

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A PROGRAMMABLE
SIMULATION TOOL FOR LEARNING PHYSICS

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

BY

ERKİN TUNCA

IN PARTIAL FULLFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
OF MASTER OF SCIENCE
IN
THE DEPARTMENT OF SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS
EDUCATION

DECEMBER 2003

Approval of the Graduate School of Natural and Applied Sciences.

Prof. Dr. Canan ÖZGEN

Director

I certify that this thesis satisfies all the requirements as a thesis for the degree of
Master of Science.

Prof. Dr. Ömer GEBAN

Head of Department

This is to certify that we have read this thesis and that in our option it is fully
adequate, in scope and quality, as a thesis for the degree of Master of Science.

Assist. Prof. Dr. Ali ERYILMAZ

Supervisor

Examining Committee Members

Prof. Dr. Ali GÖKMEN

Assist. Prof. Dr. Kürşat ÇAĞILTAY

Assist. Prof. Dr. Erdinç ÇAKIROĞLU

Assist. Prof. Dr. Ali ERYILMAZ

Dr. Ahmet İlhan ŞEN

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A PROGRAMMABLE SIMULATION TOOL FOR LEARNING PHYSICS

Tunca, Erkin

M.S., Department of Secondary Science and Mathematics Education

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali Eryılmaz

December 2003, 252 Pages

This study developed the software named as “Physical World” which is a virtual laboratory program focusing on Newtonian Physics, which supports two modes called the “studying by observation” and “studying by programming”. In “studying by observation” mode, the motion is calculated due to equations known by the computer. And in “studying by programming” mode, students write equations of

motion and the computer calculates motion due to those equations. A total of six high school second grade students studied force and motion concepts, using Physical World with assistance of one instructor, six hours each. Two of the students studied with “studying by observation”, two of the students studied with “studying by programming”, and two of the students studied with use of both of the modes. All students received a test with 10 items chosen from FCI as a pretest and received the same test as a posttest. Students’ test results were examined to find effects of Physical World’s two modes and use of both of the modes over misconceptions about physics. Their actions and responds were examined to find Physical World’s effects on scientific thinking for each of the three groups. Four specialists from related fields examined the software and filled evaluation forms and stated feedbacks.

From the responds of students during the studies, evidence of positive effect of using the “studying by programming” mode on scientific thinking was found. And evidence of positive effect of using both modes on misconceptions was found.

Keywords: Programming, Physics education, Java, Programmable simulation, Modelling, Misconceptions, Physical World

ÖZ

FİZİK ÖĞRENİMİ İÇİN PROGRAMLANABİLİR SİMÜLASYON ARACI GELİŞTİRİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tunca, Erkin

Yüksek Lisans, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Ali Eryılmaz

Aralık 2003, 252 Sayfa

Bu çalışma Newton fiziğine odaklanan, “gözlemleyerek çalışma” ve “programlayarak çalışma” adlı iki modu destekleyen “Fiziksel Dünya” adlı sanal laboratuar programını geliştirdi. “Gözlemleyerek çalışma” modunda hareket, bilgisayarın bildiği denklemlere göre hesaplanmaktadır. “Programlayarak çalışma” modunda ise öğrenciler hareket denklemlerini yazmakta ve hesaplamalar bu

denklemelere göre yapılmaktadır. Toplam altı lise iki öğrencisi altışar saat Fiziksel Dünya'yı kullanarak, bir eğitmen yardımcı ile, kuvvet ve hareket kavramlarını çalıştırıldı. İki öğrenci "gözlemleyerek çalışma" modu, iki öğrenci "programlayarak çalışma" modu ve iki öğrenci her iki modun karışımı ile çalıştırıldı. Tüm öğrenciler FCI'dan seçilmiş 10 soruluk bir kuvvet kavram testini ön test ve son test olarak aldılar. Öğrencilerin test sonuçları, Fiziksel Dünya'nın iki modunun ve iki modun birlikte kullanımının, kavram yanılıqları üzerinde etkilerinin bulunması için incelendi. Öğrencilerin çalışmalar sırasında faaliyetleri, her grup için, Fiziksel Dünya'nın bilimsel düşünme üzerindeki etkisinin bulunması için incelendi. İlgili alanlardan dört uzman, yazılımı inceledi, değerlendirme formları doldurdu ve geri bildirimlerde bulundu.

Öğrencilerin çalışmalar sırasında faaliyetlerinden, "programlayarak çalışma" modunun bilimsel düşünmeye pozitif etkisi için kanıtlar bulundu. Ve iki modun birlikte kullanımının kavram yanılışlarına pozitif etkisi için kanıtlar bulundu.

Anahtar kelimeler: Programlama, Fizik eğitimi, Java, Programlanabilir simülasyon, Modelleme, Kavram yanılıqları, Fiziksel Dünya

ACKNOWLEDGMENTS

This study would not have met its objectives without the help of a number of people who unconditionally supported me.

I am very thankful to Assist. Prof. Dr. Ali Eryilmaz for the amount of time and effort he put to complete this thesis. He guided me through the best way it could have been with all of his gentleness.

I would like to thank all specialists, students and their parents who contributed to this study.

I am very grateful to my wife who has been very supportive and patient all through this study.

I am also very grateful to my friends Derya Cenk and Murat Cenk who enourmously helped and supported me through the study.

Thank you all very much.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT.....	III
ÖZ.....	V
ACKNOWLEDGMENTS.....	VII
TABLE OF CONTENTS.....	VIII
LIST OF TABLES.....	XIII
LIST OF FIGURES.....	XV
CHAPTERS	
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 The Main Problem and Sub-problems.....	6
1.1.1 The Main Problem.....	6
1.1.2 The Sub-problems Related to Development.....	6
1.1.3 The Sub-problems Related to Evaluation.....	7
1.2 Solutions of the Sub-problems of the Study	7
1.3 Definition of Important Terms.....	11
1.4 Significance of the Study.....	12
2. REVIEW OF RELATED LITERATURE.....	15
2.1 Instructional Design and Technology.....	15
2.2 Computers and Simulations in Physics Education.....	20

2.3 Programming and Physics Education.....	24
2.4 Existing Simulation Tools.....	27
2.5 Evaluation of Simulation Tools.....	31
2.6 Misconceptions about Force and Motion.....	33
2.7 Summary of the Findings of the Reviewed Studies.....	36
3. METHODS.....	38
3.1 Method of Development.....	38
3.1.1 Requirement Determination of Physical World.....	39
3.1.2 Analysis of Physical World.....	40
3.1.2.1 Analysis of Why to Develop a New Application.....	40
3.1.2.2 Analysis of How to Develop the Application.....	42
3.1.3 Design of Physical World.....	45
3.1.4 Software Implementation of Physical World.....	48
3.2 Method of Evaluation.....	56
3.2.1 Evaluation with Students.....	57
3.2.2 Evaluation with Specialists.....	66
3.3 Method of Revision.....	68
3.4 Measuring Tools.....	70
3.4.1 Measuring Tools for Evaluation with Students.....	70
3.4.1.1 Student Profile Form.....	70
3.4.1.2 Force Concept Test Items from FCI	71
3.4.2 Evaluation Form for Specialists.....	72

3.4.3 Validity and Reliability of Measuring Tools.....	74
3.5 Procedure.....	75
3.6 Assumptions.....	78
4. RESULTS.....	80
4.1 Results of Development.....	80
4.1.1 Results of Requirement Determination.....	81
4.1.2 Results of Analysis.....	83
4.1.2.1 Results of Analysis of Why to Develop a New Application.....	83
4.1.2.2 Results of Analysis of How to Develop the Application.....	83
4.1.3 Results of Design of Physical World.....	87
4.1.4 Results of Software Implementation of Physical World.....	90
4.1.4.1 User Interfaces of Physical World.....	91
4.1.4.2 Results of Implementation of Physical Simulation Package.....	98
4.1.4.3 Results of Implementation of Programming Language Package.....	103
4.2 Results of Evaluation.....	105
4.2.1 Results of Evaluation with Students.....	105
4.2.1.1 Information about Students Related to Computers and Physics.....	106
4.2.1.2 Students' Attitudes towards Physics.....	108

4.2.1.3 Students' Computer Usage.....	109
4.2.1.4 Students' Preference of "Studying by Observation" or "Studying by Programming"	115
4.2.1.5 Pretest and Posttest Results and Misconceptions.....	118
4.2.1.6 Students' Attainment of Procedures for Topic 4 and Topic 7.....	130
4.2.1.6.1 Results of Procedure for Topic 4: Directing a Mass in Real-time.....	130
4.2.1.6.2 Results of Procedure for Topic 7 in the "Studying by Observation Mode": Air Friction Experiment.....	132
4.2.1.6.3 Results of Procedure for Topic 7 in the "Studying by Programming Mode": Air Friction Experiment.....	133
4.2.2 Results of Evaluation with Specialists.....	138
4.3 Results of Revision.....	143
4.4 Summary of Results.....	156
4.4.1 Summary of Results of Development.....	156
4.4.2 Summary of Results of Evaluation and Revision.....	157
5. CONLUSIONS, DISCUSSION AND IMPLICATIONS.....	160
5.1 Conclusions.....	160
5.2 Discussion.....	161
5.3 Implications.....	165
5.4 Recommendations for Further Studies.....	166

REFERENCES.....	169
APPENDICES	
A. Purposes of the Study and Objectives of the Applications with Students	173
B. Specialist's Evaluation Form for Physical World	185
C. Student Profile Form.....	192
D. Force Concept Pretest Items from FCI	195
E. Force Concept Posttest Items from FCI.....	203
F. Parents' Permission Form for the Student	210
G. Physical World User Manuel.....	211
H. Physical World User Manual for Studying by Observation.....	234
I. Physical World User Manual for Studying by Programming.....	243
J. Source Code and Installation Files CD for Physical World	

LIST OF TABLES

TABLE

3.1	Properties of alternative programming languages for Physical World.....	43
3.2	Properties of the two modes of Physical World.....	54
3.3	Study program for group A.....	59
3.4	Study program for group B.....	60
3.5	Study program for group C.....	60
3.6	Mapping of the topics on Appendix A.....	61
4.1	Students in the actual study.....	106
4.2	Students' parents' education status and occupation.....	106
4.3	Responses of students to items for the information concerning computers and physics.....	107
4.4	Responses of students to items for students' attitudes towards physics.....	108
4.5	Responses of students to item 5 in the Student Profile Form.....	109
4.6	Responses of students to item 14 in the Student Profile Form.....	111
4.7	Responses of students to item 15 in the Student Profile Form.....	113
4.8	Responses of students to item 16 in the Student Profile Form.....	114
4.9	Responses of students to item 17 in the Student Profile Form.....	115

4.10	Results of the pretest and the posttest for students.....	119
4.11	Results of the pretest and the posttest for groups.....	119
4.12	Pretest items and items' alternatives showing evidence of misconceptions.....	121
4.13	Posttest items and items' alternatives showing evidence of misconceptions, and corresponding items in the pretest.....	122
4.14	Misconception results of the pretest and the posttest for students.....	122
4.15	Misconception results of the pretest and the posttest for groups.....	123
4.16	Students' detailed responses and misconceptions in the pretest.....	123
4.17	Students' detailed responses and misconceptions in the posttest.....	124
4.18	Students' responds to how sure of the selected choice in the pretest...	124
4.19	Students' responds to how sure of the selected choice in the posttest...	125
4.20	Specialists' general evaluation of Physical World.....	139
4.21	Effect of first study and second study on misconceptions, according to the specialists' views.....	141

LIST OF FIGURES

FIGURE

2.1	Doppler Physlet viewed by internet browsers.....	19
3.1	Set relationships between method, class, and package.....	46
3.2	First sketch of the virtual laboratory in the design stage of Physical World.....	48
3.3	Programming lines of Physical World.....	51
3.4	Main window of Physical World.....	55
3.5	Rectangular track of a mass to be completed in experiment in Topic 4....	62
4.1	JCreator 2.5 LE “about window”	84
4.2	Package dependency relations of Physical World.....	91
4.3	The Main Window.....	92
4.4	JCreator’s Project Setting Menu.....	93
4.5	Experiment Components Window.....	94
4.6	Experiment Components Window in “study by programming mode”.....	95
4.7	Component Info Window of mass m.....	97
4.8	Items for the information concerning computers and physics for students.....	107
4.9	Items for students’ attitudes towards physics.....	108

4.10	Item 5 in the Student Profile Form.....	109
4.11	Item 16 in the Student Profile Form; Purposes table.....	113
4.12	Item 16 in the Student Profile Form; Student's preference table.....	113
4.13	Rectangular track of the mass in Topic 4.....	131

CHAPTER 1

INTRODUCTION

Watching The Eiffel Tower of Paris is a delightful feeling. Nevertheless, this feeling cannot teach us how the wonderful 300 meters high tower resists 7175 tons since 1889. To learn how, one should investigate the principles that lie underneath the consequence. And to learn the best, one should build a tower like The Eiffel. At schools and in many other environments, students are treated mostly like tourists watching The Eiffel Tower, rather than engineers and scientists. Benefiting from students' curiosity, they should be given the opportunity to discover any principle that lies underneath a mechanism. Without knowing the principles of a mechanism, no scientist can find a certain solution. Every educational system should examine how much a student is given the opportunity to discover principles and how much it is expected from her/him to find certain solutions to problems. Generally students are not given adequate opportunity of discovery to satisfy their curiosity, but solving difficult problems is always expected. This contradictory approach is a common situation in education.

Educational computer applications are a part of the contradiction as well.

Many educational computer applications do not support enough interactivity. Many of them have no advantage over written material. Computers are cost effective resources for science education when used properly. This study focuses on a proper way of computer usage in physics education, which is the development and evaluation of an educational computer application, which enables students to manipulate the motion of particles in a virtual laboratory by “programming”. The purpose of the application is to present opportunities for students to watch, investigate and build The Eiffel Tower.

Educational simulations are designed to teach someone about a system by observing the result of actions or decisions through feedback generated by the simulation in real – time, accelerated time, or slowed time. There are three major design components to an educational simulation: the underlying model, the simulation’s scenario, and the instructional overlay. The underlying model refers to the mathematical relationships. The scenario presents the simulation in either a real or an imaginary situation. The instructional overlay includes any features, options, or information embedded in the simulation to help the user (Rieber, 1996).

Simulation systems offer a simple route to the study of possible models, of varying degrees of complexity, for a physical problem. By using microcomputers, two alternatives are possible: to use simulation software, where the models are produced by a programmer and the students can only change the input parameters; or to teach students the rudiments of some programming language in order to simulate a

fairly simple system on any microcomputer. The first alternative is concerned with model analysis rather than with modeling, the second has shown good results at university level with students who were already familiar with one computer language (Andaloro, Donzelli and Sperando-Mineo, 1991). The approach here points at an important condition that programming shows good results at university level with students who were already familiar with one computer language. In this study, Physical World aims to overcome that condition. First, Physical World aims to address at high school students with simplified usage. Second, Physical World aims to address at students who may not know a computer language. Physical World offers a simple script language which requires only simple calculus knowledge and simple typing skills. This script language is designed to provide scientific concepts by use of certain descriptors. These descriptors are taken from Hestenes's (1986) theoretical approach to modeling; "There are three types of descriptors: object variables, state variables, and interaction variables. Object variables represent intrinsic properties of the object. For example, mass and charge are object variables for an electron, while moment of inertia and specifications of size and shape are object variables for a rigid body... State variables represent intrinsic properties with values which may vary with time. For example, position and velocity are state variables for a particle... An interaction variable represents the interaction of some external object (called an agent) with the object being model. The basic interaction variable in mechanics is the force vector..." Physical World follows exactly the same approach, providing variables for each of the descriptor types.

Flick (1990) points at an important consideration. The interaction of intuitive physics with computer simulated physics results a limited level of learning. When students are not aware of Newtonian Physics, they tend to learn physics intuitively. This intuition is directed by their conceptions about motion. When a computer simulated physics case is presented to a student, they make use of their conceptions to understand the case. Therefore computer simulations do not help changing intuitive conceptions. A study conducted by Flick (1990) shows evidence for this consequence. In the study students with an average age of 12 years used a computer application where the keyboard inputs were meant to be force. By using keyboard, students were allowed to apply forces in any direction and observe motion through the simulation. When this application is compared with common virtual physics laboratories, it is even more interactive, though its results show limited effect on understanding physics concepts. The same case is true for simulation tools that do not guide students through mathematical representations of motion. Students can achieve certain goals when they represent motion mathematically.

“What is the reason underneath this event?” is a common question what makes a scientist. Newton asks for the reason underneath the elliptical path of the earth around the sun. In general, physicists ask for the reason underneath “motion”. Newtonian Physics offers key solutions to the problem of “motion”; time is the independent variable of the universe, change in position is dependent on velocity and time, change in velocity is dependent on force, mass and time, and force is dependent on the states of the universe. The Newtonian Physics offers solutions to understand

the concept of motion with use of the logic of this dependency relation. When written mathematically, this dependency relation is simply in the form of a second order differential equation. This equation represents the force between two bodies and when integrated twice, motion is obtained in the form of position dependent on time. The theory is so strong that it is used for mechanisms at many complexity levels. Motion of a mass tied to another with a spring, or motion of a Formula One racing car, or motion of a space ship to go to Mars, or motion of our galaxy... Until scales of time, mass, and displacement that play significant role in “Quantum Physics” and “Relativity” are reached, Newtonian Physics solves the motion of every case put forward.

In the development of physical simulation tools for educational purposes, the Newtonian logic and theory is well known by the developers since a physical simulation tool must operate exactly with right implementation of Newtonian Physics. When a physically valid simulation tool is developed, it is sure that the tool applies the rules of physics so that the output is realistic. In a manner, when such a tool is developed, it is the computer who knows the rules the best. What about the students? Can a student learn the logic of Newtonian Physics from a physically valid simulation tool, which presents the right motion without any presentation of the underneath principles? Imagine a simulation tool that presents a virtual laboratory, where it is possible to construct and observe different experimental settings, but the secrets of motion is only known by the computer. The computer gives information on what the forces on the bodies of the experiment are, but it does not tell what

would happen if the forces were different. Recently, many of the physical simulation tools fall in the category as described above. This study purposes to develop and evaluate an alternative tool, letting high school students manipulate any variable in an experiment by programming, and presenting the opportunity to learn the concept of motion with a high order of thinking.

1.1 The Main Problem and Sub-problems

1.1.1 The Main Problem

The main problem of the study is the development and evaluation of a programmable physical simulation tool, which is less computer oriented and more science oriented, which provides a medium for high school students to study the concept of motion with the use of their scientific thinking and creative skills.

The main problem has 2 major dimensions as (1) development and (2) evaluation. These dimensions are subdivided in “1.1.2 The Sub-problems Related to Development” and “1.1.3 The Sub-problems Related to Evaluation”.

1.1.2 The Sub-problems Related to Development

The following sub-problems related to development (SPD) will be put forward to extend the software development problems of this study:
SPD1: Analysis of “why to develop a new application”.

SPD2: Analysis of “how to develop a programmable simulation tool, appropriate for high school students, which is less computer oriented and more science oriented, for learning physics”.

SPD3: Design of the simulation tool.

SPD4: Software implementation of the simulation tool.

1.1.3 The Sub-problems Related to Evaluation

The following sub-problems related to evaluation (SPE) will be put forward to extend the evaluation problems of this study:

SPE1: Evaluation of the simulation tool as a teaching material for physics.

SPE2: Evaluation of the differences between “studying by programming” and “studying by observation”.

SPE3: Evaluation of the simulation tool’s effects on reducing misconceptions of students about force.

SPE4: Revision of the simulation tool according to the evaluation results.

1.2 Solutions of the Sub-problems of the Study

The general objective of the study is to develop and evaluate a programmable simulation tool for learning physics, appropriate for high school students. The general objective is attained by eight solutions for the sub-problem as seen below.

Solution of SPD1:

For answering the question “why to develop a new application”, an analysis is conducted to prove that a new application is necessary to meet the needs of the study, and no other existing application is cost-effective to use for the purpose of the study. To do, the analysis examines three key points as (1) disadvantages of development of a new application, (2) advantages of development of a new application, and (3) requirements of the simulation tool. The analysis (as will be mentioned in detail in Chapter 3) for this solution is a prerequisite for the next solution stated below.

Solution of SPD2:

For answering the question “how to develop a programmable simulation tool, appropriate for high school students, which is less computer oriented and more science oriented, for learning physics”, an analysis is conducted to enlighten the key points stated below:

- Choosing the computer programming language for development.
- Creating a simple programming language, which concentrates on physics concepts and minimizes the computationally technical requirements, to be used by students.
- Designing the simulation tool to be compatible with the curriculum.
- Adding features to the simulation tool to compare the difference between “studying by programming” and “studying by observation”.

Solution of SPD3:

The design of the simulation tool should attain the goals stated below:

- A simulation tool, which can be learned quickly by students.
- A simulation tool, as a virtual physics laboratory, which fosters students' scientific and creative skills.
- A simulation tool, which is able to spread over www (world-wide-web) and can be widely used on different platforms (operating systems such as Windows or Linux).
- A simulation tool, which is extensible for various settings of virtual physics experiments.

Solution of SPD4:

Software implementation of the simulation tool should attain the goals stated below:

- Clearly written computer code to be easily maintained by software developers.
- Well-defined and reusable software modules (Modules such as “graphics package”, “physical simulation package”, “mathematics package”, and “programming language package”).
- Right use of Newtonian Physics.
- Appropriate teaching material for high school students to learn physics.

Solution of SPE1:

For the evaluation of the simulation tool as a teaching material for physics, the goal is to collect comments and responds from high school students and specialists. There are 3 types of specialists to evaluate the tool; (1) teaching material designers, (2) subject matter specialists, and (3) teachers. The objective is to figure

out what the strengths and the weaknesses of the simulation tool are, from the perspective of specialists and students.

Solution of SPE2:

For the evaluation of the differences between “studying by programming” and “studying by observation”, the goal is to compare the two learning methods. The goal is to find what advantages and disadvantages do each learning method has. To do, specialist comments and responds must be collected and students must be observed while using the simulation tool.

Solution of SPE3:

For the evaluation of the simulation tool’s effects on reducing misconceptions of students about force, the two learning methods (as stated in “Solution of SPE2”), must be held separately. Specialist comments and responds must be collected and students must receive “Force Concept” tests. The goal is to find which method has how much effect on reducing misconceptions of students about force, and what the various reasons behind this probable reduction are.

Solution of SPE4:

The solution in revising the simulation tool is to reflect the evaluation results to the tool as efficient as it can be in terms of the factors stated below:

- The simulation tool as an efficient physics teaching material.
- The simulation tool to foster scientific and creative skills of high school students.
- Increasing the simulation tool’s effect on reducing the misconceptions of students about force.

1.3 Definition of Important Terms

The following definitions are the definitions of the important terms related to this study.

Simulation: Imitation or representation of an experimental setting.

Physical simulation: Type of simulation, which is calculated due to physical rules.

Simulation tool: A computer application, which presents a simulation or simulations.

Virtual laboratory: A simulation tool, which simulates interactive laboratory, where multiple sets of experiments can be held.

Programming: A set of coded instructions that enable a machine, especially a computer, to perform a desired sequence of operations.

Programming language: An artificial language used to write instructions for programming a computer.

Java: A trademark used for a programming language designed to develop applications, especially ones for the Internet, which can operate on different platforms.

World-wide-web: The complete set of documents residing on all Internet servers that use the HTTP protocol, accessible to users via a simple point-and-click system (Abbreviation: www).

Java Applet: A Java application; an application program that uses the client's web browser to provide a user interface.

Software implementation: Production of instructional lines by programming to form software applications.

Software module: A portion of a program that carries out a specific function and may be used alone or combined with other modules of the same program.

Object oriented design: A software design method in which a system is modeled as a collection of cooperating modules.

Extensibility of software: A program that can be modified by changing or adding features.

Misconceptions about force: All ideas about force, which are inconsistent with Newtonian Physics.

Equation of motion: Either an explicit or implicit equation that describes the motion of a physical setting. In physical simulations, equations of motion are mostly written in the form of a second order differential equation, which represents acceleration of a mass.

Variable manipulation via programming: Setting intended values to the variables in a simulation, using either constants or functions, via a programming language.

Programmable simulation tool: A computer application, which runs a simulation, that is capable of compiling a specific programming language, and performing the commands given in the programming code.

1.4 Significance of the Study

Generally, use of learning by programming for science education has been understood as a challenging and risky method. The reason behind this understanding is meaningful, since programming is not a science education topic. It is related more

about computers. This study brings an extended meaning for programming, which is “more science oriented programming for learning science”. Specifically, the study focuses on physics and the meaning turns out to be “more science oriented programming for learning physics”. Explaining more fully, programming for learning physics shall minimize computer terms, and maximize mathematical and physical terms. Programming shall only be a tool to learn and understand physics in a higher order of thinking. To do, this study developed and evaluated a simulation tool named as Physical World, which supports science oriented programming. With this tool, physical concepts such as force, acceleration, velocity, displacement etc. are emphasized. While programming in Physical World, students can use the variables representing the physical concepts, without dealing with computational issues. For instance, when simulating simple harmonic motion, the student has only got to write a single line of code, which is actually the equation of motion. The computational integration process (integration of the equation of motion with time), animating on the screen, recording the motion in time, rewinding back the simulation and gathering of observable quantities are all under the responsibility of Physical World. The study extends the meaning of programming and presents an alternative learning method of programming by letting the students deal the least with computation and most with physics.

While a science oriented programming is presented, the study is investigating the reasons underneath how learning by programming is different from learning by observation. What would happen if we had let the students to determine the motion

of particles instead of the computer determines? Many simulation tools use the equations of motion that are not presented or partially presented. In partially presented equations, students manipulate only constants. How would it work for learning physics if we had let the students to formulate the equations freely, with use of any variable they wish? The study is looking for evidence that students prefer to formulate freely. Physical World offers two options as (1) partially presented equations (studying by observation mode) and freely formulated equations (studying by programming mode). These options are separately used and evaluated by students and specialists for answering the questions above.

Recovery of misconceptions about force is accepted as a powerful property for simulation tools. This study takes misconceptions under consideration. Essential misconceptions about force are investigated by use of the students' point of view and specialists' point of view. Recovery of misconceptions are investigated separately for the "studying by observation" and "studying by programming" modes of Physical World.

The alternative learning method of programming, the concern about misconceptions, and development of a simulation tool in Turkish are the main reasons, making it worthwhile to conduct the study. The knowledge produced by the study has value to support the development of computer-based education in the aspect of students' scientific thinking and creative skills.

CHAPTER 2

REVIEW OF LITERATURE

2.1 Instructional Design and Technology

It was the seventies when computers were starting to be considered seriously by educators. Tinker and Stringer (1978) said, “We are now entering the computer age... Computers will challenge established ideas in education while offering unique opportunities particularly in science” (p. 436), and Bork (1978) said, “We are at the onset of a major revolution in education... By the year 2000 the major way of learning at all levels, and in almost all subject areas, will be through the interactive use of computers”. By the 2000s, opinions of Tinker and Stringer, and Bork seem verified with the level that technology has reached. For sure, it is not only the technology verifying educators’ opinions. Instructional design and technology have developed parallel, making computers an important part of modern education.

Reiser (2001) stated “The field of instructional design and technology encompasses the analysis of learning and performance problems, and the design, development, implementation, evaluation and management of instructional and non-

instructional processes and resources intended to improve learning and performance in a variety of settings, particularly educational institutions and the workplace.

Professionals in the field of instructional design and technology often use systematic instructional design procedures and employ a variety of instructional media to accomplish their goals." (p. 53). In the aspect of instructional design and technology, development and evaluation of Physical World is similar to what Reiser (2001) stated. Physical World is the instructional media to accomplish the goal of enhancing creativity and critical thinking of physics students. Its development and evaluation is planned using systematic design procedures to improve physics learning.

Instructional design and technology grew together influencing each other. In the early 1900s, school museums came into existence in the United States. School museums served as the central administrative unit(s) for visual instruction by (their) distribution of portable museum exhibits, stereographs (three-dimensional photographs), slides, films, study prints, charts, and other instructional materials. The increasing interest in using media in the school was referred to as the "visual instruction" or "visual education" movement. Though, as stated by Reiser (2001), the movement did not turn into an educational revolution, as was expected by intellectuals such as Edison. The developments were followed by the audiovisual instruction movement (1930s), instructional radio (1930s), and instructional television (1950s).

After the interest in instructional television faded, the next technological innovation to catch the attention of a large number of educators was the computer.

Although wide-spread interest in the computer as an instructional tool did not occur until the 1980s, computers were first used in education and training at a much earlier date. Much of the early work in computer-assisted instruction (CAI) was done in the 1950s by researchers at IBM, who developed the first CAI author language and designed one of the first CAI programs to be used in the public schools. By the early 1980s, a few years after microcomputers became available to the general public, the enthusiasm surrounding this tool led to increasing interest in using computers for instructional purposes. By January 1983, computers were being used for instructional purposes in more than 40% of all elementary schools and more than 75% of all secondary schools in the United States (Reiser, 2001).

Reiser (2001) stated “Although computers may eventually have a major impact on instructional practices in schools, by the mid-1990s that impact had been rather small. Surveys revealed that by 1995, although schools in the United States possessed, on average, one computer for every nine students, the impact of computers on instructional practices was minimal, with a substantial number of teachers reporting little or no use of computers for instructional purposes. Computers’ revolutionary impact on education was not as expected, similar to what Edison expected from visual instruction. As the data from schools reveal, by the mid-1990s that revolution had not occurred. However, data from the second half of the decade indicate a growing presence, and perhaps instructional use, of computers and the Internet in schools. Moreover, during the past five years, these media have taken

on an increasingly larger instructional and performance support role in other settings such as business and industry and higher education.” (p. 59)

Instructional design is influenced by recent technologies. Internet is probably the most effective technology in shaping new methods of instruction. Software technologies also have considerable effects. For instance Java is a software technology, which has support for internet applications called Applets. The Applet module of Java is an infrastructure for software developers. When developers develop applications over Applet modules, their applications become accessible over the internet. Applet is an extension of Java technology therefore Applets are able to use all features of Java, where Java is considered to be the modern software technology of 2000s. A physics education based extension of the Applet module is called Physlet (See Figure 2.1) which is originally developed by Davidson College. Physlets are simple to use and develop, flexible and freely distributable for noncommercial use.

Titus and Dancy (2000) wrote a Physlet version of Force Concept Inventory (FCI). They conducted the physics education research (PER) to investigate effectiveness of animation and to compare students' problem solving in traditional learning and Physlet learning. They developed six Physlet problems corresponding to six items from FCI. As a conclusion from PER, Titus and Dancy (2000) states the following; “Based on our results, we do believe that Physlets can be a valuable tool for conceptual diagnostics as long as they are designed around the needs of the students. We have investigated using Physlets to alter existing conceptual questions.

However, the greatest potential of Physlets will probably come from using Physlets to ask questions about things and in ways that cannot be done on paper.” (Christian & Belloni, 2000, p. 37)

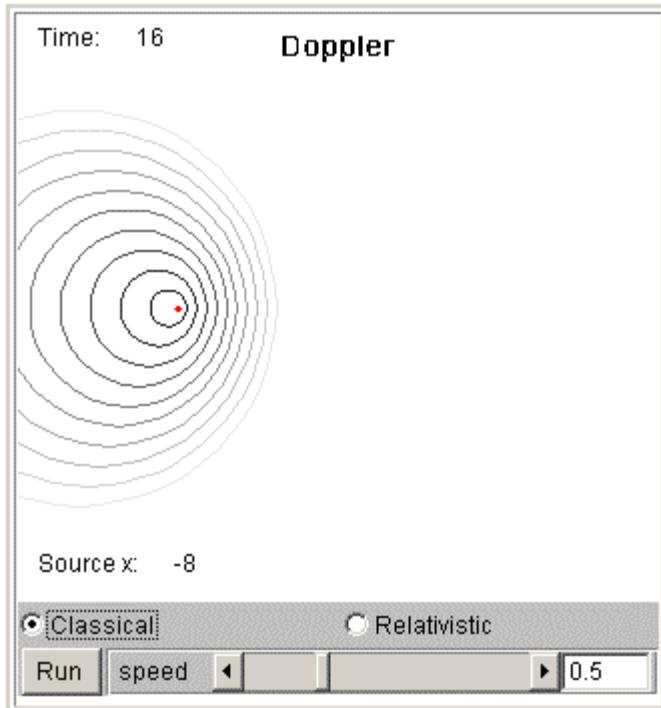


Figure 2.1 Doppler Physlet viewed by internet browsers (Maintained by Wolfgang Christian at <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>)

Though instructional use of technology is beneficial as stated by researchers, they have some negative effects on student attitudes. Christian (1999) stated “There is ample evidence to support the conclusion that conceptual media-focused problems require higher order reasoning and are every bit as difficult as problems requiring

numerical calculations. Students accustomed to solving traditional problems simply may not apply the same resources to multimedia-focused problems.” (p. 571)

2.2 Computers and Simulations in Physics Education

“Physics is one of the first areas where the possibilities that computers may offer for the employment of new teaching methods.” (Jimoyiannis & Komis, 2001, p.184). Computers take roles in simulating physical environments, displaying them in colorful graphics, presenting virtual mediums to make observations and measurements accurately, enabling students to manipulate and test complex dynamical situations, and letting people communicate and share physics knowledge (Esquembre, 2002). When investigated deeper, advances of use of computers in physics education are well seen. Spreadsheets, computer – based laboratories, multimedia applications, simulations and intelligent tutors are examples to show how a variety of computer applications can be used in physics education (Jimoyiannis & Komis, 2001). Today it is well known that in physics education, there are a variety of opportunities for new computer technology use. As listed by Esquembre (2002), new technologies can be used to:

- “bring exciting curricula based on real-world problems into the classroom,
- provide scaffolds and tools to enhance learning,
- give students and teachers more opportunities for feedback, reflection and revision,
- build local and global communities that include teachers, administrators, students, parents, practicing scientists,

- expand opportunities for teacher learning.” (p. 3)

Esquembre (2002) classifies educational physics software according to its principles of use. This classification of software types is as follows;

- tools for the acquisition and manipulation of data (i.e. spreadsheets, microcomputer-based laboratories, video analysis tools etc.),
- multimedia software (based on the concept of hypermedia, and presents information in a structured, usually graphical way),
- microworlds and simulations (implement simulation of a wide range of physical process and laws),
- modeling tools (allow students to build their own computer simulations),
- telematics and Internet tools (exploit the capability of computer intercommunication making use of all of the previous types of software).

The simulation tool of this study, Physical World, falls in “microworlds and simulations” and “modeling tools” types. For microworlds and simulations, Esquembre (2002) states four provided opportunities for students;

- “1. develop their understanding about the phenomena and physical laws through a process of hypothesis-making and idea-testing,
2. isolate and manipulate parameters and therefore help students to develop an understanding of the relationships between physical concepts, variables and phenomena,
3. employ a variety of representations (images, animations, graphs, numerical data) that are helpful in understanding the underlying concepts, relations and processes,

4. investigate phenomena that would not be possible to experience in a classroom or laboratory.” (p. 4)

And for modeling tools, Esquembre (2002) states “The students are given a set of tools (from pure programming to high-level building blocks) that help them describe relationships among concepts, run the resulting models and compare their results with the accepted wisdom or with laboratory experiments... Modeling tools can also help students understand equations as physical relationships among quantities, make sense of translation among representations, give students engaging, hands-on learning experiences and serve as sketchpads on each other and to instructors, thus helping visualize students’ thinking.” (p. 4). The understanding and approach of Esquembre is similar to what Physical World aims.

Use of computers in physics education calls attention to the graphical abilities of the computers. One of primary goals of computer use in physics education is to visualize physical environments. Physical environments mostly involve motion therefore visualization is constituted of two main parts as simulation and animation. Simulation is responsible for motion and animation is responsible for graphical representation. Today simulation and animation are used together in education. Most of the simulations are represented by animations with graphical effects such as shading and three dimensional perspectives, and most animations are supported by simulations. Although they are integrated, the way they approach to their purpose differs. Animation aims to represent something as good as it can, in artistic and perceptual aspects. On the other hand, simulation aims to represent something in a

scientific way no matter what the perception is. Since the artistic, perceptual and scientific aspects are all important for education, animations and simulations make a good blend for physics education. Though, most applications are called as simulations while they involve animations.

Animations and simulations are generally used to teach concepts that are practically hard to express. Graphical animation has been effectively used to teach abstract and dynamic concepts in physics such as Newton's Law. "Visualizing an object's movement using animation is helpful for the understanding of dynamic concepts such as velocity because direct observation of those concepts in the movement of actual objects is practically impossible." (Park, 1998, p. 38).

Simulation goes one step further and supports active engagement. Computer simulations are of special importance in Physics teaching and learning. They offer new educational environments, which aim to enhance teachers' instructional potentialities and to facilitate students' active engagement (Jimoyiannis & Komis, 2001).

There are psychological and cognitive factors about animations and simulations. Crosby and Iding (1997) state that, illustrations with both verbal and visual offerings are highly memorable. This is supported theoretically in a very deep approach concerning hemispheric preferences of subjects (either right – hemispheric preference, left – hemispheric preference, or both). Similarly the dual coding theory of Paivio indicates that pictures are superior to words for remembering concrete

concepts and use of both verbal and visual codes produce additive effects (Rieber, 1996).

Some studies found little or no effect for computer simulations. Christian (1999) claims that there is efficient evidence to support that media – focused problems are as hard as problems requiring intensive numerical calculations. And Titus (2000) found Physlet problems to be more difficult than traditional textbook problems.

2.3 Programming and Physics Education

Programming in the aspect of science education is a modeling process. While programming, students are building models using quantitative formulas to represent experiments. Before inculcating the formal representations that scientists use, these models can develop learners' abilities to intuitively understand how the natural world functions. Fostering in students the capability to qualitatively predict the behavior of phenomena under investigation is a valuable foundation for teaching them to manipulate quantitative formulas. Also, students are not empty vessels to be filled with theories; they have firmly held, often erroneous beliefs about how reality operates. Model based instruction can help learners evolve their existing mental models to more accurate conceptions of reality (Dede, Salzman, Lotfin & Sprague, 1999). Physical World is a modeling tool, which is programmable, which enables quantitative manipulation of formulas.

Microcomputers can easily run complex dynamical models, but their pedagogical validity is strictly related to the student understanding of the model structure. When students contribute as programmers they are responsible for the model as a whole. Programming allows more complex systems to be modeled. The shapes of classical geometry, lines and planes, circles and spheres, triangles and cones, represent a powerful abstraction of reality but they are not sufficient for understanding complexity. Programming allows use of non – linear dynamics, which is important for understanding modern physics concepts such as uncertainty, chaos and complex systems (Andaloro, Donzelli & Mineo, 1991). Redish and Wilson (1992) points to the same concepts; “Current developments in Newtonian mechanics are evolving into a theory of nonlinear systems and chaotic behavior that may produce profound changes in the way we think about physics.” The solutions of nonlinear differential equations are hardly done via traditional problem solving. Most of these equations can only be solved by computers, and they are useful to explain most physical phenomena. For instance simple harmonic motion can be solved without a computer but when a third mass interacts with the system, the problem turn out to be much more complex. Such cases widen physical experiments’ boundaries, which provide more samples for students. Solutions of these cases get simplified by use of programming, by the use of numerical methods such as the Euler Simulation Method. Physical World simplifies even more, and presents an option to write acting forces on masses, and the rest is calculated automatically.

The nonlinear approach is applied in the Maryland University Project in Physics and Educational Technology (M.U.P.P.E.T.). When tools developed in the project are added to the traditional calculus – based introductory physics course, the students' power to solve problems expands enormously. This opens many possibilities for changing the curriculum. Elements may be rearranged in a more natural order; professional skills may be introduced at an earlier stage than is traditional; contemporary topics such as chaos and quantum theory may be introduced; and students may begin research immediately (Redish & Wilson, 1992). By Redish and Wilson it is stated that M.U.P.P.E.T. works well for majors in small classes which is parallel to Andaloro, Donzelli and Sperando-Mineo (1991) approach.

Rucinski (1991) investigated student programming. Rucinski presented conflicting results. Logo or BASIC did not enhance the problem solving abilities of ten year old students in solving non-computer problems. On the other hand a study of middle school students who received instruction in BASIC, Logo, or no computer instruction indicated that the combinations of being at the concrete operational level and being a member of either the BASIC or Logo computer group led to a positive statically significant effect upon the ability to analyze mathematical worded problems (Rucinski, 1991).

2.4 Existing Simulation Tools

Physical World is one representative in its genre. Some widely used simulation tools which are similar to Physical World are;

- STELLA,
- Interactive Physics,
- Working Model (An extension of Interactive Physics),
- Phslets,
- Alice.

The above software has common properties. They all support animation, simulation and graphical user interface. There are properties like support for modeling, programming, two dimensional view, three dimensional view, internet capability, commerciality, open-source, file size, and platform dependency that they differ in. The commercial ones are STELLA (Copyright High Performance Systems, Inc.) and Interactive Physics and Working Model (Copyright MSC Software). The others have originated non-commercial, though all have commercial extensions. All software except Phslets has the modeling property. There is programming support in STELLA, Alice and Working Model. Alice and Phslets are open-source, and the others have open-source extensions. Phslets are most capable of internet usage and are platform independent. Phslets have the smallest file size which enables easier distribution over the internet. Alice has advanced support for three dimensional view, the other software have limited or no support. Among these software, Interactive Physics is the only one to focus on physics concepts. The others all are general

purpose. (www.hps-inc.com, www.alice.org, www.workingmodel.com, <http://webphysics.davidson.edu> & www.interactivephysics.com) Physical World has some common properties as support for animation, simulation and graphical user interface. It has small file size. It is capable to be used over the internet and is platform independent. It is noncommercial and open-source. It supports modeling, programming and two dimensional view only.

STELLA is a general purpose modeling tool, which focuses on defining mechanisms. STELLA is suitable and used for physics education with its programming features. The model structure can be defined in terms of equations and icons.

In STELLA the model structure is not only represented in a set of equations but primarily depicted in an iconic form. The computer translates this iconic model representation into the corresponding set of difference and functional equations (Niedderer, Schecker & Bethge, 1995). STELLA has a property called “the level of equations” which permits programming. In this study a similar approach is adopted in Physical World as “programming lines”.

Interactive Physics is a modeling tool, specialized for Newtonian physics. Its user interface is simple and it supports programming. According to Jimoyiannis and Komis (2001), “Interactive Physics can be used in Physics teaching and learning as:

1. a virtual Physics laboratory for modeling and presenting phenomena and process, and

2. an expressive environment where students can demonstrate their ideas and mental models, make predictions, derive physical laws and solve problems.” (p. 187)

Jimoyiannis and Komis (2001) state that “simulating physical concepts and phenomena through Interactive Physics may be effective in teaching high school students because;

1. its powerful environment supports stroboscopic studies of physical phenomena,
2. it has a friendly and flexible user interface, and
3. it is an easily accessed and maintained computer environment.” (p. 188)

Working Model carries the same concepts of Interactive Physics, but it is more specialized on mechanics. Working Model is a conceptual design tool that allows you to create simulations that replace vague, time consuming, inaccurate “back of the envelope” calculations (www.workingmodel.com).

Physlets are separate applications, which extend the same root, the Physlet module. Therefore all Physlets carry common features. They are all about science concepts.

Physlets—“Physics applets”—are small, flexible Java applets that can be used in a wide variety of WWW applications. Many other Physics-related Java applets are being produced around the world—some of them very useful for education. However, the class of applets we call “Physlets” has some attributes that make it valuable for the educational enterprise.

- Physlets are simple. The graphics are simple; each Physlet is designed to deal with only one facet of physical phenomena, and does not incorporate very much

in the way of data analysis. This keeps Physlets relatively small—easing downloading problems over slow network connections—and removes details that could be more distracting than helpful.

- Physlet-based pedagogy is agnostic. Physlets can be used as an element of almost any curriculum with almost any teaching style. Although we believe that interactive engagement methods such as Just-in-Time Teaching, Peer Instruction, or Tutorials can improve pedagogy, Physlets can be used as traditional lecture demonstrations and can be given as end-of-chapter homework.
- Physlet technology is flexible. All Physlets can be set up and controlled with JavaScript, meaning Animator can be used for almost any subject in mechanics and EField for almost any topic in electrostatics with small changes in the JavaScript—and not the Java—associated with each exercise. Data taking and data analysis can be added when needed using inter-applet communication.
- Physlets are written for the Web. They can run on (almost) any platform and be embedded in almost any type of html document, whether it be a homework assignment, a personal website, or an extensive science out-reach site.
- Physlets are freely distributable for noncommercial use. Physlet archives, that is, compressed archives containing compiled Java programs, can be downloaded from the Davidson College WebPhysics server.

(<http://webphysics.davidson.edu/Applets/about-physlets.html>)

Alice is developed by Carnegie Mellon University. The focus of the Alice project is to provide the best possible first exposure to programming for students

ranging from middle scholars to college students (www.alice.org). Although Alice's focus is not directly science education, its flexible and generic structure provides a medium for science education.

According to Andaloro, Donzelli and Mineo, educational software dealing with models can be classified as: demonstrations / simulations, modeling toolkits, and the student as programmer. Demonstration / simulation contains different levels of interactivity but usually few opportunities to change the models with which it is concerned. Software, which stimulates student abilities to develop mathematical models in physics are usually modeling toolkits and the student as the programmer (Andaloro, Donzelli & Mineo, 1991). Physical World aims to support mathematical models in physics and falls in the student as the programmer category.

2.5 Evaluation of Simulation Tools

An important part of any instruction, from both a problem solving and instructional design point of view, is the evaluation phase. "While it is usually considered at the end of an instructional development process, the evaluation phase actually encompasses the entire project, aimed from beginning to end at improving the quality of the instruction. It is important, therefore, to understand how both formative evaluation, i.e., efforts to improve the multimedia instruction; and summative evaluation, i.e., efforts to assess the worth of the multimedia instruction, can be undertaken effectively." (Falk & Carlson, 1995, p. 123).

A model is presented named as ASSURE (Heinich, Molenda, Russell, & Smaldino, 1999), which intends to assure effective instruction. Each letter in ASSURE stands for a defined stage; A; analyze learners, S; state objectives, S; select methods, media, and materials, U; utilize media and materials, R; required learner participation, E; evaluate and revise. Evaluating and revising is the last step in assuring an instruction, which is taken as a model for this study.

For the E stage, Heinich, Molenda, Russell, & Smaldino (1999) states “After instruction, it is necessary to evaluate its impact and effectiveness and to assess student learning. To get the total picture, you must evaluate the entire instructional process. Did the learners meet the objectives? Did the methods, media, and technology assist the trainees in reaching the objectives? Could all students use the materials properly?” (p. 55)

Evaluation of educational software requires instructional settings that can contribute to further development of the software. McDermott (1990) guided and evaluated an instructional software called Graphs and Tracks. The researcher states “Research and software development are more likely to yield useful results when carried out concurrently in an instructional setting. We have found that development in a research and teaching environment encourages further research, generates ideas for new instructional approaches, and facilitates repeated testing.” The evaluation of Physical World is designed to obtain feedback from students, teachers, and material developers. Through the evaluation it is intended to get ideas generated by these people to approach the best instructional use of the software.

2.6 Misconceptions about Force and Motion

The conceptual structure behind Newton physics is the relation between force, acceleration, mass, velocity, position, and time. These concepts and their relations are used to explain motion. Misconceptions about force and motion are opinions that are in contradiction with the Newtonian logic. This logic can be described best in terms of differential equations; therefore it would be unfair to expect from high students to have no misconceptions.

