Mapping)
- Epistemology
- Epistemological beliefs
- Epistemic Beliefs
- Epistemological activities
- Epistemological instruction
- Epistemological curriculum
- Epistemological training
- Science
- Physics
- Force and Motion
- Different combination of the words given above

## APPENDIX P

### STUDENTS' PRODUCTS

#### The example of Activity 2

##### ETKİNLİK 2

Bu etkinliğimizde bağıl hızı öğrenmenin yanında hatalarımızı tespit etmeye ve gelecekte aynı hataları yapmayı önlemeye yardımcı bir metod öğreneceğiz.

###### I. Neleri Biliyoruz Gösterelim

- A. (Bireysel çalışmalar). Aşağıdaki sorular hakkında düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü yazınız.

Hareketli bir cismin hızı başka bir cisme göre sıfır olabilir mi? Nasıl? Gündük hayatın ömek vererek açıklayınız?

Olabılır. Aynı yönde giderlerken ve hızı diğerinden fazlaysa duruyor olabilir. Mesela, bir otomobil yanından geçen diğer otomobilin üzerinde.

Hatalarımız hakkında düşünmek önemli midir? Cevabınızı açıklayınız.

Çok önemlidir. Çünkü; doğrular, yanlışlar aracılığıyla bulunur. Biz, hatalarımızda düşünerek onları düzeltip doğruya ulaşabiliyoruz.

- B. (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki soruları tartışınız. Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız.

GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞİRTMƏYİNİZ.

## II. Arabaların Ölçülen Hızlarını Karşılaştıralım

A. (Bireysel çalışmamız) Aşağıdaki üç durumda, A arabası, her defasında aynı hızda ve aynı hızda harekete geçiriliyor. Buna göre her durum için A arabasının hareket detektörü aracılığıyla ölçulen hızlarının büyüklüklerini karşılaştırınız. Neden o şekilde karşılaştırdığınızı açıklayınız. (Hareket detektörleri B arabası II ve III durumlarında aynı hızla hareket ediyor.)

I. A arabası duran hareket detektörleri B arabasına doğru hareket ediyorken,

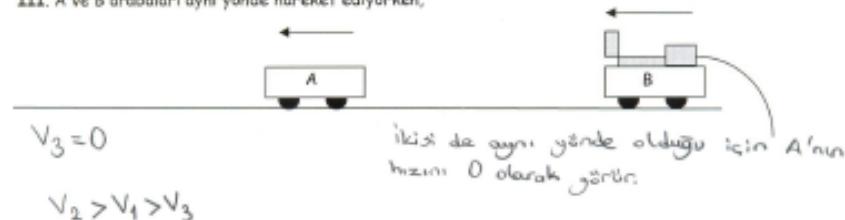


$$v_1 = a$$

II. A ve B arabaları zıt yönde hareket ediyorken,



III. A ve B arabaları aynı yönde hareket ediyorken,



$$v_3 = 0$$

$$v_2 > v_1 > v_3$$

### III. Araştıralım

A. Şimdi yukarıdaki üç durumu deneyel yolla inceleyerek tahminlerinizi test ediniz.

#### Malzemeler:

- Bilgisayar
- Hareket Detektörü
- Arabirim
- Logger Pro programı
- Araba (2 adet)
- Ray

#### I. Durum: Hareket Detektörlü Araba Hareketsizken

- ✓ Hareket detektörünü bir araba üzerine kaymayaçak şekilde bağlayınız ve I. durumda düzeneği kurunuz.
- ✓ Arabirim bilgisayara ve hareket detektörünü de arabirimin DIG/SONIC 1 KANALINA bağlayın.
- ✓ "Topla" tuşuna bastıktan sonra hareket detektörlü arabanın karşısındaki arabayı hareket detektörlü arabaya doğru itiniz.

Düzgün bir grafik olguncaya kadar süreci tekrar ediniz. Araba hareket etdiyorken hareket detektörünün önünde hiç kimseyin hareket etmediğinden emin olunuz.

1. A arabasının ortalama hızını oluşan hız-zaman grafiğinden yararlanarak bulunuz.

$$V_{\text{ort}} = -0,1 \text{ m/s}$$

#### II. Durum: Arabalar Zıt Yände Hareket Ediyorken

- ✓ II. durumda verilen deney düzeneğini kurunuz.
- ✓ "Topla" tuşuna bastıktan sonra rayın her iki ucunda bulunan arabaları birbirine doğru itiniz. A arabasını I. durumda hız yakın bir hız verecek şekilde itmeye özen gösteriniz.

1. A arabasının ortalama hızını grafikten bulunuz.

$$V_{\text{ort}} = -0,12 \text{ m/s}$$

#### III. Arabalar Aynı Yände Hareket Ediyorken

- ✓ Hareket detektörsüz arabayı rayın ortasına hareket detektörlü arabayı ise rayın başına yerleştirerek III. durumda deney düzeneğini kurunuz.
- ✓ "Topla" tuşuna bastıktan sonra arabaları aynı yönde itiniz. A ve B arabasını II. durumda hızlarla yakın bir hız verecek şekilde itmeye özen gösteriniz.

1. A arabasının ortalama hızını grafikten bulunuz.

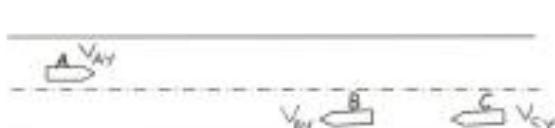
$$V_{\text{ort}} = -0,000124 \Rightarrow 0^{\circ} \text{ yolu bir deger}$$

$$\text{II} > \text{I} > \text{III}$$

### V. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Grup olarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Bir yol üzerinde A araba 10 m/s hızla doğuya doğru giderken B araba 15 m/s, C araba ise 20 m/s hızla batıya gitmektedir.



$$\vec{V}_{AB} = -\vec{V}_{BA}$$

- a) A arabasının hızı B araba göre nedir?

$$\vec{V}_{AB} = \vec{V}_A - \vec{V}_B \quad V_{AB} = 10 - (-15) = 25 \text{ m/s} \rightarrow \text{Doğu yönünde}$$

- b) B arabasının hızı A araba göre nedir?

$$\vec{V}_{BA} = \vec{V}_B - \vec{V}_A \quad V_{BA} = -15 - 10 = -25 \text{ m/s} \rightarrow \text{Batı yönünde}$$

- c) C arabasının A ve B arabalarına göre hızı nedir?

$$\vec{V}_{CA} = \vec{V}_C - \vec{V}_A = -20 - 10 = -30 \text{ m/s} \rightarrow \text{Batı yönünde}$$

$$\vec{V}_{CB} = \vec{V}_C - \vec{V}_B = -20 - (-15) = -5 \text{ m/s} \rightarrow \text{Batı yönünde}$$

- d) Arabalar birbirinden sonra A arabasının hızı B araba göre nedir?

$$\vec{V}_{AB} = \vec{V}_A - \vec{V}_B = 10 - (-15) = 25 \text{ m/s} \rightarrow \text{Doğu yönünde}$$

\*Arabalar birbirini geçince yönleri değişmez.

2. Suya göre hızı  $2v$  olan bir gemi ile bir yunus aynı yönde gidiyor. Geminin pistinde hareket eden bir motosikleti yunusu duruyor gibi görüyor. Yunusun suya göre hızı  $v$  olduğuna göre, motosikletin gemiye göre hızı nedir?

$$\vec{V}_{YS} = 2v$$

$$\vec{V}_{YS} = v$$

$$\vec{V}_{YM} = 0$$

$$\vec{V}_{HG} = ?$$

$$\vec{V}_{HG} = \vec{V}_{MS} + \vec{V}_{SG} = -v$$

$$-2v$$

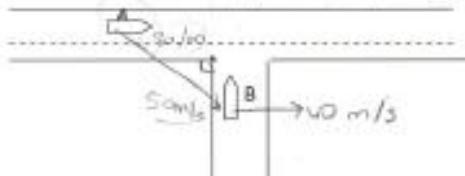
$$\vec{V}_{MS} = \underbrace{\vec{V}_{MY}}_0 + \underbrace{\vec{V}_{YS}}_v$$

$$\vec{V}_{MS} = v \rightarrow \text{doğu}$$

#### VI. Öğrendiklerimizi Genişletelim

- A. Şimdiye kadar hep aynı doğrultudaki hareketleri inceledik. Şimdi farklı doğrultuda hareket eden cisimlerin birbirlerinin hızlarını nasıl algıladıkları üzerinde duralım.

1. (Grup olarak çalışın). Şekilde görüldüğü gibi A arabası  $30 \text{ m/s}$  ile doğu yönünde hareket ederken B arabası kuzey yönünde ilerliyor. Buna göre



- a) A arabasının hızı B arabasına göre nedir?

$$30 \text{ m/s} \quad (\text{Güney} \rightarrow \text{Doğu})$$

$$V_{B/A} = V_{B \text{ gözlenen}} - V_{A \text{ gözlemci}}$$

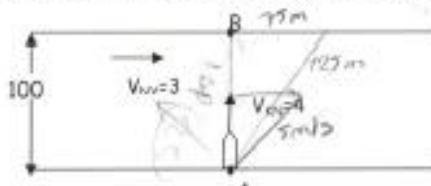
$$\begin{array}{l} A=30 \text{ m/s} \\ B=40 \text{ m/s} \end{array}$$

- b) B arabasının hızı A arabasına göre nedir?

$$+30 \text{ m/s} \quad (\text{Kuzey} \rightarrow \text{Bak})$$

$$\vec{V}_{AB} = -\vec{V}_{BA}$$

2. (Grup olarak çalışın). Nehre göre  $4 \text{ m/s}$  sabit hızı olan bir kayık şekilde görüldüğü gibi  $3 \text{ m/s}$  sabit hızlı bir nehrin akış yönüne dik olacak şekilde A noktasından harekete başlıyor.



\* Kayığın dik bileseni süregi belirler.

- a) Kayığın yere göre hızı ne kadardır?

- b) Kayık karşı kıyıya ne kadar sürede çıkar?

- c) Kayık B noktasından ne kadar uzağa sürüklenebilir?

- d) Kayık A noktasından B noktasına gitmek için şekildeki gibi düz bir yolu izliyor. Kayığın bu yolu izleyebilmesi için yanında değişiklik yapmasına gerek var mıdır? Bu durumda karşı kıyaya geçme süresi değişir mi? Açıklayınız.

$$\text{Bilgi: } V_{KY} = V_{KNT} + V_{NTY} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ m/s}$$

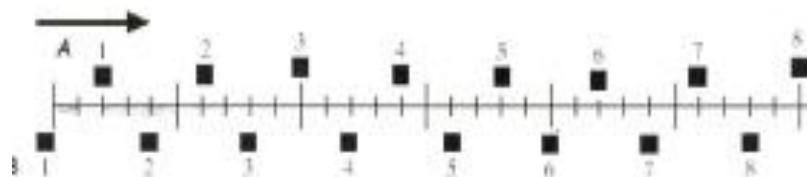
$$\text{b)} 120/4 = 25 \text{ saniye} \quad \Delta t = \frac{\Delta X}{V}$$

$$\text{c)} 75 \text{ m}$$

- d) Vardur Ayni hızla her iki içinde hareket etmekte olası ortak:

### B. Sezgisel Bilgiler ve Bağlı Hız

1. (Bireysel çalışmalar). A ve B arabalarının 1 saniye zaman aralıklı konumları, aşağıdaki şekilde numaralandırılmış karelerle gösterilmiştir. Arabalar doğuya doğru hareket etmektedirler.



- i) Sezgisel olarak 3 anında B arabaşı A arabaşını doğuya mı hareket ediyor, batıya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.

Doğuya doğru hareket ediyor olarak görünçlendi. B durduğunda A hala hareket halindedir.

- ii) Konum ekseninde her küçük aralık 5 m ise A ve B arabalarının hızı nedir?

$$x = v \cdot t$$

$$20 = v \cdot 1 \quad v_A = 20 \text{ m/s}$$

$$v_B = 20 \text{ m/s}$$

- c) Bulduğunuz değerlerle 3 anında  $v_{AB}$  hesaplayınız. Bulduğunuz sonuc o) kısmındaki cevabınızla tutarlı mı?

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_A - \vec{v}_B = 20 - 20 = 0$$

*Sınıf Tartışması*

### C. Sezgilerimiz ile Fizik Tutorsuz Olduğunda Ne Yapmalıyız

Çoğu öğrenci *önde olan daha hızlı* sezgisine sahiptir. Biraz önce sezgisel olarak verdiğimiz yanıtın bağıl hız formülünü kullanarak verdiğimiz yanıtla çeliştiğini gördük. Şimdi bu çelişki üzerinde biraz düşünelim.

1. (Bireysel çalışmalar). Aşağıdakilerden hangisi bu tutorsuzluk durumuna karşı tutumunuzu en iyi şekilde gösterir? Birden fazla seçenek seçebilirsiniz.

- a) Bu gibi tutorsuzlıklar üzerinde düşünmek gereksizdir. Bağıl hızın ne olduğunu tam olarak öğrenmek yeterlidir.  
b) Nasıl yapılacağını bilmiyorum ama bağıl hız formülü ile sezgilerimi tutarlı hale getirmenin muhtemelen bir yolu vardır.  
c) Fizik ile sezgilerimiz çoğunlukla birbirleriyle tutarlıdır. Ama yukarıdaki soruda fizik ile sezgilerimiz arasındaki uyumsuzluk çok belirgin olduğundan bu tutorsuzluğu kabul edip devam etmek zorundayız.

Cevabınızı açıklayınız.

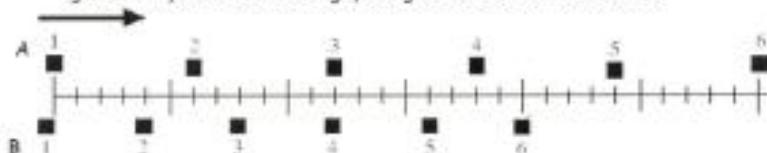
Araçında mutlaka bir tutarlılık sağlanır.

