

DEVELOPING A THREE-TIER TEST TO ASSESS HIGH SCHOOL
STUDENTS' MISCONCEPTIONS CONCERNING FORCE AND MOTION

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

BY

FATMA TÜRKER

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN
SECONDARY SCHOOL SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION

DECEMBER 2005

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 Mater of Science

Prof. Dr. Ömer GEBAN
Head of Department

This is to certify that we have read this thesis and that in our opinion 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

Assoc. Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ	(Gazi Univ., SSME)	_____
Assist. Prof. Dr. Ali ERYILMAZ	(METU, SSME)	_____
Assoc. Prof. Dr. Safure BULUT	(METU, SSME)	_____
Assist. Prof. Dr. Jale ÇAKIROĞLU	(METU, ELE)	_____
Dr. Mehmet SANCAR	(METU, SSME)	_____

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

Name, Last name : Fatma TÜRKER

Signature :

ABSTRACT

DEVELOPING A THREE-TIER TEST TO ASSESS HIGH SCHOOL STUDENTS' MISCONCEPTIONS CONCERNING FORCE AND MOTION

Türker, Fatma

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali ERYILMAZ

December 2005, 135 pages

The purpose of this study is to develop a three-tier test for assessing high school students' misconceptions concerning force and motion. The first tier is a traditional multiple choice item, the second tier presents several alternatives addressing the reason for the response for the first tier, and the third tier asks if examinees are confident for their responses to the first two tiers. In the process of test development, Force and Motion Test Requesting Reasoning was developed and utilized to determine the alternatives of Force and Motion Three Tier Test (FMTTT). The test was administered to 207 students, but 19 students were removed from all analyses due to too many missing items. For checking validity of the FMTTT, correlation was investigated between confidence levels and student scores on the first two tiers, and also correlation between confidence levels and student misconception scores on the first two tiers was investigated. Factor analyses were conducted using scores and misconception scores; and percentages of false negatives and false positives

were estimated. The percentages of false negatives and false positives were found to be 6% and 8%, respectively. The reliability coefficients were estimated for student scores and misconception scores as 0.48 and 0.62, respectively. In conclusion, using the FMTTT as an achievement test may not be as reliable as using it as a misconception test.

Keywords: Physics education, misconceptions, force and motion, misconception test, three-tier test

ÖZ

LİSE ÖĞRENCİLERİNİN KUVVET VE HAREKET KONUSU İLE İLGİLİ KAVRAM YANILGILARINI ÖLÇMEK AMACIYLA ÜÇ-BASAMAKLI BİR TEST GELİŞTİRME

Türker, Fatma

Yüksek Lisans, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Ali ERYILMAZ

Aralık 2005, 135 sayfa

Bu çalışmanın amacı lise öğrencilerinin kuvvet ve hareket konusu ile ilgili kavram yanlışlarını ölçmek için bir üç-basamaklı test geliştirmektir. Birinci basamak geleneksel bir çoktan seçmeli sorudur, ikinci basamak birinci basamağa verilen cevabın sebebini sorgulayan birkaç seçenek sunar, ve üçüncü basamak öğrencilerin ilk iki basamağa verdikleri cevaplar için emin olup olmadıklarını sorar. Test geliştirme işleminde, Açıklama İsteyen Kuvvet ve Hareket Testi geliştirildi ve Üç Basamaklı Kuvvet ve Hareket Testi (ÜBKHT)'nin çeldiricilerini belirlemek amacıyla yararlanıldı. Test 207 öğrenciye uygulandı fakat 19 öğrenci çok fazla eksik cevaptan dolayı bütün analizlerden çıkarıldı. ÜBKHT'nin geçerliğini kontrol etmek için öğrencilerin öz-güven seviyeleri ile ilk iki basamaktaki öğrenci puanları arasındaki ilişki araştırıldı ve ayrıca öğrencilerin öz-güven seviyeleri ile ilk iki basamaktaki kavram yanlışları puanları arasındaki ilişki araştırıldı. Öğrenci puanları ve kavram yanlışları puanları kullanılarak faktör analizleri yapıldı; ve doğru-sebepli yanlışlar ile yanlış-sebepli

doğruların yüzdeleri hesaplandı. Doğru-sebepli yanlışların ve yanlış-sebepli doğruların yüzdeleri sırasıyla %6 ve %8 olarak bulundu. Öğrenci puanları ve kavram yanlışları puanları için güvenilirlik katsayıları sırasıyla 0,48 ve 0,62 olarak hesaplandı. Sonuç olarak, ÜBKHT' yi bir başarı testi olarak kullanmak, onu bir kavram yanlışları testi olarak kullanmak kadar güvenilir olmayabilir.

Anahtar Kelimeler: Fizik eğitimi, kavram yanlışları, kuvvet ve hareket, kavram yanlışları testi, üç-basamaklı test

To My Parents

ACKNOWLEDGEMENTS

I want to start by thanking my supervisor, Assist. Prof. Dr. Ali Eryılmaz, for his advice, guidance, criticism, encouragements and insight throughout the research.

I next want to thank my husband, Haki Peşman, for his patients and support.

I also thank my parents Ömer and Raziye Türker, and my lovely sisters, Gülşen and Nurşen. They have always been a constant source of support and inspiration for me. Whenever I meet them, they always give me the incentive to continue.

TABLE OF CONTENTS

PLAGIARISM.....	iii
ABSTRACT	iv
ÖZ	vi
DEDICATION	viii
ACKNOWLEDGMENTS.....	ix
TABLE OF CONTENTS.....	x
LIST OF TABLES.....	xiii
LIST OF FIGURES.....	xiv
LIST OF SYMBOLS.....	xv
CHAPTERS	
1. INTRODUCTION	1
1.1. Research Questions	3
1.1.1. The main problem	3
1.1.2. The sub-problems	3
1.2. Definition of Important Terms	4
1.3. Significance of the Study	5
2. LITERATURE REVIEW	8
2.1. Misconceptions concerning Force and Motion	8
2.1.1. Misconceptions Related to Aristotelian Physics.....	9
2.1.2. Impetus Physics	14
2.1.3. Overall List of Misconceptions about Force and Motion....	18
2.2. Diagnostic Assessment	21
2.2.1. Interviews and Open-Ended Questionnaires	21
2.2.2. Multiple Choice Tests.....	23
2.2.3. Two-Tier Tests.....	26

2.2.4.	Three-Tier Tests	27
2.3.	Force Concept Inventory	28
2.3.1.	Development and Use of the FCI	28
2.3.2.	Some Concerns about the FCI.....	30
2.4.	Summary of the Literature Review	32
3.	METHOD	34
3.1.	Population and Sample	34
3.2.	Variables	35
3.3.	Instruments	39
3.4.	Procedure.....	40
3.5.	Analysis of Data.....	41
3.6.	Assumptions	43
4.	RESULTS	44
4.1.	Analysis of Force and Motion Test Requesting Reasons	44
4.2.	Analysis of Force and Motion Three Tier Test	46
4.2.1.	Validity and Reliability of Force and Motion Three Tier Test.....	46
4.2.2.	Item Analysis.....	54
4.2.3.	Misconception Assessment	56
4.2.4.	Summary of Results	58
5.	CONCLUSIONS, DISCUSSION, AND IMPLICATIONS.....	61
5.1.	Overview of the Study	61
5.2.	Conclusions	62
5.3.	Discussion of the Results	64
5.4.	Internal Validity.....	68
5.5.	External Validity	69
5.6.	Implications of the Study	69
5.7.	Recommendations for Further Research.....	71

REFERENCES.....	72
APPENDICES	
A. FORCE AND MOTION TEST REQUESTING REASONS	78
B. FORCE AND MOTION THREE TIER TEST	85
C. ANSWER KEY OF FORCE AND MOTION THREE TIER TEST	95
D. ITEM CHOICES INDICATING A MISCONCEPTION	
ACCORDING TO ONLY FIRST TIERS AND ALL THREE TIERS .	96
E. RAW DATA OF FORCE AND MOTION THREE TIER TEST	98
F. CATEGORIES OF STUDENT RESPONSES IN FORCE AND	
MOTION TEST REQUESTING REASONS.....	106

LIST OF TABLES

TABLES

Table 3.1 Sample Groups of the Study.....	35
Table 4.1 Force and Motion Test Requesting Reasons Response Frequencies vs. Force Concept Inventory Response Frequencies	45
Table 4.2 Alternatives not used in the FMTTT	46
Table 4.3 Correlation between Confidence Levels and Scores-2.....	47
Table 4.4 Correlation between Confidence Levels and Misconceptions-2 .	48
Table 4.5 Newtonian Concepts in Force and Motion Three Tier Test	49
Table 4.6 Rotated Component Matrix from Factor Analysis of Scores-3....	50
Table 4.7 Rotated Component Matrix from Factor Analysis of Misconceptions-3	51
Table 4.8 Overall Descriptive Statistics.....	53
Table 4.9 SPSS Output Showing Item-Total Correlation of Scores-3.....	56
Table 5.1 Mean Percentages of Misconceptions based on Number of Tiers	66
Table 5.2 Mean Percentages of Scores based on Number of Tiers.....	67

LIST OF FIGURES

FIGURES

Figure 2.1 Diagram Representing a Tossed Coin and Forces on it at point B	9
Figure 2.2 Speed Comparison Task 1 (passing twice)	12
Figure 2.3 Acceleration Comparison.....	13
Figure 2.4 Bowler	14
Figure 2.5 Trajectory of a Softball after being hit and before falling	15
Figure 2.6 Drawing showing the positions of a fired Cannon-ball at points A, B and C	16
Figure 2.7 Drawing of the Metal Tube, used by McCloskey et al. (1980)	16
Figure 2.8 Circle Showing the path the ball follows	17
Figure 2.9 Incorrect Student Responses for the question shown in Figure 2.8.....	18
Figure 3.1 Scores-1 based on Only First Tiers in Force and Motion Three Tier Test.....	36
Figure 3.2 Misconceptions-1 based on Only First Tiers.....	38
Figure 4.1 Scatter Plot of Scores-2 vs. Confidence Levels	47
Figure 4.2 Scatter Plot of Misconceptions-2 vs. Confidence Levels.....	48
Figure 4.3 Histograms of Scores-3 and Misconceptions-3	53
Figure 4.4 Correct Responses in terms of Number of Tiers	55
Figure 4.5 Misconceptions in terms of Number of Tiers	57

LIST OF SYMBOLS

SYMBOLS

FCI	: Force Concept Inventory
MBT	: Mechanics Baseline Test
MDT	: Mechanics Diagnostic Test
FMTRR	: Force and Motion Test Requesting Reasoning
FMTT	: Force and Motion Three Tier Test
KR-20	: Kuder-Richardson-20

CHAPTER 1

INTRODUCTION

It can be said from the literature that students have some preconceptions from their experiences and most of them do not match with the scientific conceptions (Halloun & Hestenes, 1985a; McDermott 1984). Prevalently, these types of preconceptions are named misconceptions and the most significant characteristic of misconceptions is that they cannot be overcome by means of conventional instruction. That is, overcoming misconceptions requires innovative and effective instruction. However, misconceptions must be assessed before designing instruction to overcome them.

Reviewing the related literature reveals that there have been many determined attempts to probe students' conceptions. Interviewing with students is one of the effective techniques. Indeed, interviews have the advantage of deepening students' responses. However, they are time-consuming and cannot be conducted with a large number of students (Osborne & Gilbert, 1980). All in all, multiple-choice tests are mostly preferred for diagnostic assessment because they can be administered to large number of students in a short time with respect to the interviews and they can be easily analyzed (Beichner, 1994). However, each incorrect answer in a multiple choice test is assumed to be based on a misconception.

Hence, two-tier tests were developed and used for diagnostic purposes. Two-tier tests have been thought to be a wonderful improvement in diagnostic assessment because they probe students' answers as in interviews by requesting their reasons in the second tiers (Griffard & Wandersee, 2001). Nonetheless, the study of Griffard and Wandersee (2001) revealed that two-tier tests also overestimate the percentages of misconceptions students hold because they cannot assess the percentages of lack of knowledge. At last, three-tier tests started to be developed for overcoming that deficiency of two-tier tests (Çataloğlu, 2002; Eryılmaz & Sürmeli, 2002; Kutluay, 2005; Peşman, 2005). However, a few research studies associated with three-tier tests on physics could be found. That is, there is a need for developing three-tier tests in the purpose of assessing students' misconceptions.

Force and motion concept has been investigated in the literature many times and the most popular diagnostic instrument on force and motion can be said to be the Force Concept Inventory (FCI), which was developed by Hestenes, Wells, and Swackhamer (1992). The FCI has been used widely by high school, college, and university instructors since then (Huffman & Heller, 1995). Hestenes et al. (1992) had reported that six dimensions of force concept are assessed by the FCI. However, Huffman and Heller (1995) conducted factor analysis using the FCI data, they collected from 145 high school students and 750 university students, for investigating if the FCI actually measures six dimensions of the force concept. At the end, they reported that they could find only two acceptable factors from the data of high schools and only one acceptable factor from the data of university students. As a result, they claimed it is not obvious what the FCI actually measures and they suggested being cautious when interpreting the FCI results. So, in the light of the literature, the items used

in this study were culled from the FCI and the data of this study were factor analyzed to investigate the assessed dimensions of force and motion concept.

Eventually, the primary purpose of this study is to develop a three-tier test to assess high school students' misconceptions about force and motion. The second purpose of the study is to assess the high school students' misconceptions about force and motion. The third purpose of the study is to investigate the assessed dimensions of force and motion concept by conducting factor analyses. The fourth purpose is to investigate how widespread the misconceptions about force and motion are. And, the last purpose is to observe the changes in the percentages of misconceptions according to only the first tiers, first two tiers, and all three tiers on the three-tier test.

1.1 Research Questions

The research questions which are examined in this study can be categorized as the main problem and sub-problems.

1.1.1 The main problem

The main problem of this study is whether the developed three-tier test validly and reliably assesses high school students' misconceptions concerning force and motion.

1.1.2 The sub-problems

The answers of the following research questions were looked for during the study.

1. Is there a significant correlation between students' correct scores based on first two tiers and confidence levels?
2. Will any factors be obtained when students' correct scores based on all three tiers and misconception scores based on all three tiers are factor analyzed?
3. What are the percentages of false negatives and false positives for students' correct scores?
4. What are the reliability coefficients based on students' correct scores and misconception scores based on all three tiers?
5. How does the percentage of students giving correct answer(s) change with respect to the number of tiers of the test?
6. What are the percentages of lack of confidence in average and for each item?
7. How does the percentage of students having a misconception change in terms of the test?
8. What are the percentages of lack of knowledge in average and for each misconception?

1.2 Definition of Important Terms

In this section, definitions of important terms are presented.

Concept: "an abstract or general idea inferred or derived from specific instances" (Online Dictionary [OD], 2005).

Conception: Several definitions are presented by OD (2005), and two of them are as follow:

1. the creation of something in the mind,
2. the power of faculty of apprehending of forming an idea in the mind; the power of recalling a past sensation or perception.

Misconception: It is defined as an incorrect conception or a wrong understanding by OD (2005).

Diagnostic tests: “a type of formative evaluation that attempts to diagnose students' strengths and weaknesses vis a vis the course materials; students receive no grades on diagnostic instruments” (Coombe & Hubley, n.d.)

False negatives: False negatives are defined as the incorrect answers that are given by students who have the correct, scientific conception (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992).

False positives: False positives are defined as the correct answers that are given by students who do not have the correct, scientific conception (Hestenes et al., 1992).

Lack of confidence: Third tiers of a three-tier test enable the researcher to be aware of students' self-confidence about the answers they give for the first two tiers. Some students may not be confident about their answers for the first two tiers of a test item even though they are correct. In other words, some students may not have confidence about correct knowledge they have. And, that situation is named lack of confidence in the study.

1.3 Significance of the Study

There are several reasons to emphasize the significance of the study. First of all, selection of the topic, force and motion, is very important. As all physics educators acknowledge, force and motion is a fundamental topic of the physics curriculum. That is, if a student is good at in this area of physics and achieves the conceptual understanding, s/he is likely to be good at the rest of physics (Halloun & Hestenes, 1985a). So, the selection of the topic, force and motion, has a central importance for the study.

In addition, diagnosing students' misconceptions on force and motion is important. Terry, Jones and Hurford (1985) reported that students come to classrooms with their experiences of daily lives. They have experiences from television or what they see or hear from their environment. Students' ideas obtained by experiences are sometimes incompatible with scientific conceptions (Clement, Brown, & Zietsman, 1989; Halloun & Hestenes, 1985a). And the following saying by Ausubel (1968) (as cited in Osborne & Gilbert, 1980, p. 376) indicates the importance of that point. "The most important single factor influencing learning is what the pupil already knows. Ascertain this and teach him accordingly." Physics teachers must be aware of their students' misconceptions before they start instruction. Briefly, valid and reliable diagnostic tools are necessary for such a purpose.

Another important point in this study is the development and use of a three tier test as a diagnostic instrument. Because traditional multiple choice tests overestimate the proportions of misconceptions assuming all incorrect answers as misconceptions, two tier tests whose first tiers present ordinary multiple choice items and whose second tiers present the reasons for the first tiers have been thought to be a wonderful improvement in diagnostic evaluation (Griffard & Wandersee, 2001). However, in their study, Griffard and Wandersee (2001) observed that two tier tests also overestimate the proportions of misconceptions because they cannot eliminate the proportions of lack of knowledge from the proportions of misconceptions. Because of these reasons, three tier tests seem to be the best diagnostic tool for assessing the correct proportions of misconceptions. In detail, the third tiers address if the examinees are confident about their responses to the first two tiers, and so the proportion of lack of knowledge

is extracted from the proportion of the misconceptions by not treating unconfidently given incorrect responses as misconceptions.

Furthermore, designing a three-tier test to assess students' misconceptions about force and motion can contribute to the literature because there are few three-tier tests for assessing students' misconceptions in physics in the literature.

CHAPTER 2

LITERATURE REVIEW

In this chapter, review of the literature is presented by four main sections. The first section is about the misconceptions concerning force and motion, the second section of the chapter is about diagnostic assessment methods and the third section is about the force concept inventory (FCI), the most popular diagnostic instrument in physics education. Finally, a summary of the literature review is presented.

2.1 Misconceptions concerning Force and Motion

Halloun and Hestenes (1985a) devised mechanics diagnostic test (MDT) to assess students' qualitative conceptions of motion and its causes. In their next study (1985b) they presented a list of misconceptions, students hold, about force and motion. First, they administered the MDT and then some of the students who had taken the test were interviewed about some of the questions in the test. They mentioned about relationships among the misconceptions students hold, and their close tie to Aristotelian physics and impetus physics. As well as their studies, there are also many research studies reporting similar findings.

2.1.1 Misconceptions Related to Aristotelian physics

According to Aristotle, motion is a change of position. He defined the motion in a material medium. He thought that motion in a vacuum is impossible. Halloun and Hestenes (1985b) interviewed some college students. One of the students said that “If you release a body in a vacuum, it stays, where it is... there is no motion in a vacuum...”

Aristotle explained that rest is the “natural state” for all objects and every motion has a cause. In detail, objects composed of water and earth tend to move towards the center of the universe and objects composed of air and fire tend to move flee from the center of the universe. Today these beliefs are far from the misconceptions of students but they still have Aristotelian concepts about free fall. Clement (1982) interviewed some students and one of his questions was about a coin shown in Figure 2.1.

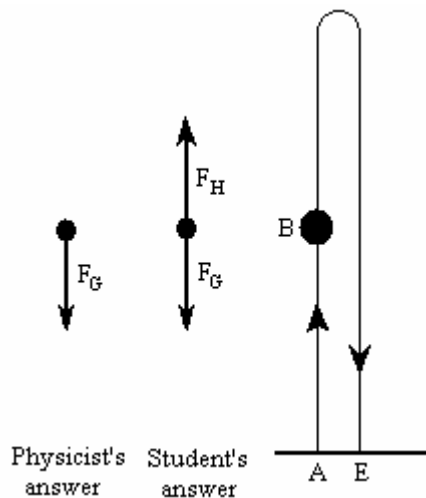


Figure 2.1 Diagram Representing a Tossed Coin and Forces on it at point B.

The diagram at the right of Figure 1 represents a coin tossed in the air at point A and caught at the point E. Students were asked to show the forces on the coin at the point B. One of the students said that “while the coin is on the way up the force from your hand (F_H) gradually dies away as it pushes on the coin. On the way up, it must be greater than F_G ; otherwise the coin would be moving down.” In this answer, student shows the “motion implies force” misconception. If there is net force acting on a body in the direction of movement, it moves. If there is no force acting on the body, it does not move. Similar misconceptions are mentioned by Gamble (1989), Shelley and Marjon (2000), and Watts and Zylbersztajn (1981).

Aristotle defined two kinds of force:

1. Inherent force which means that every object tries to find its natural place.
2. Contact force (push or pull) which means that the force exerted by external agent.

Students holding the conception of inherent force think that gravity is an inherent force for heavy objects to fall down. Like the Aristotelian concepts, students think that for a falling body, speed is proportional to its weight. Champagne, Klopfer, Solomon, and Cahn (1980, as cited in McDermott, 1984) found that students believe heavier object’s speed is greater and force depends on mass. Because of that, students say heavier objects fall faster. In the study, students were asked to compare the falling times of two objects with different masses, dropped from the same height. Students thought that speed increased in free fall, and also it was proportional to the gravitational force. Some of the students claimed that the heavier block fell in a shorter time than the other. In the study of Halloun and Hestenes (1985b), some students were reported to believe that gravity increases as objects fall. For a free falling ball, one of the students

said that "...gravity pulls more as it goes down...gravity pulls harder, the closer the ball comes to earth." Students holding the conception of contact force think that only living things can exert a force and non living things can't exert a force, they are only obstacles and obstacles exert no force. Driver (1983, as cited in McDermott, 1984) conducted interviews with junior-high-school students. During the interviews, one question was asked about this misconception. The teacher was standing on a chair. The question was "Is there any effect on the chair?" One of the students said that "...these things [the table and chairs] are offering resistance... They are not pushing up. Those things, the chair, can't do anything. They are not alive." Terry et al. (1985) interviewed some students to question about a box resting on a table. The students were asked what the forces on the box are. They thought only one force acting on the box. It was the gravitational force.

Aristotle also explained that if the force overcomes the object's inertia, a resistance of mass, the object can move. If the force is constant, the object's speed is constant, and speed is proportional to the applied force. He added that if there isn't any force, the object comes to rest. Halloun and Hestenes (1985b) observed parallel opinions with Aristotle among students. The students believed that an object reaches a speed limit under a constant force thereafter moves at constant speed. And, they also believe that constant speed is equal to the applied force.

Another misconception is about position and velocity. Students think that if two objects are at the same position, they have the same speed. Trowbridge and McDermott (1980) interviewed students about the speed of two balls. Demonstration was conducted.

Figure 2.2 represents the instances in the demonstration. Ball A and B moves from left to right. The initial velocity of B is greater than A. Because the ball B travels along an inclined plane, it slows down and comes to rest at the top. The balls start moving concurrently. Since the velocity of B is greater than A's, first B passes A. Afterwards, since the ball B slows down, A passes B. That is, there are two passing instances. During the course of interview, students were asked to answer if two balls have ever had the same speed. The students tended to regard the balls with the same speed when they are at the same position. They even thought that the ball ahead was faster. The same misconception is also mentioned by Halloun and Hestenes (1985b).

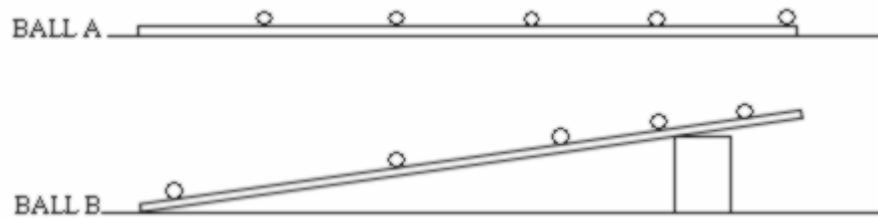


Figure 2.2 Speed Comparison Task 1 (passing twice)

McDermott (1984) also conducted some interviews with a demonstration similar to the one above. She used two inclined U-shaped channels with different widths as in Figure 2.3. Two steel balls were rolled in those channels. The ball on the wider channel released from rest with a higher position. The ball on the other channel was released from rest with a lower position so that both balls reached at the bottom of the tracks with the same velocity at the same instance. The acceleration of the ball on the wider track was smaller than the acceleration of the other ball. However,

most students failed to realize that the ball released later reached the other ball's velocity at the bottom of the tracks in less time with respect to the other one, that is, the acceleration of the ball released later is greater. It is because of that students have difficulty in discrimination of the velocity and the change in the velocity (acceleration).

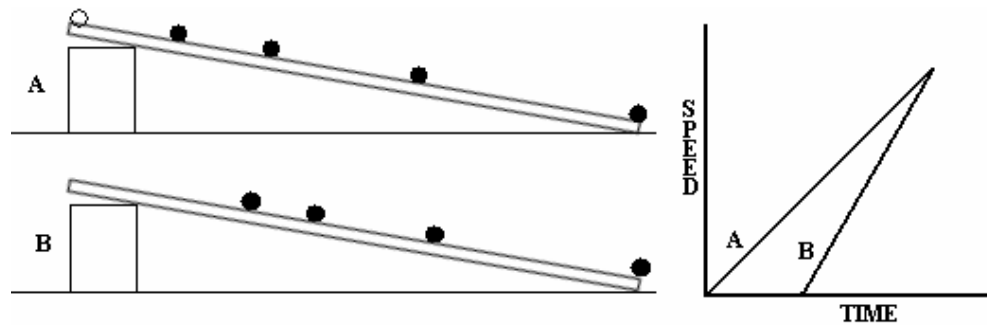
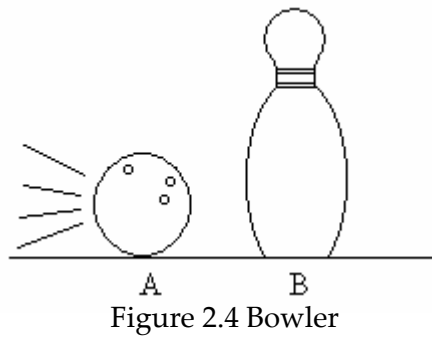


Figure 2.3 Acceleration Comparison

Another misconception is about Newton's third law. Students think that heavier, faster objects exert greater force. Brown (1989) interviewed some students using some written materials. One of the questions was about a collision of a moving cue ball and a stationary billiard as in Figure 2.4. The students were asked to answer what relation there is between the forces each exerts on the other.

The students claimed that the moving cue ball exerts more force than the stationary billiard. They insisted on their response by claiming that the cue ball has greater force because it moves. Similar misconceptions are mentioned by Halloun and Hestenes (1985b), and Maloney (1984).



2.1.2 Impetus physics

Halloun and Hestenes (1985b) mentioned about impetus in their paper. Impetus was defined and named by Jean Buridan in fourteenth century. When an object is thrown, the active agent gives it a motive power. This motive power makes the object move. But it decreases because of the air resistance of the medium. This transmission is called impetus. That is, impetus is called as a “motive power” or “intrinsic force.” Students use it as force, so they confuse it with Newtonian force concept. Boeha (1990) explained the impetus like forced motion. Motion was caused by pushed or pulled forces. For example, the force of the wind pushes the ship. Also, every object has some force insight. This force makes the object move. For example, a man hit a ball, and the force is transmitted from the man’s arms to the ball. He interviewed with some students using a card on which the picture in Figure 2.5 was depicted. The students were asked to answer if there was a force on the softball. If the response was “yes”, next question was if there were any other forces. One of the students said that “it [the softball] has to have some force in order to move...” Another student said that “I think the force... is from the man’s arms who hit the ball.” And, the

other student said that “No force...the ball is just moving freely through the air.” The latter student thought there was no force because there was no any apparent external force exerted on the ball.

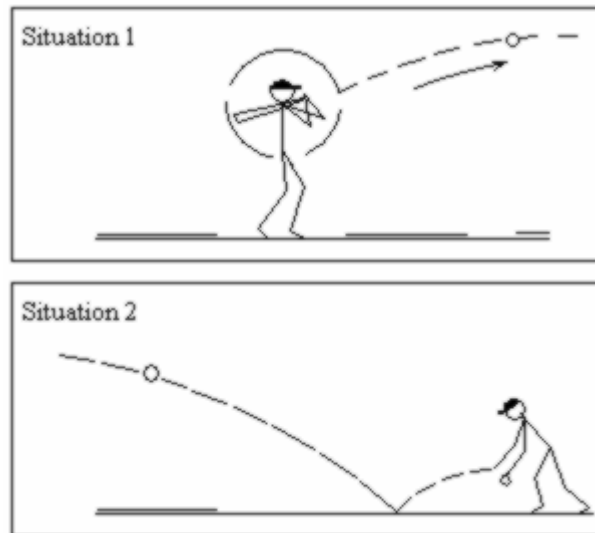


Figure 2.5 Trajectory of a Softball after being hit and before falling

In the study of Watts and Zylbersztajn (1981), students were asked to show the forces on the cannon at each position in Figure 2.6. Students were asked to show the force(s) on the cannon at each position. At point A, one of the students said that “...because it’s traveling upwards so therefore the force must be making it go upwards...” At point B, another student said that “There is no force because it is at the peak of height and soon gravity will pull it down though no yet.” At point C, another student said that “...it is traveling downwards so the force must be traveling downwards as well.” They thought that a force was given to the cannon, in other words, it gained impetus. And, when it went up, it lost the force

gradually due to the air resistance, thus, impetus wore out. At the peak of height, there was no force, and then gravity started to influence the cannon, thereby causing the ball to fall down. Similar ideas were told by other authors such as Clement (1982), Gamble (1989), and Halloun and Hestenes (1985b).

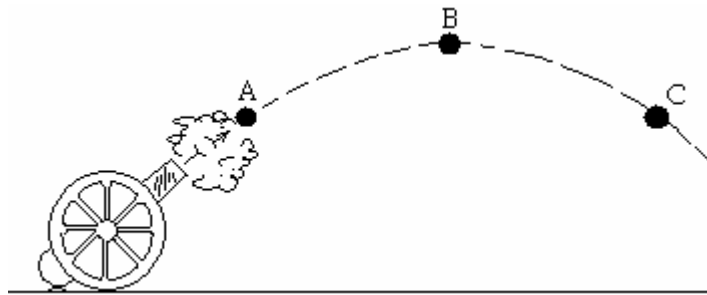


Figure 2.6 Drawing showing the positions of a fired Cannon-ball at points A, B and C

McCloskey, Caramazza, and Green (1980) conducted a study so as to assess undergraduate students' understanding of the principle that objects move in straight lines in the absence of any external force. One of the questions, they put, was about a curved metal tube shown in Figure 2.7.

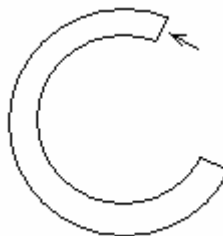


Figure 2.7 Drawing of the Metal Tube, used by McCloskey et al. (1980)

A metal ball is put into the end of the tube indicated by the arrow, and then the ball is shot out of the other end of the tube with high speed. Also, air resistance is ignored. Students were asked to draw the path the ball follows just after leaving the tube. Many of the students thought that after passing through a curved tube, the object will follow a curved path despite of no external forces acting on it. One of the students stated that “The momentum of the curve [of the tube] gives it [the ball] the arc...The force from the curve eventually dissipates and it will follow a normal straight line.”

In the same study, another question was about a metal ball which was attached to a string and being twirled by someone in a circle above. The bird’s-eye view of the instance is shown in Figure 2.8.

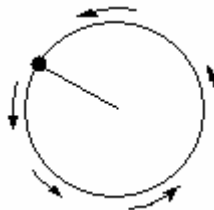


Figure 2.8 Circle showing the path the ball follows

Students were asked to draw the path the ball will follow after the string breaks. Three types of incorrect responses, shown in Figure 2.9, were observed. Students who depicted Drawing (A) thought similar reasoning as in the tube problem. They believed that the metal ball would follow a curved path just after the string broke. Students who depicted Drawing (B) thought that the ball had been pulled outward by the centrifugal force and it had been held by the string. But, breaking the string caused the ball to

follow a path outward in the line of the string due to the centrifugal force. Students who depicted Drawing (C) thought that the ball followed a path in the influences of both the centrifugal force and instantaneous velocity of the ball at point where the string breaks. They thought a compromise between motion in the direction of velocity vector and centrifugal force.