Each student entering a first course in physics possesses a system of beliefs and intuitions about physical phenomena derived from extensive personal experience. This system functions as a common sense theory of the physical world, which the student uses to interpret his experience including what he uses and hears in the physics course. Surely it must be the major determinant of what the student learns in the course. Yet conventional physics instruction fails almost completely to take this into account (Halloun & Hestenes, 1985). Simulations can be used as an alternative to conventional teaching methods. Studies show recovery of misconceptions in computer-aided instructions.

A study by Laws, Sokoloff, and Thornton (1999) shows positively significant figures for students in understanding physics concepts after students receive interactive lecture demonstrations. Laws, Sokoloff, and Thornton (1999) states; “After traditional instruction, only 30% of a sample of over 1200 students in calculus-based physics courses at five different universities, understood fundamental acceleration concepts. When, for the first time, two Tools for Scientific Thinking

active-learning kinematics laboratories were offered at these universities, more than 75% of the students understood these concepts. At universities where the complete set of RealTime Physics Mechanics laboratories have been implemented, such as the University of Oregon and Tufts University, 93% of students understand these concepts, even in non-calculus introductory courses. At such universities, less than 15% of students held a Newtonian point of view after traditional instruction in dynamics, while 90% did so after RealTime Physics laboratories. There is good evidence that this conceptual understanding is retained.”

Simulations offer new educational environments, which aim to enhance teachers' instructional potentialities and to facilitate students' active engagement. Computer simulations offer a variety of opportunities for modeling concepts and processes. Simulations provide a bridge between students' prior knowledge and the learning of new physical concepts, helping students develop scientific understanding through an active formulation of their misconceptions. (Jimoyiannis & Komis, 2001)

Following the findings, Physical World aims to support conceptual understanding. The tool aims to do this by use of real-time simulation and uninterrupted user interaction. Real-time simulation provides dynamically solved physical cases, which means, for every different case, the tool is able to solve it correctly. The uninterrupted user interaction means that while a simulation runs, the user is able to manipulate variables and they are immediately reflected to the simulation. This way the tool provides a faster feedback medium for hypothesis testing, which is beneficial for understanding concepts.

Taxonomy of common sense concepts which conflict with Newtonian theory is developed as a guide to instruction by Halloun and Hestenes (1985). And these researchers designed and discussed the validity of an instrument for assessing the knowledge state of beginning physics students, including mathematical knowledge as well as beliefs about physical phenomena. The instrument is a specific test about force concepts, and the researchers recommend it for identifying and classifying specific misconceptions.

The taxonomy of Halloun and Hestenes (1985) covers the logical titles as listed below;

- kinematics,
- impetus,
- active force,
- action/reaction pairs,
- concentration of influences,
- other influences on motion,
- resistance,
- gravity.

The instrument developed by Halloun and Hestenes focuses on these misconceptions. Öğretme, Çiçek, Duran, Günneç, Köksal, and Türkay (2000) translated the instrument to Turkish and Öğretme (2003) revised it, producing a 30 item multiple choice test. In this study 10 items from the test were selected to make a test that focuses on “active force”.

Finegold and Gorsky (1988) mentions about the Aristotelian active force misconception: “The velocity of objects moving along the surface of the earth is proportional to the moving force. Motion can be maintained only as long as the force acts on the body. If the force vanishes, velocity will vanish too and the object will come to rest.” (p. 253). This misconception is common for students. Features of Physical World, especially the “study by programming mode” is apt to simulate experiments to change students’ Aristotelian misconceptions. Students try to match daily life experiences and constructs formed by the physics courses. When learning force, a sample experience is considered; while the engine of a car works, the car accelerates, but after sometime, the car remains at a constant speed. Therefore students match force with velocity, thinking they are similar concepts. The right way should be matching force with acceleration. This is because students do not consider additional existing factors such as friction force. Simulation tools help students to consider these factors to find relationships between concepts.

2.7 Summary of the Findings of the Reviewed Studies

1. Instructional design and technology grew together influencing each other. (Reiser, 2001; Titus & Dancy, 2000; Christian & Belloni, 2000; Christian 1999)
2. Variety of computer applications can be used in physics education. (Jimoyiannis & Komis, 2001; Esquembre, 2002; Park, 1998)

3. There are psychological and cognitive factors about animations and simulations.
(Crosby & Iding, 1997; Rieber, 1996)
4. Programming in the aspect of science education is a modeling process. (Dede, Salzman, Lotfin & Sprague, 1999)
5. Programming allows more complex systems to be modeled. (Andaloro, Donzelli & Mineo, 1991; Redish & Wilson, 1992;)
6. Existing simulation tools (www.hps-inc.com, www.alice.org,
www.workingmodel.com, <http://webphysics.davidson.edu> &
www.interactivephysics.com)
7. Evaluation of simulation tools (Falk & Carlson, 1995; McDermott, 1990)
8. Simulation tools foster scientific thinking. (Laws, Sokoloff, and Thornton, 1999)
9. Simulation tools help to change misconceptions. (Jimoyiannis & Komis, 2001; Halloun and Hestenes, 1985)

Based on the findings from the literature, this study aims to develop a programmable simulation tool that can reduce misconceptions and foster scientific thinking. There are a few simulation tools that nearly meet the needs of this study and there is no found programmable simulation tool in Turkish for high school physics. The findings show that development and evaluation of the tool aimed in this study is meaningful and is a significant contribution to the science of education.

CHAPTER 3

METHODS

In the previous chapters, problems, and objectives of the study were stated, and related literature was reviewed. The problems of the study are separated into two as (1) problems related to development and (2) problems related to evaluation. The method is also separated as Method of Development and Method of Evaluation. Additional to those, a method is defined as Method of Revision. This chapter will be explaining the methods and the procedure.

3.1 Method of Development

The goal of development in this study is to create a programmable simulation tool, for high school students, for learning physics. The simulation tool is named as “Physical World”. The method of development defines four stages; (1) requirement determination, (2) analysis, (3) design, and (4) implementation of Physical World. Requirement determination states the major features of the tool, which is vital for all stages of the study.

3.1.1 Requirement Determination of Physical World

Requirements of a computer application define the objectives and limitations of the application. When determining Physical World's requirements, the general idea was "what the target of the tool is". Any requirement should serve the target. The target is to foster scientific thinking and creative skills of high school students, while learning physics. Students shall feel comfort, warmth and interest at the first use of the simulation tool. The tool shall present a clear user-interface with necessary controller units only. Physical World shall use Turkish as well as English, and shall be able to run on a wide range of computers. Preferably the tool shall be capable of easy distribution over the Internet. The tool shall support a freely manipulated virtual laboratory, with simple mouse-clicks. Graphical representation of a laboratory setting shall be supported in two or three-dimensional views. The tool shall be able to show any physical quantity in an experimental setting to the user. When the user forms an experimental setting, the user shall be able to start the simulation and observe motion on the computer screen. Interaction of the user with the objects in the virtual laboratory shall sustain while the simulation runs. This uninterrupted interaction is important because the user shall feel free to interact at any time, just as if she/he was in a real laboratory. Physical World shall support a programming language that can be easily used by students, and that requires no preliminary programming experience for students. The programming lines shall support arbitrary equations to be written freely by users. The computer shall precisely solve the equations when the simulation runs. By use of programming lines, variables correspondent to physical terms shall be formulated by users and the formulated variables shall

have physically right effect (right use of Newtonian Physics) to the experimental setting. Besides programming, the tool should support a non-programmable mode. In the non-programmable mode, any experimental setting shall work automatically, by the equations known by the computer. In this mode, the tool shall support user manipulation over defined constants of the equations, but shall not support user defined arbitrary equations. The above statements are required for Physical World, and they define the objectives and the limitations of the simulation tool.

3.1.2 Analysis for Physical World

The analysis for Physical World aims to answer two questions as (1) “why to develop a new application” and (2) “how to develop the application”.

3.1.2.1 Analysis of Why to Develop a New Application

When planning a new project, software developers analyze if the outcome is worthwhile to spend the effort for the project. There is always a possibility that some other applications might be equivalent to the project outcome. For Physical World, an analysis is made on concerning disadvantages, advantages and requirements of the tool for making a decision of “to develop or not to develop”.

Disadvantages of developing Physical World:

- Risk of development failure
- Risk of development of redundant copy of an already existing application

In relation with the disadvantages, analysis and design is made for Physical World, which is a commonly used solution for reducing software

development failure risks. Also literature review is conducted to find if existing applications meets the determined requirements.

Advantages of developing Physical World:

- Focusing on intended targets
- Discovery of new expansions
- Good base for long-term projects

Developing a home product is advantageous in approaching the intended target. The purpose of the study is a specific one. The simulation tool has to be focused precisely. Discovery of new expansions is an advantage for new ideas for further development. An existing application would probably hinder creativity of a developer when compared with developing a new application. Another advantage appears when future extensions are planned for long-term projects. A new application can be extended intentionally in the long term.

Summary of Major Requirements of Physical World:

- Simple programming language emphasizing physics concepts
- Support for non-programmable mode in order to compare with programmable mode
- Able to become widespread by the use of the Internet
- Freely manipulative virtual laboratory
- Language support for Turkish

Among the requirements above, the “language support for Turkish” is the strongest in support for the development of a new application. Other requirements are met by some applications already. The most significant among them is STELLA. STELLA supports a simple programming language and also a

non-programmable mode. But its file size (total digital size of STELLA files on computer) is about 10 megabytes and also the application is not freely distributed. In spite of this, Physical World is a free simulation tool aiming a file size less than 1 megabyte for faster file transfer over the Internet.

The analysis shows that problems with the disadvantages can be overcome by certain solutions as stated above. And advantages and requirements make it worthwhile to develop a new application. After the analysis of “why”, next, the question is “how”.

3.1.2.2 Analysis of How to Develop the Application

In answering “how to develop the application”, the analysis is divided in two as (1) pre-design analysis and (2) design analysis. In the pre-design analysis, a comparison of available technologies is made for their use in development, and in the design analysis, solutions for the major expected problems, in the aspect of requirements of Physical World, are examined.

In the pre-design analysis, a question arises as “what the development platform is”. The development platform is the programming language and the operating system used while development. There are four possible programming languages to be used. These are:

- C
- C++
- Java
- Flash Script

Properties of these languages are as follows in Table 3.1.

Table 3.1 Properties of alternative programming languages for Physical World

Programming Language	Object Oriented Features	Mathematical Performance	UNIX Compatible	Windows Compatible	Capability of Internet Usage
C	Low	High	Yes	Yes	Low
C++	Moderate	High	Yes	Yes	Low
Java	High	High	Yes	Yes	High
Flash Script	Low	Moderate	No	Yes	High

Among the alternative programming languages for Physical World, Java is the strongest. Object oriented features of Java enable reliable object oriented design, which is beneficial for extensible applications, to be developed and maintained easily. Java is compatible with UNIX and Windows. Its use of math modules is fast enough for complicated particle systems. Java applications are capable of easy distribution over the Internet. Java Applets enable browsers to run Java applications over the Internet.

Because of its strengths, Java is chosen to be the programming language for Physical World. Among alternative operating systems (UNIX and Windows), Windows is chosen for development, which does not hinder Physical World to work on UNIX. The pre-design analysis shows that Java programming language and Windows operating system are efficient to meet the requirements of Physical World.

After the pre-design analysis, the design analysis was held. In the design analysis, the major expected problems that could arise during the design were pointed. These problems are as follows:

P1: Precise and fast physical simulation to be calculated by the computer

P2: A science oriented programming language for students

P3: Visualization of virtual laboratory experiments

P4: Long term support for the revision of Physical World and for the next versions

Each of the problems above was analyzed and solutions were put forward to be used in the design. For the solution of P1, “Euler Simulation Method” is chose to be used. “Euler Simulation Method” is a method used in computational physics to integrate differential equations precisely and fast. For the solution of P2, a programming language is planned which uses variables relevant to physics concepts such as force and velocity. For the programming language, it is decided to be adaptive to the simulation environment, which means the programming language updates itself every time the user interacts with the simulation tool. For instance, when the user changes a variable or the equation of motion, the programming language should be able to reflect those changes to the calculations.

For the solution of P3, a two-dimensional and three-dimensional computer graphics library is planned as an infrastructure for development. For the solution of P4, object oriented design method is chosen to be used. Object oriented design allows easy extensibility and maintenance for computer applications. In revision of Physical World, new additions and changes were expected to arise. And in the next version, the software infrastructure shall be reused. Therefore object

oriented design was chosen. The solutions for the problems of the analysis of design were used in the design stage of Physical World, for solving the problem of “how to develop a programmable simulation tool, appropriate for high school students, which is less computer oriented and more science oriented, for learning physics”.

3.1.3 Design of Physical World

Design of Physical World, is an object oriented software design, where the infrastructural modules and application specific modules are defined in relation with each other. There are three major types of modules in object-oriented design as (1) method, (2) class, and (3) package. A method is a defined process that takes an input and results an output. For instance calculation of the square root of a number can be represented as a method. A class is a set of methods and other classes. A package is a set of classes and other packages. Set relationships between method, class, and package are shown in Figure 3.1.

In design, firstly packages of an application are considered without considering classes and methods, to plan the general responsibilities of modules. For Physical World’s infrastructure, four fundamental packages are planned. These infrastructural packages are as follows:

- 1. Mathematics package:** Responsible for representing variables in relation with scientific concepts.
- 2. Physical simulation package:** Responsible for calculating motion of physical objects.

3. Graphics package: Responsible for rendering two and three-dimensional

representations of virtual laboratory objects.

4. Window toolkit package: Responsible for supplying modules to be used in user

interfaces.

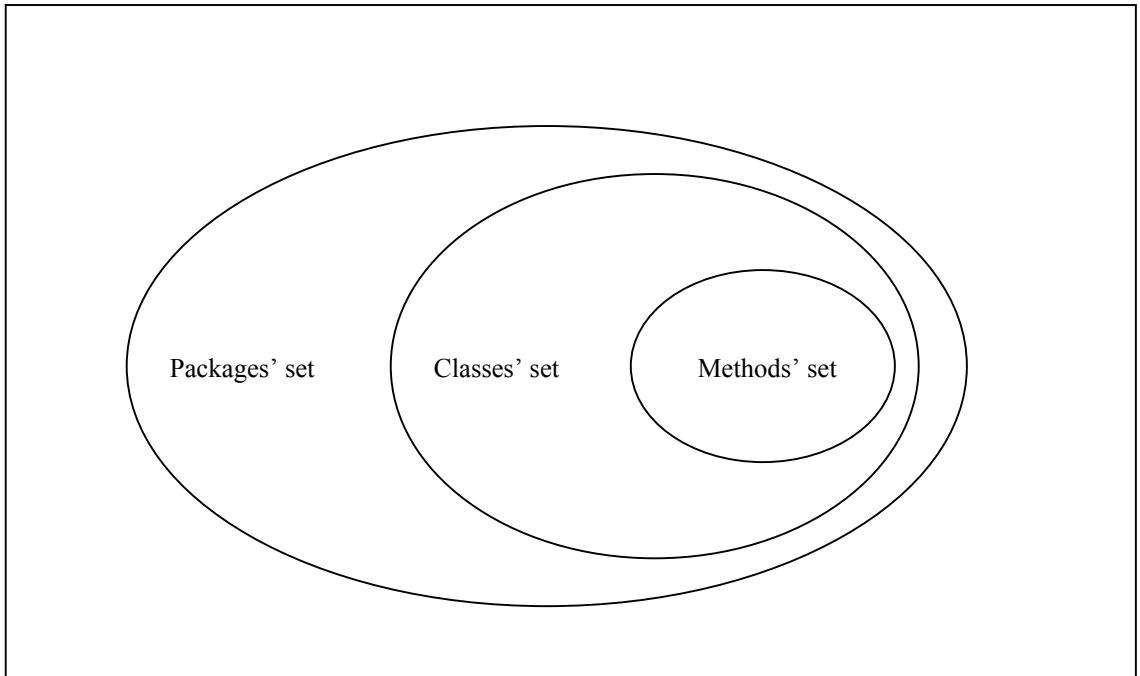


Figure 3.1 Set relationships between method, class, and package

The infrastructural packages form a basis for the application specific packages. Application specific packages are the packages that are designed only for the specific requirements of an application. All the packages stated above can serve other simulation tools, but the specific packages are designed only for Physical World. These specific packages are as follows:

1. Application package: Responsible for visualizing the user interfaces and letting users to control virtual laboratories through the application.

2. Integration package: Responsible for integrating the physical simulation package with the graphics package to represent physical objects as visual components.

3. Programming language package: Responsible for a science oriented programming language which updates itself at every user input, reflecting the changes into the simulation instantly, without interrupting the simulation while it runs.

4. Language support package: Responsible for supplying a basis for Turkish, English and other languages that are supported by Java.

The application specific packages and the infrastructural packages are mentioned in a general aspect. In this chapter, classes of the packages and methods of the classes will not be mentioned in detail (For the details of classes and methods, see the source code of Physical World in Appendix J).

After the package design, appearance of the virtual laboratory is designed. In Figure 3.2, first sketch of the virtual laboratory is seen.

In the first sketch (Figure 3.2), the idea was apparent that various objects could take place in the virtual laboratory. At the right top corner, there is a button called the properties button, which allows the user to explore the details of an experiment. At the left bottom corner, the time management box allows the user to control the simulation time by stopping and pausing. The packages and the virtual laboratory appearance were designed for the software implementation stage of Physical World to get started.

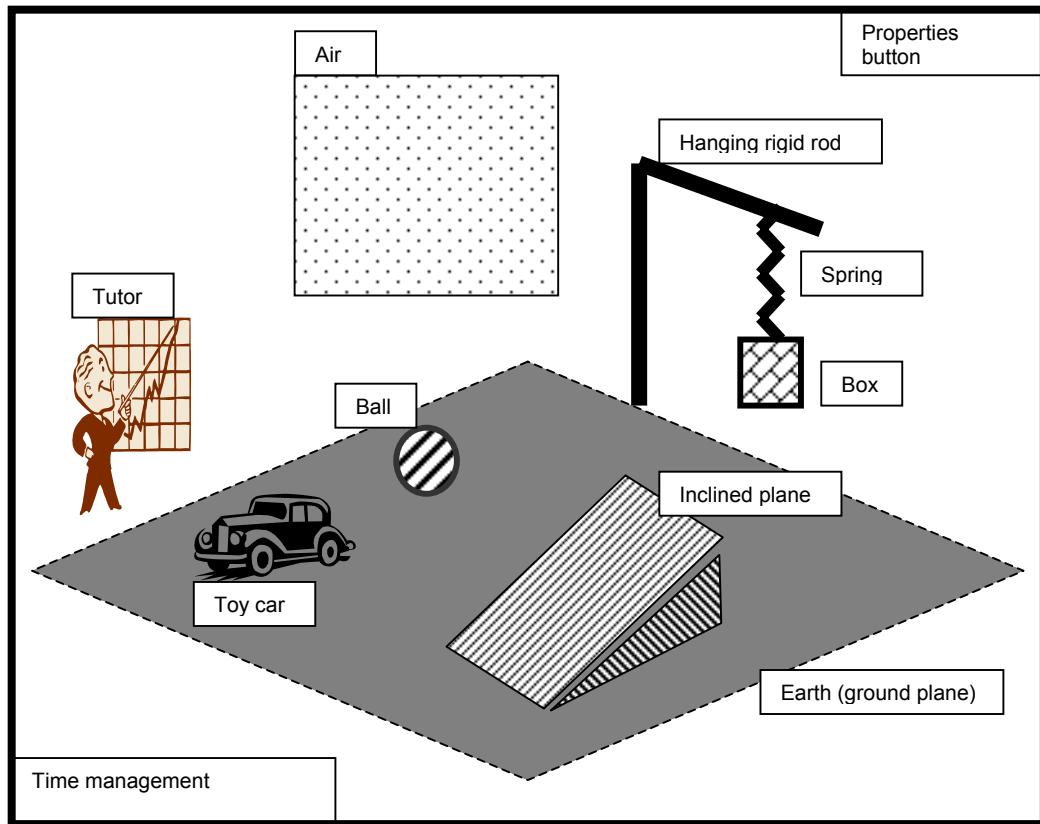


Figure 3.2 First sketch of the virtual laboratory in the design stage of Physical World

3.1.4 Software Implementation of Physical World

Software implementation means creation of software modules dependent on the responsibilities defined in the design stage. For Physical World, first of all, the infrastructural packages are implemented. Among the infrastructural packages, the mathematics package was the most fundamental. For this package, modules to represent three dimensional vectors and points are implemented. Also modules to represent variables, mathematical operations (addition, subtraction, multiplication, division etc.), and equation simplification algorithms were implemented. The modules for equation simplification are used by the computer

to simplify parenthesis and the redundant calculations. The mathematics package was planned and implemented for the use of all other infrastructural packages. For instance the physical simulation package includes modules like mass, rigid-body, time, spring, and air friction, where each of these objects use modules provided by the mathematics package. For example the constant representing the intensity for the air friction is represented as a variable that is defined in the mathematics package.

The physical simulation package uses Euler Simulation Method. This method is used for integrating differential equations. In equation 3.1, the acceleration of a mass is written as a differential equation, which physically is the equation of motion.

$$d^2x / dt^2 = f/m \quad (3.1)$$

Above in equation 3.1, x is the position of a particle with mass m , and f is the force acting on the mass at time t . This equation is actually the same with the famous force equation (See equation 3.2).

$$f = m \cdot a \quad (3.2)$$

In equation 3.2, a stands for the acceleration of the mass and f and m are the same with equation 3.1. Therefore a is the twice derivation of x by t (See equation 3.3).

$$a = d^2x / dt^2 \quad (3.3)$$

In the physical simulation package in class “Mass”, a method named as “simulate”, integrates the equation of motion of the mass represented by class “Mass”, to obtain its position in the three dimensional space, dependent on time. Every time the “simulate” method operates, the position is integrated for a time period of dt . When the computer continuously operates the “simulate” method, motion is obtained by iterative integration of the acceleration. The Euler Simulation Method uses the logic as described above.

A special type of class provided by the physical simulation package determines the forces on masses. This class is called “Interaction”. Just as the “simulation” method of class “Mass”, there is a method of class “Interaction” called the “solve” method, operated by the computer, which solves the force applied to two masses at an instance of time in the virtual laboratory, and notifies the equation of motion, by the force obtained. The logic is simple; forces are solved and equation of motion is integrated twice to obtain position dependent on time. This is the entire logic behind the implementation of the physical simulation package.

In the graphics package, modules for rendering shapes are implemented. These shapes can be any kind like circles, rectangles, ellipses etc. Shapes are used to represent components that take place in the virtual laboratory. The package provides modules to calculate the vision when viewed from various positions. For instance, when the position of the eye point that is viewing the

virtual laboratory changes, the vision changes due to calculations made by the graphics package.

In the window toolkit package, modules to be used in user interfaces are implemented. These modules are components such as buttons, images, scrollable panels, windows etc.

After the implementation of the infrastructural packages, the packages specific to Physical World were held. The programming language package that is a backbone structure for this study was implemented first. The programming language enables users to write arbitrary equations with using the variables provided. The programming language presents programming lines as seen in Figure 3.3. When the computer recognizes a variable, the programming lines color that variable in red. For instance when a variable g is defined as the gravitational acceleration constant, it is possible to use it in the programming lines (See Figure 3.3).

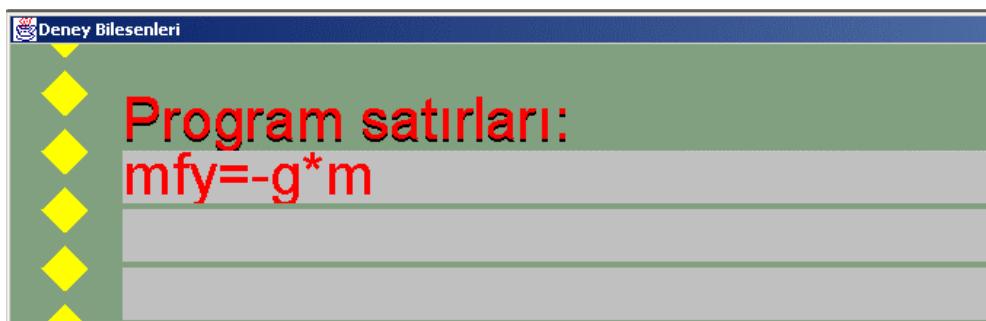


Figure 3.3 Programming lines of Physical World

The programming language package is implemented to calculate the result of an expression and to appoint that result to a variable. In equation 3.4, a

variable “ mfy ” meaning the force on a mass in y direction is equated to the result of “ $-g x m$ ”.

$$“mfy” = -g x m \quad (3.4)$$

Variables as in equation 3.4, are in relation with the components in the virtual laboratory. Physical objects from the physical simulation package possess variables and they are used in the programming lines. “ mfy ”, g and m are all variables with physical meanings that are used by the simulation. Any physical object such as a mass, a rigid-body or a spring possesses variables that can be used in the programming lines. With the use of the variables, users are able to manipulate the entire system in the virtual laboratory. The variables in the programming lines are not constants; therefore users can form dynamic functions. Moreover, multiple programming lines can be used to write complex series of equations. For instance, a function can be defined at the first line, and another function in the second line can be defined in terms of the first one. The programming language supports uninterrupted interaction, which means that when a user changes the equations in the programming lines or adds new ones, the programming lines are updated without stopping the simulation. This approach lets users get instant feedback to the changes they make.

Having the programming language as a manipulating tool over the physical simulation, the next package to implement was the integration package. The package integrates the physical simulation package with the graphics package to represent physical objects as visual components. For instance the

position of a mass is known by the physical simulation package and its shape is known by the graphics package. The integration package matches the position and the shape of the mass to represent it visually at right place on the computer screen. The integration package represents all components to take place in the virtual laboratory.

After the implementation of the integration package, the software was able to visualize physical objects on a window without any user interactions. For presenting the virtual laboratory to the user, with all controls to manipulate the environment, the implementation of the application package got started. The application package lets users control the virtual laboratory by the use of buttons, scrollable panels, programming lines, and the interactive environment components in the virtual laboratory. The application package provides the user to run, stop, record or rewind the simulation, to add objects in the virtual laboratory and design an experimental setting, to form interactions between physical objects, to explore details of the objects, to manipulate constants and variables, to write arbitrary equations in the programming lines, and to collect data to make measurements.

Physical World supports two modes as (1) “study by programming” and (2) “study by observation”. In Table 3.2, a comparison is shown between the two modes. In the “study by programming” mode, the application package uses the programming lines when the simulation is running. Simulation running means that time is passing in the virtual laboratory. When the simulation is stopped by the “stop button”, all motion calculations are stopped, therefore no motion is observed. The simulation is started by the “play button” to get the time pass.

While the simulation runs in the “study by programming” mode, interactions between physical objects are omitted by Physical World, which means that the forces solved by the interactions are excluded. Instead of the interactions, it is expected from the users to define forces in the programming lines. In the “study by observation” mode, the vise versa is true. The interactions are included and no programming lines are presented to the user. The interactions define the right forces with the right use of Newtonian Physics. Therefore in the “study by observation” mode, the user is able to observe the right motion without having written any equation of motion.

Table 3.2 Properties of the two modes of Physical World

Properties of the two modes of Physical World			
The two modes	Allows observation	Simulation runs according to the equations known by the computer	Simulation runs according to the equations written by the student
Study by observation	Yes	Yes	No
Study by programming	Yes	No	Yes

The application package supports switching between the two modes. The support for the two modes is an essential requirement for the tool and another essential requirement is the support for Turkish. The last package implemented during development was the language support package. The implementation defines a table of statements in English with Turkish equivalents of each. When the tool is set to Turkish, the table is used for the required Turkish statements. The package supports additional languages to be added in the future.

The software implementation of Physical World is held with an object-oriented approach. In the user interfaces of the tool, every object is a separate module. Under many modules, sub-modules are defined in terms of classes and methods. As seen at the right side of the main window of Physical World (See Figure 3.4), there are objects (spring, mass, air, etc.) listed which can be added to the experimental setting. These objects are separate modules with sub-modules. With the object-oriented approach, it is possible to extend the properties of the objects and to create new objects as the tool gets developed further.

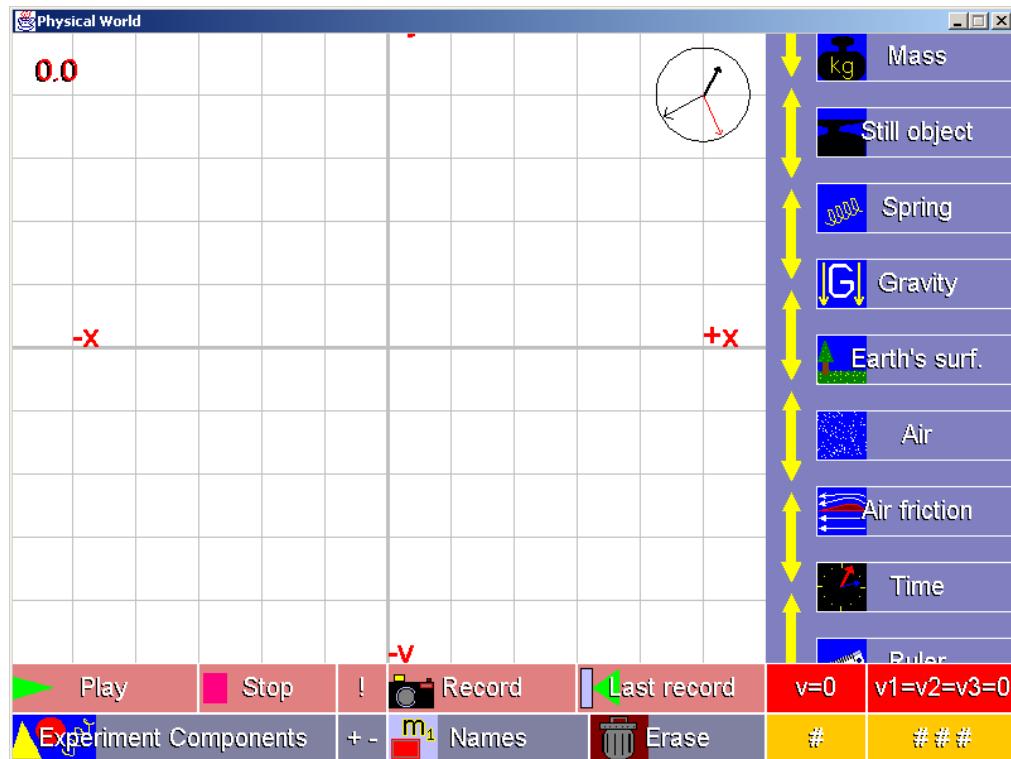


Figure 3.4 Main window of Physical World

The software implementation results with a simulation tool in Turkish that is able to become widespread over the internet (with a file size of 400 kilo bytes,

as a Java Applet), with a physics oriented programming language, a programmable mode (study by programming mode) and a non-programmable mode (study by observation) to be compared, and a freely manipulative virtual laboratory. Applying the method of development, Physical World meets the requirements as it is planned. In the next section, the method of evaluation is explained.

3.2 Method of Evaluation

In the evaluation of Physical World, three types of studies were held; (1) working with specialist, (2) working with students, and (3) revising the simulation tool according to responds collected from specialists and students. The evaluation is held to consider the major points as stated below.

- The simulation tool as a teaching material for physics.
- The differences between “studying by programming” and “studying by observation”.
- The simulation tool’s effects on reducing misconceptions of students about force.

Evaluating the simulation tool as a teaching material for physics means a general evaluation of Physical World apart from its original features. For instance, questions like “how usable” and “physically how true” are used for the general evaluation. Besides that, the simulation tool is evaluated for the differences between the two modes. Specialists and students stated responds for that, and three groups of students received treatments (see 3.2.1 Evaluation with Students) using the two modes. Also the evaluation searches for Physical World’s

effects on reducing misconceptions. The details of the method of evaluation is explained in detail in the following parts of this chapter.

3.2.1 Evaluation with Students

In the evaluation with students, a study is defined. This definition is stated below.

Study of evaluation with students: A six hours of study with the participation of one researcher and one student, in a room with a computer running Physical World. The six hours of study is divided in three sessions of two hours each. All sessions are held in different days, and duration between two consecutive sessions is no longer than seven days. The first session and the last session had at least two week in between. Before the first session starts, students receive a “student profile form” (See 3.2.1.1 Measuring Tools) and a “force concept inventory test” (See 3.2.1.1 Measuring Tools) focusing on misconceptions about force. The test is a three-tire multiple-choice test, asking (1) the problem, (2) why the selected choice, and (3) how sure of the choice. After the last session, students receive the same test with a different order of the same items. During the sessions, a video camera placed in the study room, records the study environment. Statements and responds of students are listed according to the video camera recordings. During the sessions, topics determined by the researcher are studied. These topics are related to Newtonian Physics. The researcher is responsible for leading the study by guiding students through the topics (for details of the studies, see Appendix A).

Target population of Physical World is all high school students in Turkey.

Though, the study focuses mostly on force and velocity concepts, therefore the target population of the study is tenth and eleventh grade students (due to curriculum, the force concept is taught in the tenth grade). As the sample, six students were chosen with use of convenience sampling. This is because the study takes place in a study room, with researcher and student, and therefore few students feel comfortable with the settings. Additionally, stratified sampling is used to select equal numbers in the male and female gender. Three male and three female students were chosen. Each group had one male and one female student. Additional to the six students, one other student was chosen for a pilot study.

Three groups are formed from the six students of the sample, having two students in each group. All groups study the same topics that are determined by the researcher. The tasks of groups are defined as stated below.

Group A: Each student studies for six hours, using only the “study by observation” mode of Physical World.

Group B: Each student studies for six hours, using only the “study by programming” mode of Physical World.

Group C: Each student studies for six hours, using both the “study by observation” and the “study by programming” mode of Physical World. The study includes the same topics as the other two groups. Students use the two modes consecutively, 30 minutes each, in a cycle completing the six hours. For instance when 30 minutes of study is completed using “study by observation”, the same topic is studied for 30 minutes using “study by programming”.

The following topics are chosen for the studies with students (for details of the topics including specific objectives of each, see Appendix A).

Topic 1: Keyboard, mouse and window controls.

Topic 2: Introduction to Physical World.

Topic 3: Introduction to Newtonian Physics concepts.

Topic 4: Applications of the velocity concept.

Topic 5: Applications of the force concept.

Topic 6: Applications of the gravity concept.

Topic 7: Applications of the friction concept.

In the following tables (Table 3.3, Table 3.4, and Table 3.5), the study programs for the three groups are shown.

Table 3.3 Study program for group A

Time of study (minutes)	Topics covered during sessions and the mode of learning method		
	Session 1	Session 2	Session 3
0 – 30	Topic 1, “study by observation”	Topic 4, “study by observation”	Topic 6, “study by observation”
30 – 60	Topic 2, “study by observation”		
60 – 90	Topic 3, “study by observation”	Topic 5, “study by observation”	Topic 7, “study by observation”
90 – 120			

Table 3.4 Study program for group B

Topics covered during sessions and the mode of learning method			
Time of study (minutes)	Session 1	Session 2	Session 3
0 – 30	Topic 1, “study by programming”	Topic 4, “study by programming”	Topic 6, “study by programming”
30 – 60	Topic 2, “study by programming”		
60 – 90	Topic 3, “study by programming”	Topic 5, “study by programming”	Topic 7, “study by programming”
90 – 120			

Table 3.5 Study program for group C

Topics covered during sessions and the mode of learning method			
Time of study (minutes)	Session 1	Session 2	Session 3
0 – 30	Topic 1, “study by programming”	Topic 4, “study by observation”	Topic 6, “study by observation”
30 – 60	Topic 2, “study by programming”	Topic 4, “study by programming”	Topic 6, “study by programming”
60 – 90	Topic 3, “study by observation”	Topic 5, “study by observation”	Topic 7, “study by observation”
90 – 120	Topic 3, “study by programming”	Topic 5, “study by programming”	Topic 7, “study by programming”

When students fulfill the objectives of each topic (see objectives of the topics in Appendix A), the study may finish before it is stated as in the tables above. For students finishing the total program in less than five hours, there is an additional topic as stated below.

Topic 8: Finding the constant of stiffness of a spring experimentally.

In Appendix A, the topics above to be studied are mentioned in more detail. Behavioral objectives of each topic are listed. During the study, researcher

is in charge of maintaining accordance of the study with the objectives. When an objective is realized by student, researcher is in charge of keeping on the study, skipping to the next objective. When students are not able to reach an objective, they are assisted by researcher gradually with clues, not at once directly. Below, Table 3.6 shows mapping of the topics on Appendix A. Each topic's objectives can be seen from Appendix A.

Table 3.6 Mapping of the topics on Appendix A

Topic	Corresponding part of Appendix A for the topic
Topic 1	3.1.1 (both for study by observation and study by programming modes)
Topic 2	3.1.2 (both for study by observation and study by programming modes)
Topic 3	3.1.3 (study by observation mode), 3.1.4 (study by programming mode)
Topic 4	3.1.5 (study by observation mode), 3.1.6 (study by programming mode)
Topic 5	3.1.7 (study by observation mode), 3.1.8 (study by programming mode)
Topic 6	3.1.9 (study by observation mode), 3.1.10 (study by programming mode)
Topic 7	3.1.11 (study by observation mode), 3.1.12 (study by programming mode)
Topic 8	3.1.13 (study by observation mode), 3.1.14 (study by programming mode)

For each of Topic 4 and Topic 7, a procedure is applied and observed in more detail. These procedures are explained below.

Procedure for Topic 4: Directing a Mass in Real-time

This procedure is an experiment about the velocity concept. The experiment includes one mass only. The goal is to direct the mass without

stopping the simulation, with use of velocity variables and complete a rectangular track as seen in Figure 3.5.

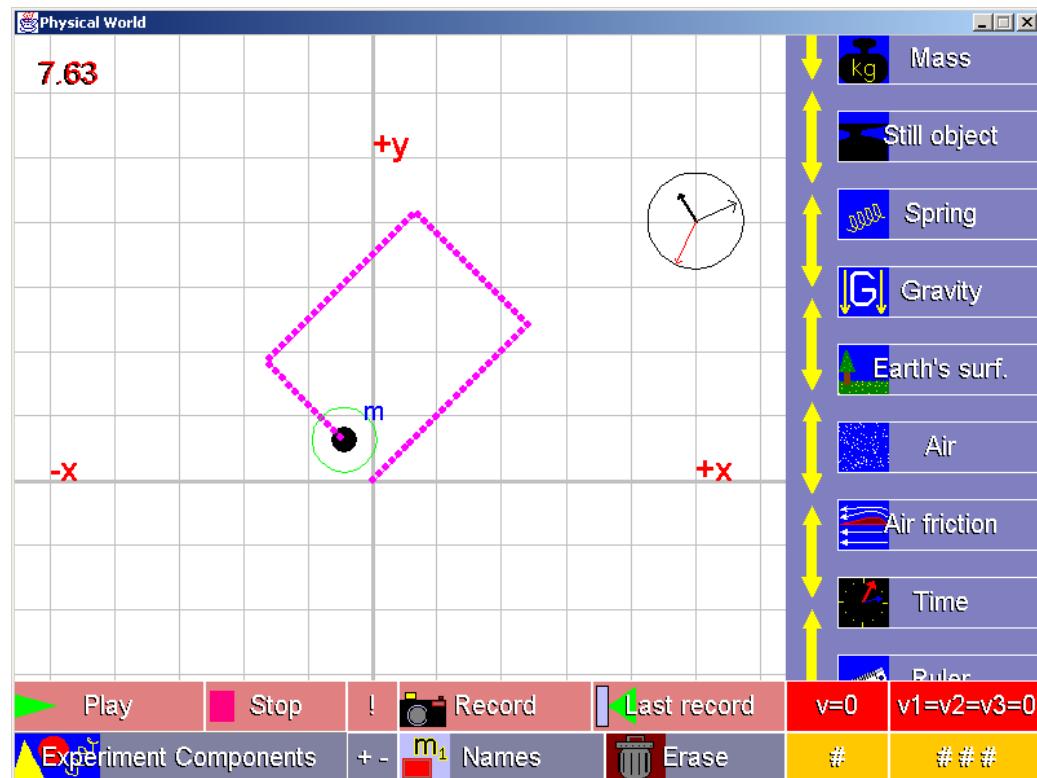


Figure 3.5 Rectangular track of a mass to be completed in experiment in Topic 4

The steps of the procedure are as follows:

Step 1: Student is asked to add a mass.

Step 2: Student is asked to make the mass move in $+x$ direction by use of velocity attributes of the mass if “study by observation mode” is used or by use of programming lines if “study by programming mode” is used.

Step 3: While the simulation runs, student is asked to make the mass move in $-x$ direction without stopping the simulation by use of velocity attributes or the programming lines.

Step 4: Student is asked to stop the simulation, and place the mass at the origin.

Step 5: Student is asked to make the mass complete a rectangular track as in Figure 3.5 without stopping the simulation.

Step 6: Student's comments about what she/he understood and learned about velocity are asked.

All students received this procedure. During this procedure, student's actions are observed. The results are mentioned in Chapter 4.

Procedure for Topic 7: Air Friction Experiment

In this procedure an experiment is prepared and observed. A constant force is applied to a mass where there is no other force. The velocity of the mass is observed. Then, air friction is applied to the mass and the velocity of the mass is observed again. Procedures of the experiment for the two modes are different. The two procedures for the two modes are as follows.

Procedure for “studying by observation”:

The questions below will be referred in the procedure steps.

Q1: Assume that a constant force is always acting on a box. Should the box always accelerate or should it stay at a constant speed after a while?

Q2: Assume that a constant force is always acting on a box, and when the box speeds up, there is an air-friction opposing the constant force. Should the box always accelerate or should it stay at a constant speed after a while?

The information below will be referred in the procedure steps.

I1: Assume that air friction is caused by collision of the molecules in the air and the molecules on surface of the box. The more they collide, more the air friction force applied on the box.

Step 1: Ask Q1 to student.

Step 2: Ask student to add a mass and apply gravity to that mass. Notify student that gravitational force is a constant force as in Q1.

Step 3: Observe the mass's velocity and discuss Q1.

Step 4: State I1 and discuss to make sure student understands the concept.

Step 5: Ask Q2 to student.

Step 6: Ask student to add air friction applying on the mass.

Step 7: Observe the mass's velocity and discuss Q2. Notify student that the gravitational force is opposed by the air-friction when the mass got faster.

Procedure for “studying by programming”:

Step 1: Ask Q1 to student.

Step 2: Ask student to add a mass and apply a constant force of 100 N using the programming lines. (Correct code in programming line 1: “mfx=100”, mfx: force on m in x direction, 100: constant force of 100 N)

Step 3: Observe the mass's velocity and discuss Q1.

Step 4: State I1 and discuss to make sure student understands the concept.

Step 5: Ask Q2 to student.

Step 6: State the following “Now, we will apply air friction as in Q2. To do, we will drive a force law. Scientists investigate the factors which influence certain forces to drive force laws. We will consider mass, position and velocity.”

Step 6: Ask the following “Do you think mass of a box might influence the air friction force applied on it?” If the answer is “yes”, ask the following “The air friction is due to molecules colliding. How can this collision be influenced by the mass of the box? Think in terms of molecules.”

Step 7: Discuss the influence of mass on air friction force.

Step 8: Ask the following “Do you think position of a box might influence the air friction force applied on it?” If the answer is “yes”, ask the following “Would you observe different consequences of Q2 if the experiment was held in this room or in another room?”

Step 9: Discuss the influence of position on air friction force.

Step 10: Ask the following “Do you think velocity of a box might influence the air friction force applied on it?” If the answer is “yes”, ask the following “Is the direction of the air friction force in the direction of the velocity or in the opposite direction of the velocity?”

Step 11: Discuss the influence of velocity on air friction force.

Step 12: Ask the following “What other factors might influence the air friction force?”

Step 13: Assist student in adding the air friction in the programming lines. Let student take the constant of friction as $10 \text{ kg}^*(\text{m/s})$. (Correct code in programming line 1: “ $\text{mfx}=100-10*\text{mvx}$ ”, mfx: force on m in x direction, mvx: velocity of m in x direction, 10: constant of friction as $10 \text{ kg}^*(\text{m/s})$)

Step 14: Observe the mass’s velocity and discuss Q2.

The procedures above are followed in Topic 4 and Topic 7. As seen for the procedure of Topic 7, the nature of the study while programming let’s

students get more involved in underneath principles. The results for these procedures are mentioned in Chapter 4 and are discussed in Chapter 5.

While students study with Physical World, a video camera that is placed in the room records the lecture. The recordings are examined to spot significant responds of students. The responds are considered as significant if they are found to be related to the points listed below:

- The usability of the simulation tool
- The simulation tool as a teaching material for physics
- Misconceptions
- Creative and scientific thinking skills
- Differences between the two modes of Physical World

The responds of students are used for revising Physical World. Also relevant comments are used as evidence in comparison of the “study by observation” and the “study by programming” modes in the results.

The evaluation with students, as described above, is influenced from the pilot study which is held with one student. In the pilot study, a pretest is given, a six hours of study same as group C is made, and a posttest is given. During the pilot study, the actual circumstances that a researcher faces are experienced. A video camera recorded the study and the recordings are used for revising the study flow. Also the pilot study helped in revision of the tests. More relevant items are placed in the test after the pilot study. The pilot study showed that Physical World is most effective on the inductive approach because it needs analytic and critical thinking, which led to changing test items. After the pilot study, the tests took their final form.

3.2.2 Evaluation with Specialists

When a teaching material is evaluated, literally specialists from three disciplines take role. Specialists from these disciplines are (1) material designers, (2) subject matter specialists, and (3) teachers. For this study, four specialists took role. These specialists are chose to cover the disciplines above.

In the evaluation with specialists, Physical World is introduced one by one, and feedback is requested both verbally and by the use of evaluation form (See Appendix B for the evaluation form). Evaluation with a specialist takes about 120 minutes. In the first 60 minutes of the evaluation, a general introduction relevant to the study is given and Physical World's features are shown with examples. In the second 60 minutes, the evaluation form is filled by the specialist. The steps of the evaluation with the specialist are as follows:

Step 1: Introducing the outline of the evaluation.

Step 2: Introducing the background of the study.

Step 3: Introducing the problems of the study.

Step 4: Introducing the features of Physical World.

Step 5: Introducing the two modes of Physical World.

Step 6: Introducing the misconceptions and Physical World as a recovery tool.

Step 7: Assisting the specialist in filling the evaluation form.

Step 8: Getting specialists' general comments about Physical World.

Step 9: On specialist demand, install Physical World on the specialist's computer and leave the evaluation form to be taken back after specialist's notification.

In step 7, the evaluation form requires help from researcher in order for the specialist to answer some questions because those questions are related to

practical use of the simulation tool. The evaluation data and comments of specialists are used for the revision of Physical World (For more information about the evaluation form, see 3.4.2)

3.3 Method of Revision

Revision of the simulation tool depends on the evaluation. Information is gathered from the evaluation to revise the software. Before the revision started, this information is classified as described below. This classification is used to identify information, to bring solutions in while revising the software.