2. Cevaplarınızı grubotaki arkadaşlarınızla tartışınız. Aranızda bir anlaşmaya vardınız mı; grup içinde farklı düşünenler var mı?

### D. Sezgisel Bilgilerimizin Aritilmesi

Bağıl hız formülü ile "önde olan daha hızlı" sezgimiz arasında uzlaştırılamaz bir çatışma olduğunu kabul etmeden önce bir "Uzlaştırma Stratejisi" olan "Sezgilerin Aritilmesi" adı verdiğimiz bir stratejiyi uygulayalım.

1. A ve B arabalarının 1 saniye zaman aralıklı konumları, aşağıdaki şekilde numaralandırılmış karelerle gösterilmiştir. Arabalar doğuya doğru hareket etmekte dirler.



- a) Sezgisel olarak 3 anında B aracı A arabasını doğuya doğru hareket ediyor, batıya mı hareket ediyor yoksa duruyor olarak mı görür? Cevabınızı açıklayınız.

Doğuya doğru hareket ediyor olarak görülmektedir. Çünkü A B'den daha hızlıdır.

- b) Konum ekseninde her küçük aralık 5 m ise A ve B arabalarının hızı nedir?

$$x = vt \quad v_A = 30 \text{ m/s} \quad x = vt \quad v_B = 20 \text{ m/s}$$
$$30 = v \cdot 1 \quad 20 = v \cdot 1$$

- c) Bulduğunuz değerlerle 3 anındaki  $v_{AB}$  hesaplayınız. Bulduğunuz sonuç önde olan araba daha hızlıdır sezgisi ile uyum içinde midir?  $v_{AB} = v_A - v_B = 30 - 20 = 10 \text{ m/s}$  doğrudur. Uyumlu içindedir.

\* Sınıf Tartışması

2. (Grup olarak çalışınız). "Önde olan daha hızlıdır" sezgisel bilgisini kullandığımız iki soru çözduk. İlk soruda bu sezgimiz bizi yanlış sonuca götürürken ikinci soruda doğru cevaba götürdü. O halde önde olan daha hızlıdır sezgisel bilgi hakkında ne söylenebilir? Yanlış mı, doğru mu, yoksa başka bir şey midir. Açıklayınız.

Bazı durumlarda doğrudan bazı durumlarda yanlışdır:

\* Sınıf Tartışması

3. (Grup olarak çalışınız). Önde olan daha hızlıdır sezgisel bilgi fizik dersi olmadan önce oluşan hem bir sezgi midir? Yoksa fizik dersi alındıktan sonra şekillenen arıtlı bir sezgi midir? Eğer hem ise onu nerden öğreniniz?  
Hem bir sezgiden. Düşünerek, Açıldıktan sonra öğrenirim.  
4. Hangi durumda A arabasının 1 anından 3 anına kadar yerdeğiştirmesi B arabasının yerdeğiştirmesinden büyüktür? Bunu A arabasının hızı ile ilişkilendirebilir miyiz?  
2. durumda daha büyüktafü. Çünkü hızları farklı olduğundan araba bir fark olur.  $A \rightarrow 10 \text{ m}$   $B \rightarrow 10 \text{ m} > 20 \text{ m}$

\* Sınıf Tartışması

Aritma Diyagramı

Önde olan daha hızlıdır sezgisini aşağıdaki gibi iki şekilde arıtabiliriz.



5. (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki arıtlı se zgilerden hangisi ba ğlı hız formülü ile uyum içerisindeidir?

Aynı zaman aralığında önde olan daha fazla yerdeğiştirme de yapmışsa daha hızlıdır;

6. Bugünkü dersin ana fikri nedir?

Sezgilerimiz ve fizik bilgimizin uyumu bizi doğru sonuca götürür.

### VIII. Kendimizi Değerlendirelim

1. (Grup olarak çalışınız). Ba ğlı hız konusuna başlarken "Neleri Biliyoruz Gösterelim" kisifinda tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirimize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. Grup olarak tartıştıktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.

\* Aynı içinde giderken ve hızları eşitken diğerin hızının daha yüksek olduğunu söylebilir.

2. (Bireysel çalışınız). Neleri Biliyoruz Gösterelim losunda bu sorulara bireysel olarak verdığınız yanıtlarla şimdi grup olarak tartıştıktan sonra verdığınız cevaplar arasında fark var mı? Varsa bu farklılığın nedenini belirtiniz? (İpucu: Hata Yakalama Stratejisini Uygulayın).

### The example of Activity 3

Adı ve Soyadı:

Sınıf:

#### ETKİNLİK 3

##### I. Neleri Biliyoruz Gösterelim

- A. (Bireysel çalışınız). Aşağıdaki sorular hakkında düşüncelerinizi ve neden o şekilde düşündüğünüzü yazınız.

1. Bir kutu, bir yüzey üzerinde bir ip yardımıyla çekilerek sabit hızla hareket ettiyor. Bu durumda ipin kutuya uyguladığı gerilme kuvveti (T<sub>kt</sub>) yüzeyin kutuya uyguladığı ve kutunun hareketine zit sürtünme kuvvetinden ( $F_{ky}$ ) büyük müdür, küçük müdür, yoksa eşit midir?

Büyüğütür. İp tarafından uygulanan gerilme kuvveti sürtünme kuvvette eşit ya da sürtünme kuvvetinden küçük oluyor kutu hareket edemezdi.

2. Aynı kutu sürtünmesiz yüzey üzerinde sabit bir kuvvetle çekiliyor. Bu durumda

a) Kutunun ivmesi artar mı, azalır mı, yoksa sabit midir?

Kutunun hızı düzenli olarak otor. Ivmesi de bunu bögli olarak otor.

b) Hızı artar mı, azalır mı yoksa sabit midir?

sürtünme olmadığı için hız artar.

3. Aynı kutu iki kat kuvvetle çekilirse ivmesi nasıl değişir?

İvmesi 2 kat artar.

- B. (Grup olarak çalışınız). Yukarıdaki soruları tartışınız. Her bir soru hakkındaki düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız.  
**GRUPLA TARTIŞTIKTAN SONRA BİREYSEL OLARAK VERDİĞİNİZ CEVAPLARI DEĞİŞTİRMEMEYİNİZ.**

## II. Siz Nedenini Biliyor musunuz?

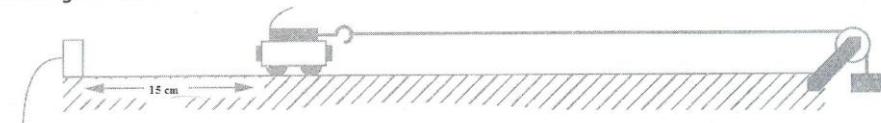


## III. Araştıralım

### Gerekli Malzemeler:

- Bilgisayar
- Arabirim
- Hareket Detektörü
- Kuvvet Sensörü
- Hareket programı
- Hareketli araba
- Rampa
- Makara
- Kütleler (5g, 10g, 50gr, ...)

A. (Grup olarak çalışınız). I. Bölümdeki 2. soruya yaptığınız tahmini test etmek için aşağıdaki düzeneği kurunuz.



Dikkat!!!

- Kuvvet sensörünün araba üzerinden kaymaması için mümkün olduğunda sıkı bir şekilde bağladığınızdan emin olunuz.
- Kuvvet sensörü elektronik sinyallerde meydana gelen değişiklere göre kuvveti ölçtügünden, bilgisayarın kuvvet sensörüne kuvvet uygulanmadığı durumda sinyali sıfır olarak okuması deneye başlamadan önce önemlidir. Bu işleme "sıfırlama" denir. Kuvvet sensörü ile ölçüm yapmadan önce "sıfırla" butonu seçilerek sıfırlama yapılmalıdır.
- Hareket detektörünün bütün hareket boyunca arabayı gördüğünden emin olunuz.

- ✓ LO3A2-2 (Speeding Up Again) deney dosyasını açınız.
- ✓ Makaraya bağlı kütlelerin arabayı çok hızlı hareket ettirmemesi gerekir. Uygun kütle miktarını bulmak için, kütleler serbest bırakıldiktan sonra, arabanın ray üzerindeki 2-3 saniyelik hareketini gözlemlerek bulunuz.
- ✓ Makaraya bağlılığınız kutleyi kayıt ediniz: \_\_\_\_\_
- ✓ Hareket detektörü ve kuvvet sensörünü sıfırlayınız.
- ✓ Hareket detektöründen tık sesi duyduktan sonra makaraya bağlı kütleleri serbest bırakınız. İyi bir grafik elde edinceye kadar denemelerinizi tekrarlayınız.

1. İvme-zaman ve kuvvet-zaman grafiklerinin ilgili yerlerini seçerek ve araç çubuğuundaki

"istatistikler" ( ) tuşunu tıklayarak ortalama kuvvet ve ivmeyi bulunuz.

$$F_{\text{ort}} = 0,20 \frac{\text{N}}{\text{s}}$$

$$a_{\text{ort}} = 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

2. Kuvvet sensörünün ölçüdüğü kuvvet ne tarafından arabaaya uygulanır?

3. Arabanın ivmesi nasıl değişti?

4. Arabanın hızı nasıl değişti?

Düşük hızla.

- Sınıf Tartışması

### Hatalarımızı Anlayalım

1. (Bireysel çalışınız). Eğer I. Bölümde 2a daki sabit bir kuvvetin etkisindeki kutunun ivmesi nasıl olur sorusuna verdiğiiniz cevapla deney sonuçları farklısa hata yakalama stratejisini kullanarak bu farklılığın nedenini bulmaya çalışınız. (Hata yakalama stratejisinin nasıl uygalandığını 2. Etkinlikten hatırlayınız.)

Zaten sabitlar kuvvette etkildiği için ivme sabittir. Çünkü cisim  
hızı da sabittir. Eğer yüzey sürtünmeli olsaydı veya cisim sabit hızla  
cekilseydi ivme olabilir veya olamazdır.

2. (Bireysel çalışınız). Benzer şekilde hata yakalama stratejisini 2b deki sabit bir kuvvetin etkisindeki kutunun hızı nasıl değişir sorusuna verdiğiiniz cevaba uygulayınız.

B. I. Bölümde 3 soruya verdiğiiniz cevabı deneySEL YOLLA TEST EDİNİZ.

- ✓ LO3A2-2 (Speeding Up Again) deney dosyasını TEKRAR AÇINIZ.
- ✓ Arabaya daha önceki kuvetten daha büyük kuvvet uygulayınız. Bunu yapmak için makaraya bağladığınız kütleyi yaklaşık olarak iki katına çıkarınız.
- ✓ Makaraya bağlı kütle: \_\_\_\_\_
- ✓ Kuvvet sensörünü sıfırlayınız.

1. İVME-ZAMAN VE KUVVET-ZAMAN GRAFİKLERİNDEN İLGİLİ YERLERİ SEÇEREK VE ARAÇ ÇUBUĞUNDAKI

"İSTATİSTİKLER" ( ) TUŞUNU TIKLAYARAK ORTALAMA KUVVET VE İVMESİ BULUNUZ.

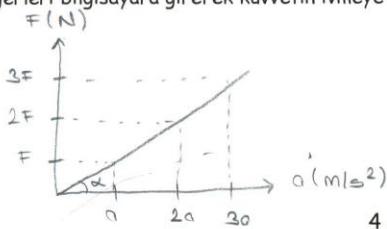
$$F_{\text{ort}} =$$

$$a_{\text{ort}}$$

2. Daha önceki bölümde ve şimdİ bulduğunuz değerleri kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

|   | ORTALAMA KUVVET | ORTALAMA İVME |
|---|-----------------|---------------|
| A | F               | a             |
| B | 2F              | 2a            |

3. Değerleri bilgisayara girerek kuvvetin ivmeye bağlı grafiğini çiziniz.



$$\text{Arabat kuvvet senet} \quad a = \frac{F}{m}$$

4. Grafiğin eğimi neyi veriyor?

Kütle (m)

5. Arabanın ivmesi ile arabaya etkiyen kuvvet arasındaki matematsel ilişki nasıl? Bu ilişkiye gösteren formülü yazınız. Doğrusal bir ilişki var.

$$F = m \cdot a$$

6. Yukarıda yazdığınız formül fizikteki hangi kanunun matematsel bir ifadesidir?

Bir cismin ivmesi üzerine uygulanan kuvvette doğru orantılı, kütleyle ters orantılıdır.

- Sınıf tartışması

7. (Bireysel çalışınız). Yukarıda ulaştığınız formül doğrudan size verilebilirdi. Ama formüle belli aşamalardan sonra ulaştınız. Formüle ulaşınca kadar yapılan işlemler amacı ne olabilir?

Formülün kahis olması, ekber değil

8. (Bireysel çalışınız). Aşağıdakilerden hangisi fizik formülleri hakkındaki görüşlerini en iyi şekilde ifade eder. (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz.)

- a) Birçok fizik kavramı (kuvvet, hız, enerji, vb) anlamlıdır ve günlük hayatta tecrübeümüzle ilişkilidir; ama fizik formülleri fiziki zihnimizde anlamlandırmaktan ziyade, problem çözmek için kullanılan araçlardır.
- b) Aslında formülüne göre değişir; bazı formüller anlamlıdır, fakat hepsinin anlamlı olmasını beklemiyorum.
- c) Genelde fizik formülleri anlamlıdır ve günlük yaşamda kullandığımız sezgi ve tecrübelerimizi bir bakıma ifade ederler.

Cevabınızı açıklayınız.

9. (Grup olarak çalışınız). 7. ve 8. sorulara verdığınız cevaplarınızı grubunuzdaki arkadaşlarınızın cevapları ile karşılaştırınız. Grupta farklı düşünceler varsa, birbirinizi ikna etmek yerine birbirinizin düşüncelerini anlamaya çalışınız. Sizin düşüncelerinizden farklı olan ama iyi noktalara işaret eden arkadaşlarınızın görüşlerini özetleyiniz.