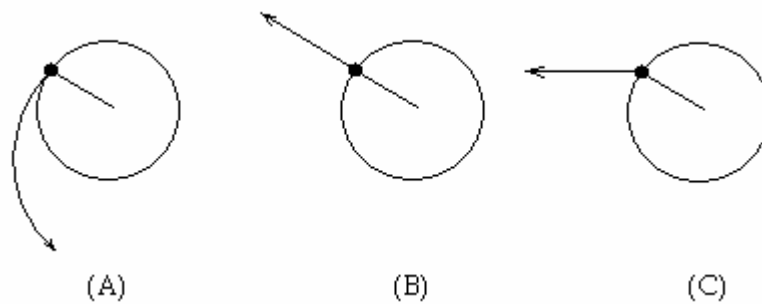


Figure 2.9 Incorrect Student Responses for the question shown in Figure 2.8

Consequently, all these findings indicate impetus theory. The students believed that an impetus is necessary to keep up the motion. Some impetus theorists defined a circular impetus to explain the rotation of a wheel or the motion of the moon around the earth. Similar misconceptions were mentioned by Halloun and Hestenes (1985b), too.

2.1.3 Overall List of Misconceptions about Force and Motion

This section indeed presents a fine list of misconceptions in general and in a logical order as done by Temizkan (2003).

Terminology: Students are commonly observed to be unable to distinguish between force concepts such as position, velocity, acceleration, force, mass, weight, friction, and etc. (Halloun & Hestenes, 1985a; Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; Shelley & Marjon, 2000).

Impetus: Students holding this misconception believe that an intrinsic force is transmitted to objects so that they can move. For instance, an intrinsic force is transmitted to a ball by hitting it and the force keeps the ball moving. As time goes on, the intrinsic force lessens gradually due to the air resistance, and at last the ball falls directly on the earth after giving up the force. Impetus can be categorized into four dimensions as gained impetus, lost impetus, reconstructed impetus and circular impetus (Halloun & Hestenes, 1985b; Hestenes, et al., 1992; Temizkan, 2003).

Active Force: Active force refers to the forces making objects move. There are several types of misconceptions related to the active force such as misconceptions that only active agents exert forces, velocity is proportional to force, motion implies active force, and no motion implies no force. Students holding the first misconception assume that only active agents (e.g. living things, a car with running engine, etc.) can exert force. And, students with the misconception that velocity is proportional to force believe that a constant force causes a constant velocity or increasing the force causes the velocity to increase. In addition, students holding the misconception that motion implies active force believe that mass causes objects to stop after immediately stopping to exert force. Finally, students with the misconception that no motion implies any force believe that if there is no motion, then there is no any force, such as the case of a book standing on a table. Students think that the book is at rest and there is no any force on it (Halloun & Hestenes, 1985b; Hestenes, et al., 1992).

Action / Reaction Pairs: Students usually misuse the term interaction and they deduce “struggle between opposing forces” from interaction. Consequently, it results in two types of misconceptions, greater mass implies greater force and most active agent produces greatest force (Clement, 1982; Hestenes, et al., 1992).

Concatenation of influences: This is an alternative use of the Newtonian force superposition principle. That is, this misconception is the result of misuse of forces’ superposition by students. There are mainly three common uses of it. For example, students think that compromise of forces determines motion, but they cannot determine the correct compromise and incorrectly determines the direction of motion (Halloun and Hestenes, 1985b; Hestenes, et al., 1992).

Other influences on motion: Two main misconceptions can be presented under this title. First, students usually believe that objects with circular motion by means of a rope tend to flee from the center of the circle due to the centrifugal force on the hand holding the rope when the rope is cut. Second, students mostly hold the idea that non-living things are obstacles for motion of objects and they cannot exert any forces (Hestenes, et al., 1992).

Gravity: There are prevalently two types of misconceptions related to the gravity. The most common one is that heavier objects fall faster. And, the second one is that gravity increases as the object approaches to the earth. In fact, there is an increase in gravity, but it is only one part in 10^{13} for a few meters change in height and this is not an observable value with life experiences (Hestenes, et al., 1992).

2.2 Diagnostic Assessment

Diagnostic assessment methods such as interviews, open ended questionnaires, multiple choice tests, etc. are presented in a logical sequence.

2.2.1 Interviews and Open Ended Questionnaires

Osborne and Gilbert (1980) used interview-about-instances technique to probe the nature of the students' views about force concept. Forty children and young adults, ranging in age 7 to 19, participated in the study. Interview was used in the study, because it was very useful to learn the students' reasons of their responses. Interview-about-instances technique is based on some cards on which some drawings are depicted. Each card presents a situation containing an instance of the concept or a situation not containing an instance of the concept. Students are asked to identify if there is an instance of the concept on a card or not. After taking the response of the student, the reasons for the response are elicited. In this interview type, students can ask questions about possible ambiguities before answering a question, and there is flexibility in discussing reasons or lack of reasons. The researchers of the study listed the advantages of this technique as:

1. It is applicable over a wide age range.
2. It is enjoyable for interviewer and interviewee.
3. It has advantages over written answers in terms of flexibility and depth of the investigation.
4. Classifying instances is more pertinent and penetrating than asking for a definition.

5. It is concerned with the student's view rather than merely examining if the student has the correct scientific view.

On the other hand they think the technique has also some disadvantages.

1. There is the problem of choosing a limited but adequate set of instances.
2. The order of instances may influence student responses.
3. Interviews, and the transcribing, and analysis of transcribes are time consuming.
4. There are the difficulties associated with interviews and the analysis of the interview data, e.g. difficult to report succinctly.

Terry et al. (1985) wanted to learn about students' understanding of forces in the static equilibrium using individual interviews. In this study, students were from three different levels. In the first level, students completed a force unit in the previous year in a science course. This course did not include a formal instruction on Newton's first law and equilibrium. In the second level, students had completed Newton's first law and had some knowledge about Newton's second law. In the third level all students had completed Newton's three laws. Each student was asked to show the forces on a box resting on a table. The students showed only one force on the box, downward gravitational force. They thought this force was enough for the box in a static equilibrium.

Brown (1989) collected data from three sources:

1. An interviewing study involving oral tutoring
2. An interviewing study involving tutoring with written materials
3. A multiple choice diagnostic test

Five high school students who had not taken physics participated in the oral tutoring. 21 pre-physics high school students participated in the tutoring with written materials. Seven physics classes in two high schools participated in the multiple diagnostic tests. Students who participated in the test took physics in the final year of secondary education. The questions were about the force concept in different contexts. Most of them were related to Newton's third law. The test was used as pre and post-test. Pre-test was administered at the beginning of the year. Post-test was administered after the instruction of mechanics in order to assess the gain from instruction. Teachers did not know the contents of the test. The scores of the students who took the both tests were only reported. After the analysis of pre and post-tests, they found most misconceptions to be held even after the instruction.

Boeha (1990) reported the data from one part of a large study. Pencil-paper and interview instruments were used in this large study. Interviews were similar to the interview-about-instances used by Osborne and Gilbert (1980). The instrument consisted of the diagrams of individuals cards. To probe the students' Aristotelian-like views concerned natural phenomena was the purpose of this instrument. One National High School was chosen for the study. In grade 12, science major students were randomly assigned to six intact classes. 21 students were interviewed individually and their responses were analyzed at the end of the study.

2.2.2 Multiple Choice Tests

Halloun and Hestenes (1985a) developed a diagnostic test, mechanics diagnostic test, to assess the students' basic knowledge of mechanics. They restricted their study with mechanics because mechanics

is an essential prerequisite for most of the rest of physics. A student's score on the test was a measure of his/her understanding of mechanics. However, they did not give detailed information on the development process of the test. The researchers mentioned about early versions of the test, which had been administered to 1000 students in college and university levels. The early versions required written answers to determine the possible alternatives of the final version. They established the content and face validity of the test in four different ways. Some professors and graduate students examined the early versions of the test and the researchers evaluated their suggestions for the final version of the test. Then, the researchers administered the test to 11 graduate students to show that all the students agreed on the correct answer for each item. 22 introductory students who had taken the test were interviewed and they said that they had understood all the correct choices and alternative answers. In the fourth way, they carefully examined 31 students responses whose grades were A in the university physics to reveal any possible misunderstandings related to the formulation of the questions in the test. No one was detected. They conducted a follow-up interview with the students who had taken the test to establish reliability and calculated Kuder-Richardson-20 (KR-20) for the reliability concerns. During the interviews, students repeated the same answers they had given in the test. This is an indication of that the responses in the test had not been given randomly or by chance. KR-20 reliability coefficients were 0.86 for pre-test and 0.89 for post-test, which are very high. After all the analysis, they found that students come to class with some common sense beliefs and these affects their performance negatively and conventional instruction induces only a small change in those beliefs.

Hestenes, et al. (1992) developed a diagnostic test, the Force Concept Inventory (FCI) to help teachers probe and assess their students' common sense beliefs. FCI contains questions forcing students between Newtonian concepts and common sense alternatives. The researchers decomposed the force concepts into six conceptual dimensions. They claim that these conceptual dimensions are necessary for a complete understanding of the force concept. On the FCI "errors" are more informative than "correct" choices. The alternatives to the Newtonian concepts are labeled as misconceptions. The alternatives should be accorded the same respect we give to scientific concepts. Because, the most popular misconceptions have been held by some of the intellectuals in the past, including Galileo and even Newton. These misconceptions should be regarded as reasonable hypothesis grounded in everyday experience. The FCI was administered to large samples many times and uncovered misconceptions listed in the study. However, test development process was not mentioned in the paper.

Beichner (1994) reported a methodology for developing diagnostic tests to assess students' understandings. His diagnostic test was to assess student interpretation of kinematics graphs. The researcher first started the process of test development by constructing some instructional objectives. He examined some test banks, introductory physics books and conducted informal interviews with teachers to construct the specific objectives. He formed eight objectives, however, he eliminated one from the list. Because the researcher carried out a pilot study and he noticed that nearly all of the students could correctly answer the questions related to the eliminated objective. It is reasonable to eliminate an objective which everybody can achieve, since the purpose of the diagnostic tests is to uncover student difficulties, not their achievement. Three items were written for each objective, thus a 21-item test was developed. Items and alternatives were

deliberately chosen to uncover students' previously reported difficulties. However, the researcher offers administering an open ended questionnaire to a group of students in order to be able determine the alternatives. Afterwards, the early version of the test was administered to 134 community college students who had experienced with kinematics. The results were used for some modifications on some questions. Then, the revised test was delivered to 15 science educators and they were asked response some questions related to appropriateness of the objectives, critiques about the items and matching of items to the objectives. That was for the content validity of the test. The tests were also given to 165 juniors and seniors from three high schools and 57 four-year college physics students. The researchers took the students into four different laboratory activities. Then the test with a little modification is again administered. The Pearson product correlation between the pre and post-test was estimated as 0.79. It was meaning that the two forms of the tests were parallel. It is the equivalent form reliability. A paired sample t-test indicated a significant increase between the pre and post-test scores. After the laboratory activities, an increase in the mean score had been regarded, and the statistical results reflected that. That was an indication of validity of the test. Finally the test was administered to a large sample of students (524 students). The statistics again confirmed the validity and the reliability of the test. KR-20, Post-biserial coefficient and item discrimination power were estimated.

2.2.3 Two-Tier Tests

In the literature review, it is likely to encounter many two-tier diagnostic tests (Chen, Lin & Lin, 2002; Griffard & Wandersee, 2001; Odom

& Barrow, 1995; Tan, Goh, Chia & Treagust, 2002; Tsai & Chou, 2002). The first tier is a 2-3 choice item and the second tier is 4-5 choice items presenting a correct reason and some alternative reasons. The procedure followed to develop a two-tier test by all authors was suggested by Treagust (1988, as cited in Chen, Lin & Lin, 2002). Four steps can be listed to complete the procedure.

1. Define the scope of the target conceptions in terms of propositional knowledge statements and concept maps representing the knowledge required to understand the scientific conceptions;
2. Develop a paper-and-pencil test consisting of open-ended questions and administer it to high school students;
3. Analyze the students' responses to identify the commonly held misconceptions and interview some of the students to obtain further explanation and clarification when needed;
4. Construct two-tier multiple choice test items based on the most commonly identified answers that students gave in open ended questionnaires and follow-up interviews.

2.2.4 Three-Tier Tests

Eryilmaz and Sürmeli (2002) developed a three-tier diagnostic test to assess the high school students' misconceptions on heat and temperature. They reported that misconceptions are based on conceptions students have before coming to classes, and they have an error connotation. However, all errors are not misconceptions, because some errors may not be based on some conceptions students have before coming classes. But multiple choice diagnostic tests regard all errors as misconceptions. So, three tier diagnostic tests are needed to eliminate this problem. The first tier

is a normal multiple choice test, the second tier is again a multiple choice test with one correct reason and some alternative reasons, and the third tier asks the student if he / she is sure for the responses in the first two tiers. If a student gives the desired responses for the first two tiers and chooses “Yes, I am sure” for the last tier, then the response is regarded as the correct answer. The researchers found 19-item test in a dissertation study, and used it as the basis for their three tier test. They used the previously reported common misconceptions as alternatives in the second tier and they developed a 57-item three tier test. After administering the test to 77 high school students in Balgat, Ankara, they analyzed the results by means of computers. They constructed a table demonstrating percentages of correct responses for only the first tier, for the combination of two tiers and for the combination of three tiers.

2.3 Force Concept Inventory

The FCI is a popular diagnostic instrument in physics education for eliciting student misconceptions concerning force and motion and it is based on the mechanics diagnostic test (MDT) which was developed by Halloun and Hestenes (1985a).

2.3.1 Development and Use of the FCI

Halloun and Hestenes (1985a) first designed and administered various versions requiring written answers, and then they used the common misconceptions from these written exams as alternatives for the last multiple choice version of the MDT. They established the content validity by having some experts and graduates examined the test. Also,

they conducted interviews with the students who had taken the test before for reliability and validity concerns. For reliability estimation, they used Kuder-Richardson test and they found 0.86 and 0.89, respectively for pretest and posttest they administered to two comparable different groups at different times.

At last, the FCI was designed by Hestenes, et al. in 1992 as an improved version of the MDT. However, the researchers did not give as much detailed information as about the validity and reliability of the MDT. Although they mostly trusted on the validity and reliability of the MDT, the researchers conducted some follow-up interviews with 36 students who had taken the FCI and observed the probabilities of false positives and false negatives. The researchers suggested the FCI to use:

1. As a placement test for determining if college and university students' understanding of introductory physics is enough for participating in an advanced course.
2. As a diagnostic instrument for assessing students' misconceptions on mechanics.
3. For evaluating instruction.

Hestenes and Wells (1992) used another test with the FCI, the mechanics baseline test (MBT) so as to assess also students' quantitative understanding of mechanics. That is, the MBT is a quantitative test and includes concepts that cannot be understood without physics instruction, whereas the FCI can be administered to even untutored individuals. Using the results of the FCI and the MBT from Harvard University, they depicted a scatter plot in addition to estimating the correlation between them to be 0.68. As a result, they concluded that a score of 60 % on the FCI is a kind of conceptual threshold and a score of 80 % is a kind of mastery threshold.

2.3.2 Some Concerns about the FCI

Although the FCI is a popular diagnostic tool and it has been used for many times by researchers, some concerns about it have been also arisen. Huffman and Heller (1995) administered the inventory to 145 high school students and 750 university students, and they conducted factor analyses to understand if the FCI actually measures the six conceptual dimensions of force concept as claimed by the writers of the inventory. The researchers found only two acceptable factors from the results of high school students and only one factor from the results of university students. Because of these findings, Huffman and Heller (1995) reported their concerns about what the FCI actually measures and warned the users of the inventory to be cautious in interpreting the results.

Hestenes and Halloun (1995) presented some explanations about FCI to reject the claims by Heller and Huffman (1995). Some important explanations can be listed as below.

1. About 60% of the FCI is the same as the MDT, that is, the FCI is an improved version, not a new test, and the results of the FCI and MDT are perfectly consistent.
2. Newtonian concepts were divided into six conceptual dimensions, and no one has suggested that anything is missing.
3. Every item in the FCI has only and only one Newtonian response. Many physics professors and graduates carefully examined the FCI. That is, there is no any problem with the face validity.
4. The FCI score is a measure of one's understanding of the Newtonian force concept. This is related to the content validity. To establish it, false negatives and positives must be minimized. False positives are Newtonian responses by Non-Newtonian thinker. False negatives are

non-Newtonian responses by Newtonian thinkers. Qualitative analysis indicated that the percentage of false negatives is less than 10%. Due to the nature of the multiple choice tests (with 5 choices), chance factor is 20%. So, minimizing it is more difficult. Even so, alternatives are from extensive student interviews, and this may be an indicator of a low probability of false positives.

5. In order to check if the FCI measures the Newtonian force concept by means of the factor analysis, the FCI must be administered to certified Newtonian population, such as physics professors.
6. As mentioned, there are false positives which may result in errors in the factor analysis. So, scores between 60% and 80% must be analyzed and scores over 80% must be analyzed separately.

The discussion went on, and Heller and Huffman (1995) responded the explanations by constructing some hypothetical statistical analysis, that is, they continued to claim their findings about the validity of the FCI to be correct and sensible.

Rebello and Zollman (2004) voiced another concern about the alternatives of the FCI. They compared students' responses on four multiple-choice FCI questions with similar responses to equivalent open-ended questions. They found percentages of correct responses to each format to be quite consistent. However, they also found that some categories with significant percentages on the open-ended format are not included in the FCI. That is, there is an important problem about if all possible student responses are represented on the inventory.

2.4 Summary of the Literature Review

The literature review mainly covered the misconceptions concerning force and motion, diagnostic assessment and the most popular physics diagnostic instrument; the FCI.

Because this study is based on the FCI, the misconceptions about force and motion were reviewed. Impetus, active force, action/reaction pairs, concatenation of influences, other influences on motion, and gravity are the misconceptions about force and motion in the literature (Boeha, 1990; Clement, 1982; Gamble, 1989; Halloun & Hestenes, 1985a; Halloun & Hestenes, 1985b; Hestenes et al., 1992; Maloney, 1984; McCloskey et al., 1980; McDermott, 1984; Shelley & Marjon, 2000; Temizkan, 2003; Terry et al., 1985; Trowbridge & McDermott, 1980; Watts & Zylbersztajn, 1981). Eventually, impetus, active force, action/reaction pairs, concatenation of influences, and other influences on motion are the misconceptions assessed by this study.

Diagnostic assessment can be carried out by some types of instruments such as interviews, open-ended questionnaires, multiple-choice tests, two-tier tests, and three-tier tests. In general, interviews are the best in probing student responses and understanding the reasons of student reasoning. However, they are time consuming and very difficult to conduct with a large number of interviewees for generalization (Beichner, 1994; Osborne & Gilbert, 1980). In this instance, open-ended questionnaires are sensible for its ability to be administered to a large number of pupils. However, all disadvantages are not eliminated by open-ended questionnaires because evaluating is time consuming, scoring is a bit difficult. Therefore, multiple choice tests seem to be very reasonable for diagnostic purposes because they can be easily administered to a large

number of pupils and scoring is more objective (Beichner, 1994). Nevertheless, multiple choice items overestimate the proportions of misconceptions since they cannot eliminate the incorrect answers not due to misconceptions. Hence, two-tier tests have been seemed to be a crucial improvement in diagnostic assessment. But, two-tier tests also overestimate the proportions of misconceptions due to they cannot eliminate the proportions of the lack knowledge from the proportions of the misconceptions (Griffard & Wandersee, 2001). Consequently, three-tier tests which eliminate all mentioned disadvantages are very good at diagnostic assessment.

Finally, the literature review covered the most popular physics diagnostic tool, the FCI. The inventory has been seemed to be very valid and reliable instrument for many years and used for many times. However, some concerns were caused by the study of Huffman and Heller (1995) and the study of Rebello and Zollman (2004). Huffman and Heller (1995) reported their concerns about the interpretations of the results from the use of the FCI because they conducted factor analysis to answer what the FCI actually measures and they found unsatisfactory results. So, factor analyses were also conducted in this study to investigate if the selected items actually assess what they were intended. Rebello and Zollman (2004) claimed that all possible student answers are not presented on the FCI. In order to overcome such a possible deficiency of the items culled from the FCI, blank alternatives were used for each item on the Force and Motion Test Requesting Reasons (FMTRR). Therefore, students' possible different answers, which were not presented by the test items, were not ignored.

CHAPTER 3

METHOD

In this chapter of the study, methodology is presented utilizing six sections. The first section is about the population and sample of the study. The second section is about the variables used in the study. The next section is related to the instruments. Then, the followed procedure is presented in the forth section. Finally, the analysis of data and assumptions are exhibited in the fifth and sixth sections, respectively.

3.1 Population and Sample

All eleventh grade students in Turkey draw the target population of this study. Because studying with this target population does not seem to be feasible, all eleventh grade students in Polatlı, the biggest outlying district of capital Ankara, was the accessible population of this study. That is, the sample was drawn from this accessible population and findings of this study were generalized to that accessible population.

In the study, Force and Motion Test Requesting Reasons (FMTRR) (see Appendix A) was administered to 79 eleventh-grade students from Polatlı Atatürk High School and Polatlı Anatolian Teacher Training High School. Afterwards, Force and Motion Three Tier Test (FMTTT) (see

Appendix B) was administered to 207 eleventh-grade students from Polatlı Atatürk High School, Polatlı High School, and Polatlı Anatolian High School. After administering the test, 19 students were removed from all the analyses because of too many missing answers. There are 32 items on the FMTRR apart from the third tiers, which assess students' confidence levels. So, 19 students who had not answered at least 16 items on the FMTRR were removed from all the analyses. The details about the sample groups are in Table 3.1. In addition, most of the students were aged from 17 to 18.

Table 3.1 Sample Groups of the Study

Sample Group for the FMTRR			
	Male	Female	Total
Polatlı Anatolian Teacher Training High School	8	13	21
Polatlı Atatürk High School	31	27	58
Total	39	40	79
Sample Group for the FMTRR *			
	Male	Female	Total
Polatlı Atatürk High School	12 (1)	15 (1)	27 (2)
Polatlı High School	58 (10)	47 (5)	105 (15)
Polatlı Anatolian High School	34 (1)	22 (1)	56 (2)
Total	104 (12)	84 (7)	188 (19)

* Numbers in the parentheses are the students removed from the analyses because of too many missing answers

3.2 Variables

In this study, the answer key of the FMTRR (see Appendix C), and the choices indicating a misconception according to only the first tiers, both of the first two tiers, and all three tiers (see Appendix D) were used for obtaining seven variables. The main contribution to the formation of the

variables is of course from the raw data (see Appendix E). All those variables were produced by using MS Excel and they are as follow:

Scores-1: This variable is based on the student answers for only the first tiers (see Appendix C). If any answer is correct, then it was coded as 1. Otherwise, it was coded as 0 for wrong answers, or left as missing value if a student does not give any answer. Figure 3.1 exemplifies how scores-1 variable was coded. For instance, the first answer of the first student was coded as 0 owing to being a wrong answer, fourteenth answer was coded as 1 owing to being a correct answer, and fifteenth answer was coded as missing value because s/he did not give any answer. On the right side of the figure, each student's score based on only the first tiers is seen. Also, at the bottom of the figure, total numbers and percentages of correct answers (difficulty levels) for each item can be seen.

St No	ONLY FIRST TIERS															S U M	
	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1		16.1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
3	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
4	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	↓		↓		↓			↓			↓			↓			↓
184	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1			2
185	0		0	0	0	1	0	0	1	0		0		0	1	0	3
186	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
188	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	5
SUM	33	38	39	17	89	40	37	37	87	42	36	39	42	40	38	26	
PERCENT	18	20	21	9	47	21	20	20	46	22	19	21	22	21	20	14	

Figure 3.1 Scores-1 based on only the First Tiers in the FM TTT

Scores-2: This variable is based on student answers for both of the first two tiers (see Appendix C). In detail, if a student answers both of the first and second tiers of an item correctly, then it was coded as 1. Otherwise, it was coded as 0 (wrong answer). Furthermore, not only non-given answers for both first two tiers, but also non-given answers for one of two tiers were coded as missing value.

Scores-3: Production of this variable is also similar to those ones above. In this variable, student answers for all three tiers were paid attention (Appendix C). If student answers are correct for the first two tiers and one of “certainly sure” or “sure” choices is selected for the third tiers, then it was coded as 1. Otherwise, it was coded as 0 (wrong answer). In addition, missing values were determined for at least two non-given answers for any set of three-tiers.

Confidence Levels: This variable is based on only the student answers for third tiers. On this tier, students’ confidence levels were asked for their answers to the first two tiers. There are four alternatives (certainly sure, sure, not sure, certainly not sure) on the third tiers of the FMTT. So, students’ answers were coded as 4, 3, 2, and 1, respectively. Also, non-given answers were not ignored and coded as missing values. In the end, each student’s total score based on only the third tiers was used as each student’s confidence level.

Misconceptions-1: The variable was produced by using the choices indicating a misconception according to the first tiers (see Appendix D). Missing values were not ignored, either. For example, if a misconception is assessed by three questions, then a student was coded to have 3, 2, 1, 0, or missing value. “3” indicates that the student selected choices indicating that misconception on all three questions, and so on. “0” means that the student did not select any choices indicating that misconception on those

three questions. Also, if a student does not give any answers for at least two of those three questions, then it was coded as missing value. Figure 3.2 makes the explanations more concrete.

St No	MISCONCEPTIONS -1															
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10	m11	m12	m13	m14	m15	m16
1	1	0	2	1	1		2	0	1	2	0	1	0	1	0	1
2	1	1	1	1	1	0	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0
4	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
5	1	1	1	0	1	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0
	↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓		↓	
186	0		1	2	1	0	1	1	0	1	2	1	0	0	0	1
187	1	2	1		1	0	2	0	1	1	2	1			0	1
188	1	0	1	1	0	1	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0
SUM	144	180	184	174	114	31	192	43	93	186	256	145	39	77	106	52
PERCENT	77	48	49	46	61	8	51	23	49	33	45	77	21	20	19	28

Figure 3.2 Misconceptions-1 based on only First Tiers

Misconceptions-2: The production of this variable is almost the same as misconceptions-1 except that this is based on the first two tiers when utilizing the choices indicating a misconception (see Appendix D). That is, if a student chooses the related reason in the second tier as well as a choice indicating a misconception in the first tier, then the student is expected to have a misconception. Missing values as well as number of items assessing the same misconception was paid attention. In other words, if a misconception is assessed by 2 items, and a student does not answer at least one of those items, then it was coded as missing value.

Misconceptions-3: This variable is also the same as misconceptions-1 except that all three tiers are paid attention for producing this variable (see Appendix D). That is, if a student chooses the related reason in the second tier as well as a choice indicating a misconception in the first tier, and claims to be confident in the third tier, then the student is accepted to have a misconception. Of course, missing values were paid attention in addition to the number of items assessing the same misconception.

3.3 Instruments

During the study, two instruments were developed and administered. The first instrument is the FMTRR and the other one is the FMTTT (see Appendices A and B, respectively).

The FMTRR is mainly based on the FCI which was revised in 1995. Turkish version of the FCI was obtained from Temizkan (2003). Sixteen questions were extracted from that version of the FCI by analyzing the response frequencies of the FCI presented in Hestenes et al. (1992). In that analysis, the items whose wrong alternatives' frequencies were high were selected. Next, the misconceptions assessed by those items were listed. Then, it was seen that mainly five misconceptions are assessed by the selected items. Also, assessing one misconception with about 5 items was intended for more reliable results. However, "other influences on motion" misconception was being assessed by two items. Hence, two items were also added from the 1995-version of the FCI to assess that misconception with four items. As a result, five dimensions of force-and-motion-misconceptions (impetus, active force, action / reaction pairs, concatenation of influences, and other influences on motion) were covered by 16 questions on the FMTRR. Blank alternatives were added to each question

as well as the same alternatives from the FCI. Also, questions requesting reasons of given answers were added to each question.

The FMTTT was developed according to the categorizations of student answers on the FMTRR (see Appendix F). In other words, the FMTRR was a basis for determining the alternatives of the first tiers and developing the second tiers of the FMTTT. To sum up, the FMTTT is a 16-item-three-tier test which is mainly based on the FCI.

3.4 Procedure

In this study, the FMTTT was developed for the aim of evaluating eleventh-grade students' misconceptions concerning force and motion. That is to say, this study is a cross-sectional survey study.

At the beginning of the study, keywords were identified for the aim of literature review. And then, international and national primary and secondary sources were searched. In detail, Educational Resources Information Center (ERIC), International Dissertation Abstracts, Social Science Citation Index, Science Direct, Kluwer Online Gateway, Ebscohost were investigated, and the search engine Google was used so as to look into the internet in general. METU Library and Turkish Academic Network and Information Center (ULAKBIM) online services helped so much with searching those sources. Also, photocopies of the findings from the search could be easily obtained by means of information and document delivery service of ULAKBIM. Furthermore, Turkish research studies were searched by means of METU Library, online service of the Council of Higher Education (YÖK) for thesis search and internet in general. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Eğitim ve Bilim, Çağdaş Eğitim Dergisi, Milli Eğitim Dergisi, and Boğaziçi Üniversitesi Dergisi were reviewed at METU Library.

The literature review helped the researcher determine the way in which a three-tier test is designed. Starting from the investigation of the response frequencies presented in Hestenes et al. (1992) and the use of Turkish version of the FCI presented in Temizkan (2003), 16 questions were culled from the FCI in the purpose of preparing a shorter test and covering all five main misconceptions about force and motion which had been proposed by Hestenes et al. (1992). Afterwards, that test was administered to 79 eleventh-grade students for they had learned the force and motion concept. Then, student answers on the FMTRR were categorized for determining which alternatives to use on the first tiers of the FMTTT and for developing the second tiers of the test which present a set of reasons. In the light of that study, the FMTTT was developed at last and administered to 207 eleventh-grade students.

3.5 Analysis of Data

Data collection of this study started with administering the FMTRR to 79 eleventh-grade students. Student answers on the test were categorized in terms of response frequencies for each distracter and response frequencies for given reasons. That study resulted in developing the FMTTT. That is, the other data collection was based on administering the FMTTT. Some descriptive statistics techniques were used for analyzing the data. They can be briefly described as follow:

Mean: It is the average of all scores within a distribution. It is based on summing up all the scores and dividing the sum by the total number of all the scores (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 179).

Median: It is the point that 50 percent of the scores fall above and 50 percent of the scores fall below (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 179).

Range: It is the difference of the highest and the lowest scores (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 181).

Standard deviation: The standard deviation is a measure of variance in distribution (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 181). It is the root square of the variance.

Correlation: The correlation is a measure of relationship between two quantitative variables (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 188). Indeed, there are many types of correlation coefficients, but the most frequently used one is the Pearson product-moment coefficient. It ranges between -1 and +1. A positive correlation implies similar performances in two distributions, whereas a negative correlation implies inverse performances in two distributions.

Scatterplots: The scatterplot is a pictorial representation of relationships between two quantitative variables (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 188). It usually attributes to the interpretability of the correlation coefficient.

Item difficulty: It is the percentage of correct responses for an item. It is based on dividing the total number of correct responses by the total number of scores. The magnitude of the item difficulty changes between 0 and 1. A high item difficulty (above 0.5) indicates that most of the students could give the correct answer for an item. In other words, a high magnitude means an easy item (Marx, 1998).

Discrimination Index: The discrimination index is a comparison of high scorers' and low scorers' performances on an item. It ranges from -1 to +1. A positive magnitude implies that high scorers give more correct answers on an item than low scorers do. A magnitude about 0 implies that high scorers and low scorers perform almost the same on an item. Such an item is not desirable because that item has not got the ability to discriminate high scorers and low scorers. The worst is a negative magnitude which

indicates that low scorers do better on an item than the high scorers (Marx, 1998). Crocker and Algina (1986, as cited in Marx, 1998) reported discrimination indexes lower than 0.20 to eliminate or completely revise the item.