Classification of gathered information:

1. The simulation tool as a teaching material for physics

 1.1 Correctness of scientific information

 1.2 Motivation

 1.3 Usability

 1.4 Technical quality

 1.5 Colors and graphics

 1.6 Effectiveness of the feedback support and the helper documents of the simulation tool

 1.7 Attitude towards computers

 1.8 Attitude towards physics

2. Differences between the two modes of the simulation tool

 2.1 Creativity

 2.2 Achievement

 2.3 Motivation

 2.4 Behavioral objectives

2.5 Strengths and weaknesses

2.6 Advantages and disadvantages

3. Simulation tool's effects on reducing misconceptions about force

3.1 Studying by observation mode

3.2 Studying by observation mode

The information gathered and classified in the evaluation stage is systematically used to revise the software in technical and educational aspects.

For all classified information, a solution is derived. These solutions are classified as described below.

Classification of solutions derived:

1. Technical solution

1.1 Not applicable

1.2 Applicable in short term

1.3 Applicable in short term, but will be applied after more numbers of constructive feedbacks

1.4 Applicable in upcoming versions

2. Non-technical solution

2.1 Not applicable

2.2 Applicable in short term

2.3 Applicable in short term, but will be applied after more numbers of constructive feedbacks

2.4 Applicable in upcoming versions

The Method of Revision ends with implementation of applicable solutions in short term. The non-implemented solutions will either be implemented in the next versions or be left to be discussed or be discarded.

3.4 Measuring Tools

In this study, three measuring tools are used. Two of these are filled by students and one is filled by specialists. The two measuring tools for students are (1) the “student profile form” (See Appendix C) and (2) the “force concept inventory test” (See Appendix D and Appendix E). The measuring tool for specialists is the evaluation form. These measuring tools are explained in more detail in the next parts.

3.4.1 Measuring Tools for Evaluation with Students

A “force concept inventory test” and a “student profile form” were used in the study as the measuring tools.

3.4.1.1 Student Profile Form

Before a student receives the first session she/he fills out a “student profile” form (see Appendix C). The form includes questions about the points stated below:

- Age
- Gender
- Socio-economic status (Mother’s and father’s education and occupation)
- Attitude towards physics and computers

- Achievement in physics and computers
- Prior experience about computers
- Computer use preferences (programming, gaming, studying etc.)
- Accessibility to computers
- Time spent with computers
- Learning by programming

The form includes an information part asking age, gender and socio-economic status and 17 items.

3.4.1.2 Force Concept Test Items from FCI

Force Concept Test was used to assess students' misconceptions about force. The test includes 10 items that are taken from "Kuvvet Kavramı Ölçeği" which is a Turkish translation (Öğretme, 2003) from the originally English "Force Concept Inventory" test (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992). The original test includes 30 multiple choice items which are related to the misconceptions about kinematics, impetus, active force, action-reaction pairs, influences on motion, resistance, and gravity. This study chose ten items from the test that concentrate on active force. This is because the active force concept is the essential of motion in the inductive approach and the simulation tool of the study is an inductive tool. Therefore the tool shall be dealing with active force the most. The active force misconceptions of the items in the test are as follows:

- Only active agents exert forces: Non-moving agents do not exert force. For example a table does not apply force to a weight placed on it.
- Motion implies active force: If a body is moving there must be a force.

- No motion implies active force: If a body is not-moving there must be a force.
- Velocity proportional to applied force: A body moves with a velocity that is proportional to the applied force.
- Acceleration implies increasing force: If a body is accelerating, force must be increasing.
- Force causes acceleration to terminal velocity: If a constant force is applied on a body, it will reach a certain velocity, and will not exceed that.
- Active force wears out: Forces have a lifetime. For example when a tennis ball is hit by a racket, the force on the ball wears out after sometime the ball leaves the racket.

Each item in the test deals with one or more misconceptions. One alternate of an item can deal with one misconception at most. A student's choosing of an alternative to deal with a misconception is accepted as an evidence of the misconception true for that student.

The test was prepared as a three-tier test. After each item a multiple choice question is given asking "how sure of the selected alternative" and an open ended question is given asking "why the selected alternative". These questions were used to ensure the reasons behind student's preferences.

The test was given to each student before the first study started and the same test with a different order of items was given after all studies were finished. The pretest results were compared with the posttest to see changes in misconceptions of students. (See Appendix D and Appendix E for pretest, posttest and misconceptions in items.)

3.4.2 Evaluation Form for Specialists

An evaluation form was prepared to evaluate Physical World by specialists. The form includes two parts as (1) information about the specialist and (2) evaluation items and opinions. The information about the specialist part includes questions about the specialist's experience. The information was gathered to ensure the validity of specialists' evaluations. The specialists were informed that no personal information will be published or announced to third persons.

In the Evaluation Items and Opinions part, there is one table to be filled by specialists, and ten open ended questions. The table is aimed to evaluate Physical World in general. Items of the table require a scale with five alternatives; (1) very bad, (2) bad, (3) moderate, (4) good, and (5) very good. The items are about scientifically how true Physical World is, motivation, usability, appropriateness of colors and graphics, active engagement, effectiveness of feedback support of the tool, technical quality, containment of relevant document, effect on students' attitude towards physics-computers, and the effect of the two modes of Physical World on students' creative thinking and physics achievement. The table is originally prepared by Yalın (2000), and relevant items are added. These are the four items which are about the two modes of Physical World.

Nine of the ten questions of the form are prepared to compare the two modes of Physical World, in the aspect of misconceptions, physics achievement, behavioral objectives, advantages-disadvantages, and strengths-weaknesses. The question other then the nine is prepared to find problems of Physical World that

can be fixed in short and long term. (See Appendix B for the Evaluation Form for Specialists)

3.4.3 Validity and Reliability of Measuring Tools

For ensuring the content validity of the Force Concept Inventory Test, a well prepared test from literature is used (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992). The Turkish translation is also taken from literature (Öğretme, 2003). After selecting which test to use, items that are most closely related to the study are chosen. The simulation tool of this study concentrates most on force. Therefore only the items dealing with active force are chosen.

Before the studies with students started, a pilot study with one student is held. A pretest is given, six hours of study is made, and a posttest is given. According to the observations in the pilot study, more relevant items are included in the tests. The decision of concentrating on active force is made which contributed to the validity of the tests.

For ensuring the content validity of the Evaluation Form for Specialists, the items of the form are revised for many times. A cyclic procedure is held as item preparation-revision-item preparation-revision order. The revision is held three times with one instructor from the department of Secondary School Science and Mathematics Education at METU. After the last revision, the form is applied with the same instructor, filling all items as if the form took place in practice. For the validity of the form, a well prepared table from the literature (Yalın, 2000) is added which is used to evaluate Physical World in general.

For ensuring the content validity of the Student Profile Form, relevant items are chosen and the form is revised by an instructor from the department of Secondary School Science and Mathematics Education at METU.

The pretest and posttest were administered to six high school 10th grade students. The internal reliability coefficients of the pretest and posttest were found 0.35 and 0.27 respectively by using Cronbach alpha coefficient. The internal reliability showed low values. This is due to small sample size and the item characteristics in the tests.

3.5 Procedure

The study procedure can be summarized with the steps as stated below:

1. Review of literature
2. Development of the intended simulation tool
3. Development of evaluation forms and tests
4. Evaluation of the simulation tool (with students and specialists)
5. Revision of the simulation tool
6. Analysis of results and conclusion resolving

In review of literature, Educational Resources Information Center (ERIC), International Dissertation Abstracts, Social Science Citation Index (SSCI), Ebscohost, science direct, and google.com were searched systematically with keywords as, physics, education, computer, CAI (computer aided instruction), CBI (computer based instruction), simulation, tool, programming, programmable, creativity, virtual laboratory, and animation. Documents found were read and used in designing, evaluating, applying, and revising the simulation tool. Other

than the documents, relevant simulation tools were analyzed to make inferences about Physical World in the design, implementation and revision stages.

In development of the intended simulation tool (Physical World) the method described in 3.1 (Method of Development) is realized.

In development of evaluation forms and tests, Student Profile Form, Force Concept Inventory Pretest, Force Concept Inventory Posttest, and Evaluation Form for Specialists were prepared as described in 3.5.1 and 3.5.2.

After the development of Physical World, and the required measuring tools, evaluation of the simulation tool is held with students and specialists.

Student and specialist evaluation took place parallel; the order has not importance hence they are independent.

In evaluation with the specialists, first, appropriate specialists were chosen (See 3.2.2). Each specialist was informed about the general issues of the study and the evaluation stage, and was asked for contribution to evaluation. An evaluation takes about 120 minutes with 60 minutes of researcher's representation of the study and Physical World and 60 minutes of filling the form with researcher's assistance. Appointments were taken from the specialists who accepted to contribute to the evaluation stage. During the evaluation, procedure steps are followed as described in 3.2.2.

In evaluation with students, student to contribute shall be able to spend six hours as a guest in the study room. Therefore student's confidence shall be maintained. For this, one of her/his physics teacher was met, and student and her/his parents were convinced with that reference. Student's teacher was asked for student's achievement in physics, where this information was used to

distribute the six contributing students in Groups A, B and C. The distribution in groups does not aim to get an exact distribution, but it is used to hinder drastic differences between groups.

A permission paper (see Appendix F) was given to student's parents, which briefly explains the content of the study, content of the evaluation, and the contribution of student. Two meetings with the parents were held. In the first, a brief explanation is made and the permission paper is given. In the second meeting, parents' decision is asked politely and student is asked for her/his will to contribute. For students' who are allowed by parents and willing to contribute, a study time plan is made due to students' schedule.

In evaluation with students, firstly a pilot study with one student took place. All tests and forms were ready before the evaluation started. An 11th grader science student from a high school is found and the Group C procedure is applied as in 3.2.1. After the pilot study, six students were found, they were evenly distributed in the groups according to physics achievement and the procedure is applied as in 3.2.1. In distributing students to groups, information gathered from their teachers were used. The estimated three high achievement students were firstly placed in Groups A, B, and C. And the other three students were placed balancing groups in the aspect of physics achievement.

In revision of the simulation tool, feedback from students and specialists were used. Specialists stated comments and filled the evaluation form. Students' reactions and usage of Physical World were observed and their comments were listed due to recordings. All obtained information was used systematically to revise the software as in 3.3.

In analysis of results, scores of the pretest and posttest were analyzed. No inferential statistics were used since only six students took role. The test results were used to indicate misconceptions. Items in the Student Profile Form were used to investigate student characteristics, attitudes towards computers, attitudes towards physics, computer usage, programming skills and preference of “studying by observation” and “studying by programming”. Responds and comments of students during the studies were analyzed for to use them in the revision stage. Similarly specialists’ responds and comments were used to revise the software.

3.6 Assumptions

1. All students in the study had an idea of the essential physics concepts; position, time, velocity, mass, weight, force, and acceleration.
2. All students in the study responded sincerely to the Student Profile Form and the pretest and the posttest.
3. All students in the study responded and stated comments sincerely during the studies.
4. All specialists in the study responded sincerely to the Evaluation Form for Specialists.
5. All specialists in the study responded and stated comments sincerely during the evaluation.
6. Each time and for every student, the study environment showed standard conditions.

7. Each time and for every specialist, the study environment showed standard conditions.

CHAPTER 4

RESULTS

The results of this study will be explained in four parts as (1) development, (2) evaluation, (3) revision, and (4) summary. The results will be explained in relation with the objectives of the study.

4.1 Results of Development

As described in Method of Development, stages of requirement determination, analysis, design and implementation are applied with object oriented software development methodology. In accordance with the Method of Development, results are explained in four parts as (1) Results of Requirement Determination, (2) Results of Analysis, (3) Results of Design of Physical World, and (4) Results of Implementation of Physical World.

4.1.1 Results of Requirement Determination

Below, requirements of Physical World are listed as the results of requirement determination. These requirements are met by the software implementation and revision.

- A simulation tool that can foster scientific thinking and creative skills of high school students, while learning physics.
- Students shall feel comfort, warmth and interest at the first use of the simulation tool.
- The simulation tool shall present a clear user-interface with necessary controller units only.
- The simulation tool shall use Turkish as well as English
- The simulation tool shall be able to run on a wide range of computers.
- The simulation tool shall be capable of easy distribution over the Internet.
- The simulation tool shall support a freely manipulated virtual laboratory
- The simulation tool's use shall be simple.
- Graphical representation of a laboratory setting shall be supported in two or three-dimensional views.
- The simulation tool shall be able to show any physical quantity in an experimental setting to the user.
- When the user forms an experimental setting, the user shall be able to start the simulation and observe motion on the computer screen.

- Interaction of the user with the objects in the virtual laboratory shall sustain uninterrupted while the simulation runs.
- The simulation tool shall support a programming language that can be easily used by students
- The simulation tool's programming language shall not require preliminary programming experience for students.
- The programming lines of the programming language shall support arbitrary equations to be written freely by users.
- The computer shall precisely solve the equations when the simulation runs.
- By use of programming lines, variables correspondent to physical terms shall be formulated by users and the formulated variables shall have physically right effect (right use of Newtonian Physics) to the experimental setting.
- The simulation tool should support a non-programmable mode, besides the programmable mode.
- In the non-programmable mode, any experimental setting shall work automatically, by the equations known by the computer.
- In the non-programmable mode, the simulation tool shall support user manipulation over defined constants of the equations, but shall not support user defined arbitrary equations.

4.1.2 Results of Analysis

In the analysis stage, two parts are planned as described in 3.1.2.1 and 3.1.2.2. First, why to develop a new application, and second, how to develop a new application is analyzed.

4.1.2.1 Results of Analysis of Why to Develop a New Application

A qualitative comparison of advantages and disadvantages is made as described in 3.1.2.1. Major requirements of Physical World are investigated in contrast with the advantages and disadvantages. Respectively, as a result, decision is made to develop a new application.

As a result of this part, a problem of the study is answered. As stated in 1.1.2 this problem is;

SPD1: Analysis of “why to develop a new application”.

The reasons of this can be pointed out as;

- Need of language support for Turkish
- Applicable solutions to disadvantages as stated in 3.1.2.1
- Advantages of developing a home product as stated in 3.1.2.1

4.1.2.2 Results of Analysis of How to Develop a New Application

Physical World’s requirements indicate strong need of object oriented design, since the tool shall support a variety of features, and shall be maintained and extended easily. Therefore in the comparison of available technologies, as a result,

Java is chosen as the programming language for development (See 3.1.2.2).

Conventionally, MS Windows is chosen as the operating system.

Additional to Java and MS Windows, it is investigated and found that

JCreator IDE (Interface Development Environment) is appropriate to meet development features of Physical World. Therefore JCreator is chosen to be used. JCreator is a tool for managing software modules in development. A free version (version 2.5 LE) of the tool is used (See Figure 4.1) for writing codes of needed classes and managing packages of the project.



Figure 4.1 JCreator 2.5 LE “about window”

Following the development environment decision, the problems that could arise during the design were pointed, to analyze how to develop Physical World. As listed in 3.1.2.2, these problems are:

P1: Precise and fast physical simulation to be calculated by the computer

P2: A science oriented programming language for students

P3: Visualization of virtual laboratory experiments

P4: Long term support for the revision of Physical World and for the next versions

For P1, Euler Simulation Method is analyzed in performance and precision.

For this, an assumption is made for testing the performance. The assumption requires the listed points below:

- In an educational simulation tool for Newtonian physics, the tool shall be able simulate at least 10 masses in real-time on 200 MHZ (mega hertz) CPU (Real-time means simulation calculation is as fast to simulate in parallel time with real world with precision).
- When 10 masses are all bound to each other with springs in combination with use of Hooke's Law of motion (force of spring is proportional to spring constant and amplitude of tension), and spring constant is chosen as 100000 N/m, and each mass as 1 kg, the simulation shall remain stable.

A test is conducted to analyze efficiency of Euler Simulation Method, in the case described above. It is found that the case can be met by more than 100 masses. The analysis results as a decision to use Euler Simulation Method in Physical World.

For P2, how to develop a science oriented programming language is analyzed. It is assumed that Object Oriented Design fulfills the technical problems. Besides the technical problems, curricular problems arise. Derivation and integral are not included in the high school curriculum. Euler Simulation and equations of motion require these topics. To solve this problem, the process of Euler Simulation integration of equations of motion is investigated. The integration process is done via in three steps;

1. Setting forces
2. Integrating acceleration
3. Integrating velocity

It is found that the first state suits the curriculum. Therefore it is decided that the programming language shall let the users set forces, and the other two steps shall be done automatically by the computer (The implementation of this decision and further technical details are explained in 4.3).

For P3, performance of Java in displaying virtual laboratory settings in two and three dimensions is analyzed. It is assumed that at least 10 masses bound with spring in combination shall be rendered at 10 frames per second, on 200 MHZ CPU, at 800x600 pixels of screen area. Tests indicated that over those specifications, 15 frames per second can be obtained. As a result, a two-dimensional and three-dimensional computer graphics library is planned as an infrastructure for development.

For P4, a qualitative analysis of Physical World's requirements shows Object Oriented Design is required to maintain, revise and extend the application (Results of use of Object Oriented Design in Physical World is explained in 4.3).

As a result of this part, the second problem of the study is answered. As stated in 1.1.2, this problem is;

SPD2: Analysis of “how to develop a programmable simulation tool, appropriate for high school students, which is less computer oriented and more science oriented, for learning physics”.

The answer can be summarized with points listed below;

- Choosing the appropriate computer language as Java, the operating system as Windows, and the development environment as JCreator 2.5 LE.
- Showing efficiency of Euler Simulation Method.
- Orienting the programming language used by students with respect to curriculum.
- Showing efficiency of Java's rendering of virtual laboratory settings for Newtonian physics.
- Using Object Oriented Design to maintain, revise and extend the application.

4.1.3 Results of Design of Physical World

In 3.1.3, an object oriented design methodology is described in terms of packages, classes and methods. The methodology is applied for the design of Physical World. In this part, the results of the design will be mentioned.

The design simply divided main packages into two groups as (1) infrastructural packages and (2) application specific packages. This decision results an isolated group of modules in the infrastructural packages, which is used for long term maintenance of the system. This means that when structural changes are made on the application packages, because of isolation, the infrastructural packages remain unchanged, and that is beneficial for maintenance. This isolation strategy is the first step in design.

In the second step, the infrastructural packages defined in 3.1.3 are named in accordance to Java convention. Below, Java conventional name of these packages are stated in quotations.

1. Mathematics Package: “infrastructure.pwmath”
2. Physical Simulation Package: “infrastructure.pwengine”
3. Graphics Package: “infrastructure.pwgraphics”
4. Window Toolkit Package: “infrastructure.pwwindowtoolkit”

After naming the packages, their dependencies are defined. Mathematics Package is placed under the other three packages. This means that the Mathematics Package is independent of all other packages and all other packages depend on the Mathematics Package. In the mathematics package, three and two dimensional vectors, mathematical operators and mathematical variables are defined. These modules are accepted to be generic too all other modules.

The Physical Simulation Package is based on the Mathematics Package. It is designed to solve differential equations using vector, operator, and variable modules

of the Mathematics Package. The design defines three stages of mass simulation to obtain motion. These stages are named as (1) initialize, (2) solve, and (3) simulate. In the initialize stage, net force on a mass is set to null. In the solve stage, forces are applied to the mass. In the simulate stage, second order differential equation of motion is integrated dependent on time by Euler Simulation Method. The design offers simulation container modules which are capable of running these three stages in a parallel order. This means that these stages are involved by every mass in the system, and simulation container is responsible for managing all initialization stages of all masses first, than managing all solve stages of all masses, and last managing all simulation stages of all masses. This procedure is offered to guarantee the validity of Euler Simulation Method's software application.

The Graphics Package is designed for two and three dimensional rendering. Various shapes to be rendered are decided to be implemented in this package. These shapes are planned to be used to represent elements taking place in the virtual laboratory.

The Window Toolkit Package is designed for rendering user interfaces. Modules such as buttons, text fields (fields to type), and scrolling fields are decided to be implemented in this package.

The packages mentioned above results a set of infrastructural packages generic to any physical simulation tool. Following the infrastructural packages, the application specific packages are designed. Below, Java conventional name of these packages are stated in quotations.

1. Application Package: “pwapplication”
2. Integration Package: “pwapplication.environment”
3. Programming Language Package: “pwapplication.lang”
4. Language Support Package: “pwapplication.titles”

After naming the packages, their dependencies are defined. The Application Package and the Integration Package are dependent on each other. These packages are dependent on the Programming Language Package and the Language Support Package, but the Programming Language Package and the Language Support Package are both dependent on them.

The design of Physical World results a set of dependency relations and module definitions as stated above and in 3.1.3. The dependency relations are represented by arrows in Figure 4.2. Arrow pointing from package A to package B means A is dependent on B. All packages in the system are shown in the table.

4.1.4 Results of Software Implementation of Physical World

Software implementation of Physical World is done by the implementation method defined in 3.1.4 over the design method in 3.1.3. This part will be explaining the results of implementation in a top down approach, which means the explanation, will start from a user's point of view and will go down to underneath mechanisms.

This part will explain implementation results of “User Interfaces of Physical World”, “Physical Simulation Package”, and “Programming Language Package”. These topics are most closely related to the purpose of the study. For further

investigation of the implementation, see and analyze source code of Physical World (See Appendix J).

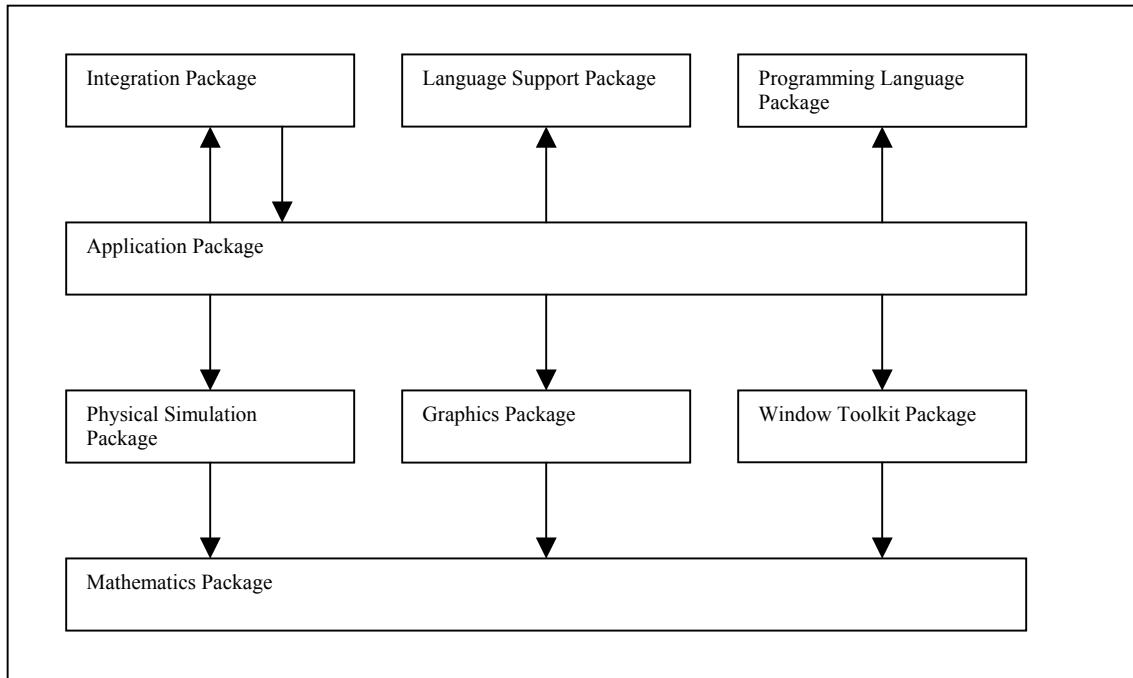


Figure 4.2 Package dependency relations of Physical World

4.1.4.1 User Interfaces of Physical World

For the user interfaces of Physical World, a minimalist strategy is implemented. In the window called “The Main Window” a virtual laboratory observing environment is presented (See Figure 4.3). The Main Window includes minimal number of buttons to build experiments.

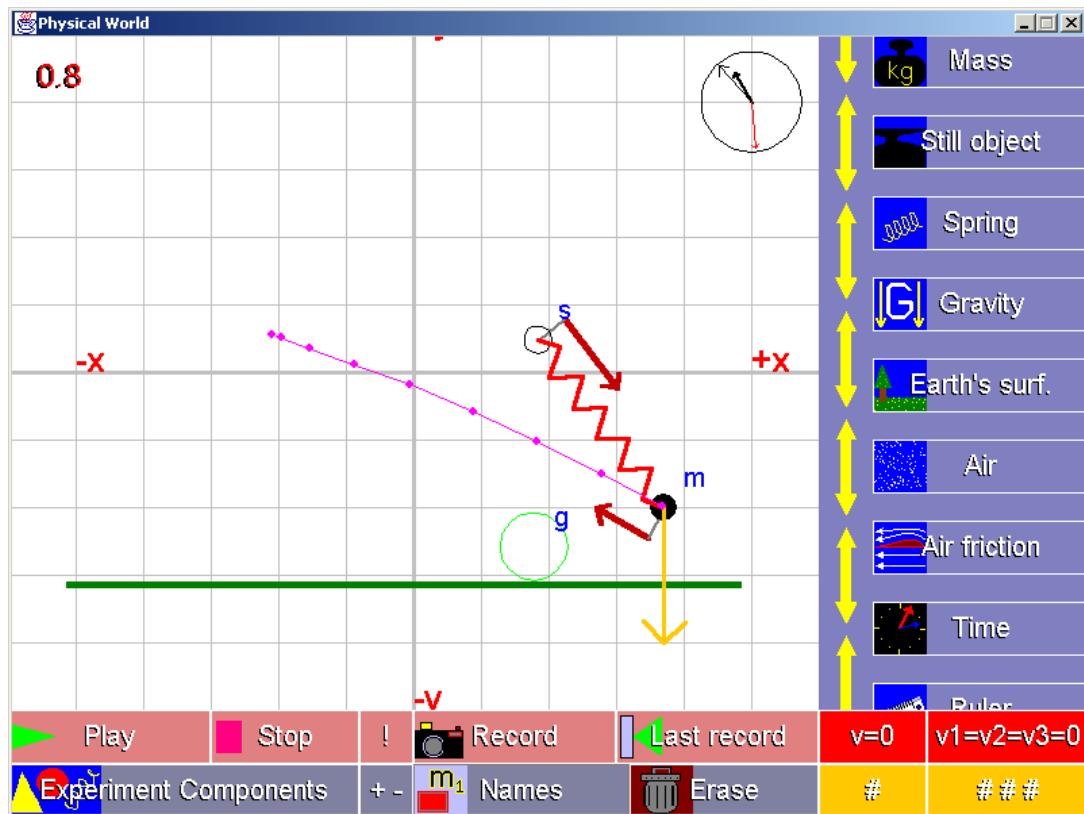


Figure 4.3 The Main Window

In the Main Window, the laboratory environment is rendered on a Cartesian coordinate system. Figure 4.3 shows a sample experiment on the coordinate system. On right hand side of the window, available types of components that can take place in a laboratory are provided. Users are able to add one or more of those types by clicking on them. In the extent of this study a few components are implemented. The implementation is object oriented. Therefore further development is supported by the existing packages.

When an experiment is set by the user, the simulation can be started and stopped by use of “Play” and “Stop” buttons seen in Figure 4.3. When the user starts

the simulation, motion is calculated and animations take place in the Main Window. The calculation of motion is dependent on “study by observation mode” or “study by programming mode”. These two modes are set from JCreator’s project settings menu before the application is started (See Figure 4.4).

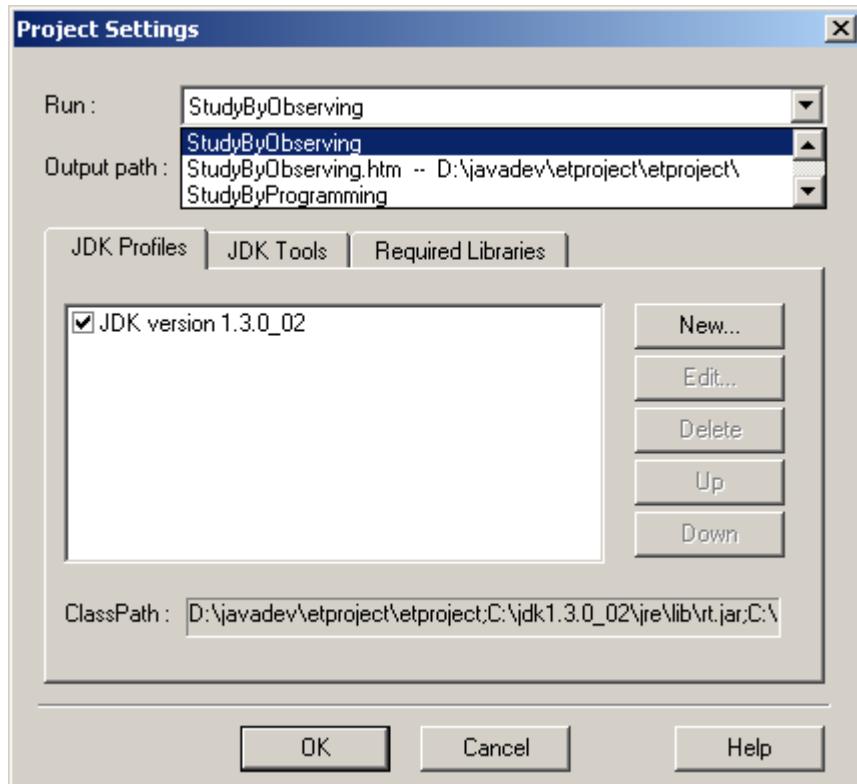


Figure 4.4 JCreator’s Project Setting Menu: Used to set either “study by observation mode” or “study by programming mode”.

If the application is set to “study by observation mode” and the simulation is started, the calculation of motion is done automatically due to equations of motion known by the application. If the application is set to “study by programming mode”

and the simulation is started, the calculation of motion is done due to equations written in programming lines. The programming lines are placed under another window called “Experiment Components Window”. The Experiment Components Window is used to list all components that take place in the current experiment created by the user. In “study by programming mode” this window additionally includes the programming lines. In figure 4.5, Experiment Components Window is seen in “study by observation mode” without programming lines.



Figure 4.5 Experiment Components Window

The Experiment Components Window includes programming lines in “study by programming mode” as seen in Figure 4.6. The programming lines are empty when the application is first started. The user is able to write equations with use of variables provided by Physical World. These variables are used in the simulation. Therefore setting these variables through the programming lines will reflect to the simulation when it is started by the “Play” button.

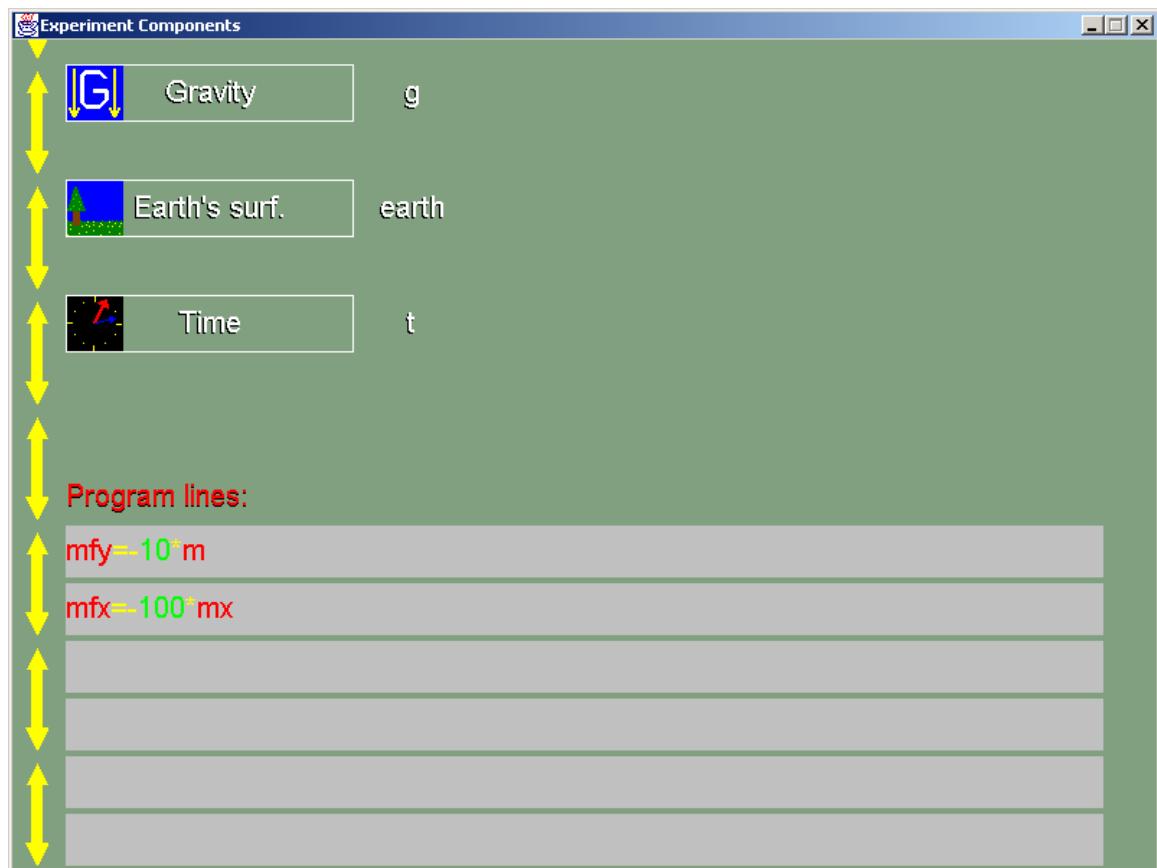


Figure 4.6 Experiment Components Window in “study by programming mode”

The programming lines are processed continuously when the simulation runs. Therefore dynamical changes in the variables will be effectively reflected to simulation to obtain motion (See user manuals of Physical World from Appendix G, Appendix H, and Appendix I for detailed information and applications of experimental settings in the “study by programming mode”). The variables provided for programming lines can be found under “Component Info Windows”. For each component listed in Experiment Components Window, there exists a Component Info Window that gives details of the component. When a component on Experiment Components Window is clicked, Component Info Window will appear. In the window, attributes of the component will be seen (See Figure 4.7).

In Figure 4.7, Component Info Window of mass m, placed in the virtual laboratory is seen. The mass includes attributes as position, velocity and mass. Under the attributes, variables are listed. These variables are provided for the programming lines. All components provide attributes and variables. For instance time component provides a variable t. As an example, when mx variable (means x position of m) is written as $mx=t$ in the programming lines, m will be change position when the simulation is started, since the simulation time is passing. Any physical effect will be observed for arbitrary equations written in the programming lines. For example mfx variable (net force on m in x direction) can be manipulated to apply force on m (See user manuals of Physical World from Appendix G, Appendix H, and Appendix I for sample applications).



Figure 4.7 Component Info Window of mass m

Mainly there are three types of windows provided by the use interfaces of Physical World; (1) the Main Window, (2) the Experiment Components Window, and (3) the Component Info Windows. All windows are similar to the descriptions above. For all details of components, their uses and all windows, see user manuals of Physical World (Appendix G, Appendix H, and Appendix I).

4.1.4.2 Results of Implementation of Physical Simulation Package

The Physical Simulation Package contains classes which implement mass, physical interaction and the manager containers. As described in 4.3, there are three stages of the simulation process for a mass; (1) initialization, (2) solve, and (3) simulation. These stages are implemented in Java methods of class PWMass. Class PWMass is a member of the Physical Simulation Package.

Implementation of the initialization stage sets net force and acceleration of a mass to null. Below, Java code of this stage is seen:

```
public void init()
{
    force.set(0, 0, 0);
    accel.set(0, 0, 0);
}
```

The code above is the initialization stage named as the “init” method. The method is coded in class PWMass. Above, “public” means that this method is accessible from outside of class PWMass, and “void” means there is no output from this method. “force” and “accel” are variables declared by PWMass. They are actually represent three dimensional vectors in space. “.set” method sets “force” and “accel” by “(0, 0, 0)” value, which is x, y, and z coordinates in space. When this

stage is processed for a mass it is ready to step next to stage solve, where solve is the stage for external forces to be applied.

Solve stage is not implemented for PWMass because solve stage is the stage where forces are applied, and in Newtonian physics a mass does not apply force to itself. Implementation of this stage will be shown for springs.

For the simulation stage, class PWMass implements a method named as “simulate”. The Java code of this method is seen below:

```
public void simulate()
{
    vel.set(vel.add(accel.multiply(dt)));
    vel.set(vel.add(force.multiply(dtDivMass)));
    pos.set(pos.add(vel.multiply(dt)));
}
```

The code above is Java implementation of Euler Simulation Method for a mass. “vel” is the velocity of mass, “pos” is the position of mass, and “dt” is the time to be iterated in the integration process. After this method is processed, the mass’s velocity and position states are iterated by dt time. Above, velocity is incremented by the product of acceleration and dt, and position is incremented by the product of velocity and dt.

Masses can be created and added to manager containers called class PWSimulationContainer. This container type holds a list of added masses and manage their simulation stages. Class PWSimulationContainer implements a method named as “operate” which is a process to pack the three stages. The implementation of this method is as follows:

```
public void operate()
{
    init();
    solve();

    if (time != null)
        time.iterate_t();

    simulate();
}
```

The above code processes the init, solve and simulate methods one after the other. Once “operate” is processed, all masses and interactions are handled to get iterated states of the virtual experimental setting. This iteration means the one process of “operate” integrates the motion for some time that is defined under class PWTime, which is declared as “time” in the code above. In this case, the processed

init, solve, and simulate methods above are not the methods of class PWMass. These methods are specifically implemented for PWSimulationContainer to manage all masses and interactions under the container. The specific implementation is as follows:

```
public void init()
{
    for (int a = 0; a < initChildren.size(); ++a)
        ((PWInit)initChildren.elementAt(a)).init();
}
```

```
public void solve()
{
    for (int a = 0; a < solveChildren.size(); ++a)
        ((PWSolve)solveChildren.elementAt(a)).solve();
}
```

```
public void simulate()
{
    for (int a = 0; a < simulateChildren.size(); ++a)
        ((PWSimulate)simulateChildren.elementAt(a)).simulate();
}
```

Methods above are implemented in class PWSimulationContainer.

“initChildren”, “solveChildren”, and “simulateChildren” are the components that take place in the container. Physically these components are the masses and interactions. By the “for loops” the components are managed through the three stages. These methods are called by the “operate” method. Therefore the “operate” method processes all components’ stages of simulation to get the motion of the virtual experiment.

Probably the most important part of simulation is the stage where forces are applied. Below, the force applied by a spring will be explained.

The Physical Simulation Package includes a class called PWSpring, which represents a spring that implements Hooke’s Law. As the design of Physical World defines, forces must be implemented in the solve stage. PWSpring applies force to two masses as implemented in the code below. This code is the solve stage implemented by PWSpring.

```
public void solve()
{
    Vector3D f = deltaMasses.multiply(displacement * kHardness);
    if (_deltaMasses != 0)
        f = f.divide(_deltaMasses);

    force.set(f);
```

```

mass1.applyForce(f);

mass2.applyForce(f.negate());

}

```

In the code above, first the force between two masses caused by the spring between them is calculated. “deltaMasses” is the displacement vector between the two masses. Force “f” is found and applied to “mass1” and “mass2”. When applied to “mass2”, the force is negated by the “negate” method. This negation is the implementation of action-reaction of force of an interaction. As well as the masses, interactions such as the spring interaction are managed by PWSimulationContainer. Therefore when two masses are added to the container and a spring between them is also added, calling the “operate” method processes the simulation. When the “operate” method is continuously called by the Application Package, the virtual experiment is simulated.

4.1.4.3 Results of Implementation of Programming Language Package

As a result of Programming Language Package’s implementation, modules that can solve equations are obtained. These modules are capable to work collaboratively with the Mathematics Package and Physical Simulation Package. The package does several operations on written equations on the programming lines. These operations are listed orderly below:

1. Read an equation from the programming lines
2. Recognize variables, brackets and mathematical operations
3. Do error checking
4. Compile brackets
5. Compile mathematical operations
6. Set variable values
7. Get equation result

The process above is implemented in the Programming Language Package with use of specific classes and methods (For further investigation of the implementation, see and analyze source code of Programming Language Package). The process is managed by the Application Package. Every time the equations written in the programming lines are changed, the Programming Language Package is notified and it automatically recompiles the equation. By this, the user is able to change the equations while the simulation runs, which results an uninterrupted user interaction reflected quickly into the simulation. For instance when variable mvx that represents velocity in x direction of mass m is manipulated as “mvx=1” in the programming lines, mass m moves with 1 m/s in the +x direction. And when the equation is adapted to be “mvx=-1”, the mass immediately starts moving in the -x direction. The uninterrupted user interaction is effectively used in the evaluation stage of this study.

4.2 Results of Evaluation

In this part of the study, results obtained from evaluation of Physical World will be presented. The evaluation is made with contribution of seven students and four specialists.

4.2.1 Results of Evaluation with Students

Seven students contributed to the evaluation of Physical World. One of these students took place in the pilot study, and six of them took place in the actual study. The evaluation results will be investigated for the actual study under the titles stated below.

- Information about Students Related to Computers and Physics
- Students' Attitudes Towards Physics
- Students' Computer Usage
- Students' Preference of “studying by observation” or “studying by programming”
- Pretest and Posttest Results and Misconceptions
- Students' Attainment of Procedures for Topic 4 and Topic 7

In the actual study, six students took place. These students are placed in three groups (group A, B, and C) each containing two students. Students' gender, age, school type, grade, and group are seen in Table 4.1. Students' parents' education status and occupation are seen in Table 4.2 (the information is given due to students' responds).

Table 4.1 Students in the actual study

Student	Gender	Age	School type	Grade	Group
ST1	Male	15	High School	10 th	A
ST2	Female	15	High School	10 th	A
ST3	Male	16	Private Science High School	10 th	B
ST4	Female	15	High School	10 th	B
ST5	Male	16	Private High School	10 th	C
ST6	Female	15	High School	10 th	C

Table 4.2 Students' parents' education status and occupation

Student	Mother's education status	Mother's occupation	Father's education status	Father's occupation
ST1	Elementary school	House wife	High school	Technician
ST2	High school	House wife	University	Teacher
ST3	High school	House wife	High school	Technician
ST4	University	Teacher	High school	Merchant
ST5	University	Human resource management	University	Merchant
ST6	High school	House wife	High school	Turner

4.2.1.1 Information about Students Related to Computers and Physics

The information concerning computers and physics for students is obtained from students' responses to certain items in the Student Profile Form. These items are numbered in the form as 2., 3., 4., 6. and 7. These items are prepared to rate certain characteristics of students. The items are originally written in Turkish in the

Student Profile Form. The items are translated to English and they are listed below in Figure 4.8 and each student's response for the items is seen in Table 4.3.

	Very much	Moderate	Little	None
2. I am successful in physics subjects.				
3. I have knowledge of computer usage.				
4. I have knowledge of computer programming.				
6. I think using computers in classroom is useful				
7. I can understand physics while studying with the computer.				

Figure 4.8 Items for the information concerning computers and physics for students

Table 4.3 Responses of students to items for the information concerning computers and physics

Student	Item 2.	Item 3.	Item 4.	Item 6.	Item 7.
ST1	Very much	Very much	Moderate	Moderate	Very much
ST2	Moderate	Moderate	Little	Little	Moderate
ST3	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
ST4	Very much	Little	Little	Little	Moderate
ST5	Moderate	Very much	Moderate	Little	Moderate
ST6	Moderate	Moderate	Little	Moderate	Moderate
Sum of Responses	Very much (2) Moderate (4) Little (0) None (0)	Very much (2) Moderate (3) Little (1) None (0)	Very much (0) Moderate (3) Little (3) None (0)	Very much (0) Little (3)	Very much (1) Moderate (5) Little (0) None (0) None (0)

4.2.1.2 Students' Attitudes towards Physics

Students' attitudes towards physics are measured by three items from the Student Profile Form. These items are numbered in the form as 1., 8., and 9. The items are translated to English and they are listed below in Figure 4.9 and each students' response for the items are seen in Table 4.4.

	Very much	Moderate	Little	None
1. I have interest in physics subjects				
8. I like learning physics subjects				
9. I am eager to learn physics subjects				

Figure 4.9 Items for students' attitudes towards physics

Table 4.4 Responses of students to items for students' attitudes towards physics

Student	Item 1.	Item 8.	Item 9.
ST1	Very much	Very much	Very much
ST2	Moderate	Moderate	Very much
ST3	Little	Little	Moderate
ST4	Very much	Very much	Very much
ST5	Moderate	Moderate	Moderate
ST6	Moderate	Moderate	Moderate
Sum of Responses	Very much (2) Moderate (3) Little (1) None (0)	Very much (2) Moderate (3) Little (1) None (0)	Very much (3) Moderate (3) Little (0) None (0)

4.2.1.3 Students' Computer Usage

The information for students' computer usage is obtained by eight items in the Student Profile Form. These items are numbered as 5., 10., 11., 12., 14., 15., 16., and 17. The items and responses from students are stated below, as in Table 4.5.

	Very much	Moderate	Little	None
5. We use computers in the classroom				

Figure 4.10 Item 5 in the Student Profile Form

Responses to item 5.:

Table 4.5 Responses of students to item 5 in the Student Profile Form

Student	Response to Item 5.
ST1	Little
ST2	None
ST3	Little
ST4	None
ST5	None
ST6	None
All responses	Very much (0) Moderate (0) Little (2) None (4)

Item 10.: (Open ended question)

- Please write the educational software you used before, if any exists (If you don't remember their names, please state how many).

Responses to item 10.:

ST4 stated two educational software. The other students stated none.

Item 11.: (Open ended question)

- Please write the programming languages you used before, if any exists.

Responses to item 11.:

All students responded no use of programming languages.

Item 12.: (Open ended question)

- If you have written computer programs, please give brief information about them.

Responses to item 12.:

ST5 stated that he attempted to write a small computer game, which failed to finish. This response is in contradiction with response to item 11. The other students have stated none.

Item 14.:

- Through what way do you reach a computer, when you want to use? (You may mark more than one box below)

[a] I do no have the chance to reach a computer.

[b] At home there is a computer that I use with my family.

[c] I have my own computer in my room.

[d] I reach computers from the internet-cafes.

[e] I use my school's possibilities.

[f] Other (Please state)

Responses to item 14.:

From the responses it is found that two students have a computer they use with their family two students have a computer their room, and two students use internet-cafes or school computers. All responses are seen in Table 4.6.

Table 4.6 Responses of students to item 14 in the Student Profile Form,

Student	Response to item 14
ST1	C
ST2	B
ST3	C
ST4	B
ST5	D, E
ST6	E

Item 15.:

- How much do you use the computer daily?
 - a. None
 - b. 0-30 minutes
 - c. 30-60 minutes
 - d. 60-90 minutes
 - e. 90-120 minutes
 - f. More than 120 minutes

Responses to item 15.:

According to responses of students, it is found that the average computer use per day is 45 minutes with a standard deviation of 41.3 minutes. Female subjects spend less time with computers than male subjects. The average value for female subjects is 15 minutes per day with a standard deviation of 25.9 minutes. The average value for male subjects is 75 minutes per day with a standard deviation of 30 minutes. In Table 4.7, all responses are seen. Each response is assumed as an exact time for calculating the average time spent. This assumption is done via taking the average of the time stated in each item. For instance, 30-60 minutes is assumed as 45 minutes.