- Sınıf tartışması

#### IV. Öğrendiklerimizi Pekiştirelim

Grup olarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Sürtünmesiz bir yüzey üzerinde sağa doğru 2 N luk sabit bir kuvvetle çekilen 1 kg lik oyuncak bir arabanın ivmesi nedir?

$$F = m \cdot a$$

$$\begin{aligned} 2 &= 1 \cdot a \\ a &= 2 \end{aligned}$$

*Sağ*

2. Bu arabaya 1 kg lik ikinci bir oyuncak araba bağlanırsa ivmesi ne olur?

$$F = m \cdot a$$

$$2 = 2 \cdot a$$

$$a = 1$$

3. 1 kg lik başka bir oyuncak arabanın sola doğru  $2 \text{ m/s}^2$  lik bir ivme ile hareket edebilmesi için hangi yönde ne kadar büyülüklükte bir kuvvet uygulanması gereklidir?

$$\begin{aligned} a &= 2 \quad \leftarrow \\ F &= m \cdot a \\ &= 1 \cdot 2 \end{aligned}$$

*2 N sola*

4. 1 kg lik araba sağa doğru 2 N kuvvetle sürtünmeli yüzey üzerinde çekiliyor, arabaya 1 N luk bir sürtünme kuvveti etki ediyor. Buna göre arabanın ivmesinin yönü ve büyülüklüğü nedir?

$$\begin{aligned} m &= 1 \text{ kg} \\ 1 \text{ N} &\leftarrow \square \rightarrow 2 \text{ N} \\ \square &\rightarrow 1 \text{ N} = f_{\text{net}} \end{aligned}$$

$$F = m \cdot a$$

$$1 = 1 \cdot a$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$

*Sağ*

5. Park halindeki bir arabayı düşününüz. Arabaya dünya tarafından uygulanan aşağıya doğru yerçekimi kuvvetinin arabayla yüzey tarafından uygulanan yukarıya doğru normal kuvete eşit olmasını nedeni aşağıdakilerden hangisidir? (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz.)
- A. Bu kuvvetler etki tepki çiftleri olduğundan; *Farklı cisimler olması gerekir*.  
 B. Arabaya etki eden net kuvvet sıfır olduğundan;  
 C. Yukarıdakilerden hiçbiri. Eşittir, çünkü

- *Sınıf Tartışması*

## V. Öğrendiklerimizi Genişletelim

### A. Sezgilerimiz ve Newton'un 2. Yasası

1. (Bireysel çalışınız). Bir dağcı yolculuğu sırasında beklenmedik bir kar fırtınası ile karşılaşır ve dağda mahsur kalır. Dağcı kurtarmak için bir kurtarma ekibi bölgeye bir helikopterle gönderilir. Helikopter dağcıya ulaştığı zaman kurtarma ekipleri aşağıya bir ip sallarlar. Dağcı bu ipi beline bağlar. Dağının ağırlığı (dağcıya aşağıya doğru etki eden yerçekimi kuvveti) 650 N dur. İp dağcıyı yukarıya doğru sabit bir hızla çekeren ipin yukarıya doğru uyguladığı kuvvet sezigisel olarak 650 N dan büyük, küçük yoksa eşit midir? Cevabınızı açıklayınız.

Büyükür. Çünkü kuvvetler küçük ya da eşit olsaydı doğayı yukarı çekmek için gerekli kuvvet yeterli olmazdı.

2. (Grup olarak çalışınız). Şimdi yukarıdaki soruya Newton'un 2. Yasasını kullanarak ipin uyguladığı kuvvetin 650 N dan büyük, küçük yoksa eşit mi olduğunu bulunuz.

$$F_{net} = \Delta$$
$$F_{net} = m \cdot a \rightarrow \text{esbit hız}$$
$$a = 0$$

- *Sınıf Tartışması*

3. (Grup olarak çalışınız). Çoğu öğrenci yukarıya doğru bir hareketin yukarıya doğru bir kuvveti gerektirdiği sezgisine sahiptir. Örneğin yukarıdaki soruda dağının hareket edebilmesi için ipin uyguladığı kuvvetin dağının ağırlığından büyük olduğunu düşünmektedirler. Biz bu sezgiyi Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğumuz sonuçla (yukarıya doğru kuvvetin aşağıya doğru kuvvette eşit olduğu) uyumlu hale getirebilir miyiz? Yoksa bu uyumsuzluğu kabul mü etmeliyiz?

### B. Sezgilerimizi Newton'un 2. Yasası ile Uyumlu Hale Getirmek için Arıtalım

Daha önce sezgilerin arıtılması stratejisini önde olan daha hızlıdır sezgisinin uygulayarak bağıl hız ile uyumlu hale getirmiştik. Şimdi sezgilerin arıtılması stratejisinin burada çalışıp çalışmadığını bakanız.

1. (Grup olarak çalışınız). İpin dağcıyı yukarıya doğru çekmeye başladığı ilk anda dağının durgun olduğunu düşününüz. Hareketin bu başlangıç aşamasında, yukarıya doğru ipin uyguladığı kuvvet 650 N (dağının ağırlığından) büyük, küçük yoksa eşit midir? Cevabınızı açıklayınız.

Büyükür. Çünkü ilk anda hız olmadığı için一开始 ondan büyük bir kuvvet gereklidir.

2. (Grup olarak çalışınız). Newton'un 2. Yasasını bu soruya uyguladığınızda hangi sonucu elde edersiniz? (İpucu: Dağcı harekete başladığı anda hızlanıyor mu, yani bir ivmesi var mıdır?)

$F_{net} = ma$  cisimin hareket etmesi için hızının artması gerekti.  
Hızın arttığından ivme var ols.  $F_{net}$  de 0'dan farklıdır.

3. (Grup olarak çalışınız). Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğunuz cevap sezgilerinizle uyum içerisinde mi?

Uyumlu

4-9. sorularında dağının harekete başladığı aşamadan sonraki hareketi yani dağının yukarıya doğru hareketli olduğunu düşününüz.

4. Sezgisel olarak, ipin uyguladığı yukarıya doğru kuvvet dağının ağırlığından büyük olursa (dağının harekete başladığı andaki gibi) dağcı hızlanarak mı, yavaşlayarak mı yoksa sabit hızla mı yükselir. Kısaca açıklayınız.

Hızlanarak yükselir. Kuvvet orttagının net kuvvet dağının ağırlığından büyükler.

5. Newton'un 2. Yasasını bu soruya uyguladığınızda hangi sonucu elde edersiniz?

$F_{net} = ma$

Net kuvvet 0'dan farklı olduğundan ivme vardır. Bu yüzden hızlanır.

6. Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğunuz cevap sezgilerinizle uyum içerisinde mi?

Uyum içerisinde

7. Sezgisel olarak, ipin uyguladığı yukarıya doğru kuvvet dağının ağırlığından küçük olursa çocuk hızlanarak mı, yavaşlayarak mı yoksa sabit hızla mı yükselir. Kısaca açıklayınız.

Yavaşlayarak yükselir. Çünkü ilk hız olsun kalkması için yetecek değil. Bu hız yavaşla dağın yükselme devon eder çok hız olabilir.

8. Newton'un 2. Yasasını bu soruya uyguladığınızda hangi sonucu elde edersiniz?

9. Newton'un 2. Yasasını kullanarak bulduğunuz cevap sezgilerinizle uyum içerisinde mi?

Uyum içerisinde

10. Şimdi yaptıklarımızı birbirleriyle ilişkilendirelim. İpin uyguladığı kuvvet yerçekiminden daha büyük olmayı **sürdürügünde** dağcının hızlanmaya devam etmesi ve ipin uyguladığı kuvvetin yerçekiminden daha küçük olmaya başladığı zaman dağcının yavaşlaması artık sezgisel olarak anlamlı gelmektedir. Aynı düşünce şekliyle, ipin uyguladığı kuvvet dağcının ağırlığına **eşit** olduğu zaman (ipin uyguladığı kuvvet dağcının ağırlığından daha büyük olması ile daha küçük olmasının ortasında olduğu zaman) dağcının hızı hakkında ne söylenebilir?

Denge sabit hızla hareket eder.  $F_{net}$  ve ivme 'nın 0 olması hızın sabit olduğunu gösterir.

11. Cevabınız Newton'un 2. Yasası ile uyum içerisinde mi?

Uyumludur

12. Aşağıdaki arıtma diyagramı üzerinde *grup olarak* çalışınız.

$$F_{net} = m \cdot a \rightarrow \text{sabit hız}$$

↓                  ↓

0                  0



- a) Yukarıdaki iki *arıtılmış sezgisel bilgi*den hangisini (belki farkında olmadan) sayfa 8 deki 4. soruya cevaplarken kullandınız?

2.

- b) Yukarıdaki *arıtılmış sezgisel bilgi*den hangisi Newton'un 2. Yasası ile uyum içerisinde dir?

2.

c) Yukarıdaki iki arıtılmış sevgisel bilgiden hangisini (belki farkında olmadan) sayfa 7 deki 1. soruya cevaplarken kullandınız?

1.

13. (Grup olarak çalışınız). Etkinliğin 7. sayfasındaki 2. soruda Newton'un 2. Yasasını kullanarak sabit hızlı harekete ipin uyguladığı kuvvetin dağcının ağırlığına eşit olduğunu gördük. O soruda zaten cevabı bulduğumuz halde 2. sorudan sonraki yaptıklarımızın amacı ne olabilir?

Bilgisi pekiştirmek ve montajını koronak ve formüllerle uyumlu hale getirmek

#### VI. Öğrendiklerimizi Değerlendirelim

1. (Grup olarak çalışınız). Etkinlik 3 başlarken "Neleri Biliyoruz Gösterelim" kısmında tartışığınız soruları tekrar kendi aranızda tartışınız. Her bir soru hakkında düşüncelerinizi birbirinize belirtirken neden o şekilde düşündüğünüzü gruptaki arkadaşlarınıza açıklayınız. Grup olarak tartıştktan sonra her bir soru için grubun ortak düşüncelerini yazınız.

Ben kutunun harekete başlayabilmesi için gerekli olan kuvvet düşünüm.  
Bu yüzden ip torafından uygulanan kuvvetin sırtname kuvvetinden büyük olması gerektiğini söyledim. Ancak bu soruda claim: harekete başladıkton ve sabit hızla iletildikten sonra durum esildiği için eşit olması gereklidir. Çünkü claim sabit hızla gitmiş için ivesi sıfırdır. Ve Newton'un 2. yasasına göre ivme sıfırsı net kuvvet de sıfırdır. Ve ip torafından uygulanan gerilme kuvvet sırtname kuvvette eşittir.

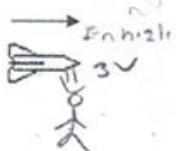
$$F_{net} = m \cdot a \rightarrow 0$$

$$I_{net} = 0$$

## The examples of homework 2

### ODEV-2

Aşağıdaki şekli 1-3 soruları için kullanınız.



1. Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi siyah araba batıya hareket ederken, uçak ve beyaz araba doğuya doğru hareket ediyor. Uçağın hızı her iki arabanın hızından da büyütür. Uçakta bulunan bir gözlemci arabaları hangi yöne doğru gidiyor görür? Neden?

*İkisarabaya baktığı doğuya doğru V<sub>beyaz</sub>) V<sub>uçak</sub>> V<sub>beyaz</sub> = V<sub>uçak</sub>-V<sub>beyaz</sub>*

$$\begin{array}{c} \leftarrow 3v - \rightarrow \\ \boxed{\text{v<sub>beyaz</sub>}} \end{array}$$

2. Fizik dersi almamış başka bir arkadaşınız yukarıdaki soruya nasıl cevap verirdi? Neden bu şekilde cevap vermiş olabilir?

*Siyah arabayı, batıya gidiyorolarak görür. Beyaz arabayı önce doğuya doğru bir süre duruyor daha sonra batıya doğuya gidiyor görür. çok az da olsa gönçye geleceğinden dünayer olarak düşünmüş olabilir.*

3. Arkadaşınızın bu cevabı göre düşündükten yanlış ne olabilir? (yani arkadaşınızın düşündükten fizikle uyumlu hale getirmek için artmanın bir yolu var mıdır?)

(Not: Ödev 1 de bu tür soruları nasıl cevaplayacağınız hakkında verilen açıklamayı ve Etkinlik 2 de 10. sayfadaki 7. soruyu nasıl çözdüğümüzü hatırlamanız soruları yanıtlamana yardım edecektir.)

*Bu cevap doğru olurdu eğer uçak ve beyaz arabanın hızları ve referans noktaları aynı olsaydı. Ama hava hızları ve karende referans noktaları farklı*

**Önceki Bildiklerimizle Şimdi Bilgilerimizi Karşılaştıralım**

Aşağıda bazı kavramlar ve durumlar hakkında dersten önce bildiklerinizle dersten sonra bilendiklerinizi karşılaştıracığınız bazı sorular yerilmiştir. Bu sorulara verdığınız cevaplar doğru ya da yanlış olarak değerlendirilmeyecek sadece soruları ne kadar detaylı yanıtladığınız değerlendirilecektir. Onceki bildiklerinizin ne olduğunu hatırlamak için sınıfta yapılan etkinliklerdeki sorulara verdığınız yanıtları, grup ve sınıf tartışmalarını düşünebilirisiniz.

1. Bağıl hız konusunda önceden neleri biliyordum?

Önde olanın daha hızlı olacağını düşünüyordum.  
cisimler yan yana olduğunda birbirini devreye alır.

2. Bağıl hız konusunda şimdi neleri biliyorum?  
Önde olan diğer hızı ölçüp olmadığını referans = naktasına kıyasla söylebilirim.