Item-total correlation: It is the correlation between item scores and the total scores. When Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) program computes the item-total correlation, it extracts the item scores from the total scores, and then estimates the correlation between the item scores and the total scores (Green & Salkind, 2005, 336).

Cronbach alpha reliability: It is a measure of internal consistency within a test. Clearly, it measures if all items in a test assess the same entity. Alpha values above 0.70 are assumed to be acceptable, values between 0.70 and 0.60 are assumed to be questionable, values between 0.60 and 0.50 are assumed to be poor, and values below 0.50 are assumed to be unacceptable (George & Mallery, 2001, p. 209-217).

Factor analysis: Factor analysis is a statistical method for clustering the items which measure the same construct within a test. Interpreting the clusters (factors, or components) provides the researcher with naming them and grasping what entities are assessed by the test (Stevens, 2002, p. 386).

3.6 Assumptions

1. The ratio of cases to variables with at least 5 to 1 is enough for statistical analyses (Schwab, 2005).
2. Subjects who took the FMTRR and the FMTTT were completely sincere in answering the questions.

CHAPTER 4

RESULTS

In this chapter, the results of the study are presented mainly in two sections, respectively analysis of the FMTRR and analysis of the FMTTT.

4.1 Analysis of Force and Motion Requesting Reasons

The FMTRR was administered to 79 eleventh grade students in the purpose of determining which alternatives to keep on the first tiers of the FMTTT and in the purpose of determining the alternatives of the second tiers of the FMTTT. For these purposes, student answers and reasons for each item were categorized according to their similarities in meaning (see Appendix F). Table 4.1 was prepared to compare response frequencies of the FMTRR and the 1992-version of the FCI, which was reported in Hestenes et al. (1992). It can be seen that most of the percentages are consistent with the percentages of the FCI. For example, item 1 in the FMTRR is the same as item 2 in the FCI. When the percentages of alternative selections are examined, very similar values attract attention. In addition, items 2 and 11 on the FMTRR were not in the 1992-version of the FCI (they had been culled from the 1995-version of the FCI), so comparison could not be done. Investigation of Table 4.1 helped the researcher decide which alternatives to retain or remove from the FMTRR in the purpose of

writing the items of the FM TTT. It must be also emphasized that answers which were given in “F” alternatives (blank alternatives) were mostly because of either deficient reasoning or misunderstanding of the items. That is, they were not used in alternative writing.

Table 4.1 Force and Motion Test Requesting Reasons Response Frequencies vs. Force Concept Inventory Response Frequencies

	ITEM NO		PERCENTAGES OF ALTERNATIVES										
	FMTRR	FCI 92	A		B		C		D		E		F
			FMTRR	FCI	FMTRR	FCI	FMTRR	FCI	FMTRR	FCI	FMTRR	FCI	FMTRR
ITEMS	1	2	61	76	3	2	1	1	3	1	10	20	8
	2	-	9	-	4	-	24	-	5	-	10	-	-
	3	10	28	28	16	65	4	6	1	1	5	1	8
	4	5	8	3	49	25	6	62	1	10	1	1	1
	5	6	15	34	33	38	0	3	3	7	14	18	4
	6	8	19	31	3	6	14	14	29	31	6	19	4
	7	9	5	10	15	51	11	25	9	8	4	3	1
	8	13	6	9	13	12	35	71	4	8	0	0	-
	9	14	22	39	0	5	13	43	6	8	6	3	-
	10	18	30	60	4	9	0	4	5	12	5	18	-
	11	-	0	-	5	-	5	-	10	-	4	-	4
	12	24	0	8	10	21	9	23	4	29	5	20	1
	13	25	1	20	10	38	4	8	19	27	4	7	-
	14	26	4	9	5	32	0	29	13	5	1	18	3
	15	11	0	2	6	28	4	7	23	50	6	13	-
	16	22	0	2	0	5	4	10	8	3	18	82	-

Table 4.2 shows the alternatives that were not used in the FM TTT because either those alternatives are not used for assessing a misconception on the FCI or they are not frequently-selected. In the table, any comparison is not done for item 2 in the FM TTT because it was from the 1995-version of the FCI. So, all alternatives of item 2 were used in the FM TTT. Item 11 was again from the 1995-version of the FCI. However, its “A” alternative was not chosen by any students on the FM TTT. So, that alternative was not used as a distracter in the FM TTT.

Table 4.2 Alternatives not used in the FMTTT

FMTTT	FCI- 92	Deleted Alternatives
1	2	B, C
2	-	-
3	10	D, E
4	5	A, E
5	6	C, D
6	8	B, E
7	9	A, E
8	13	D, E
9	14	B, D
10	18	C, E
11	-	A
12	24	A
13	25	C, E
14	26	C, E
15	11	A, C
16	22	A, B

4.2 Analysis of Force and Motion Three Tier Test

The FMTTT data from 188 (after 19 cases were removed from the analyses due to frequent missing values) were analyzed for establishing the content and construct validity, estimating reliability, item analysis and assessing misconceptions.

4.2.1 Validity and Reliability of Force and Motion Three-Tier Test

Because the validity and the reliability of the FCI were reported by Hestenes et al. (1992) and the questions in the FMTTT were adapted from the FCI, the FMTTT also can be thought to be a valid and reliable test. Although there is such an expectation about the validity and the reliability of the FMTTT, some additional evidence was also investigated.

For answering the first sub-problem of the study, correlation between scores-2 and confidence levels was firstly estimated and the related scatter plot was depicted (Table 4.3 and Figure 4.1). A significant correlation was expected between confidence levels and scores-2 because high scorers are expected to be more confident in general (Çataloğlu, 2002). However, in spite of a positive correlation (0.109), a significant correlation could not be observed.

Table 4.3 Correlation between Confidence Levels and Scores-2

		Scores-2
Confidence Levels	Pearson Correlation	.109
	Sig. (2-tailed)	.135
	N	188

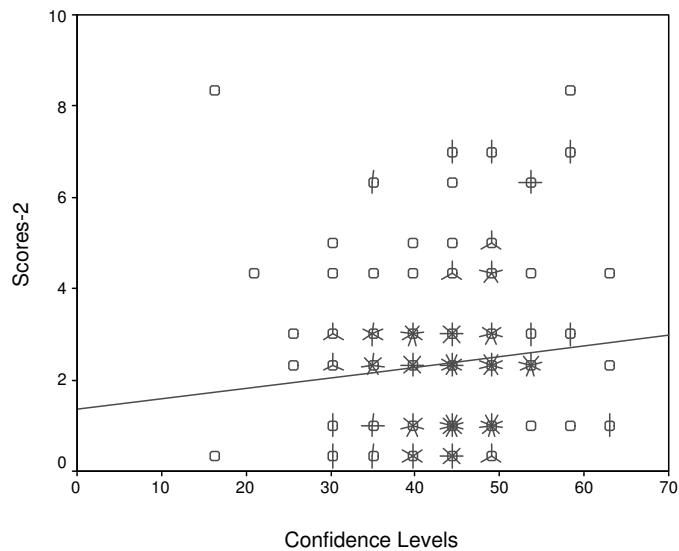


Figure 4.1 Scatter plot of Scores-2 vs. Confidence Levels

The scatter plot shows that a group of students scored from 30 to 50 in confidence levels have quite low scores in scores-2 (1 or lower). In other words, very low scorers claim themselves to be moderate confident. This may be due to their very strongly held misconceptions.

Also, the correlation between confidence levels and misconceptions-2 was sought and again the related scatter plot was depicted (Table 4.4 and Figure 4.2). In this case, a positive and significant correlation was observed between misconceptions-2 and confidence levels.

Table 4.4 Correlation between Confidence Levels and Misconceptions-2

		Misconceptions-2
Confidence Levels	Pearson Correlation	.325**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	188

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

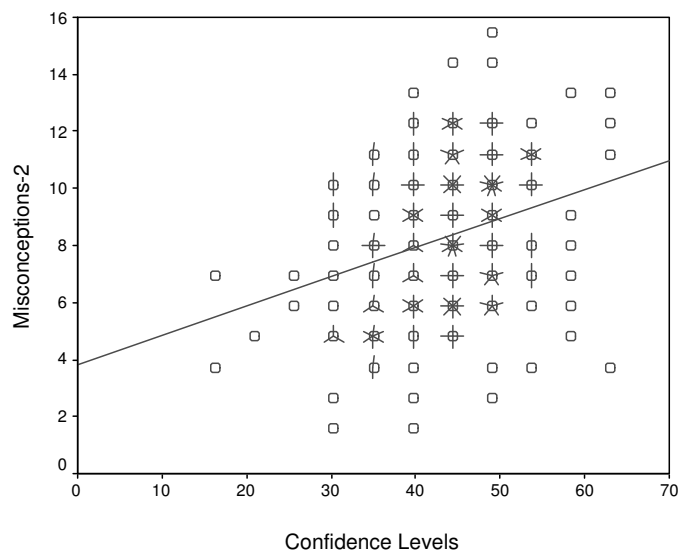


Figure 4.2 Scatter plot of Misconceptions-2 vs. Confidence Levels

The scatter plot in Figure 4.2 shows that students with quite high misconception scores are moderate confident. This finding supports the claim that students have very strongly held misconceptions about force and motion. If they had not been confident for their misconceptions which are based on incorrect answers, then their incorrect answers would have been due to lack of knowledge. To sum up, these findings may be assumed to support the nature of the FMTTT with being a misconception test.

Furthermore, several factor analysis were conducted using variables such as scores-1, scores-2, scores-3, misconceptions-1, etc. for revealing the construct of the FMTTT.

Hestenes et al. (1992) reported a table showing the Newtonian concepts assessed in the FCI. In this study, using that table a similar table was prepared for showing the Newtonian concepts assessed in the FMTTT (Table 4.5). However, because items 2 and 11 were not in the 1992-version of the FCI, those items placed into the table by the researcher.

Table 4.5 Newtonian Concepts in Force and Motion Three Tier Test

	Test Item
1. First Law	(3.1c, 3.2b, 3.3 a/b), (5.1b, 5.2c, 5.3a/b), (6.1a, 6.2b, 6.3a/b), (10.1b, 10.2c, 10.3a/b), (14.1b, 14.2a, 14.3a/b)
2. Second Law	(5.1b, 5.2c, 5.3a/b), (12.1d, 12.2b, 12.3a/b), (13.1b, 13.2c, 13.3a/b)
3. Third Law	(1.1b, 1.2a, 1.3a/b), (8.1a, 8.2c, 8.3a/b), (9.1a, 9.2b, 9.3a/b), (15.1c, 15.2c, 15.3a/b), (2.1b, 2.2d, 2.3a/b), (11.1a, 11.2d, 11.3a/b)
4. Kinds of Force	(4.1c, 4.2a, 4.3a/b), (7.1c, 7.2b, 7.3a/b)

For answering the second sub-problem of the study, several factor analyses were conducted. Factor analysis with scores-3 yielded Table 4.6. All communality values which are the explained proportions of item

variances were about or above 0.50, and the cumulative explained variance was about 55%. This table is consistent with Table 4.5 except items 6, 10, and 14. Utilizing Table 4.5, the first factor can be named “Kinds of Force”, the second and the third factors can be named “Third Law,” the fourth factor can be named “Second Law,” and the fifth factor can be named “First Law.”

Table 4.6 Rotated Component Matrix from Factor Analysis of Scores-3

	Component				
	1	2	3	4	5
I4	.834	-.031	-.033	-.081	-.036
I7	.680	-.023	.037	-.119	-.184
I14	.613	.071	-.026	.209	.119
I2	-.083	.722	-.044	-.112	-.167
I1	-.074	.689	.168	.116	.153
I15	.340	.629	.110	.201	-.159
I10	.438	.445	.044	.078	.204
I9	-.003	.094	.731	-.075	-.179
I8	.017	.176	.722	.116	-.064
I11	-.031	-.222	.524	-.295	.284
I12	.157	.173	-.003	.675	.099
I13	-.112	-.259	.203	.610	-.353
I6	-.078	.070	-.177	.592	.228
I3	-.057	-.090	-.205	.136	.634
I5	.017	.065	.539	.022	.633

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Factor Analysis with misconceptions-3 was conducted so as to reveal the relationships between misconceptions assessed in the FMTTT. However, almost all of the communality values below 0.50. Also, the cumulative explained variance was only 45%.

And, the yielded rotated component matrix is given in Table 4.7. Because of the reasons mentioned above, unsurprisingly, interpreting these factors is very difficult. Impetus misconceptions 1, 2, and 4 (I1, I2, and I4)

loaded into the same factor. However, “Force causes acceleration to terminal velocity” (AF6) and “Largest force determines motion” (CI1) entered in the first factor as well. So, the first factor’s name can be “impetus”, but it does not cover all variables in the factor. And, there is no any rationale for naming the second factor because unrelated misconceptions are in this factor. The last factor can be named “Active Force,” however; this name is not related to “Force compromise determines motion” (CI2).

Table 4.7 Rotated Component Matrix from Factor Analysis of Misconceptions-3

	Component		
	1	2	3
CI1	.637	.041	-.007
AF6	.635	.093	.171
I2	.631	.120	-.278
I1	.565	-.082	-.079
I4	.550	.122	.149
I3	.129	.735	.124
CI3	.037	.732	-.236
AR1	.026	.662	.225
CI2	-.064	-.023	.692
AF2	.427	.045	.577
AF1	-.040	.104	.557

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Hestenes and Halloun (1995) reported that factor analysis of test results is associated with the content validity of a test. They had not factor analyzed their FCI data, but they had investigated probabilities of false negatives and false positives. In this study, the FMTTT data gave the

facility of estimating the percentages of false negatives and false positives to the researcher because it is a three-tier test (Kutluay, 2005; Peşman, 2005). In this study, the percentages of false negatives and false positives were also estimated by using the student answers in the first tiers and in the second tiers (answer for sub-problem 3). That is, if a student's answer was wrong in the first tier and correct in the second tier of an item, then it was accepted to be a false negative. If a student's answer was correct in the first tier and wrong in the second tier of an item, then it was accepted to be a false positive. As a result, total number of false negatives and false positives were estimated by Excel and the proportion of them to the total number of student answers gave the percentages of false negatives and false positives. For instance, the total number of false negatives given by 188 students was 165, and the total number of student answers was the product of 188 and 15 (2820) since each student would have at most 15 false negatives (item 16 was removed). As a result, the proportion of 165 to 2820 is the percentage of false negatives. Thus, the percentages of false negatives and false positives were found as 6% and 8%, respectively, and those values are quite satisfactory because Hestenes and Halloun (1995) reported to minimize those values below 10%.

Table 4.8 shows the overall descriptive statistics of scores-3 and misconceptions-3, respectively. First, there were 16 items on the FMTTT. However, item analysis based on scores-3 revealed that item 16 should be removed from the test (see Section 4.2.2). So, as seen in the table, number of test items was 15 instead of 16. The mean of scores-3 was 1.81 and it is very small because the maximum score could be 15. The standard deviation of scores-3 reflects a small variance. Besides, one of the sub-problems was about the reliability coefficients of students' correct scores and misconception scores (sub-problem 4). The reliability of scores-3 is 0.48,

which is an unacceptable value. However, overall descriptive statistics of misconceptions-3 are better. Indeed, its reliability coefficient is 0.62, which is a questionable value.

Table 4.8 Overall Descriptive Statistics

	Scores-3	Misconceptions-3
No of Students	188	188
No of Items / Misconceptions	15	16
Mean	1.81	6.48
Median	1.00	6.00
Standard Deviation	1.69	3.22
Skewness	1.35	-0.015
Kurtosis	1.78	-0.60
Minimum	0.00	0.00
Maximum	8.00	14.00
Reliability (Cronbach Alpha)	0.48	0.62

The histograms of scores-3 and misconceptions-3 make the overall descriptive statistics more comprehensive (Figure 4.3).

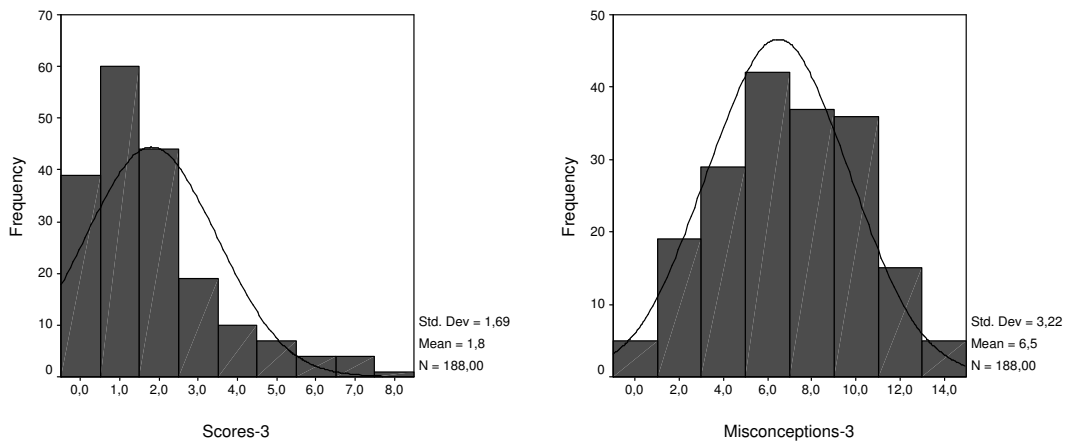


Figure 4.3 Histograms of Scores-3 and Misconceptions-3

The histogram of scores-3 is right skewed and it means that the FM TTT was very difficult for the students. However, the histogram of misconceptions-3 is similar the normal distribution. That is, there are few students who have not any misconceptions or have almost all the misconceptions. Most of the students have a moderate number of misconceptions in general.

4.2.2 Item Analysis

Figure 4.4 shows the percentages of correct responses for only the first tiers, first two tiers, and all three tiers (difficulty levels). The difficulty levels for all three tiers change from 5% to 20%. In other words, all test items seem to be very difficult for the students.

According to the figure, the difference between the mean percentages based on all three-tiers and the first two tiers is 3%, and it is the mean percentage of lack of confidence. The difference between the mean percentages based on first two tiers and only first tiers is 8%, which is the percentage of false positives (sub-problem 5).

When the lack of confidence percentages are examined item by item, then it can be observed that students have high lack of confidence percentages on items 5, 6, 9, and 10 with at least 5%. Items 5, 6, and 10 assess the first law of Newtonian force concept according to Table 4.5, and item 9 assesses the third law. In other words, students have difficulty in understanding the first and the third law of the Newtonian concept (sub-problem 6).

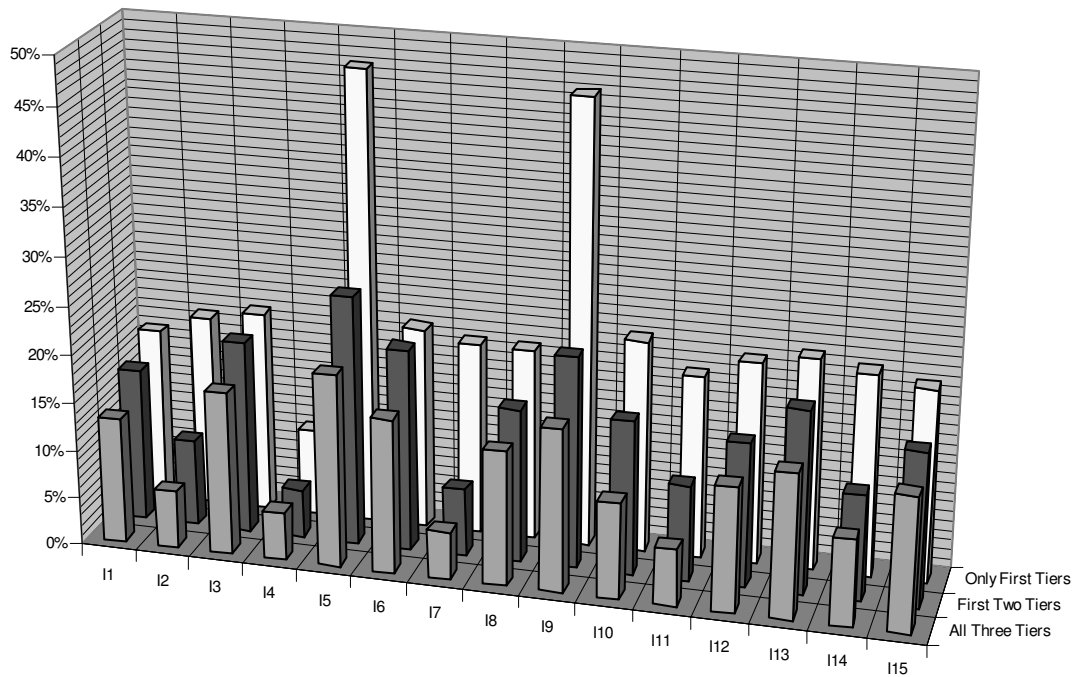


Figure 4.4 Correct Responses in terms of Number of Tiers

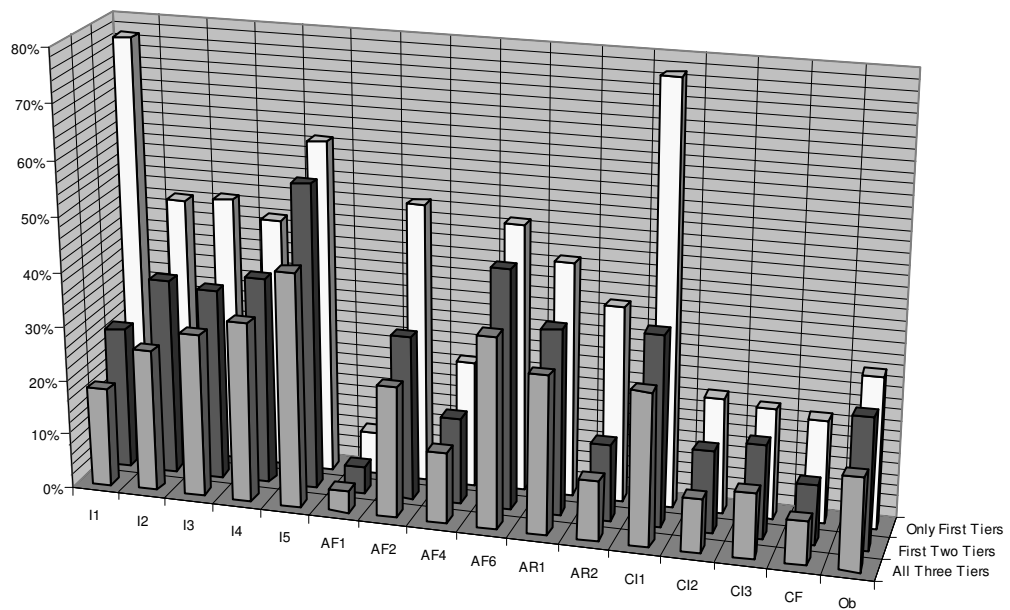
Table 4.9 is the output of the SPSS for item-total correlations. Item-total correlation is a measure of discrimination index. So, negative values are not desired. When the table is examined, items 3, 11, 13, and 16 are observed to be negative. However, deletion of items 3, 11, and 13 affects the construct of the FMTTT. Hence, item 16 was removed from the FMTTT and eliminated from all analyses.

Table 4.9 SPSS Output Showing Item-total Correlations of Scores-3

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item- Total Correlation	Alpha if Item Deleted
I1	1.7327	2.3378	.3258	.3861
I2	1.8317	2.6814	.1288	.4426
I3	1.6931	2.7349	-.0432	.4956
I4	1.8317	2.5814	.2623	.4183
I5	1.6634	2.3655	.2274	.4136
I6	1.6832	2.6586	.0098	.4815
I7	1.8317	2.5814	.2623	.4183
I8	1.8020	2.4804	.3056	.4027
I9	1.7822	2.6721	.0664	.4571
I10	1.7921	2.5063	.2542	.4131
I11	1.8416	2.7947	-.0057	.4647
I12	1.7624	2.4230	.2880	.4007
I13	1.7426	2.7931	-.0693	.4951
I14	1.7921	2.5463	.2104	.4234
I15	1.7327	2.3378	.3258	.3861
I16	1.8515	2.8677	-.1026	.4767

4.2.3 Misconception Assessment

Figure 4.5 shows the graph of percentages of misconceptions based on all three tiers, first two tiers, and only the first tiers. The difference between the mean percentages based on misconceptions assessed in terms of all three tiers and the first two tiers is 6%, and it is the mean percentage of lack of knowledge. The difference between the mean percentages of the first two tiers and only the first tiers is 14%, and it is the error percentage in assessing the misconceptions. Indeed, 6% of it is the percentage of false negative, and the rest is the percentage of inconsistent answers (sub-problem 7).



	I1	I2	I3	I4	I5	AF1	AF2	AF4	AF6	AR1	AR2	CI1	CI2	CI3	CF	Ob	MEAN
All Three Tiers	18%	26%	30%	33%	43%	4%	24%	13%	35%	29%	11%	28%	10%	12%	8%	17%	21%
First Two Tiers	26%	36%	35%	38%	56%	5%	30%	16%	44%	34%	14%	35%	15%	17%	11%	24%	27%
Only First Tiers	77%	48%	49%	46%	61%	8%	51%	23%	49%	43%	36%	77%	21%	20%	19%	28%	41%

MISCONCEPTIONS	
Impetus	Action Reaction Pairs
I1: Impetus supplied by hit	AR1: Greater mass implies greater force
I2: Loss/ Recovery of original impetus	AR2: Most active agent produces greatest force
I3: Impetus dissipation	Concatenation of Influences
I4: Gradual/ delayed impetus build- up	CI1: Largest force determines motion
I5: Circular impetus	CI2: Force compromise determines motion
Active Force	CI3: Last force to act determines motion
AF1: Only active agents exert force	Other Influences on Motion
AF2: Motion implies active force	CF: Centrifugal force
AF4: Velocity proportional to applied force	Ob: Obstacles exert no force
AF6: Force causes acceleration to terminal velocity	

Figure 4.5 Misconceptions in terms of Number of Tiers

When the percentages of lack of knowledge are examined according to each misconception, then it is observed that “Loss/recovery of original impetus” (I2) and “circular impetus” (I5) are less strongly held among students because their percentages are bigger than the others’ percentages. In other words, if a student selects the choices indicating a misconception and says “I am not sure”, it means that s/he does not insist on the misconception s/he holds. So, high percentages of lack of knowledge in this graph indicate less strongly held misconceptions (sub-problem 8). The percentages of misconceptions according to all three tiers show that impetus misconception is the most common misconception (I2, I3, I4, and I5). In addition, percentages of “only active agents exert force” (AF1) and “centrifugal force” (CF) are less than 10%. That is, they are not common among students.

4.2.4 Summary of Results

In this section, it seems to be necessary to summarize the results in the purpose of presenting the answers of the sub-problems of this study. In short, the sub-problems and their answers are as follow:

Sub-problem 1 (Is there a significant correlation between students’ correct scores based on first two tiers and confidence levels?): A possible positive and significant correlation was investigated between scores-2 and confidence levels. However, a positive but non-significant value was found as 0.109. In addition, the correlation between misconceptions-2 and confidence levels was estimated as well, and it was found to be a significant value, 0.325.

Sub-problem 2 (Will any factors be obtained when students' correct scores based on all three tiers and misconception scores based on all three tiers are factor analyzed?): Factor analysis of scores-3 yielded quite logical factors. Only 3 of 15 items could not be explained in the factors they loaded. Factor analyses based on misconception scores (misconceptions-1, misconceptions-2, and misconceptions-3) yielded no interpretable factors.

Sub-problem 3 (What are the percentages of false negatives and false positives for students' correct scores?): Percentages of false negatives and false positives were estimated with the advantage of using a three-tier test. Percentages of false negatives and false positives were 6% and 8%, respectively.

Sub-problem 4 (What are the reliability coefficients based on students' correct scores and misconception scores based on all three tiers?): The Cronbach alpha reliability coefficients were estimated as 0.48 and 0.62 for scores-3 and misconceptions-3, respectively.

Sub-problem 5 (How does the percentage of students giving correct answer(s) change with respect to the number of tiers of the test?): The difference between the mean percentages based on all three-tiers and the first two tiers is 3% in Figure 4.4, which is based on correct scores, and it is the percentage of lack of confidence. The difference between the mean percentages based on the first two tiers and only the first tiers is 8%, and it is the percentage of false positives.

Sub-problem 6 (What are the percentages of lack of confidence in average and for each item?): When the lack of confidence percentages are examined item by item in Figure 4.4, then it can be observed that students have high lack of confidence percentages on items 5, 6, 9, and 10 with at least 5%. Items 5, 6, and 10 assess the first law of Newtonian force concept according

to Table 4.5, and item 9 assesses the third law. In other words, students have difficulty in understanding the first and third law of the Newtonian concept.

Sub-problem 7 (How does the percentage of students having a misconception change in terms of the test?): The difference between the mean percentages of misconceptions based on all three tiers and the first two tiers is 6% in Figure 4.5, and it is the mean percentage of lack of knowledge. The difference between the means of percentages of the first two tiers and only the first tiers is 14%, and it is the error percentage in assessing the misconceptions. Also, 6% of it is the percentage of false negative, and the rest is the percentage of inconsistent answers.

Sub-problem 8 (What are the percentages of lack of knowledge in average and for each misconception?): When each percentage of lack of knowledge is examined according to each misconception in Figure 4.5, then it is observed that “Loss-recovery of original impetus” (I2) and “circular impetus” (I5) are less strongly held among students because their percentages are bigger than the others’. In other words, if a student selects the choices indicating a misconception and says “I am not sure”, it means that s/he does not insist on the misconception s/he holds. So, high percentages of lack of knowledge in that graph indicate less strongly held misconceptions.

CHAPTER 5

CONCLUSIONS, DISCUSSION, AND IMPLICATIONS

This chapter of the study is presented by means of seven sections. The first section is about the overview of the study. In the second section, conclusions from the study are presented. Discussion of the results is given in the third section. Internal and external validity are accounted for in the fourth and fifth sections, respectively. The sixth section presents the implications of the study, and finally the recommendations for further research is included in the last section.

5.1 Overview of the Study

The main purpose of this study was to develop a three-tier test for assessing high school students' misconceptions concerning force and motion. The developed test was administered to 207 eleventh-grade students in Polatli, the biggest outlying district of capital Ankara, and the data from 188 students were the basis of this study. To sum up, this study is a cross-sectional survey study.

Lots of research studies have agreed that studying student misconceptions, which interfere students with learning concepts properly, is very important because it enables instructors to be aware of their

students' learning difficulties. Assessing student misconceptions validly and reliably is also very important, and the importance of three-tier tests comes out at this point.

5.2 Conclusions

A possible positive and significant correlation was investigated between scores-2 and confidence levels. However, a positive but non-significant value was found as 0.109. In addition, the correlation between misconceptions-2 and confidence levels was estimated as well, and it was found to be a significant value, 0.325. It may be concluded that students claimed themselves to be confident enough about the misconceptions they hold. This may be evidence of that students' misconceptions are quite strongly held and they were assessed properly by the FMTTT. In other words, such a result may be a feature of properly working misconception tests.

Factor analysis of scores-3 yielded quite logical factors. Only 3 of 15 items could not be explained in the factors they entered. To conclude, the items in the FMTTT were selected in the purpose of assessing four dimensions of Newtonian concept (see Table 4.5) and the factor analysis revealed that those items in general assessed properly what they had been intended to assess. To sum up, this is evidence of content validity. Percentages of false negatives and false positives were estimated and they were 6% and 8%, respectively. This may be another evidence of content validity because it is a sign of that students found their reasoning among the choices of the FMTTT.

The Cronbach alpha reliability coefficients were estimated as 0.48 and 0.62 for scores-3 and misconceptions-3, respectively. In other words, at

least 48% of variance in scores-3 is due to the variance in students' correct scores and at least 62% of variance in misconceptions-3 is due to the variance in students' true misconception scores. In conclusion, the FM TTT assesses student misconceptions more reliably than student achievement in force and motion.