Table 4.7 Responses of students to item 15 in the Student Profile Form

Student	Response to item 14	Assumed time for calculating the average time spent
ST1	60-90 minutes	75 minutes
ST2	30-60 minutes	45 minutes
ST3	60-90 minutes	45 minutes
ST4	None	0 minutes
ST5	90-120 minutes	105 minutes
ST6	None	0 minutes

Purpose	Letter coded for the purpose
Playing games	A
Programming	B
Chatting	C
Researching through the internet	D
Studying by educational software	E

Figure 4.11 Item 16 in the Student Profile Form; Purposes table

With what order do you prefer the usage of computers listed above. Please fill in the table below using the letters coded for the purposes.

	Letter coded for the purpose
The purpose I prefer the most	
The purpose I prefer second	
The purpose I prefer third	
The purpose I prefer fourth	
The purpose I prefer last	

Figure 4.12 Item 16 in the Student Profile Form; Student's preference table

Responses to item 16.:

According to the responses to item 16, four students prefer to use the computer mostly for researching through the internet, and two prefer for playing games. Three students prefer to use computer the least for programming, two prefer the least for studying by educational software and one prefers the least for chatting. All responses are seen in Table 4.8.

Table 4.8 Responses of students to item 16 in the Student Profile Form

Student	Ordered response to item 16 (Ordered as responded)
ST1	A, D, C, B, E
ST2	D, E, A, C, B
ST3	D, C, E, A, B
ST4	D, E, B, A, C
ST5	A, D, B, C, E
ST6	D, E, A, C, B

Item 17.:

- Please write in what subjects of courses you used educational software before, if any exists.

Responses to item 17.:

According to responses to item 17, two students did not use educational software for subjects of courses. Four students used educational software for math. Two of these four used educational software for chemistry, and one of that two used

for biology. No response shows usage of educational software for physics. All responses are summarized in Table 4.9.

Table 4.9 Responses of students to item 17 in the Student Profile Form

Student	Summary of response to item 17
ST1	Math, chemistry
ST2	None
ST3	None
ST4	Math, chemistry, biology
ST5	Math
ST6	Math

4.2.1.4 Students' Preference of "Studying by Observation" or "Studying by Programming"

Students' Preference of "studying by observation" or "studying by programming" is measured via one item in the Student Profile Form. This item is numbered as 13. The item is as stated below.

Item 13:

- Below, two learning methods are defined for physics education.

First method: Educational software showing animations of physics subjects, calculating motion by itself. (For example a projectile motion takes place. A mass is thrown upwards. After sometime the mass has fallen by the effect of the gravity. The

computer has calculated the motion and has shown the projectile motion with animations.)

Second method: Educational software showing animations of physics subjects, calculating motion by due to laws determined by the student. (For example, for a projectile motion experiment, the student has set the initial velocity of the mass and has entered the force acting on the mass as an equation to the computer. The software has calculated the motion according to the values and equations that the student has entered, and has shown the projectile motion with animations.)

If you were to prefer one of the above methods, which one would you prefer? Why?

Responses to item 13.:

Above, English translation of item 13 is seen. As can be resolved from the second method, programming is described in terms of Physical World approach. Programming is not presented as a computer oriented and technical concept. It is meant to be consistent with the understanding of this study.

All of six students preferred the second method. Their responses are candidates to be strong evidence of student preference. Below, students' responses are listed with their original Turkish statements and their English translations.

Response of ST1:

“2. yöntemini tercih ederdim. Bilgisayar kendisi hesaplarsa öğrenci bir şey yapmaz. 2. yöntemde ise öğrenci kendisi yaptığı için daha iyi anlar ve ezbere olmaz.”

“I would prefer the second method. If the computer calculates by itself, the student does not do anything. In the second method, because the student does it by her/himself, she/he understands better and it is not memorization then.”

Response of ST2:

“2. yöntem çünkü 2. yöntemde öğrenci daha fazla düşünüyor. Böylece kendi merak ettiği sonuçları bulabilir ve daha akılda kalıcı olur.”

“The second method because the student thinks more. This way the student can find the results she/he is curious of, and that would be more permanent to keep in mind.”

Response of ST3:

“2. yöntem. Çünkü deneyerek öğrenmenin her zaman en iyisi olduğunu düşünüyorum.”

“Second method. Because I think that learning by trial is always the best.”

Response of ST4:

“2. yöntemini daha uygun buldum. Çünkü öğrenci 2. yöntemde uygulayarak öğreniyor. Böylece öğrenci nerelerde hata yaptığını anlar ve konuyu daha çabuk kavrar.”

“I found the second method more suitable. Because in the second method, the student is learning by applying. This way the students understand where she/he has made a mistake and grabs the subject faster.”

Response of ST5:

“2. yöntemini tercih ederdim çünkü bilgisayarın kendi tercih ettiği sayıları öğrenci ezbere öğrenmeye çalışır ama kendi (öğrenci) sayı verir bilgisayar hesaplarsa onu öğrenmeye ve anlamaya çalışır.”

“I would prefer the second method because the student tries to learn by memorizing the numbers given by the computer, but if the student sets the numbers and the computer calculates them, then the student tries to learn and understand.”

Response of ST6:

“2. yöntemini tercih ettiğim因为电脑会自动计算，所以学生只需要输入数字并理解规则，这样可以减少错误并提高理解力。”

“The second method, because if the computer calculates due to student's rules, the student makes less mistakes and it is kept more in mind.”

4.2.1.5 Pretest and Posttest Results and Misconceptions

At the beginning of the studies, all students received the pretest and after the last study, they received the posttest. All groups A, B, and C did better in the

posttest. Table 4.10 shows the results of the pretest and the posttest for students, and Table 4.11 shows the results for the groups.

Table 4.10 Results of the pretest and the posttest for students

Student	Number of right answers	Number of right answers	Difference
	in pretest	in posttest	(Posttest – pretest)
ST1	3	4	1
ST2	0	1	1
ST3	2	2	0
ST4	0	1	1
ST5	2	3	1
ST6	1	4	3

Table 4.11 Results of the pretest and the posttest for groups

Group	Number of right answers	Number of right answers	Difference
	in pretest	in posttest	(Posttest – pretest)
A	3	5	2
B	2	3	1
C	3	7	4

Group A used only “studying by observation mode”. After the studies, the group scored two additional items correct.

Group B used only “studying by programming mode”. After the studies, the group scored one additional item correct. In this group ST3 scored equal in the tests. ST3 gave the correct answer to item 1 in pretest and gave wrong answer to the corresponding item in the posttest, though recovered his wrong answer in item 9 and got the same scores in as a sum.

Group C used both “studying by observation mode” and “studying by programming mode”. After the studies, the group scored four additional items right.

The most recovering item was item 9 in the pretest. All six students had failed to answer this item correctly, all choosing the same alternative. In the posttest, five students gave the correct answer and ST4 conserved the previous answer. The item is directly related with Newton’s second law of motion. During the studies, the simulations demonstrate the applications of this law very clearly, no matter what study mode is used. This will be explained in more detail in 4.2.1.6.

Below, the misconceptions considered in this study are listed. They are named as M1, M2, M3, M4, M5, M6, and M7.

M1: Only active agents exert forces

M2: Motion implies active force

M3: No motion implies active force

M4: Velocity proportional to applied force

M5: Acceleration implies increasing force

M6: Force causes acceleration to terminal velocity

M7: Active force wears out

In Table 4.12, items in the pretest, the correct alternative and the alternatives showing evidence of misconceptions is shown.

Table 4.12 Pretest items and items' alternatives showing evidence of misconceptions

Item number	Correct alternative	Evidence of misconception for alternative (misconceptions are referred and alternative showing evidence of that alternative is stated in parenthesis)
1	5	M1(2)
2	1	M1(4)
3	1	M1(4)
4	2	M1(5)
5	3	M1(1)
6	2	M1(1,3,5), M2(3,4,5)
7	2	M1(1), M2(1,3,4,5)
8	2	M3(5)
9	2	M4(1), M6(4), M7(3,5)
10	3	M5(2), M6(1)

A table similar to Table 4.12 is prepared for the posttest items and misconceptions' evidences, which is Table 4.13. Posttest includes the same items with mixed order of items and alternatives of the pretest, and Table 4.13 indicates those as well.

Table 4.13 Posttest items and items' alternatives showing evidence of misconceptions, and corresponding items in the pretest

Item number in the posttest	Corresponding item number in the pretest	Correct alternative	Evidence of misconception for alternative (misconceptions are referred and alternative showing evidence of that alternative is stated in parenthesis)
1	4	4	M1(5)
2	7	4	M1(1), M2(1,5,3,2)
3	6	5	M1(3,4,1), M2(4,2,1)
4	5	3	M1(5)
5	10	2	M5(4), M6(5)
6	9	4	M4(5), M6(2), M7(3,1)
7	8	3	M3(5)
8	2	4	M1(2)
9	3	5	M1(1)
10	1	3	M1(2)

Tests were evaluated to find misconceptions of students and groups in the pretest and the posttest. The results are seen in Table 4.14 and Table 4.15.

Table 4.14 Misconception results of the pretest and the posttest for students

Student	Number of misconceptions in pretest	Number of misconceptions in posttest	Difference (pretest – posttest)
ST1	4	3	1
ST2	5	3	2
ST3	3	2	1
ST4	4	8	-4
ST5	5	5	0
ST6	5	3	2

Table 4.15 Misconception results of the pretest and the posttest for groups

Group	Number of	Number of	Difference
	misconceptions in pretest	misconceptions in posttest	(Pretest – posttest)
A	9	6	3
B	7	10	-3
C	10	8	2

Among the misconceptions, for M6 there was a constructive change in the posttest. This is due to clear demonstrations in the simulations which will be explained in the next part. Number of misconceptions of Group B has increased by three in the posttest. All given answers to pretest and posttest is seen in Table 4.16 and 4.17.

Table 4.16 Students' detailed responses and misconceptions in the pretest. (Notice: “*” means correctly answered, “***” means correctly answered in the pretest but changed to a wrong alternative in the posttest. After the response written, misconceptions are listed if any exists.)

Student	Responses to items in the pretest									
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
ST1	5*	3	1*	1	5	4,M2	3,M2	2*	4,M6	1,M6
ST2	2,M1	3	5	1	5	4,M2	5,M2	1	4,M6	2,M5
ST3	5***	3	1*	4	5	4,M2	3,M2	4	4,M6	5
ST4	4	3	3	1	2	4,M2	3,M2	1	4,M6	2,M5
ST5	4	3	5	4	3*	5,M1,M2	3,M2	2*	4,M6	2,M5
ST6	4	3	3	1	2	4,M2	1,M1,M2	2*	4,M6	2,M5

Table 4.17 Students' detailed responses and misconceptions in the posttest. (Notice: “*” means correctly answered, “**” means correctly answered in both the pretest and the posttest. After the response written, misconceptions are listed if any exists.)

Student	Responses to items in the posttest									
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
ST1	3	3,M2	2,M2	1	5,M6	4*	3**	1	5**	3**
ST2	3	5,M2	2,M2	4	5,M6	4*	1	1	2	4
ST3	1	3,M2	2,M2	1	1	4*	2	1	5**	4
ST4	5,M1	1,M1,M2	5*	1	5,M6	5,M4	5,M3	2,M1	1,M1	4
ST5	1	5,M2	4,M1,M2	3**	5,M6	4*	3**	1	1,M1	4
ST6	3	1,M1,M2	2,M2	4	2*	4*	3**	1	5*	4

Each test item is three-tier, asking (1) the problem, (2) how sure of the choice, and (3) why the selected choice. Table 4.18 and Table 4.19 show how sure the students are of their selected choices in the pretest and the posttest.

Table 4.18 Students' responds to how sure of the selected choice in the pretest

Student	Responses (Four alternatives: (1) Very sure, (2) sure, (3) not very sure, (4) not sure at all)									
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
ST1	3	3	3	2	2	3	3	2	3	4
ST2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3
ST3	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4
ST4	-	1	-	2	2	2	3	-	-	-
ST5	1	2	3	2	2	3	3	2	3	4
ST6	3	1	3	2	3	3	4	3	4	4

Table 4.19 Students' responds to how sure of the selected choice in the posttest

Student	Responses (Four alternatives: (1) Very sure, (2) sure, (3) not very sure, (4) not sure at all)									
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
ST1	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3
ST2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2
ST3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3
ST4	2	-	2	2	1	1	2	1	2	2
ST5	2	2	3	1	3	1	2	1	2	1
ST6	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3

The students' responds to "why did you select the alternative in the previous item?" helped examining the reasons behind improvements and unexpected changes in the misconceptions. Hence, responds to Item 1, Item 2, Item 5, Item 6, Item 7, and Item 10 of the pretest and their corresponding items in the posttest were investigated.

In Item 1 of the pretest, it was seen that ST3 selected right but changed to a wrong alternative in the posttest. The responds of ST3 is as follows.

Pretest:

How sure are you about the alternative you chose?

Not very sure

Why did you select the alternative in the previous item?

"Bir cisim ne kadar kuvvet uygularsa o da bize o kadar tepki verir (etkiye tepki)"

"An object reacts as much as we apply force on it (action reaction)"

Posttest:

How sure are you about the alternative you chose?

Not very sure

Why did you select the alternative in the previous item?

“Eğer ikisinin de kuvveti eşit olsaydı hareket etmezlerdi, fakat A'nın kuvveti daha büyük olduğu zaman ikisi de geri giderler.”

“If both forces were equal, they wouldn't move, but if A's force is more they can both go backwards.”

In the pretest, ST3 mentioned about action-reaction, which is the right theory behind the phenomenon in Item 1. In the posttest, ST3 does not think of action-reaction, but deals with motion. In the pretest a knowledge level respond was observed, but in the posttest an intuitive approach was observed.

In Item 2 of the pretest and its corresponding item in the posttest, ST4 did not select the right alternative. Although no misconception was found in the pretest, ST4 showed M1 misconception (only active agents exert forces) in the posttest. The responds of ST4 is as follows.

Pretest:

How sure are you about the alternative you chose?

Very sure

Why did you select the alternative in the previous item?

“Otomobilin kütlesi ile kamyonun kütlesi birbirine eşit değildir. Bu ancak otomobilin motorunu çalıştırması ile eşitlenir. Bu sırada kamyon da ona geri itme kuvveti uyguladığı için otomobilin itme kuvvetinin kamyonunkinden daha fazla olması gereklidir.”

“Mass of the car and the lorry are not equal. This can only be equal if the car had started its engine. At moment, since the lorry applies back push force on the car, car’s push force must be greater than the lorry’s.”

Posttest:

How sure are you about the alternative you chose?

Very sure

Why did you select the alternative in the previous item?

“Otomobilin motoru çalıştığı için kamyonu iter. Ama şöyle düşünelim; bir dolabı itmek için mi ona daha çok kuvvet uygularsınız yoksa masayı itmek için mi?

Otomobil tabi ki kamyonu itecektir. Çünkü onun yolundadır.”

“The car pushes the lorry because its engine works. But let’s think this way; do you apply more force to push a cupboard or to push a table? Of course the car will push the lorry. Because it is on its way.”

Response of ST4 in the posttest showed M1 misconception (only active agents exert forces). Though, from the student’s statements, it was understood that the student thinks about motion, not force. Therefore, it is controversial to say that the student had a misconception about force.

In Item 5 of the pretest, only ST5 succeeded, and in the corresponding item in the posttest, again only ST5 succeeded. From the student’s statements, it was observed that the student responded right by chance in the pretest. In the posttest, again a right respond is obtained with fully right explanation.

Pretest:

How sure are you about the alternative you chose?

Sure

Why did you select the alternative in the previous item?

“Vuruş gücü belli bir süre sonra havanın ve yerçekiminin etkisiyle yok olur ve top düşer.”

“The hitting force diminishes after some time with the effect of the air and the gravity and the ball falls down.”

Posttest:

How sure are you about the alternative you chose?

Very sure

Why did you select the alternative in the previous item?

“Kuvvet, vurulduğu anda etki eder. Topun gitmesi hızıdır. Hava ve yerçekimi de sürekli etki eder.”

“The force applies at the instance of the hitting. The motion of the ball is its velocity.

Air and gravity always affects.”

ST5 used both “studying by programming mode” and “studying by observation mode”. Although it was observed right answer in both the pretest and posttest, only for the posttest it can be deduced that the student reasoned with the right theory. In the posttest ST5 was very sure. The student told that the force applies the ball during the hit. Also the students related motion with velocity and stated that

air (air friction) and gravity always act on the ball. The statement is a right expression of theoretical Newtonian physics.

In Item 6 and Item 7 and in their corresponding items in the posttest, M1 and M2 misconceptions were observed. All students except ST4 failed to answer correctly to these items in both tests. ST4 failed both items in the pretest and recovered Item 6 in the posttest. Although ST4 failed Item 6 and 7 in the pretest, ST4 only missed the corresponding item of Item 7 in the posttest. It was observed that the student used to consider a force in the direction of the motion, but does not consider that in the posttest, which is the correct Newtonian case. In Item 6 of the pretest, ST4 selected “alternative 4” which shows M2. In the posttest, ST4 remediate the misconception. In Item 7 of the posttest, ST4 selected “alternative 3”, which again shows M2. Although the corresponding item in the posttest was not answered correctly by ST4, it was observed that by selecting “alternative 1”, ST4 omitted a force in the direction of motion. The parallelism between these items shows that ST4 does not consider a force in the direction of motion in the posttest.

In Item 10 of the pretest, all students failed to select the correct answer. In the corresponding item in the posttest, four of the students (ST1, ST2, ST4, and ST5) selected “alternative 5”, which was different from their selection in the pretest and which was wrong once more. Though, from the students’ statements, it was found that the students did not neglect air friction. When air friction is not neglected, the right alternative may become “alternative 5”, depending on how high the building is in the problem. The problem states that the building has single floor which clearly

omits “alternative 5”. It is found that the concept is well understood by the students, but the problem is not read clearly, or the height of the building is not considered.

4.2.1.6 Students’ Attainment of Procedures for Topic 4 and Topic 7

The method for following the objectives of the topics is applied during study sessions. All objectives listed on Appendix X is reached by students, directly or gradually with given clues. Additional to the objectives, procedures for Topic 4 and Topic 7 are applied as described in 3.2.1.

4.2.1.6.1 Results of Procedure for Topic 4: Directing a Mass in Real-time

Procedure for Topic 4 involves an experiment about the velocity concept. Students direct a mass without stopping the simulation. The goal is to complete a rectangular track. The procedure is almost the same for the two modes of Physical World. In the “studying by observation” mode students direct the mass with use of velocity attributes, and in the “studying by programming” mode students direct the mass with use of programming lines. Uses of the two modes are similar because in the “studying by programming” mode, student only enters a constant value to variables in the programming lines, which is similar to setting the velocity attributes in mass details window.

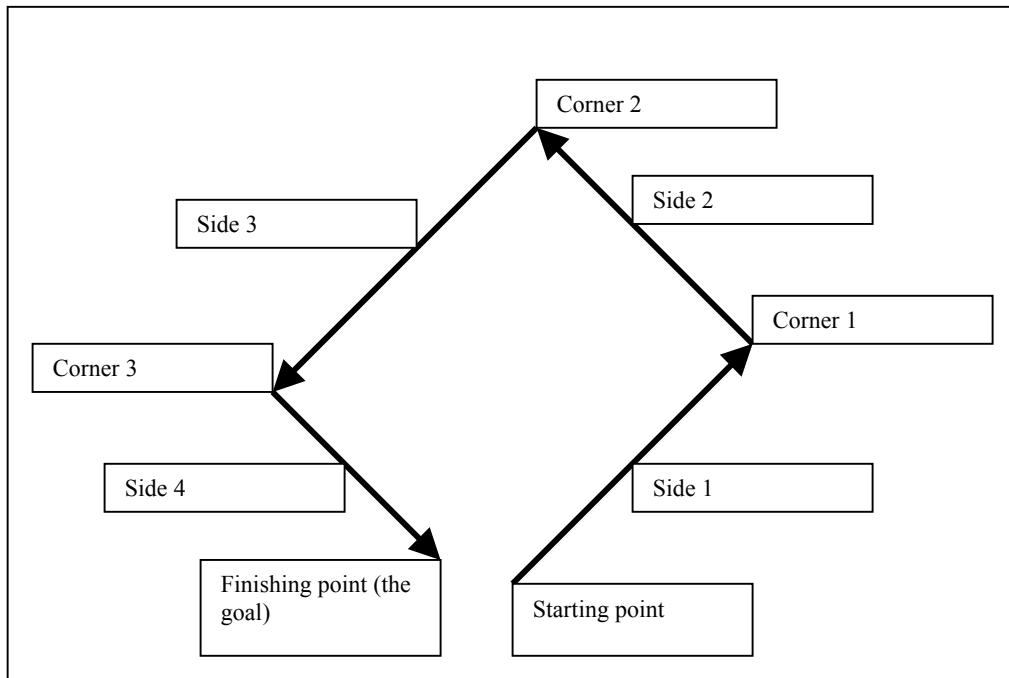


Figure 4.13 Rectangular track of the mass in Topic 4

All students achieved to complete the rectangular track (See Figure 4.13).

None of students achieved the goal directly, but they achieved with assistance of researcher. All students succeeded to complete the “side 1” (See Figure 4.13) of the rectangle without assistance. When turning towards “corner 2” was asked, no student achieved this without stopping the simulation. In turning towards “corner 2”, instead of manipulating the velocity, ST1, ST2, and ST6 attempted to position the mass with use of mouse towards “corner 2”. With assistance, all students achieved to pass “corner 1”, “corner 2” and “corner 3” after trials. During the trials, students commonly made direction and magnitude mistakes. Trials were repeated for each student until they completed the track without any assistance. All students achieved the goal with use of the uninterrupted interaction feature of Physical World.

The general responses of students show that the uninterrupted interaction is beneficial for quick feedback. In general, students stated that getting quick feedback shows them their mistakes and helps to understand.

4.2.1.6.2 Results of Procedure for Topic 7 in “Studying by Observation Mode”: Air Friction Experiment

As stated in 3.2.1 two questions are used in the procedure. These questions are restated below.

Q1: Assume that a constant force is always acting on a box. Should the box always accelerate or should it stay at a constant speed after a while?

Q2: Assume that a constant force is always acting on a box, and when the box speeds up, there is an air-friction opposing the constant force. Should the box always accelerate or should it stay at a constant speed after a while?

As stated in 3.2.1 an information is used in the procedure. This information is restated below.

I1: Assume that air friction is caused by collision of the molecules in the air and the molecules on surface of the box. The more they collide, more the air friction force applied on the box.

The procedure for the Air Friction Experiment is applied for “studying by observation mode”. Firstly Q1 is asked. All students failed to answer the question correctly. This consequence is consistent with the M6 misconception. All students had failed to answer item 9 in the pretest, which is directly related to M6 and Q1. In

the experimental setting when there is no friction, all students observed and orally approved that a mass under net constant force always accelerates and does not reach a terminal velocity. And when friction was applied to the mass, all students observed and orally approved that the mass reaches a terminal velocity. As the simulation took place, students observed the net force reaching to null, as the mass approaches the terminal velocity. With this all students orally approved that the constant force in the experiment is opposed by the air friction force as the mass speeds up.

In general, this procedural study with students shows a straightforward approach to physical facts. The effect of this study is apparent in item 6 of the posttest. This item is the correspondent of item 9 in the pretest which was failed by all six students. All students (ST1, ST2, ST5, and ST6) receiving this procedure succeeded on item 6 in the posttest. Among these students, ST5 and ST6 received both this procedure and the procedure for “studying by programming” which will be mentioned in the next part.

4.2.1.6.3 Results of Procedure for Topic 7 in “Studying by Programming Mode”: Air Friction Experiment

Air friction experiment is applied by four students (ST3, ST4, ST5, and ST6) in the “studying by programming mode”. ST5 and ST6 had also received the procedure for the “studying by observation mode” just before they received this procedure. Firstly Q1 is asked. ST3 and ST4 (Group B, only programming) failed to answer Q1 correctly which is in consistency with their wrong answers to item 9 in

the pretest. ST5 and ST6 answered correctly since they had seen the experiment.

After Q1, students were asked to apply a force of 100 N in +x direction on a mass, by using the programming lines. All four students achieved to write the correct equation in the programming line (“ $mfx=100$ ”) without any help. In the experimental setting when there is no friction, all students observed and orally approved that a mass under net constant force always accelerates and does not reach a terminal velocity.

For air friction force, programming requires deriving a force law and writing in that in the programming lines. In the air friction stage of the procedure, firstly, students were given the information I1, and they were asked what factors could be affecting the force law of air friction. Students were given a set of variables as mass, position of the mass, and velocity of the mass to be considered as factors. Students' responses are investigated for each of these factors as stated below.

Mass as a Factor Affecting the Air Friction Force

ST3, ST4, and ST5 firstly responded mass as factor affecting the air friction force, and ST6 stated unsure. A common belief was held by student that air friction is more for heavier objects. ST5 explains the situation as stated below.

“When we think of a volleyball and a fitness ball, the volleyball is lighter. Therefore when we hit, it moves faster. The fitness ball is heavy and is not as fast. Therefore it means that it is slowed down by the air.”

A common understanding is true for other students as well. During the study, researcher uses the following two thought experiments and discusses the situation.

“More the mass, harder to accelerate. Is that caused by the air friction? Think of a volleyball and fitness ball experiment in space where there is no air, therefore no air friction force exists. In this case, is accelerating the fitness ball as easy as accelerating the volleyball?”

“Think in terms of colliding molecules of the air and the surface of the box. How do they know the mass of the box? Think of putting heavy objects in the box. How will the molecules know that?”

The thought experiments above are put forward to make students understand that there is no relation between mass and air friction force. While the discussions, students show they understand the thought experiments.

Position as a Factor Affecting the Air Friction Force

ST3, ST5 and ST6 stated that there is no relation between position and air friction force, and ST4 stated unsure. During the study, researcher used the following thought experiment and discussed the situation.

“Think of a falling object in this room. Do the same experiment in another room with the same conditions. Does changing the rooms make a difference?”

The above thought experiment is used to discuss the effect of position on air friction force.

Velocity as a Factor Affecting the Air Friction Force

All students accepted velocity as a factor affecting the air friction force without any help. ST4 and ST5 made use of molecules information in I1 to explain how. ST4 additionally stated the cross-section of the box as a factor affecting the air friction force. ST3 stated the medium as a factor; “Friction in water is different than the air, density of the medium shall play a role.”

Students’ responds for the “velocity as a factor affecting the air friction force” shows evidence of critical thinking and scientific thinking skills. Physical World does not teach critical thinking and scientific thinking. It does not present any instructional method for that. Though, “studying by programming” indirectly allows these skills to be used. Specialists pointed that Physical World would be much more effective if an instruction system was provided by the software. This would make “studying by programming” even better.

After the factors affecting the air friction force were discussed, the procedure for Topic 7 is followed by writing the friction force in the programming lines. The constant force was written as;

“ $m_{fx}=100$ ”,

and the new form of the force should be;

“ $m_{fx}=100-10*m_{vx}$ ”.

Students were informed that all factors except the velocity such as the cross-section and the density could be represented in a constant value. They were assisted to accept that value as $10 \text{ N}/(\text{m}/\text{s})$. With the information ST4 and ST5 wrote the correct force equation as seen above. ST3 made a mistake and wrote the line as;

“ $m_{fx}=100+10*m_{vx}$ ”,

with a mistake in sign. And ST6 was assisted to write the equation.

All students receiving the procedure stated that they were more involved with the factors affecting the air friction force. ST5 and ST6 compared this procedure with the corresponding procedure they received in the “studying by observation mode”. Both stated that in the previous study, they hadn’t understood the factors behind the air friction force.

4.2.2 Results of Evaluation with Specialists

For the evaluation of Physical World, four specialists contributed this study.

They filled an evaluation form, stated comments and gave feedbacks. The gathered information was used to revise the software and to draw conclusions. The evaluation has two parts. In the first part, there are questions about specialists' experience concerning this study. These questions are prepared to ensure the validity of the responses. In the second part, items about Physical World are involved. The second part starts with a table to evaluate Physical World in general. Specialists' general evaluation by use of that table is shown in Table 4.20.

According to specialists' responses, Physical World draws positive figures for the following points. These points are decided according to the condition that all evaluations for the criteria is above normal.

- Correctness of information (Correct use and implementation of Newtonian Physics)
- Interest arousing / Motivation increasing
- Support of active engagement
- Technical quality
- Effect on student's attitude towards physics
- Effect on student's attitude towards computers
- Effect of “studying by programming mode” on student's creative thinking skills
- Effect of “studying by programming mode” on student's physics achievement

Table 4.20 Specialists' general evaluation of Physical World

Criterion for Physical World to be evaluated by specialists	Evaluation alternatives:			
	X: Not evaluated (omitted by specialist)			
	SP1	SP2	SP3	SP4
Correctness of information (Correct use and implementation of Newtonian Physics)	5	X	5	5
Interest arousing / Motivation increasing	4	5	5	5
Easiness of usage	4	3	3	5
Appropriateness of colors and graphics	5	colors 2, graphics 3	4	5
Support of active engagement	4	5	X	5
Effectiveness of feedback	4	5	2	4
Technical quality (use and implementation of technology)	X	5	5	5
Containment of related / meaningful documents	5	2	2	4
Effect on student's attitude towards physics	4	5	X	5
Effect on student's attitude towards computers	4	5	4	5
Effect of "studying by observation mode" on student's creative thinking skills	3	5	3	4
Effect of "studying by programming mode" on student's creative thinking skills	5	5	5	5
Effect of "studying by observation mode" on student's physics achievement	3	5	X	4
Effect of "studying by programming mode" on student's physics achievement	5	5	X	5

The weaknesses of Physical World are seen from Table 4.19 as well.

Although there are variances between responds, relatively negative responds shall be considered under attention. The weak points are as follows.

- Its easiness of usage is lacking.

- Colors and graphics are found inappropriate.
- Related and meaningful documents are missing or hard to reach. Documents are prepared in separate files and there is no way to reach them directly from Physical World. At this point it is apparent that Physical World has to be supported by documents and by an automated instruction system for teachers and students. Related to that, “support of active engagement” which is rated as a positive point is criticized by SP3. SP3 states that without an automated instruction system, active engagement is meaningless, no matter how interactive the software is, and this is especially true for the programming mode.

After the general evaluation, Item 1 in the Evaluation Form for Specialists is investigated for specialists' views related to effects of two defined studies on misconceptions. The item describes two studies, which are similar to the procedures for Topic 7; first one for the “studying by observation mode” and the second one for the “studying by programming mode” (See 3.2.1 and 4.2.1.6.2). Table 4.21 shows how much effect each of these studies has on misconceptions, according to specialists' views. The following three misconceptions were taken under consideration. These misconceptions are referred as KY1, KY2, and KY3 in the evaluation form.

M4 (KY1): Velocity proportional to applied force

M5 (KY2): Acceleration implies increasing force

M6 (KY3): Force causes acceleration to terminal velocity

Table 4.21 Effect of first study and second study on misconceptions, according to specialists' views

	Alternatives for the effect of first study (by observation) on misconceptions:				Alternatives for the effect of second study (by observation) on misconceptions:			
Misconception	SP1	SP2	SP3	SP4	SP1	SP2	SP3	SP4
M4	3	4	4	3	5	3	5	5
M5	3	4	4	2	5	3	5	5
M6	3	4	4	4	5	3	5	5

Three specialists hypothesized positive effect for the second study for all three misconceptions. One of specialists states that the “studying by programming mode” is harder to use, therefore more misconceptions might arise. In contrast with the results of studies with students, it was found that only M6 was recovered. As will be discussed in Chapter 5, studies showed limited effect on misconceptions and no difference was observed between the two modes. It is observed that the teaching method used in this study does not change the intuitive habits of students in understanding Newtonian Physics.

In Item 9 of the evaluation form, specialists were asked which method, “studying by observation” or “studying by programming”, would be better for the use of Physical World in education. There three alternatives as;

1. just studying by observation,

2. just studying by programming,

3. both.

All specialists answered as both. All specialists stated that students shall start with observation and then skip to programming.

Items as in the form of open ended questions were presented in the rest of the evaluation form. Specialists' responds to some of these items are summarized below.

- For the strengths and weaknesses of the two modes, specialists emphasize flexibility of programming. Though, they point that this flexibility reduces usability and makes it more complicated. Two specialists state that skillful students have more advantage in using the programming lines, which might cause a bias. And two specialists point that while programming, students get involved with mathematics of physics.
- Advantages of “studying by programming” compared to “studying by observation” are;
 1. student is more engaged cognitively,
 2. manipulation of variables the influence the experimental environment,
 3. more control on the experimental environment,
 4. application of limitless laws of physical interaction,
 5. additive effect on critical thinking skills,
 6. grabbing principles underneath the Newtonian physics.
- Disadvantages of “studying by programming” compared to “studying by observation” are;

1. more difficult,
2. need of higher skills,
3. much more difficult for unmotivated students,
4. need of a good instruction system,
5. risk of non-working or wrong models' to mislead students.

The responds and comments of specialists other than the above are mentioned and used in the revision of the software as will be shown in the next part of the study.

4.3 Results of Revision

As described in the Method of Revision, information gathered via the evaluation by students and specialists are listed. The information is classified under the titles of “Classification of gathered information” (See 3.3 Method of Revision). One solution is derived for each distinct information classified. The solutions are classified under the titles of “Classification of solutions derived” (See 3.3 Method of Revision). In this part of the study, the information gathered and the corresponding solutions will be listed.

The listing below starts with 17 information and corresponding solutions, which are not applied yet, or can be applied in the upcoming versions.

Information 1:

- Description: Access from Physical World to its manuals and tutorials is needed.

- Classification: “1.4 Technical quality”, and “1.6 Effectiveness of the feedback support and the helper documents of the simulation tool”
- Source: SP1, SP2, SP3, and SP4

Solution 1:

- Description: Manuals and tutorials for Physical World are written in MS Word. An interactive system supported by Physical World must be developed to view them.
- Classification: “1.4 Applicable in upcoming versions”
- Result / Explanation: Will be applied in the upcoming versions.

Information 2:

- Description: Initial value spaces for masses under the “Mass Details Window” shall be clearly shown in the Main Window.
- Classification: “1.3 Usability”
- Source: SP1

Solution 2:

- Description: Window layout shall be redesigned.
- Classification: “1.3 Applicable in short term, but will be applied after more numbers of constructive feedbacks”

- Result / Explanation: Window layout shall be redesigned for a better solution in the long term.

Information 3:

- Description: An automated instruction system is needed for the software to be easily used by students.
- Classification: “1.3 Usability”, “1.4 Technical Quality”, “1.6 Effectiveness of the feedback support and the helper documents of the simulation tool”
- Source: SP1, SP2, SP3, and SP4,

Solution 3:

- Description: An automated instruction system must be developed.
- Classification: “1.4 Applicable in upcoming versions”
- Result / Explanation: Will be applied in the upcoming versions.

Information 4:

- Description: Arrows indicating net force on masses are misleading when the simulation is stopped; because, when the simulation is stopped, and the experimental setting is changed by repositioning the masses, the net force arrows stay the same. Assume a mass tied to another mass with spring. The arrows show a direction same as the spring, which is physically correct, but when the simulation is stopped and the masses are repositioned, the direction of the spring

will change which will be different and the direction of force, and that could mislead students.

- Classification: “1.1 Correctness of scientific information”
- Source: SP1

Solution 4:

- Description: The solution can be realized by an instruction system. The instruction system shall take the responsibility to cover the misleading by notifying how the simulation is represented by the software. For instance, the instruction system shall inform student that the force arrow shows the last state of the system just before the simulation is stopped.
- Classification: “1.4 Applicable in upcoming versions”, and “2.4 Applicable in upcoming versions” (1.4 is technical and 2.4 is non-technical; See 3.3 Method of revision)
- Result / Explanation: An automated instruction system must be developed.

Information 5:

- Description: Studying by programming can motivate interested students, but cannot motivate others as much.
- Classification: “1.2 Motivation”, “2.4 Motivation” (See 3.3 Method of revision)
- Source: SP1 and SP4

Solution 5: Same as Solution 3.

Information 6:

- Description: Misconceptions can only be recovered by students whose achievement in physics is high.
- Classification: “3.1 Studying by observation mode” and “3.2 Studying by programming mode” (See 3.3 Method of revision)
- Source: SP1

Solution 6: Same as Solution 3.

Information 7:

- Description: User interfaces are not designed properly.
- Classification: “1.3 Usability”
- Source: SP1, and SP2

Solution 7:

- Description: User interfaces shall be designed better.
- Classification: “1.4 Applicable in upcoming versions”, “2.4 Applicable in upcoming versions” (See 3.3 Method of revision)
- Result / Explanation: Will be held in the upcoming versions.

Information 8:

- Description: The software shall be evaluated with more students.
- Classification: All classifications
- Source: SP1, SP2, SP3, and SP4

Solution 8:

- Description: A usability test with students and an experimental study shall be prepared.
- Classification: “2.4 Applicable in upcoming versions”
- Result / Explanation: Will be held in the upcoming versions.

Information 9:

- Description: Support for active engagement is only possible with an automated instruction system.
- Classification: “1.3 Usability”, “1.4 Technical quality”
- Source: SP3

Solution 9: Same as Solution 3

Information 10:

- Description: Air component can be displayed all over the experiment area, instead of one small region.
- Classification: “1.1 Correctness of scientific information”

- Source: SP2

Solution 10:

- Description: For the current system, air does not have any effect unless air friction is established for a mass. The probable misleading shall be solved by an instruction system.
- Classification: “1.4 Applicable in upcoming versions”, “2.4 Applicable in upcoming versions” (See 3.3 Method of revision)
- Result / Explanation: An automated instruction system must be developed.

Information 11:

- Description: The component representing the air friction is misleading. It looks as if the friction force was in the horizontal direction, because its figure is rendered horizontally.
- Classification: “1.1 Correctness of scientific information”
- Source: SP3

Solution 11:

- Description: The air friction figure must be replaced.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term”
- Result / Explanation: Not applied. Will be applied in the next version.

Information 12:

- Description: Mass and earth's surface does not collide which might mislead students.
- Classification: "1.1 Correctness of scientific information"
- Source: SP1, SP2, SP3, and SP4

Solution 12:

- Description: Due to the current logic of the software, interactions are not calculated unless they are set by the user. The solution can be realized by an instruction system. The instruction system shall take the responsibility to cover the misleading by notifying how the simulation is represented by the software.
- Classification: "1.4 Applicable in upcoming versions", and "2.4 Applicable in upcoming versions" (See 3.3 Method of revision)
- Result / Explanation: An automated instruction system must be developed.

Information 13:

- Description: In the "studying by programming mode", variables and equations shall be clearly presented to students with use of help systems.
- Classification: "1.3 Usability", "1.4 Technical quality", "1.6 Effectiveness of the feedback support and the helper documents of the simulation tool", and "2.5 Strengths and weaknesses"
- Source: SP1, SP2, SP3, and SP4

Solution 13: Same as Solution 3

Information 14:

- Description: Windows shall be resizable.
- Classification: “1.3 Usability”, and “1.4 Technical quality”
- Source: SP1, and SP3

Solution 14:

- Description: Development must be made.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term.”
- Result / Explanation: Not applied. Will be applied in the next version.

Information 15:

- Description: All components shall be able to be deleted at once.
- Classification: “1.3 Usability”, and “1.4 Technical quality”
- Source: SP1, and SP3

Solution 15:

- Description: Development must be made.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term.”
- Result / Explanation: Not applied. Will be applied in the next version.

Information 16:

- Description: Experimental settings from real life shall take place as well.
- Classification: “1.4 Technical quality”
- Source: SP3

Solution 16:

- Description: The tool is designed with object oriented design. Implementation must be made to do.
- Classification: “1.4 Applicable in the long term.”
- Result / Explanation: Will be held in the upcoming versions.

Information 17:

- Description: All Newtonian Physics must be covered.
- Classification: “1.4 Technical quality”
- Source: SP4

Solution 17:

- Description: The tool is designed with object oriented design. Implementation must be made to do.
- Classification: “1.4 Applicable in the long term.”
- Result / Explanation: Will be held in the upcoming versions.

The solutions above are the unapplied ones. Most of the findings show a need for long term development. The following five information and their corresponding solutions are the ones that are applied.

Information 18:

- Description: Zoom button and some other buttons on the Main Window are not clear.
- Classification: “1.5 Colors and graphics”
- Source: SP1, and SP2

Solution 18:

- Description: An artist’s help is needed to replace images of the buttons.
- Classification: “1.2 Applicable in short term”
- Result / Explanation: Applied with the help of an artist.

Information 19:

- Description: Scrolling windows cannot be perceived. The scroll bar shall be on the right and shall display arrows.
- Classification: “1.3 Usability”
- Source: SP1, and SP2

Solution 19:

- Description: Arrows shall be displayed on the scrolling bar and the scrolling bar shall be placed to the right of the window.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term”
- Result / Explanation: Applied.

Information 20:

- Description: Scrolling windows goes infinitely up and down without limitation.
- Classification: “1.3 Usability”
- Source: SP1

Solution 20:

- Description: Scrolling shall be limited. The scrolling places shall only show the area that the components are taking place.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term”
- Result / Explanation: Applied.

Information 21:

- Description: Mouse click on the text entry fields shall locate the text cursor on the clicked position.
- Classification: “1.3 Usability”, and “1.4 Technical quality”
- Source: SP1, ST1, ST3, ST5

Solution 21:

- Description: Development shall be made to fix the mouse click problem on the text entry fields.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term”
- Result / Explanation: Applied.

Information 22:

- Description: Number of digits displayed in the variables list of components is too much. Two or three digits are enough.
- Classification: “1.4 Technical quality”
- Source: SP3

Solution 22:

- Description: Development must be made.
- Classification: “1.2 Applicable in the short term.”
- Result / Explanation: Applied

In the revision stage, Solution 18, 19, 20, 21, and 22 were applied. The revision turned Physical World to look better, to be more usable, and to be technically better. The most significant missing point was left as development of an automated instruction system.

4.4 Summary of Results

In this part of the study, summary of results will be mentioned under two titles; (1) Summary of Results of Development, and (2) Summary of Results of Evaluation and Revision.

4.4.1 Summary of Results of Development

With the development of Physical World, the first four solutions of the study are met (Solution of SPD1, Solution of SPD2, Solution of SPD3, and Solution of SPD4 as defined in 1.2). First, why to develop a new application is analyzed. Second, how to develop the application is analyzed. Third, a design is prepared to meet the needs listed under Solution of SPD3 (See Solution of SPD3 in 1.2). These needs were met by the simple user interface, the manipulative environment by use of the two modes, small downloadable file size and no platform dependency, and object oriented design to support extensions. Fourth, the software implementation is made to meet the needs listed under Solution of SPD4 (See Solution of SPD4 in 1.2). These needs were met by clearly written code, well defined packages, classes and methods, right use of Newtonian physics, and support for topics that are related with high school physics curriculum in Turkey.

4.4.2 Summary of Results of Evaluation and Revision

With the evaluation and revision of Physical World, four solutions (Solution of SPE1, Solution of SPE2, Solution of SPE3, and Solution of SPE4 as defined in 1.2) of the study are met either totally or partially.

For attaining Solution of SPE1, Physical World is evaluated as a teaching material for physics by the contribution of students and specialists. Students have easily used the simulation tool in both of the modes, but it was observed that it wouldn't be as easy without assistance of researcher. The uninterrupted interaction feature is found to be an effective way to study physics by students. Besides students, specialists stated positive comments in general. Though, the usability and easiness of usage was rated relatively low by specialists, and they pointed at the absence of related and meaningful documents and an instruction system embedded in the software.

For attaining Objective 6, differences between “studying by programming” and “studying by observation” were investigated via evaluations by the contribution of students and specialists. While “studying by programming”, students spent more time to understand the concepts because there was more opportunity for discussion. While “studying by programming”, some students achieved to derive and contribute physical laws, which shows strong evidence of critical thinking and scientific think. Besides students, specialists stated both positive and negative comments for the each of the modes. They evaluated the “studying by programming mode” as a cognitively

engaging method, but they found it to be difficult and they pointed to the bias of the mode favoring the relatively skillful and motivated students.

For attaining Objective 7, Physical World's effects on reducing misconceptions were investigated via evaluations by the contribution of students and specialists. According to the pretest and posttest results, only one type of misconception was clearly recovered by students (For further discussion, see Chapter 5). In general, specialists rated Physical World as a good tool for recovery of misconceptions. Three specialists hypothesized better effect for the "studying by programming mode". Though, they all pointed at the risks of flexibility and complexity of the mode which could increase misconceptions. And one specialist directly stated worse effect for the mode, reasoning with the similar risks as the other three specialists stated.

For attaining Solution of SPE4, the results of the evaluations are used to revise the software in terms of;

- The simulation tool as an efficient physics teaching material,
- The simulation tool to foster scientific and creative skills of high school students,
- Increasing the simulation tool's effect on reducing the misconceptions of students about force.

Solution of SPE4 is attained partially, since revisions requiring the terms above needed development in the long term. The short-term revisions turned Physical World to look better, to be more usable, and to be technically better. It is found that

the majority of the long-term revisions require the development of an instruction system embedded in the tool, which could replace the human instructor.

CHAPTER 5

CONCLUSIONS, DISCUSSION AND IMPLICATIONS

This chapter includes four sections as (1) Conclusions, (2) Discussion, (3) Implications, and (4) Recommendations for Further Studies.

5.1 Conclusions

In this study, a programmable simulation tool, Physical World, is developed for high school students, to be used in Newtonian Physics concepts. The tool was evaluated and revised with the contribution of specialists and students.

Development of the simulation tool was successfully completed. The tool is strong with its small file size, non-dependency on platforms, capability to be distributed over the internet, object oriented design for extensions, and its two modes as “studying by observation” and “studying by programming”.

After the development, Physical World was evaluated in the aspect of general features, misconceptions and differences between its two modes. The general features were rated both positively and negatively. The positive responds were

slightly more and results show even better opportunities after long term revisions.

The “studying by programming” was found as a cognitively engaging method, while it was also difficult, as stated by specialists and observed in the studies with students. Physical World showed little or no effect on reducing misconceptions for both of the modes.

The revision of the software was done due to the findings in the evaluation stage. The findings show that the software has much more potential if long termed developments are realized such as an embedded instruction system in the simulation tool.

With applications of the methods of the study, solutions were met either totally or partially. Solution of SPE4 required many long termed developments, which hindered the study to attain this solution.

5.2 Discussion

Physical World had limited or no effect on misconceptions about force. One of the objectives of the study was about reducing misconceptions. The two modes of the software were examined if they had different effects. Although “studying by programming mode” was expected to be a more cognitively engaging method, the only student who hadn’t done better in the posttest was in Group B, who received the “studying by programming mode”. Additional to that, second student in Group B, also drew a negative figure in the posttest. Student was the only one to fail M6 (force causes acceleration to terminal velocity), which was recovered by all other students.

Therefore there are two distinct points showing relatively negative effects of using the “studying by programming mode”. Despite of the findings, the negative effect seen is not certain. Because it is known that misconceptions are reduced by use of higher order thinking. Observations show that students who used the “studying by programming mode” gave the most evident comments for critical thinking and scientific thinking. One of these students stated the cross-section of a box as a factor affecting the air friction force. The other student stated the medium (air, water etc.) as a factor affecting the friction force. Other students who even received both study modes (Group C) did not state any factors as clear as the ones above. The cognitive level of students shall be discussed to enlighten the uncertain findings about this consequence. Probably, for solving questions of the force concept test (pretest and posttest in the study), students need to use analysis and synthesis. Unless students’ cognitive level is high or they know the answer straightforwardly, students will probably use their intuitive habits in solving the questions. It shall be investigated if the reduction for M6 was caused by a high cognitive level or by knowing straightforwardly. The results of “Procedure for Topic 7” show a straightforward approach in reduction of M6. M6 was accepted to be the only reduced misconception common for students, though with the discussion above, it turns out to be a relative consequence.