Cisimler yan yana olduğunda birbirini görmeye fırsatı, karşılaştırmak için hızı ve referans noktasına katılmamız gereklisi,

3. Etkinlik 2 de öğrenmekte zorlandığım kısımlar?

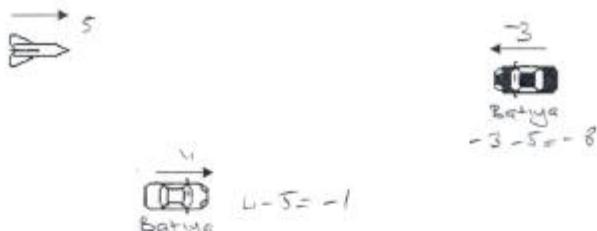
İndeksler üçüncü  $v_{AB}$ ,  $v_{B1}$ ,  $v_{B2}$  vs

4. Karşılaştığım zorlukları nasıl çözebilirim?

Benim öğrenmeye başladığım soruları çözdüm  
fakat biraz bilgi biraz manzı bulanarak da çözebilirdim.

## ÖDEV-2

Aşağıdaki şekilde 1-3 soruları için kullanınız.



1. Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi siyah araba batıya hareket ederken, uçak ve beyaz araba doğuya doğru hareket ediyor. Uçağın hızı her iki arabanın hızından da büyütür. Uçakta bulunan bir gözlemci arabaları hangi yöne doğru gitmeli? Neden?

Beyan arabayı batıya gitmeli. Beyan siyah arabayı batıya gitmeye izin vermiyor.

2. Fizik dersi almamış başka bir arkadaşınız yukarıdaki soruya nasıl cevap verirdi? Neden bu şekilde cevap vermiş olabilir?

Beyaz arabayı doğuya doğru gitmeye izin vermemeli. Çünkü beyaz araba aynı anda iki yönde hareket etmektedir.

3. Arkadaşınızın bu cevabı götürecek düşünce şeklindeki yanlış ne olabilir? (Yani arkadaşınızın düşünce şeklini fizikle uyumlu hale getirmek için artmanın bir yolu var mıdır?)

(Not: Ödev 1 de bu tür soruları nasıl cevaplayacağımız hakkında verilen açıklamayı ve Etkinlik 2 de 10. sayfadaki 7. soruyu nasıl çözdüğümüzü hatırlamanız soruları yanıtlamana yardım edecektir.)

Arkadaşımın verdiği cevap doğru olurdu ama uçak beyaz arabanın yanına gitmeye izin vermediği, gittikçe batıya doğru hareket ettiğini söyleyebilir. Ama soruya göre yanlış. Uçakın hızı 4 m/s, beyaz arabanın hızı 3 m/s'tir.  $4 - 3 = 1$  m/s速度差. Uçak bir saatte 1 m uzaklaştırmaktadır. Ama soruya göre yanlış. Uçak daha hızlıdır dediği için uçlığın hızı 4 beyaz arabanın 3 hızının  $4 - 3 = 1$  batıya doğru gitmeli.

Önceki Bildiklerimizle Simdiki Bilgilerimizi Karşılaştıralım

Aşağıda bazı kavramlar ve durumlar hakkında dersten önce bildiklerinizle dersten sonra öğrendiklerinizi karşılaştıracağınız bazı sorular verilmiştir. Bu sorulara verdığınız cevaplar doğru ya da yanlış olarak değerlendirilmeyecektir. sadece soruları ne kadar detaylı yanıtladığınız değerlendirilecektir. Önceli bildiklerinizin ne olduğunu hatırlamak için sınıfta yapılan etkinliklerdeki sorulara verdığınızı ve cevapları, grup ve sınıf tartışmalarını düşünebilirsiniz.

1. Bağlı hız konusunda önceden neleri biliyordum?  
Önde stanın daha hızlı olabileceğini düşünüyordum.  $V_b = V_c - V_g$  formülünden ve seoplantının hıllı olduğunu söyleyorum. Aynı yöne ve aynı hızla olan cihazların hızları birbirlerini düşürerek olacaklarını söyleyebilirim.

2. Bağılı bız konusunda şimdi nezaci bilincimiz?

2. Bölüm hiz konusundan şimdiden neler biliyorum?  
Bu bölümde okul hızı olabildiğinden; ama aynı referans notalarının başlarında ve  
farklı referans notalarından beşinci sınıfıza kadar okul ortak dilinin hizının  
ve hızının olabileceğini şimdiden indüksiyon yapmayı şimdiden. Daha önce bildiğim  
bilgileri petkettiğim. Eğer aynı gün giden derslerde gözlemevinin hızı  
gözlemevinin büyüğe göre gözlemevinin eline katıya fidye olarak şimdiden  
eğer gözlemevin hızı gözlemevinin birincisi ise fidye olarak şimdiden  
olarak püsküllerleştirmiştir.

3. Etkinlik 2 de öğrenmekte zorlandığım kısımlar?

İndi her ne kadar sizimi takip ettiğimde ben bunu söylemeyeceğim. Hatta takip etten sonra sorular, gözden geçirmem bile ama sonradan tam olarak söyleyeceğim.

4. Kereşlastığım zarlukları nasıl çözebilirim?

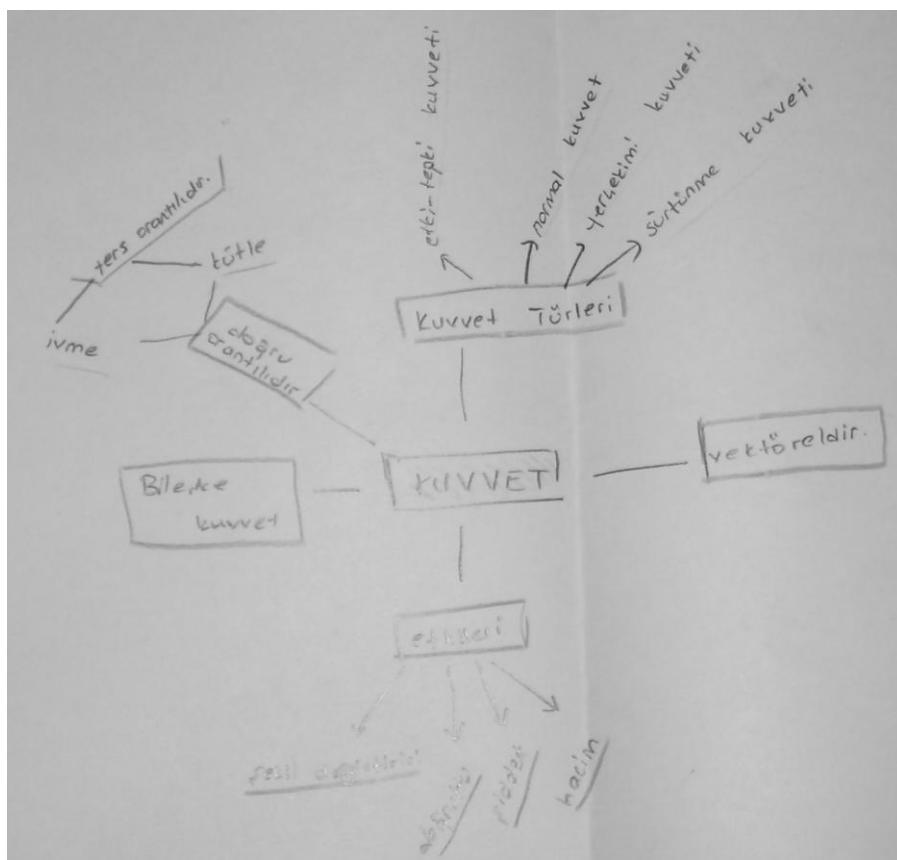
Ettinlikle de yeniden baktırırm, yada hocağa sorarım. Bu şekilde öğrenmeye çalışırım. Sonu görebilirim, öğrenmediğimizi biles birinde sorabilirim. Eserimin Larsi lastifim zarılıt çözülecektir. Yada deney yaparak bulduğum sonucu sergilemek istiyorum ne den oldığını düşünür sergilenen bilgilerimi anıtmam. Bulduğum sonucu genelde hocaşın örnekler bulabilmem.

5. Etkinlik 2 boyunca öğrendiğim en önemli şey nedir?

$\nabla_{\text{topl}} = \nabla_{\text{gözlenen}} - \nabla_{\text{gözlenmem}}$  (Ayrıca bir sonraki sorular  
değerlendirmelerde başka bir soruda olduğu  
stabilleşmiş, hatalı veya hatalı  
düşünmem) Eni 100px, yüksekliği 15px

## Example of Concept Maps

L-Grup



## APPENDIX Q

### RAW DATA

Table P. The raw data of the study

| Student | School | Group | Gender | POFMAT-II | POFMAT-I | PREFMAT- | TMT    | POMPEX | PREMPEX | TFMAT |
|---------|--------|-------|--------|-----------|----------|----------|--------|--------|---------|-------|
| 1       | 1      | D     | 2      | 21,50     | 26,75    | 4,50     | 73,00  | 85,00  | 75,00   | 48,25 |
| 2       | 1      | D     | 2      | 24,25     | 20,75    | 9,81     | 66,00  | 109,00 | 83,00   | 45,00 |
| 3       | 1      | D     | 1      | 23,25     | 25,50    | 13,50    | 84,00  | 94,00  | 78,00   | 48,75 |
| 4       | 1      | D     | 1      | 28,50     | 17,25    | 10,00    | 70,00  | 87,00  | 72,41   | 45,75 |
| 5       | 1      | D     | 1      | 33,00     | 39,25    | 13,25    | 88,00  | 119,00 | 73,45   | 72,25 |
| 6       | 1      | D     | 1      | 41,00     | 34,25    | 13,00    | 82,00  | 126,00 | 87,00   | 75,25 |
| 7       | 1      | D     | 1      | 12,50     | 12,75    | 7,25     | 80,00  | 66,00  | 55,00   | 25,25 |
| 8       | 1      | D     | 2      | 11,00     | 16,50    | 10,00    | 93,00  | 75,00  | 75,00   | 27,50 |
| 9       | 1      | D     | 2      | 27,75     | 10,50    | 10,75    | 76,00  | 77,00  | 68,00   | 38,25 |
| 10      | 1      | D     | 2      | 15,50     | 7,00     | 7,75     | 69,00  | 93,00  | 66,00   | 22,50 |
| 11      | 1      | D     | 2      | 19,75     | 21,50    | 15,00    | 49,00  | 85,00  | 87,00   | 41,25 |
| 12      | 1      | D     | 2      | 25,00     | 16,75    | 8,75     | 71,00  | 88,00  | 84,00   | 41,75 |
| 13      | 1      | D     | 1      | 19,75     | 15,50    | 13,50    | 87,00  | 91,00  | 111,00  | 35,25 |
| 14      | 1      | D     | 1      | 30,25     | 27,25    | 20,75    | 93,00  | 86,00  | 87,00   | 57,50 |
| 15      | 1      | D     | 1      | 19,50     | 10,50    | 10,50    | 90,00  | 83,00  | 81,00   | 30,00 |
| 16      | 1      | D     | 1      | 14,00     | 7,75     | 6,75     | 68,00  | 89,00  | 90,00   | 21,75 |
| 17      | 1      | D     | 2      | 24,75     | 18,00    | 18,50    | 81,00  | 96,90  | 93,00   | 42,75 |
| 18      | 1      | D     | 2      | 25,50     | 12,75    | 7,00     | 100,00 | 93,00  | 94,00   | 38,25 |
| 19      | 1      | D     | 1      | 23,00     | 19,25    | 13,75    | 87,00  | 107,00 | 86,00   | 42,25 |
| 20      | 1      | D     | 2      | 9,75      | 5,25     | 3,00     | 89,00  | 77,24  | 86,00   | 15,00 |
| 21      | 1      | D     | 2      | 30,50     | 18,00    | 19,50    | 65,00  | 72,00  | 80,00   | 48,50 |
| 22      | 1      | D     | 2      | 15,75     | 15,00    | 8,00     | 63,00  | 97,24  | 84,00   | 30,75 |
| 23      | 1      | D     | 2      | 22,75     | 11,75    | 7,25     | 75,00  | 99,70  | 67,52   | 34,50 |
| 24      | 1      | D     | 2      | 10,00     | 13,50    | 12,25    | 45,00  | 87,00  | 84,62   | 23,50 |
| 25      | 1      | D     | 2      | 14,50     | 7,50     | 6,75     | 88,00  | 80,00  | 99,00   | 22,00 |
| 26      | 1      | D     | 2      | 21,25     | 2,75     | 7,50     | 100,00 | 54,00  | 57,00   | 24,00 |
| 27      | 1      | D     | 1      | 25,75     | 14,25    | 4,50     | 84,00  | 77,00  | 84,00   | 40,00 |
| 28      | 1      | D     | 1      | 35,25     | 11,75    | 11,00    | 77,00  | 88,00  | 73,00   | 47,00 |
| 29      | 1      | C     | 2      | 16,25     | 24,25    | 22,75    | 73,00  | 72,00  | 87,00   | 40,50 |
| 30      | 1      | C     | 1      | 24,75     | 8,50     | 9,81     | 91,00  | 95,00  | 74,00   | 33,25 |