The difference between the means of percentages based on all three-tiers and first two tiers is 3% in Figure 4.4, and it is the percentage of lack of confidence. The difference between the means of percentages based on first two tiers and only first tiers is 8%, which is the percentage of false positives. That is, one-tier tests overestimate student-scores with respect to two-tier tests because they cannot eliminate the correct answers with incorrect reasons (false positives). Two-tier tests can achieve it, but they still overestimate the student-scores because they cannot eliminate the given correct answers in spite of lack of confidence. In short, three-tier tests can assess the student-scores with more accuracy. That is, they are more valid.

When the lack of confidence percentages are examined item by item in Figure 4.4, students have high lack of knowledge percentages on items 5, 6, 9, and 10 with 5 or more percent. Items 5, 6, and 10 assess the first law and item 9 assesses the third law of Newtonian force concept according to Table 4.5. In other words, students have difficulty in understanding the first and third law of the Newtonian concept.

The difference between the means of percentages of misconceptions based on all three tiers and first two tiers is 6% in Figure 4.5, and it is the mean percentage of lack of knowledge. The difference between the means of percentages of the first two tiers and only the first tiers is 14%, and it is the error percentage in assessing the misconceptions. Also, 6% of it is the percentage of false negative, and the rest is the percentage of inconsistent answers. These results indicate that three-tier tests are more valid because

three-tier tests can eliminate both errors and lack of knowledge from true misconception scores.

When the percentages of lack of knowledge are examined according to each misconception in Figure 4.5, then it is observed that “Loss/recovery of original impetus” (I2) and “circular impetus” (I5) are less strongly held among students because their percentages are bigger than the others’ percentages. In other words, if a student selects the choices indicating a misconception and says “I am not sure”, it means that s/he does not insist on the misconception s/he holds. So, high percentages of lack of knowledge in this graph indicate less strongly held misconceptions.

5.3 Discussion of the Results

Çataloğlu (2002) developed a three-tier test for assessing students’ understanding of core concepts of introductory quantum mechanics. The last version was administered to 146 students. The sample was drawn by students who were at the Pennsylvania State University and Arizona State University. In short, the researcher investigated the correlation between confidence levels and student scores and a significant correlation coefficient, 0.49, was found for the whole sample. Kutluay (2005) and Peşman (2005) also estimated the correlation coefficients using their three-tier test results and both of the researchers found significant and positive coefficients (0.329 and 0.508 respectively). In conclusion, similar research studies in the literature revealed positive and significant correlation coefficients between student scores and their confidence levels based on their responses on the third tiers. Nevertheless, in this study, a positive but non-significant correlation coefficient (0.109) was estimated between student scores (scores-2) and their confidence levels. On the other hand, a

positive and significant correlation coefficient was estimated between misconceptions-3 and the confidence levels. This finding conflicts with the findings of the other research studies, but this may be a property of misconception tests.

The most attractive discussion in the literature is perhaps the use of factor analysis for construct validity. Heller and Huffman (1995) conducted a factor analysis for investigating what the FCI actually measures. They claimed that complete attention must be paid for interpreting FCI results because the factor analysis yielded no acceptable factors and it reveals question marks about what it actually measures. Hestenes and Haloun (1995) suggested conducting factor analysis with successful students FCI results for obtaining acceptable factors. In this study, that suggestion was not ignored, and not only the whole data was factor analyzed but also the data of students whose scores-3 were above the mean (about 2) was factor analyzed. In the end, the whole data yielded interpretable factors, whereas the successful students' data yielded no interpretable factors.

Hestenes and Halloun (1995) also emphasized that using factor analysis for understanding what a test measures is associated with the content validity of a test. They said that they had not conducted factor analysis but they had investigated the probabilities of false positives and false negatives for content validity concerns. They claimed the probabilities of false negatives to be less than 10% conducting some follow-up interviews. They informed that it is however more difficult to minimize the probabilities of false positives because students have a chance of giving their answers randomly in multiple choice tests. Kutluay (2005) and Peşman (2005) estimated the percentages of false negatives and false positives with the advantage of using three-tier tests. Kutluay (2005) found the percentages of false negative and false positives to be 3% and 28%,

respectively. Peşman (2005) found 11% and 17%, respectively. The percentages were estimated in this study, too. They were found to be 6% and 8%, respectively. Both of the values are below 10%. This may be due to that the FMTTT is based on the FCI whose false negatives and false positives were reported to be small enough. Briefly, the percentages support the content validity of the FMTTT.

About the mean percentages of misconceptions in terms of only the first tiers, first two tiers, and all three tiers, there are several research studies in the literature (Eryılmaz & Sürmeli, 2002; Kutluay, 2005; Peşman, 2005). Table 5.1 summarizes the findings of those research studies about the percentages of misconceptions based on the number of tiers of the test.

Table 5.1 Mean Percentages of Misconceptions based on Numbers of Tiers

	Eryılmaz and Sürmeli, 2002	Kutluay, 2005	Peşman, 2005	In this study
The first tiers	46%	19%	24%	41%
First two tiers	27%	13%	14%	27%
All three tiers	18%	10%	9%	21%
Difference between first two tiers and the first tiers	19%	6%	10%	14%
Difference between all three tiers and first two tiers	9%	3%	5%	6%

Subtraction of the percentage of all three tiers from the percentage of first two tiers gives the percentage of lack of knowledge and subtraction of the percentage of first two tiers from the percentage of only the first tiers gives the percentage of errors (Assessing all incorrect answers as misconceptions although some are not). According to the table, the percentages of lack of knowledge range from 3% to 9% and the percentages of errors range from 6% to 19%. To conclude, it can be said that one-tier tests and two-tier tests overestimate the percentages of misconceptions as Griffard and Wandersee (2001) reported.

Table 5.2 summarizes the percentages of students' correct answers in terms of only the first tiers, first two tiers, and all three tiers. In other words, this table indeed summarizes the difficulty levels according to the number of tiers of the test. In this table, subtraction of the percentage of all three tiers from the percentage of the first two tiers gives the percentage of lack of confidence and subtraction of first two tiers from only the first tiers gives the percentage of errors (false positives).

Table 5.2 Mean Percentages of Scores based on the Number of Tiers

	Kutluay, 2005	Peşman, 2005	In this study
The first tiers	45%	48%	23%
First two tiers	17%	31%	15%
All three tiers	13%	25%	12%
Difference between first two tiers and the first tiers	28%	17%	8%
Difference between all three tiers and first two tiers	4%	6%	3%

In the table, the percentages of lack of confidence range from 3% to 6%. And, the percentages of errors range from 8% to 28%. It can be again concluded that one-tier and two-tier tests overestimate the percentages of correct answers, too.

Kutluay (2005) and Peşman (2005) estimated the Cronbach alpha reliability coefficients using correct scores to be 0.55 and 0.69, respectively. And, they found very small coefficients for misconception scores (0.28 and 0.33). That is, the researchers found higher reliability coefficients using correct scores. However, in this study, the Cronbach reliability coefficients found to 0.48 and 0.62 for correct scores and misconception scores. In other words, assessing misconceptions seems to be more reliable than assessing correct scores with the FMTTT.

5.4 Internal Validity

Internal validity of a research study is associated with if the causes of outcomes are due to the independent variables of the study or due to not expectable independent variables (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 383). Only location and instrumentation may threaten the internal validity of this study.

In the analysis of student responses to the FMTRR could cause fatigue of the scorer and thus affecting the outcomes. However, categorization was done slowly and took a week, so the threat of instrumentation was tried to be controlled.

Location is another possible threat for internal validity because the outcomes of the FMTRR and the FMTTT could be affected by the conditions of the location in which the instruments were administered. However, the instruments were administered to subjects in their classrooms and there were no any remarkable differences between them. Thus, the possible threat of the location was minimized.

5.5 External Validity

External validity of a study is about the generalizability of the outcomes. External validity can be classified as population validity and ecological validity. Population validity is about the generalizability of outcomes to a population. And, ecological validity is about the generalizability of outcomes to other settings or conditions (Fraenkel & Wallen, 1996, p. 106).

The sample of this study included more than 10% of the eleventh grade students in Polatlı. So, the findings of this study can be generalized to the accessible population.

However, the outcomes of the study can be generalized to other populations like Polatlı with great caution because subject characteristics may vary among different populations due to some differences such as socioeconomic status, ethnicity, etc.

5.6 Implications of the Study

There are several implications according to the findings of this study. They can be as follow:

1. When the student answers for the FMTRR were being categorized, it was observed that students used some Newtonian concepts such as force, velocity, weight, mass, etc. interchangeably. So, teachers should pay attention to that their students understand the concepts correctly.
2. The Cronbach alpha reliability coefficient of the FMTTT was 0.62 for misconceptions-3. That is, at least 62% of the distribution of misconception scores is due to the distribution of true misconception scores. In other words, the FMTTT can be used for assessing students'

misconceptions about force and motion. This will enable the teachers to be aware of their students' misconceptions and help their students understand the Newtonian concepts.

3. The Cronbach alpha of scores-3 was 0.48. That is, the FMTTT does not seem to be reliable for assessing students' achievement in Newtonian concept. In other words, the FMTTT should be avoided to use as an achievement test.
4. The investigation of students' percentages of lack of confidence shows that students have difficulty in understanding the first and the third laws of Newtonian concept. That is, teachers should present more examples from daily life experiences. In addition, curriculum developers or textbook writers should pay attention to that point as well.
5. The investigation of students' percentages of lack of knowledge shows that almost all of the misconceptions assessed in this study are strongly held by the students. So, teachers should pay special attention for overcoming students' misconceptions.
6. Three-tier tests seem to be more valid with respect to one-tier or two-tier tests. Therefore, researchers ought to prefer three-tier tests for their research studies.
7. Test developers should pay attention to assess as few misconceptions as possible in their study so that they can use 3-5 items for assessing each misconception. This may contribute to their misconceptions scores' reliability.

5.7 Recommendations for Further Research

Recommendations for further studies can be listed as follow:

1. So as to establish the ecological validity, far larger sample can be drawn.
2. According to the related literature and this study, there are no any standard reliability coefficients for misconception scores. So, the reliability coefficient 0.62 cannot be interpreted very well. A research study can be carried out in the purpose of determining standard reliability coefficients based on misconception scores.
3. Three-tier tests can be used more validly and reliably not only for assessing students' correct conceptions but also for assessing students' misconceptions. Because the reliability coefficient of misconception scores (misconceptions-3) is bigger than the reliability coefficient of true scores (scores-3) in this study, the FMTTT can be thought to be more suitable for assessing student misconceptions. In other words, the FMTTT can be used by teachers and researchers for assessing students' misconceptions concerning force and motion.
4. Because of the limited number of three-tier tests on physics topics, many three-tier tests are needed to be developed on different physics topics such as vectors, electrostatics, waves, pressure, simple harmonic motion, and so on.
5. Test developers on different subjects such as chemistry, biology, or mathematics are also needed to develop three- tier tests for assessing students' conceptions and misconceptions on their subjects.

REFERENCES

- Aubrecht, G. J., & Aubrecht, J. D. (1983). Constructing objective tests. *American Journal of Physics* 51(7), 613-620.
- Ausubel, D. F. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- Boeha, B. B. (1990). Aristotle, alive and well in Papua New Guinea science classrooms. *Physics Education*, 25, 280-283.
- Brown, D. E. (1989). Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, 353-358.
- Çataloğlu, E. (2002) *Development and validation of an achievement test in introductory quantum mechanics: The quantum mechanics visualization instrument (QMVI)*,
<http://etda.libraries.psu.edu/theses/approved/WorldWideIndex/ETD-145/>, Last accessed date July 30, 2005.
- Chen, C. C., Lin, H. S., & Lin, M. L. (2002). Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students' understanding-the formation of images by a plane mirror. *Proc. Natl. Sci. Council*. 12(3),106-121.

- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.
- Clement, J, Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions finding "anchoring conceptions" for grounding instruction on the students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.
- Coombe, C., & Hublely, N. (n.d). *Creating effective classroom tests*, <http://taesig.8m.com/createcon.html>, Last accessed date December 5, 2005.
- Eryılmaz, A., & Sürmeli, E. (2002). Üç-aşamalı sorularla öğrencilerin ısı ve sıcaklık konularındaki kavram yanlışlarının ölçülmesi., <http://www.fedu.metu.edu.tr/ufbmek-5/>, Last accessed date May 29, 2004.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (1996). *How to design and evaluate research in education*. McGraw-Hill, Inc.
- Gamble, R. (1989). Force. *Physics Education*, 24, 79-82.
- George, D., & Mallery, P. (2001). *SPSS for windows*. Allyn and Bacon-Boston.
- Gilbert, J. K. (1977). The study of student misunderstandings in the physical sciences. *Research in Science Education*, 7, 165-171.
- Green, S. B., & Salkind, N. J. (2005). *Using SPSS for windows and macintosh: analyzing and understanding Data*. Pearson Prentice Hall-New Jersey.

- Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: what does it diagnose? *International Journal of Science Education, 23*(10), 1039-1052.
- Gronlund, N. E., & Linn, R. L. (1990). *Measurement and evaluation in teaching*. New York: Mac Millian Publishing.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985a). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics, 53*(11), 1043-1048.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985b). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics, 53*(11), 1056-1065.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics, 64*(10), 1316-1325.
- Heller, P., & Huffman, D. (1995). Interpreting the force concept inventory. *The Physics Teacher, 33*, 503-511.
- Hestenes, D., & Wells, M. (1992). A mechanics baseline test. *The Physics Teacher, 30*, 159-166.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher, 30*, 141-158.
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher, 33*, 502-506.

- Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1988). *Applied statistics for the behavioral sciences*. Boston: Houghton Mifflin Company
- Huffman, D., & Heller, P. (1995). What does the Force Concept Inventory actually measure? *The Physics Teacher*, 33, 138-143.
- Kutluay, Y. (2005). *Diagnosis of eleventh grade students' misconceptions about geometric optic by a three tier test*. Unpublished Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Marx, J. D. (1998). Creation of diagnostic exam for introductory, undergraduate electricity and magnetism. *Dissertation Abstracts International* (UMI No. 9908686)
- Maloney, D. P. (1984). Rule-governed approaches to physics-Newton's third law. *Physics Education*, 19, 37-42.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naïve beliefs about the motion of objects. *Science*.210(5), 1139-1141.
- McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 24-32.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.

Online Dictionary, <http://dict.die.net>, Last accessed date December 5, 2005.

Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, 15, 376-379.

Peşman, H. (2005). *Development of a three tier test to assess ninth grade students' misconceptions about simple electric circuits*. Unpublished Thesis, Middle East Technical University, Ankara.

Rebello, N. S., & Zollman, D. A. (2004). The effect of alternatives on student performance on the force concept inventory. *American Journal of Physics*, 72(1), 116-125.

Shelley, Y., & Marjan, Z. (2000). Newton, we have a problem. *Australian Science Teachers Journal*, 46(1), 9-17.

Schwab, A. J. (2005). *Solving problems in SPSS*, <http://www.utexas.edu/courses/schwab/>, Last accessed date July 31, 2005.

Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, L. S., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiplechoice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(4), 283-301.

Temizkan, D. (2003). *The effect of gender on different categories of students' misconceptions about force and motion*. Unpublished master

thesis, Middle East Technical University, Ankara.

- Terry, C., Jones, G., & Hurford, W. (1985). Children's conceptual understanding of forces and equilibrium. *Physics Education*, 20, 162-165.
- Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48(12), 1020-1028.
- Tsai, C.-C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 157-165.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understandings insights: student conception research, and changing views of learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48(3), 14-21.
- Watts, D. M., & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16, 360-365.

APPENDIX A

FORCE AND MOTION TEST REQUESTING REASONS

KUVVET VE HAREKET Çoktan Seçmeli Sınav

Bu sınav 16 sorudan oluşmaktadır ve öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki kavramsal başarılarını ölçmek için hazırlanmıştır. Sınav sonuçları ders değerlendirilmesine katılmayacağı için verdiğiniz cevapların sizin kişisel görüşlerinizi yansıtmasına dikkat ediniz. Lütfen aşağıdaki konulara dikkat ediniz.

- (1) Aşağıda verilen kısma cinsiyetinizi işaretleyiniz.
- (2) Bütün sorulara cevap vermeye gayret gösteriniz.
- (3) Verilen cevapların sizin görüşünüzü yansıtmadığını düşünüyorsanız, boş bırakılan seçeneklere kendi cevabınızı yazınız.
- (4) Cevaplarınızın sebeplerini yazmayı unutmayınız.

Teşekkürler.

CİNSİYETİNİZ: Kız Erkek

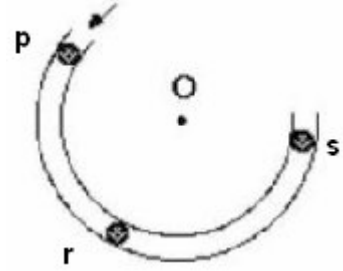
1. Büyük bir kamyon ile ufak bir araba merkezi çarpışma yapıyor. Çarpışma sırasında,

- (A) Kamyon arabaya, arabanın kamyonu uyguladığı kuvvetten daha fazla kuvvet uygular.
- (B) Araba kamyonu, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten daha fazla kuvvet uygular.
- (C) Birbirlerine herhangi bir kuvvet uygulamazlar, araba kamyonun önüne çıktığından dolayı parçalanır.
- (D) Kamyon arabaya kuvvet uygular, araba kamyonu kuvvet uygulamaz.
- (E) Araba kamyonu, kamyon arabaya aynı büyüklükte kuvvet uygular.
- (F)

Cevabımın sebebi:

SONRAKİ İKİ SORUYU (2 ve 3) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Yandaki şekil "O" merkezli çemberin bir parçası biçimindeki sürtünmesiz bir tüpü göstermektedir. Tüp, sürtünmesiz yatay bir masa üzerine sabitlenmiştir. Masaya yukarıdan bakılmaktadır. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. Bir top yüksek hızla "p" ucundan tüp içine fırlatılır ve "s" ucundan dışarı çıkar.



2. Top "r" noktasındayken, aşağıdaki sabit kuvvetleri dikkate alınız.

- 1) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti
- 2) "r" den "O" ya doğru tüpün uyguladığı kuvvet
- 3) Topun hareketi doğrultusunda bir kuvvet
- 4) "O" dan "r" ye doğru bir kuvvet

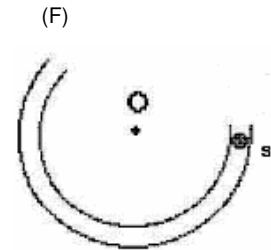
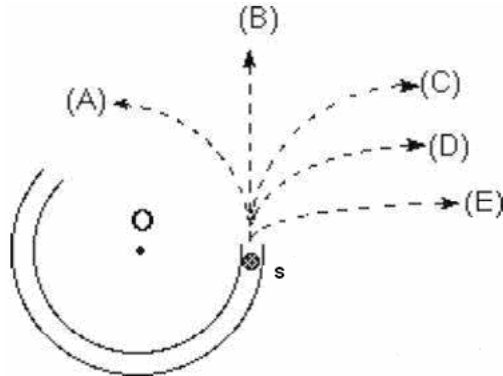
Yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) top "r" noktasındayken sürtünmesiz tüp içindeki topa etkimektedir?

- (A) Yalnız 1
- (B) 1 ve 2
- (C) 1 ve 3
- (D) 1, 2 ve 3
- (E) 1,3 ve 4

(F)

Cevabımın sebebi:

3. Aşağıdaki şekilde top "s" ucunda tüpten çıkıp sürtünmesiz masa üzerinde hareket ederken, hangi yolu izler? Bunlardan biri size uymuyorsa (F) şıkında şekil üzerinde siz çiziniz.



Cevabımın sebebi:

4. Bir çocuk, çelik bir topu, dikey olarak yukarıya doğru fırlatıyor. Topun çocuğun elinden ayrıldıktan sonraki fakat yere değmeden önceki hareketini göz önünde bulundurun ve havanın uyguladığı kuvvetleri ihmal edin. Bu koşullarda, topun üzerine etkiyen kuvvet(ler):
- (A) Aşağıya doğru bir yerçekim kuvveti ile beraber, yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvettir.
 (B) Top, çocuğun elinden çıktıktan sonra tepe noktasına ulaşmaya kadar yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvet; düşerken cisim yere yaklaştıkça sürekli artan yerçekimi kuvvetidir.
 (C) Top, tepe noktasına ulaşana kadar aşağı doğru hemen hemen sabit yerçekimi kuvveti ile beraber yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvet ve düşerken sadece aşağı doğru sabit yerçekimi kuvvetidir.
 (D) Sadece dikey, aşağı doğru, neredeyse sabit yerçekimi kuvvetidir.
 (E) Yukarıdakilerin hiçbiridir. Top, yeryüzü üzerinde, hareketsiz kalma doğal eğiliminden dolayı yere düşer.
 (F)

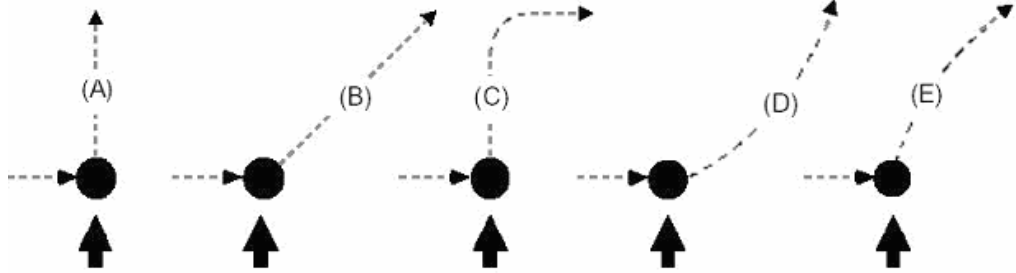
Cevabımın sebebi:

SONRAKİ ÜÇ SORUYU (5'TEN 7'YE KADAR) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

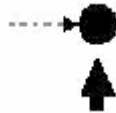
Aşağıdaki şekilde, sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit V_0 hızıyla düz bir çizgi üzerinde "a" noktasından "b" noktasına doğru kaymakta olan bir Hokey diski görülmektedir. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. Diske kuşbakışı bakılmaktadır. Disk "b" noktasına ulaştığı anda kalın ok yönünde hızlı bir vuruşa maruz kalır. Eğer disk "b" noktasında hareketsiz olsaydı, vuruş diski vuruş yönünde V_k hızıyla harekete başlatırdı.



5. Vuruştan sonra disk, aşağıdaki yollardan hangisini en yakın izleyecektir? Bunlardan biri size uymuyorsa (F) şıkında şekil üzerinde siz çiziniz.



(F)



Cevabımın sebebi:

6. Beşinci soruda seçmiş olduğunuz sürtünmesiz yolda, diskin vurulduktan sonraki hızı:

- (A) Sabittir.
- (B) Sürekli artar.
- (C) Sürekli azalır.
- (D) Bir süre için artar ve sonra azalır.
- (E) Bir süre için sabit kalır ve sonra azalır.
- (F)

Cevabımın sebebi:

7. Beşinci soruda seçmiş olduğunuz sürtünmesiz yolda, vuruştan sonra diske etkiyen başlıca kuvvet(ler):

- (A) Aşağı doğru yer çekimi kuvvetidir.
- (B) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.
- (C) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti, yukarıya doğru yüzey tarafından etkiyen bir kuvvet ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.
- (D) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti ve yukarıya doğru yüzey tarafından bir kuvvettir.
- (E) Hiçbiridir. (Cisme hiçbir kuvvet etkimez).
- (F)

Cevabımın sebebi:

SONRAKİ İKİ SORUYU (8 ve 9) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Büyük bir kamyon yolda bozuluyor ve aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir araba kamyonu arkadan iterek tamirciye ulaştırmaya çalışıyor.



8. Kamyonu iten araba sabit hıza ulaşmak için hızlanırken:

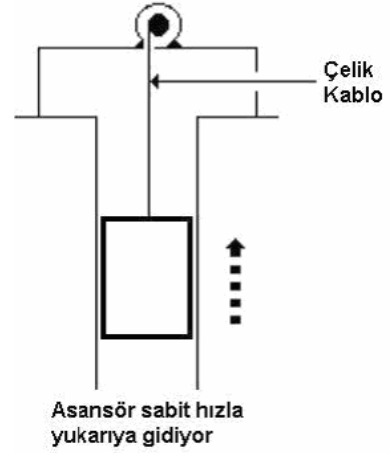
- (A) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet ile kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvet eşittir.
- (B) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha küçüktür.
- (C) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- (D) Arabanın motoru çalıştığından dolayı, araba kamyonu iter, ancak kamyonun motoru çalışmadığından dolayı kamyon arabaya karşı bir kuvvet uygulayamaz. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.
- (E) Ne araba ne de kamyon birbirlerine kuvvet uygular. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.
- (F)

Cevabımın sebebi:

9. Araba sürücüsünün kamyonu itmek istediği sabit hıza ulaşıldıktan sonra:
- (A) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet ile kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet eşittir.
 (B) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten daha küçüktür.
 (C) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
 (D) Arabanın motoru çalıştığından dolayı araba kamyonu iter, ancak kamyonun motoru çalışmadığından dolayı kamyon arabaya karşı bir kuvvet uygulayamaz. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.
 (E) Ne araba ne de kamyon birbirlerine kuvvet uygular. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.
 (F)

Cevabımın sebebi:

10. Yandaki şekilde görüldüğü gibi bir asansör, çelik halatlarla sabit bir hızla yukarıya doğru çekiliyor. Tüm sürtünme etkileri önemsizdir. Bu durumda asansöre etkiyen kuvvetler için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?



- (A) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağıya doğru olan yer çekimi kuvvetinden daha büyüktür.
 (B) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru etkiyen yer çekimi kuvvetine eşittir.
 (C) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru etkiyen yerçekimi kuvvetinden daha küçüktür.
 (D) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru etkiyen yerçekimi kuvvetiyle, aşağı doğru etkiyen hava basınç kuvvetinin toplamından daha büyüktür.
 (E) Yukarıdakilerin hiçbiri. (Asansör çelik halatlar tarafından üzerine yukarı doğru etkiyen bir kuvvetten değil, halatın kısılmasından dolayı yukarı çıkar).
 (F)

Cevabımın sebebi:

11. Yandaki şekil, A' dan daha yüksek bir noktadan ip üzerinde sallanmaya başlayan bir çocuğu göstermektedir.

Aşağıdaki farklı kuvvetleri dikkate alınız:

1. Aşağı doğru bir yerçekimi kuvveti.
2. A' dan O'ya doğru ip tarafından uygulanan bir kuvvet.
3. Çocuğun hareketi yönünde bir kuvvet.
4. O'dan A' ya doğru bir kuvvet.

Çocuk A noktasında iken yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) çocuğa etki eder?



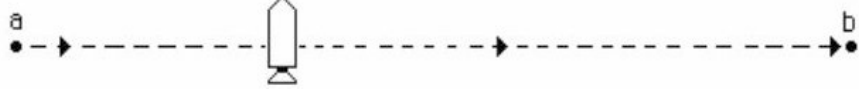
- (A) Yalnız 1 (B) 1 ve 2 (C) 1 ve 3 (D) 1, 2 ve 3 (E) 1, 3 ve 4

(F)

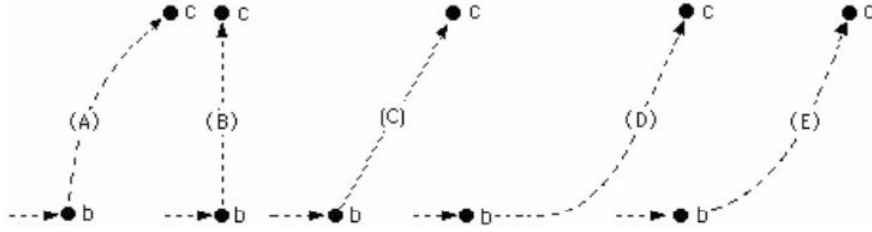
Cevabımın sebebi:

SONRAKİ ÜÇ SORUYU (12'DEN 14'E KADAR) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Uzayda "a" noktasından "b" noktasına doğru hareket eden bir roket, aşağıdaki şekilde görülmektedir. Bu hareketi sırasında rokete etkileyen herhangi bir dış kuvvet bulunmamaktadır. "b" noktasından itibaren, roketin motorları çalıştırılıyor ve "ab" çizgisine dik, sabit bir itme (roket üzerindeki kuvvet) oluşuyor. Roket uzaydaki "c" noktasına varana kadar sabit itme sürdürülüyor.



12. Aşağıdaki yollardan hangisi roketin "b" ve "c" noktaları arasındaki izleyeceği yolu en iyi göstermektedir? Bunlardan biri size uymuyorsa (F) şıkkında şekil üzerinde siz çiziniz.



(F)

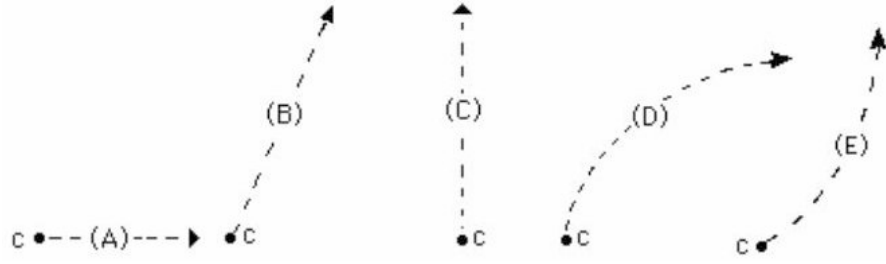
Cevabımın sebebi:

13. Roketin "b" noktasından "c" noktasına hareketi boyunca hızı:

- (A) Sabittir.
(B) Sürekli artar.
(C) Sürekli azalır.
(D) Bir süre artar ve sonra sabit kalır.
(E) Bir süre sabit kalır ve sonra azalır.
(F)

Cevabımın sebebi.

14. "c" noktasında roketin motoru durduruluyor ve itme, aniden sıfıra düşüyor. "c" noktasından sonra roketin izleyeceği yolu aşağıdaki yollardan hangisi göstermektedir? Bunlardan biri size uymuyorsa (F) şıkkında şekil üzerinde siz çiziniz



(F) 

Cevabımın sebebi:

15. Sağdaki şekilde, "a" öğrencisi 95 kg ve "b" öğrencisi 77 kg' dır. Benzer özdeş ofis sandalyeleri üzerinde karşılıklı oturmaktadırlar. "a" öğrencisi, çıplak ayaklarını "b" öğrencisinin dizlerine görüldüğü gibi koyar. Sonra "a" öğrencisi, birden ayaklarını ileriye iterek, her iki sandalyenin de hareket etmesini sağlar. İtme sırasında ve öğrenciler hâlâ birbirlerine değerken:



- (A) Öğrencilerden hiçbiri diğerine kuvvet uygulamaz.
 (B) "a" öğrencisi "b" öğrencisine kuvvet uygular, fakat "b", "a" üzerine hiç kuvvet uygulamaz.
 (C) Her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, fakat "b" daha fazla kuvvet uygular.
 (D) Her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, fakat "a" daha fazla kuvvet uygular.
 (E) Her iki öğrenci de birbirine eşit büyüklükte kuvvet uygular.
 (F)

Cevabımın sebebi:

16. Çok kuvvetli esen rüzgara rağmen, bir tenis oyuncusu raketiyle tenis topuna vuruyor ve top ağından geçerek rakibin sahasına düşüyor. Aşağıdaki kuvvetleri dikkate alınız:

1. Aşağı doğru yer çekimi kuvveti.
2. "Vurmayla" oluşan kuvvet.
3. Hava tarafından uygulanan kuvvet.

Yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) tenis topunun raketle temasını kaybettikten sonra ve yere değmeden önce tenis topu üzerine etki etmektedir?

- (A) Yalnız 1 (B) 1 ve 2 (C) 1 ve 3 (D) 2 ve 3 (E) 1, 2 ve 3

(F)

Cevabımın sebebi:

APPENDIX B

FORCE AND MOTION THREE TIER TEST

KUVVET VE HAREKET

Üç Basamaklı Test

Bu test 16 sorudan oluşmaktadır ve öğrencilerin kuvvet ve hareket konularındaki kavramsal başarılarını ölçmek için hazırlanmıştır. Testin geliştirilmesinde büyük ölçüde, çok popülar ve birçok araştırmacı tarafından defalarca kullanılmış olan Kuvvet Kavramı Envanterinden (Force Concept Inventory) yararlanılmıştır. Testteki her soru üç basamaktan oluşmaktadır. Böylece öğrencilerin kavram yanılgıları daha geçerli bir şekilde ölçülebilmektedir. Böyle bir testi kullanarak, öğretmenler öğrencilerinin sahip olduğu kavram yanılgılarından haberdar olabilir ve daha etkili bir öğretim sunabilirler.