At the beginning, students found “studying by programming” hard to understand. But after a while they learned the logic and they started using it as easy as the “studying by observation mode”. Though, they rarely achieved to complete

certain experiments without assistance. At the first glance, this consequence shows the difficulty of usage. Despite of that, when examined deeper, it can be said that the difficulty is not caused by the nature of programming of Physical World. It is probably caused by students' lack of scientific thinking. Students showed little success in describing and discussing force laws. In general, they used hypothesizing, but they did not test their hypothesizes with use of their own thought experiments, which led them to accept their first hypothesizes as correct. After they received assistance with the thought experiments, which were prepared by researcher, they resolved the forces and reflected them onto the programming lines. Programming is just a tool to test the arbitrary laws created. Students generally lacked in creating laws, and rarely lacked in using the programming lines.

Before the studies started, students showed clues that they would prefer "studying by programming" by their answers in the Student Profile Form. The programming concept is presented as a non-computer oriented, but science oriented method to learn physics. Physical World successfully implemented this presentation. This can be validated by students' attitudes towards the "studying by programming mode". Students of Group C, who received both modes, stated that they got more involved in the concepts of physics and they would prefer this method. Findings show that students like to take more control of the system. The findings must be considered to explore "what students can create when they are given the opportunities".

Probably one of the most successful features of the software was the uninterrupted interaction. The uninterrupted interaction allowed students to get instant feedback. This was true for both of the modes. As was observed, probably this feature had positive effect on students' motivation to learn physics and on quick testing of hypothesis.

Physical World attained the developmental objectives of the study. After development, the tool is evaluated and the evaluation results were used to revise the software. The most important missing feature of the tool, as all specialists stated, was the lack of an automated instruction system. In the studies with students, researcher assisted students in fulfilling the objectives. This shows a risk for the use of the tool in real educational settings such as the classroom. The conclusion driven was that an embedded system which could systematically help, direct and inform students could make the tool much stronger. The instruction system shall take action at the right time to make students reach objectives without hindering their creativity. The system shall be developed in the next versions with use of the object oriented design of Physical World.

In this study one student in the pilot study and six students in the actual study were involved. Though, six subjects are not sufficient to draw generalizations. To study by means of inferential statistics and make generalizations, an experimental study must be designed involving much more subjects. To do, firstly the simulation tool must be supported at least by a primitive instruction system. Only then, the tool can be used effectively by a wide range of students.

Despite the free medium of Physical World enables creativity, probable continual mistakes can mislead students, and they may never find the solutions without a teacher. This could arise more misconceptions. This problem could also be solved by the instruction system to be developed, which could handle specific cases that students may face while studying alone.

Physical World misses various experiments that are found in the casual curriculum. More experiments should be developed. An additional tool or an embedded module could be used to design and store experiments created by users. The experiment setting data could be stored in files and be reused. Taking advantage of the Applet technology, the tool could be served via a webpage and the users could use this webpage as portal to share their experiment settings.

For forming the groups, male and female students were distributed equally. Then, these students were fitted into groups to hinder drastic differences between the groups. This decision was made via qualitative methods. Instead of this decision, qualitative methods should be used; such as an achievement test before the studies start.

5.3 Implications

The study has extended the meaning of programming for physics education. Findings show that programming can be simplified to be used easily by students. When students find opportunity for direct manipulation of physical variables, rather than dealing with computational concepts, they tend to use the programming lines for

testing hypothesis, scientific thinking and creativity. The study shows that certain risks about using programming in teaching physics can be overcome by alternative software design such as the design of Physical World. Therefore science oriented programming shall be considered as a beneficial and cost-effective method for teaching physics.

The study's results about misconceptions have led to a discussion that students shall get involved with higher levels of thinking to overcome misconceptions about physics. The study has a contribution that the higher levels of thinking, for Newtonian Physics, can be realized with use of mathematical formulations. These formulations shall require the relationships between the physical states of masses (position and velocity), force, and time. The study has resolved that unless the students analyze these relationships mathematically, they may not overcome certain misconceptions about force.

The study has produced the software called Physical World. With its features of virtual laboratory, programmable mode, small file size, and use of Turkish, the simulation tool shows value to support the development of computer-based education in the aspect of students' scientific thinking and creative skills.

5.4 Recommendations for Further Studies

Further studies are apt to show very interesting results, since there are worthwhile discussions to be held about the concerns of this study. There is need for investigations about the effects of the two modes on misconceptions. The

investigations shall require both qualitative and quantitative studies. Various cases may be used to enlighten the details of misconceptions and may help to see differences between “studying by observation” and “studying by programming”. The cases can be explored by qualitative studies. Additional to those, quantitative evidence shall be brought to prove the qualitative findings.

A useful recommendation for researchers could be conducting a similar study with university students. Especially physics students could make better use of programming because they would naturally be more interested. While working with university students, scientific thinking can be emphasized better.

Another recommendation is to leave students alone with the simulation tool to study physics. This should also require the instruction system. Leaving students alone would help in two ways. Firstly, it would let the student be more free and creative. Secondly, such a study would be a better way to criticize the software objectively, because that would be a more challenging test, which involves no instructor assistance.

Due to curriculum, integration process of equations of motion was omitted and the process was done by the computer in both of the modes. Actually, the relationships of Newtonian states of the masses can be grabbed better with use of iterative integration methods. Letting students deal with the integration process would be a useful approach. Because the best mathematical explanation for Newtonian Physics is via second order differential equations. The Euler Simulation Method can be used to integrate the equations. The iterative steps of the Euler

Simulation Method are very useful to show how the states of masses influence each other as the equations are integrated over time.

REFERENCES

- Andaloro, G., Donzelli, V. & Sperandeo-Minea, R.M. (1991). Modeling in Physics Teaching: The Role of Computer Simulation. International Journal of Science Education, 13(3), 243-254.
- Christian, W. (1998). Doppler Physlet. Web page, 3 August 2003,
(<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>).
- Christian, W. (1998). About Physlets. Web page, 3 August 2003,
(<http://webphysics.davidson.edu/Applets/about-physlets.html>).
- Christian, W. & Belloni, M. (2000). PER and Physlets. Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material, NJ: Prentice Hall.
- Christian, W. (1999). Physlets: Delivering Media-Focused Problems Anytime Anywhere. Computer Physics Communications, 121-122, 569-572.
- Crosby, M. & Iding, M. K. (1997) The Influence of a Multimedia Physics Tutor and User Differences in the Development of Scientific Knowledge. Computers Education, 29(23), 127-136.
- Dede, C., Salzman, M.C., Loftin, R.B. & Sprague, D. (1999). Multisensory Immersion as a Modeling Environment for Learning Complex Scientific Concepts. Web Page, 1 June 2003,
(<http://www.virtual.gmu.edu/EDIT792/syllabus.htm>).

- Esquembre, F. (2002). Computers in Physics Education. Computer Physics Communications, 4, 1-6.
- Falk, D.R. & Carlson, H.L. (1995). Evaluating the Use of Multimedia. Multimedia in Higher Education, NJ: Learned Information, Inc.
- Flick, L. B. (1990). Interaction of Intuitive Physics with Computer-Simulated Physics. Journal of Research in Science Teaching, 27(3), 219-231.
- Gorsky, P. & Finegold, M. (1988). Learning About Forces: Simulating the Outcomes of Pupils' Misconceptions. Instructional Science, 17, 251-261.
- Halloun I. A., & Hestenes, D. (1985). The Initial Knowledge State of College Physics Students. American Association of Physics Teachers, 53(11), 1043-1048.
- Halloun I. A., & Hestenes, D. (1985). Common Sense Concepts About Motion. American Association of Physics Teachers, 53(11), 1056-1065.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. & Smaldino, S. (1999). Instructional Media and Technologies for Learning. (6th ed.) Upper Saddle River, NJ: Prince Hall.
- Hestenes, D. (1986). Toward a Modeling Theory of Physics Instruction. American Association of Physics Teachers, 55(5), 440-462.
- Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2000). Computer Simulations in Physics Teaching and Learning: A Case Study on Students' Misconceptions of Trajectory Motion. Computers and Education, 36, 183-204.

- Laws, P., Sokoloff, D. & Thornton, R. (1999). Promoting Active Learning Using the Results of Physics Education Research. Uniserve Science News, Web Page, 13 July 1999, (<http://science.uniserve.edu.au/newsletter/vol13/sokoloff.html>).
- McDermott, L.C. (1990) Research and Computer-Based Instruction: Opportunity for Interaction. American Association of Physics Teachers, 58(5), 452-462.
- Niedderer, H., Schecker, H. & Bethge, T. (1995). The Role of Computer-aided Modeling in Learning Physics. Computers in Physics Education, 56, 27-52
- Öğretme, Ç. (2003). Kuvvet Kavramı Ölçeği. (<http://modeling.la.asu.edu/R&E/Research.html>).
- Reiser, R.A. (2001). A History of Instructional Design and Technology: Part I: A History of Instructional Media. Educational Technology Research and Development, 49(1), 53-64.
- Reiser, R.A. (2001). A History of Instructional Design and Technology: Part II: A History of Instructional Design. Educational Technology Research and Development, 49(2), 57-67.
- Rieber, L.P. (1996). Animation as Feedback in a Computer-Based Simulation: Representation Matters. Educational Technology Research and Development, 44(1), 5-22.
- Redish, E.F. & Wilson, J.M. (1992). Student Programming in the Introductory Physics Course: M.U.P.P.E.T. American Association of Physics Teachers, 61(3), 222-231.

- Rucinski, T.T. (1991). Effects of Computer Programming on Problem Solving Strategies. Instructional Journal of Instructional Media, 18(4), 341-351.
- Park, O. (1998). Visual Displays and Contextual Presentations in Computer-Based Instruction. Educational Technology Research and Development, 46(3), 37-50.
- Tinker, R.F. & Stringer, G.A. (1978). Microcomputers' Applications to Physics Teaching. The Physics Teacher, 10, 436-445.
- Yalın, H.İ. (2000). Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme. Ankara.

APPENDIX A

Purposes of the Study and Objectives of the Applications with Students

Araştırmmanın Amacı ve Uygulama Hedefleri

1. Araştırmının Amacı:

“Fizik Öğrenimi İçin Programlanabilir Öğretim Aracı Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi” araştırması, Türkiye’de ve dünyada mekanik konularının öğretimine ilişkin problemlerin çözümünde katkı sağlamaayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda öğrencilerin “yaratıcı düşünme” becerilerinden yararlanan bir bilgisayar destekli eğitim aracı geliştirilmesi planlanmıştır. Bu eğitim aracı, “programlanabilir” olma özelliği ile bir deney ortamında hareket denklemlerinin öğrenci tarafından yazılmasına olanak sağlamaktadır. Araştırma, programlayarak çalışanın, gözlemleyerek çalışmadan daha etkili eğitim sağlayacağını ön görmektedir. “Fiziksel Dünya” adlı bilgisayar destekli eğitim aracı, “Programlayarak Çalışma” ve “Gözlemleyerek Çalışma” adlı iki seçenek sunmaktadır. Bu iki yöntem altı öğrenci ile altışar saatlik birebir çalışma ile uygulanarak karşılaştırılacaktır. “Fiziksel Dünya” bilgisayar destekli eğitim aracının değerlendirilmesi uzmanların görüşleri alınarak yapılacaktır.

2. Fiziksel Dünya:

Fiziksel Dünya, etkileşimli bir simülasyon aracıdır. Java teknolojisine dayanan sistem, kişisel bilgisayarlar üzerinde çalıştırılır. Fiziksel Dünya, simülasyonları görsel bir ortamda gerçekleştirir ve ortamda yer alan nesnelerin animasyonlarını ekran'a getirir. Bu ortamda sistemin sağladığı ölçüm araçları kullanılarak ölçümler yapılır. Sistem, çok parçacıklı sistemlerin hareketlerini çözer ve milisaniye ölçüğinde gerçeğe yakın sonuçlar verir. Fiziksel Dünya, hareket denklemlerini gözebilir. Bu denklemlerin kullanıcı tarafından yapılması durumunda kullanıcının yazdığı denklemleri çözer.

Fiziksel Dünya, mekanik konularında, kullanım kolay, ilgi çekici, yaratıcı düşünmeyi destekleyen ve programlanabilir bir eğitim aracı olmayı amaçlar. Program, programlayarak öğrenme yöntemi ile gözlemleyerek öğrenme yönteminin karşılaştırılması amacıyla iki farklı seçenek sunar:

1. **Gözlemleyerek Çalışma:** Gözlemleyerek Çalışma'da öğrenci, fiziksel deney düzeneğinde, parçacıkların hareket denklemlerini kendisi belirleyemez. Gözlemleyerek Çalışma'da deney bileşenlerinin istediği gibi deney ortamına eklenmesi ve ilişkilendirilmesi desteklenmiştir. Gözlemleyerek Çalışma durumunda öğrenci deney bileşenlerine ilişkin tüm değişkenleri değiştirebilir ve buna bağlı değişimleri simülasyonu çalıştırarak gözlemyebilir. Gözlemleyerek Çalışma durumunda tüm hareket denklemleri program tarafından çözülür.
2. **Programlayarak Çalışma:** Programlayarak Çalışma'da öğrenci, fiziksel deney düzeneğinde parçacıkların hareket denklemlerini programlayarak belirler.

Programlayarak Çalışma'da Gözlemleyerek Çalışma'dan farklı olarak program satırları sunulmuştur. Bu satırlara hareket denklemleri yazılmadığı sürece öğrenci simülasyonda hareketi gözlemleyemez. Hareket denklemleri program satırlarına, kuvvet kontrolü, ivme kontrolü, hız kontrolü, konum kontrolü veya diğer tüm cebirsel formlarda yazılabilir. Programlayarak Çalışma'da deney bileşenlerinin değişkenleri istediği gibi kontrol edilerek öğrencinin kendi düşündüğü yöntemlerle istediği hareketleri elde etmesi desteklenmiştir.

Programlayarak çalışma yöntemine yakın üçüncü bir yöntem daha tanımlanmıştır. Bu, uygulamada önerilen bir yöntemdir ancak programın sunduğu üçüncü bir seçenek değildir:

3. Görsel Destekli Programlayarak Çalışma: Görsel Destekli Programlayarak Çalışma, Programlayarak Çalışma'ının taşıdığı tüm kullanımı özelliklerini kapsar. Ancak buna ek olarak, hareket denklemlerinin yazılmasının yanı sıra, sistemin görsel bileşenleri de kullanılarak denklemlerin kavramsal karşılıkları pekiştirilir. Örneğin basit harmonik hareketin denklemi yazıldıkten sonra deney ortamına yay eklenecek hareketin yay animasyonıyla gösterimi yapılır. Programlayarak Çalışma, en az sayıda görsel bileşeni kullanarak hareketin cebirsel tanımlanmasına ağırlık verir. Görsel Destekli Programlayarak Çalışma ise hareketi hem cebirsel olarak tanımlar hem de görsel olarak katkı sağlayabilecek deney bileşenlerini kullanır.

Fiziksel Dünya'nın üç kullanım kılavuzu vardır. Birincisi genel kullanım kılavuzudur (Bkz. Fiziksel Dünya Kullanım Kılavuzu). Bu kılavuz sistemde bulunan tüm fonksiyonları tanımlar ve örnekler ile açıklar. İkinci ve üçüncü kılavuzlar ise uygulamaya yönelikir. Birinci kılavuzu okumuş öğretmenler veya birinci kılavuzu okumuş bir öğretmeni ile çalışan öğrenciler bu kılavuzları kullanarak fizik deneylerini adım adım uygulayarak programın herbir fonksyonunu en az bir kere kullanırlar. İkinci ve üçüncü kılavuzlar Gözlemleyerek Çalışma ve Programlayarak Çalışma durumları için hazırlanmıştır (Bkz. Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalışma Kılavuzu ve Fiziksel Dünya Programlayarak Çalışma Kılavuzu).

3. Fiziksel Dünya'nın Uygulanışı:

Fiziksel Dünya üç farklı yöntem kullanılarak uygulanır:

1. Gözlemleyerek: Altı saat sadece gözlemleyerek çalışma.
2. Programlayarak: Altı saat sadece programlayarak çalışma.
3. Gözlemleyerek ve Programlayarak: Bir saat gözlemleyerek ve bir saat programlayarak çalışma döngüsünü üç kere tekrar ederek toplam altı saat çalışma.

Bu yöntemler öğrenci ve eğitmenin bulunduğu bilgisayar laboratuvarında uygulanır. Uygulama öncesinde öğrenci kavram yanılışı testini ön test olarak alır. Altı saatlik çalışma sonrasında aynı test son test olarak verilir.

Gözlemleyerek Çalışma Programı:

	1. Gün	2. Gün	3. Gün
Dk. 0 – 30	Klavye ve mouse alıştırması	Gözlemleyerek Çalışma'da 1. Konu	Gözlemleyerek Çalışma'da 3. Konu
Dk. 30 – 60	Fiziksel Dünya kontrolleri alıştırması		
Dk. 60 – 90	Gözlemleyerek Çalışma'da Ön çalışma	Gözlemleyerek Çalışma'da 2. Konu	Gözlemleyerek Çalışma'da 4. Konu
Dk. 90 – 120			

Programlayarak Çalışma Programı:

	1. Gün	2. Gün	3. Gün
Dk. 0 – 30	Klavye ve mouse alıştırması	Programlayarak Çalışma'da 1. Konu	Programlayarak Çalışma'da 3. Konu
Dk. 30 – 60	Fiziksel Dünya kontrolleri alıştırması		
Dk. 60 – 90	Programlayarak Çalışma'da Ön çalışma	Programlayarak Çalışma'da 2. Konu	Programlayarak Çalışma'da 4. Konu
Dk. 90 – 120			

Gözlemleyerek ve Programlayarak Çalışma Programı:

	1. Gün	2. Gün	3. Gün
Dk. 0 – 30	Klavye ve mouse alıştırması	Gözlemleyerek Çalışma'da 1. Konu	Gözlemleyerek Çalışma'da 3. Konu
Dk. 30 – 60	Fiziksel Dünya kontrolleri alıştırması	Programlayarak Çalışma'da 1. Konu	Programlayarak Çalışma'da 3. Konu
Dk. 60 – 90	Gözlemleyerek Çalışma'da Ön çalışma	Gözlemleyerek Çalışma'da 2. Konu	Gözlemleyerek Çalışma'da 4. Konu
Dk. 90 – 120	Programlayarak Çalışma'da Ön çalışma	Programlayarak Çalışma'da 2. Konu	Programlayarak Çalışma'da 4. Konu

Yukarıdaki çalışmaları zamanından önce bitiren öğrenciler ek olarak "Gözlemleyerek Çalışma'da 5. Konu" ve "Programlayarak Çalışma'da 5. Konu" çalışmalarını yaparlar.

3.1. Uygulama Programında Yapılacak Çalışmalar ve Detaylı Açıklamaları:

3.1.1. Klavye ve mouse alıştırması:

Fiziksel Dünya gözlem penceresini kullanarak klavye ve mouse kullanımı yapılır. Mouse ile imleç hareketi, "tıklama" ve sürükleme davranışları geliştirilir. Klavye ile yazı imlecini kullanarak istenilen harf ve rakamların yazılması davranışlarını geliştirilir.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Mouse ile mouse imlecini konumlandırmak
- Mouse ile düğme tıklamak
- Mouse ile bileşen sürüklemek
- Klavye ile yazı imlecini konumlandırmak
- Klavye ile harf ve rakam yazmak

3.1.2. Fiziksel Dünya kontrolleri alıştırması:

Fiziksel Dünya pencerelerinde yer alan fonksiyonlar ve kontroller çalışılır. Deney bileşenleri ile istenilen deney düzeneklerinin oluşturulması gösterilir.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Deney ortamına bileşen eklemek
- Bileşen listesinden bileşen detaylarına ulaşmak
- Deney ortamında bileşenleri konumlandırmak
- Bileşen detayları pencerelerinden bileşenleri konumlandırmak
- Deney ortamında bileşenleri bağlamak
- Simülasyonu başlatmak
- Simülasyonu durdurmak
- Deney bileşenleri menüsünü sürüklemek
- Deney ortamı görüntüsünü sürüklemek
- Kayıt düğmesi ile kayıt almak
- Son kayıt düğmesi ile son kayda dönmek
- Deney ortamında bileşen seçmek
- Deney ortamında bileşen silmek
- "#" düğmesi ile bileşenleri konumlandırmak
- "###" düğmesi ile bileşenleri konumlandırmak
- "!" düğmesi ile simülasyonu çalışırmak

3.1.3. Gözlemleyerek Çalışma'da Ön çalışma:

Gözlemleyerek Çalışma durumunda deney ortamına bir kütle eklenir ve bunun üzerinde şu uygulamalar gerçekleştirilir:

- Simülasyon çalışmıyorken bileşen detayları penceresinden kütleyi konumlandırmak
- Simülasyon çalışmıyorken bileşen detayları penceresinden kütlenin hızını kontrol etmek
- Simülasyon çalışıyorken bileşen detayları penceresinden kütlenin hızını kontrol etmek
- Yaylarla istenen sayıda sabit cismi ve kütleyi birleştirmek ve bu deneyi gözlemlemek

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- İki boyutta kütlenin konumunu değerlendirmek ve analiz etmek
 - Kütle konumunu bileşen detay penceresine bakarak teşhis etmek
 - Kütle konumunu koordinat düzlemini üzerindeki gri çizgilere göre ayarlamak
 - Kütle konumunun yaklaşık değerlerini koordinat düzlemini üzerindeki gri çizgilere göre sözlü olarak belirtmek
- İki boyutta kütlenin konumunu hız'a ve zamana göre değerlendirmek ve analiz etmek
 - Kütle hızını bileşen detay penceresine bakarak teşhis etmek
 - Simülasyon çalışırsın sürekli değişen zaman değişkenini teşhis etmek
 - Simülasyon çalışırsın kütlenin hızı ile birim zamanda aldığı yol arasındaki artış ve azalış oranlarını yaklaşık olarak tahmin etmek
 - Kütlenin hızını bileşen detay penceresini kullanarak değiştirmek
- Yayların nasıl bağlandığını anlamak
 - Yayların uçlarını sürüklemek
 - Yayların uçlarını kütletelere ve sabit cisimlere bağlamak
- Yay değişkenlerini değişkenlerini anlamak
 - Bileşen detay penceresinden yay değişkenlerini tanımk
 - Yay değişkenlerinin fiziksel anımlarını özetlemek

3.1.4. Programlayarak Çalışma'da Ön çalışma:

Programlayarak Çalışma durumunda deney ortamına bir kütle eklenir ve bunun üzerinde şu uygulamalar gerçekleştirilir:

- Simülasyon çalışmıyorken program satırlarında kütle değişkenlerini kullanarak kütleyi konumlandırmak
- Simülasyon çalışıyorken program satırlarında kütle değişkenlerini kullanarak kütleyi konumlandırmak
- Simülasyon çalışıyorken program satırlarında kütle ve zaman değişkenlerini kullanarak kütlenin hareket denklemi konum kontolu cinsinden yazmak

- Simülasyon çalışıyorken program satırlarında kütle değişkenlerini kullanarak kütlenin hareket denklemini hız kontolu cinsinden yazmak
- Simülasyon çalışıyorken program satırlarında kütle ve zaman değişkenlerini kullanarak kütlenin hareket denklemini hız kontolu cinsinden yazmak
- Simülasyon çalışıyorken program satırlarında kütle değişkenlerini kullanarak kütlenin hareket denklemini kuvvet kontolu cinsinden yazmak

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Fiziksel Dünya'nın program satırlarını kullanış mantığını değerlendirmek ve analiz etmek
 - Program satırlarının çalışma mantığını anlatmak
 - Program satırlarında yazı yazmak
- Kütle değişkenlerini programlama satırlarında kullanarak hareket denklemlerini yazmayı anlamak
 - Kütle konum değişkenlerini program satırlarında istenen değerlere eşitlemek
 - Simülasyon çalışlığında program satırlarında yazılan ile simülasyonda gerçekleşenin benzerliğini belirtmek
- Programlama satırlarında kütle değişkenlerini zaman değişkenleri ile kullanarak hareket denklemlerini yazmayı anlamak
 - Kütle konum değişkenlerini program satırlarında zaman değişkeni kullanarak birinci dereceden polinom denklemi yazmak
 - Simülasyon çalışlığında program satırlarında yazılan ile simülasyonda gerçekleşenin benzerliğini belirtmek
- Programlama satırlarında hareket denklemlerinin serbestçe yazılabilmesini anlamak
 - Program satırlarına ikinci ve üçüncü dereceden polinomlar cinsinden denklemler yazmak
 - Simülasyon çalışlığında program satırlarında yazılan hareket denklemleri ile simülasyonda gerçekleşen hareketin benzerliğini belirtmek

3.1.5. Gözlemleyerek Çalışma'da 1. Konu:

Fiziksel Dünya Kontrolleri kısaca tekrar edilir. Bileşen detayları penceresinde konum ve hız kontrolü yapılarak simülasyonda kütlenin hareketi gözlemlenir. Konum – hız – zaman kavramları ilişkilendirilir.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Gözlemleyerek Çalışma durumunda kütlelerin konumlandırmasını anlamak
 - Kütleleri mouse ile konumlandırmak
 - Kütleleri bileşen detayları penceresinde klavye ile konumlandırmak
- Konum değerlerini analiz etmek
 - Kütlenin konum değerleri ile koordinat düzlemi üzerindeki yeri arasındaki uyumu belirtmek
- Gözlemleyerek Çalışma durumunda kütlelere hız verilmesini anlamak
 - Kütlelerin hızını bileşen detayları penceresini kullanarak ayarlamak

- “V=0” düğmesi ile kütlenin hızını sıfıra ayarlamak
 - Simülasyon çalıştırıldığında ayarlanan hız ile hareketin uyumunu belirtmek
- Hız değerleri ile hareket yönünü ilişkilendirmek
 - Kütlenin hız değerleri ile hareket yönü arasındaki uyumu belirtmek
- Hız ve zaman ile hareketi ilişkilendirmek
 - “!” düğmesini kullanarak tam bir saniye duraklatarak simülasyonu çalıştmak
 - Bir saniyelik aralıklarda alınan yolun hız ve zaman çarpımı ile uyumunu belirtmek
 - “!” düğmesini kullanarak tam iki saniye duraklatarak simülasyonu çalıştmak
 - İki saniyelik aralıklarda alınan yolun hız ve zaman çarpımı ile uyumunu belirtmek
- Hareket rotası izlerini yorumlamak
 - Kütlelerin hareket sırasında bırakıkları noktaların 0,1 saniye aralıkla bırakıldığı anlamak
 - 2 nokta arasında geçen zamanın kaç saniye olduğunu belirtmek
 - 5 nokta arasında geçen zamanın kaç saniye olduğunu belirtmek
 - Yirmi nokta arasında geçen zamanın kaç saniye olduğunu belirtmek

3.1.6. Programlayarak Çalışma'da 1. Konu:

Fiziksel Dünya'nın program satırlarını kullanış mantığı tekrar edilir. Program satırlarında konum ve hız kontrolü yapılarak simülasyonda kütlenin hareketi gözlemlenir. Konum ve hız değişkenleri zaman değişkenine bağlı olarak yazılır ve hareket yorumlanması. Konum – hız – zaman kavramları ilişkilendirilir.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Programlayarak Çalışma durumunda kütlelerin konumlandırılmasını anlamak
 - Kütleleri mouse ile konumlandırmak
 - Kütleleri program satırlarında klavye ile konumlandırmak
- Konum değerlerini analiz etmek
 - Kütlenin konum değerleri ile koordinat düzlemi üzerindeki yeri arasındaki uyumu belirtmek
- Programlayarak Çalışma durumunda kütelere hız verilmesini anlamak
 - Kütlelerin hızını program satırlarını kullanarak ayarlamak
 - “V=0” düğmesi ile kütlenin hızını sıfıra ayarlamak
 - Simülasyon çalıştırıldığında ayarlanan hız ile hareketin uyumunu belirtmek
- Hız değerleri ile hareket yönünü ilişkilendirmek
 - Kütlenin hız değerleri ile hareket yönü arasındaki uyumu belirtmek
- Hız ve zaman ile hareketi ilişkilendirmek
 - “!” düğmesini kullanarak tam bir saniye duraklatarak simülasyonu çalıştmak
 - Bir saniyelik aralıklarda alınan yolun hız ve zaman çarpımı ile uyumunu belirtmek

- “!” düğmesini kullanarak tam iki saniye duraklatarak simülasyonu çalıştmak
- İki saniyelik aralıklarda alınan yolun hız ve zaman çarpımı ile uyumunu belirtmek
- Hareket rotası izlerini yorumlamak
 - Kütlelerin hareket sırasında bıraktıkları noktaların 0,1 saniye aralıkla anlamak
 - 2 nokta arasında geçen zamanın kaç saniye olduğunu belirtmek
 - 5 nokta arasında geçen zamanın kaç saniye olduğunu belirtmek
 - Yirmi nokta arasında geçen zamanın kaç saniye olduğunu belirtmek

3.1.7. Gözlemleyerek Çalışma'da 2. Konu:

İki sabit cisim bir yay ile bağlanarak bu cisimlere uygulanan kuvvetler gözlemlenir ve yorumlanır. Üçüncü bir sabit cisim ikinci bir yay ile diğer iki sabit cisimden birine bağlanır ve oluşan kuvvetler tekrar gözlemlenir. Bir kütle sabit bir cisimde bir yay ile bağlanır ve hareketi kuvvette göre yorumlanır. Bir yerçekimi bileşeni bir kütle ve bir yer bileşeni ile ilişkilendirilir ve kütlenin hareketi gözlemlenir ve yorumlanır.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Sabit cisimlerin yaylar ile bağlanması anlamak
 - Yayın uçlarını sabit cisimlerin üstüne getirmek ve ucu bağlamak
- Yayın özelliklerinin bileşen detay penceresinden değiştirilmesini anlamak
 - Yay sertliğini ayırmak
 - Yay sertliğinin kuvvette etkisini belirtmek
 - Yayın serbest uzunluğunun anlamını kavramak
- Sabit cisimlere uygulanan kuvvetleri iki boyutta analiz etmek
 - Kuvvet okları ile yay doğrultuları arasındaki ilişkiyi belirtmek
 - Kuvvet oklarının büyüklüğünün yay sertliğiyle ilişkisini belirtmek
 - Kuvvet oklarının büyüklüğünün yayın serbest uzunluğuyla ilişkisini belirtmek
- Yayın sabit cisimlere uyguladığı kuvvetlerde etki/tepki kavramını gözlemlemek
 - Bir yayın iki sabit cisimde uyguladığı kuvvetlerin yön ve büyülüklük ilişkisini belirtmek
- Kuvvetlerin vektörel toplamını yorumlamak
 - İki ayrı yaya bağlanmış bir sabit cisim üzerindeki net kuvvetin yayların uyguladığı kuvvetlerle ilişkisini belirtmek
 - Net kuvvetin x ve y bileşenlerini büyülüklük ve yön karşılaştırmak
- Yerçekimi bileşenini bir kütle ve bir yer bileşeni ile etkileşime sokmak.
 - Yerçekimi bileşeninin üç noktalarını kütle ve yer bileşenlerine bağlamak
 - Yerçekimi bileşeninin değişkenlerini anlamak
- Yerçekimi özelliklerini değiştirmek
 - Yerçekimi bileşen detay penceresinden yerçekimi ivmesini değiştirmek
- Kütle özelliklerini değiştirmek
 - Kütle bileşen detay penceresinden kütleyi değiştirmek

- Yerçekiminin kütle üzerinde oluşturduğu kuvveti yorumlamak
 - Yerçekiminin kütle üzerinde oluşturduğu kuvvetin yönünü belirtmek
 - Yerçekimi ivmesi ve kütlenin kuvvet üzerindeki etkisini belirtmek
- Kuvvet ve ivme kavramlarını ilişkilendirmek
 - İvmeyi tanımlak
 - Kuvvetin bir kütlenin ivmesine etkisini belirtmek
 - Kütlenin ivmeye etkisini belirtmek
- Hareket rotası izlerini yorumlamak
 - Hareket rotası izlerinin, belirli bir andaki yönünün, hızla ilişkisini belirtmek.
 - İki rota izi arasında geçen süreyi ve belirtmek.
 - İki rota izi arasında alınan yolu ve belirtmek.
- Simülasyonda ivmeyi analiz etmek
 - Hızlanan bir kütlenin rota izleri arasındaki açımayı açıklamak
 - Yavaşlayan bir kütlenin rota izleri arasındaki daralmayı açıklamak
 - Hızlanan bir kütle için her bir rota izi bırakıldığındaki hızın bir önceki noktadaki hız'a göre durumunu belirtmek
 - Yavaşlayan bir kütle için her bir rota izi bırakıldığındaki hızın bir önceki noktadaki hız'a göre durumunu belirtmek

3.1.8. Programlayarak Çalışma'da 2. Konu:

Bir sabit cismin kuvvet değişkenleri program satırlarında kontrol edilir ve oluşan kuvvet gözlemlenir. Kuvvet değişkenleri tek ve iki boyutta kontrol edilerek kuvvetin x ve y bileşenleri kavramları yorumlanır. Yedek değişkenler kullanılarak program satırlarında ek kuvvetler oluşturulur ve gözlemlenir. Program satırları kullanılarak bir kütleye sabit kuvvet uygulanır ve hareketi gözlemlenir ve yorumlanır. Bir kütleye harmonik salınım için kuvvet kontrolü ile hareket denklemi yazılır ve hareket gözlemlenir ve yorumlanır.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Programlayarak Çalışma durumunda kuvvet değişkenlerinin kullanılmasını anlamak
 - Programlama satırlarında kuvvet değişkenlerini istenen değerlere eşitemek
 - Simülasyon çalıştırıldığında program satırlarında yazılan kuvvetlerin harekete etkisini belirtmek
- Sabit cisme uygulanan kuvveti iki boyutta analiz etmek
 - Kuvvet okları ile kuvvet değişkenleri arasındaki ilişkiyi belirtmek
 - Kuvvet oklarının büyüklüğünün kuvvet değişkenleri ile ilişkisini belirtmek
- Programlayarak Çalışma durumunda yedek değişkenlerin kullanılmasını anlamak
 - Programlama satırlarında yedek değişkenleri istenen değerlere eşitemek
 - Programlama satırlarında kuvvet değişkenlerini yedek değişkenlere eşitemek
- Programlayarak Çalışma durumunda uygulanan kuvvet ve ivme kavramlarını ilişkilendirmek
 - İvmeyi tanımlak
 - Kuvvetin bir kütlenin ivmesine etkisini belirtmek
 - Kütlenin ivmeye etkisini belirtmek

- Simülasyonda ivmeyi analiz etmek
 - Hızlanan bir kütlenin rota izleri arasındaki açımayı açıklamak
 - Yavaşlayan bir kütlenin rota izleri arasındaki daralmayı açıklamak
 - Hızlanan bir kütle için her bir rota izi bırakıldığındaki hızın bir önceki noktadaki hız'a göre durumunu belirtmek
 - Yavaşlayan bir kütle için her bir rota izi bırakıldığındaki hızın bir önceki noktadaki hız'a göre durumunu belirtmek
- Hareket rotası izlerini yorumlamak
 - Hareket rotası izlerinin, belirli bir andaki yönünün, hızla ilişkisini belirtmek.
 - İki rota izi arasında geçen süreyi ve belirtmek.
 - İki rota izi arasında alınan yolu ve belirtmek.
- Harmonik salınımın hareket denklemini hareketi gözlemeden yorumlamak
 - Harmonik salınım için hareket denklemini yazmak
 - Harmonik salınımın hareket denklemiini, değişkenler bazında açıklamak
- Harmonik salınımın hareket denklemini hareketi gözlemleyerek yorumlamak
 - Harmonik salınımın hareket denkleminde kullanılan değerlerin harekete etkisini belirtmek
- Harmonik salınımın hareketini analiz etmek
 - Hareketin hızlı ve yavaş olduğu bölgeleri belirtmek
 - Hareketin hızlandığı ve yavaşladığı bölgeleri belirtmek
 - Kuvvetin arttığı ve azaldığı bölgeleri belirtmek

3.1.9. Gözlemleyerek Çalışma'da 3. Konu:

Yerçekimi konuları gözlemleyerek çalışılır. Bir kütlenin yerçekimi bileşeni ve yer bileşeni aracılığıyla serbest düşme hareketi yapması sağlanır. İkinci bir kütlenin gibi yerçekim etkisiyle hareket etmesi sağlanır. Aynı durumda iki kütleye serbest düşme yaptırılır. Kütlelerin ağırlıkları değiştirilerek hareketleri gözlemlenir ve yorumlanır. Kütlelere x yönünde hız verilerek eğik atış yapmaları sağlanır.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Yerçekimi özelliklerini değiştirmek
- Deney ortamında iki kütlenin hareketini aynı süreçte gözlemelemek ve karşılaştırmak
- Yerçekimi ivmesi, kütle, kuvvet ve ivme kavramlarını ilişkilendirmek
- Eğik atışta gözlem yapmak
- Eğik atış hareketini analiz etmek

3.1.10. Programlayarak Çalışma'da 3. Konu:

Yerçekimi konuları programlayarak çalışılır. Bir kütlenin kuvvet değişkeni kontrol edilerek yerçekimi için hareket denklemi yazılır. İkinci bir kütle daha eklenerek kuvvet kontrolü yapılır ve iki kütlenin hareketi karşılaştırılır. Kütlelerin ağırlıkları değiştirilerek hareketleri gözlemlenir ve yorumlanır. Kütlelere x yönünde hız verilerek eğik atış yapmaları sağlanır.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Programlayarak Çalışma durumunda yerçekimi ivmesini değişken olarak tanımlamak
- Programlayarak Çalışma durumunda yerçekimi ivmesini değiştirmek
- Deney ortamında iki kütlenin hareketini aynı süreçte gözlemelemek ve karşılaştırmak
- Yerçekimi ivmesi, kütle, kuvvet ve ivme kavramlarını ilişkilendirmek
- Programlayarak Çalışma durumunda yerçekimi için hareket denklemini hareketi gözlemeden yorumlamak
- Programlayarak Çalışma durumunda yerçekimi için hareket denklemini hareketi gözlemleyerek yorumlamak
- Eğik atışta gözlem yapmak
- Eğik atış hareketini analiz etmek

3.1.11. Gözlemleyerek Çalışma'da 4. Konu:

Bir kütle sabit bir cisimle yayla bağlanarak hareketi gözlemlenir. Yayın ve kütlenin değişkenleri kontrol edilerek kütlenin farklı davranışları yorumlanır. Hava sürtünmesi kullanılarak kütlenin yavaşlaması sağlanır. Hava sürtünmesi katsayısı ve kütle değişkenleri değiştirilerek kütlenin farklı davranışları yorumlanır.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Bir kütle ve bir sabit cismi yay ile bağlamak
- Kütle ve yay özelliklerinin kütlenin hareketine etkisini yorumlamak
- Hava sürtünmesini kütle ve hava bileşeni ile ilişkilendirmek
- Hava sürtünmesininin harmonik salınım hareketi üzerindeki etkisini yorumlamak

3.1.12. Programlayarak Çalışma'da 4. Konu:

Bir kütlenin kuvvet değişkenleri kullanılarak harmonik hareket yapması sağlanır. Hareket denkleminde yayın serbest uzunluğu ve sertlik katsayısı için yedek değişkenler kullanılır. Bu değişkenler kontrol edilerek kütlenin farklı davranışları yorumlanır. Hava sürtünmesi hareket denklemine eklenir. Hava sürtünmesi katsayısı yedek değişkenler kullanılarak belirlenir. Hava sürtünmesi katsayısı ve kütle değişkenleri değiştirilerek kütlenin farklı davranışları yorumlanır.

Geliştirilmesi hedeflenen davranışlar:

- Programlayarak Çalışma durumunda harmonik salınımın için salınım sabitini değişken olarak tanımlamak
- Programlayarak Çalışma durumunda kütle için harmonik salınımın hareket denklemini yazmak
- Kütle ve salınım katsayısının kütlenin hareketine etkisini yorumlamak
- Programlayarak Çalışma durumunda hızla sürtünme kuvvetini hareket denklemine eklemek
- Hava sürtünmesininin harmonik salınım hareketi üzerindeki etkisini yorumlamak

3.1.13. Gözlemleyerek Çalışma'da 5. Konu:

Deneysel olarak bir yayın sertlik katsayısı bulunur. Bunun için bir kütle, yayla bir sabit cisme bağlanır. Yayın sertlik katsayısı yay değişkenlerinden bakılarak kontrol değeri olarak belirlenir. Kütleye yerçekimi ve hava sürtünmesi uygulanarak sistem denge durumuna gelene kadar beklenir. Sistem denge durumuna geldikten sonra yay uzunluğu, kütle ve sabit cisim konumundan gidilerek veya cetvel ile ölçülerek bulunur. Yayın serbest uzunluğu, yerçekimi ivmesi ve kütle değişkenlerine bağlı olarak yayın sertlik katsayısı hesaplanır ve kontrol değeri ile karşılaştırılır.

3.1.14. Programlayarak Çalışma'da 5. Konu:

Deneysel olarak bir yayın sertlik katsayısı bulunur. Bunun için bir kütlenin kuvvet değişkenleri kullanılarak hareket denklemi yazılır. Hareket denkleminde kütlenin yerçekimi etkisi altında yayla bir noktaya bağlı olması ve aynı zamanda hava sürtünmesinden etkilenmesi sağlanır. Hava sürtünmesi katsayısı, yerçekimi ivmesi, yay sertlik katsayısı ve yayın serbest uzunluğu yedek değişkenler olarak belirlenir ve yay sertlik katsayısı, kontrol değeri olarak tutulur. Sistem denge durumuna gelene kadar beklenir. Sistem denge durumuna geldikten sonra yay uzunluğu, kütle ve sabit cisim konumundan gidilerek veya cetvel ile ölçülerek bulunur. Yayın serbest uzunluğu, yerçekimi ivmesi ve kütle değişkenlerine bağlı olarak yayın sertlik katsayısı hesaplanır ve kontrol değeri ile karşılaştırılır.

APPENDIX B

Specialist's Evaluation Form for Physical World

Tarih: / /

Fiziksel Dünya İçin Uzman Değerlendirmesi Formu

Bu form ODTÜ Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü'nde yüksek lisans tez çalışması olarak yürütülen "Fizik Öğrenimi İçin Programlanabilir Öğretim Aracı Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi" adlı araştırma projesi için hazırlanmıştır. Proje, Türkiye'de ve dünyada fizik eğitiminin etkinliğinin ve kalitesinin artırılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda uzmanların araştırmalara katılımı büyük önem taşımaktadır.

Aşağıdaki bilgiler araştırma yürütüticileri tarafından gizli tutulacak, uzmana ilişkin kişisel bilgiler hiçbir yayın yoluyla veya sözlü olarak duyulmayacaktır.

Formun İçeriği:

1. Formu Dolduran Uzmana İlişkin Bilgiler
2. Değerlendirme Maddeleri ve Görüşler

1. Formu Dolduran Uzmana İlişkin Bilgiler

Çalıştığı iş:

Çalıştığı işte deneyimi (yıl):

Eğitim durumu:

Uzmanlık alanları:

Lütfen aşağıdaki tabloyu herbir uzmanlık alanı için bir uzmanlık derecesi işaretleyerek doldurunuz.

Uzmanlık alanı	Uzmanlık derecesi		
	Az	Orta	Yüksek
Bilgisayar destekli eğitim			
Mekanik konuları eğitimi			
Materyal geliştirme			
Fen veya matematik eğitimi			

Tel (isteğe bağlı olarak doldurabilirisiniz):.....

e-posta (isteğe bağlı olarak doldurabilirisiniz):

Varsa daha önce değerlendirmesini yaptığınız öğrenim materyallerinin veya bilgisayar destekli eğitim araçlarının kapsamı hakkında kısa bilgi veriniz.

.....
.....
.....
.....

Varsa üzerinde araştırma çalışması yürüttüğünüz öğrenim materyallerinin ve bilgisayar destekli eğitim araçlarının kapsamı hakkında kısa bilgi veriniz.

.....
.....
.....
.....

Varsa fen eğitimi, matematik eğitimi veya mekanik konuları eğitimi ile ilgili yürüttüğünüz araştırma çalışmalarının kapsamı hakkında kısa bilgi veriniz.

.....
.....
.....
.....

Varsa materyal geliştire veya bilgisayar destekli eğitim araçları üzerine yayınlarınızı kısaca yazınız. (Örnek: 2 yurtdışı yayın, 1 yurtiçi yayın)

.....
.....
.....
.....

Varsa fen eğitimi, matematik eğitimi veya mekanik konuları eğitimi üzerine yayınlarınızı kısaca yazınız. (Örnek: 2 yurtdışı yayın, 1 yurtiçi yayın)

.....
.....
.....
.....

3. Değerlendirme Maddeleri ve Görüşler

Bu kısımda Fiziksel Dünya programının değerlendirmesi için sorular ve tablolar yer almaktadır.

Aşağıdaki değerlendirme maddeleri arasında, uzmanlık alanınızın dışında kaldığını düşündükleriniz varsa bunlara çarpı (X) işaretи koyunuz.

Lütfen aşağıdaki tabloyu Fiziksel Dünya programı için belirlenen ölçütlere göre doldurunuz.

Ölçüt	Değerlendirme dereceleri: 1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi (Daire içine alınız)	Açıklama
Bilgilerin doğruluğu	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
İlgî çekme / motivasyon artırma	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Kullanım kolaylığı	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Renk ve grafiklerin uygunluğu	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Aktif katılımı sağlamaşı	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Geri bildirimin etkinliği	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Teknik kalite	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
İlgili / anlaşılır doküman içermesi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Öğrencinin fiziğe karşı tutumuna olumlu etkisi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Öğrencinin bilgisayara karşı tutumuna olumlu etkisi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Gözlemleyerek Çalışma Durumunun yaratıcı düşünme becerisine etkisi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Programlayarak Çalışma Durumunun yaratıcı düşünme becerisine etkisi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	

Ölçüt	Değerlendirme dereceleri: 1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi (Daire içine alınız)	Açıklama
Gözlemleyerek Çalışma Durumunun fizik başarısına etkisi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
Programlarak Çalışma Durumunun fizik başarısına etkisi	1 – 2 – 3 – 4 – 5	

Lütfen aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

1. Aşağıda üç kavram yanılıgısı listelenmiştir.

- KY1: Hız, uygulanan kuvvetle orantılıdır
- KY2: İvme varsa artan bir kuvvet var demektir
- KY3: Kuvvet uygulanan bir cismin hızı bir süre sonra sabitlenir

Bu kavram yanılılarını gidermek için iki çalışma tanımlanmıştır.

- Çalışma 1:

Gözlemleyerek çalışma durumunda, hava sürtünmesi uygulanan bir kütleye bir ilk hız verilerek gözlem yapılır. Aynı işlemler farklı ilk hız, kütte ve hava sürtünmeleri için yapılır. Daha sonra ilk hız sıfır verilir ancak kütleye yerçekimi uygulanır. Farklı kütte, hava sürtünmesi ve yerçekimi ivmeleri ile deney tekrar edilerek gözlem yapılır.