Table P. The raw data of the study

| Student | School | Group | Gender | POFMAT-II | POFMAT-I | PREFMAT- | TMT    | POMPEX | PREMPEX | TFMAT |
|---------|--------|-------|--------|-----------|----------|----------|--------|--------|---------|-------|
| 31      | 1      | C     | 2      | 15,75     | 15,75    | 8,00     | 90,00  | 107,00 | 96,00   | 31,50 |
| 32      | 1      | C     | 2      | 22,00     | 18,25    | 11,50    | 87,00  | 69,00  | 81,00   | 40,25 |
| 33      | 1      | C     | 2      | 22,00     | 11,00    | 7,75     | 100,00 | 98,00  | 96,00   | 33,00 |
| 34      | 1      | C     | 2      | 35,75     | 14,25    | 11,75    | 80,00  | 104,00 | 90,00   | 50,00 |
| 35      | 1      | C     | 1      | 26,75     | 15,25    | 9,00     | 70,00  | 86,00  | 77,00   | 42,00 |
| 36      | 1      | C     | 2      | 34,00     | 26,00    | 7,50     | 71,00  | 104,00 | 90,00   | 60,00 |
| 37      | 1      | C     | 1      | 52,00     | 33,25    | 4,25     | 74,00  | 89,00  | 103,00  | 85,25 |
| 38      | 1      | C     | 2      | 31,00     | 27,50    | 7,75     | 59,00  | 65,00  | 60,00   | 58,50 |
| 39      | 1      | C     | 2      | 29,75     | 27,25    | 12,25    | 79,00  | 86,00  | 80,00   | 57,00 |
| 40      | 1      | C     | 1      | 40,25     | 30,25    | 7,50     | 70,00  | 97,00  | 86,00   | 70,50 |
| 41      | 1      | C     | 2      | 32,75     | 35,00    | 5,25     | 56,00  | 95,52  | 83,00   | 67,75 |
| 43      | 1      | C     | 2      | 48,25     | 35,00    | 7,00     | 77,00  | 112,00 | 92,00   | 83,25 |
| 44      | 1      | C     | 2      | 28,75     | 28,75    | 6,25     | 82,00  | 108,00 | 73,00   | 57,50 |
| 45      | 1      | C     | 2      | 53,00     | 39,50    | 6,50     | 86,00  | 90,00  | 95,63   | 92,50 |
| 46      | 1      | C     | 1      | 40,75     | 39,50    | 11,25    | 73,00  | 128,00 | 89,00   | 80,25 |
| 47      | 1      | C     | 1      | 43,00     | 40,25    | 9,50     | 73,00  | 116,00 | 89,00   | 83,25 |
| 48      | 1      | C     | 1      | 41,50     | 26,00    | 5,50     | 71,00  | 112,00 | 85,00   | 67,50 |
| 49      | 1      | C     | 2      | 44,00     | 37,50    | 21,00    | 70,00  | 105,00 | 87,00   | 81,50 |
| 50      | 1      | C     | 2      | 24,00     | 17,75    | 10,75    | 57,00  | 89,00  | 71,00   | 41,75 |
| 51      | 1      | C     | 1      | 33,50     | 36,25    | 11,00    | 71,00  | 106,00 | 90,00   | 69,75 |
| 52      | 1      | C     | 2      | 32,25     | 25,00    | 4,00     | 66,00  | 87,00  | 99,00   | 57,25 |
| 53      | 1      | C     | 2      | 37,75     | 29,25    | 5,50     | 86,00  | 103,00 | 87,00   | 67,00 |
| 54      | 1      | C     | 1      | 47,00     | 36,00    | 11,50    | 74,00  | 87,00  | 95,61   | 83,00 |
| 55      | 1      | C     | 2      | 49,50     | 37,75    | 7,00     | 72,00  | 109,00 | 102,00  | 87,25 |
| 56      | 1      | C     | 1      | 23,75     | 19,00    | 6,25     | 61,00  | 61,00  | 74,00   | 42,75 |
| 57      | 1      | C     | 1      | 27,00     | 23,25    | 15,00    | 67,00  | 85,00  | 90,00   | 50,25 |
| 58      | 2      | D     | 1      | 27,00     | 33,50    | 12,50    | 60,00  | 77,00  | 79,00   | 60,50 |
| 59      | 2      | D     | 1      | 37,00     | 35,75    | 11,75    | 67,00  | 117,00 | 81,00   | 72,75 |
| 60      | 2      | D     | 2      | 16,25     | 13,00    | 8,25     | 92,00  | 95,00  | 99,00   | 29,25 |
| 61      | 2      | D     | 1      | 17,75     | 11,25    | 10,75    | 95,00  | 86,00  | 74,00   | 29,00 |
| 62      | 2      | D     | 2      | 26,25     | 18,00    | 10,25    | 90,00  | 81,00  | 71,37   | 44,25 |
| 63      | 2      | D     | 2      | 16,00     | 15,00    | 4,75     | 76,00  | 74,00  | 73,80   | 31,00 |
| 64      | 2      | D     | 2      | 13,50     | 12,75    | 8,25     | 62,00  | 75,00  | 73,00   | 26,25 |
| 65      | 2      | D     | 1      | 19,75     | 8,25     | 8,25     | 87,00  | 106,00 | 95,00   | 28,00 |
| 66      | 2      | D     | 1      | 24,00     | 10,00    | 11,00    | 95,00  | 83,00  | 68,00   | 34,00 |

Table P. The raw data of the study

| Student | School | Group | Gender | POFMAT-II | POFMAT-I | PREFMAT- | TMT   | POMPEX | PREMPEX | TFMAT |
|---------|--------|-------|--------|-----------|----------|----------|-------|--------|---------|-------|
| 67      | 2      | D     | 1      | 19,50     | 8,50     | 9,00     | 87,00 | 78,00  | 76,00   | 28,00 |
| 68      | 2      | D     | 2      | 23,75     | 25,00    | 26,50    | 91,00 | 103,00 | 91,00   | 48,75 |
| 69      | 2      | D     | 1      | 17,25     | 6,50     | 9,50     | 87,00 | 100,00 | 121,00  | 23,75 |
| 70      | 2      | D     | 2      | 15,25     | 9,75     | 8,50     | 81,00 | 69,00  | 75,00   | 25,00 |
| 71      | 2      | D     | 2      | 10,50     | 8,50     | 9,75     | 92,00 | 117,00 | 91,00   | 19,00 |
| 72      | 2      | D     | 1      | 5,75      | 6,00     | 9,81     | 77,00 | 72,95  | 84,69   | 11,75 |
| 73      | 2      | D     | 2      | 18,25     | 3,00     | 5,00     | 70,00 | 100,00 | 76,00   | 21,25 |
| 74      | 2      | D     | 1      | 25,25     | 11,50    | 9,75     | 89,00 | 90,00  | 91,00   | 36,75 |
| 75      | 2      | D     | 1      | 13,75     | 7,00     | 6,00     | 65,00 | 86,00  | 109,00  | 20,75 |
| 76      | 2      | D     | 2      | 16,50     | 12,50    | 9,25     | 90,00 | 119,00 | 57,00   | 29,00 |
| 77      | 2      | D     | 1      | 13,25     | 16,50    | 12,25    | 74,00 | 92,00  | 68,00   | 29,75 |
| 78      | 2      | D     | 2      | 13,75     | 9,00     | 4,00     | 78,00 | 80,00  | 88,00   | 22,75 |
| 79      | 2      | D     | 2      | 14,75     | 7,00     | 7,00     | 71,00 | 87,00  | 61,13   | 21,75 |
| 80      | 2      | D     | 2      | 7,25      | 6,00     | 9,81     | 80,00 | 81,00  | 84,69   | 13,25 |
| 81      | 2      | D     | 1      | 9,75      | 8,25     | 8,50     | 87,00 | 87,74  | 117,00  | 18,00 |
| 82      | 2      | C     | 1      | 12,00     | 4,00     | 4,50     | 98,00 | 79,00  | 95,00   | 16,00 |
| 83      | 2      | C     | 1      | 17,75     | 11,25    | 10,75    | 95,00 | 86,00  | 74,00   | 29,00 |
| 84      | 2      | C     | 1      | 26,25     | 18,00    | 10,25    | 90,00 | 81,00  | 71,37   | 44,25 |
| 85      | 2      | C     | 2      | 16,00     | 15,00    | 4,75     | 76,00 | 74,00  | 73,80   | 31,00 |
| 86      | 2      | C     | 1      | 13,50     | 12,75    | 8,25     | 62,00 | 75,00  | 73,00   | 26,25 |
| 88      | 2      | C     | 1      | 19,75     | 8,25     | 8,25     | 87,00 | 106,00 | 95,00   | 28,00 |
| 89      | 2      | C     | 1      | 24,00     | 10,00    | 11,00    | 95,00 | 83,00  | 68,00   | 34,00 |
| 90      | 2      | C     | 2      | 19,50     | 8,50     | 9,00     | 87,00 | 78,00  | 76,00   | 28,00 |
| 91      | 2      | C     | 2      | 23,75     | 25,00    | 26,50    | 91,00 | 103,00 | 91,00   | 48,75 |
| 92      | 2      | C     | 1      | 17,25     | 6,50     | 9,50     | 87,00 | 100,00 | 121,00  | 23,75 |
| 93      | 2      | C     | 2      | 15,25     | 9,75     | 8,50     | 81,00 | 69,00  | 75,00   | 25,00 |
| 94      | 2      | C     | 2      | 10,50     | 8,50     | 9,75     | 92,00 | 117,00 | 91,00   | 19,00 |
| 95      | 2      | C     | 2      | 5,75      | 6,00     | 9,81     | 77,00 | 72,95  | 84,69   | 11,75 |
| 96      | 2      | C     | 1      | 18,25     | 3,00     | 5,00     | 70,00 | 100,00 | 76,00   | 21,25 |
| 97      | 2      | C     | 1      | 25,25     | 11,50    | 9,75     | 89,00 | 90,00  | 91,00   | 36,75 |
| 98      | 2      | C     | 1      | 13,75     | 7,00     | 6,00     | 65,00 | 86,00  | 109,00  | 20,75 |
| 99      | 2      | C     | 2      | 16,50     | 12,50    | 9,25     | 90,00 | 119,00 | 57,00   | 29,00 |
| 100     | 2      | C     | 2      | 13,25     | 16,50    | 12,25    | 74,00 | 92,00  | 68,00   | 29,75 |
| 101     | 2      | C     | 2      | 13,75     | 9,00     | 4,00     | 78,00 | 80,00  | 88,00   | 22,75 |
| 102     | 2      | C     | 2      | 14,75     | 7,00     | 7,00     | 71,00 | 87,00  | 61,13   | 21,75 |

Table P. The raw data of the study

| Student | School | Group | Gender | POFMAT-II | POFMAT-I | PREFMAT- | TMT   | POMPEX | PREMPEX | TFMAT |
|---------|--------|-------|--------|-----------|----------|----------|-------|--------|---------|-------|
| 103     | 2      | C     | 2      | 7,25      | 6,00     | 9,81     | 80,00 | 81,00  | 84,69   | 13,25 |
| 104     | 2      | C     | 1      | 9,75      | 8,25     | 8,50     | 87,00 | 87,74  | 117,00  | 18,00 |
| 105     | 2      | C     | 1      | 12,00     | 4,00     | 4,50     | 98,00 | 79,00  | 95,00   | 16,00 |

## APPENDIX R

### FREQUENCY TABLES FOR QUESTIONS IN THE INSTRUMENTS

#### Frequency Tables for Questions in PREFMAT-I

| Q1        |           |         |               |                    | Q2        |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 62        | 60.2    | 60.2          | 60.2               | Valid .00 | 52        | 50.5    | 50.5          | 50.5               |
| 1.00      | 41        | 39.8    | 39.8          | 100.0              | 1.00      | 51        | 49.5    | 49.5          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q3        |           |         |               |                    | Q4        |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 100       | 97.1    | 97.1          | 97.1               | Valid .00 | 86        | 83.5    | 83.5          | 83.5               |
| 1.00      | 3         | 2.9     | 2.9           | 100.0              | 1.00      | 17        | 16.5    | 16.5          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q5        |           |         |               |                    | Q6        |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 76        | 73.8    | 73.8          | 73.8               | Valid .00 | 84        | 81.6    | 81.6          | 81.6               |
| 1.00      | 27        | 26.2    | 26.2          | 100.0              | 1.00      | 19        | 18.4    | 18.4          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q7        |           |         |               |                    | Q8        |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 83        | 80.6    | 80.6          | 80.6               | Valid .00 | 72        | 69.9    | 69.9          | 69.9               |
| 1.00      | 20        | 19.4    | 19.4          | 100.0              | 1.00      | 31        | 30.1    | 30.1          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q9        |           |         |               |                    | Q10       |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 102       | 99.0    | 99.0          | 99.0               | Valid .00 | 78        | 75.7    | 75.7          | 75.7               |
| 1.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0              | 1.00      | 25        | 24.3    | 24.3          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q11       |           |         |               |                    | Q12       |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 93        | 90.3    | 90.3          | 90.3               | Valid .00 | 103       | 100.0   | 100.0         | 100.0              |
| 1.00      | 10        | 9.7     | 9.7           | 100.0              |           |           |         |               |                    |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |           |           |         |               |                    |
| Q13       |           |         |               |                    | Q14       |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 91        | 88.3    | 88.3          | 88.3               | Valid .00 | 102       | 99.0    | 99.0          | 99.0               |
| 1.00      | 12        | 11.7    | 11.7          | 100.0              | 1.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q15       |           |         |               |                    | Q16       |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 103       | 100.0   | 100.0         | 100.0              | Valid .00 | 98        | 95.1    | 95.1          | 95.1               |
|           |           |         |               |                    | 1.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 100.0              |
|           |           |         |               |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| Q17       |           |         |               |                    | Q18       |           |         |               |                    |
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 77        | 74.8    | 74.8          | 74.8               | Valid .00 | 89        | 86.4    | 86.4          | 86.4               |
| 1.00      | 9         | 8.7     | 8.7           | 83.5               | 1.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 91.3               |
| 1.25      | 2         | 1.9     | 1.9           | 85.4               | 1.25      | 1         | 1.0     | 1.0           | 92.2               |
| 3.00      | 15        | 14.6    | 14.6          | 100.0              | 3.00      | 8         | 7.8     | 7.8           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q19

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 11        | 10.7    | 10.7          | 10.7               |
| 1.00      | 47        | 45.6    | 45.6          | 56.3               |
| 1.25      | 21        | 20.4    | 20.4          | 76.7               |
| 2.00      | 2         | 1.9     | 1.9           | 78.6               |
| 3.00      | 22        | 21.4    | 21.4          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q20

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 96        | 93.2    | 93.2          | 93.2               |
| 1.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q21

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 80        | 77.7    | 77.7          | 77.7               |
| 1.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 84.5               |
| 1.25      | 6         | 5.8     | 5.8           | 90.3               |
| 2.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 97.1               |
| 3.00      | 3         | 2.9     | 2.9           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q22