Sınav sonuçları ders değerlendirilmesine katılmayacağı için verdiğiniz cevapların sizin kişisel görüşlerinizi yansıtmasına ve aşağıdaki maddelere dikkat ediniz

- (1) Aşağıda verilen kısma cinsiyetinizi işaretleyiniz.
- (2) Bütün sorulara cevap vermeye gayret gösteriniz.
- (3) Sorularda verilen şıkların sizin görüşünüzü yansıtmadığını düşünüyorsanız, lütfen boş bırakılan seçeneklere kendi cevabınızı yazınız.

Teşekkürler.

CİNSİYETİ: Kız Erkek

1.1 Büyük bir kamyon ile ufak bir araba merkezi çarpışma yapıyor. Çarpışma sırasında,

- Kamyon arabaya, arabanın kamyona uyguladığı kuvvetten daha fazla kuvvet uygular.
- Araba kamyona, kamyon arabaya aynı büyüklükte kuvvet uygular.
- Kamyon arabaya kuvvet uygular, araba kamyona kuvvet uygulamaz.
-

1.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

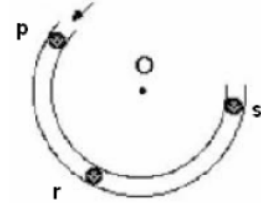
- Çarpışmalarda her zaman cisimler birbirlerine eşit kuvvet uygularlar.
- Kamyonun ağırlığı/kütlesi/büyüklüğü daha fazla olduğu için arabaya kuvvet uygular ama araba uygulamaz çünkü kuvveti yetersiz kahr.
- Kamyonun ağırlığı /kütlesi/ büyüklüğü, arabanın ağırlığından /kütlesinden/ büyüklüğünden daha fazla olduğu için kamyon arabaya daha fazla kuvvet uygular.
-

1.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- Kesinlikle eminim
- Eminim
- Emin değilim
- Kesinlikle emin değilim

SONRAKİ İKİ SORUYU (2 ve 3) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Yandaki şekil "O" merkezli çemberin bir parçası biçimindeki sürtünmesiz bir tüpü göstermektedir. Tüp,sürtünmesiz yatay bir masa üzerine sabitlenmiştir. Masaya yukarıdan bakılmaktadır. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. Bir top yüksek hızla "p" ucundan tüp içine fırlatılır ve "s" ucundan dışarı çıkar.



2.1 Top "r" noktasındayken, aşağıdaki sabit kuvvetleri dikkate alınız.

- Aşağı doğru yerçekimi kuvveti
- "r" den "O" ya doğru tüpün uyguladığı kuvvet
- Topun hareketi doğrultusunda bir kuvvet
- "O" dan "r" ye doğru bir kuvvet

Yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) top "r" noktasındayken sürtünmesiz tüp içindeki topa etki etmektedir?

- Yalnız 1
- 1 ve 2
- 1 ve 3
- 1, 2 ve 3
- 1, 3 ve 4
-

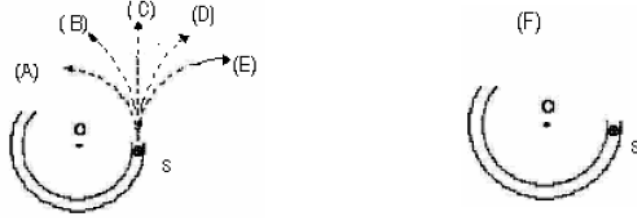
2.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- Yerçekimi kuvveti her zaman aşağıya doğru etki eder. Ayrıca top fırlatılırken topa verilen ve topun hareketini sürdüren bir kuvvet vardır.
- Yerçekimi kuvveti her zaman aşağıya doğru etki eder.Ayrıca top fırlatılırken topa verilen ve hareketini sürdüren kuvvet, ve topun tüpe dışarı yönde uyguladığı bir kuvvet vardır.
- Yerçekimi kuvveti bütün cisimlere her yerde her zaman aşağıya doğru etki eder.
- Yerçekimi kuvveti her zaman aşağıya doğru etki eder.Ayrıca tüpün dış duvarının topa merkeze doğru uyguladığı bir kuvvet vardır.
- Yerçekimi kuvveti her zaman aşağıya doğru etki eder. Ayrıca tüpün dış duvarının topa merkeze doğru uyguladığı bir kuvvetle birlikte top fırlatılırken topa verilen ve hareketini sürdüren bir kuvvet vardır.
-

2.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- Kesinlikle eminim
- Eminim
- Emin değilim
- Kesinlikle emin değilim

3.1 Aşağıdaki şekilde top "s" ucunda tüpten çıkıp sürtünmesiz masa üzerinde hareket ederken, hangi yolu izler? Bunlardan biri size uymuyorsa (F) şıkta şekil üzerinde siz çiziniz.



3.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- Merkezkaç kuvvetinin etkisinde sağa savrulur.
- Artık tüpün uyguladığı kuvvet bitmiştir ve cisim hızı doğrultusunda yoluna düz olarak devam eder.
- Top tüp içerisindeyken daire şeklinde hareket ettiğinden çıkınca da hareketini aynı şekilde devam ettirmek ister.
-

3.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- Kesinlikle eminim
- Eminim
- Emin değilim
- Kesinlikle emin değilim

4.1 Bir çocuk, çelik bir topu, dikey olarak yukarıya doğru fırlatıyor. Topun çocuğun elinden ayrıldıktan sonraki fakat yere değmeden önceki hareketini göz önünde bulundurun ve havanın uyguladığı kuvvetleri ihmal edin. Bu koşullarda, topun üzerine etkiyen kuvvet(ler):

- Top, çocuğun elinden çıktıktan sonra tepe noktasına ulaşmaya kadar yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvet; düşerken cisim yere yaklaştıkça sürekli artan yerçekimi kuvvetidir.
- Top, tepe noktasına ulaşana kadar aşağı doğru hemen hemen sabit yerçekimi kuvveti ile beraber yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvet ve düşerken sadece aşağı doğru sabit yerçekimi kuvvetidir.
- Sadece dikey, aşağı doğru, neredeyse sabit yerçekimi kuvvetidir.
-

4. 2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

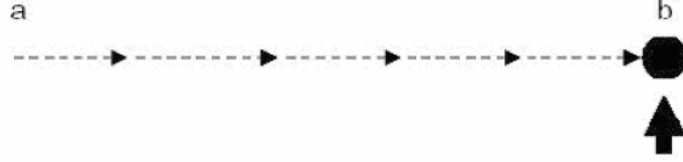
- Yukarı doğru atılan bir cisme, sadece yerçekimi kuvveti aşağıya doğru etki eder ve etki ettiği cisim için her zaman sabittir.
- Çocuk topu yukarı atarken topa bir kuvvet verir. Sonra bu kuvvet yerçekiminden dolayı yukarı çıkarken azalır ve bir süre sonra biter. Aşağı inerken de yerçekiminden dolayı top üzerinde artan bir kuvvet vardır.
- Yerçekimi kuvveti bütün cisimlere her zaman aşağıya doğru etki eder ve etki ettiği cisim için her zaman sabittir. Bir de çocuğun topa verdiği kuvvet yukarı çıkarken azalır.
-

4. 3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

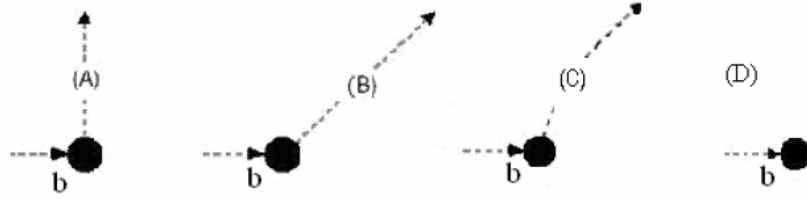
- Kesinlikle eminim
- Eminim
- Emin değilim
- Kesinlikle emin değilim

SONRAKİ ÜÇ SORUYU (5'TEN 7'YE KADAR) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Aşağıdaki şekilde, sürtünmesiz yatay bir düzlemde sabit V_0 hızıyla düz bir çizgi üzerinde "a" noktasından "b" noktasına doğru kaymakta olan bir Hokey diski görülmektedir. Hava tarafından uygulanan kuvvetler önemsizdir. Diske kuşbakışı bakılmaktadır. Disk "b" noktasına ulaştığı anda kalın ok yönünde hızlı bir vuruşa maruz kahr.



5.1 Vuruştan sonra disk, aşağıdaki yollardan hangisini en yakın izleyecektir? Bunlardan biri size uymuyorsa (D) şıkında şekil üzerinde siz çiziniz



5.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- Vurmayla topa verilen kuvvet zamanla azalır. Bu nedenle ilk hızı topu sağa çeker.
- Top son kuvvetin etkisiyle hareket eder.
- Top yatay ve dikey hızın bileşkesi yönünde gider
- Top yatay ve dikey kuvvetin bileşkesi yönünde gider
-

5.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- Kesinlikle eminim
- Eminim
- Emin değilim
- Kesinlikle emin değilim

6.1 Beşinci soruda seçmiş olduğunuz sürtünmesiz yolda, diskin vurulduktan sonraki hızı:

- a) Sabittir.
- b) Sürekli azalır.
- c) Bir süre için artar ve sonra azalır.
- d)

6.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- a) Vurmayla kazandığı kuvvetle hızı bir süre artar. Sonra bu kuvveti kaybeder ve hızı azalır.
- b) Hava ve yer sürtünmesi olmadığından disk sabit hızla hareketini sürdürür.
- c) Vurmayla kazandığı kuvvette azalma olur ve hızı sürekli azalır.
- d)

6.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim
- b) Eminim
- c) Emin değilim
- d) Kesinlikle emin değilim

7.1 Beşinci soruda seçmiş olduğunuz sürtünmesiz yolda, vuruştan sonra diske etkiyen başlıca kuvvet(ler):

- a) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.
- b) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti, yukarıya doğru yüzey tarafından etkiyen bir kuvvet ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.
- c) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti ve yukarıya doğru yüzey tarafından etkiyen bir kuvvettir.
- d)

7.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- a) Yerçekimi kuvveti her zaman aşağıya doğru etki eder ve cismin temas ettiği yüzey de yerçekimi kuvvetine ters yönde etki eder . Ayrıca diske, vurma sonrasında kazandığı, hareketini sağlayan hareket yönünde bir kuvvet etki eder.
- b) Yerçekimi kuvveti bütün cisimlere her zaman aşağıya doğru etki eder ve cismin temas ettiği yüzey de yerçekimi kuvvetine eşit ve ters yönde etki eder.
- c) Yerçekimi kuvveti her zaman aşağıya doğru etki eder ve ayrıca diske, vurma sonrasında kazandığı, hareketini sağlayan hareket yönünde bir kuvvet etki eder.
- d)

7.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim
- b) Eminim
- c) Emin değilim
- d) Kesinlikle emin değilim

SONRAKİ İKİ SORUYU (8 ve 9) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Büyük bir kamyonu yolda bozuluyor ve aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir araba kamyonu arkadan iterek tamirciye ulaştırmaya çalışıyor.



8.1 Kamyonu iten araba sabit hıza ulaşmak için hızlanırken;

- a) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet ile kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvet eşittir.
- b) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha küçüktür.
- c) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- d)

8.2 Yukarıda verdiğiniz cevabın sebebi;

- a) Kamyon daha ağır olduğu için daha çok kuvvet uygular.
- b) Arabanın motoru çalıştığı için daha çok kuvvet uygular.
- c) Birbirlerine temas eden cisimler her zaman birbirlerine eşit büyüklükte kuvvet uygularlar.
- d) Araba kamyonu hareket ettirmek için daha çok kuvvet uygular.
- e)

8.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğiniz cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim
- b) Eminim
- c) Emin değilim
- d) Kesinlikle emin değilim

9.1 Araba sürücüsünün kamyonu itmek istediği sabit hıza ulaşıldıktan sonra;

- a) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet ile kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet eşittir.
- b) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- c) Ne araba ne de kamyon birbirlerine kuvvet uygular. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.
- d)

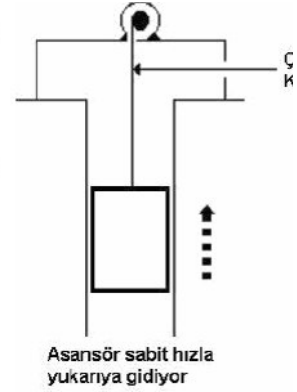
9.2 Yukarıda verdiğiniz cevabın sebebi;

- a) Sabit hıza ulaştıkları için birbirlerine kuvvet uygulamazlar. Kamyon sadece itilir.
- b) Birbirlerine temas eden cisimler her zaman birbirlerine eşit büyüklükte kuvvet uygularlar.
- c) Araba kamyonu hareket ettirdiği için daha fazla kuvvet uygular.
- d) Arabanın motoru çalıştığı için daha fazla kuvvet uygular.
- e)

9.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğiniz cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim
- b) Eminim
- c) Emin değilim
- d) Kesinlikle emin değilim

10.1 Yandaki şekilde görüldüğü gibi bir asansör, çelik halatlarla sabit bir hızla yukarıya doğru çekiliyor. Tüm sürtünme etkileri önemsizdir. Bu durumda asansöre etkiyen kuvvetler için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?



- Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağıya doğru olan yer çekimi kuvvetinden daha büyüktür.
- Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet aşağı doğru etkiyen yer çekimi kuvvetine eşittir.
- Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru etkiyen yerçekimi kuvvetiyle, aşağı doğru etkiyen hava basınç kuvvetinin toplamından daha büyüktür.
-

10.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- Asansörün ağırlığından dolayı aşağıya doğru yerçekimi kuvveti etki eder. Asansör yukarı çıkarken sıkışan hava aşağıya doğru basınç uygular. Ancak asansör yukarıya doğru hareket ettiği için halat tarafından yukarıya doğru etkiyen kuvvet daha büyüktür.
- Asansör yukarı doğru hareket ettiği için halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru olan yerçekimi kuvvetinden büyüktür.
- Asansör sabit hızla hareket ettiği için halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru olan yerçekimi kuvvetine eşittir.
-

10.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim b) Eminim c) Emin değilim d) Kesinlikle emin değilim

11.1 Aşağıdaki şekil, A' dan daha yüksek bir noktadan ip üzerinde sallanmaya başlayan bir çocuğu göstermektedir. Aşağıdaki farklı kuvvetleri dikkate alınız:

- Aşağı doğru bir yerçekimi kuvveti
- A' dan O'ya doğru ip tarafından uygulanan bir kuvvet.
- Çocuğun hareketi yönünde bir kuvvet.
- O'dan A' ya doğru bir kuvvet.

Çocuk A noktasında iken yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) çocuğa etki eder?

- a) 1 ve 2 b) 1 ve 3 c) 1, 2 ve 3 d) 1, 3 ve 4 e)



11.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

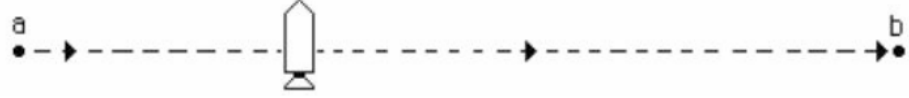
- Çocuğun ağırlığından dolayı aşağı doğru yerçekimi kuvveti, çocuğun ağırlığını karşılayan A' dan O' ya doğru ipin gerilme kuvveti ve çocuğun hareketini sağlayan hareket yönünde bir kuvvet etki eder.
- Çocuğun ağırlığından dolayı aşağı doğru yerçekimi kuvveti ve çocuğun hareketini sağlayan hareket yönünde bir kuvvet etki eder.
- Çocuğun ağırlığından dolayı aşağı doğru yerçekimi kuvveti, O' dan A' ya doğru ipin gerilme kuvveti ve çocuğun hareketini sağlayan hareket yönünde bir kuvvet etki eder.
- Çocuğun ağırlığından dolayı aşağı doğru yerçekimi kuvveti ve çocuğun ağırlığını karşılayan A' dan O' ya doğru ipin gerilme kuvveti etki eder.
-

11.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

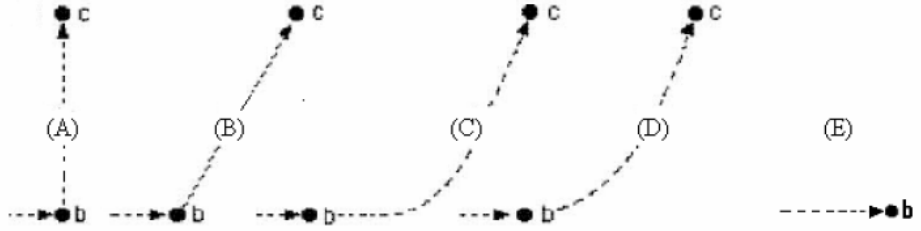
- a) Kesinlikle eminim b) Eminim c) Emin değilim d) Kesinlikle emin değilim

SONRAKİ ÜÇ SORUYU (12'DEN 14'E KADAR) CEVAPLANDIRIRKEN AŞAĞIDAKİ AÇIKLAMAYI VE ŞEKLİ KULLANINIZ.

Uzayda "a" noktasından "b" noktasına doğru hareket eden bir roket, aşağıdaki şekilde görülmektedir. Bu hareketi sırasında rokete etkileyen herhangi bir dış kuvvet bulunmamaktadır. "b" noktasından itibaren, roketin motorları çalıştırılıyor ve "ab" çizgisine dik, sabit bir itme (roket üzerindeki kuvvet) oluşuyor. Roket uzaydaki "c" noktasına varana kadar sabit itme sürdürülüyor.



12.1 Aşağıdaki yollardan hangisi roketin "b" ve "c" noktaları arasındaki izleyeceği yolu en iyi göstermektedir? Bunlardan biri size uymuyorsa (E) şıkında şekil üzerinde siz çiziniz.



12.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- Roket b noktasında önce biraz düz gider, sonra hızını artırarak yukarı doğru gider.
- Roketin ilk hızı yatay ve sabittir. Motor çalıştırdıktan sonra yukarı doğru sabit kuvvetle sürekli artan hızı oluşur. Bu iki hızın etkisiyle b noktasından itibaren yukarı doğru kavisli yol izler.
- Rokete yatay ve dikeyde bir kuvvet uygulandığı için roket bu kuvvetlerin bileşkesi yönünde gider.
- Roket en son uygulanan kuvvet yönünde yukarı doğru düz gider.
-

12.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- Kesinlikle eminim
- Eminim
- Emin değilim
- Kesinlikle emin değilim

13.1 Roketin "b" noktasından "c" noktasına hareketi boyunca hızı:

- a) Sabittir
- b) Sürekli artar
- c) Bir süre artar ve sonra sabit kalır.
- d)

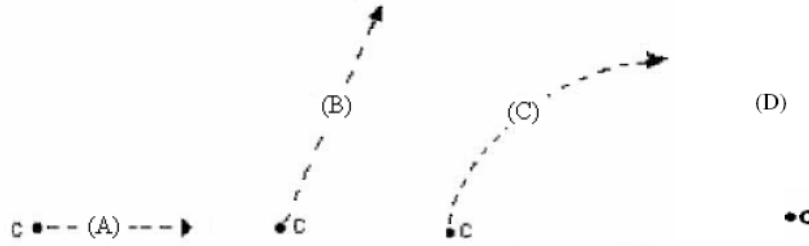
13.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- a) Motorun çalışmasıyla roket belli bir hızı ulaşır, sonra sabit hızla gider.
- b) Sabit bir itme uygulandığı için hızı sabittir.
- c) Sabit bir itme uygulandığı için hızı sürekli artar
- d)

13.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim
- b) Eminim
- c) Emin değilim
- d) Kesinlikle emin değilim

14.1 "c" noktasında roketin motoru durduruluyor ve itme, aniden sıfıra düşüyor. "c" noktasından sonra roketin izleyeceği yolu aşağıdaki yollardan hangisi göstermektedir? Bunlardan biri size uymuyorsa (D) şıkında şekil üzerinde siz çiziniz



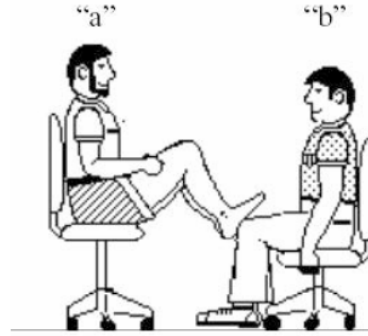
14.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- a) Hiçbir kuvvet etki etmediği için c' ye geliş yönünde sabit hızla hareketine devam eder.
- b) Motor durdurulunca kazandığı kuvveti yavaş yavaş kaybeder. İlk hareket yönüne doğru eğilmeye başlar.
- c) Motor durdurulunca ilk hareket yönüne geri döner. Yatay, sabit hızıyla yoluna devam eder.
- d)

14.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim
- b) Eminim
- c) Emin değilim
- d) Kesinlikle emin değilim

- 15.1 Sağdaki şekilde, "a" öğrencisi 95 kg ve "b" öğrencisi 77 kg' dir. Benzer özdeş ofis sandalyeleri üzerinde karşılıklı oturmaktadırlar. "a" öğrencisi, çıplak ayaklarını "b" öğrencisinin dizlerine götülüdüğü gibi koyar. Sonra "a" öğrencisi, birden ayaklarını ileriye iterek, her iki sandalyenin de hareket etmesini sağlar. İtme sırasında ve öğrenciler hâlâ birbirlerine değerken:



- a) "a" öğrencisi "b" öğrencisine kuvvet uygular, fakat "b", "a" üzerine hiç kuvvet uygulamaz.
b) Her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, fakat "a" daha fazla kuvvet uygular.
c) Her iki öğrenci de birbirine eşit büyüklükte kuvvet uygular.
d)

- 15.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- a) "a" öğrencisi daha ağır olduğu için daha fazla kuvvet uygular.
b) "a" öğrencisi itme uyguladığı için daha fazla kuvvet uygular.
c) Birbirlerine temas eden nesnelere (canlı ya da cansız) her zaman birbirlerine eşit büyüklükte kuvvet uygularlar.
d) "b" öğrencisi sabit duruyor. Bu yüzden sadece "a" öğrencisi kuvvet uygular.
e)

- 15.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim b) Eminim c) Emin değilim d) Kesinlikle emin değilim

- 16.1 Çok kuvvetli esen rüzgara rağmen, bir tenis oyuncusu raketiyle tenis topuna vuruyor ve top ağın üzerinden geçerek rakibin sahasına düşüyor. Aşağıdaki kuvvetleri dikkate alınız:

- 1) Aşağı doğru yer çekimi kuvveti.
2) "Vurmayla" oluşan kuvvet.
3) Hava tarafından uygulanan kuvvet.

Yukarıdaki kuvvetlerden hangisi(hangileri) tenis topunun rakete temasını kaybettikten sonra ve yere değmeden önce tenis topu üzerine etki etmektedir?

- a) 1 ve 3 b) 2 ve 3 c) 1, 2 ve 3 d)

- 16.2 Yukarıda verdiğim cevabın sebebi;

- a) Topun ağırlığından dolayı aşağı doğru yerçekimi kuvveti, topu ileri doğru hareket ettiren vurmaya kazandığı kuvvet ile rüzgarın topa uyguladığı kuvvet etki eder.
b) Topu ileri doğru hareket ettiren vurmaya kazandığı kuvvet ve rüzgarın topa uyguladığı kuvvet etki eder.
c) Yerçekimi kuvveti bütün cisimlere her zaman aşağı doğru etki eder. Hava tarafından uygulanan kuvvet cismin hareket yönüne ters olarak etki eder. Vurmaya oluşan kuvvet, top ile raketin birleştiği anda oluşur. Daha sonra yoktur.
d)

- 16.3 Yukarıdaki iki soruya verdiğim cevaptan;

- a) Kesinlikle eminim b) Eminim c) Emin değilim d) Kesinlikle emin değilim

APPENDIX C

ANSWER KEY OF FORCE AND MOTION THREE TIER TEST

1.1) B	5.1) B	9.1) A	13.1) B
1.2) A	5.2) C	9.2) B	13.2) C
2.1) B	6.1) A	10.1) B	14.1) B
2.2) D	6.2) B	10.2) C	14.2) A
3.1) C	7.1) C	11.1) A	15.1) C
3.2) B	7.2) B	11.2) D	15.2) C
4.1) C	8.1) A	12.1) D	16.1) A
4.2) A	8.2) C	12.2) B	16.2) C

APPENDIX D

ITEM CHOICES INDICATING A MISCONCEPTION ACCORDING TO
ONLY FIRST TIERS AND ALL THREE TIERS

		Item choices (Only First Tiers)	Total	
MISCONCEPTIONS	Impetus			
	I1	7.1 a, 7.1 b, 16.1 b, 16.1 c	2	9
	I2	5.1 c, 14.1 a, 14.1 c	2	
	I3	4.1 a, 4.1 b, 6.1 b	2	
	I4	6.1 c, 12.1 c,	2	
	I5	3.1 a, 3.1 b	1	
	Active Force			
	AF1	2.1 a, 15.1 a	2	6
	AF2	2.1 c, 2.1 d, 11.1 b, 11.1 c	2	
	AF4	13.1 a	1	
	AF6	13.1 c	1	
	Action Reaction Pairs			
	AR1	1.1 a, 1.1 c, 8.1 b, 15.1 b	3	6
	AR2	8.1 c, 9.1 b, 15.1 b	3	
	Concatenation of Influences			
	CI1	10.1 a, 10.1 c	1	4
	CI2	12.1 b	1	
	CI3	5.1 a, 12.1 a	2	
	Other Influences on Motion			
	CF	2.1 e, 3.1 d, 3.1 e, 11.1 d	2	3
Ob	9.1 c	1		
		Total	28	28

MISCONCEPTIONS	
Impetus	Action Reaction Pairs
I1: Impetus supplied by hit	AR1: Greater mass implies greater force
I2: Loss/ Recovery of original impetus	AR2: Most active agent produces greatest force
I3: Impetus dissipation	Concatenation of Influences
I4: Gradual/ delayed impetus build- up	CI1: Largest force determines motion
I5: Circular impetus	CI2: Force compromise determines motion
Active Force	CI3: Last force to act determines motion
AF1: Only active agents exert force	Other Influences on Motion
AF2: Motion implies active force	CF: Centrifugal force
AF4: Velocity proportional to applied force	Ob: Obstacles exert no force
AF6: Force causes acceleration to terminal velocity	

		Item Choices (All Three Tiers)	Total		
MISCONCEPTIONS	Impetus				
	I1	(7.1 a, 7.2 c, 7.3 a/b), (7.1 b, 7.2 a, 7.3 a/b), (16.1 b, 16.2 b, 16.3 a/b), (16.1 c, 16.2 a, 16.3 a/b)	2	9	
	I2	(5.1 c, 5.2 a, 5.3 a/b), (14.1 a, 14.2 c, 14.3 a/b), (14.1 c, 14.2 b, 14.3 a/b)	2		
	I3	(4.1 a, 4.2 b, 4.3 a/b), (4.1 b, 4.2 c, 4.3 a/b), (6.1 b, 6.2 c, 6.3 a/b)	2		
	I4	(6.1 c, 6.2 a, 6.3 a/b), (12.1 c, 12.2 a, 12.3 a/b)	2		
	I5	(3.1 a, 3.2 c, 3.3 a/b), (3.1 b, 3.2 c, 3.3 a/b)	1		
	Active Force				
	AF1	(2.1 a, 2.2 c, 2.3 a/b), (15.1 a, 15.2 d, 15.3 a/b)	2	6	
	AF2	(2.1 c, 2.2 a, 2.3 a/b), (2.1 d, 2.2 e, 2.3 a/b), (11.1 b, 11.2 b, 11.3 a/b), (11.1 c, 11.2 a, 11.3 a/b)	2		
	AF4	(13.1 a, 13.2 b, 13.3 a/b)	1		
	AF6	(13.1 c, 13.2 a, 13.3 a/b)	1		
	Action / Reaction Pairs				
	AR1	(1.1 a, 1.2 c, 1.3 a/b), (1.1 c, 1.2 b, 1.3 a/b), (8.1 b, 8.2 a, 8.3 a/b), (15.1 b, 15.2 a, 15.3 a/b)	3	6	
	AR2	(8.1 c, 8.2 b, 8.3 a/b), (9.1 b, 9.2 d, 9.3 a/b), (15.1 b, 15.2 b, 15.3 a/b)	3		
	Concatenation of Influences				
	CI1	(8.1 c, 8.2 d, 8.3 a/b), (9.1 b, 9.2 c, 9.3 a/b), (10.1 a, 10.2 b, 10.3 a/b), (10.1 c, 10.2 a, 10.3 a/b)	3	7	
	CI2	(5.1 b, 5.2 d, 5.3 a/b), (12.1 b, 12.2 c, 12.3 a/b)	2		
	CI3	(5.1 a, 5.2 b, 5.3 a/b), (12.1 a, 12.2 d, 12.3 a/b)	2		
	Other Influences on Motion				
	CF	(2.1 e, 2.2 b, 2.3 a/b), (3.1 d, 3.2 a, 3.3 a/b), (3.1 e, 3.2 a, 3.3 a/b), (11.1 d, 11.2 c, 11.3 a/b)	3	4	
	Ob	(9.1 c, 9.2 a, 9.3 a/b)	1		
			Total	32	32

APPENDIX E

RAW DATA OF FORCE AND MOTION THREE TIER TEST

St No	ITEM NUMBERS																								
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.3	
1	A																								
2	B	C																							
3	A	A	C																						
4	B	A	A		E	D																			
5	B	A	A		A	B	B																		
6	B	A	A		A	B	B																		
7	A	C	A		A	A	D																		
8	B	A	A		D	A	A																		
9	B	A	B		D	D	B																		
10	A	C	A		B	B	B																		
11	B	B	B		C	E	B																		
12	A	C	A		D	D	B																		
13	A	C	A				B																		
14	A	C	A		D	E	A																		
15	A	C	A		E	B	A																		
16	B	A	A		C	C	A																		
17	B	A	B		E	E	B																		
18	B	A	A		E	E	B																		
19	B	A	A		D	B	A																		
20	A	C	B		D	D	A																		
21	A	C	A		E	E	A																		
22	B	A	A		C	A	B																		
23					E	E	A																		
24	B	A	B		C	A	B																		
25	A	B	B		D	C	B																		
26					E	B	A																		
27	B	A	B		B	E	B																		
28	B	A	A		B	D	A																		
29	B	A	B		D	C	B																		
30	A	C	A		A	B	E																		
31	A	C	A		B	D	B																		
32	A	C	B		B	A	A																		
33	A	C	A				B																		
34	A	C	A		D	E	B																		
35	B	A	A		B	D	A																		
36	B	A	A		B	D	A																		
37	B	A	A		B	D	A																		
38	A	C	A		B	D	B																		
39	A	C	A		B	B	B																		
40	A	C	A		B	D	A																		
41	A	C	A		D	E	A																		
42					E	B	A																		
43	B	A	A		D	E	A																		
44	A	C	A		D	C	B																		
45	A	C	B		C	E	B																		
46	A	C	A		C	E	A																		
47	A	C	A		E	E	A																		
48	A	C	A		E	E	A																		