- Çalışma 2:

Programlayarak çalışma durumunda, ilk hız verilir ve programlama satırlarında hava sürtünmesi kuvveti için hareket denklemi yazılır (Örnek: $mfx=-10*mvx$) ve gözlem yapılır. Aynı işlemler farklı ilk hız, kütte ve hava sürtünmeleri için yapılır. Daha sonra ilk hız sıfır verilir ancak kütleye program satırları kullanılarak yeni bir sabit kuvvet uygulanır (Örnek: $mfx=mfx+10$). Farklı kütte, hava sürtünmesi ve kuvvetler ile deney tekrar edilerek gözlem yapılır.

Lütfen aşağıdaki tabloyu yukarıdaki bilgilere göre doldurunuz. Tabloda 1. Çalışmanın ve 2. Çalışmanın üç kavram yanılışı üzerine ayrı ayrı etkileri sorulmaktadır.

	1. Çalışmanın etkisi: 1: Çok olumsuz, 2: Olumsuz, 3: Etkisiz, 4: Olumlu, 5: Çok olumlu (Daire içine alınız)	2. Çalışmanın etkisi: 1: Çok olumsuz, 2: Olumsuz, 3: Etkisiz, 4: Olumlu, 5: Çok olumlu (Daire içine alınız)	Açıklama
KY1	1 – 2 – 3 – 4 – 5	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
KY2	1 – 2 – 3 – 4 – 5	1 – 2 – 3 – 4 – 5	
KY3	1 – 2 – 3 – 4 – 5	1 – 2 – 3 – 4 – 5	

2. Uygulamada tanımlanan çalışmaların (bkz. Araştırmanın Amacı ve Uygulama), geliştirmeyi hedefledikleri beceriler konusunda etkili olduğunu düşünüyor musunuz? Kısaca açıklayınız.

.....

3. Uygulamada tanımlanan çalışmaların (bkz. Araştırmanın Amacı ve Uygulama), Gözlemleyerek Çalışma ve Programlayarak Çalışma durumlarının yukarıdaki kavram yanılışları üzerinde farklı etkileri olacağını düşünüyor musunuz? Kısaca açıklayınız.

.....

4. Programda Gözlemleyerek Çalışma durumu için gördüğünüz en zayıf yön nedir?

.....

5. Programda Gözlemleyerek Çalışma durumu için gördüğünüz en güçlü yön nedir?

.....

6. Programda Programlayarak Çalışma durumu için gördüğünüz en zayıf yön nedir?

.....

.....

7. Programda Programlayarak Çalışma durumu için gördüğünüz en güçlü yön nedir?

.....

.....

8. Programın sunduğu programlayarak çalışma durumunun, gözlemleyerek çalışmaya göre avantajları ve dezavantajları size göre nelerdir?

Avantajlar

.....

.....

.....

Dezavantajlar

.....

.....

.....

9. Aşağıdaki yöntemlerden hangisi Fiziksel Dünya programının öğretimde kullanılmasında en etkili olurdu?

(Lütfen yanınızı kısaca açıklayınız)

a. Sadece gözlemleyerek çalışma

b. Sadece programlayarak çalışma

c. Hem gözlemleyerek hem de programlayarak çalışma

d. Diğer (Lütfen belirtiniz -->)

Açıklama:

.....

.....

.....

10. Programda kısa ve uzun vadede giderilmesi gereken sorunlar sizce nelerdir?

Kısa vade

.....
.....
.....
.....

Uzun vade

.....
.....
.....
.....

Genel görüşler ve öneriler:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

APPENDIX C
Student Profile Form

Tarih: / /

Öğrenci Bilgileri Formu

Bu form, ODTÜ Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü'nde yüksek lisans tez çalışması olarak yürütülen "Fizik Öğrenimi İçin Programlanabilir Öğretim Aracı Geliştirilmesi, Uygulanması ve Değerlendirilmesi" adlı araştırma projesi için hazırlanmıştır. Proje, Türkiye'de ve dünyada fizik eğitiminin etkinliğinin ve kalitesinin artırılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda katılımınız büyük önem taşımaktadır.

Yaş:

Cinsiyet: Bay / Bayan (Daire içine alınız)

Sınıf: Lise 1 / Lise 2 / Lise 3 (Daire içine alınız)

Annenizin öğrenim durumu:

Annenizin mesleği:

Babanızın öğrenim durumu:

Babanızın mesleği:

Lütfen aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

Aşağıdaki 1 – 9 sorularını işaretleyerek yanıtlayınız.

	Çok	Orta derecede	Az	Hıç
1. Fizik konularına ilgim vardır.				
2. Fizik konularında başarılıyım.				
3. Bilgisayar kullanma bilgim vardır.				
4. Bilgisayar programlama bilgim vardır.				
5. Okulda derslerde bilgisayar kullanıyoruz.				
6. Derslerde bilgisayar kullanmanın yararlı olduğunu düşünürüm.				
7. Bilgisayar ile fizik çalışlığında anlayabilirim.				
8. Fizik konularını öğrenmek hoşuma gider.				
9. Fizik konularını öğrenmeye istekliyimdir.				

10. Varsa daha önce kullandığınız eğitim amaçlı bilgisayar programlarını yazınız. (Programların isimlerini hatırlamıyorsanız kaç tane olduğunu yazınız.)

.....
.....
.....

11. Varsa daha önce kullandığınız programlama dillerini yazınız.

.....
.....
.....

12. Bilgisayar programları yazıyorsanız veya yazdıysanız, yazdığınız programlar hakkında kısa bilgi veriniz?

.....
.....
.....

13. Aşağıda fizik eğitimi için hazırlanmış iki öğrenme yöntemi tanımlanmıştır.

1. Yöntem: Fizik konularını animasyonlarla gösteren ve hareketleri tamamen kendisi hesaplayan program. (Örneğin yatay atış yapılmıştır. Yukarı doğru fırlatılan bir kütle atıldıktan bir süre sonra yerçekimi etkisiyle yere düşmüştür. Bilgisayar programı hareketleri hesaplamış ve animasyonlar ile yatay atışı göstermiştir.)

2. Yöntem: Fizik konularını animasyonlarla gösteren ve hareketleri hesaplarken öğrencinin belirlediği kurallara uyan program. (Örneğin yatay atış yapılması için öğrenci bir kütlenin ilk hızını ve kütleye uygulanmasını istediği kuvvetleri denklem olarak bilgisayara girmiştir. Bilgisayar programı öğrencinin belirlediği değerlere ve denklemelere bağlı olarak hareketi hesaplamış ve animasyonlar ile yatay atışı göstermiştir.)

Yukarıdaki programlardan birini tercih etmeniz istenseydi hangisini tercih ederdiniz? Neden?

.....
.....
.....

14. Bilgisayar kullanmak istediğiniz zaman bilgisayara hangi yollardan ulaşabiliyorsunuz? (Birden fazla kutuyu işaretleyebilirsiniz)

- Ulaşma imkanım yok
- Evde ailemle ortak kullandığım bilgisayar var
- Odamda bana ait bilgisayaram var
- Internet kafelerden ulaşıyorum
- Okuldaki bilgisayar imkanlarını kullanıyorum
- Diğer (Lütfen belirtiniz) --->

15. Günde ortalama ne kadar süre bilgisayar kullanıyorsunuz?

- a. Hiç
- b. 0 - 30 dakika arası
- c. 30 - 60 dakika arası
- d. 60 – 90 dakika arası
- e. 90 – 120 dakika arası
- f. 120 dakikadan fazla

16. Aşağıda bilgisayarın 5 farklı kullanım amacı yazılmıştır.

Amaç	Amaç kodu harfi
Oyun oynamak:	A
Program yazmak:	B
Chat yapmak:	C
İnternette araştırma yapmak:	D
Eğitim programlarıyla ders çalışmak:	E

Siz bilgisayar kullanırken yukarıdaki amaçları hangi sırayla tercih edersiniz? Lütfen aşağıdaki tabloyu amaç kod harflerini kullanarak doldurunuz.

	Amacın kod harfi
En çok tercih ettiğim amaç:	
En çok tercih ettiğim ikinci amaç:	
En çok tercih ettiğim üçüncü amaç:	
En çok tercih ettiğim dördüncü amaç:	
En az tercih ettiğim amaç:	

17. Varsa, daha önce kullandığınız bilgisayar destekli eğitim programlarını hangi ders konularında kullandınız?

.....

APPENDIX D

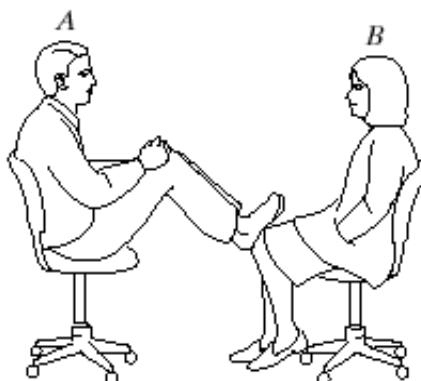
Force Concept Pretest Items from FCI

Kuvvet Kavram Testi**Lütfen okuyunuz:**

- Her bir soru için **sadece bir** cevap işaretleyiniz.
- Hiç bir soruya **okumadan ve cevaplamanadan geçmeyiniz.**
- **Tahmin etmekten kaçınınız.** Cevaplarınız kişisel olarak **sizin** ne düşündüğünüzü yansıtmalıdır.

1. Aşağıdaki şekilde A öğrencisi 75 kg ve B öğrencisi ise 57 kg kütlelidir. Birbirinin aynı ofis sandalyelerinde karşı karşıya oturmaktadırlar.

A öğrencisi, şekildeki gibi, çıplak 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,

1. öğrenciler birbirlerine hiçbir kuvvet uygulamamaktadırlar.
2. A öğrencisi B öğrencisi üzerine bir kuvvet uygulamakta, fakat B A'ya bir kuvvet uygulamamaktadır.
3. her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat B daha büyük bir kuvvet uygular.
4. her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat A daha büyük bir kuvvet uygular.
5. her iki öğrenci de birbirleri üzerine eşit büyüklükte kuvvet uygulamaktadırlar.

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

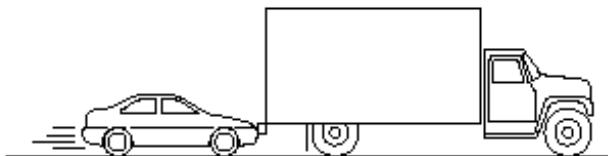
- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

Sonraki iki soruyu (2 ve 3) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Şekildeki gibi, büyük bir kamyon yolda bozulur ve küçük bir otomobil tarafından itilir.



2. Hızını arttırarak, istenen yol hızına ulaşıcaya kadar otomobil kamyonu iterken,

1. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğe eşittir.
2. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden azdır.
3. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden fazladır.
4. otomobilin motoru çalışmaktı olduğu için kamyonu itmektedir, kamyonun motoru çalışmadığı için arabayı geri itmemektedir. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
5. kamyon da otomobil de birbirlerine kuvvet uygulamamaktadır. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

3. Otomobil sürücüsünün istediği sabit yol hızına ulaştığında,

1. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğe eşittir.
2. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden azdır.
3. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden fazladır.
4. otomobilin motoru çalışmaktı olduğu için kamyonu itmektedir, kamyonun motoru çalışmadığı için arabayı geri itmemektedir. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
5. kamyon da otomobil de birbirlerine kuvvet uygulamamaktadır. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

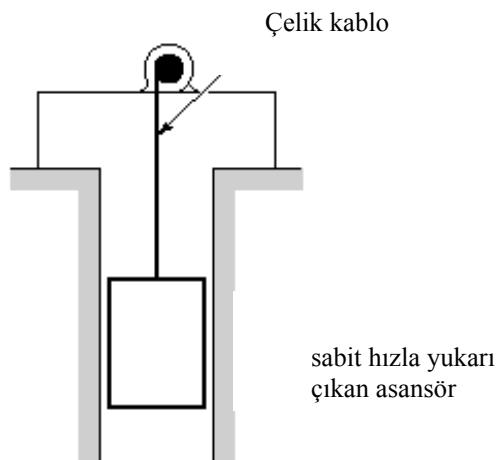
- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

4. Şekilde görüldüğü gibi; bir asansör, çelik bir kablo ile asansör boşluğunda sabit bir hızla yukarı çıkarılıyor. Bütün sürütmeler ihmali edilebilir. Bu durumda, asansöre etkiyen kuvvetler için denebilir ki;

1. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet aşağı yönde yerçekimi kuvvetinden büyuktur.
2. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet aşağı yönde yerçekimi kuvvetine eşittir.
3. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet aşağı yönde yerçekimi kuvvetinden küçuktur.
4. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet, havadan kaynaklanan aşağı yöndeki kuvvet ile yerçekimi kuvvetinin toplamından büyuktur.
5. yukarıdakilerden hiçbiri. (Asansör kablonun uyguladığı kuvvet nedeniyle değil kablo kısallığı için yukarı çıkmaktadır).



- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?
-
.....

5. Çok güçlü bir rüzgara rağmen, bir tenis oyuncusu raketile bir tenis topuna vurur, ve top ağı geçip rakip sahaya ulaşır.

Şu kuvvetleri dikkate alındığınızda:

- aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti.
- “vuruştan” kaynaklanan bir kuvvet.
- havanın uyguladığı bir kuvvet.

Raketle temasını kesmesinden yere çarpmasına kadar, topa yukarıdaki kuvvetlerden hangisi/hangileri etkimektedir?

- sadece A
- A ve B
- A ve C
- B ve C
- A, B, ve C

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....
.....

6. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, bir çocuk P noktasından daha yukarıdaki bir noktadan sallanmaya başlamıştır.

Düşünülecek birbirinden farklı şu kuvvetleri dikkate alın:

- aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti.
- ip tarafından P 'dan O 'ya doğru uygulanan bir kuvvet.
- çocuğun hareketi yönünde bir kuvvet.
- O 'dan P 'ya doğru bir kuvvet.



Çocuk P noktasındayken ona etkiyen kuvvet(ler) ne(ler)dir?

- sadece A
- A ve B
- A ve C
- A, B, ve C
- A, C, ve D

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

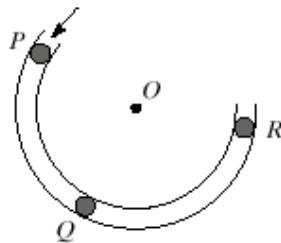
1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....
.....

Sonraki soruyu (7. soru) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Şekil, O merkezli bir çemberin parçası biçimindeki, sürtünmesiz bir kanalı göstermektedir. Kanal sürtünmesiz yatay bir masanın üst yüzeyine sabitlenmiştir. Masaya kuşbakışı bakmaktadır. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. P noktasından bir top yüksek bir hızla kanalın içine fırlatılıyor ve R noktasından dışarı çıkıyor.



7. Düşünülebilecek birbirinden farklı şu kuvvetleri dikkate aldığınızda;

- aşağıya doğru bir yerçekimi kuvveti.
- kanal tarafından Q'dan O'ya doğru uygulanan bir kuvvet.
- hareket yönünde bir kuvvet.
- O'dan Q'ya doğru bir kuvvet.

hangisi ya da hangileri, top sürtünmesiz kanalın Q noktasındayken ona etki etmektedir?

- Yalnız A.
- A ve B.
- A ve C.
- A, B, ve C.
- A, C, ve D.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

- | | | | |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 1. Çok eminim | 2. Eminim | 3. Pek emin değilim | 4. Hiç emin değilim |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|

• Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

8. Boş bir ofis sandalyesi hareketsizdir. Düşünülebilecek şu kuvvetleri dikkate aldiğinizda:

- A. aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti
- B. zemin tarafından uygulanan yukarı yönde bir kuvvet.
- C. hava tarafından uygulanan aşağı yönde net bir kuvvet.

Hangi kuvvet(ler) ofis sandalyesi üzerine etkimektedir(ler)?

- 1. sadece A
- 2. A ve B
- 3. B ve C
- 4. A, B, ve C
- 5. Hiçbiri. (Sandalye hareketsiz olduğu için ona etkiyen hiçbir kuvvet yoktur.)

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

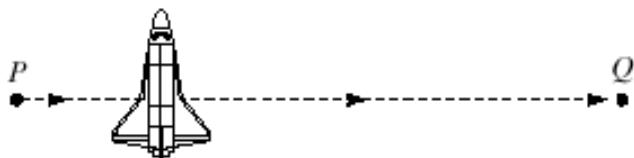
1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıkkı neden seçtiniz?

.....
.....

Sonraki soruyu (9.) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Uzayın derinliklerinde bir uzay gemisi P noktasından Q noktasına, şekilde gösterildiği gibi, yan olarak sürüklensektedir. Gemide dışarıdan hiçbir kuvvet etkilememektedir. Q noktasında itibaren, geminin motorları çalışıyor ve PQ çizgisine dik açıda bir sabit itme kuvveti gemiye etkimeye başlıyor. Bu sabit itme kuvveti gemi uzayda bir R noktasına ulaşıcaya kadar ona etkiyor.



9. Gemi Q noktasından R noktasına ilerlerken hızı,

1. sabittir.
2. sürekli artar.
3. sürekli azalır.
4. bir süre artar ve sonra sabit kalır.
5. bir süre sabittir ve sonra azalır.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

10. Tek katlı bir binanın çatısından yere bırakılan bir taş,

1. bırakıldıktan kısa bir süre sonra en yüksek hizına ulaşır ve sonra bu sabit hızla düşmeye devam eder.
2. düştükçe hızlanır, çünkü taş dünyaya yaklaşıkça yerçekimi kuvveti belirgin bir şekilde artar.
3. hızlanır, çünkü neredeyse sabit olan yerçekimi kuvvetinin etkisindedir.
4. bütün cisimlerde var olan, dünya yüzeyinde durma doğal eğilimi nedeniyle düşer.
5. yerçekimi ve havanın taşı aşağıya doğru iten kuvvetlerinin birleşik etkisi nedeniyle düşer.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

Misconceptions and Correct Alternative of Items:

- M1: Only active agents exert forces
- M2: Motion implies active force
- M3: No motion implies active force
- M4: Velocity proportional to applied force
- M5: Acceleration implies increasing force
- M6: Force causes acceleration to terminal velocity
- M7: Active force wears out

Item no	Correct Alternative	Misconception (alternative that indicates a misconception is shown in parenthesis)
1	5	M1(2)
2	1	M1(4)
3	1	M1(4)
4	2	M1(5)
5	3	M1(1)
6	2	M1(1,3,5), M2(3,4,5)
7	2	M1(1), M2(1,3,4,5)
8	2	M3(5)
9	2	M4(1), M6(4), M7(3,5)
10	3	M5(2), M6(1)

APPENDIX E
Force Concept Posttest Items from FCI

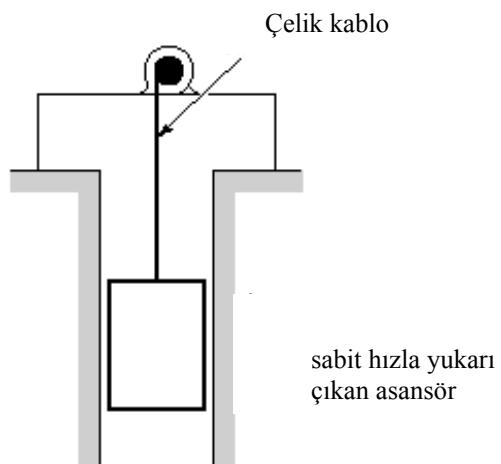
Kuvvet Kavram Testi

Lütfen okuyunuz:

- Her bir soru için **sadece bir** cevap işaretleyiniz.
- Hiç bir soruya **okumadan ve cevaplamadan geçmeyiniz.**
- **Tahmin etmekten kaçınınız.** Cevaplarınız kişisel olarak **sizin** ne düşündüğünüzü yansıtmalıdır.

1 Şekilde görüldüğü gibi; bir asansör, çelik bir kablo ile asansör boşluğunda sabit bir hızla yukarı çıkarılıyor. Bütün sürütmeler ihmali edilebilir. Bu durumda, asansöre etkiyen kuvvetler için denebilir ki;

1. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet, havadan kaynaklanan aşağı yöndeki kuvvet ile yerçekimi kuvvetinin toplamından büyüktür.
2. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet aşağı yönde yerçekimi kuvvetinden küçüktür.
3. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet aşağı yönde yerçekimi kuvvetinden büyüktür.
4. kablonun uyguladığı yukarı yönde kuvvet aşağı yönde yerçekimi kuvvetine eşittir.
5. yukarıdakilerden hiçbir. (Asansör kablonun uyguladığı kuvvet nedeniyle değil kablo kısallığı için yukarı çıkmaktadır).

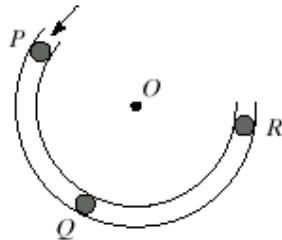


- Yanıtların sıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim	2. Eminim	3. Pek emin değilim	4. Hiç emin değilim
---------------	-----------	---------------------	---------------------
 - Yanıtların sıktan ne kadar eminsiniz?
-
-

Sonraki soruyu (2. soru) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Şekil, O merkezli bir çemberin parçası biçimindeki, sürtünmesiz bir kanalı göstermektedir. Kanal sürtünmesiz yatay bir masanın üst yüzeyine sabitlenmiştir. Masaya kuşbakışı bakmaktadır. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. P noktasından bir top yüksek bir hızla kanalın içine fırlatılıyor ve R noktasından dışarı çıkıyor.



2. Düşünülebilecek birbirinden farklı şu kuvvetleri dikkate aldığınızda;

- A. aşağıya doğru bir yerçekimi kuvveti.
- B. kanal tarafından Q'dan O'ya doğru uygulanan bir kuvvet.
- C. hareket yönünde bir kuvvet.
- D. O'dan Q'ya doğru bir kuvvet.

hangisi ya da hangileri, top sürtünmesiz kanalın Q noktasındayken ona etki etmektedir?

1. Yalnız A.
2. A, C, ve D.
3. A, B, ve C.
4. A ve B.
5. A ve C.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....
.....

3. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, bir çocuk P noktasından daha yukarıdaki bir noktadan sallanmaya başlamıştır. Düşünülebilecek birbirinden farklı şu kuvvetleri dikkate alın:

- aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti.
- ip tarafından P 'dan O 'ya doğru uygulanan bir kuvvet.
- çocuğun hareketi yönünde bir kuvvet.
- O 'dan P 'ya doğru bir kuvvet.



Çocuk P noktasındayken ona etkiyen kuvvet(ler) ne(ler)dir?

- A, C, ve D
- A, B, ve C
- sadece A
- A ve C
- A ve B

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?
- | | | | |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 1. Çok eminim | 2. Eminim | 3. Pek emin değilim | 4. Hiç emin değilim |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?
-
-

4. Çok güçlü bir rüzgara rağmen, bir tenis oyuncusu racketile bir tenis topuna vurur, ve top ağı geçip rakip sahaya ulaşır. Şu kuvvetleri dikkate alınızda:

- aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti.
- “vuruştan” kaynaklanan bir kuvvet.
- havanın uyguladığı bir kuvvet.

Raketle temasını kesmesinden yere çarpmasına kadar, topa yukarıdaki kuvvetlerden hangisi/hangileri etkimektedir?

- A, B, ve C
- B ve C
- A ve C
- A ve B
- sadece A

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?
- | | | | |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 1. Çok eminim | 2. Eminim | 3. Pek emin değilim | 4. Hiç emin değilim |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?
-
-

5. Tek katlı bir binanın çatısından yere bırakılan bir taş,

1. yerçekimi ve havanın taşı aşağıya doğru iten kuvvetlerinin birleşik etkisi nedeniyle düşer.
2. hızlanır, çünkü neredeyse sabit olan yerçekimi kuvvetinin etkisindedir.
3. bütün cisimlerde var olan, dünya yüzeyinde durma doğal eğilimi nedeniyle düşer.
4. düştükçe hızlanır, çünkü taş dünyaya yaklaştıkça yerçekimi kuvveti belirgin bir şekilde artar.
5. bırakıldıktan kısa bir süre sonra en yüksek hizına ulaşır ve sonra bu sabit hızla düşmeye devam eder.

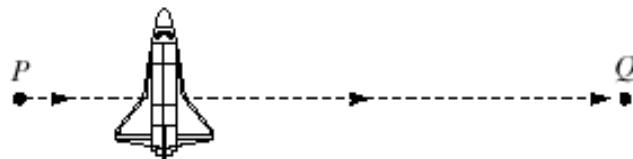
- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?
-
.....

Sonraki soruyu (6.) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Uzayın derinliklerinde bir uzay gemisi P noktasından Q noktasına, şekilde gösterildiği gibi, yan olarak sürüklensektedir. Gemiye dışarıdan hiçbir kuvvet etkimekmektedir. Q noktasında itibaren, geminin motorları çalışıyor ve PQ çizgisine dik açıda bir sabit itme kuvveti gemiye etkimeye başlıyor. Bu sabit itme kuvveti gemi uzaya bir R noktasına ulaşıcaya kadar ona etkiyor.



6. Gemi Q noktasından R noktasına ilerlerken hızı,

1. bir süre sabittir ve sonra azalır.
2. bir süre artar ve sonra sabit kalır.
3. sürekli azalır.
4. sürekli artar.
5. sabittir.

- Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

- Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?
-
.....

7. Boş bir ofis sandalyesi hareketsizdir. Düşünülebilecek şu kuvvetleri dikkate aldiğinizda:

- aşağı yönde bir yerçekimi kuvveti
- zemin tarafından uygulanan yukarı yönde bir kuvvet.
- hava tarafından uygulanan aşağı yönde net bir kuvvet.

Hangi kuvvet(ler) ofis sandalyesi üzerine etkimektedir(ler)?

- sadece A
- A, B, ve C
- A ve B
- B ve C
- Hiçbiri. (Sandalye hareketsiz olduğu için ona etkiyen hiçbir kuvvet yoktur.)

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

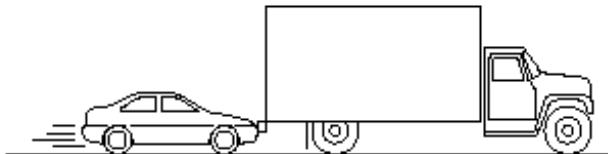
1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıkları neden seçtiniz?

.....
.....

Sonraki iki soruyu (8 ve 9) cevaplarken, aşağıdaki şekil ve açıklamayı kullanın.

Şekildeki gibi, büyük bir kamyon yolda bozulur ve küçük bir otomobil tarafından itilir.



8. Hızını arttırarak, istenen yol hızına ulaşıcaya kadar otomobil kamyonu iterken,

- otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden fazladır.
- otomobilin motoru çalışmaktadır için kamyonu itmektedir, kamyonun motoru çalışmamadığı için arabayı geri itmemektedir. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
- kamyon da otomobil de birbirlerine kuvvet uygulamamaktadır. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
- otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğüne eşittir.
- otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden azdır.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıkları neden seçtiniz?

.....
.....

9. Otomobil sürücüsünün istediği sabit yol hızına ulaştığında,

1. otomobilin motoru çalışmaka olduğu için kamyonu itmektedir, kamyonun motoru çalışmadığı için arabayı geri itmemektedir. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
2. kamyon da otomobil de birbirlerine kuvvet uygulamamaktadır. Kamyon ise elbette ileriye itilecektir, çünkü otomobilin yolu üzerindedir.
3. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden fazladır.
4. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünden azdır.
5. otomobilin kamyonla uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü, kamyonun otomobile uyguladığı geri itme kuvvetinin büyüklüğünne eşittir.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

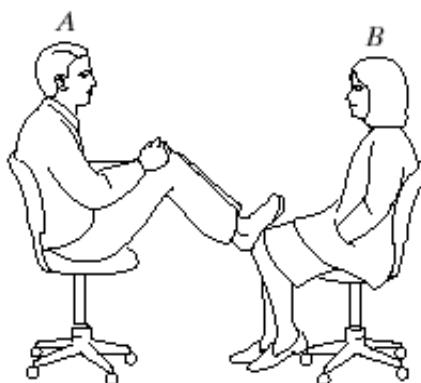
• Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

10. Aşağıdaki şekilde A öğrencisi 75 kg ve B öğrencisi ise 57 kg kütlelidir. Birbirinin aynı ofis sandalyelerinde karşı karşıya oturmaktadırlar.

A öğrencisi, şekildeki gibi, çıplak 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,

1. öğrenciler birbirlerine hiçbir kuvvet uygulamamaktadırlar.
2. A öğrencisi B öğrencisi üzerine bir kuvvet uygulamakta, fakat B A'ya bir kuvvet uygulamamaktadır.
3. her iki öğrenci de birbirleri üzerine eşit büyüklükte kuvvet uygulamamaktadırlar.
4. her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat A daha büyük bir kuvvet uygular.
5. her iki öğrenci de birbirlerine kuvvet uygulamaktadır, fakat B daha büyük bir kuvvet uygular.

• Yanıt olarak seçtiğiniz şıktan ne kadar eminsiniz?

1. Çok eminim 2. Eminim 3. Pek emin değilim 4. Hiç emin değilim

• Yanıt olarak seçtiğiniz şikki neden seçtiniz?

.....

.....

Misconceptions and Correct Alternative of Items:

- M1: Only active agents exert forces
- M2: Motion implies active force
- M3: No motion implies active force
- M4: Velocity proportional to applied force
- M5: Acceleration implies increasing force
- M6: Force causes acceleration to terminal velocity
- M7: Active force wears out

Item no	Corresponding Item no in Pretest (APPENDIX D)	Correct Alternative	Misconception (alternative that indicates a misconception is shown in parenthesis)
1	4	4	M1(5)
2	7	4	M1(1), M2(1,5,3,2)
3	6	5	M1(3,4,1), M2(4,2,1)
4	5	3	M1(5)
5	10	2	M5(4), M6(5)
6	9	4	M4(5), M6(2), M7(3,1)
7	8	3	M3(5)
8	2	4	M1(2)
9	3	5	M1(1)
10	1	3	M1(2)

APPENDIX F

Parents' Permission Form for the Student

Tarih: / /

Veli İzni Formu

Bu izin formu ODTÜ Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü’nde yüksek lisans tez çalışması olarak yürütülen “Fizik Öğrenimi İçin Programlanabilir Öğretim Aracı Geliştirilmesi, Uygulanması ve Değerlendirilmesi” adlı araştırma projesi için hazırlanmıştır. Proje, Türkiye’de ve dünyada fizik eğitiminin etkinliğinin ve kalitesinin artırılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda öğrencilerin araştırmalara katılımı büyük önem taşımaktadır.

Bu form araştırma yürütütülerinin **Çalışma Tanımı**’na bağlı kalması şartıyla öğrenci velisinin onayını ve iznini belgeler.

Çalışma Tanımı:

Çalışma, araştırma yürütütülerinin hazırladığı çalışma odasında öğrenci ve bir araştırma yürütütüsünün katılımıyla yapılır. Öğrenci isterse çalışma odasına izleyici olmak üzere bir refakatçi getirebilir. Çalışma odasında bu araştırma için geliştirilen “Fiziksel Dünya” adlı programın yüklü olduğu bilgisayar bulunmaktadır. Çalışmalarda “Fiziksel Dünya” programı öğrenci tarafından kullanılır.

Fiziksel Dünya programının kullanımı sırasında okul müfredatına uygun lise 2 fizik konuları çalışılır. Çalışmalar araştırma yürütütüsünün verdiği yönergeler doğrultusunda yapılır. Çalışma odasında bulunan kamera ile görüntü ve sesler kasete kaydedilir. Kayıtlar ve öğrenci ile ilgili kişisel bilgiler araştırma süresince ve araştırma sonrasında gizli tutulur.

Çalışma her biri iki saat süren üç toplantı ile tamamlanır. Toplantıların günü ve saatı veli, öğrenci ve araştırma yürütütüleri ile kararlaştırılır. Öğrencinin toplantılar öncesi ve sonrası ulaşımı, araştırma yürütütüleri tarafından sağlanır.

Çalışmalarda hiçbir şekilde öğrenciye fiziksel veya zihinsel yönden zararlı etki gelmeyecektir. Öğrenci istediği anda araştırmadan çekilebilecektir. Veli ve öğrenci araştırma süresince ve araştırma sonrasında araştırma yürütütüleri ile iletişim kurabilecektir.

Araştırma yürütütüsü

Yrd. Doç. Dr. Ali ERYILMAZ

Tel: 210 40 55

e-mail: eryilmaz@metu.edu.tr

Araştırmacı

Erkin TUNCA

Tel: 241 68 43, 297 90 86 - 504

e-mail: erkin.tunca@mobilsoft.com.tr

Ben velisi olduğum’nın / nin
ODTÜ Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü’nde yüksek lisans tez çalışması
olarak yürütülen “Fizik Öğrenimi İçin Programlanabilir Öğretim Aracı Geliştirilmesi, Uygulanması ve
Değerlendirilmesi” adlı araştırma projesine katılmamasına izin veriyorum.

Veli İmzası

APPENDIX G

Physical World User Manual

Fiziksel Dünya Kullanım Kılavuzu

İçindekiler:

1. Fiziksel Dünya Nedir?
2. Fiziksel Dünya İçin Gereken Donanım
3. Fiziksel Dünya Simülasyonu
4. Fiziksel Dünya'daki Görsel Bileşenler
 - Gözlem Penceresi
 - Deney Bileşenleri Penceresi
 - Deney Bileşeni Detayları Pencereleri
5. Fiziksel Dünya Gözlem Penceresi
 - Deney Ortamı ve Koordinat Eksenleri
 - i. Deney Bileşenleri Değişkenleri
 - ii. Deney Ortamı Yedek Değişkenleri
 - Deney Bileşenleri Menüsü
 - i. Kütle
 - ii. Sabit Cisim
 - iii. Yay
 - iv. Top
 - v. Yüzey
 - vi. Yerçekimi
 - vii. Yeryüzü
 - viii. Hava
 - ix. Hava Sürtünmesi
 - x. Zaman
 - xi. Cetvel
 - xii. Hız Ölçümü
 - xiii. İvme Ölçümü
 - xiv. Grafik
 - Deney Ortamına Deney Bileşenlerinin Eklenmesi
 - Deney Bileşenlerinin Konumlandırılması
 - i. Kütleler ve Sabit Cisimlerin Konumlandırılması
 - ii. Yayların Konumlandırılması
 - iii. Yeryüzünün Konumlandırılması
 - iv. Yerçekiminin Konumlandırılması
 - v. Havanın Konumlandırılması
 - vi. Hava Sürtünmesinin Konumlandırılması
 - vii. Cetvelin Konumlandırılması

- viii. Hız Ölçümü ve İvme Ölçümünün Konumlandırılması
- ix. Grafiğin Konumlandırılması
- x. Diğer Nesnelerin Konumlandırılması
- Deney Bileşenleri Listesi
 - i. Bileşen Detay Bilgilerine Ulaşım
 - ii. Denklem Satırları ve Programlama
 - iii. Kütle Detay Bilgileri
 - iv. Yay Detay Bilgileri
 - v. Yerçekimi Detay Bilgileri
 - vi. Cetvel Detay Bilgileri
 - vii. Hız Ölçümü Detay Bilgileri
 - viii. İvme Ölçümü Detay Bilgileri
 - ix. Grafik Detay Bilgileri
 - 1. Grafik Eksenlerinin Denklem Olarak Yazılması
 - 2. Grafik Görüntü Düğmeleri
 - 3. Grafik Üzerine İşaret Koyma
- Çizim Detaylarının Değiştirilmesi
- Nesne Seçme ve Silme
- Deney Hazırlamada Yardımcı Araçlar
 - i. Hiza Araçları
 - ii. Kütle Durdurma Araçları
- Simülasyon Çalıştırma Düğmeleri
 - i. Başla Düğmesi
 - ii. Dur Düğmesi
 - iii. Kayıt Düğmesi
 - iv. Son Kayıt Düğmesi
- Simülasyonun Çalıştırılması ve Gözlem Yapılması
 - i. Kütle İzleri
 - ii. Kütlelerin Kuvvet Okları
 - iii. Kayıt Alma
 - iv. Son Kayda Dönme
 - v. Ölçüm Araçlarının Kullanımı
 - 1. Cetvelin Kullanımı
 - 2. Hız ve İvme Ölçümleri'nin Kullanımı
 - 3. Grafik Oluşturma
 - 4. Grafik Karşılaştırma

1. Fiziksel Dünya Nedir?

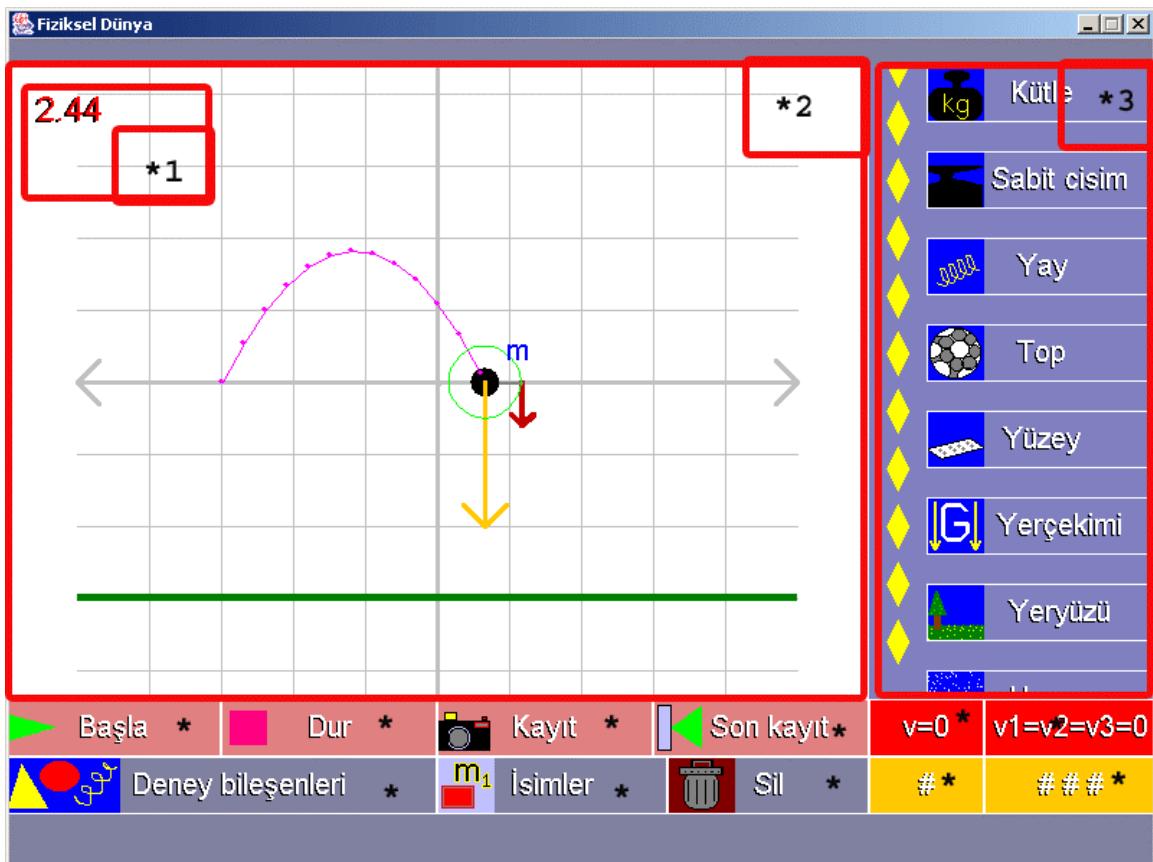
Fiziksel Dünya, etkileşimli bir simülasyon aracıdır. Java teknolojisine dayanan sistem, kişisel bilgisayarlar üzerinde çalıştırılır. Fiziksel Dünya, simülasyonları görsel bir ortamda gerçekleştirir ve ortamda yer alan nesnelerin animasyonlarını ekrana getirir. Bu ortamda sistemin sağladığı ölçüm araçları

kullanılarak ölçümler yapılır. Sistem, çok parçacıklı sistemlerin hareketlerini çözer ve milisaniye ölçüngde gerçege yakın sonuçlar verir. Fiziksel Dünya, hareket denklemlerini çözebilir. Bu denklemlerin kullanıcı tarafından yazılması durumunda kullanıcının yazdığı denklemleri çözer.

2. Fiziksel Dünya'daki Görsel Bileşenler

- Gözlem Penceresi (Figür 1)

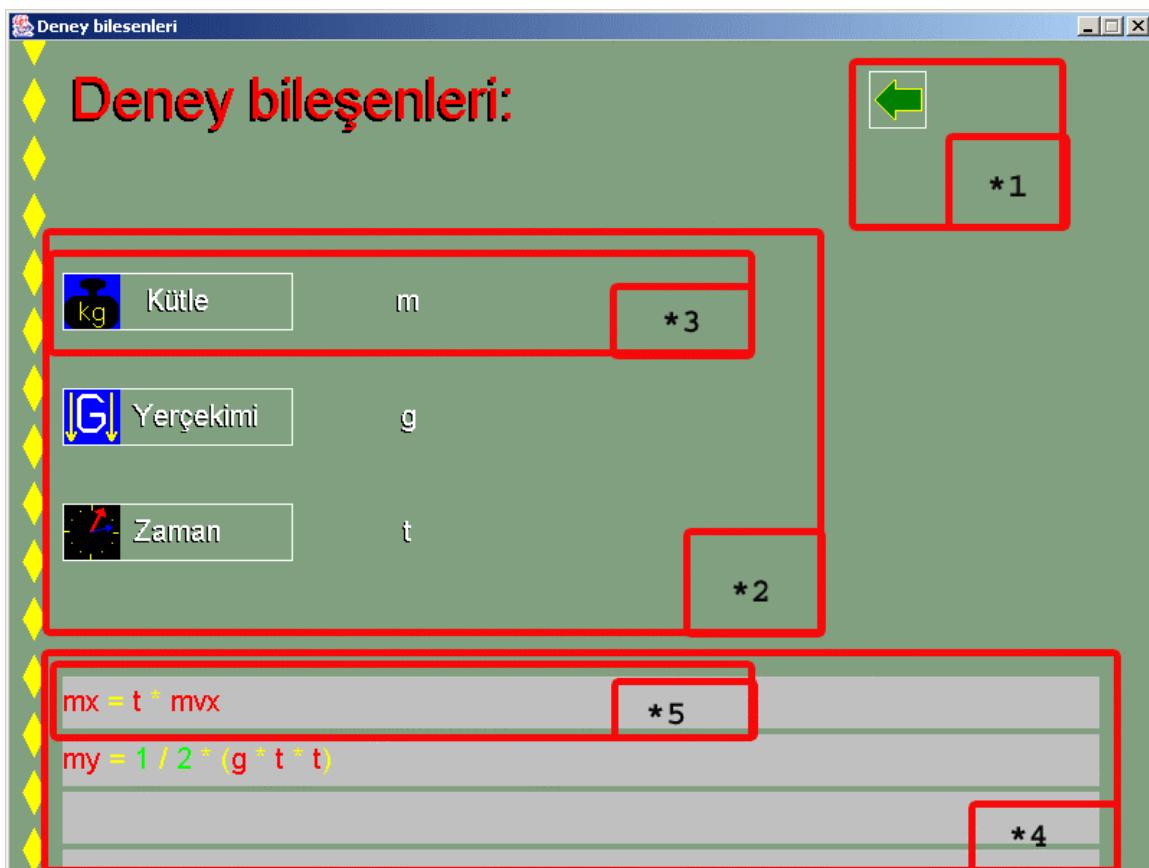
- *1: Simülasyon zamanı
- *2: Deney ortamı ve koordinat eksenleri
- *3: Deney bileşenleri menüsü
- *: Başla düğmesi
- *: Dur düğmesi
- *: Kayıt düğmesi
- *: Son kayıt düğmesi
- *: Deney bileşenleri düğmesi
- *: İsimler düğmesi
- *: Sil düğmesi
- *: $v = 0$ düğmesi
- *: $v_1 = v_2 = v_3 = 0$ düğmesi
- *: # düğmesi
- *: # # # düğmesi



Figür 1: Gözlem Penceresi

- Deney Bileşenleri Penceresi (Figür 2)

- *1: Gözlem penceresine dönüş düğmesi
- *2: Deney bileşenleri listesi
- *3: Deney bileşeni detayları penceresini açma düğmesi
- *4: Denklem satırları listesi
- *5: Denklem satırı



Figür 2: Deney Bileşenleri Penceresi

- Deney Bileşeni Detayları Pencereleri (Figür 3)

Örnek 1: Kütle Detayları Penceresi

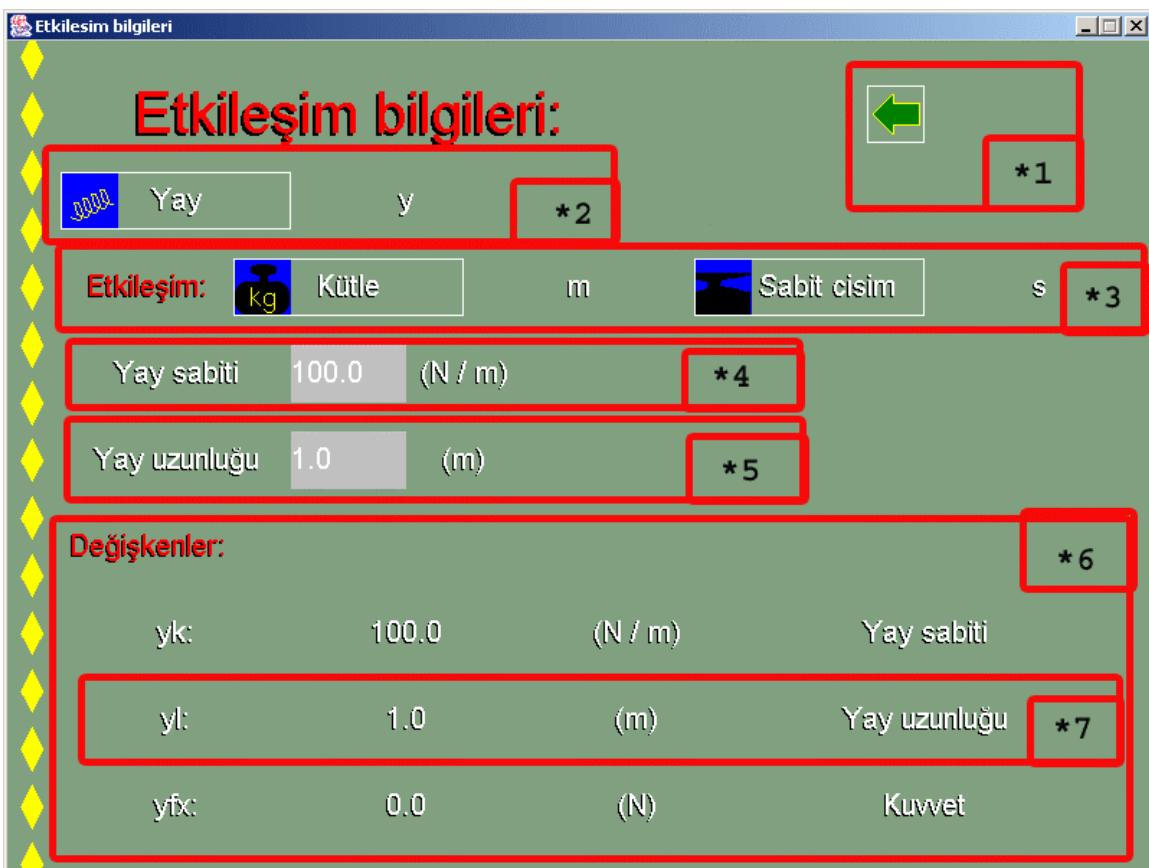
- *1: Deney bileşenleri penceresine dönüş düğmesi
- *2: Deney bileşeninin grafik figürü ve adı
- *3: Konum ayarlama alanı
- *4: Hız ayarlama alanı
- *5: Kütle ayarlama alanı
- *6: Bileşenin sahip olduğu değişkenler listesi
- *7: Bileşenin sahip olduğu bir değişkenin adı, değeri, birimi ve açıklaması



Figür 3: Kütle Detayları Penceresi

Örnek 2: Yay Detayları Penceresi (Figür 4)

- *1: Deney bileşenleri penceresine dönüş düğmesi
- *2: Deney bileşeninin grafik figürü ve adı
- *3: Yay etkileşmesinin bağlı olduğu bileşenlerin grafik figürleri ve isimleri
(Bu figürler aynı zamanda bileşen detay bilgilerine giden düğmelerdir)
- *4: Yay sabiti ayarlama alanı
- *5: Yay uzunluğu ayarlama alanı
- *6: Bileşenin sahip olduğu değişkenler listesi
- *7: Bileşenin sahip olduğu bir değişkenin adı, değeri, birimi ve açıklaması



Figür 4: Yay Detayları Penceresi

3. Fiziksel Dünya İçin Gereken Donanım

Fiziksel Dünya, en az 266 mhz hızında ve 32 MB RAM hafızası olan kişisel bilgisayarlarda çalışır. Fiziksel Dünya, fare ve klavye aracılığı ile kontrol edilir.