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 7         | 6.8     | 6.8           | 6.8                |
| .25       | 20        | 19.4    | 19.4          | 26.2               |
| .50       | 8         | 7.8     | 7.8           | 34.0               |
| .75       | 33        | 32.0    | 32.0          | 66.0               |
| 1.00      | 14        | 13.6    | 13.6          | 79.6               |
| 1.25      | 6         | 5.8     | 5.8           | 85.4               |
| 1.50      | 12        | 11.7    | 11.7          | 97.1               |
| 1.75      | 3         | 2.9     | 2.9           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q23

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 23        | 22.3    | 22.3          | 22.3               |
| .25       | 6         | 5.8     | 5.8           | 28.2               |
| .50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 29.1               |
| .75       | 21        | 20.4    | 20.4          | 49.5               |
| 1.00      | 4         | 3.9     | 3.9           | 53.4               |
| 1.50      | 46        | 44.7    | 44.7          | 98.1               |
| 2.25      | 2         | 1.9     | 1.9           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q24

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 24        | 23.3    | 23.3          | 23.3               |
| .25       | 3         | 2.9     | 2.9           | 26.2               |
| .50       | 2         | 1.9     | 1.9           | 28.2               |
| .75       | 16        | 15.5    | 15.5          | 43.7               |
| 1.00      | 2         | 1.9     | 1.9           | 45.6               |
| 1.50      | 33        | 32.0    | 32.0          | 77.7               |
| 2.25      | 22        | 21.4    | 21.4          | 99.0               |
| 3.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q25

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 28        | 27.2    | 27.2          | 27.2               |
| 1.00      | 60        | 58.3    | 58.3          | 85.4               |
| 1.25      | 14        | 13.6    | 13.6          | 99.0               |
| 2.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q26

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 85        | 82.5    | 82.5          | 82.5               |
| 1.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 87.4               |
| 2.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 94.2               |
| 3.00      | 6         | 5.8     | 5.8           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q27

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 90        | 87.4    | 87.4          | 87.4               |
| 1.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 88.3               |
| 1.25      | 1         | 1.0     | 1.0           | 89.3               |
| 2.00      | 8         | 7.8     | 7.8           | 97.1               |
| 3.00      | 3         | 2.9     | 2.9           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

### Frequency Tables for Questions in the POFMAT-I

Q1

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 43        | 41.7    | 41.7          | 41.7               |
| 1.00      | 60        | 58.3    | 58.3          | 100.0              |

Q2

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 0 | 50        | 48.5    | 48.5          | 48.5               |
| 1       | 53        | 51.5    | 51.5          | 100.0              |

Q3

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 68        | 66.0    | 66.0          | 66.0               |
| 1.00      | 35        | 34.0    | 34.0          | 100.0              |

Q4

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 59        | 57.3    | 57.3          | 57.3               |
| 1.00      | 44        | 42.7    | 42.7          | 100.0              |

Q5

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 54        | 52.4    | 52.4          | 52.4               |
| 1.00      | 49        | 47.6    | 47.6          | 100.0              |

Q6

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 67        | 65.0    | 65.0          | 65.0               |
| 1.00      | 36        | 35.0    | 35.0          | 100.0              |

Q7

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 69        | 67.0    | 67.0          | 67.0               |
| 1.00      | 34        | 33.0    | 33.0          | 100.0              |

Q8

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 63        | 61.2    | 61.2          | 61.2               |
| 1.00      | 40        | 38.8    | 38.8          | 100.0              |

| Q9        |           |         |               |                    | Q10       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 97        | 94.2    | 94.2          | 94.2               | Valid .00 | 75        | 72.8    | 72.8          | 72.8               |
| 1.00      | 6         | 5.8     | 5.8           | 100.0              | 1.00      | 28        | 27.2    | 27.2          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q11       |           |         |               |                    | Q12       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 85        | 82.5    | 82.5          | 82.5               | Valid .00 | 96        | 93.2    | 93.2          | 93.2               |
| 1.00      | 18        | 17.5    | 17.5          | 100.0              | 1.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q13       |           |         |               |                    | Q14       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 56        | 54.4    | 54.4          | 54.4               | Valid .00 | 91        | 88.3    | 88.3          | 88.3               |
| 1.00      | 47        | 45.6    | 45.6          | 100.0              | 1.00      | 12        | 11.7    | 11.7          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q15       |           |         |               |                    | Q16       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 93        | 90.3    | 90.3          | 90.3               | Valid .00 | 80        | 77.7    | 77.7          | 77.7               |
| 1.00      | 10        | 9.7     | 9.7           | 100.0              | 1.00      | 23        | 22.3    | 22.3          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q17       |           |         |               |                    | Q18       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 36        | 35.0    | 35.0          | 35.0               | Valid .00 | 45        | 43.7    | 43.7          | 43.7               |
| 1.00      | 10        | 9.7     | 9.7           | 44.7               | 1.00      | 6         | 5.8     | 5.8           | 49.5               |
| 1.25      | 1         | 1.0     | 1.0           | 45.6               | 1.25      | 2         | 1.9     | 1.9           | 51.5               |
| 2.00      | 4         | 3.9     | 3.9           | 49.5               | 2.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 56.3               |
| 3.00      | 52        | 50.5    | 50.5          | 100.0              | 3.00      | 45        | 43.7    | 43.7          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q19       |           |         |               |                    | Q20       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 5         | 4.9     | 4.9           | 4.9                | Valid .00 | 57        | 55.3    | 55.3          | 55.3               |
| 1.00      | 28        | 27.2    | 27.2          | 32.0               | 1.00      | 46        | 44.7    | 44.7          | 100.0              |
| 1.25      | 2         | 1.9     | 1.9           | 34.0               | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |
| 2.00      | 8         | 7.8     | 7.8           | 41.7               |           |           |         |               |                    |
| 3.00      | 60        | 58.3    | 58.3          | 100.0              |           |           |         |               |                    |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |           |           |         |               |                    |

| Q21       |           |         |               |                    | Q22       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 33        | 32.0    | 32.0          | 32.0               | Valid .00 | 6         | 5.8     | 5.8           | 5.8                |
| 1.00      | 14        | 13.6    | 13.6          | 45.6               | .25       | 9         | 8.7     | 8.7           | 14.6               |
| 1.25      | 1         | 1.0     | 1.0           | 46.6               | .50       | 8         | 7.8     | 7.8           | 22.3               |
| 2.00      | 23        | 22.3    | 22.3          | 68.9               | .75       | 16        | 15.5    | 15.5          | 37.9               |
| 3.00      | 32        | 31.1    | 31.1          | 100.0              | 1.00      | 10        | 9.7     | 9.7           | 47.6               |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | 1.25      | 3         | 2.9     | 2.9           | 50.5               |
|           |           |         |               |                    | 1.50      | 13        | 12.6    | 12.6          | 63.1               |
|           |           |         |               |                    | 1.75      | 8         | 7.8     | 7.8           | 70.9               |
|           |           |         |               |                    | 2.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 71.8               |
|           |           |         |               |                    | 2.25      | 12        | 11.7    | 11.7          | 83.5               |
|           |           |         |               |                    | 2.50      | 4         | 3.9     | 3.9           | 87.4               |
|           |           |         |               |                    | 3.00      | 13        | 12.6    | 12.6          | 100.0              |
|           |           |         |               |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q23       |           |         |               |                    | Q24       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 10        | 9.7     | 9.7           | 9.7                | Valid .00 | 8         | 7.8     | 7.8           | 7.8                |
| .25       | 3         | 2.9     | 2.9           | 12.6               | .25       | 1         | 1.0     | 1.0           | 8.7                |
| .50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 13.6               | .50       | 1         | 1.0     | 1.0           | 9.7                |
| .75       | 10        | 9.7     | 9.7           | 23.3               | .75       | 7         | 6.8     | 6.8           | 16.5               |
| 1.00      | 4         | 3.9     | 3.9           | 27.2               | 1.00      | 16        | 15.5    | 15.5          | 32.0               |
| 1.50      | 26        | 25.2    | 25.2          | 52.4               | 1.75      | 4         | 3.9     | 3.9           | 35.9               |
| 1.75      | 1         | 1.0     | 1.0           | 53.4               | 2.25      | 28        | 27.2    | 27.2          | 63.1               |
| 2.25      | 26        | 25.2    | 25.2          | 78.6               | 2.50      | 1         | 1.0     | 1.0           | 64.1               |
| 3.00      | 22        | 21.4    | 21.4          | 100.0              | 3.00      | 37        | 35.9    | 35.9          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

| Q25       |           |         |               |                    | Q26       |           |         |               |                    |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
| Valid .00 | 23        | 22.3    | 22.3          | 22.3               | Valid .00 | 39        | 37.9    | 37.9          | 37.9               |
| .25       | 24        | 23.3    | 23.3          | 45.6               | 1.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 44.7               |
| 1.00      | 30        | 29.1    | 29.1          | 74.8               | 1.25      | 6         | 5.8     | 5.8           | 50.5               |
| 1.25      | 4         | 3.9     | 3.9           | 78.6               | 2.00      | 11        | 10.7    | 10.7          | 61.2               |
| 2.00      | 11        | 10.7    | 10.7          | 89.3               | 3.00      | 40        | 38.8    | 38.8          | 100.0              |
| 3.00      | 11        | 10.7    | 10.7          | 100.0              | Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q27

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 52        | 50.5    | 50.5          | 50.5               |
| 1.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 57.3               |
| 1.25      | 7         | 6.8     | 6.8           | 64.1               |
| 2.00      | 17        | 16.5    | 16.5          | 80.6               |
| 3.00      | 20        | 19.4    | 19.4          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

### Frequency Tables for Questions in the POFMAT-II

Q1

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 53        | 51.5    | 51.5          | 51.5               |
| 1.00      | 50        | 48.5    | 48.5          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q2

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 41        | 39.8    | 39.8          | 39.8               |
| 1.00      | 62        | 60.2    | 60.2          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q3

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 15        | 14.6    | 14.6          | 14.6               |
| 1.00      | 88        | 85.4    | 85.4          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q4

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 7         | 6.8     | 6.8           | 6.8                |
| 1.00      | 96        | 93.2    | 93.2          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q5

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 59        | 57.3    | 57.3          | 57.3               |
| 1.00      | 44        | 42.7    | 42.7          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q6

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 34        | 33.0    | 33.0          | 33.0               |
| 1.00      | 69        | 67.0    | 67.0          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q7

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 52        | 50.5    | 50.5          | 50.5               |
| 1.00      | 51        | 49.5    | 49.5          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q8

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 25        | 24.3    | 24.3          | 24.3               |
| 1.00      | 78        | 75.7    | 75.7          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q9

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 35        | 34.0    | 34.0          | 34.0               |
| 1.00      | 68        | 66.0    | 66.0          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q10

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 46        | 44.7    | 44.7          | 44.7               |
| 1.00      | 57        | 55.3    | 55.3          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q11

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 22        | 21.4    | 21.4          | 21.4               |
| 1.00      | 81        | 78.6    | 78.6          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q12

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 38        | 36.9    | 36.9          | 36.9               |
| 1.00      | 65        | 63.1    | 63.1          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q13

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 17        | 16.5    | 16.5          | 16.5               |
| 1.00      | 86        | 83.5    | 83.5          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q14

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 42        | 40.8    | 40.8          | 40.8               |
| 1.00      | 61        | 59.2    | 59.2          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q15

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 20        | 19.4    | 19.4          | 19.4               |
| 1.00      | 83        | 80.6    | 80.6          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q16

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 42        | 40.8    | 40.8          | 40.8               |
| 1.00      | 61        | 59.2    | 59.2          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q17

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 32        | 31.1    | 31.1          | 31.1               |
| 1.00      | 71        | 68.9    | 68.9          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q18

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 81        | 78.6    | 78.6          | 78.6               |
| 1.00      | 22        | 21.4    | 21.4          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q19

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 58        | 56.3    | 56.3          | 56.3               |
| 1.00      | 45        | 43.7    | 43.7          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q20

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 34        | 33.0    | 33.0          | 33.0               |
| 1.00      | 69        | 67.0    | 67.0          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q21

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 10        | 9.7     | 9.7           | 9.7                |
| .25       | 1         | 1.0     | 1.0           | 10.7               |
| 1.00      | 3         | 2.9     | 2.9           | 13.6               |
| 1.25      | 47        | 45.6    | 45.6          | 59.2               |
| 2.00      | 28        | 27.2    | 27.2          | 86.4               |
| 3.00      | 14        | 13.6    | 13.6          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q22

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 53        | 51.5    | 51.5          | 51.5               |
| .25       | 1         | 1.0     | 1.0           | 52.4               |
| 1.00      | 30        | 29.1    | 29.1          | 81.6               |
| 1.25      | 8         | 7.8     | 7.8           | 89.3               |
| 2.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 94.2               |
| 3.00      | 6         | 5.8     | 5.8           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q23

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 68        | 66.0    | 66.0          | 66.0               |
| .25       | 6         | 5.8     | 5.8           | 71.8               |
| 1.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 76.7               |
| 1.25      | 13        | 12.6    | 12.6          | 89.3               |
| 2.00      | 7         | 6.8     | 6.8           | 96.1               |
| 3.00      | 4         | 3.9     | 3.9           | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q24

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 25        | 24.3    | 24.3          | 24.3               |
| .50       | 14        | 13.6    | 13.6          | 37.9               |
| 1.00      | 3         | 2.9     | 2.9           | 40.8               |
| 1.50      | 36        | 35.0    | 35.0          | 75.7               |
| 2.00      | 3         | 2.9     | 2.9           | 78.6               |
| 2.50      | 1         | 1.0     | 1.0           | 79.6               |
| 3.00      | 21        | 20.4    | 20.4          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q25

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 26        | 25.2    | 25.2          | 25.2               |
| 1.00      | 12        | 11.7    | 11.7          | 36.9               |
| 1.25      | 5         | 4.9     | 4.9           | 41.7               |
| 2.00      | 33        | 32.0    | 32.0          | 73.8               |
| 3.00      | 27        | 26.2    | 26.2          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q26