SlNo	ITEM NUMBERS																							
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.3
49				B	D	B	C	D	A	B	C	B	C	A	A	A	B	A	C	A	B	C	D	A
50	A	C	A	E	D	B	B	B	A	B	C	A	A	B	A	A	B	A	B	A	A	B	D	B
51	A	C	A				A	C	B	C	C	A	B	C	B	C	A	B	A	C	B	B	B	B
52	A	C	A	E		B	D	A	B	C	A	A	C	D	B	C	A	A	A	C	C	D	D	B
53	A	C	A	E	C		A	C	A	B	C	A	A	B	D	A	A	B	A	A	C	C	D	A
54	A	C	A	E	B	A	C	B	A	B	B	A	B	D	A	A	B	A	B	A	A	C	D	A
55				E	E	A	A	C	B	C	C	A	C	A	A	C	A	A	A	C	A	C	D	A
56				E	B	A	A	C	A	B	B	A	C		A	C	A	A	B	A	A	C	D	A
57	A	B	A	D	B	B	D	A	A	A	C	C	A	A	C	A	A	A	C	C	A	B	D	B
58	A	B	A	B	D	B	B	C	B	A	B	B	B	D	A	A	B	B	B	A	B	D	B	
59	A	C	A	B	D	A	C	B	A	B	C	B	B	D	A	A	B	A	C	C	A	B	D	B
60	A	C	A	C	A	A	A	C	A	A	B	A	B	A	A	C	A	A	B	A	A	C	B	A
61	A	C	A	C	A	B	B	A	A	A	B	A	A	B	A	B	C	A	B	B	C	B	B	A
62	A	C	A	E	B	A	B	C	A	A	A	B	B	D	A	C	A	A	B	B	B	B	A	A
63				D	C	A	B	C	A	B	B	A	A	D	A	C	A	A	B	B	B	C	D	A
64	C	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	A	C	A	C	B	A
65	B	A	A	B	D	A	B	C	B	B	C	A	C	B	B	A	B	A	C	B	A	A	B	A
66	A	C	A	D	E	A	B	C	A	A	B	A	C	A	A	C	A	B	B	C	B	C	D	A
67	A	C	A	C	D	B	B	C	A				B	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A
68	A	C	A	B	E	B	C	B	A	A	B	B	D	A	B	C	A	A	C	C	B	C	D	A
69	A	C	A	C	C	B	B	C	A	A	B	A	B	A	B	C	A	A	B	A	B	C	D	A
70	B	A	A	B	D	A	E	A	A	A	B	A	C	A	A	B	C	B	B	A	A	C	D	A
71	C	C	A	C	D	A	B	C	A	A	B	A	C	D	A	C	A	A	C	C	B	C	D	A
72	A	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	A	C	A	C	B	A
73	A	C	A				B	C	A	A	B	A	A	B	A	C	A	A	C	B	A	C	D	A
74	A	C	A	E	B	A	A	C	A	A	B	A	B	D	A	C	A	A	B	C	A	C	A	A
75	A	C	A	D	E	A	D	A	A	B	C	A	B	C	A	C	A	A	B	A	A	C	D	A
76	A	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	A	B	A	B	D	A
77	A	C	A	E	A	A	C	B	A	B	B	A	B	C	A	A	B	A	B	B	A	B	C	A
78	A	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A				C	A	A	A	C	A			A
79	B	A	A	E	B	A	D	A	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	A	C	A	B	A	A
80	A	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	A	C	A	B	D	A
81	A	C	A	A	D	A	B	C	A	A	B	A	A	B	A	C	A	A	A	B	C	D	A	A
82	A	C	A	A	D	A	B	C	A	A	B	A				C	A	A	A	A	B	C	D	A
83	A	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	A	C	A	B	D	A
84	A	C	A	C	D	A	B	C	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	B	A	A	A	C	A
85	B	A	A	E	B	A	D	A	B	B	B	A	A	B	B	A	B	A	C	C	B	C	D	B
86	A	C	A	E	A	A	C	B	A	B	B	A	C	D	A	C	A	A	A	C	A	C	D	A
87	A	C	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	A	C	A	B	D	A
88	A	C	B	B	B	B	A	C	B	A	B	B	B	C	B	C		B	B	A	A	A	C	A
89	A	C	A	C	A	A	B	C	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	B	A	A	A	C	A
90	A	C	B	B	B	B	A	C	B	A	B	A	C	A	C	A	B	B	A	B	A	C	A	A
91	A	C	B	B	B	B	A	C	B	A	B	A	B	C	A	C	A	B	B	A	B	A	C	A
92	A	B	A	C	A	A	C	B	A	A	B	A	B	B	B	C	A	A	A	C	A			A
93	A	C	B	E	E	A	C	A	B	A		A	B	C	A	C	A	A	A	C	A	A	C	A
94	A	C	A	B		A	C	B	A	B	B	B	B	C	A	C	A	A	B	A	B	A	C	A
95	A	C	B	E	E	A	B	C	B	A	B	A	C	A	B	C	A	A	B	A	A	A	C	A
96	A	C	A	C	A	A	B	C	A	A	B	A	A	C	B	C	A	A	B	C	B	C	D	B
97	A	C	A	E	A	A	B	C	A	A	B	A	A	B	A	C	A	A	C	A	B	C	D	A
98	A	B	A	C	E	A	C	B	A	C	B	B	A	B	A	C	A	A	B	B	B	C	B	A
99	A	C	A	B	D	A	E	A	A	B	C	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	C	B	A
100	B	A	A	D	E	A	B	C	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	B	A	A	A	C	A
101	A	C	A	E	B	B	D	A	A	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	A	A	C	D	A
102	A	C	A	D	E	A			A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	B	A	A	C	D	A
103	A	C	A	E	B	A	A	C	A	B	C	A	C	A	A	B	C	A	A	A	A	C	D	A
104	A	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	C	A	A	C	A	A	B	A	A	A	D	A

St No	ITEM NUMBERS																							
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.3
105	A					A				A														
106	A					A				A														
107	A					A				A														
108	A					A				A														
109	A					A				A														
110	A					A				A														
111	A					A				A														
112	A					A				A														
113	B					A				A														
114	A					A				A														
115	B					A				A														
116	A					A				A														
117	A					A				A														
118	A					A				A														
119	A					A				A														
120	A					A				A														
121	A					A				A														
122	A					A				A														
123	B					A				A														
124	C					A				A														
125	C					A				A														
126	A					A				A														
127	B					A				A														
128	A					A				A														
129	A					A				A														
130	A					A				A														
131	A					A				A														
132	C					A				A														
133	A					A				A														
134	A					A				A														
135	A					A				A														
136	C					A				A														
137						A				A														
138	C					A				A														
139						A				A														
140	A					A				A														
141	A					A				A														
142	A					A				A														
143	A					A				A														
144	A					A				A														
145	A					A				A														
146	A					A				A														
147	A					A				A														
148	A					A				A														
149	A					A				A														
150						A				A														
151	C					A				A														
152	A					A				A														
153	A					A				A														
154	A					A				A														
155	A					A				A														
156	A					A				A														
157	A					A				A														
158	A					A				A														
159	A					A				A														

SlNo	ITEM NUMBERS																							
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	8.3
160	C	B	A	C	D	B	B	B	A	B	C	B	D	C	A	C	A	A	A	C	B	C	A	B
161	B	C	A	C	A	A	D	C	B	B	A	B	D	B	A	A	B	A	A	C	B	C	A	A
162	A	C	A	C	E	A	B	C	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	A
163	A	C	A	C	E	B	B	C	A	A	B	A	B	C	A	C	A	B	A	A	B	C	C	A
164	A	B	A	B	D	A	D	A	B	B	B	A	A	A	B	C	A	A	C	C	B	A	D	B
165	A	C	A	D	B	B	D	A	A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	B	B	B	C	D	A
166	A	B	A	D	E	B	D	A	A	A	C	B	B	B	B	A	A	A	B	B	A	C	D	A
167	C	B	B	D	A	B	C	A	A	A	B	A	B	D	A	C	A	A	C	C	B	C	D	B
168	B	A	A	D	A	A	A	C	A	A	A	A	B	D	A	C	A	A	A	A	A	C	D	A
169	A	C	B	C	A	A	B	A	B	A	B	A	A	B	B	C	A	B	B	A	B	B	A	A
170	B	A	A		D	B	B	B	B	C	B	B				B	C	B	C	C	B	C	A	B
171	C	B	A	E	D	B	C	B	A				B	D	A	C	A	A				C	D	A
172	C	B	A	C	A	A	C	B	B	A	B	A	B	D	B	A	B	B	A	B	A	C	D	A
173	A	C	A	B	D	A	A	C	A	A	B	B	B	B	C	A	B	B	A	A	A	C	B	A
174	A	B	A	D	B	B	B	C	A	B	C	B	C	A	B	C	A	A	B	C	B	C	D	A
175	A	C	A	C	A	B	B	C	B	A	B	A	C	A	B	C	A	A	A	A	B	C	D	A
176	A	C	A	C	A	A	D	A	A				A	B	B	A	B	B	C	C	A	C	D	B
177	C	B	A	E	E	A	A	C	B	B	B	B	D	B	C	A	A	B	A	B	A	C	D	A
178	A	C	B	C	A	B	D	A	B	B	B	B	C	C	B	A	B	A	A	A	A	C	D	A
179	A	C	A	C	A	A	B	C	A	A	B	A	A	B	B	C	A	A	B	A	A	C	D	A
180	B		A				B	C	A	A	B	B	C	A	C	A	A	A				A	C	A
181	A	C	A	C	A	A	B	C	A	A	B	A	C	A	B	C	A	A	A	C	B	A	C	A
182	A	B	A	E	D	B	C	B	A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	A	C	A	C	D	A
183	A	C	A	C	B	B	B	A	A	A	B	A	B	D	A	C	A	A	C	B	A	C	D	A
184	A	C	A	D	E	B	B	C	A	A	B	A	B	B	C	A	A	B	B	B	B	C	B	B
185	C	B	A				B	C	A	A	B	A	A	B	B	A	B	A	B	A	A	C	A	A
186	A	C	A	C	A	A	B	C	A	A	B	A	B	C	A	C	A	A	C	A	A	C	B	A
187	A	C	A	C	B	A	A	C	A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	A	B	B	C	D	A
188	A	C	A	D	E	A	C	B	A	A	B	A	B	B	A	C	A	A	B	C	A	B	A	A

StNo	ITEM NUMBERS																								
	9.1	9.2	9.3	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	12.1	12.2	12.3	13.1	13.2	13.3	14.1	14.2	14.3	15.1	15.2	15.3	16.1	16.2	16.3	
1	C	D	A	A	C	A	C	B	B	C	B	B	C	A	B	B	C	B							
2	A	A	A	B	B	A	A	A	A	D	B	B	C	A	A	A	B	A	B	C					
3	A	A	B	B	C	A	A	B	B	C	B	B	C	A	B	A	A	B	B	C					
4	A	A	B	B	C	A	A	B	B	C	B	B	C	A	B	A	A	B	B	C					
5	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	B	C				
6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	B	C				
7	B	B	A	B	C	A	A	A	A	A	B	B	C	A	A	B	A	A	A	B	C				
8	A	B	A	A	B	A	A	A	A	D	B	B	C	A	A	A	A	A	A	B	C				
9	C	C	B	C	B	B	B	B	B	D	B	B	C	A	A	A	A	A	B	C					
10	A	A	A	C	A	A	A	A	A	D	B	B	B	B	B	B	B	B	C						
11	A	C	B	C	A	B	A	A	A	C	B	B	B	A	B	A	A	A	C						
12	C	B	B	C	B	A	D	A	A	C	B	A	B	C	A	C	B	B	A	C					
13	A	A	B	A	B	B	B	C	B	B	B	A	B	C	A	C	B	A	B	B					
14	A	A	A	C	A	A	C	A	A	C	A	A	B	C	A	B	A	A	B	B					
15	C	A	B	A	B	B	D	C	A	D	C	A	B	C	A	B	A	A	B	B					
16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	B	A	B	A	B	A	A	A	B	B					
17	B	C	B	C	A	B	D	C	B	C	A	B	C	A	B	B	A	B	B	B					
18	B	C	B	C	A	B	D	C	B	C	A	B	C	A	B	B	B	B	B	B					
19	B	C	A	C	A	A	D	C	A	A	A	A	C	A	A	C	B	A	B	B					
20	C	A	B	C	A	A	C	C	A	A	A	B	C	A	A	A	B	A	B	B					
21	A	A	A	B	C	A	D	A	A	D	B	A	C	A	A	C	B	A	A	A					
22	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	A	C	A	B	B	B	B	B	B					
23	B	C	A	A	A	A	C	A	B	C	D	A	C	B	B	C	A	B	A	B					
24	A	A	B	C	B	B	C	A	A	C	C	B	A	A	B	C	B	B	C	C					
25	C	A	A	C	A	B	C	B	A	A	B	B	C	B	B										
26	C	A	A	C	B	B	C	B	B	C	D	B	B	C	B	B	A	B	C	C					
27	C	A	B	A	A	B	D	C	B	D	B	B	B	C	B	B	A	B	B	B					
28	C	A	A	A	B	A	C	A	A	D	B	A	C	A	A	B	A	A	C	C					
29	A	C	B	A	A	A	C	C	B	A	D	B	A	B	B	C	B	A	B	A					
30	A	A	A	A	B	A	C	A	A	C	B	A	A	A	B	C	B	A	C	C					
31	A	A	A	A	B	A	A	D	B	D	B	A	B	C	A	B	A	B	A	A					
32	C	A	A	C	A	A	B	A	A	D	B	A	C	A	A	C	B	A	B	B					
33	A	B	A	A	A	A	A	D	A	C	B	A	C	A	A	C	B	A	B	B					
34	A	A	A	C	A	A	C	A	A	D	A	A	B	C	A	C	B	A	C	C					
35	A	B	A	B	C	A				C	A	A	B	C	A	C	B	A	C	C					
36	A	B	A	B	C	A				B	C	A	A	B	A	B	A	A	C	C					
37	C	A	B	C	A	A	C	A	B	A	D	B	C	A	B	C	B	A	B	A					
38	A	A	A	C	A	A	B	A	B	A	D	B	C	A	B	A	A	B	B	B					
39	C	A	B	B	C	B	D	C	B	D	B	B	C	A	B	A	A	B	B	A					
40	A	A	A	A		B	B		B	A	D	B	C	A	A	A	A	A	B	B					
41	A	A	A	C	A	A	C	A	A	C	A	A	B	C	A	C	B	A	B	A					
42	A	B	A	B	C	A	D	C	A	D	B	B	A	A	B	A	A	B	A	C					
43	A	B	A	B	C	A	C	A	A	B	C	A	A	C	A	A	C	B	A	C					
44	A	C	A	B	C	A	D	D	A	A	B	A	A	B	A	A	B	B	C	C					
45	A	B	B	C	A	A	D	C	A	C	C	B	A	A	B	C	B	B	C	C					
46	B	C	A	A	B	A	D	A	A	A	D	A	C	A	A	A	A	A	B	A					
47	A	C	A	A	A	A	C	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	B	A					
48	C	A	A	C	B	B	D	A	B	A	D	A	B	C	B	C	B	A	B	B					

SlNo	ITEM NUMBERS																								
	9.1	9.2	9.3	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	12.1	12.2	12.3	13.1	13.2	13.3	14.1	14.2	14.3	15.1	15.2	15.3	16.1	16.2	16.3	
49				C		A	C	A	A	D	B	A	C	A	A	C	B	B	C	C	A	A	A	A	A
50	B	C	A	C	A	A	A	D	B	A	D	B	E	A	B	A	C	B	B	C	B	B	A	B	B
51	B	C	B	A	A	B	A	D	B	A	D	B	C	A	B	A	C	B	B	B	B	B	A	A	B
52	A	B	A	A	B	A	B	B	B	D	C	B	C	A	B	A	B	B	B	C	C	B	B	A	A
53	C	A	A	A	B	A	D	D	D	D	B	A	C	A	A	A	B	B	B	B	C	A	C	C	A
54	A	A	B	B	C	A	C	A	A	D	B	A	A	B	B	B	A	A	A	B	C	C	C	A	A
55	B	C	A	C	A	A	D	C	A	D	B	A	B	C	A	C									
56	C	A	A	C	A	A	D	C	A	D	B	A	B	C	A										
57				A	A	A	C	C	A	B	C	B	C	A	A	A	C	A	B	B	B	C	A	A	A
58	B	D	B	C	C	B	C	C	B	A	D	B	C	A	A	C	C	A	B	B	B	B	C	A	A
59	A	D	B	C	A	B	D	B	B	B	B	B	C	A	A	A	C	B	A	A	C	A	C	A	A
60	A	B	A	A	B	A	B	B	B	A	D	A	B	C	A	C	B	A	B	D	A	C	A	A	A
61	C	A	A	A	B	A	A	D	A	A	D	A	B	C	A	C	B	A	B	B	A	C	A	A	A
62	C	A	A	C	A	B	D	A	B	C	A	A	A	B	A	C	B	A	A	D	B	B	A	A	A
63	B	B	B	A	C	B	C	A	A	A	A	B	C	A	A	C	B	B	C	C	A	C	C	B	A
64	B	C	A	A	B	A	D	C	A	C	A	A	C	A	A	C	C	B	A	D	A	C	A	A	A
65	C	A	A	C	A	A	C	A	A	D	B	A	C	A	A	C	C	B	C	C	A	B	B	A	A
66	C	A	A	A	A	B	D	C	A	B	C	B	C	A	A	B	A	A	B	A	B	A	C	A	A
67				A	B	A	A	D	A	A	D	A	C	A	A	A	C	A	B	C	A	A	C	A	A
68	C	A	A	A	A	B	D	C	A	D	C	B	A	B	A	C	B	A	B	D	A	B	B	A	A
69	B	C	A	C	A	A	C	A	A	A	D	A	C	A	B	B	C	B	B	B	B	A	C	A	A
70	A	A	A	B	C	A	C	A	A	C	A	A	C	A	A	C	B	A	B	B	C	A	A	A	A
71	B	D	A	B	B	A	A	B	A	C	A	B	B	C	A	C	B	A	C	C	A	B	B	A	A
72	C	A	A	B	B	A	D	A	A	A	A	A	B	C	A	C	C	A	B	B	A	C	A	A	A
73	A	B	A	A	A	A	C		A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	B	A	A	A	A	A
74	A	A	A	C	A	A	C	C	A	D	B	A	B	C	A	C	B	A	B	D	A	C	A	A	A
75	C	A	A	C	A	A	B	A	A	C	A	A	C	A	A	C	B	A	B	B	A	C	A	A	A
76	A	A	A	A	B	A	A	C	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A
77	B	C	A	B	A	A	C	B	A	D	B	A	A	B	A	C	B	A	B	C	A	C	B	A	A
78				C	A	A	A	D	B	B	C	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A
79	A	A	A	A	B	A	A	D	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	A	A	A	C	A	A	A
80	A	A	A	A	B	A	A	D	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	A	C	A	A
81	A	B	A	A	B	B	C	A	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	A	D	A	C	A	A	A
82	A	B	A	A	B	B	C	A	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	A	D	A	C	A	A	A
83	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A
84	A	B	A	A	B	B	A	D	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A
85	A	A	B	C	B	B	C	D	B	C	D	B	B	C	B	B	C	B	B	B	A	B	B	C	B
86	A	A	A	B	A	A	A	B	A	B	A	B	C	A	A	C	B	A	B	B	A	B	A	C	B
87	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A
88	A	B	B	A	A	A	A		B	A	D	B	C	A	B	C	B	B	B	B	B	B	C	A	B
89	A	B	A	A	B	A	A		A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	B
90	A	B	A	A	B	A	A		A	A	D	B	B	C	A	C	B	B	B	B	B	B	C		B
91	A	B	A	A	B	A	A	D	A	A	D	B	C	A	A	C	B	B	B	B	B	A	B	C	
92				C	A	A	A	D	A	B	C	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A	A
93	A	B	A	A	A	B	A	D	A	B	C	B	B	C	B	C	B	A	A	A	B	B	A	A	A
94	A	B	A	A	B	A	A		A	A	D	A	C	A	A	C	B	A	B	B	A	C	A	B	B
95	A	B	A	A	A	B	A	A	B	A	D	A	C	A	B				A	A	A	B	B	B	B
96	B	C	A	B	C	B	B	C	B	B	C	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	A	C	B
97	B	C	A	B	C	A	D	C	B	A	D	A	A	B	A	C	B	B	B	B	B	A	A	C	A
98	B	C	A	C	A	A	C	D	A	B	C	A	B	C	A	C	B	A	B	B	A	B	B	A	A
99	A	B	A	C	C		B	C	B	B	C	A	C	A	A	A	C	A	A	D	A	A	B	A	A
100	A	B	A	C	A	A	C	A	A	D	B	A							C	C	A	C	A	A	A
101	B	C	A	A	B	A	A	D	A	C	A	A	C	A	A	C	A	B	B	A	A	C	A	A	A
102	C	A	A	C	A	A	B	B	A	C	A	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	A	C	A	A
103	A	A	A	B	C	A	D	C	A	D	C	B	A	B	B	B	B	A	D	B	A	A	C	A	A
104	B	C	A	C	A	A	D	A	B	D	B	A	C	A	A	B	C	B	B	A	B	B	B	A	B

StNo	ITEM NUMBERS																								
	9.1	9.2	9.3	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	12.1	12.2	12.3	13.1	13.2	13.3	14.1	14.2	14.3	15.1	15.2	15.3	16.1	16.2	16.3	
105	C	A	A	C	A	A	C	D	B	D	B	A	C	A	A	A	C	A	B	C	A	B	C	B	B
106	C	A	A	C	A	A	C	A	A	D	B	A	C	B	A	C	C	A	A	B	D	A	C	B	A
107	B	C	A	C	A	A	D	C	A	D	B	A	A	A	A	C	B	B	A	A	A	A	B	B	A
108	C	A	A	C	B	A	D	C	A	D	A	A	A	B	A	C	B	A	B	B	B	A	C	A	A
109	A	B	A	C	B	A	A	B	B	A	D	A	A	B	A	C	B	A	B	B	B	A	A	C	A
110	B	C	A	C	B	A	D	A	A	D	A	A	B	A	A	C	B	A	B	B	B	A	A	A	A
111	C	B	B	A	A	A	D	C	A	D	A	A	B	A	A	C	B	A	B	B	B	A	A	A	A
112	A	B	B	A	A	A	C	C	A	A	D	A	A	B	A	C	B	A	B	B	B	A	A	A	A
113	B	C	A	A	B	A	C	A	A	B	C	A	C	A	A	C	B	A	A	C	C	A	B	A	A
114	B	D	A	B	C	B	C	D	B	D	D	B	B	A	B	B	C	B	B	C	C	B	C	C	B
115	A	B	A	A	B	A	C	A	A	C	A	A	B	C	A	C	C	B	B	B	B	A	C	A	A
116	A	B	A	B	C	A	C	D	B	B	C	A	A	C	A	C	C	B	B	B	B	A	C	C	B
117	B	C	A	C	B	B	B	B	B	C	B	B	A	C	B	C	C	B	B	B	D	B	B	B	B
118	C	A	B	A	B	B	B	C	B	C	D	B	B	C	B	C	B	A	B	B	A	A	C	B	A
119	B	C	A	C	B	B	C	A	B	B	C	B	B	C	B	C	A	B	B	A	A	C	A	A	A
120	A	B	B	C	A	B	B	C	B	C	A	A	A	B	B	C	B	B	B	B	A	A	C	C	B
121	A	A	A	C	A	A	C	A	A	B	C	A	A	B	A	B	A	A	A	D	A	A	A	A	A
122	A	A	A	C	B	B	B	D	B	D	B	A	A	B	A	C	B	A	A	D	A	A	B	B	A
123	A	A	A	A	B	A	C	A	A	D	B	A	A	B	A	B	A	A	C	C	A	B	C	A	A
124	A	A	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	B	C	A	C	B	A	A	D	A	C	A	A	A
125	B	C	B	A	B	A	C	D	B	B	C	A	B	C	A	C	A	B	B	A	A	C	A	A	A
126	A	A	A	B	B	B	B	D	B			A	B	A	A	C	B	A	B	B	A	C	C	A	A
127	A	B	B	A	B	A	D	C	A	C	B	A	C	A	A	C	B	A	B	A	B	A	C	C	A
128	C	A	A	C	A	A	C	A	A	B	C	A	A	C	A	A	B	A	B	A	A	A	C	C	A
129	A	B	A	A	C	A	C	D	A	B	D	A	A	B	A	B	B	A	A	D	A	A	C	A	A
130	C	A	B	C	A	B	C	A	A	C	A	A	A	A	B	C	B	B	B	B	A	B	C	A	A
131	C	A	A	A	B	A	A		A	A	D	A	C		A	C	B	A	B	A	A	C		A	
132				B	B	B	B	B	A	B	B	B	C	A	A	C	B	A	B	A	A				
133				B	B	B	B	B	A	B	B	B	C	C	A	B	B	B	B	A	A				
134	C	A	A	B	B	B	B	B	A	B	B	B	C	A	A	B	B	B	A	D	A	B	B	A	B
135	C	A	B	B	C	A	B	C	A	C	A	B	A	A	B	A	A	A	C	C	A	C	A	B	A
136	C	A	B	B	C	B	B	C	A	C	A	B	A	B	A	B	A	A	B	B	A	C	A	A	A
137	A	C	B	A	B	A	C	D	A	D	B	A	B	C	A	C	B	A	B	B	A	B	B	A	A
138	A	B	A	C	A	A	D	C	A	C	A	A	B	C	A	C	C	A	B	B	A	A	B	A	A
139	A	B	A	A	B	A	A	C	B	B	C	A	B	C	A	B	B	B	A	A	A	B	C	A	A
140	A	B	A	C	A	A	D	C	A	C	A	A	A	B	A	C	C	A	B						
141	C	A	B	B	C	A	C	A	A	C	A	B	C	A	A	B	A	A	C	C	A	C	A	B	A
142	C	A	B	B	C	A	C	A	A	D	B	A	B	A	B	B	B	A	C	C	A	C	A	A	A
143				A	B	A	C	A	A	B	B	B	C	A	A	C	B	A	B	A	A				
144	C	A	A	A	B	A	C	A	A	D	B	A	B	C	A	C	C	B	A	B	B	A	B	A	A
145	C	A	A	A	A	A	E	C	A	A	A	A	C	A	A	C	C	B	A	B	B	A	B	C	A
146	B	B	A	A	C	B	B	C	A	C	D	B	C	A	B	C	B	B	B	C	B	B	C	B	B
147	B	A	B	B	C	B	A	C	B	B	B	B	C	C	B	B	A	B	A	D	B	A		B	B
148	B	B	A	A	C	B	B	C	A	C	D	B	C	A	B	C	B	B	A	A	B	C	A	B	B
149	A	C	B	C	C	B	D	A	B	C	D	B	C	A	B	C	B	B	B	B	B	B	C	C	B
150	C	A	A	C	A	A	C	A	A	C	A	A	C	A	A	B	A	B	A	D	A	C	A	A	A
151	C	A	A	B	C	A	D	C	A	C	B	A	B	C	A	C	B	B	A	A	D	A	C	A	A
152	C	A	A	A	B	B	D	B	B	B	C	A				C	B	B	B	A	B	B	A	A	A
153	B	A	A	B	B	A	A	C	A	C	C	B	C	A	B	C	C	A	C	C	B	A	C	B	B
154	A	B	A	B	B	A	C	D	B	C	C	B	B	C	A	C	A	B	C	B	B	B	B	B	B
155	A		B	C	A	B				C	A	B	A	B	B				A	D	B	C	A	B	
156	B	A	A	C	A	A	D	A	A			A	B	A	A	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A
157	B	B	A	B	B	A	A	B	A	C	C	A	B	A	A	B	B	A	A	C	A	A	A	B	A
158	A	B	A	A	B	A	A	D	B	B	C	A	B	B	B	A	C	B	A	D	B	A	C	A	A
159	C	A	A	C	A	B	B	B	A		C	B	C	B	A		A	A	B	B	A	B	B	B	B

St No	ITEM NUMBERS																							
	9.1	9.2	9.3	10.1	10.2	10.3	11.1	11.2	11.3	12.1	12.2	12.3	13.1	13.2	13.3	14.1	14.2	14.3	15.1	15.2	15.3	16.1	16.2	16.3
160	C	D	B	C	A	A	A	A	B				A	B	A	A	C	A	C	A	B	B	C	B
161	B	D	A	B	C	B	A	D	B				A	B	C	C	A	A	A	D	A	B	C	A
162	A	B	B	C	A	A	A					A	B	C	A	A	B	B	B	D	A	A	C	A
163	A	A	A	A	B	A	C	A	A	B	C	B	C	C	A	B	C	B	B	A	B	C	C	A
164	A	C	A	C	B	B	C	C	B	C	C	B	C	C	A	C	C	B	C	C	A	C	B	A
165	A	B	B	B	C	B	B	B	B	D	A	A	C	A	A	C	B	A	B	B	B	B	B	A
166	C	A	B	A	A	B	C	C	A	A	C	B	B	C	A	C	B	B	B	B	A			
167	C	A	B	C	A	A	D	C	C	B	B	B	C	A	B	B	B	B	C	C	B	A	C	A
168	C	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	B	C	A	A	B	B	A	B	B	A	A	C	A
169	B	C	B	A	B	B	C	A	B	D	C	B	B	C	B	C	C	B	C	C	B	B	B	B
170	B	C	A	B	C	B	B	A	B	A	D	B	C	A	A	C	A	B	C	A	A	B	B	B
171	C	A	A				C	A	A	B	C	B	C	A	A				A	D	A	C	A	A
172	A	B	A	B	C	B	C	A	A	B	C	B	C	A	A	A	C	B	B	B	A	C	A	A
173	C	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	C	A	A	C	A	C	B	B	C	C	A	C	A
174	C	A	B	B	C	B	B	C	A	C	A	A	C	A	B	C	C	B	B	B	A	A	B	B
175	C	A	A	C	A	A	C	A	A	D	C	B	C	A	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A
176	B	C	B	A	A	A	B	B	A	C	A	A	C	A	A	A	A	B	A	D	A	C	A	A
177	B	C	B	C	A	A	D	A	B	B	C	B	A	A	B	C	B	A	B	B	A	C	A	A
178	A	A	C	A	B	C	A	B	A	D	B	A	A	B	C	A	B	B	B	B	A	C	A	A
179	B	C	A	A	B	A	C	A	A	B	C	A	C	A	A	C	B	A	B	B	A	C	A	A
180	A	A	A	A	A	A	B	B	B	D	C	B	C	A	A	C	B	B	A	B	B	C	C	A
181	B	C	A	A	B	A	C	A	A	C	B	A	C	A	A	B	A	A	B	B	A	C	A	A
182	A	B	B	A	B	B	C	D	A	C	C	B	C	A	A	B	A	A	B	B	A	A	A	A
183	A	B	A	B	C	B	D	C	B	C	A	A	C	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	A
184	A	B	B	A	B	A	C	C	B	A	D	A	C	B		B	B	B						
185	A	A	A	A	A	B				C	B	B				C	C	B	C	C	A	C	A	A
186	C	A	A	A	B	A	A	D	A	C	A	A	A	B	A		A	A	B	A	A	C	A	A
187	C	A	A	C	A	A	C	A	A				C	A	A	C	B	A	B	B	A	C	A	
188	B	C	A	B	C	B	C	A	A	D	B	B	A	A	A	B	C	B	A	D	B	C	C	B

APPENDIX F

CATEGORIES OF STUDENT RESPONSES IN FORCE AND MOTION TEST REQUESTING REASONING

QUESTION 1

- (a) Kamyon arabaya, arabanın kamyonu uyguladığı kuvvetten daha fazla kuvvet uygular.
- 1) Kuvvet kütleyle bağlı olduğu için
 - 2) Kamyonun ağırlığı arabadan büyük
 - 3) Kamyonun kütlesi arabanın kütesine göre daha fazladır. Bu yüzden kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet daha fazladır. Ayrıca çarpışmada kamyonun ve arabanın hızları da önemlidir.
 - 4) Kamyonun kütlesi büyük olduğu için arabaya daha fazla kuvvet uygular.
 - 5) Çünkü kamyon kütlesi daha fazladır ve daha kuvvet uygular.
 - 6) Bütün cisimler birbirlerine kuvvet uygularlar, ama bu kuvvetler cisimlerin kütlelerine bağlıdır. Kamyonun kütlesi arabanın kütesine göre daha büyük olduğundan dolayı kamyon arabaya daha fazla kuvvet uygular.
 - 7) Kamyonun kütlesi daha fazla olduğu için
 - 8) Momentuma göre kuvvet hız ve ağırlık çarpımıdır. Hızları eşit varsayarsak, kamyon daha ağır olacağından uyguladığı kuvvet daha büyük olur.
 - 9) Kuvvet kanunlarından dolayı
 - 10) Çünkü, kamyon arabadan daha ağır olduğu için, kamyon arabaya daha fazla kuvvet uygular.
 - 11) Kamyon daha kuvvetli olduğu için daha hızlı ve büyüklüğünden daha fazla kuvvet uygular
 - 12) Çünkü, ikisi farklı kütelere sahip. Kütesi büyük olan diğerine daha çok kuvvet uygular
 - 13) Kamyon arabadan daha büyük kütleyle sahiptir ve daha fazla kuvvet uygular.
 - 14) Çünkü kamyonun ağırlığı arabaninkinden daha büyüktür.
 - 15) Kamyon arabadan daha çok kuvvet uygular. Aynı hızla geldiklerini düşündüğümüzde kamyon arabadan daha büyük ve daha hızlı gelir. Araba ise küçük ve hızlı
 - 16) Büyük kamyon ufak arabaya daha fazla kuvvet uygular, çünkü kamyon arabadan daha büyük kütleyle sahiptir.
 - 17) Kamyon daha büyük daha çok kuvvet uygular

- 18) Araba ağırlık ve güç bakımından kamyonun daha azdır. Bu nedenle çarpışma sırasında kamyonun kuvveti daha fazla olur.
- 19) Kamyon daha ağır ve daha fazla etki yapar.
- 20) Kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetin fazla olmasının sebebi kamyonun kütlelerinin fazla olmasıdır.
- 21) Kamyon arabadan büyük olduğundan dolayı
- 22) Aynı hızda olsalar bile kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet, daha büyük olur. Çünkü kamyon daha büyük ve kuvvetlidir.
- 23) Kamyonun ağırlığı daha fazladır. Kamyon çarpınca arabaya, araba da kamyonun kuvveti uygular. Ama kamyon daha fazla kuvvet uygular.
- 24) Çünkü kamyon arabadan kütlece büyüktür.
- 25) Kamyon daha kuvvetli olduğu için
- 26) Kamyon arabadan büyük olduğundan dolayı kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet daha büyüktür.
- 27) Yüke bağlı olarak kamyonun hızı arabanın hızından fazla olacağından kamyonun uyguladığı kuvvet arabadan fazladır.
- 28) Çünkü kamyonun kütlesi arabanınkinden büyüktür.
- 29) Kamyon büyük kuvveti de büyük olur. Araba küçük kuvveti de küçük. Kamyon daha fazla kuvvet uygular.
- 30) Kamyon arabadan büyük ama ikisi de hareketli. Çarpışma esnasında ikisinin de hızı var. Yani ikisi de belli büyüklükte birbirine çarpar.
- 31) Kamyonun ağırlığı arabanın ağırlığından fazla olduğu için. Kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet daha fazla uygular.
- 32) Kamyonun ağırlığı arabanın ağırlığından daha fazla old. kamyon arabaya daha fazla kuvvet uygular.
- 33) Kamyon daha kuv. old. için daha hızlı ve büyüklüğü daha fazladır.
- 34) Çünkü kamyon arabadan daha büyük. Kamyon arabayı altına alır.
- 35) Kamyon daha büyük olduğu için daha fazla kuvvet uygular.
- 36) Çünkü kamyonun kütlesi fazla olduğundan kamyon daha hızlı çarpar.
- 37) Kamyonun kütlesi arabadan büyüktür.
- 38) Çünkü çarpışmada kamyon uyguladığı kuvvet daha fazla olur.
- 39) Kamyonun ağırlığı fazla old. daha fazla etki eder. Yük ile kuvvet doğru orantılıdır.
- 40) Kamyonun ağırlığı, arabanın ağırlığından fazla olduğu için kamyon arabaya daha fazla kuvvet uygulayacaktır.
- 41) Kamyonun ağırlığı fazla olduğundan arabaya uyguladığı kuvvet daha fazla olacaktır.
($F = ma$)
- 42) Kamyon daha büyüktür ve daha çok kuvvet uygular.
- 43) Kamyon arabaya, arabanın kamyonun kuvvetinden daha fazla kuvvet uygular. Çarpıştıktan sonra kamyon arabayı sürükler.