4. Fiziksel Dünya Simülasyonu

Fiziksel Dünya Simülasyonu, klasik mekanik sistemleri tek, iki ve çok parçacıklı olarak çözer. Çözüm yaparken sistem tarafından bilinen hareket denklemleri kullanılır. Örneğin yay sistemleri, hava sürtünmesi ve yerçekimi gibi etkileşmelerin hareket denklemleri sistem tarafından bilinmektedir. Ayrıca sistem, kullanıcının belirlediği hareket denklemlerini de çözer. Bu denklemler ivmeye veya kuvvete eşit olarak yazılabileceği gibi istenen diğer formlar da kullanılabilir.

Fiziksel Dünya Simülasyonu'nda tüm değişkenlerin birimleri belirlidir. Konum metre (m), ağırlık kilogram (kg), zaman saniye (s) ve buna bağlı olarak kuvvet Newton (N), hız m / s ve ivme m / (s * s) olarak geçer.

5. Fiziksel Dünya Gözlem Penceresi

Fiziksel Dünya Gözlem Penceresi, deney ortamındaki animasyonların izlendiği ve deney ortamının tasarılandığı penceredir. Deney ortamında yer alacak nesneler (deney bileşenleri) bu pencere üzerinden kontrol edilir. Simülasyonun başlatılması ve durdurulması işlemleri bu pencere içinden yapılır.

- Deney Ortamı ve Koordinat Eksenleri

Deney ortamı, animasyonların görüldüğü kısımdır. Deney bileşenlerinin konumları ve ilişkileri deney ortamında düzenlenir. Deney ortamı koordinat eksenleri üzerine çizilmiştir. Koordinat eksenleri deney bileşenlerinin daha rahat düzenlenmesine ve gözlenmesine yardımcı olur. Koordinat eksenlerine dik ve paralel çizgilerin arasında bir birim (1 metre) aralık bulunur.

- i. Deney Bileşenleri Değişkenleri

Fiziksel Dünya, deneylerin tasarılanabilmesi için çok sayıda deney bileşeni sunar. Bu bileşenler fiziksel nesneleri, etkileşmeleri ve ölçüm araçlarını kapsar. Fiziksel Dünya, deney ortamında yer alan her bileşene ayrı isim verir. Bileşenler türlerine göre farklı değişkenler içerir. Bu değişkenlerin her birinin ayrı bir ismi vardır ve bu ismin ilk harfleri bileşenin ismi ile aynıdır. Örneğin $m3$ isminde bir kütlenin konumu $m3x$ ve $m3y$ değişkenlerinde tutulur. Bu değişkenler kullanıcının doldurabildiği denklem satırlarında kullanılırlar.

- ii. Deney Ortamı Yedek Değişkenleri

Fiziksel Dünya, deney bileşenlerinin içерdiği değişkenlere ek olarak 30 değişken daha tutar. Bu değişkenler $x0, x1, x2, \dots, x9, y0, y1, y2, \dots, y9, z1, z2, z3, \dots, z9$ dur. Bu değişkenler istenilen hesaplamalarda kullanılırlar ve denklemlerin yazılmasında kolaylıklar sağlarlar.

- Deney Bileşenleri Menüsü

Deney bileşenleri menüsü, gözlem penceresinin sağ tarafında bulunur. Bu menü farenin tuşu basılı tutulup sürükleme koşulu ile yukarı ve aşağı kaydırılır. Yukarı ve aşağı kaydırarak menünün görünen kısmının dışında bulunan bileşenler, görünen kısma taşınır. İstenen bileşen farenin tuşu (fare imleci bileşen figürünün üstündeyken) tıklanarak deney ortamına eklenir.

- i. Kütle

Deney bileşenleri arasında kütle bileşeni vardır. Kütle bileşeni, konum,

hız, ve ağırlık özelliklerini içerir. Kütlelerin ismi her zaman “m” ile başlar. Deney ortamına eklenen ilk kütle “m”, daha sonrakiler ise “m₂”, “m₃”, “m₄” ... isimlerini alırlar. Kütlelerin ağırlıkları kütlenin ismiyle aynı isimdeki değişkenlerde tutulur; m, m₂, m₃, m₄ ... Kütlelerin konumları mx, my, m₂x, m₂y, m₃x, m₃y ... değişkenlerinde tutulur. Kütlelerin hızları mvx, mvy, m₂vx, m₂vy, m₃vx, m₃vy ... değişkenlerinde tutulur. Kütle bileşeni, yay, yerçekimi, hava sürtünmesi, cetvel, hız ölçümü, ivme ölçümü gibi bileşenlerle ilişkilendirilebilir. Kütleler animasyon sürecinde geçikleri yol üzerinde renkli çizgi ile iz bırakırlar. Bu çizgiler üzerine 100 milisaniye aralıklarla belirgin noktalar koymak. Kütlelere uygulanan kuvvetler oklar ile animasyon sürecinde ekrana getirilir. Bir kuvvet okunun büyüklüğü diğer bir kuvvet okuya orantısal olarak karşılaştırılabilir ancak okların uzunluğu Newton birimini simgelediği için metre birimini simgeleyen koordinat eksenleri ile orantısal ilişkisi fiziksel olarak doğru kabul edilmemelidir. Bir başka deyişle 1 metre uzunlukta görünen bir kuvvet oku 1 Newton sayılamaz.

ii. Sabit Cisim

Sabit cisim kütle ile benzer özellikler gösterir. Simülasyon sürecinde hareket etmez. İvmesi her zaman sıfır ölçülür ancak üzerine uygulanan kuvvet değişkendir. Sabit cisimler s, s₂, s₃, s₄... isimlerini alırlar.

iii. Yay

Yayın iki ucu vardır. Bu uçlar küttelelere ve sabit cisimlere takılır. Yollar y, y₂, y₃, y₄ ... isimlerini alırlar. Yollar, yay sabiti değişkenine sahiptirler. Bu değişkenler, y_k, y_{2k}, y_{3k}, y_{4k} ... isimlerini alırlar. Yolların sahip olduğu bir başka değişken ise yayın serbest uzunluğudur. Bu değişkenler y_l, y_{2l}, y_{3l}, y_{4l} ... isimlerini alırlar. Yollar, üzerindeki gerilim kuvvetinin değerlerini yfx, yfy, y₂fx, y₂fy, y₃fx, y₃fy, y₄fx, y₄fy ... değişkenlerinde tutarlar. Denklem satırlarında bu değişkenlere değerler atanarak yayın uyguladığı kuvvet istediği biçimde yazılabilir.

iv. Top

Top, kütle ile aynı özellikleri gösterir.

v. Yüzey

Yüzeyler, kütteleler ile etkileşime girebilirler.

vi. Yerçekimi

Yerçekimi, yeryüzü ile kütle bileşenlerini ilişkilendirir. İki ucu vardır. Uçları bağlandığı taktirde simülasyonda kütleye ve yeryüzüne y yönünde kuvvet

uygular. Yerçekimleri, g, g2, g3, g4 .. isimlerini alırlar. Yerçekimi bileşeni, yerçekimi ivmesini değişken olarak tutar. Bu değişken bileşen adıyla aynı isimde tutulur; g, g2, g3, g4 ... Yerçekimi, uyguladığı kuvveti değişkenlerde tutar; gfx, gfy, g2fx, g2fy, g3fx, g3fy, g4fx, g4fy ... Denklem satırlarında bu değişkenlere değerler atanarak yerçekiminin uyguladığı kuvvet istendiği biçimde yazılabilir. Bir tane yerçekimi ilişkisinin kurulması tüm kütlelere yerçekimi etkisini sağlamaz. Yerçekiminin etkide bulunması istenen her kütle için ayrı bir yerçekimi eklemeli ve varyüzü ile ilişkilendirilmelidir.

vii. Yeryüzü

Yeryüzü, yüzey özelliklerine sahiptir. Yerçekimi, yeryüzünü kütle ile ilişkilendirebilir. Yeryüzü, yer, yer2, yer3, yer4 ... isimlerini alabilir.

viii. Hava

Hava bileşenleri, h, h2, h3, h4 ... isimlerini alabilirler. Hava sürtünmesi, hava ile kütleleri ilişkilendirebilir.

ix. Hava Sürtünmesi

Hava sürtünmesi, hava ile kütleyi ilişkilendirebilir. Hava sürtünmeleri, hs, hs2, hs3, hs4 ... isimlerini alırlar. Hava sürtünmesi kütleye kütlenin hızı ile doğru orantılı ve bu hızla ters yönde kuvvet uygular. Bu kuvveti sürtünme katsayısı ile elde eder. Bu katsayı bileşen ile aynı ismi taşırlar; hs, hs2, hs3, hs4 ... Hava sürtünmesi, uyguladığı kuvveti değişkenlerde tutar; hsfx, hsfy, hs2fx, hs2fy, hs3fx, hs3fy, hs4fx, hs4fy ... Denklem satırlarında bu değişkenlere değerler atanarak hava sürtünmesinin uyguladığı kuvvet istendiği biçimde yazılabilir.

x. Zaman

Zaman, simülasyon sürecindeki zamanı ifade eder. Zaman bileşenleri, t, t2, t3, t4 ... isimlerini alırlar. Zaman bileşeni zamanın değerini bileşenin ismi ile aynı isimde bir değişkende tutar; t, t2, t3, t4 ... Deney ortamına eklenen tüm zaman bileşenlerinin tuttuğu bu değişkenlerin değerleri simülasyondan alındığı için hepsi aynıdır. Ancak, denklem satırlarında bu değerlerin kullanıcı tarafından değiştirilmesi mümkündür.

xi. Cetvel

Cetvel, deney bileşenleri arasındaki uzaklıklarını ölçmekte kullanılır. Cetvelin iki ucu vardır. Bu uçlar açık bırakılırsa iki nokta arasındaki mesafe ölçülmüş olur. Cetveller, c, c2, c3, c4... isimlerini alırlar. Aldıkları ölçümler cr, c2r, c3r, c4r ... değişkenlerinde saklanır. Bu ölçümlerin x ve y bileşenleri cx, cy, c2x, c2y, c3x,

c3y, c4x, c4y ... isimli değişkenlerde tutulur. Bu değişkenlerin değerleri sürekli olarak güncellenir. Cetvelin bir ucu kütleye bağlanır ve diğer uç açık bırakılırsa, simülasyon sürecinde cetvelin bağlı ucu sürekli olarak kütleyi takip eder. Bu şekilde kütlenin bir noktaya uzaklığını sürekli olarak cetvel tarafından ölçülebilir. Cetvelin iki ucu da ayrı iki kütleye bağlanırsa cetvel sürekli olarak iki kütle arasındaki mesafeyi ölçer.

xii. Hız Ölçümü

Hız ölçümü, cetvele çok yakın özellikler taşır. Hız ölçümünün cetvel gibi iki ucu vardır. Bu uçlardan biri işaretli değeri işaretetsizdir. Sadece işaretli olan uç bir kütleye bağlandığı takdirde hız ölçümü o kütlenin hızını sürekli olarak ölçer. Sadece işaretetsiz uç kütleye bağlandığı takdirde ise hız ölçümü ters işaretli olarak yapılır. Hızın büyüklüğü aynı ancak x ve y bileşenleri ters işaretli olarak ölçülür. Uçların ikisi de birer kütleye bağlandığında iki kütle arasındaki hız farkı ölçülür. Bu fark işaretli uçtaki kütlenin hızından işaretetsiz uçtaki kütlenin hızının çıkartılması ile elde edilir. Hız ölçümleri, v, v2, v3, v4 ... isimlerini alırlar. Ölçükleri hızların değerleri vr, v2r, v3r, v4r ... değişkenlerinde tutulurlar. Bu ölçümlerin x ve y bileşenleri vx, vy, v2x, v2y, v3x, v3y, v4x, v4y ... değişkenlerinde tutulur.

xiii. İvme Ölçümü

İvme ölçümü, hız ölçümü ile benzerdir. İvme ölçümleri a, a2, a3, a4 ... isimlerini alırlar. Ölçümleri ar, a2r, a3r, a4r, ax, ay, a2x, a2y, a3x, a3y, a4x, a4y ... adlı değişkenlerde tutarlar.

xiv. Grafik

Grafik bileşeni simülasyonda varolan değişkenlerden yaralanarak grafik çizmekte kullanılır. Grafikler, gr, gr2, gr3, gr4 ... isimlerini alırlar. Grafik bileşeni iki değişkene sahiptir. Bu değişkenlerin oluşturduğu konum bilgisi ekrana bir nokta olarak işaretlenir. Bu değişkenler grx, gry, gr2x, gr2y, g2x, gr3y, gr4x, gr4y ... adlarını alırlar. Değişkenlerin değerlerine göre oluşturulan [x, y] noktası iki eksenli grafik üzerine işaretlenir. Grafik bileşenleri simülasyon süreci boyunca ölçüm alırlar ve çizim yaparlar. Grafik bileşeninin iki değişkeninin değerleri denklem alanlarında kullanılarak istenen değerlere eşitlenebilir. Bu yolla istenen tüm ölçüler grafik olarak görülebilir. Örneğin zaman bileşeninin t değişkeni grx üzerine ve kütle bileşeninin mvx değişkeni gry üzerine atanırsa kütlenin x yönündeki hızına karşı zaman grafiği elde edilir.

- Deney Ortamına Deney Bileşenlerinin Eklenmesi

Deney bileşenlerini deney ortamına eklerken Fiziksel Dünya Gözlem Penceresi'nin sağ tarafında bulunan Deney Bileşenleri Menüsü kullanılır. Deney

Bileşenleri Menüsü'nde tüm deney bileşenleri yer almaktadır. Menü, farenin tuşu basılı tutularak kaydırılabilir ve bu yolla Menü'nün görünür kısmında yer almayan bileşenler görünür kısma taşınabilir. Eklenmesi istenen bileşenin resimli ve yazılı figürü üzerine fare ile tıklanarak o bileşen deney ortamına eklenir.

- Deney Bileşenlerinin Konumlandırılması

Bir deney bileşeni deney ortamına eklendiğinde Gözlem Penceresi'nde koordinat eksenlerinin bulunduğu kısımda görüntülenir. Bileşenin konumu bu görüntü üzerinden değiştirilebilir. Bileşeni ifade eden çizim üzerine farenin tuşu basılı tutularak ve sürükleme hareketi yaparak bileşenin konumu değiştirilir. Gözlem Penceresi'nin sağ alt kısmında bulanan ve # işaretli düğmeler aracılığıyla bileşenlerin konumları tam sayı değerlere getirilebilir. Örneğin $mx = 1.423$, $mx = 1.0$ olarak düzenlenir.

- i. Kütleler ve Sabit Cisimlerin Konumlandırılması

Kütleler ve sabit cisimler, kendilerini ifade eden çizimler üzerinden fare aracılığıyla konumlandırılabilir. Ayrıca # işaretli düğmeler aracılığıyla konumları tam sayı değerlere çekilebilir. Bunların yanı sıra kütle detay ve sabit cisim detay pencereleri üzerinden klavye aracılığıyla konumlar sayı olarak girilebilir ve istenen değerlere eşitlenebilir.

- ii. Yayların Konumlandırılması

Yayın konumlandırılması yayı ifade eden çizimin üzerindeki üç nokta üzerinden yapılır. Bu noktaların ilk ikisi yayın üç noktaları üçüncüüsü ise üç noktaların tam orta noktasıdır. Orta noktadan fare tuşu basılı tutularak sürükleme yapılarak yayın bütünü hareket ettirilir. Üç noktaların biri sürüklendiği takdirde sadece o üç hareket edecektir. Uçlara bağlı kütleler olduğu takdirde bu kütleler üçler birlikte hareket ederler.

- iii. Yeryüzünün Konumlandırılması

Yeryüzünü konumlandırması kütle ve sabit cisimlerin konumlandırılmasına benzer. Yeryüzü uzun bir çizgi ile ifade edilir. Bu çizginin tam orta noktasından kontrol ederek yeryüzünü konumlandırmak mümkündür. Ayrıca bileşen detayları penceresinden de konumlandırma klavye aracılığıyla yapılabilir.

iv. Yerçekiminin Konumlandırılması

Yerçekiminin konumlandırılması yayların konumlandırmasına benzer. Yerçekimi etkisi, denklem satırlarında değiştirilmediği sürece yeryüzünün konumundan etkilenmez.

v. Havanın Konumlandırılması

Havanın konumlandırılması, yeryüzünün konumlandırılması ile aynı özellikler gösterir.

vi. Hava Sürtünmesinin Konumlandırılması

Hava sürtünmesinin konumlandırılması, yayların konumlandırmasına benzer. Hava sürtünmesi etkisi, denklem satırlarında değiştirilmediği sürece havanın konumundan etkilenmez ve deney ortamının tümünde hava varmış gibi davranışır.

vii. Cetvelin Konumlandırılması

Cetvelin konumlandırılması yayların konumlandırmasına benzer. Cetvel, uçları arasındaki doğru boyunca bir birimlik aralıklarla işaretler çizer. Cetvel, uçlarının her hareketinde bu işaretleri düzenli olarak yeniler.

- Deney Bileşenleri Penceresi

Deney Bileşenleri Penceresi, Gözlem Penceresinde bulunan deney bileşenleri düğmesi ile açılır. Deney Bileşenleri Penceresi aynı zamanda grafik ara-yüzü olan işletim sistemlerinde araç çubuğu üzerinden de açılabilir. Pencerede deney ortamında yer alan tüm bileşenler listelenmiştir. Bileşenlerin isimleri ve bunlara ait grafik figürleri listede gösterilir. Bu figürler bileşenlerin detay bilgileri pencerelerine gitmek için kullanılan düğmelerdir. Deney Bileşenleri Penceresi’nde Gözlem Penceresini açan bir düğme bulunur. Deney Bileşenleri Penceresi’nin altında denklem satırları yer almaktadır. Bu satırlara deney ortamının sahip olduğu değişkenlerden faydalananarak istenen denklemler yazılarak programlama ve hesaplama yapılır.

Deney Bileşenleri Penceresi farenin tuşu basılı tutularak yukarı ve aşağı sürükleme yoluyla hareket ettirilir. Bu yolla görüntüye girmeyen kısımlar görünen bölgelere taşınır.

i. Bileşen Detay Bilgilerine Ulaşım

Deney Bileşenleri Penceresi’nde yer alan bileşen figürlerine fare ile

basılarak bir bileşenin detay penceresini açmak mümkündür. Bileşen detay penceresinden geri dönüş Deney Bileşenleri Penceresi düğmesi ile yapılabilmektedir.

ii. Denklem Satırları ve Programlama

Denklem satırları, Deney Bileşenleri Penceresi'nde ve bazı bileşenlerin detay pencelerinde yer alır. Denklem satırları, tüm simülasyon süreci boyunca yukarıdan aşağı doğru hesaplanır. Bu hesaplama sürekli bir döngü şeklinde simülasyon durdurulana kadar devam eder. Döngü bir saniye içinde bilgisayarın hızına bağlı olarak onlarca defa döner. Her dönüşte sistem, bir denklem satırı üzerinden bir defa geçer. Bu döngü ile değişkenlerin değerleri sürekli olarak değiştirilerek programlama yapılabilir.

Denklemlerde deney ortamının sahip olduğu değişkenler ve sabit sayılar kullanılır. Deney ortamı, barındırdığı tüm bileşenlerin taşıdığı değişkenlere sahiptir. Bunun yanı sıra 30 yedek değişken, satırlarda kullanılmak üzere ayrılmıştır. Yedek değişkenler şunlardır: $x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, z_0, z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8$ ve z_9 .

*Örnek denklem satırı:

$x_0=1.5$

Yukarıdaki örnekte, sistemde yer alan yedek değişkenlerden x_0 , 1.5 değerine eşitlenmiştir. Simülasyon süreci akış durumundayken denklem satırı çözülür. Bunun sonucu olarak x_0 değişkeni 1.5 değerini alır.

*Örnek denklem satırı:

1.5

Yukarıdaki örnekte, denklem satırına sadece 1.5 değeri yazılmıştır. Bu durumda denklem satırı ihmal edilir.

*Örnek denklem satırı:

Yukarıdaki örnekte, denklem satırına hiçbir şey yazılmamıştır. Bu durumda denklem satırı ihmal edilir.

*Örnek denklem satırı:

$$x12=1.5$$

Yukarıdaki örnekte, denklem satırında sistemde yer almayan bir değişken kullanılmıştır. Bu durumda denklem satırı ihmal edilir.

*Örnek denklem satırı:

$$x0?1.5$$

Yukarıdaki örnekte, denklem satırında noktalama hatası yapılmıştır. Bu durumda denklem satırı ihmal edilir.

*Örnek denklem satırı:

$$1.5=x0$$

Yukarıdaki örnekte, denklem satırında sabit bir sayının değeri bir değişkene eşitlenmiştir. Bu durumda denklem satırı ihmal edilir.

*Örnek denklem satırı:

$$x0=x0+1$$

Yukarıdaki örnekte, denklem satırında $x0$ değişkeninin değeri $x0+1$ işleminin sonucuna eşitlenmiştir. Programlama olarak bu satır geçerlidir. Örneğin $x0$ 'ın değeri 2 ise denklem satırı çözüldükten sonra $x0$ 'ın değeri 3 olur. Bu denklem satırı simülasyon süreci içinde sürekli olarak çözülür ve $x0$ 'ın değeri her çözümde 1 artar.

*Örnek program:

Kütlelerin hız değişkenlerine denklem satırlarında değerler atandığında, Fiziksel Dünya, bu değerleri simülasyon içinde kullanır. Örneğin m kütlesinin bir hız değişkeni olan mvx , $mvx=1$ şeklinde yazılırsa simülasyon başlatıldığında m kütlesi mvx yönünde sabit hızla hareket eder.

Deney ortamına m kütlesi ve t zaman bileşeni eklenmiştir. m kütlesi m (ağırlık), mx (konum), my (konum), mvx (hız) ve mvy (hız) değişkenlerine sahiptir. t zaman bileşeni ise t isimli değişkende simülasyon sürecindeki zamanı saniye cinsinden tutmaktadır. m kütlesinin hareketi aşağıdaki gibi programlandığı taktirde m kütlesi hareket edecektir.

$$mvx=2*t$$

$$mvy=3$$

Yukarıdaki programa göre m kütlesi simülasyon başlatıldığından itibaren x yönünde hızlanacaktır. Örneğin t=0 anına mvx=0, t=1 anında mvx=2, t=2 anında mvx=4 olacaktır. mvy her zaman 3 olacaktır ve bu hareket Gözlem Penceresinde izlenebilecektir.

*Örnek program:

Fiziksel Dünya, yukarıdaki örnekte geçtiği gibi kütlelerin programlanan hız değişkenlerini simülasyona yansıtır. Aynı şekilde etkileşmelerin uyguladığı kuvvetler de programlandığı taktirde bu değerler simülasyona yansıtılır. Örneğin y adlı bir yay bileşeninin kuvvet değişkenleri olan yfx ve yfy programlandığı taktirde yay, bağlı olduğu bileşenlere bu değerlere eşit [fx, fy] kuvveti uygular.

Deney ortamına m kütlesi, s sabit cismi ve y yayı eklenmiştir. y, m ve s'ye bağlanmıştır. y bileşeninin kuvvet değişkenleri programlanarak m'nin basit harmonik hareket yapması istenmektedir. Bunun yapılabilmesi için m ve s arasındaki uzaklık x ve y bileşenleri olarak bilinmelidir. Bu amaçla c cetvel bileşeni deney ortamına eklenmiş ve uçları s ve m'ye bağlanmıştır. Artık c'nin cx ve cy bileşenleri s ve m arasındaki uzaklıği x ve y bileşenleri olarak ölçmektedir. Buna göre y'nin uygulayacağı kuvvet yay sabiti değişkeni olan yk da kullanılarak programlanabilir.

$$yfx= -yk*cx$$

$$yfy= -yk*cy$$

Yukarıdaki programda y'nin uyguladığı kuvvet x ve y bileşeni olarak yazılmıştır. Bunun sonucu olarak simülasyon başlatılınca m, iki boyutta harmonik hareket yapar. Aynı kuvvet ters yönde s'ye de uygulanır ancak s sabit cisim olduğu için hareket etmez.

y yayı yıl değişkeninde yay uzunluğunu tutar. Bu uzunluk yayın serbest bırakıldığı zamanki uzunluğu anlamına gelir. Bu değişken de göz önünde bulundurularak hareket denklemleri yazılabilir. Bunun için c'nin taşıdığı cr (cetvelin uçları arasındaki uzaklık) değişkeninden yararlanılır.

$$yfx = -yk * (cr - yl) * cx / cr$$

$$yfy = -yk * (cr - yl) * cy / cr$$

Yukarıdaki programa göre m, yayın serbest uzunluğundan etkilenecektir. Bu program fiziksel olarak basit harmonik hareket için yazılmıştır. Denklemler farklı yazıldığından sonuçları da farklı hareketler ve gözlemler doğuracaktır. Örneğin yukarıdaki denklemlerin başında – yerine + olsaydı yay çekme değil itme kuvveti uygulayacaktı. Yaylar ve diğer tüm kuvvet uygulama özelliğine sahip etkileşim bileşenleri, taşıdıkları kavramsal anlamdan farklı davranışa programlanabilirler. Örneğin y, kütle çekim kanununa göre programlanırsa m kütlesi, s etrafında iki odaklı eliptik yörunge çizecektir ve s, odaklardan birinde yer olacaktır. m'nin hareketi Kepler yasalarına uyumlu olacaktır.

$$yfx = -yk / (cr * cr) * cx / cr$$

$$yfy = -yk / (cr * cr) * cy / cr$$

Yukarıdaki programda kütle çekim yasasının, yayın uyguladığı kuvvetler için programı yazılmıştır. $[yk / (cr * cr)]$ ile kuvvetin, uzaklığın karesi ile ters orantılı olması sağlanmıştır.

iii. Kütle Detay Bilgileri

Tüm bileşen detay pencereleri farenin tuşu basılı tutularak yukarı ve aşağı sürükleme yoluyla hareket ettirilir. Bu yolla görüntüye girmeyen kısımlar görünen bölgelere taşınır.

Kütle detay bilgileri kütlenin konumunu, hızını ve ağırlığını içerir. Konum ve hız x ve y olarak iki bileşene ayrılmıştır ve ağırlık da dahil bu değerler ayrı ayrı klavye ve fare aracılığıyla değiştirilebilmektedir. Kütle detay bilgileri bu değerlerin yanı sıra kütleye ait değişkenleri de listeler. Listedeki değişkenlerin isimleri, değerleri, birimleri ve açıklamaları bulunur. Kütle bileşeni konum, hız, ağırlık ve kendisine uygulanan kuvvetleri bu değişkenlerde tutar. Bu değişkenler m kütlesi için mx, my, mvx, mvy, m, mfx ve mfy'dir.

iv. Yay Detay Bilgileri

Tüm etkileşim detay bilgileri gibi yay detay bilgileri, etkileşimin hangi iki bileşen arasında olduğunu gösterir. Bu gösterim, bileşenleri ifade eden grafik figürlerini içerir. Bu figürlere fare tuşu ile basılarak ilgili bileşenin detay bilgilerine ulaşılır.

Yay detay bilgileri, yayın sertlik katsayısı ve yayın serbest uzunluğunun değiştirilmesine olanak sağlar. Yay detay bilgileri, yaya ait değişkenleri listeler. y için bu değişkenler y (serbest uzunluk), yk (sertlik katsayısı), yfx (gerilim kuvveti x bileşeni) ve yfy (gerilim kuvveti y bileşeni).

v. Yerçekimi Detay Bilgileri

Yerçekimi detay bilgileri, yerçekimi ivmesinin değiştirilebilmesi için bir yazı alanı sunar. Yazı alanı üzerine fare ile bir kere basıldığında klavye aracılığıyla yerçekimi ivmesi değiştirilebilir. Ayrıca yerçekimi detayları bu bileşenin sahip olduğu değişkenlerin tablosunu sunar. g yerçekimi bileşeni g , gfx ve gfy değişkenlerine sahiptir.

vi. Cetvel Detay Bilgileri

Cetvel detay bilgileri aynı etkileşim detay bilgileri gibi bağlı olduğu uçlarındaki bileşenlerin figürlerini gösterir. Bu figürlere fare ile basılarak figürün temsil ettiği bileşenlerin detay bilgilerine ulaşılır. Cetvelin uçlarının ikisi de boş ise hiçbir figür gösterilmezken tek ucu bağlı olduğunda bağlı olduğu bileşen figürü gösterilir. Cetvel, sahip olduğu değişkenleri tabloda gösterir. c cetveli cx , cy ve cr değişkenlerine sahiptir. cr , cx ve cy 'nin hipotenüsüne eşittir. Bu değerlere bakılarak istenen uzaklık ölçümleri yapılabilir, programlamada ve grafik çizmede kullanılabilir.

vii. Hız Ölçümü Detay Bilgileri

Hız ölçümü detay bilgileri cetvel detay bilgileri ile benzer özellikler gösterir. Uçlardan biri boş bırakılmış ve diğer uç bir kütleye bağlı ise bileşenin tabloda sunduğu değerlerden kütlenin uzaydaki mutlak hızı okunur. Bu kütle hız ölçümünün işaretsiz ucuna bağlı ise hızın x ve y bileşenleri ters işaretli okunur. Uçların ikisi de birer kütleye bağlı ise işaretli uçtaki kütlenin diğer kütleye göreceli hızı okunur.

viii. İvme Ölçümü Detay Bilgileri

İvme ölçümü detay bilgileri, hız ölçümü detay bilgileri ile aynı özelliklerini gösterir.

ix. Grafik Detay Bilgileri

Grafik detay bilgileri, grafik bileşeninin topladığı verileri iki eksenli grafik üzerine çizilmiş olarak gösterir. Aynı çizim deney ortamında koordinat eksenleri üzerine de simülasyon esnasında yansıtılır.

1. Grafik Eksenlerinin Denklem Olarak Yazılması

Grafik detay bilgileri, çizilecek grafiğin noktalarının x ve y bileşenlerinin neler olacağına belirlenmesi için iki denklem satırı sunar.

Örnek:

Aşağıda gr isimli bir grafik bileşeninin sunduğu iki denklem satırı gösterilmektedir. Bu satırlarda gr grafik bileşeninin [grx, gry] adlı noktası belirtilmiştir. Bu noktanın x ve y bileşenleri simülasyonun her döngüsünde grafik içine veri olarak kayıt edilir ve simülasyon süreci boyunca oluşan verilerden grafik çizimi oluşturulur. Aşağıdaki durumda orijine ([0, 0] noktasına) kayıt alınır ve sadece bir nokta çizilir.

grx=0

gry=0

Yukarıdaki denklem satırlarına istenen denklemler yazılarak istenilen grafikler elde edilebilir. Örneğin deney ortamında t zaman bileşeni ve m kütlesi varsa ve denklemler aşağıdaki gibi yazılırsa m'nin x yönündeki hız – zaman grafiği elde edilir.

grx=t

gry=mvx

Dikkat edilecek olursa t değişkeni zaman bileşenine olan ve simülasyon

zamanına karşılık gelen değişken, mvx ise m 'nin x yönündeki hızıdır. Eğer hız – zaman grafiği sadece x yönü için değil, m 'nin uzaydaki mutlak hızına karşı zaman olarak alınmak istenseydi, deney ortamına hız ölçümü eklenmeliydi. Örneğin v hız ölçüm bileşeninin bir ucu m 'ye bağlanırsa v vileşeni vr değişkeninde m 'nin hızını tutar ve denklemler aşağıdaki gibi yazılırdı.

$grx=t$

$gry=vr$

2. Grafik Görüntü Düğmeleri

Grafik detayları bilgileri, grafiklerin ekran'a siğmadığı durumlar ve detaylı incelemeler için birkaç araç sunar. Bunlar, grafik kaydırma düğmeleri, görüntü büyütme ve küçültme düğmeleri, çerçevele düğmesi ve temizle düğmesidir. Grafik kaydırma düğmesi tüm koordinat eksenini üzerinde çizilmiş olan grafikle birlikte sağa, sola, yukarı ve aşağı hareket ettirir. Büyütme ve küçültme düğmeleri grafiğin daha detaylı incelenmesi için grafik çizimini görüntüde büyütür veya küçültürler. Çerçevele düğmesi çizilen grafiği görünen alan içine yerleştirir. Temizle düğmesi grafik bileşeninin tuttuğu tüm verileri siler.

3. Grafik Üzerine İşaret Koyma

Grafikler üzerine işaret koyularak inceleme yapılabilir. Bu işaretler fare ile istenen noktaya basılarak yapılır. İşaretler bulundukları noktanın koordinatlarını x ve y bileşenleri olarak ekran'a yazar. Aynı anda üç işaret koyulabilir. Bunlardan ikisi mavi biri kırmızı renktedir. Sistem, işaret sayısı üçü geçtiğinde kırmızı renkli işareti siler ve toplam işaret sayısını üçle sınırlar.

- Çizim Detaylarının Değiştirilmesi

Gözlem Penceresi üzerindeki “İsimler” düğmesi, deney ortamındaki bileşenlerin isimlerinin ekran'a yazılmasını kapatmak ve açmak için kullanılır. Aynı zamanda bu düğme ile kütlevlere uygulanan kuvvetlerin çizimleri ve deney ortamındaki grafiklerin koordinat eksenlerine çizilip çizilmeyeceği de ayarlanabilir. Karmaşık düzeneklerde görüntünün kalabalık görünmemesi için ya da iki grafiğin üst üste karşılaşmasında “İsimler” düğmesinden yararlanılır.

- Nesne Seçme ve Silme

Deney ortamındaki bir nesnenin üzerine fare ile basıldığından bir nesne

seçilmiş olur. Seçilen nesne Gözlem Penceresi üzerindeki “Sil” düğmesi kullanılarak deney ortamından atılır. Hiza ve kütle durdurma araçları olan, “#” işaretli ve “v=0” yazılı düğmeler, seçili bileşene etki ederler. Örneğin m kütlesi seçilmiş ise “v=0” düğmesine basılıncaya hızı sıfıra eşitlenir. Bileşenleri seçmenin bir diğer yolu ise Deney Bileşenleri Penceresi’nde bileşen figürüne basılmasıdır. Bileşen figürüne basıldıktan sonra Gözlem Penceresi’ne dönüldüğünde, basılan bileşen seçilmiş olacaktır. Bu işlem, görüntüde üst üste gelen bileşenlerden birisi seçilmekte zorluk çekiliyorsa veya istenen bileşen gözlem alanının dışına çıkmışsa kullanılır.

- Deney Hazırlamada Yardımcı Araçlar

- i. Hiza Araçları

Gözlem Penceresi’nde “#” ve “###” işaretli düğmeler vardır. Bu işaretler bileşenlerin konumlarını tam değerlere dönüştürür. #, seçili olan bileşene, ### ise ortamdaki tüm bileşenlere etki eder. Bu düğmeler ile konumları daha kolay akılda kalacak deney düzenekleri hazırlanabilir.

- ii. Kütle Durdurma Araçları

Gözlem Penceresi’nde “v=0” ve “v1=v2=v3=0” yazılı düğmeler vardır. Bu düğmeler kütlelerin hızlarını sıfıra eşitlemeye kullanılırlar. “v=0”, seçili olan kütlenin, “v1=v2=v3=0” ise ortamdaki tüm kütlelerin hızlarının sıfıra eşitler. Bu düğmeler hem simülasyon süreci içinde hem de simülasyon durdurulduğunda kullanılabilirler.

- Simülasyon Çalıştırma Düğmeleri

- i. Başla Düğmesi

Gözlem Penceresi’nde Başla düğmesi bulunur. Başla düğmesi, simülasyon sürecinin başlatılması için kullanılır. Simülasyon sürecinin başlatılması ile birlikte sistem bir döngü yaratır ve bu döngü içinde deney ortamında yer alan bileşenlerin hareket denklemelerini çözer. Bunun sonucu olarak animasyonlar gerçekleşir. Simülasyon sürecinin çalışmakta olduğu, deney ortamının sol üst köşesinde bulunan zaman göstergesinden anlaşılır.

- ii. Dur Düğmesi

Dur düğmesi, Başla düğmesinin yanında bulunur ve simülasyonun durdurulması için kullanılır. Simülasyon durdurulduğunda zaman göstergesi simülasyonun durdurulduğu anı saniye olarak gösterir.

iii. 100 Milisaniye Düğmesi

100 Milisaniye düğmesi, Dur düğmesinin yanında bulunur ve üzerinde “!” işaretti vardır. Düğme, simülasyonun 100 milisaniye boyunca çalıştırılıp daha sonra otomatik olarak durdurulması için kullanılır. Bu düğme ile daha net gözlemler yapılabilir ve çok parçacıklı sistemler daha anlaşılır biçimde incelenebilir.

iv. Kayıt Düğmesi

Kayıt düğmesi, 100 Milisaniye düğmesinin yanında bulunur. Bu düğmeye basıldığında simülasyon süreci durdurulur, simülasyon zamanı sıfıra eşitlenir ve durdurulan anda deney ortamı kaydedilir. “Son Kayıt” düğmesine basıldığında deney ortamı kayıt edildiği ana döndürülür. Bu yolla aynı hareketler defalarca izlenebilir.

v. Son Kayıt Düğmesi

Son Kayıt düğmesi, Kayıt düğmesinin yanında bulunur ve bu düğmeye basıldığında deney ortamı son kayıt edildiği duruma geri döner. Eğer hiç kayıt yapılmamışsa Son Kayıt düğmesi bir işlem yapmaz.

- Simülasyonun Çalıştırılması ve Gözlem Yapılması

Fiziksel Dünya, deney ortamında gözlem yapılması için animasyonlar, çizimler ve grafikler sunar.

i. Kütle İzleri

Kütleler deney ortamında geçtikleri yollar üzerine izler bırakırlar. Bu izler çizgi şeklindedir ve üzerinde 100 milisaniye aralıklarla bırakılmış belirgin noktalar vardır.

ii. Kütlelerin Kuvvet Okları

Her kütleye belli bir anda uygulanan net kuvvet vektör olarak çizilir. Bu vektör uygulandığı kütlenin hemen yanına çizilir. Kuvvet vektörlerinin tümü aynı oranla çarpılarak ekrana getirilir. Bu büyülü koordinat eksenlerinde bir birim görünüyorsa bu, kuvvetin 1 N olduğu anlamına gelmez.

iii. Kayıt Alma

Gözlem yaparken Kayıt düğmesinin sıkça kullanılması gereklidir. Belli bir

deney düzeneği oluşturulduğunda simülasyon başlatılmadan önce Kayıt düğmesine basılarak aynı gözlemlerin tekrar yapılmasına imkan sağlanır. Son Kayıt düğmesi kullanılarak gözlemler tekrarlanabilir ya da deney düzeneğinde unutulan ve ancak simülasyon başladıkten sonra fark edilen eksikler tamamlanabilir.

iv. Ölçüm Araçlarının Kullanımı

1. Cetvelin Kullanımı

Gözlemler yapılırken sayısal değerler, ölçüm araçları vasıtasıyla izlenir. Cetvel, iki nokta veya iki bileşen arasındaki uzaklığın gözlenmesinde kullanılır. Simülasyon süreci durdurulduğunda cetvel detayları bilgilerinden cetvelin uçları arasındaki uzaklık öğrenilebilir.

2. Hız ve İvme Ölçümleri'nin Kullanımı

Hız ve ivme ölçümleri, cetvel gibi çalışırlar. Bileşen detayları pencerelerinden ilgili hızlar ve ivmeler x ve y bileşenleri olarak veya mutlak büyüklükler cinsinden öğrenilebilir.

3. Grafik Oluşturma

Gözlem yapılırken, grafikler detaylı incelemeler için uygun araçlardır. Grafik oluşturulması için deney ortamına grafik bileşenleri yerleştirilir. Her grafik bileşeni simülasyon süreci boyunca belirlenen [x, y] verilerini kaydeder ve bu verileri çizime dönüştürür. [x, y] noktası grafik detay bilgilerinde denklem olarak yazılabilir ve deney ortamında yer alan tüm değişkenlerden istediği şekilde yararlanılarak istenen grafikler oluşturulur.

4. Grafik Karşılaştırma

Deney ortamında yer alan grafikler koordinat eksenleri üzerine çizilirler. Gözlem penceresinde bulunan “İsimler” düğmesi kullanılarak aynı görüntüde iki grafiğin çizilmesi sağlanır ve karşılaştırma yapılabilir.

APPENDIX H

Physical World User Manual for Studying by Observation

Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalışma Kılavuzu

Başlamadan Önce: Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalışma Kılavuzu'ndan yararlanması için Fiziksel Dünya Görsel Bileşenleri Kılavuzu'nun okunmuş olması gerekmektedir.

Gözlemleyerek Çalışma Kılavuzu'nda aşağıdaki deney düzeneklerinin kurulması ve gözlemlenmesi anlatılmaktadır.

Deney Düzenekleri:

1. İki Sabit Cisme Bağlı Yayın Sabit Cisimlere Uyguladığı Kuvvetler
2. Sabit Hızla Giden Kütle
3. Basit Harmonik Hareket ve Grafiklerin Oluşturulması

Yukarıdaki düzenekler kurulduğunda, kullanıcı, sistemde yer alan temel fonksiyonların tamamını kullanmış olacaktır.

Deney Düzenekleri:

1. İki Sabit Cisme Bağlı Yayın Sabit Cisimlere Uyguladığı Kuvvetler

Kazanılacak Beceriler:

- Fiziksel Dünya Programı'ni çalıştırırmak
- Deney ortamına deney bileşenleri eklemek
- Sabit cisimleri konumlandırmak
- Yayların uçlarını bağlamak
- Deney Bileşenleri Penceresi ile Gözlem Penceresi arasında geçişler yapmak
- Deney Bileşenleri Penceresi'nden istenen bileşenin detay penceresine ulaşmak
- Bileşen detay penceresinden Deney Bileşenleri Penceresi'ne gitmek
- Simülasyonu başlatmak, durdurmak, duraksatarak çalıştırırmak
- Simülasyonda kayıt almak ve son kayda dönmek
- Simülasyon süreci içinde sabit cisimleri konumlandırmak

- Simülasyon süreci içinde sabit cisimlere uygulanan kuvvetleri gözlelemek
- Yay detay penceresinden yay özelliklerini değiştirmek
- Sabit cisim detay penceresinden sabit cismi konumlandırmak
- Yayın sabit cisimlere uyguladığı kuvvetlerin tam değerini yay detayları penceresi ve sabit cisim detayları pencerelarından okumak

Amaç:

Uçlarına sabit cisimler bağlı bir yayın, sabit cisimlere uyguladığı kuvvetlerin gözlemlenmesi ve Fiziksel Dünya'daki temel fonksiyonların öğrenilmesi.

Prosedür:

1. Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalış Programı'ni çalıştır.
2. Deney bileşenleri menüsü üzerinde farenin tuşunu basılı tut ve fareyi yukarı aşağı kaydır. Bu hareket ile Deney bileşenleri menüsü kaydırılmış olur.
3. Deney bileşenleri menüsü üzerindeki "Sabit cisim" bileşenine fare ile tıkla. Bu hareket ile deney ortamına bir sabit cisim eklenmiş olur.
4. Deney ortamında beliren sabit cisim üzerine fare imlecini getir. Farenin tuşunu basılı tutarak fareyi hareket ettir. Bu hareket ile sabit cisim istenen yere konumlandırılmış olur.
5. Deney bileşenleri menüsü üzerindeki "Yay" bileşenine fare ile tıkla. Bu hareket ile deney ortamına bir yay eklenmiş olur.
6. Yayın uçlarından biri üzerine fare imlecini getir. Farenin tuşunu basılı tutarak ucu sabit cismin üzerine taşı ve farenin tuşunu bırak. Bu hareket ile yayın bir ucu sabit cisime bağlanmış olur.
7. Deney ortamına (bkz. 3.) bir sabit cisim daha ekle ve yayın bağlanmamış ucunu buna bağla (bkz. 6).
8. Başla düğmesine bas. Bu hareket ile simülasyon başlatılmış olur.
9. Simülasyon zamanının aktığını gözleme.
10. Dur düğmesine bas ve simülasyon zamanının durduğunu gözleme.
11. "!" Düğmesine bas ve simülasyon zamanının 0.1'in tam katlarında kendiliğinden durduğunu gözleme. Bu hareket ile simülasyon sürekli durdurularak gözlemlenir. Bu hareketi 5 – 10 defa tekrarla ve simülasyon zamanının nasıl başlayıp durduğunu gözleme.
12. Simülasyonu başlat (bkz. 8.) ve sabit cisimlerden bir tanesini deney ortamında sürekli olarak hareket ettir (bkz. 4.). Bu hareket esnasında cisimlere uygulanan kuvvetleri ifade eden kalın okları gözleme. Yayın doğrultusu ile kuvvetlerin doğrultusunu karşılaştır.
13. Simülasyonu durdur (bkz. 10.).