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 64        | 62.1    | 62.1          | 62.1               |
| 1.00      | 13        | 12.6    | 12.6          | 74.8               |
| 1.25      | 6         | 5.8     | 5.8           | 80.6               |
| 2.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 85.4               |
| 3.00      | 15        | 14.6    | 14.6          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q27

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 23        | 22.3    | 22.3          | 22.3               |
| 1.00      | 22        | 21.4    | 21.4          | 43.7               |
| 1.25      | 1         | 1.0     | 1.0           | 44.7               |
| 2.00      | 8         | 7.8     | 7.8           | 52.4               |
| 3.00      | 49        | 47.6    | 47.6          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q28

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 42        | 40.8    | 40.8          | 40.8               |
| 1.00      | 23        | 22.3    | 22.3          | 63.1               |
| 1.25      | 1         | 1.0     | 1.0           | 64.1               |
| 2.00      | 1         | 1.0     | 1.0           | 65.0               |
| 3.00      | 36        | 35.0    | 35.0          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q29

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 20        | 19.4    | 19.4          | 19.4               |
| .50       | 26        | 25.2    | 25.2          | 44.7               |
| 1.00      | 5         | 4.9     | 4.9           | 49.5               |
| 1.50      | 5         | 4.9     | 4.9           | 54.4               |
| 2.00      | 16        | 15.5    | 15.5          | 69.9               |
| 3.00      | 31        | 30.1    | 30.1          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q30

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 31        | 30.1    | 30.1          | 30.1               |
| 1.50      | 12        | 11.7    | 11.7          | 41.7               |
| 3.00      | 60        | 58.3    | 58.3          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

Q31

|           | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-----------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid .00 | 63        | 61.2    | 61.2          | 61.2               |
| .25       | 14        | 13.6    | 13.6          | 74.8               |
| 2.00      | 11        | 10.7    | 10.7          | 85.4               |
| 3.00      | 15        | 14.6    | 14.6          | 100.0              |
| Total     | 103       | 100.0   | 100.0         |                    |

|                | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 1        | 27        | 26.2    | 27.3          | 27.3               |
| 2              | 54        | 52.4    | 54.5          | 81.8               |
| 3              | 3         | 2.9     | 3.0           | 84.8               |
| 4              | 13        | 12.6    | 13.1          | 98.0               |
| 5              | 2         | 1.9     | 2.0           | 100.0              |
| Total          | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing System | 4         | 3.9     |               |                    |
| Total          | 103       | 100.0   |               |                    |

|                | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 1        | 23        | 22.3    | 23.0          | 23.0               |
| 2              | 46        | 44.7    | 46.0          | 69.0               |
| 3              | 12        | 11.7    | 12.0          | 81.0               |
| 4              | 15        | 14.6    | 15.0          | 96.0               |
| 5              | 4         | 3.9     | 4.0           | 100.0              |
| Total          | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing System | 3         | 2.9     |               |                    |
| Total          | 103       | 100.0   |               |                    |

e3

|                | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 1        | 2         | 1.9     | 2.0           | 2.0                |
| 2              | 3         | 2.9     | 3.0           | 5.0                |
| 3              | 10        | 9.7     | 10.0          | 15.0               |
| 4              | 38        | 36.9    | 38.0          | 53.0               |
| 5              | 47        | 45.6    | 47.0          | 100.0              |
| Total          | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing System | 3         | 2.9     |               |                    |
| Total          | 103       | 100.0   |               |                    |

e4

|                | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|----------------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid 1        | 36        | 35.0    | 36.0          | 36.0               |
| 2              | 37        | 35.9    | 37.0          | 73.0               |
| 3              | 10        | 9.7     | 10.0          | 83.0               |
| 4              | 13        | 12.6    | 13.0          | 96.0               |
| 5              | 4         | 3.9     | 4.0           | 100.0              |
| Total          | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing System | 3         | 2.9     |               |                    |
| Total          | 103       | 100.0   |               |                    |

e5

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 9       | 8.7           | 9.1                |
|         | 2         | 23      | 22.3          | 23.2               |
|         | 3         | 26      | 25.2          | 26.3               |
|         | 4         | 29      | 28.2          | 29.3               |
|         | 5         | 11      | 10.7          | 11.1               |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e6

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 2       | 1.9           | 2.0                |
|         | 2         | 9       | 8.7           | 9.1                |
|         | 3         | 24      | 23.3          | 24.2               |
|         | 4         | 42      | 40.8          | 42.4               |
|         | 5         | 22      | 21.4          | 22.2               |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e7

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 7       | 6.8           | 7.1                |
|         | 2         | 17      | 16.5          | 17.2               |
|         | 3         | 23      | 22.3          | 23.2               |
|         | 4         | 35      | 34.0          | 35.4               |
|         | 5         | 17      | 16.5          | 17.2               |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e8

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 20      | 19.4          | 20.2               |
|         | 2         | 39      | 37.9          | 39.4               |
|         | 3         | 16      | 15.5          | 16.2               |
|         | 4         | 17      | 16.5          | 17.2               |
|         | 5         | 7       | 6.8           | 7.1                |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e9

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 6       | 5.8           | 6.1                |
|         | 2         | 18      | 17.5          | 18.2               |
|         | 3         | 18      | 17.5          | 18.2               |
|         | 4         | 33      | 32.0          | 33.3               |
|         | 5         | 24      | 23.3          | 24.2               |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e10

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 14      | 13.6          | 14.1               |
|         | 2         | 53      | 51.5          | 53.5               |
|         | 3         | 12      | 11.7          | 12.1               |
|         | 4         | 13      | 12.6          | 13.1               |
|         | 5         | 7       | 6.8           | 7.1                |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e11

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 14      | 13.6          | 14.0               |
|         | 2         | 24      | 23.3          | 24.0               |
|         | 3         | 15      | 14.6          | 15.0               |
|         | 4         | 33      | 32.0          | 33.0               |
|         | 5         | 14      | 13.6          | 14.0               |
|         | Total     | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e12

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 19      | 18.4          | 19.0               |
|         | 2         | 33      | 32.0          | 33.0               |
|         | 3         | 8       | 7.8           | 8.0                |
|         | 4         | 30      | 29.1          | 30.0               |
|         | 5         | 10      | 9.7           | 10.0               |
|         | Total     | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e13

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 2       | 1.9           | 2.0                |
|         | 2         | 12      | 11.7          | 12.0               |
|         | 3         | 17      | 16.5          | 17.0               |
|         | 4         | 40      | 38.8          | 40.0               |
|         | 5         | 29      | 28.2          | 29.0               |
|         | Total     | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e14

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 7       | 6.8           | 7.1                |
|         | 2         | 14      | 13.6          | 14.3               |
|         | 3         | 27      | 26.2          | 27.6               |
|         | 4         | 32      | 31.1          | 32.7               |
|         | 5         | 18      | 17.5          | 18.4               |
|         | Total     | 98      | 95.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 5       | 4.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e15

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 21      | 20.4          | 21.4               |
|         | 2         | 44      | 42.7          | 44.9               |
|         | 3         | 12      | 11.7          | 12.2               |
|         | 4         | 16      | 15.5          | 16.3               |
|         | 5         | 5       | 4.9           | 5.1                |
|         | Total     | 98      | 95.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 5       | 4.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e16

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 1       | 1.0           | 1.0                |
|         | 2         | 12      | 11.7          | 12.0               |
|         | 3         | 15      | 14.6          | 15.0               |
|         | 4         | 44      | 42.7          | 44.0               |
|         | 5         | 28      | 27.2          | 28.0               |
|         | Total     | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e17

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 31      | 30.1          | 31.0               |
|         | 2         | 24      | 23.3          | 24.0               |
|         | 3         | 13      | 12.6          | 13.0               |
|         | 4         | 21      | 20.4          | 21.0               |
|         | 5         | 11      | 10.7          | 11.0               |
|         | Total     | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e18

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 2         | 35      | 34.0          | 35.4               |
|         | 3         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 4         | 16      | 15.5          | 16.2               |
|         | 5         | 10      | 9.7           | 10.1               |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e19

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 45      | 43.7          | 45.0               |
|         | 2         | 41      | 39.8          | 41.0               |
|         | 3         | 7       | 6.8           | 7.0                |
|         | 4         | 4       | 3.9           | 4.0                |
|         | 5         | 3       | 2.9           | 3.0                |
| Total   |           | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e20

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 6       | 5.8           | 6.1                |
|         | 2         | 15      | 14.6          | 15.2               |
|         | 3         | 20      | 19.4          | 20.2               |
|         | 4         | 38      | 36.9          | 38.4               |
|         | 5         | 20      | 19.4          | 20.2               |
| Total   |           | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e21

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 6       | 5.8           | 6.1                |
|         | 2         | 37      | 35.9          | 37.4               |
|         | 3         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 4         | 25      | 24.3          | 25.3               |
|         | 5         | 12      | 11.7          | 12.1               |
| Total   |           | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e22

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 35      | 34.0          | 35.0               |
|         | 2         | 38      | 36.9          | 38.0               |
|         | 3         | 13      | 12.6          | 13.0               |
|         | 4         | 10      | 9.7           | 10.0               |
|         | 5         | 4       | 3.9           | 4.0                |
| Total   |           | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e23

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 2         | 45      | 43.7          | 45.5               |
|         | 3         | 18      | 17.5          | 18.2               |
|         | 4         | 13      | 12.6          | 13.1               |
|         | 5         | 4       | 3.9           | 4.0                |
| Total   |           | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e24

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 23      | 22.3          | 23.2               |
|         | 2         | 35      | 34.0          | 35.4               |
|         | 3         | 15      | 14.6          | 15.2               |
|         | 4         | 18      | 17.5          | 18.2               |
|         | 5         | 8       | 7.8           | 8.1                |
| Total   |           | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e25

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 20      | 19.4          | 20.0               |
|         | 2         | 49      | 47.6          | 49.0               |
|         | 3         | 22      | 21.4          | 22.0               |
|         | 4         | 7       | 6.8           | 7.0                |
|         | 5         | 2       | 1.9           | 2.0                |
| Total   |           | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e26

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 4       | 3.9           | 4.0                |
|         | 2         | 29      | 28.2          | 29.0               |
|         | 3         | 47      | 45.6          | 47.0               |
|         | 4         | 14      | 13.6          | 14.0               |
|         | 5         | 6       | 5.8           | 6.0                |
| Total   |           | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e27

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 35      | 34.0          | 35.0               |
|         | 5         | 65      | 63.1          | 65.0               |
| Total   |           | 100     | 97.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e28

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 52      | 50.5          | 52.5               |
|         | 4         | 1       | 1.0           | 1.0                |
|         | 5         | 46      | 44.7          | 46.5               |
| Total   |           | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

e29

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 31      | 30.1          | 31.6               |
|         | 5         | 67      | 65.0          | 68.4               |
| Total   |           | 98      | 95.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 5       | 4.9           |                    |
| Total   |           | 103     | 100.0         |                    |

### Frequency Tables for Items in the POMPEX

e1

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 1         | 13      | 12.6          | 12.6               |
|       | 2         | 37      | 35.9          | 48.5               |
|       | 3         | 17      | 16.5          | 65.0               |
|       | 4         | 28      | 27.2          | 92.2               |
|       | 5         | 8       | 7.8           | 100.0              |
| Total |           | 103     | 100.0         |                    |

e2

|       | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|-------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid | 1         | 18      | 17.5          | 17.5               |
|       | 2         | 38      | 36.9          | 54.4               |
|       | 3         | 10      | 9.7           | 64.1               |
|       | 4         | 30      | 29.1          | 93.2               |
|       | 5         | 7       | 6.8           | 100.0              |
| Total |           | 103     | 100.0         |                    |

e3

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 2       | 1.9           | 2.0                |
| 2       | 3         | 2.9     | 3.0           | 5.0                |
| 3       | 10        | 9.7     | 10.0          | 15.0               |
| 4       | 38        | 36.9    | 38.0          | 53.0               |
| 5       | 47        | 45.6    | 47.0          | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e4

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 36      | 35.0          | 36.0               |
| 2       | 37        | 35.9    | 37.0          | 73.0               |
| 3       | 10        | 9.7     | 10.0          | 83.0               |
| 4       | 13        | 12.6    | 13.0          | 96.0               |
| 5       | 4         | 3.9     | 4.0           | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e5

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 9       | 8.7           | 9.1                |
| 2       | 23        | 22.3    | 23.2          | 32.3               |
| 3       | 26        | 25.2    | 26.3          | 58.6               |
| 4       | 29        | 28.2    | 29.3          | 87.9               |
| 5       | 11        | 10.7    | 11.1          | 99.0               |
| 6       | 1         | 1.0     | 1.0           | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e6

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 2       | 1.9           | 2.0                |
| 2       | 9         | 8.7     | 9.1           | 11.1               |
| 3       | 24        | 23.3    | 24.2          | 35.4               |
| 4       | 42        | 40.8    | 42.4          | 77.8               |
| 5       | 22        | 21.4    | 22.2          | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e7

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 7       | 6.8           | 7.1                |
| 2       | 17        | 16.5    | 17.2          | 24.2               |
| 3       | 23        | 22.3    | 23.2          | 47.5               |
| 4       | 35        | 34.0    | 35.4          | 82.8               |
| 5       | 17        | 16.5    | 17.2          | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e8

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 20      | 19.4          | 20.2               |
| 2       | 39        | 37.9    | 39.4          | 59.6               |
| 3       | 16        | 15.5    | 16.2          | 75.8               |
| 4       | 17        | 16.5    | 17.2          | 92.9               |
| 5       | 7         | 6.8     | 7.1           | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e9

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 6       | 5.8           | 6.1                |
| 2       | 18        | 17.5    | 18.2          | 24.2               |
| 3       | 18        | 17.5    | 18.2          | 42.4               |
| 4       | 33        | 32.0    | 33.3          | 75.8               |
| 5       | 24        | 23.3    | 24.2          | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e10