- 44) Kamyon büyük olduğundan araba altta kalır ve kamyon daha fazla kuvvet uygulamış olur.
- 45) Çünkü kamyon daha ağırdır.
- 46) Kamyon büyük olduğu için arabaya daha fazla kuvvet uygular. Kamyon araca kuvvet uygular araç ise çok az uygular.
- 47) Çünkü kamyon kütleli olarak arabadan daha büyük.
- 48) Çünkü kamyon daha büyük ve arabaya göre daha güçlü bu sebepten dolayı.

- (b) Araba kamyonu, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten daha fazla kuvvet uygular.
- 1) Kamyonun büyüklüğü ve ağırlığı arabanın ağırlığından ve büyüklüğünden daha büyük
 - 2) Çarpıştıkları anda kuvvetler yer değiştirir.
- (c) Birbirlerine herhangi bir kuvvet uygulamazlar, araba kamyonun önüne çıktığından dolayı parçalanır.
- 1) Kamyon ve araba birbirlerine kuvvet uygulamaz. Çarpışma sırasında araba küçük olduğu için araba parçalanır, ama kamyonu fazla bir şey olmaz.
- (d) Kamyon arabaya kuvvet uygular, araba kamyonu kuvvet uygulamaz.
- 1) Kamyon arabaya çarparsa kuvvet uygular, ama araba uygulamaz. Çünkü araba bir iş yapmıyor.
 - 2) Çünkü kamyonun kütlesi daha fazla olduğu için arabaya tepki verir. Arabanın kuvveti yetersiz kalır.
- (e) Araba kamyonu, kamyon arabaya aynı büyüklükte kuvvet uygular.
- 1) Etki = Tepki
 - 2) Etki-tepki prensibinden iki araç da birbirine aynı şiddette kuvvet uygular.
 - 3) Merkezci çarpıştıkları için
 - 4) Çarpıştıklarında aradaki şiddet aynı olduğu için
 - 5) Cevabım "E". Çünkü çarpışan kütleler aynı. Yani, ikisine de aynı kuvvet uygulanır. Ama ağırlıklarından dolayı biri fazla geri teper, diğeri çok az...
 - 6) Birbirlerine sbt bir şekilde çarptığı için.
 - 7) Her ikisi de birbirine kuvvet uygular
 - 8) Hızları hakkında herhangi bir bilgi vermediği için birbirlerine aynı büyüklükte kuvvet uygular.
- (f)
- 1) Hiçbir yorum yapılamaz. Bu arabaların hızları bilinmediğinden hiçbir yorum yapılamaz.
 - 2) Kamyon arabayı altına alır, büyük olduğu için

- 3) Kamyonun büyüklüğü daha büyük olduğundan araba ezilir. Kamyon arabadan büyük ve demirleri kalın olduğundan araba ezilir.
- 4) Eğer hızları aynıysa kamyon daha fazla güç uygular. Kavga olduğu zaman biri büyük biri olduğunu düşünürsek. Eğer küçük olanın refleksleri kuvvetliyse iri olana daha fazla kuvvet uygular.
- 5) Araba kamyonun altına girer. Yarısı dışarıda kalır. Arabanın boyutu kamyonun boyutundan küçük olduğu için geldiği hızla kamyonun altına girer.
- 6) Hızını bilmediğim için belli olmaz. Etki kuvveti değişebildiği için.

QUESTION 2

(a) Yalnız 1

- 1) Yerçekimi kuvveti olduğundan top sabit bir şekilde gideceği yere sağ salım ulaşır.
- 2) Yer çekimi kuvveti cisme her noktada etki etmektedir.
- 3) Çünkü her cismin yerçekimi kuvveti olduğu için tüp içindeki topa etki eder.
- 4) Çünkü her cismin yerçekimi kuvveti olduğu için tüp içindeki topa etki eder
- 5) Yerçekimi her yere etki eder o yüzden topa etki eder.
- 6) Aşağı doğru bir kuvvet vardır. Yerçekiminden dolayı.
- 7) 2' de O'ya doğru kuvvet uygular, 3 'de ve 4' de O' ya göre kuvvet uygular ama aşağı doğru yerçekimi sürtünmesiz tüp içindeki topa etki eder. Yani A.

(b) 1ve 2

- 1) Aşağı doğru daima bir yerçekimi kuvveti vardır. Bu da topa etki eder. Dıştaki çember topa karşı r' den O' ya doğru bir kuvvet uygular.
- 2) Yerçekimi
- 3) Topun dengede kalabilmesi için r' den O' ya uygulanan kuvvet ile G' nin dengelenmesi gerekir.

(c) 1 ve 3

- 1) Yerçekimi kuvveti etkiler. Topu aşağı çeker.
- 2) Aralarında bir temas bir bağlantı olmadığı için 2 ve 4 yanlış, 1 ve 3 doğru.
- 3) Top r noktasındayken hem aşağıya doğru yerçekimi uygulanır hem de topun hareketi doğrultusunda bir kuvvet uygulanır.
- 4) 1. yargıda yerçekimi olduğu için top aşağı doğru gider.
3. yargıda topa dokunduktan sonra top ileri yöne doğru gider.
- 5) Yerçekimi olduğu için top aşağıya doğru gider. Top itilen yöne doğru gittiği için.
- 6) Yerçekimi ve atıldığı yerin yönünde sürtünmesiz olduğu için gitmektedir.
- 7) Yerçekimi aşağıya doğru çeker. Aşağı çekilen top tüpün içinde hareket eder.
- 8) Yerçekiminden dolayı topun p'den gönderiliş hızı s' den çıkış hızından yavaştır.

- 9) Yerçekimi ve kuvvet etkilidir.
- 10) Çünkü top hızla s' ye doğru gider.
- 11) Top fırlatıldığı için s bir kuvvet etkilemektedir. Yerçekimi kuvveti de ona kuvvet uygular.
- 12) Çünkü yerçekimi kuvveti topu yavaşlatır ve aşağı doğru çeker. Topun hareketi doğrultusunda bir kuvvet uygulandığında top hızlanır.
- 13) Yerçekimi kuvveti topun yavaşlamasını sağlar. Topun hareketi doğrultusundaki bir kuvvet topu hızlandırabilir.
- 14) Top hızla p' den r' ye geldiği için yerçekimi kuvveti vardır. Top hareket ederken de bir kuvvet uygular.
- 15) Topun ağırlığı vardır. Yukarıdan atılan top yerçekimi kuvveti nedeniyle aşağıya doğru bir eğilim gösterir. P noktasından bir kuvvetle aşağı atılan top kuvvetin etkisi ve yerçekimi etkisi sebebiyle
- 16) Yerçekiminin etkisinden dolayı etki etmektedir.
- 17) Çünkü yerçekimi kuvveti cisim aşağıya doğru çeker. O yüzden 1. Top aşağı doğru hareket ettikçe hızı artar o yüzden 3.
- 18) Yerçekimi olduğu için top aşağıya doğru gider. Topa dokunduktan sonra top itilen yöne doğru gider.
- 19) Hareket doğrultusundaki bir kuvvet itme sağlayacağı için. Yerçekimi de atışlarda hızı azaltıp çoğalttığı için.

(d) 1, 2 ve 3

- 1) Yerçekimi, çemberin şekli ve topun o yolu izlemesi
- 2) Yerçekimi kuvveti
- 3) Yerçekimi kuvveti bütün kuvvetlere etki etmektedir. Top bir kuvvet uygulanarak atıldığı için o kuvvetin etkisiyle s' den çıkar. Tüp ve r birbirlerine kuvvet uygularlar. Aralarındaki uzaklığı bu kuvvet sayesinde korurlar.
- 4) Topun hareketi doğrultusunda bir kuvvet vardır. Çünkü olmazsa cisim s' den çıkamaz. Cisme r' den O' ya doğru tüp kuvveti uygular. Çünkü top merkezden uzaklaşmak ister.

(e) 1, 3 ve 4

- 1) Topun hareketi olduğundan dolayı hareket doğrultusunda bir kuvvet vardır. Yoksa top hareket edemez. O' dan r' ye doğru bir f merkez kaç kuvveti vardır. Ağırlığından dolayı yerçekimi kuvveti vardır.
- 2) Top yerçekimine doğru hareket eder. Hareketli bir doğrultu yapar.
- 3) Yerçekimi her zaman etkilidir. " p " ucundan bırakılıp hareket ettiğinden dolayı hareket doğrultusunda kuvvet vardır. Çemberin alt kısmından kaldığından dolayı O' dan r' ye doğru bir kuvvet vardır.

- 4) Yerçekimi kuvveti, Topun hareketi doğrultusunda bir kuvvet ve O' dan r' ye doğru bir kuvvet vardır. Fakat r' den O' ya doğru tüpün uyguladığı bir kuvvet yoktur.
- 5) Yerçekimi ve topun hareketi doğrultusunda uygulanan kuvvet kesinlikle hızını artırır. O' dan r' ye doğru kuvvet dik ve r' nin hareket yönüyle bileşenlerine ayrılır ve azalır. "2" hakkında kesin bir şey söyleyemeyeceğim ama herhalde sürtünme olmadığından etkilemez.
- 6) 1, 3, 4 etki eder. Fakat r' den O' ya değil O' dan r' ye etki eder.
- 7) 1, 3 ve 4 . Diğeri tüpe etkiliyor.
- 8) Bütün cisimlere yerçekimi kuvveti uygulanır. Top O' dan r' ye doğru bir kuvvet uygular. (Merkezkaç kuvveti) Ayrıca top p ucundan fırlatılır. Yani hareket doğrultusunda bir kuvvet var. Top p ucundan bırakılsaydı hareket doğrultusunda bir kuvvet yerine yalnız yerçekimi kuvveti etkiyecekti.

QUESTION 3

(a)

- 1) Topun takip ettiği yol yuvarlak olduğu için ona uygun bir yol takip etme isteği duyacaktır.
- 2) Merkezin uyguladığı kuvvetten dolayı ve tüp çember şeklinde olduğu için A' daki yolu izler.
- 3) A' ya doğru gider. Çünkü tüpün içinde dairesel şekilde hareket ediyor. Bu durumu koruyarak dairesel hareketini sürdürmek ister ve A' ya doğru gider.
- 4) A yönüne doğru gider. Çünkü bıraktığımız yer içe doğru eğimli.
- 5) Eylemsizlik
- 6) Hangi doğrultuda dışarı çıkıyorsa o doğrultuda hareket eder.
- 7) Top tüpten çıktıktan sonra hemen düz bir hareket yapamaz. Biraz sola doğru hareket yapar. Yani A şıkkı.
- 8) Çünkü tüp yarı çember şeklindedir. Tüpten çıkan top çemberi tamamlamak isteyeceğinden A yönündedir.
- 9) Yuvarlak olduğu için A yönünde gider.
- 10) Başladığı yere geri gelir.
- 11) Bana göre A noktasını izleyebilir. Sebebi ise tüpün eğimli olarak geldiği için topu A noktasına doğru etki edecektir.
- 12) Çünkü tüpün şeklinden dolayı.
- 13) Yüzey sürtünmesiz olduğu için tüpten çıkan top aynı yönde yani dairesel bir hareketle A' ya doğru gider.
- 14) Hareketi dairesel olduğundan. Yani A şıkkı kendi izlediği yolu tamamladığından dolayı.
- 15) Yörüngeden dolayı ve hızından dolayı.
- 16) Şekil yuvarlak olduğundan belli bir zaman A şeklinde olduğu gibi gidebilir.

- 17) Çünkü tüpün etkisiyle A noktasından geçer.
- 18) A' ya doğru gitmek ister. Eylemsizlik prensibi.
- 19) Yuvarlak tüpün eğimi A' ya doğru olduğundan dolayı bence A şıkkıdır.
- 20) Top tüp içersindeyken daire şeklinde hareket ettiğinden çıkınca da hareketini devam ettirmek ister.
- 21) Hareketini devam ettirmesi için.
- 22) Topun giriş kısmına doğru ama giriş kısmıyla aynı hizada değil.

(b)

- 1) Tüpün uyguladığı kuvvet bitmiştir. Top hızı doğrultusunda yükselir.
- 2) Top döndükten sonra biraz düz olarak gittiği için yan taraflara gitme ihtimali yok.
- 3) Belli bir rayı olmadığı için serbest kalır ve de doğrusal bir hareket yapar.
- 4) Çünkü topa yerçekiminden başka bir şey etkimez. Yerçekimi de zaten dikey o yüzden dümdüz yukarı gider.
- 5) Top yukardan çıkar. Belli bir hızı olduğu için. Çünkü hızla çıktığı için direk olarak çıkacaktır. Sağa sola saptama yapmaz.
- 6) Yerçekimi varsa aşağı doğru gitmek ister. Yoksa sbt kalır.(olduğu yerde.)
- 7) Çünkü top fırlatılıyor. Dışarıya belli kuvvetlerle çıkar. Bu direk.
- 8) Cismin hızı ve sürtünmesiz oluşu. Ayrıca borunun ağzı topa eti etmektedir. Bunun için top B noktasına gider.
- 9) Eline bir cirit alıp attığımızda (cirit dönerek atılır) attığımız tarafa doğru düz bir şekilde gider.
- 10) Geldiği yolu takip eder.
- 11) Borunu kesildiği yer düz olduğu için
- 12) Top yukarı fırlatıldığı için
- 13) Çünkü borunu ağzı yukarı bakıyor.

(c)

- 1) Merkezci ivme etkisinde C 'den gider.
- 2) Bir müddet hızını alamayıp yukarı çıkar sonra yerçekimi kuvvetinde aşağı gider.
- 3) Bir müddet sonra hızı düşecektir.

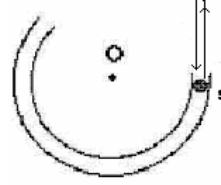
(d)

- 1) Çünkü top hızla s ucundan çıkar ve çıktıktan sonra yavaşlar. Sağ tarafa doğru düşer.

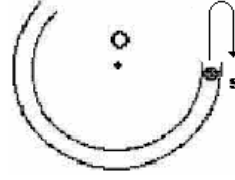
(e)

- 1) Çünkü masa üzerinde hareket ettiği söyleniyor. S ucunda çıktığı anda direk olarak devam eder.
- 2) Direk çıkamaz eğik çıkar.

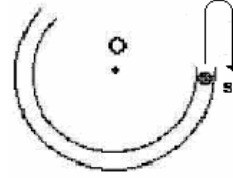
- 3) Hayal ettim
 - 4) Denedim
- (f)
- 1) A-B arası çünkü direk hızla B' ye çıkamaz. Az bir kıvrım olduğu için A-B arasına kayar.
 - 2) Bence A-B arasında olur.
 - 3) Tüpten çıktuktan sonra B yolunu izleyip tekrar tüpün içine girer.



- 4) Tüpün diğer ucunun yüksekliğine kadar çıkar. Yerçekimi kuvveti etkisiyle yere düşer.



- 5) Kuvvet sıfırlanana kadar yukarı çıkar sonra düşer.

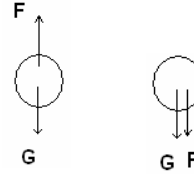


- 6) B-C yönüne gider. Çünkü top borudan çıktıktan sonra direk hızını kesemeyeceği için E tarafına gidemez.

QUESTION 4

- (a) Aşağıya doğru bir yerçekimi kuvveti ile beraber, yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvettir.
- 1) Yukarı çıktıkça çekim kuvvetinin etkisiyle aşağı doğru düşer.
 - 2) Topa aşağı doğru yerçekimi kuvveti ve kendi ağırlığı etki eder. Yukarı doğru ise tepe noktasına kadar azalan bir kuvvet vardır.
 - 3) Yerçekiminden dolayı ve aşağıdan yukarıya giderken azalan hareket yapması
 - 4) Yerçekimi yukarı doğru azalır aşağı doğru artar.
 - 5) Çünkü aşağı doğru yerçekimi merkezine yakın olduğu için

- 6) Çocuk kuvvet uygulayıp atıyor. Sonra yerçekiminden dolayı bu kuvvet azalıyor.
- (b) Top, çocuğun elinden çıktıktan sonra tepe noktasına ulaşmaya kadar yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvet; düşerken cisim yere yaklaştıkça sürekli artan yerçekimi kuvvetidir.
- 1) Top çocuğun elinden çıktıktan sonra belirli bir müddet yukarı çıkar. Aşağıya doğru inerken belirli aralıklarla hızlanarak yere düşer.
 - 2) Topun belli bir enerjisinden dolayı yukarı doğru enerjisi bitene kadar çıkar. Daha sonra yerçekimi etkisiyle artan bir hızla yere düşer.
 - 3) Ben topu atınca azalan bir hızla gider. Yere düşerken hızlanarak düşer.
 - 4) Belli bir seviyeye kadar yükselir. Hızı yerçekimine göre değişir.
 - 5) Top çocuğun elinden çıktıktan sonra havanın kuvveti olmadığı için yukarıya doğru azalır. Yere doğru indikçe yerçekiminden artar.
 - 6) Hoca söylemişti.
 - 7) Kurala göre öyle
 - 8) Yerçekimi olduğundan yukarı doğru olan kuvvet gittikçe azalır ve tepe noktasında sıfır olup tekrar aşağıya doğru hızlanır.
 - 9) Top yukarıya doğru atılınca top önce hızla çıkar sonra belli bir süre sonra da yavaşlar ve yerçekimi kuvveti etkisiyle aşağı inmek istediğinden dolayı hızla aşağı inmek isteyecektir.
 - 10) Topa tepe noktasına ulaşmaya kadar azalan, yere düşüncüye kadar ise artan kuvvet uygulanacaktır.
 - 11) Tepe noktasına ulaşmaya kadar ters yönlüdür, belli bir miktar sonra F_A biter. Düşerken her ikisi aynı yönde olduğundan hız sürekli artar.



- 12) Çelik topun ağırlığından dolayı yukarıya doğru azalan kuvvet, aşağıya doğru artan kuvvet gösterir.
- 13) Çünkü bu fizik kuralıdır.
- 14) Çünkü yerçekimi kuvveti devamlı maddeler çeker. Çocuk attıktan sonra sürekli azalan, tepe noktasında durur. Daha sonra artar.
- 15) Yukarı çıkarken yerçekiminden dolayı hızı azalır. Aşağı inerken de azalır.
- 16) Cismin ağırlığı ve yerçekimi kuvveti uygulandığı için yukarı çıkarken sürekli azalır. Tepede durur. İnerken yerçekimi kuvveti olduğu için sürekli hızlanır.
- 17) Top tepe noktasına ulaşınca bir an durur ve sonra yerçekimi kuvveti nedeniyle tekrar yere doğru hareket eder.

- 18) Çocuğun havaya attığı top aşağı doğru düşerken yerçekimi kuvvetinin artmasıdır.
- 19) Çocuğun havaya fırlattığı topun aşağı doğru düşerken yerçekimi kuvvetinin artmasıdır.
- 20) Yerçekimi topa etki etmesiyle beraber topun yukarı doğru hızını kısıtlar ve aşağı doğru hızlanan bir ivmeyle yere temas etmesini sağlar.
- 21) Top çocuğun elinden çıktıktan sonra çıkış süresini tamamlayana kadar azalan bir hızla yukarı çıkar. Sonra yerçekiminin etkisiyle hızlı bir şekilde yere iner.
- 22) Yukarıya çıkarken yerçekiminden ve ağırlığından dolayı hızı azalır. Aşağı inerken de ağırlığı ve yerçekiminden dolayı hızı artar.
- 23) Cismin ağırlığı olduğundan yukarı çıktıkça aşağıya doğru bir yerçekimi vardır. Yukarı doğru giderken sürekli azalır. Tepe noktasında durur. Aşağı doğru ilerlerken cisim aşağı doğru sürekli artar.
- 24) Yukarı doğru fırlatılan bir cisim kendi ağırlığından ve yerçekiminden dolayı tepe noktasına ulaşmaya kadar sürekli azalan bir kuvvet, aşağı doğru yerçekimi ve ağırlığından dolayı hızı artar.
- 25) Yukarı tepe noktasına kadar yerçekimi ile ters kuvvettir. Bunun yüzünden azalandır.
- 26) Çünkü yerçekimi kuvveti aşağı doğru olduğundan yukarı fırlatılan topun kuvveti- hızı azalır. Aşağı doğru artar.
- 27) Max yüksekliğe çıkınca hızı 0(sıfır) olacağından dolayı yukarı doğru azalan bir hızla hızı 0 olduktan sonra ise yerçekimi ile aşağı doğru hızlanarak iner.
- 28) Top fırlatıldığında çocuğun kuvvetiyle yukarı doğru çıkarken hızı azalır, düşerken de yerçekimi kuvveti nedeniyle hızlı bir şekilde yere düşer.
- 29) Tepe noktasına çıkıncaya kadar hızında bir azalma meydana gelir. Tepe noktasında kinetik enerjisi 0'a yaklaşır. Düştüğünde potansiyel enerjisi azalır kinetik enerjisi artar.
- 30) Sebebi ise yerçekiminden dolayıdır. Top yukarıya doğru atıldığında ilk atıldığı hız azalacak ve geri indiğinde yerçekiminin etkisinden dolayı hızlanacaktır.
- 31) Çünkü top tepe noktasına kadar azalan bir hızla çıkar. Bunun sebebi de yer çekimidir. Aşağıya kadar olan hızı ise yerçekimidir. O yüzden.
- 32) Top çocuğun elinden çıktıktan sonra yukarıya doğru azalan bir kuvvet aşağı doğru ise yerçekimi kuvveti vardır.
- 33) Çelik top tepe noktasına ulaşmaya kadar azalan bir kuvvetle, düşerken ise sürekli artan bir yerçekimi kuvvetiyle düşer.
- 34) Top çocuğun uyguladığı kuvvetle havaya doğru çıkar ama her yükselişinde hızı azalır.Fakat yere düşerken daha çok hızlanır. Çünkü topun kütlesi ve yerçekiminden dolayı.
- 35) Yukarıya doğru azalan bir kuvvetle gider çünkü yerçekimi kuvveti onu aşağı çekmektedir. Aşağı doğru da artar. Yine yerçekimi etkisinden artar.
- 36) Atışların kanunlarına göre.
- 37) Yukarı doğru azalan, aşağı doğru artan hareket yapar.

- 38) Yeryüzünden uzaklaştıkça yerçekimi kuvveti azalır, yeryüzüne yaklaştıkça yerçekimi kuvveti sürekli artar.
- 39) Herhangi bir hızla atılan cismin hızı yerçekimi etkisi ile belirli sürede belirli azalma gösterir. Çıkabildiği tepe noktasında hız sıfırdır. Yere düşerken de yine yerçekimi etkisi ile belirli sürede belirli bir şekilde artan hız.
- (c) Top, tepe noktasına ulaşmaya kadar aşağı doğru hemen hemen sabit yerçekimi kuvveti ile beraber yukarıya doğru sürekli azalan bir kuvvet ve düşerken sadece aşağı doğru sabit yerçekimi kuvvetidir.
- 1) Yere düşeceği anda aşağı doğru bir yerçekimi vardır. Aşağı doğru yerçekimi çeker.
 - 2) Top yukarı çıkarken yerçekiminden uzaklaşacağı için yerçekimi kuvvetinden dolayı azalan bir kuvvet uygular. Yerçekimi kuvvetinden dolayı da aşağı hızla düşer.
 - 3) Yerçekimi etkili olur
 - 4) Yerçekimi kuvveti yukarı ve aşağı giderken de vardır. Yukarı doğru giderken bir de azalan bir kuvvet vardır.
 - 5) Topu yukarıya fırlattığımızda yerçekiminden dolayı azalıyor. Aşağı düşerken de yerçekimi ve ağırlığının etkisiyle hızlanıyor.
- (d) Sadece dikey, aşağı doğru, neredeyse sabit yerçekimi kuvvetidir.
- 1) Top yukarıya çıktıkça yavaşlar bu sadece yerçekiminden dolayıdır. Yerçekimi olmasa top yavaşlamaz ve sürekli yukarı çıkardı.
- (e) Yukarıdakilerin hiçbiridir. Top, yeryüzü üzerinde, hareketsiz kalma doğal eğiliminden dolayı yere düşer.
- 1) Eğer hava bir kuvvet uygulamazsa yerçekimi kuvveti etkisizdir.
 - 2) Bana göre E şıkkı.
- (f) C şıkkına ek olarak yukarı gittikçe hızı azaltan ağırlık ve aşağı doğru artan ağırlık kuvveti vardır. Tepe noktasına ulaşmaya kadar çocuğun azalan fırlatma kuvveti etkilidir ve aşağıya doğru yerçekimi kuvveti hızı yavaşlatır. Tepede fırlatma kuvveti "0" olur ve aşağı doğru yerçekimi kuvveti cismi gittikçe hızlandırarak çeker. Bir de ağırlık çıkarken hızı azaltır, inerken hız sabit değildir. Gittikçe ağırlık sayesinde artar. Çocuğun attığı hızla aynı noktadan geçer.

QUESTION 5

- (a)
- 1) b noktasında hareketsiz olduğu için yukarıya doğru gider.
 - 2) a dan b noktasına doğru kayarken dik olarak bir açı izlemiştir ve oka çarptığında ters yönünde dik olarak hareket eder. Yani A şeklindeki gibi.

- 3) Diske vurulduğunda disk A şıkkındaki gibi olur.
- 4) Yukarı yönde vurulursa yukarı yönde gider.
- 5) İlk hızıyla b' ye geldiği zaman bir hıza sahip olduğundan dolayı saptama yapmayacaktır.
- 6) Topun kütleyle direk gelirken ok yönündeki çarpmanın uyguladığı kuvvetle karşı tarafa doğru gider.
- 7) Kuvvet hareket yönüne dik uygulandığından dolayı.
- 8) Merkezden vurduğu için top dik gider.
- 9) Disk b noktasında duruyor ve aşağıdan hızlıca vurulursa yukarı hızlanır.
- 10) Merkezden uygulandığı için top tam dik gider.
- 11) Topa merkezden vurulduğu için top tam olarak dik gider.
- 12) Vuruşun şiddetine bağlıdır. Eğer hızlı bir vuruş yapılırsa A' daki gibi gider. Ama disk sadece çarparsa B' deki gibi gider.

(b)

- 1) B dedim. Çünkü uygulanan iki kuvvetin bileşkesinin alınacağını düşündüm.
- 2) Cisim iki kuvvetin bileşkesi doğrultusunda hareket eder.
- 3) İlk durumda disk sabit bir hızla hareket ediyor. Yani belli bir hızı var. Onun için dümdüz değil de sağa doğru bir eğimle gider.
- 4) Kuvvetin bileşenleri
- 5) Vektörel olarak düşündüğümüzde bileşke B deki gibi olur.
- 6) Çünkü top iki kuvvetin bileşkesi yönünde gider. Yani düz bir doğrultuda düzgün bir şekil A ve B şıkkında bulunuyor. A daki gibi olamaz çünkü eğer olursa topun geliş kuvvetini almamış oluruz.
- 7) Çünkü soldan sağa doğru sabit hızla gitmekte ve dikey bir vuruştan sonra da iki hızın bileşeni yönünde düz bir yol izler.
- 8) Topa uygulanan kuvvete bağlıdır. Buna göre A şıkkı da olabilir.
- 9) Bileşkelerini alırsız.
- 10) Çünkü disk o hızla gelip bir kuvvetle karşılaştığı zaman yatay bir şekilde yukarı hareket eder.
- 11) Çünkü b noktasında disk hareketsiz olmasıyla yere doğru bir eğilim gösterir.
- 12) Çünkü hava etkisi önemsizdir. Yön değişikliği olmaz.
- 13) Diskin kendi hızında olduğundan dolayı B yönünde hareket eder.
- 14) Cismin b' ye doğru bir hızı olduğundan yukarı doğruca vurulunca ikisinin bileşkesi yönde hareket eder.
- 15) Her iki kuvvet birbirine eşit ise çapraz yönde hareket eder.
- 16) Bir hızı olduğu için ve aşağıdan bir kuvvet uygulandığı için B şıkkı gibi hareket eder.
- 17) Diskin oka etki etmesiyle yön değiştirir ve B noktasına gider.
- 18) Genelde hep böyle oluyor. Atılınca direk yukarı ya da aşağı düşmüyor eğik bir atış yolun izliyor.