14. Sabit cisimlerden birini orijine yakın çok bir yere taşı. "#" düğmesine bas. Bu hareket ile sabit cisim tam orijin üzerine konumlandırılmış olur.
15. Sabit cisimlerden diğerini (tam orijinde bulunmayanı), orijinde bulunanın bir birim (1 metre) sağ tarafına doğru aynı yatay hızda yerleştir ($x = 1$, $y = 0$ noktasına yakın bir yere yerleştir). "#" düğmesine bas. Bu hareket ile sabit cisim tam $x = 1$, $y = 0$ noktası üzerine konumlandırılmış olur.
16. Simülasyonu başlat ve kuvvet oklarının çizilmediğini gözleme. Bunun sebebi burada kullanılan yayın serbest uzunluğunun tam 1 metre olmasıdır. Yaylar tam serbest uzunluktayken hiç kuvvet uygulamazlar.
17. Deney Bileşenleri düğmesine bas. Bu hareket ile Deney Bileşenleri Penceresi'ne geçilir.
18. Deney Bileşenleri Penceresi'ndeki oklu düğmeye bas. Bu hareket ile Gözlem Penceresine geçilir.
19. Deney Bileşenleri Penceresi'ne geç (bkz. 17.).
20. Deney Bileşenleri Penceresi'nde "Yay" bileşenine bas. Bu hareket ile yay detayları penceresi açılmış olur. Bu pencerenin başlığında "Etkileşim Bilgileri" yazmaktadır.
21. Yay detay penceresinde oklu düğmeye bas. Bu hareket ile Deney Bileşenleri Penceresi'ne geçilir.
22. Yay detayları penceresini aç (bkz. 20.).
23. Yay uzunluğu değerini değiştirmek için bu değerin üzerine fare ile tıkla. Klavyenin "Delete" ve rakam tuşları ve ok tuşlarını kullanarak 2 değerini yaz. Bu işlem ile yayın serbest uzunluğu 2 metre olarak ayarlanmış olur.
24. Gözlem Penceresi'ne dön (bkz. 21. ve 18.).
25. Simülasyonu başlat ve kuvvet oklarının belirdiğini gözleme.
26. Simülasyonu durdur. $x = 1$, $y = 0$ noktasında bulunan sabit cismi tam $x = 2$, $y = 0$ noktasına getir (bkz. 15.).
27. Simülasyonu başlat ve kuvvet oklarının çizilmediğini gözleme.
28. Kayıt düğmesine bas. Bu hareket ile deney ortamının o anki durumu kaydedilmiş olur. Ayrıca bu hareket sonucunda simülasyon zamanı sıfırlanır ve simülasyon süreci durdurulur.
29. Sabit cisimlerden birini başka bir noktaya taşı.
30. "Son kayıt" düğmesine bas ve deney ortamının kayıt yapılan andaki durumuna döndüğünü gözleme.
31. Deney Bileşenleri Penceresi'ne geç (bkz. 17.) ve buradaki sabit cisim düğmelerinden bir tanesine bas. Bu hareket ile sabit cismin detay penceresi açılmış olur. Bu pencerenin başlığında "Bileşen Bilgileri" yazmaktadır.
32. Sabit cisim detay penceresinde konum değerlerini değiştir (bkz. 23.).

33. Gözlem Penceresine dön (bkz. 21. ve 18.) ve sabit cisimlerden 32.'de konumu değiştirilenin tam bu konuma yerleştiğini gözleme.
34. Simülasyonu başlat ve sabit cisimlere uygulanan kuvvetler sıfır olmayacak şekilde sabit cisimleri konumlandır.
35. Simülasyonu durdur.
36. Yay detayları penceresini aç.
37. Farenin tuşunu yay detayları penceresi üzerinde basılı tutarak fareyi yukarı aşağı hareket ettir. Bu hareket pencerenin görüntüsünün kaydırılması için kullanılır.
38. Yay detayları penceresini kaydırarak “Değişkenler” listesini pencere içine taşı.
39. Listedeki iki kuvvet değişkenini bul, değerlerini oku. Bu değerler yayın uyguladığı kuvvetin x ve y bileşenleridir ve birimi Newton'dur.
40. Sabit cisimlerden bir tanesinin detay penceresini aç ve “Değişkenler” listesinden iki kuvvet değişkenini bul. Bu iki değişken bu sabit cisme uygulanan net kuvvetin x ve y değişkenleridir. Bu değerleri yaydaki kuvvetle karşılaştır. Diğer sabit cisim için de kuvvet değişkenlerine bak. Bunların değerlerini ilk bakılan sabit cisme uygulanan kuvvet değerleriyle karşılaştır.

2. Sabit Hızla Giden Kütle

Kazanılacak Beceriler:

- Deney ortamına kütle eklemek
- Kütlenin hızını kütle detayları penceresinden ayarlamak
- Simülasyonda hareketli kütleleri gözlemelemek ve bıraktıkları izleri yorumlamak
- Kütlelerin hızlarını sıfırlamak
- “!” düğmesini kullanarak kütlelerin hareketlerini detaylı olarak gözlemelemek
- Simülasyon zamanını, kütle hızını ve koordinat düzleminde çizili olan bir birim aralıklı çizgileri kullanarak hareketi yorumlamak
- Hareketli bir düzeneği kaydetmek ve aynı hareketi tekrar izleme işlemini gerçekleştirmek
- Kütle değişkenlerini kütle detayları penceresinden okumak
- Deney Ortamının küçük ya da büyük görüntülenmesi işlemini yapmak
- Deney Ortamını görüntü alanı içinde kaydirmak

Amaç:

Sabit hızla hareket eden bir kütlenin gözlemlenmesi ve Fiziksel Dünya'daki temel fonksiyonlarının öğrenilmesi.

Prosedür:

1. Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalış Programı'ni çalıştır.
2. Deney ortamına bir kütle ekle.
3. Deney Bileşenleri Penceresi'nden kütle detayları penceresini aç.
4. Kütlenin hızını x yönünde 1 m/s olarak ayarla.
5. Gözlem Penceresi'ne dön.
6. Simülasyonu başlat. Kütlenin hareketini gözleme. Kütle görüntüsünden çıkmadan simülasyonu durdur.
7. Kütlenin geçtiği yolda bıraktığı izleri incele. Bu izler üzerinde 0.1 saniye aralıklarla belirgin noktalar bırakılmıştır.
8. Kütle detayları penceresini aç ve "Değişkenler" listesinden hız değişkenlerini oku. Bunlardan x bileşeninin 1 m/s olduğunu ve bunun bizim ayarladığımız değere eşit olduğunu gözleme.
9. Kütle detayları penceresinde "Değişkeler" listesinde konum değişkenlerini oku. Bu değişkenlerin değerlerinin, kütlenin konumuna eşit olduğunu gözleme.
10. Kütle detayları penceresinde "Değişkeler" listesinde kütle değişkenini oku. Bu değişkenin değerinin bu kütlenin ağırlığına eşit olduğunu gözleme.
11. Gözlem Penceresi'ni aç.
12. "v = 0" düğmesine bas. Bu hareket ile kütlenin hızı sıfırlanmış olur.
13. Kütle detayları penceresinden kütlenin hız değişkenlerinin sıfırlandığını gözleme.
14. Gözlem Penceresi'ni aç ve simülasyonu başlat. Kütlenin hareket etmediğini gözleme.
15. Simülasyonu durdur.
16. Kütle detayları penceresinden kütlenin hızını $x = 0, y = 2$ m/s değerlerine ve kütlenin konumunu $x = 0, y = 0$ değerlerine ayarla.
17. Gözlem Penceresi'ni aç ve Kayıt düğmesine bas. Simülasyon zamanının sıfırlandığını gözleme. Bu hareket ile kütlenin o anki konumu ve hızı kaydedilmiş olur. "Son kayıt" düğmesine basılarak bu duruma tekrar gelinebilir.
18. "!" düğmesine bas. Simülasyon zamanı 0.1 olduğunda simülasyon kendiliğinden duracaktır.
19. "!" düğmesine bas ve simülasyonun 0.1 saniye sonra durmasını bekle. Bu işlemi simülasyon zamanı 1 saniye olana kadar sürdür. Bu süreç içinde kütlenin hareketini gözleme.
20. Deney ortamındaki koordinat düzleminde yer alan çizgilerin arasında 1 metre boşluk vardır. 19.'daki süreç, simülasyonda 1 saniye sürmüştür. y yönünde 2 m/s ile hareket eden kütlenin bu süreçte tam 2 metre yol almış olduğunu gözleme.
21. 19.'daki süreçte kütlenin izlediği yolda bıraktığı izler üzerindeki noktaların eşit aralıklarla bırakılmış olduğunu gözleme.

22. "Son kayıt" düğmesine bas ve deneyin bir önceki kayıt durumuna geldiğini gözlemle.
23. Simülasyonu başlat. Bir süre gözlemle ve "Son kayıt" düğmesine bas.
24. Simülasyonu tekrar başlat. Bir süre gözlemle ve kütle görüntüsünden çıkmadan Kayıt düğmesine bas. Bu hareket ile simülasyonun durdurulduğunu gözlemle. Bu hareket ile hem simülasyonun o anki durumu kaydedilmiş olur hem de simülasyon durdurulur.
25. Simülasyonu tekrar başlat. Bir süre sonra "Son kayıt" düğmesine bas ve simülasyonun bir önceki kayıt durumuna geldiğini ve durdurulduğunu gözlemle.
26. Simülasyonu başlat ve kütle görüntüsünden çıkışana kadar bekle. Kütle görüntüsünden çıkışınca simülasyonu durdur.
27. "+ -" düğmesine bas. Deney ortamının küçük ölçekte görüntülendiğini gözlemle.
28. "+ -" düğmesine birkaç defa bas ve görüntüyü gözlemle. Bu işlem ile görüntünün küçük ve büyük ölçek arasında değişmesi sağlanır.
29. Görüntüyü küçük ölçüye ayarla ve kütleyi hareket ettir.
30. Farenin tuşunu Deney Ortamı'nda kütlenin üzeri haricinde bir yerde basılı tutarak fareyi hareket ettir. Bu hareket ile Deney Ortamının görüntü alanı içinde kaydırılması sağlanır. Aynı işlemi görüntüyü büyük ölçüye ayarladıkten sonra tekrar et.

3. Basit Harmonik Hareket ve Grafiklerin Oluşturulması

Kazanılacak Beceriler:

- Yayları kütlevlere bağlamak
- Deney Ortamı'na Zaman ve Grafik bileşenlerini eklemek
- Kütlevler için konum – zaman, hız – zaman ve kuvvet zaman grafiklerini oluşturmak
- Grafik bileşeninin denklem satırlarını kullanmak
- Grafikleri, Gözlem Penceresinde incelemek
- Grafikleri, Grafik detayları penceresinde incelemek
- Grafik detayları penceresinde, grafikleri, büyük ve küçük ölçekler kullanarak incelemek
- Grafik detayları penceresinde, grafikleri konumlandırmak
- Grafik detayları penceresinde, grafikler üzerine yardımcı noktalar koymak
- Grafik detayları penceresinde, grafikleri çerçeveye sığdırmak
- Grafik detayları penceresinde, basit harmonik hareket için konum – zaman grafiğinden periyodu bulmak
- Grafik detayları penceresinde, basit harmonik hareket için kuvvet – zaman grafiğinden kuvvetin en yüksek olduğu değeri bulmak

Amaç:

Bir kütleye yay bağlayarak basit harmonik hareket yaptırmak, konum – zaman, hız zaman ve kuvvet – zaman grafiklerini oluşturmak, hareketin periyodunu bulmak ve kuvvetin en yüksek olduğu noktaları bulmak.

Prosedür:

1. Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalış Programı'ni çalıştır.
2. Deney ortamına bir kütleyi tam $x = 3$, $y = 0$ noktasına taşı.
3. Deney ortamına bir sabit cisim ekle.
4. Deney ortamına bir yay ekle ve bir ucunu kütleye diğer ucunu sabit cisme bağla.
5. Yay detayları penceresinden yayın serbest uzunluğunu sıfırla ve yay sabitinin 100 N/m olduğunu gözleme.
6. Deney ortamını Kayıt düğmesi ile kaydet.
7. Simülasyonu başlat ve bir süre gözlem yap. Kütlenin konumunu ve hızını gözleme. Kütleye uygulanan kuvveti gözleme.
8. "Son kayıt" düğmesine bas. Bu hareket ile simülasyon durdurulacak ve Deney ortamı kayıt durumuna dönecektir.
9. Deney ortamına Zaman bileşeni ekle. Bu hareket ile Zaman bileşeni orijinde, sabit cismin üzerinde çıkacaktır. Zaman bileşenini konumlandırmak için önce sabit cismi kenara taşımak gerekebilir.
10. Zaman bileşenini herhangi bir yere taşımaya çalış. Zaman bileşeni yerine sabit cisim hareket ettiyse önce sabit cismi kenarda bir yere taşı, sonra Zaman bileşenini $x = 5$, $y = 5$ noktasına taşı.
11. Deney ortamına üç Grafik bileşeni ekle ve bunları sırayla $x = -3$, $y = 4$ noktasına, $x = -2$, $y = 4$ noktasına ve $x = 0$, $y = 4$ noktasına taşı. Bu üç grafiğin üç farklı renkte (mor, sarı ve yeşil) olduğunu gözleme.
12. Sabit cisim tam orijinde değilse onu tam orijine taşı.
13. Zaman detayları penceresini aç ve Zaman bileşeninin, "t" adını aldığı gözleme. "Değişkenler" listesinde t değişkenini bul. Bu değişken bileşenle aynı isimdedir ve değeri simülasyon zamanına eşittir. Bu değişkeni grafiklerde kullanmak mümkündür.
14. Kütle detayları penceresini aç ve kütlenin adının "m" olduğunu gözleme. "Değişkenler" listesinde "mx", "my", "mvx", "mvy", "mfx", "mfy" ve "m" değişkenlerini incele. Bu değişkenler "m" kütlesinin konum, hız, net kuvvet, ve kütle değerlerini taşırlar. Bu değişkenleri grafiklerde kullanmak mümkündür.

15. Deney Bileşenleri Penceresinde bileşenler listesi, deney ortamındaki tüm bileşenleri içerir. Bu bileşenlerin her birine farklı isimler verilmiş olduğunu gözlemle. Bunlardan “gr” adlı grafik bileşeninin, detaylar penceresini aç.
16. Grafik detayları penceresinde, “grx=0” ve “gry=0” yazılı iki satır olduğunu gözlemle. Bu satırlar, “gr” bileşenine ait olan “grx” ve “gry” değişkenlerinin istenen değerlere eşitlenmesi için kullanılırlar. Bu iki değişken eştlendikleri değerleri, simülasyon çalıştığı sürece, (x, y) noktası olarak kaydeder ve grafik bileşeni bu değerleri görüntüler. Böylece istenen grafikler elde edilir.
17. Grafik detayları penceresinde, satırlara “grx=t” ve “gry=mx” yaz. Bunların yazılmasıyla “t” zaman değeri grafiğin x değerine atanmış olur. “m” kütlesinin x konumu olan “mx” ise grafiğin y değerine atanmış olur. Simülasyon çalıştırıldığında bu değerler değişikçe konum – zaman grafiği oluşur.
18. “gr2” adlı grafik bileşeninin detaylar penceresini aç. Grafik detayları penceresindeki satırlarda “gr2x=0” ve “gr2y=0” yazılı olduğunu gözlemle. Bu satırlara “gr2x=t” ve “gr2y=mvx” yaz. Bunların yazılmasıyla, “m” kütlesinin hız – zaman grafiği elde edilecektir.
19. “gr3” adlı grafik bileşeninin detaylar penceresini aç. Grafik detayları penceresindeki satırlarda “gr3x=0” ve “gr3y=0” yazılı olduğunu gözlemle. Bu satırlara “gr3x=t” ve “gr3y=mfx/100” yaz. Bunların yazılmasıyla, “m” kütlesinin kuvvet – zaman grafiği elde edilecektir. “gr3y=mfx/100” satırındaki “/100” ifadesinin kullanılış sebebi, bu grafiğin, “konum – zaman” grafiği ile karşılaşmasını kolaylaştırmaktır. Bu deneydeki koşullarda kuvvet 300 N'luk değerlere ulaşacak fakat konum en çok 3 metre olacaktır. Grafik, “/100” ifadesi sonucunda, kayıtları 100 kat daha küçük alacak ve öyle görüntüleyecektir.
20. Gözlem Penceresi'ni aç. Deney ortamında her bir grafik bileşenine sırayla fare ile tıklayarak, grafiklerin her birini renklerini ve isimlerini gözlemle. Grafikler soldan sağa doğru “gr”, gr2” ve “gr3” sırasıyla dizilmemişlerse bunları sıraya koy. Böylece “konum – zaman”, “hız – zaman” ve “kuvvet – zaman” grafik sırası elde edilmiş olur (bkz. 17., 18. ve 19.).
21. Simülasyonu başlat. Simülasyon zamanı akmaya başladıkten sonra “İsimler” düğmesine arka arkaya iki kere bas. Bu hareket sonucunda tüm grafiklerin aynı anda ekrana çizildiğini gözlemle. “İsimler” düğmesine tekrar bas. Grafiklerin çizilmediğini gözlemle. “İsimler” düğmesine tekrar basarak grafiklerin çizilmesini sağla.
22. Grafikleri ve simülasyonu, simülasyon zamanı olarak 20 saniye boyunca gözlemle ve sonra durdur.
23. Grafiklerin renklerinden ve soldan sağa diziliş sırasından yararlanarak “konum – zaman” grafiği ile “hız – zaman” grafiğini

karşılaştır. Şu anki koşulda x yönü zamanı temsil etmektedir. Konumun en düşük ve yüksek değerleri aldığı anlarda hızın sıfır değerinde olduğunu gözlemler. Aynı şekilde “konum – zaman” grafiği ile “kuvvet – zaman” grafiğini karşılaştır. Konumun kuvvet ile ters işaretli olduğunu gözlemler. Bu gözlemi $F = -k * x$ formülü ile ilişkilendir.

24. “gr” adlı grafik bileşeninin detaylar penceresini aç. Pencere içindeki görüntüyü farenin tuşunu basılı tutarak yukarı kaydır. Pencere içinde çizilmiş olan grafiğin “konum – zaman” grafiği olduğunu gözlemler. Bu grafiği, altında yer alan düğmeler de görüntüye girecek şekilde pencere içinde kaydırarak konumlandır.
25. Grafik detayları penceresinde, grafiğin altındaki düğmelerden “Çerçevele” düğmesine basarak grafiğin çerçeveye alınmasını sağla. “+”, “-”, “Sola”, “Sağa”, “Yukarı” ve “Aşağı” düğmelerini kullanarak grafiği incele.
26. “Çerçevele” düğmesine bas. “konum – zaman” grafiği üzerinde farklı noktalara fare ile birkaç kere tıkla. Her tıklamada konum yazısı ile birlikte bir noktanın çizildiğini gözlemler. Bu noktalar, grafik incelemesinde, yardımcı araç olarak kullanılırlar. Bu noktalardan bir grafik üzerinde en fazla üç tane bulunur. Dördüncü bir tanesi koyulursa noktalardan kırmızı renkte olan silinir.
27. “konum – zaman” grafiği üzerine yardımcı noktalar koyarak periyodu hesapla. Bunun için grafikteki “cosinus”的 sıfırı kestiği ilk noktaya ve üçüncü noktaya (periyodun tamamlandığı noktaya) yardımcı noktalar koy. Bu iki yardımcı noktanın x değerlerinin farkı periyodu verecektir.
28. “gr3” grafik bileşeni detaylar penceresini aç. Bu pencerede “kuvvet – zaman” grafiği yer almıştır. Yardımcı noktaları kullanarak grafikte y yönündeki en yüksek değeri bul. Bu değer kuvvetle doğru orantılıdır. Satırlarda “ $g3y=mfx/100$ ” olarak yazıldığı için yardımcı noktaların verdiği değeri 100 ile çarp ve en yüksek kuvvet değerini bul. Bu değer 300 N'a çok yakın olmalıdır. Çünkü yayın uyguladığı kuvvet $F = -k * x$ tir. k , 100 N/m, x ise kütlenin ilk yerleştirildiği konum olan 3 metredir.

APPENDIX I

Physical World User Manual for Studying by Programming

Fiziksel Dünya Programlayarak Çalışma Kılavuzu

Başlamadan Önce: Fiziksel Dünya Gözlemleyerek Çalışma Kılavuzu'ndan yararlanılması için Fiziksel Dünya Görsel Bileşenleri Kılavuzu'nun okunmuş olması gerekmektedir.

Programlayarak Çalışma Kılavuzu'nda aşağıdaki deney düzeneklerinin kurulması ve gözlemlenmesi anlatılmaktadır.

Deney Düzenekleri:

1. İki Sabit Cisme Bağlı Yayın Sabit Cisimlere Uyguladığı Kuvvetler
2. Sabit Hızla Giden Kütle
3. Basit Harmonik Hareket ve Grafiklerin Oluşturulması

Yukarıdaki düzenekler kurulduğunda, kullanıcı, sistemde yer alan temel fonksiyonların tamamını kullanmış olacaktır.

Deney Düzenekleri:

1. İki Sabit Cisme Bağlı Yayın Sabit Cisimlere Uyguladığı Kuvvetler

Kazanılacak Beceriler:

- Fiziksel Dünya Programı'ni çalıştırırmak
- Deney ortamına deney bileşenleri eklemek
- Sabit cisimleri konumlandırmak
- Yayların uçlarını bağlamak
- Deney Bileşenleri Penceresi ile Gözlem Penceresi arasında geçişler yapmak
- Deney Bileşenleri Penceresi'nden istenen bileşenin detay penceresine ulaşmak
- Bileşen detay penceresinden Deney Bileşenleri Penceresi'ne gitmek
- Simülasyonu başlatmak, durdurmak, duraksatarak çalıştırırmak
- Simülasyonda kayıt almak ve son kayda dönmek
- Simülasyon süreci içinde sabit cisimleri konumlandırmak

- Simülasyon süreci içinde sabit cisimlere uygulanan kuvvetleri gözlelemek
- Yay detay penceresinden yay özelliklerini değiştirmek
- Sabit cisim detay penceresinden sabit cismi konumlandırmak
- Yayın sabit cisimlere uyguladığı kuvvetlerin tam değerini yay detayları penceresi ve sabit cisim detayları pencerelerinden okumak

Amaç:

Uçlarına sabit cisimler bağlı bir yayın, sabit cisimlere uyguladığı kuvvetlerin gözlemlenmesi ve Fiziksel Dünya'daki temel fonksiyonların öğrenilmesi.

Prosedür:

1. Fiziksel Dünya Programlayarak Çalış Programı'ni çalıştır.
2. Deney bileşenleri menüsü üzerinde farenin tuşunu basılı tut ve fareyi yukarı aşağı kaydır. Bu hareket ile Deney bileşenleri menüsü kaydırılmış olur.
3. Deney bileşenleri menüsü üzerindeki "Sabit cisim" bileşenine fare ile tıkla. Bu hareket ile deney ortamına bir sabit cisim eklenmiş olur.
4. Deney ortamında beliren sabit cisim üzerine fare imlecini getir. Farenin tuşunu basılı tutarak fareyi hareket ettir. Bu hareket ile sabit cisim istenen yere konumlandırılmış olur.
5. Deney bileşenleri menüsü üzerindeki "Yay" bileşenine fare ile tıkla. Bu hareket ile deney ortamına bir yay eklenmiş olur.
6. Yayın uçlarından biri üzerine fare imlecini getir. Farenin tuşunu basılı tutarak ucu sabit cismin üzerine taşı ve farenin tuşunu bırak. Bu hareket ile yayın bir ucu sabit cisime bağlanmış olur.
7. Deney ortamına (bkz. 3.) bir sabit cisim daha ekle ve yayın bağlanmamış ucunu buna bağla (bkz. 6).
8. Başla düğmesine bas. Bu hareket ile simülasyon başlatılmış olur.
9. Simülasyon zamanının aktığını gözleme.
10. Dur düğmesine bas ve simülasyon zamanının durduğunu gözleme.
11. "!" Düğmesine bas ve simülasyon zamanının 0.1'in tam katlarında kendiliğinden durduğunu gözleme. Bu hareket ile simülasyon sürekli durdurularak gözlemlenir. Bu hareketi 5 – 10 defa tekrarla ve simülasyon zamanının nasıl başlayıp durduğunu gözleme.
12. Simülasyonu başlat (bkz. 8.) ve sabit cisimlerden bir tanesini deney ortamında sürekli olarak hareket ettir (bkz. 4.). Bu hareket esnasında cisimlere uygulanan kuvvetleri ifade eden kalın okları gözleme. Yayın doğrultusu ile kuvvetlerin doğrultusunu karşılaştır.
13. Simülasyonu durdur (bkz. 10.).

14. Sabit cisimlerden birini orijine yakın çok bir yere taşı. "#" düğmesine bas. Bu hareket ile sabit cisim tam orijin üzerine konumlandırılmış olur.
15. Sabit cisimlerden diğerini (tam orijinde bulunmayanı), orijinde bulunanın bir birim (1 metre) sağ tarafına doğru aynı yatay hızda yerleştir ($x = 1$, $y = 0$ noktasına yakın bir yere yerleştir). "#" düğmesine bas. Bu hareket ile sabit cisim tam $x = 1$, $y = 0$ noktası üzerine konumlandırılmış olur.
16. Simülasyonu başlat ve kuvvet oklarının çizilmediğini gözleme. Bunun sebebi burada kullanılan yayın serbest uzunluğunun tam 1 metre olmasıdır. Yaylar tam serbest uzunluktayken hiç kuvvet uygulamazlar.
17. Deney Bileşenleri düğmesine bas. Bu hareket ile Deney Bileşenleri Penceresi'ne geçilir.
18. Deney Bileşenleri Penceresi'ndeki oklu düğmeye bas. Bu hareket ile Gözlem Penceresine geçilir.
19. Deney Bileşenleri Penceresi'ne geç (bkz. 17.).
20. Deney Bileşenleri Penceresi'nde "Yay" bileşenine bas. Bu hareket ile yay detayları penceresi açılmış olur. Bu pencerenin başlığında "Etkileşim Bilgileri" yazmaktadır.
21. Yay detay penceresinde oklu düğmeye bas. Bu hareket ile Deney Bileşenleri Penceresi'ne geçilir.
22. Yay detayları penceresini aç (bkz. 20.).
23. Yay uzunluğu değerini değiştirmek için bu değerin üzerine fare ile tıkla. Klavyenin "Delete" ve rakam tuşları ve ok tuşlarını kullanarak 2 değerini yaz. Bu işlem ile yayın serbest uzunluğu 2 metre olarak ayarlanmış olur.
24. Gözlem Penceresi'ne dön (bkz. 21. ve 18.).
25. Simülasyonu başlat ve kuvvet oklarının belirdiğini gözleme.
26. Simülasyonu durdur. $x = 1$, $y = 0$ noktasında bulunan sabit cismi tam $x = 2$, $y = 0$ noktasına getir (bkz. 15.).
27. Simülasyonu başlat ve kuvvet oklarının çizilmediğini gözleme.
28. Kayıt düğmesine bas. Bu hareket ile deney ortamının o anki durumu kaydedilmiş olur. Ayrıca bu hareket sonucunda simülasyon zamanı sıfırlanır ve simülasyon süreci durdurulur.
29. Sabit cisimlerden birini başka bir noktaya taşı.
30. "Son kayıt" düğmesine bas ve deney ortamının kayıt yapılan andaki durumuna döndüğünü gözleme.
31. Deney Bileşenleri Penceresi'ne geç (bkz. 17.) ve buradaki sabit cisim düğmelerinden bir tanesine bas. Bu hareket ile sabit cismin detay penceresi açılmış olur. Bu pencerenin başlığında "Bileşen Bilgileri" yazmaktadır.
32. Sabit cisim detay penceresinde konum değerlerini değiştir (bkz. 23.).

33. Gözlem Penceresine dön (bkz. 21. ve 18.) ve sabit cisimlerden 32.'de konumu değiştirilenin tam bu konuma yerleştiğini gözleme.
34. Simülasyonu başlat ve sabit cisimlere uygulanan kuvvetler sıfır olmayacak şekilde sabit cisimleri konumlandır.
35. Simülasyonu durdur.
36. Yay detayları penceresini aç.
37. Farenin tuşunu yay detayları penceresi üzerinde basılı tutarak fareyi yukarı aşağı hareket ettir. Bu hareket pencerenin görüntüsünün kaydırılması için kullanılır.
38. Yay detayları penceresini kaydırarak “Değişkenler” listesini pencere içine taşı.
39. Listedeki iki kuvvet değişkenini bul, değerlerini oku. Bu değerler yayın uyguladığı kuvvetin x ve y bileşenleridir ve birimi Newton'dur.
40. Sabit cisimlerden bir tanesinin detay penceresini aç ve “Değişkenler” listesinden iki kuvvet değişkenini bul. Bu iki değişken bu sabit cisme uygulanan net kuvvetin x ve y değişkenleridir. Bu değerleri yaydaki kuvvetle karşılaştır. Diğer sabit cisim için de kuvvet değişkenlerine bak. Bunların değerlerini ilk bakılan sabit cisme uygulanan kuvvet değerleriyle karşılaştır.

2. Sabit Hızla Giden Kütle

Kazanılacak Beceriler:

- Deney ortamına kütle eklemek
- Kütle değişkenlerini kütle detayları penceresinden okumak
- Kütleye ait değişkenler ile kütlenin ismi arasında ilişki kurmak
- Program satırlarını kullanarak kütlenin hızını belirlemek
- Simülasyonda hareketli küteleri gözlemlerek ve bıraktıkları izleri yorumlamak
- Deney ortamına Zaman bileşeni eklemek
- Program satırlarında yedek değişkenleri kullanmak
- Zaman bileşeni detaylar penceresinden simülasyon zamanını temsil eden değişkeni bulmak ve değiştirmek
- Program satırlarını kullanarak kütlenin konumunu hız ve zamana göre yazmak
- “!” düğmesini kullanarak kütelerin hareketlerini detaylı olarak gözlemelemek
- Simülasyon zamanını, kütle hızını ve koordinat düzleminde çizili olan bir birim aralıklı çizgileri kullanarak hareketi yorumlamak
- Hareketli bir düzeneği kaydetmek ve aynı hareketi tekrar izleme işlemini gerçekleştirmek
- Deney Ortamının küçük ya da büyük görüntülenmesi işlemini yapmak
- Deney Ortamını görüntü alanı içinde kaydirmak

Amaç:

Sabit hızla hareket eden bir kütlenin gözlemlenmesi ve Fiziksel Dünya'daki temel fonksiyonlarının öğrenilmesi.

Prosedür:

1. Fiziksel Dünya Programlayarak Çalış Programı'ni çalıştır.
2. Deney ortamına bir kütle ekle.
3. Deney Bileşenleri Penceresi'nden kütle detayları penceresini aç.
4. Kütle detayları penceresinde kütlenin adının "m" olarak yazıldığını gözleme. Kütlenin, konum, hız ve kütle özelliklerini incele.
5. Kütle detay penceresi üzerinde farenin tuşunu basılı tutarak fareyi yukarı aşağı hareket ettir. Bu hareket ile pencerenin içeriği kaydırılır.
6. Kütle detay penceresi içeriğini yukarı kaydırarak (bkz. 5.) "Değişkenler" listesini görünürlük konuma getir.
7. Kütle detay penceresinde "Değişkenler" listesinde kütlenin konumu, hızını, kütlesini ve kütleye uygulanan kuvveti ifade eden değişkenler olduğunu gözleme. Bu değişkelerin hepsinin isimlerinin "m" harfi yani kütlenin adı ile başladığını gözleme. Bu değişkenler program satırlarında kullanılarak istenen hesaplamalar yapılır.
8. Deney Bileşenleri Penceresi'ne dön ve programlama satırlarından ilkine "mx=-3" yaz. "mx", "m" kütlesinin x konumu değişkenidir. Simülasyon başlatıldığından program satırlarındaki işlemler sırayla yapılır.
9. Gözlem Penceresi'ne dön ve kütleye dikkatlice bakarak simülasyonu başlat. Kütlenin x konumunun -3 değerine geldiğini gözleme. Simülasyon süreci içinde "mx=-3" işlemi sürekli olarak yapılmaktadır ve bu, kütlenin konumunun değişmesi anlamına gelir.
10. Simülasyonu durdur.
11. Deney Bileşenleri Penceresinde "mx=-3" yazılı program satırını sil ve bunun yerine "mx=mx+0.0002" yaz. Bu işlem, mx değerini kendisinin 0.0002 fazlasına eşitler. Simülasyon süreci içinde bu işlem sürekli yapılacak için mx sürekli olarak artar. Kütlenin konumu sürekli değiştiği için hareket ettiği gözlenir.
12. Gözlem Penceresine dön ve simülasyonu başlat.
13. Kütlenin hareketini bir süre gözleme ve simülasyonu durdur.
14. Deney ortamına bir Zaman bileşeni ekle ve bunu $x = 3, y = 3$ noktasına taşı. Zaman bileşeni, simülasyon zamanını bir değişkende tutar.
15. Deney Bileşenleri Penceresi'nden Zaman bileşeni detayları penceresini aç.

16. Zaman bileşeni detayları penceresinde olan t değişkenini, klavyede delete tuşu, rakam tuşları ve oklu tuşları kullanarak sıfıra eşitle.
17. Zaman bileşeni detayları penceresinde, "Değişkenler" listesini incele ve "t" adlı değişkeni listede bul. Bu değişkende simülasyonun bulunduğu an tutulmaktadır.
18. Deney Bileşenleri Penceresi'nde "mx=mx+0.0002" yazılı program satırını sil ve "x0=1" yaz. "x0", sistemde yer alan yedek değişkenlerden biridir. Bu değişkene burada 1 değeri atanmıştır ve bir sonraki adımda hız olarak kullanılacaktır. Sistemde "x0" ile birlikte toplam 30 yedek değişken vardır; x0, x1, x2... x9, y0, y1, y2... y9, z0, z1, z2... ve z9.
19. Deney Bileşenleri Penceresi'nde "x0=2" yazılı satır altına "mx=x0*t" yaz. "t", zaman bileşenine ait olan ve simülasyon zamanının tutulduğu değişkendir. "t" simülasyon süreci boyunca artacaktır çünkü simülasyon zamanı akacaktır. Örnek olarak "t", 1 olduğunda "mx", 2 olacaktır. Yani 1 saniyede "m" kütlesi, 2 birim yol almış olacaktır. Buna göre "x0", kütlenin hızı olarak kabul edilebilir.
20. Gözlem Penceresi'ne dön. Kayıt düğmesine bas. Bu hareket ile deney ortamı kaydedilir ve simülasyon zamanı sıfırlanır.
21. Simülasyonu başlat ve bir süre kütlenin hareketini gözleme.
22. "Son kayıt" düğmesine bas. Simülasyon zamanının sıfırlandığını ve durduğunu gözleme.
23. Simülasyonu tekrar başlat ve bir süre gözlem yaptıktan sonra "Son kayıt" düğmesi ile son kayda dön.
24. Deney Bileşenleri Penceresi'nde program satırlarını sil ve "mvx=1" yaz. "mvx", m kütlesinin x yönündeki hızıdır. Bu işlem ile kütlenin x yönündeki hızı 1 m/s olarak atanır.
25. Simülasyonu başlat. Kütlenin hareketini gözleme. Kütle görüntüsünden çıkmadan simülasyonu durdur.
26. Kütlenin geçtiği yolda bıraktığı izleri incele. Bu izler üzerinde 0.1 saniye aralıklarla belirgin noktalar bırakılmıştır.
27. Kütle detayları penceresini aç ve "Değişkenler" listesinden hız değişkenlerini oku. Bunlardan x bileşeninin 1 m/s olduğunu ve bunun bizim ayarladığımız değere eşit olduğunu gözleme.
28. Kütle detayları penceresinde "Değişkeler" listesinde konum değişkenlerini oku. Bu değişkenlerin değerlerinin, kütlenin konumuna eşit olduğunu gözleme.
29. Kütle detayları penceresinde "Değişkeler" listesinde kütle değişkenini oku. Bu değişkenin değerinin bu kütlenin ağırlığına eşit olduğunu gözleme.
30. Deney Bileşenleri Penceresi'nde "mvx=1" yazılı program satırını sil ve "mvx=2" yaz.
31. Gözlem Penceresi'ni aç, kütleyi orijine taşı ve Kayıt düğmesine bas. Simülasyon zamanının sıfırlandığını gözleme. Bu hareket ile

- kütlenin o anki konumu ve hızı kaydedilmiş olur. "Son kayıt" düğmesine basılarak bu duruma tekrar gelinebilir.
32. "!" düğmesine bas. Simülasyon zamanı 0.1 olduğunda simülasyon kendiliğinden duracaktır.
 33. "!" düğmesine bas ve simülasyonun 0.1 saniye sonra durmasını bekle. Bu işlemi simülasyon zamanı 1 saniye olana kadar sürdür. Bu süreç içinde kütlenin hareketini gözlemle.
 34. Deney ortamındaki koordinat düzleminde yer alan çizgilerin aralarında 1 metre boşluk vardır. 33.'deki süreç, simülasyonda 1 saniye sürmüştür. y yönünde 2 m/s ile hareket eden kütlenin bu süreçte tam 2 metre yol almış olduğunu gözlemle.
 35. 33.'deki süreçte kütlenin izlediği yolda bıraktığı izler üzerindeki noktaların eşit aralıklarla bırakılmış olduğunu gözlemle.
 36. "Son kayıt" düğmesine bas ve deneyin bir önceki kayıt durumuna geldiğini gözlemle.
 37. Simülasyonu başlat. Bir süre gözlemle ve "Son kayıt" düğmesine bas.
 38. Simülasyonu tekrar başlat. Bir süre gözlemle ve kütle görüntüsünden çıkmadan Kayıt düğmesine bas. Bu hareket ile simülasyonun durdurulduğunu gözlemle. Bu hareket ile hem simülasyonunun o anki durumu kaydedilmiş olur hem de simülasyon durdurulur.
 39. Simülasyonu tekrar başlat. Bir süre sonra "Son kayıt" düğmesine bas ve simülasyonun bir önceki kayıt durumuna geldiğini ve durdurulduğunu gözlemle.
 40. Simülasyonu başlat ve kütle görüntüsünden çıkışana kadar bekle. Kütle görüntüsünden çıkışına simülasyonu durdur.
 41. "+ -" düğmesine bas. Deney ortamının küçük ölçekte görüntülendiğini gözlemle.
 42. "+ -" düğmesine birkaç defa bas ve görüntüyü gözlemle. Bu işlem ile görüntünün küçük ve büyük ölçük arasında değişmesi sağlanır.
 43. Görüntüyü küçük ölçüye ayarla ve kütleyi hareket ettir.
 44. Farenin tuşunu Deney Ortamı'nda kütlenin üzeri haricinde bir yerde basılı tutarak fareyi hareket ettir. Bu hareket ile Deney Ortamının görüntü alanı içinde kaydırılması sağlanır. Aynı işlemi görüntüyü büyük ölçüye ayarladıkten sonra tekrar et.

3. Basit Harmonik Hareket ve Grafiklerin Oluşturulması

Kazanılacak Beceriler:

- Deney Ortamı'na Zaman ve Grafik bileşenlerini eklemek
- Kütleye uygulanan kuvvetleri program satırlarında yazmak
- Kütleler için konum – zaman, hız – zaman ve kuvvet zaman grafiklerini oluşturmak
- Grafik bileşeninin denklem satırlarını kullanmak

- Grafikleri, Gözlem Penceresinde incelemek
- Grafikleri, Grafik detayları penceresinde incelemek
- Grafik detayları penceresinde, grafikleri, büyük ve küçük ölçekler kullanarak incelemek
- Grafik detayları penceresinde, grafikleri konumlandırmak
- Grafik detayları penceresinde, grafikler üzerine yardımcı noktalar koymak
- Grafik detayları penceresinde, grafikleri çerçeveye sığdırmak
- Grafik detayları penceresinde, basit harmonik hareket için konum – zaman grafiğinden periyodu bulmak
- Grafik detayları penceresinde, basit harmonik hareket için kuvvet – zaman grafiğinden kuvvetin en yüksek olduğu değeri bulmak

Amaç:

Bir kütleye yay bağlayarak basit harmonik hareket yaptırmak, konum – zaman, hız zaman ve kuvvet – zaman grafiklerini oluşturmak, hareketin periyodunu bulmak ve kuvvetin en yüksek olduğu noktaları bulmak.

Prosedür:

1. Fiziksel Dünya Programlayarak Çalış Programı’nı çalıştır.
2. Deney ortamına bir kütle ekle ve kütleyi tam $x = 3$, $y = 0$ noktasına taşı.
3. Deney ortamını Kayıt düğmesi ile kaydet.
4. Simülasyonu başlat ve kütlenin hareket etmediğini gözlemle.
5. Simülasyonu durdur.
6. Deney Bileşenleri Penceresi’nde program satırlarından ilkine “mfx=-100*mx” yaz. “mfx”, m kütlesine x yönünde uygulanan net kuvvetdir. Bu satır ile kütleye, konumunun tersi yönde ve 100 katı kadar kuvvet etki edecektir. Bu formül ile “F=-k*x” formülü (harmonik salınım formülü) arasındaki ilişkiyi incele.
7. Simülasyonu başlat ve bir süre gözlem yap. Kütlenin konumunu ve hızını gözlemle. Kütleye uygulanan kuvveti gözlemle.
8. Deney ortamına Zaman bileşeni ekle.
9. Deney ortamına üç Grafik bileşeni ekle ve bunları sırayla $x = -4$, $y = 4$ noktasına, $x = -2$, $y = 4$ noktasına ve $x = 0$, $y = 4$ noktasına taşı. Bu üç grafiğin üç farklı renkte (mor, sarı ve yeşil) olduğunu gözlemle.
10. Zaman detayları penceresini aç ve Zaman bileşeninin, “t” adını aldığına gözlemle. “Değişkenler” listesinde t değişkenini bul. Bu değişken bileşenle aynı isimdedir ve değeri simülasyon zamanına eşittir. Bu değişkeni grafiklerde ve program satırlarında kullanmak mümkündür.

11. Deney Bileşenleri Penceresinde bileşenler listesi, deney ortamındaki tüm bileşenleri içerir. Bu bileşenlerin her birine farklı isimler verilmiş olduğunu gözlemle. Bunlardan “gr” adlı grafik bileşeninin, detaylar penceresini aç.
12. Grafik detayları penceresinde, “grx=0” ve “gry=0” yazılı iki satır olduğunu gözlemle. Bu satırlar, “gr” bileşenine ait olan “grx” ve “gry” değişkenlerinin istenen değerlere eşitlenmesi için kullanılırlar. Bu iki değişken eştlendikleri değerleri, simülasyon çalıştığı sürece, (x, y) noktası olarak kaydeder ve grafik bileşeni bu değerleri görüntüler. Böylece istenen grafikler elde edilir.
13. Grafik detayları penceresinde, satırlara “grx=t” ve “gry=mx” yaz. Bunların yazılmasıyla “t” zaman değeri grafiğin x değerine atanmış olur. “m” kütlesinin x konumu olan “mx” ise grafiğin y değerine atanmış olur. Simülasyon çalıştırıldığında bu değerler değişikçe konum – zaman grafiği oluşur.
14. “gr2” adlı grafik bileşeninin detaylar penceresini aç. Grafik detayları penceresindeki satırlarda “gr2x=0” ve “gr2y=0” yazılı olduğunu gözlemle. Bu satırlara “gr2x=t” ve “gr2y=mvx” yaz. Bunların yazılmasıyla, “m” kütlesinin hız – zaman grafiği elde edilecektir.
15. “gr3” adlı grafik bileşeninin detaylar penceresini aç. Grafik detayları penceresindeki satırlarda “gr3x=0” ve “gr3y=0” yazılı olduğunu gözlemle. Bu satırlara “gr3x=t” ve “gr3y=mfx/100” yaz. Bunların yazılmasıyla, “m” kütlesinin kuvvet – zaman grafiği elde edilecektir. “gr3y=mfx/100” satırındaki “/100” ifadesinin kullanılış sebebi, bu grafiğin, “konum – zaman” grafiği ile karşılaşmasını kolaylaştırmaktır. Bu deneydeki koşullarda kuvvet 300 N'luk değerlere ulaşacak fakat konum en çok 3 metre olacaktır. Grafik, “/100” ifadesi sonucunda, kayıtları 100 kat daha küçük alacak ve öyle görüntüleyecektir.
16. Gözlem Penceresi'ni aç. Deney ortamında her bir grafik bileşenine sırayla fare ile tıklayarak, grafiklerin her birini renklerini ve isimlerini gözlemle. Grafikler soldan sağa doğru “gr”, gr2” ve “gr3” sırasıyla dizilmemişlerse bunları sıraya koy. Böylece “konum – zaman”, “hız – zaman” ve “kuvvet – zaman” grafik sırası elde edilmiş olur (bkz. 13., 14. ve 15.).
17. Simülasyonu başlat. Simülasyon zamanı akmaya başladıkten sonra “İsimler” düğmesine arka arkaya iki kere bas. Bu hareket sonucunda tüm grafiklerin aynı anda ekrana çizildiğini gözlemle. “İsimler” düğmesine tekrar bas. Grafiklerin çizilmediğini gözlemle. “İsimler” düğmesine tekrar basarak grafiklerin çizilmesini sağla.
18. Grafikleri ve simülasyonu, simülasyon zamanı olarak 20 saniye boyunca gözlemle ve sonra durdur.
19. Grafiklerin renklerinden ve soldan sağa diziliş sırasından yararlanarak “konum – zaman” grafiği ile “hız – zaman” grafiğini

karşılaştır. Şu anki koşulda x yönü zamanı temsil etmektedir. Konumun en düşük ve yüksek değerleri aldığı anlarda hızın sıfır değerinde olduğunu gözlemler. Aynı şekilde “konum – zaman” grafiği ile “kuvvet – zaman” grafiğini karşılaştır. Konumun kuvvet ile ters işaretli olduğunu gözlemler. Bu gözlemi $F = -k * x$ formülü ile ilişkilendir.

20. “gr” adlı grafik bileşeninin detaylar penceresini aç. Pencere içindeki görüntüyü farenin tuşunu basılı tutarak yukarı kaydır. Pencere içinde çizilmiş olan grafiğin “konum – zaman” grafiği olduğunu gözlemler. Bu grafiği, altında yer alan düğmeler de görüntüye girecek şekilde pencere içinde kaydırarak konumlandır.
21. Grafik detayları penceresinde, grafiğin altındaki düğmelerden “Çerçevele” düğmesine basarak grafiğin çerçeveye alınmasını sağla. “+”, “-”, “Sola”, “Sağa”, “Yukarı” ve “Aşağı” düğmelerini kullanarak grafiği incele.
22. “Çerçevele” düğmesine bas. “konum – zaman” grafiği üzerinde farklı noktalara fare ile birkaç kere tıkla. Her tıklamada konum yazısı ile birlikte bir noktanın çizildiğini gözlemler. Bu noktalar, grafik incelemesinde, yardımcı araç olarak kullanılırlar. Bu noktalardan bir grafik üzerinde en fazla üç tane bulunur. Dördüncü bir tanesi koyulursa noktalardan kırmızı renkte olan silinir.
23. “konum – zaman” grafiği üzerine yardımcı noktalar koyarak periyodu hesapla. Bunun için grafikteki “cosinüs”ün sıfırı kestiği ilk noktaya ve üçüncü noktaya (periyodun tamamlandığı noktaya) yardımcı noktalar koy. Bu iki yardımcı noktanın x değerlerinin farkı periyodu verecektir.
24. “gr3” grafik bileşeni detaylar penceresini aç. Bu pencerede “kuvvet – zaman” grafiği yer almıştır. Yardımcı noktaları kullanarak grafikte y yönündeki en yüksek değeri bul. Bu değer kuvvetle doğru orantılıdır. Satırlarda “ $g3y=mfx/100$ ” olarak yazıldığı için yardımcı noktaların verdiği değeri 100 ile çarp ve en yüksek kuvvet değerini bul. Bu değer 300 N'a çok yakın olmalıdır. Çünkü yayın uyguladığı kuvvet $F = -k * x$ tir. k , 100 N/m (bkz. 6.), x ise kütlenin ilk yerleştirildiği konum olan 3 metredir.