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 14      | 13.6          | 14.1               |
| 2       | 53        | 51.5    | 53.5          | 67.7               |
| 3       | 12        | 11.7    | 12.1          | 79.8               |
| 4       | 13        | 12.6    | 13.1          | 92.9               |
| 5       | 7         | 6.8     | 7.1           | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e11

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 14      | 13.6          | 14.0               |
| 2       | 24        | 23.3    | 24.0          | 38.0               |
| 3       | 15        | 14.6    | 15.0          | 53.0               |
| 4       | 33        | 32.0    | 33.0          | 86.0               |
| 5       | 14        | 13.6    | 14.0          | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e12

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 19      | 18.4          | 19.0               |
| 2       | 33        | 32.0    | 33.0          | 52.0               |
| 3       | 8         | 7.8     | 8.0           | 60.0               |
| 4       | 30        | 29.1    | 30.0          | 90.0               |
| 5       | 10        | 9.7     | 10.0          | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e13

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 2       | 1.9           | 2.0                |
| 2       | 12        | 11.7    | 12.0          | 14.0               |
| 3       | 17        | 16.5    | 17.0          | 31.0               |
| 4       | 40        | 38.8    | 40.0          | 71.0               |
| 5       | 29        | 28.2    | 29.0          | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e14

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 7       | 6.8           | 7.1                |
| 2       | 14        | 13.6    | 14.3          | 21.4               |
| 3       | 27        | 26.2    | 27.6          | 49.0               |
| 4       | 32        | 31.1    | 32.7          | 81.6               |
| 5       | 18        | 17.5    | 18.4          | 100.0              |
| Total   | 98        | 95.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 5       | 4.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e15

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 21      | 20.4          | 21.4               |
| 2       | 44        | 42.7    | 44.9          | 66.3               |
| 3       | 12        | 11.7    | 12.2          | 78.6               |
| 4       | 16        | 15.5    | 16.3          | 94.9               |
| 5       | 5         | 4.9     | 5.1           | 100.0              |
| Total   | 98        | 95.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 5       | 4.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e16

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 1       | 1.0           | 1.0                |
| 2       | 12        | 11.7    | 12.0          | 13.0               |
| 3       | 15        | 14.6    | 15.0          | 28.0               |
| 4       | 44        | 42.7    | 44.0          | 72.0               |
| 5       | 28        | 27.2    | 28.0          | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e17

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 31      | 30.1          | 31.0               |
|         | 2         | 24      | 23.3          | 55.0               |
|         | 3         | 13      | 12.6          | 68.0               |
|         | 4         | 21      | 20.4          | 89.0               |
|         | 5         | 11      | 10.7          | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e18

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 2         | 35      | 34.0          | 54.5               |
|         | 3         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 4         | 16      | 15.5          | 16.2               |
|         | 5         | 10      | 9.7           | 10.1               |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e19

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 45      | 43.7          | 45.0               |
|         | 2         | 41      | 39.8          | 86.0               |
|         | 3         | 7       | 6.8           | 93.0               |
|         | 4         | 4       | 3.9           | 97.0               |
|         | 5         | 3       | 2.9           | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e20

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 6       | 5.8           | 6.1                |
|         | 2         | 15      | 14.6          | 21.2               |
|         | 3         | 20      | 19.4          | 20.2               |
|         | 4         | 38      | 36.9          | 38.4               |
|         | 5         | 20      | 19.4          | 20.2               |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e21

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 6       | 5.8           | 6.1                |
|         | 2         | 37      | 35.9          | 43.4               |
|         | 3         | 19      | 18.4          | 62.6               |
|         | 4         | 25      | 24.3          | 87.9               |
|         | 5         | 12      | 11.7          | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e22

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 35      | 34.0          | 35.0               |
|         | 2         | 38      | 36.9          | 73.0               |
|         | 3         | 13      | 12.6          | 86.0               |
|         | 4         | 10      | 9.7           | 96.0               |
|         | 5         | 4       | 3.9           | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e23

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 19      | 18.4          | 19.2               |
|         | 2         | 45      | 43.7          | 45.5               |
|         | 3         | 18      | 17.5          | 82.8               |
|         | 4         | 13      | 12.6          | 96.0               |
|         | 5         | 4       | 3.9           | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e24

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 23      | 22.3          | 23.2               |
|         | 2         | 35      | 34.0          | 58.6               |
|         | 3         | 15      | 14.6          | 73.7               |
|         | 4         | 18      | 17.5          | 91.9               |
|         | 5         | 8       | 7.8           | 100.0              |
| Total   | 99        | 96.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e25

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 20      | 19.4          | 20.0               |
|         | 2         | 49      | 47.6          | 69.0               |
|         | 3         | 22      | 21.4          | 91.0               |
|         | 4         | 7       | 6.8           | 98.0               |
|         | 5         | 2       | 1.9           | 100.0              |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e26

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 4       | 3.9           | 4.0                |
|         | 2         | 29      | 28.2          | 33.0               |
|         | 3         | 47      | 45.6          | 47.0               |
|         | 4         | 14      | 13.6          | 94.0               |
|         | 5         | 6       | 5.8           | 6.0                |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e27

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 35      | 34.0          | 35.0               |
|         | 5         | 65      | 63.1          | 65.0               |
| Total   | 100       | 97.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 3       | 2.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

e28

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 52      | 52.5          | 52.5               |
|         | 4         | 1       | 1.0           | 53.5               |
|         | 5         | 46      | 44.7          | 46.5               |
|         | Total     | 99      | 96.1          | 100.0              |
| Missing | System    | 4       | 3.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

|         | Frequency | Percent | Valid Percent | Cumulative Percent |
|---------|-----------|---------|---------------|--------------------|
| Valid   | 1         | 31      | 30.1          | 31.6               |
|         | 5         | 67      | 65.0          | 68.4               |
| Total   | 98        | 95.1    | 100.0         |                    |
| Missing | System    | 5       | 4.9           |                    |
| Total   | 103       | 100.0   |               |                    |

## APPENDIX S

### PERMISSION DOCUMENT



1956

a Doğu Teknik Üniversitesi  
İde East Technical University  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Graduate School of  
atural and Applied Sciences  
06531 Ankara, Türkiye  
Phone: +90 (312) 2102292  
Fax: +90 (312) 2107959  
[www.fbe.metu.edu.tr](http://www.fbe.metu.edu.tr)

Sayı:B.30.2.ODT.040.05.02/126/2190

10.09.2009

GÖNDERİLEN: Doç. Dr. Belgin Ayvaşık  
Rektör Danışmanı

GÖNDEREN : Prof.Dr.Gürsevil Turan  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Müdür Yardımcısı

KONU : Sevda Yerdelen Damar hk.

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi EABD doktora programı öğrencisi Sevda Yerdelen Damar'ın Ekim 2009-Mayıs 2010 tarihleri arasında "Üst Bilişim ve Epistemoloji Zenginleştirilmiş 7E Öğrenme Döngüsü Modelinin Fizik Eğitiminde Kullanılması" başlıklı araştırmasına ilişkin hazırlanan ekli listede belirtilen liselerde uygulama yapmak için görevlendirme başvurusu incelenmiş; ilgili danışman görüşüne dayanarak adı geçen öğrencinin isteği doğrultusunda görevlendirilmesine Etik Komite onayı koşulu ile uygun görülmüştür.

Gereği için bilgilerinize saygılarımla sunarım.

Ek: EYK kararı ve ekleri

Etik Komite Onayı

Uygundur

10.09.2009

Prof.Dr.Canan Özgen  
Uygulamalı Etik Araştırma  
Merkezi (UEAM) Başkanı  
ODTÜ 06531 ANKARA

## CURRICULUM VITAE

### Sevda YERDELEN DAMAR

#### Current Contact Information

Middle East Technical University, Faculty of Education,  
Department of Secondary Science and Mathematics  
Education, 06800 Ankara / TURKEY  
Phone: +903122104195  
E-mail: syerdelen@gmail.com,

#### EDUCATION

|      |             |  |
|------|-------------|--|
| 2013 | <b>PhD:</b> | Middle East Technical University,<br>Secondary Science and Mathematics Education |
| 2004 | <b>MS:</b>  | Gazi University, Physics Education, Ankara                                       |
| 2004 | <b>BS:</b>  | Gazi University, Physics Education, Ankara                                       |
| 1999 | <b>HS:</b>  | Buca Betontaş High School, İzmir   |

#### WORK EXPERIENCE

|                               |   |
|-------------------------------|---|
|                               | <b>Enrollment</b>   |
| <b>2004- Present</b>          | Middle East Technical University, Faculty,<br>Research Assistant<br>Faculty of Education,<br>Department of Secondary Science<br>and Mathematics Education |
| <b>January 2011- May 2012</b> | University of Maryland, Physics Education<br>Research Group, Visiting Researcher  |

#### RESEARCH AREAS

Physics Education  
Epistemology  
Metacognition  
Conceptual Understanding  
Inquiry-Based Teaching

#### PUBLICATIONS

1. Yerdelen-Damar, S., Elby, A., & Eryilmaz, A. (2012). Applying beliefs and resources frameworks to the psychometric analyses of an epistemology survey. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8(1), 010104-(1-10). ( **Indexed in SSCI** )
2. Yerdelen-Damar, S. & Eryılmaz, A. (2010). Questions about physics: The case of a Turkish ‘ask a scientist’ website. *Research in Science Education*. 40(2), 223-238. ( **Indexed in SSCI** )

#### CONFERENCE PAPERS

##### International Conferences

1. Yerdelen-Damar, S., & Eryılmaz, A (2012). The Impact of the Metacognitive Inquiry-Based Instruction on Physics Self-Efficacy. Paper presented at Applied Education Congress (APPED), September 13-15, 2012, Ankara, Turkey
2. Yerdelen-Damar, S., & Eryılmaz, A (2012). Explicitly Emphasizing Metacognition and Epistemology in Inquiry-Based Physics Teaching: The Impacts on Students' Epistemological Understandings. Paper presented at World Conference on Physics Education (WCPE)- 2012, July 1-6, 2012, Istanbul, Turkey

3. Yerdelen-Damar, S., & Elby, A. (2011). The Effect of High-Stake Testing on Students' Learning Approaches in Physics. Paper presented at Physics Education Research Conference 2011, August 3-4, 2011, Omaha, NE.
4. Yerdelen-Damar, S.(2011). Does Reading Physics Textbooks Help Resolve the Contradictions? Paper presented at 2011 AAPT Summer Meeting, July 30 –August 3, 2011, Omaha, NE.
5. Yerdelen-Damar, S., & Eryilmaz, A. (2011). The Effectiveness of Epistemologically and Metacognitively Stimulated Learning Cycle Method on 10<sup>th</sup> Grade Students' Physics Achievement. Paper presented at NARST 2011, April 3-6, 2011, Florida, USA
6. Yerdelen-Damar, S & Pesman,H.(2010). The Effects of School Type, Grade Level and Gender on High School Students' Metacognition. Poster presented at NARST 2010-Research into Practice: Practice Informing Research , March 21-24, 2010, Philadelphia,USA
7. Yerdelen-Damar, S., & Ozdemir, O. F. (2009). Approaching to Transfer in the Perspective of Actor-Oriented Model. Paper presented at ESERA 2009 Conference (European Science Education Research Association), August 31–September 4, 2009, Istanbul, Turkey.
8. Pesman,H., & Yerdelen-Damar, S (2009). Investigating Factors Affecting High School Students' Physics Self-Efficacy. Paper presented at ESERA 2009 Conference (European Science Education Research Association), August 31 –September 4, 2009, Istanbul, Turkey.
9. Yerdelen-Damar, S., Ustun,U., & Eryilmaz, A. (2009). Cognitive Strategies Used by Pre-Service Physics Teachers. Paper presented at FISER'09 - Frontiers in Science Education Research Conference: An international conference on science and mathematics education research, March 22-24, 2009. Famagusta, Cyprus.
10. Yerdelen-Damar, S., Ustun,U., & Eryilmaz, A. (2008) Promoting Pre-Service Physics Teachers' Metacognitive Skills Through Self-Evaluation. Paper presented at GIREP- International Research Group on Physics Teaching, Physics Curriculum Design, Development and Validation, August 18 - 22 2008, Nicosia, Cyprus.
11. Yerdelen S.,& Dönertas, S. (2007). Can Sixth Grade Science Textbook Reflect The Reforms Made In The Turkish Curriculum? Paper presented at the International Organization for Science and Technology Education (IOSTE), International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbook February. 07-10, 2007. Hammamet, Tunisia

### **National Conferences**

1. Yerdelen-Damar, S. & Demirdogen, B. (2008).Fizik Öğretmen Adaylarının Zihinlerindeki Öğretmen Modelinin Belirlenmesi. 8. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 27-29 Ağustos 2008, Bolu, Turkey
2. Ustun,U., Yerdelen-Damar, S., & Eryilmaz, A. (2008). Öğretmen Adaylarının Lise Seviyesindeki Fizik Ve Pedagojik Alan Bilgilerini Artırmak İçin Açılan Derslerin Verimliliği. 8. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 27-29 Ağustos 2008, Bolu,Turkey
3. Ustun,U., Yerdelen-Damar, S., & Eryilmaz, A. (2008). Tartışma Grubu: Fizik Kavramlarının Yaşam Temelli Verilmesi İle İlgili Uygulama Çalıştayı. 8. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 27-29 Ağustos 2008, Bolu, Turkey.

### **HONORS AND AWARDS**

- June 2004: Graduation with the First Rank at the Department of Physics Education, Gazi University, Ankara, Turkey
- 1999-2004: First Ranks at the Department of Physics Education, Gazi University, Ankara, Turkey
- June, 1999: Graduation with the First Rank at Buca Betontas High School, Izmir, Turkey
- 1996-1999: First Ranks at Buca Betontas High School, Izmir, Turkey

### **GRANTS AND FELLOWSHIPS**

- The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK), PhD Fellowship
- The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Abroad Research Fellowship, 2010 (12 Months)