- 19) Diskin bir hızı var, bir de ok yönündeki vuruş olur. Cisim B' deki şekli alır.
- 20) Eğer iki kuvvet birbirine eşit ise (45^0) yukarı düşey hareket eder.
- 21) Bileşke kuvvet
- 22) Çünkü o hızla disk az olarak sağa doğru kayar.
- 23) Vektörlerden etki eden iki kuvvetin bileşkesi gidiş yönünü verir.
- 24) İki kuvvetin bileşkesi yönünde hareket eder.
- 25) İki hareketi de yapma eğilimi olduğu için o şekilde olur.
- 26) Bileşke kuvvet

(d)

- 1) Cisme vurulmadan önce cisim b yönünde hareket ettiğine göre vuruş olduktan sonra yukarıya doğru bir kuvvet uygulanıyor.
- 2) B noktasından diske vurulduktan sonra disk kendi hızını korumak isteyecektir. Bu yüzden kavisli bir şekilde yoluna devam edecektir.

(e)

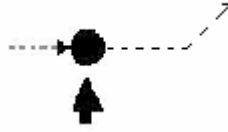
- 1) Madeni parayla denedik ve gördük
- 2) Disk vuruşa maruz kaldığı için hem düz gitmek isteyecekler hem de vuruşa maruz kaldığı için biraz da eğri gitmek isteyecektir.
- 3) Vuruştan sonra disk E şikkındaki yolu izleyecektir.
- 4) Daha mantıklı olur. a' dan b' ye giderken hızı biraz olsa da yavaşlar. Kalın ok yönüne doğru hızlı bir şekilde vurulunca dike yakın şekilde yol alır.
- 5) Hareketli diske uygulanan kuvvet zamanla azalır.
- 6) Hareketli diske uygulanan kuvvet zamanla azalır
- 7) Topa vurulunca hafif havalanır.
- 8) a' dan gelen kuvvet b noktasındaki kuvvetle çarpışınca a' nın kuvveti ve b' den gelen kuvvetle birlikte topun yönünde sağ tarafa doğru değişme olur.
- 9) Hareket halindeyken vurulduğunda diskin kendi hızı vardır. Bu nedenle kendi hızı onu sağ yönüne iter. Vuruş ise yukarı doğru.
- 10) Top gelirken kendi hızı vardır ve yukarı doğru bir kuvvet uygulandığında bu hareketi yapar.
- 11) Cismin geliş doğrultusuna dik bir yönde vuruş diski vurduğumuzda hokey diskinin zaten bir hızı ve yönü olduğundan dolayı ne dikey ne de yatay şekilde hareket etmez. Aslında ok yönünden uyguladığımız kuvvetin şiddeti de bizim için önemli ama...

(f)

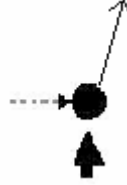
- 1) Hız kazanmış cisim eylemsizliğini korumak ister ve ilk doğrultusunda devam etmek ister bunun için sektikten sonra yoluna devam eder.



- 2) Bir müddet sonra yön değiştirecektir.



- 3) Etki- tepki olayı



QUESTION 6

(a) Sabittir

- 1) Hızı sabitlenir.Çünkü ne hava sürtünmesi ne de yer sürtünmesi olmadığından disk sonsuza kadar sabit hızına devam eder.
- 2) Sürtünmesiz ortam bir kuvvet etkilidir.
- 3) Çünkü sürtünme olmadığı için
- 4) Çünkü sürtünme yok
- 5) Sürtünme olmadığı için sabittir.
- 6) Sürtünme olmadığı için
- 7) Sürtünme olmadığı için sabittir
- 8) İkisi de aynı hızla gittikleri için sonraki hızları eşit olur.
- 9) Sürtünmesiz olduğu için sürekli sabit hızla hareketidir.
- 10) Dışarıdan bir kuvvet olmadığı için sabittir
- 11) Sürtünmesiz olduğu için sürekli hızı sabittir.
- 12) Düzlem yatay olduğundan yerçekimi sürtünme de olmadığından etkiyemez o hızla sabit bir şekilde dümdüz gider.
- 13) Top vurulduktan sonra hiçbir etkiye maruz kalmadığı için sabit hızla gider.

- 14) Sürtünme yok
- 15) Sürtünme olmadığı için

(b) Sürekli artar

- 1) Hızı sürekli arttığı gibi aldığı yolla hızının birbirine oranı aynıdır.
- 2) Deneyimin devamını gördük.

(c) Sürekli azalır

- 1) Kuvvet sürekli uygulanmadığı için sürekli azalır. (yerçekiminin etkisinde)
- 2) Çünkü kuvvetin bir kısmı sürtünmeye gider ve azalır.
- 3) Fizik bilgilerime göre böyle olduğunu düşünüyorum.
- 4) İki kuvvet birbirine zıt engelleyecektir ve ağırlık da işe girecek.
- 5) Hep azalır çünkü yerçekimi azalır.
- 6) Çarpmanın etkisiyle V_0 hızıyla gelen top yavaşlamak zorunda kalır.
- 7) Çünkü vurulduktan sonra hızında azalma olur yukarı doğru çıkar ve sürekli azalır.
- 8) Etki söz konusu.
- 9) Yol sürtünmesiz olduğu için belirli bir süre disk duracaktır. Bu yüzden hız azalıyor.
- 10) Aşağıya doğru yerçekimi olduğundan sürekli azalır.
- 11) Yerçekimi kuvvetinden dolayı sürekli azalır.

(d) Bir süre için artar ve sonra azalır.

- 1) Alttan darbe gelince hızlı bir şekilde olur. ama eylemsizliğini kaybettiği için yavaş yavaş hızı düşer.
- 2) Diske vurulduğu andan itibaren hızı artar ve sürtünmeden dolayı yavaşlar.
- 3) Önce artar sonra azalır
- 4) Yüzey hiçbir şekilde sürtünmeye sahip değil. Cisim sonraki vuruştan önce zaten bir hıza sahipti. Sonraki kuvvetle beraber cismin hızı önce artar sonra azalmaya başlar.
- 5) Bir süre artar çünkü vuruş ve diskin belli bir hızı vardır. Sonradan azalmaya başlar.
- 6) Vurulduğu anda kuvvet kazanır. Daha sonra yerçekimiyle yavaşlar.
- 7) Sürtünme az olduğu için böyle olur.
- 8) Diske vurduğumuz için hızı ilk önce artar sonra ise diske bir kuvvet etki etmediği için bence azalacaktır.
- 9) Topa tam olarak vurulduktan sonra top bir müddet aynı hızla gider daha sonra ilk hızına göre daha yavaştır.
- 10) Çarpmanın etkisiyle belli bir süre hız artar ama belli bir ivme olmadığı için azalma başlar.
- 11) Diske vurulduktan yön değiştirir ve değiştirmesiyle ilk hızı artmıştır. Ve azalır.
- 12) Bir süre hızlı gider. Yavaş yavaş azalır ama durmaz.
- 13) Çarptıktan sonra etki olduğu için azalır

- 14) Çünkü ilk vurduğunda
- 15) Hızlı vuruluyor birden hızlanır, sonra hızı yavaşlar.
- 16) Disk bir süre sonra yavaşlar ve sonra durur.
- 17) Diske uygulanan kuvvet hızlandırır.
- 18) Vurulduğunda hızı artar zamanla o hızı kaybeder sonra yavaşlar.
- 19) İl vuruşla birlikte hızı biraz artar sonra azalır.
- 20) Kuvvet uygulandığından dolayı önce artar sonra eski hızına dönünceye kadar başka bir kuvvet etki etmez ise azalır.
- 21) Çünkü yerçekimi etkisiyle hızında azalma görülecektir.
- 22) Vuran cismin hızını disk alır. Bir miktar artar. Zamanla azalır.
- 23) Çünkü vurulunca hızı biraz artacaktır. Sonra devam ettiği süre içerisinde hızı azalır.

(e) Bir süre için sabit kalır ve sonra azalır.

- 1) Top havaya attığı zaman top aşağıya doğru geldiği zaman sabit kalır ve azalmaya başlar.
- 2) Bir süre için sabit kalır ve sonra azalır
- 3) Hızı sabit kalacaktır. Sürtünmesiz olsa da yerçekiminden dolayı hızında azalma olacaktır.
- 4) Diskin vurduğu yer sabittir ve disk giderkenki hızı başta sabit sonra azalır.
- 5) Bir süre için sabit kalır ve sonra azalır

(f)

- 1) Tepe noktasına kadar azalır. Daha sonra artar. Yerçekimi kuvvetine göre.
- 2) Tepe noktasına kadar azalır. Daha sonra artar. Yerçekimi kuvvetine göre
- 3) Vurduktan sonra hız artar, bir süre sonra azalır, sonra yeniden artar. Yukarı düşey yaptığı için ve yerçekiminin etkisiyle tepe noktasına kadar azalır ve daha sonra artmaya başlar.

QUESTION 7

(a) Aşağı doğru yerçekimi kuvvetidir.

- 1) Bence sadece yerçekimi kuvveti vardır.
- 2) İçimden öyle geldi
- 3) Yerçekimi kuvvetinden başka kuvvet etki edemez.
- 4) Sektikten sonra havada asılı kalamayacağına göre aşağı doğru bir kuvvet etki eder.

(b) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir

- 1) Yerçekimi kuvveti mutlaka etki eder ve hareket yönünde yatay bir kuvvet de etkilidir.
- 2) Yerçekimi etkili

- 3) Yerçekiminden dolayı aşağıya doğru bir kuvvet uygular. Hareketinden dolayı yatay bir kuvveti vardır.
- 4) Yerçekimi kuvveti ve çarpışmanın olduğu yüzeydeki kuvvet topa etkiler.
- 5) Çünkü burada yerçekimi kuvveti vardır.
- 6) Yerçekimi kuvveti olduğu için hareket yönünde hareket eder.
- 7) Yatay kuvveti hiçbir zaman değişmez, yerçekimi kuvveti olduğundan dolayı düşey hareketi değiştirir.
- 8) Yerçekimi
- 9) Hızını almış bir top yönünün değişmesiyle hızı azalır. Buna yerçekimi de dahil.
- 10) Vurulduğunda yatay hareket edeceğinden.
- 11) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti vardır. Çünkü diskin belli bir ağırlığı vardır. Ayrıca hareket yönünde de etkileyen bir kuvvet vardır.
- 12) Havanın sürtünmesi önemsizdir. Yerçekimi kuvveti ve sürtünmesiz yüzey olduğu için vuruştan sonra yatay bir kuvvet etki eder.

(c) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti, yukarı doğru yüzey tarafından etkileyen bir kuvvet ve hareket yönünde yatay bir kuvvettir.

- 1) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti var cismin ağırlığı olduğu için yüzey bir tepki uygular.
- 2) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti vardır. Cismin yüzeye ve yüzeyin cisme uyguladığı kuvvet ve diski hareket ettirdiği için bir de hareket yönünde yatay bir kuvvet olmalıdır.
- 3) Aşağı doğru bir kuvvet etkiler, Çarpıştığı cismin yüzeyinden dolayı yukarı ve yatay kuvvet yapar.
- 4) Diski hareket ettiren yatay kuvvettir. Hızını azaltan yerçekimi ve teki kuvvetidir.
- 5) Yerçekimi kuvvetinin fazla etkisi yoktur. Hareketin etkisi daha çoktur.
- 6) Çünkü her üç kuvvetin etkisi olur.
- 7) Belli bir ağırlığı olduğu için yerçekimi kuvveti etki eder. Etkiye tepkiye olarak yüzey bir kuvvet uygular. Çarpma sonucunda hareket yönünde bir kuvvet etki eder.
- 8) Yerçekimi kuvveti yukarıya doğru olan kuvvetten küçüktür. Bu yüzden yatay kuvvet ve yukarıya doğru olan kuvvet etki gösterir.
- 9) Yukarı ve aşağı doğru kuvvetle r etki eder.

(d) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti ve yukarı doğru yüzey tarafından bir kuvvettir.

- 1) Diğer şıklara göre bu cevabı vermek istedim.
- 2) Bunlar etkileyecektir.
- 3) Çünkü yerçekimi sürtünmeden dolayı etki etmiştir.
- 4) Yerçekimi her şeyi aşağı çeker ve yüzey de yukarı doğru kuvvet uygular
- 5) Aşağı doğru geldiği zaman yere geliyor yukarı gittiği zaman da yüzeyi gözüktüyor.
- 6) Hava koşulları önemsiz alındığından sadece yerçekimi ve etki eden kuvvet kalmaktadır.
- 7) Hava koşulları önemsiz olduğundan yerçekimi ve yukarıya doğru etki kuvveti kalmıştır.

(e) Hiçbiridir. (Cisme hiçbir kuvvet etki etmez)

- 1) Geçmiş fizik bilgilerime dayanıyorum.
- 2) Geçmiş fizik bilgilerimle hareket ettim.
- 3) Yerçekimi kuvveti yukarıdan aşağıya doğru bir kuvvet uygular. Ama cisim yatay yüzeyde hareket ediyor.

(f)

- 1) Cisme uygulanan hareket yönündeki yatay kuvvet.

QUESTION 8

(a) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet ile kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvet eşittir.

- 1) Birbirlerini ittikleri için kuvvetler eşittir.
- 2) Etki= tepki kuvveti
- 3) Etki- tepki kuvveti
- 4) Kuvvetleri eşittir. Çünkü kamyon arabanın hızıyla hareket edeceği için arabanın uyguladığı kuvvet kadar hareket eder.
- 5) Araba kamyonu karşı uyguladığı kuvvet kamyonu etkilemez. Çünkü araba kamyonu itirdikten sonra kamyon biraz ilerledikten sonra geri geri gelerek arabayı geriye yani ters kuvvet uygular. Bu yüzden ikisinin de uyguladığı kuvvet eşittir.

(b) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, Kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha küçüktür.

- 1) Kamyon hareket ettiği için arabanın kamyonu uyguladığı kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten büyüktür.
- 2) Kamyon arabadan daha ağır olduğundan araba sabit hıza gelinceye kadar kamyon daha çok kuvvet uygular.
- 3) Çünkü kamyon çalışmadığı için bütün ağırlığı araba ittiğinden kamyon arabaya belli bir kuvvet uygular. Kamyonun uyguladığı kuvvet arabanın uyguladığı kuvvetten büyüktür.
- 4) Çünkü kamyon çalışmadığı için bütün ağırlığı araba ittiğinden kamyon arabaya belli bir kuvvet uygular. Kamyonun uyguladığı kuvvet arabanın uyguladığı kuvvetten büyüktür.
- 5) Araba daha hafif.
- 6) Kamyonun hareket edebilmesi için sabit hıza ulaşana kadar kamyon daha fazla kuvvet uygular. Kuvvetler bir süre sonra eşitlenir. Araba sabit hız ulaşınca kamyonun uyguladığı kuvvet arabaya göre daha azdır.
- 7) Eğer arabanın uyguladığı kuvvet burada daha fazla olsaydı kamyon ilerlerdi, kamyonun uyguladığı kuvvet daha fazla olduğu için araba kamyonu sürükleyemiyor.

- 8) Çünkü araba kuvvetini kamyonu uygular. Daha fazla uygulayan kamyonun ağır olması ve hızı onun yapmasıdır.
- 9) Araba ile kamyonu ağırlıkları aynı değildir. Kamyon daha ağır olduğu için arabanın uyguladığı kuvvet küçüktür.
- 10) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet daha küçüktür. . Çünkü kamyon durduğu için ağırlığından dolayı bir kuvvet uygular. Arabanın ağırlığı daha az olduğu için hızını arttırarak sabitleyip kamyonu itecektir.

(c) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.

- 1) Aksi halde hareket edemez.
- 2) İtilmesi bileşkedir.
- 3) Cisimler birbirlerine kütlelerinden dolayı bir kuvvet uygularlar. Ayrıca momentuma göre kütlelerin yanında hızları da önemlidir.
- 4) Öncelikle araba ile kamyonun birbirlerine uyguladıkları kuvvetler sahip oldukları kütleler ile ters orantılıdır. Bu yüzden arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya karşı uyguladığı kuvvetten daha büyüktür.
- 5) Çünkü araba kamyonu belli bir hız uygulayarak hareket etmesini sağlıyor.
- 6) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet büyük olmasa araçlar gitmez ve dururdu.
- 7) Kamyon ağırlığı gereği arabanın uyguladığı kuvvete karşı kuvvet uygular eğer arabadan fazla uygularsa kamyon hareketsiz kalırdı.
- 8) Sadece araba çalışıyor. Bir kuvvet uyguluyor. Kamyon çalışmıyor ve arabaya karşı bir kuvvet uygular. Bu yüzden de arabanın hızı da azalır.
- 9) Sonuçta kamyonu tamirciye ulaştırmak istiyor. Arabanın uyguladığı kuvvet kamyonunkinden küçüktür. Sonra hızlanarak kamyonun kuvvetinden kendi kuvvetini büyük yapıyor. Ve sabit hızla hareket ediyor.
- 10) Kamyonu itebilmesi için kamyonun daha fazla kuvvet uygulamasıdır.
- 11) Büyük olmak zorunda yoksa kamyon ilerleyemez.
- 12) Kamyonla arabanın hızları ve ağırlıkları eşit değildir.
- 13) Kamyon ve araba birbirlerine kuvvet uygularlar ancak arabanın motoru çalıştığından dolayı daha büyük bir kuvvet uygulanır ve kamyon itilir.
- 14) Hızlandığına göre kamyonun kuvvetinden büyüktür. Olmasa hızlanamaz.
- 15) Çünkü araba kamyonu ittiğine göre, uyguladığı kuvvet de büyük olmak zorunda.
- 16) Çünkü arabanın motoru çalışık durumda. Eğer ikisi de çalışmasaydı birbirlerine uygulanan kuvvet eşit olurdu.
- 17) Araba duran bir cismi hareket ettirmek için daha fazla kuvvet uygular.
- 18) Araba çalıştığından kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten biraz büyüktür.

- 19) Araba kamyonu ittiğinden dolayı arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet daha büyüktür.
- 20) Eşit veya küçük olsaydı kamyon gitmezdi.
- 21) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet daha büyüktür. Çünkü kamyonunki büyük olsaydı kamyon itilemezdi.
- 22) Çünkü arabanın sabit hız ulaşması için sürtünmeden daha fazla kuvvet uygulaması gerekir. Kamyonun uyguladığı diğer kuvvetler için de bu aynıdır. Sabit hız gelene kadar arabanınki büyüktür. Hız sabit olduğunda kuvvetler eşittir.
- 23) Sabit hız ulaşana kadar araba kamyonu daha çok kuvvet uygular.
- 24) Kuvvetler eşit olsaydı cisimler ya durur ya sabit hızla hareket ederdi.
- 25) Çünkü araba kamyonu kendi yönünde hareket ettirmektedir.
- 26) Çünkü araba kamyonu itecek. Onun için de bir kuvvet uygulaması gerekir.
- 27) Arabanın uyguladığı kuvvet büyük olmazsa kamyonu hareket ettiremeyeceğinden dolayı arabanın uyguladığı kuvvet büyüktür.
- 28) Birbirlerini hareket ettirmek için hızlarının (birbirlerine uyguladıkları kuvvet) farklı olmalı ki hareket etsinler.

(d) Arabanın motoru çalıştığından dolayı, araba kamyonu iter, ancak kamyonun motoru çalışmadığından dolayı kamyon arabaya karşı bir kuvvet uygulamaz. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.

- 1) Çünkü kamyonun hiçbir etki olmadığı için her ikisinde de kuvvet etkisi olmaz.
- 2) Araba kamyonu itmeye başladığı zaman, sanki kamyon bir kuvvet uyguluyor gibi gelir. Ama kamyon harekete başladığında kamyonun arabaya yaptığı kuvvet ihmal edilir.
- 3) Çünkü kamyon çalışmıyor ve arabaya da fazla kuvvet uygulamaz.

QUESTION 9

(a) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet ile kamyonun arabaya uyguladığı kuvvet eşittir.

- 1) Kuvvetler eşit olsaydı cisimler ya durur ya da sabit hızla hareket ederlerdi.
- 2) Eşit. Çünkü sabit hızla yola devam edebilmeli.
- 3) Hız sabitse zaten uygulanan kuvvetler de eşit olur.
- 4) Kuvvet sabitleşir.
- 5) Araba sabit hız ulaştıktan sonra ikisinin birbirine uyguladığı kuvvet eşittir.
- 6) Araba kamyonu karşı uyguladığı kuvvet kamyonu etkilemez. Çünkü araba kamyonu ittirdikten sonra kamyon biraz ilerledikten sonra geri geri gelerek arabayı geriye yani ters kuvvet uygular. Bu yüzden ikisinin de uyguladığı kuvvet eşittir.
- 7) Eşittir. Çünkü kamyon arabanın uyguladığı kuvvetle hareket eder.
- 8) İkisi de aynı hızla gittiği için kuvvetler eşittir.
- 9) Sabit hız ulaşılmıştır.
- 10) Araba kamyonun devrine eşit olduğunda sabit hızla gider. Yani eşittir.

- 11) Kuvvetler eşitlenir.
- 12) Birbirine eşittir. Sadece arabanın hızı vardır kuvvet olarak.
- 13) Sabit hız için ikisinin de uyguladığı kuvvetler bir olmalı.
- 14) İkisinden biri büyük olsa araçlar ya yavaşlar ya da hızlanır.
- 15) Her iki kuvvet birbirine eşit olur.
- 16) Her iki araba da sabit hıza ulaştığında kütle miktarı ortadan kalkar. Artık birbirlerine karşı uyguladıkları kuvvetler eşitlenir.
- 17) Araba sabit hıza ulaştığı için etki tepki prensibinden uygulanan kuvvetler eşittir.

(c) Arabanın kamyonu uyguladığı kuvvet, kamyonun arabaya uyguladığı kuvvetten büyüktür.

- 1) Hız sabitlendiği için artık arabanın uyguladığı kuvvet kamyonun büyüktür ve onu iter.
- 2) Çünkü bir şeyi ilerletmek için belli büyüklükte (yani diğer cismin daha fazla) bir kuvvet uygulanmalı ki cisim hareket edebilsin.
- 3) Araba çalıştığı için
- 4) Kamyonun hareket edebilmesi için daha fazla kuvvet uygulaması gerekir.
- 5) Araba daha büyük bir kuvvet uygular ve kamyonu itmeye devam eder.
- 6) Araba itiyorsa, arabanın kuvveti kamyonun büyüktür.
- 7) Arabanın motorundan dolayı araba kuvvet alır. Kamyonu uyguladığı kuvvet daha büyüktür.
- 8) Çünkü kamyonu itecek kuvvete geliyor.
- 9) Cisimler birbirlerine kütlelerinden dolayı bir kuvvet uygularlar. Ayrıca momentuma göre kütlelerin yanında hızları da önemlidir.
- 10) İttiriyor.

(d) Arabanın motoru çalıştığından dolayı araba kamyonu iter, ancak kamyonun motoru çalışmadığından dolayı kamyon arabaya karşı bir kuvvet uygulayamaz. Kamyon, arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.

- 1) Kamyon arabanın yolunda ve itiliyor. Bu yüzden arabanın uyguladığı kuvvet vardır.
- 2) Kamyon arabanın yolunda olduğu için itilecek.
- 3) Kuvvet uygulandığında arabanın kuvveti büyük olmalı ki kamyonu itmeli.
- 4) Kamyon sanki arabaya kuvvet uygulamıyormuş gibi gelir.
- 5) Tek yönlü kuvvet uygulanmaz.

(e) Ne araba ne de kamyon birbirlerine kuvvet uygular. Kamyon arabanın yolunda olduğundan dolayı sadece itilir.

- 1) Kamyon yeterli hıza ulaşınca arabaya kuvvet uygulamaz. Kamyon da ilerler.
- 2) Sabit hıza ulaştığı için birbirlerine kuvvet uygulamazlar. Sadece itilir.
- 3) Sabit hıza ulaştıklarından dolayı herhangi bir kuvvet uygularsa ya yavaşlar ya da hızlanır. Onun için sabit ulaştıktan sonra birbirlerine kuvvet uygulamazlar.

- 4) Çünkü kamyon arabanın yolunda olduğu için sadece itilir.
- 5) Sabit hızla ulaştıkları için.

QUESTION 10

(a) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağıya doğru olan yerçekimi kuvvetinden daha büyüktür.

- 1) Halatın uyguladığı kuvvetle hem cisme uygulanan yerçekimi kuvvetine cevap verilir, hem de halatın kısılması sağlanarak asansör yükseltilir.
- 2) Çekiyor
- 3) Yerçekimine karşı koymaktadır.
- 4) Yerçekimi büyük olsa aşağı iner. Halatın uyguladığı kuvvet büyük olduğu için yukarı çıkar.
- 5) Sürtünmeler önemsiz olduğu için Halat kuvveti yerçekimi kuvvetinden büyüktür.
- 6) Asansörün yukarı çıkabilmesi için halattaki kuvvetin büyük olması gerekir.
- 7) Cisim yukarı gittiği için
- 8) Daha büyük olmalı ki yukarı doğru çıkabilsin.
- 9) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet daha büyük olduğu için hareket eder. Küçük olsaydı asansör hareket etmezdi.
- 10) Halat yukarı doğru çektiğinden yerçekiminden daha büyük kuvvet uygular. Eğer halatın kuvveti az olsa asansör yerinden oynamaz.
- 11) Halat yukarı doğru çektiğinden yerçekiminden daha büyük kuvvet uygular. Eğer halatın kuvveti az olsa asansör yerinden oynamaz.
- 12) Yerçekiminden kuvvetli
- 13) Çünkü halat kuvveti büyük olmasaydı asansör yukarı çıkamazdı.
- 14) Halat tarafından uygulanan kuvvet yerçekimi kuvvetinden küçük olsaydı asansör aşağı doğru giderdi. Fakat asansör sabit hızla yukarı doğru çıktığından halatın uyguladığı kuvvet daha fazladır.
- 15) Çünkü halatın kuvveti yerçekiminden küçük olsa asansör aşağı iner.
- 16) Halat tarafından uygulanan kuvvet büyüktür. Çünkü küçük olsaydı asansör yukarıya çıkmazdı.
- 17) Halat yerçekimi kuvvetinden büyük olduğu için yukarıya çıkar.
- 18) Çünkü halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet yerçekimine eşit olsaydı asansör hareket etmezdi.
- 19) Yerçekimi kuvvetinden büyük olduğu için yukarıya doğru hareket eder.
- 20) Halatın kuvveti yerçekimi kuvvetinden fazla oluyor i yukarıya doğru çekiyor.
- 21) Yerçekimine karşı koyar.
- 22) Aşağıdaki kuvvet yukarıdakinden büyük olursa asansör yukarıya çıkmaz.
- 23) Yukarı çıkabilmesi için halatın uyguladığı kuvvet daha çok olmalıdır.

- 24) Çünkü halat yerçekimini yendiği için asansör yukarıya çekiliyor.
- (b) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağıya doğru etkiyen yerçekimi kuvvetine eşittir.
- 1) Yukarıya etkiyen kuvvetle aşağıya etkiyen kuvvet birbirine eşittir.
 - 2) Asansör sabit hızla yukarıya çıktığı için halat tarafından yukarıya doğru etkiyen kuvvet, aşağıya doğru etkiyen yerçekimi kuvvetine eşittir.
 - 3) Kuvvetler eşit olmasaydı sabit hızla gidemezdi.
- (d) Halat tarafından yukarı doğru etkiyen kuvvet, aşağı doğru etkiyen yerçekimi kuvvetiyle, aşağı doğru etkiyen hava basınç kuvvetinin toplamından daha büyüktür.
- 1) Halat yerçekimine karşı bir kuvvet uyguluyor.
 - 2) Yerçekimi ve basınçtan büyük olmasa hareketsiz kalır.
 - 3) Aşağı doğru G asansör ağırlığı ve yukarı doğru olan T ip gerilmesi vardır. Normalde $T > G + \text{Basınç}$ etkilidir.
 - 4) Aşağıya doğru bir yerçekimi kuvveti etkir. Ayrıca hava da bir basınca sahiptir. Hava sıkışınca aşağıya doğru bir basınç uygulayacaktır. Ancak soruda asansörün sabit hızla yukarı doğru çıktığını öğrendik. O halde halatın uyguladığı kuvvet daha büyüktür.
- (e) Yukarıdakilerin hiçbiri. (Asansör çelik halatlar tarafından üzerine yukarı doğru etkiyen bir kuvvetten değil, halatın kısılmasından dolayı yukarı çıkar.)
- 1) Halat yukarı doğru çekilir ve asansör yukarı çıkar.
 - 2) Asansör halat tarafından çekildiği için bir kuvvet uygulamaz.
 - 3) Halat kısaldıkça yukarı, halat saldııkça aşağı iner.
 - 4) E şikkını destekliyorum ama tabi ki de yerçekimi kuvveti de vardır. Asansörü aşağıya doğru çekmek isteyecektir.

QUESTION 11

- (b) 1 ve 2
- 1) Çocuk dengede kalıp hareket eder.
 - 2) Çünkü aşağıya doğru bir yerçekimi uygulanır. Bu da hızını etkiler ve ipin de gerilme kuvveti vardır.
 - 3) Yerçekimi olmak zorunda zaten. A' dan O' ya uygulanan kuvvet olduğu için kişi düşmeden durur.
 - 4) Yerçekimi daima etki eder. İpin de A' dan O' ya doğru bir kuvveti vardır.
- (c) 1 ve 3
- 1) Aşağı doğru ağırlıktan dolayı çekim kuvveti ve çocuğun hareketi yönünde bir kuvvet
 - 2) Ağırlığı var

- 3) Yerçekimi zaten etkilidir. Çocuk nereye doğru hareket ederse kuvveti de öyle etkiler.
- 4) Çünkü çocuğu aşağı doğru yerçekimi kuvveti uygular. Çocuğu ok yönünde kuvvet uygulandığında hızlanır. Çocuğu etkiler.

(d) 1, 2 ve 3

- 1) Kuvvet O' dan A' ya değil, A' dan O' yadır.
- 2) Yerçekimi her zaman etki eder. İp dengeye gelmek için kuvvet uygular. Çocuk da o yöne gitmek istediğinden kuvvet uygular.
- 3) Yerçekimi çocuğun ağırlığından dolayı O' ya uygulanan kuvvet, çocuğun hareketinden dolayı olan kuvvet,
- 4) Çocuk yerçekimine bağlı olarak bir kuvvet uygular. İp de çocuğun kütesine bağlı kuvvet uygular.
- 5) Çocuğun bir kütesi olduğu için çocuğun hareketi yönündeki kuvvet çocuğun hareketi doğrultusunda A' dan O' ya doğru ip kuvveti ve yerçekimi kuvveti etkiler.
- 6) Ağırlığın etkisiyle her üç kuvvete uygulanır.
- 7) Çocuk belirli bir kuvvet ile sallanmaya başlayacağı için hareket yönünde kuvvet, yerçekimi, ağırlığından dolayı ipten oluşan kuvvet
- 8) A noktası merkeze kuvvet uygular. Çocuğun ağırlığı vardır.

(e) 1, 3 ve 4

- 1) Bütün cisimlere yerçekimi kuvveti etkir. Ayrıca hareket yönünde bir kuvvet ve merkezkaç kuvveti etkir.
- 2) Aşağıya doğru çocuğun ağırlığı, ip gerildiği için O' dan A' ya, belli bir açı olduğu için çocuk hareket eder ve o yöne kuvvet uygular.
- 3) Yerçekimi her zaman etki eder. Çocuğun sallanabilmesi için hareket yönünde kuvvet gerekir. Çocuk ağır yerçekimi var

(f) ...

- 1) Yalnız 3. Çocuk sallanıyor o yönde de kuvvet olur.
- 2) 1, 2, 3 ve 4. İp gerilmesi sebebiyle A' da O' ya, O' dan A' ya bir kuvvet uygulanır. Çocuğun ağırlığı ve hareketi sebebiyle yerçekimi kuvveti ve hareket yönünde bir kuvvet uygulanır.
- 3) Merkezsel kuvvet etki eder. Yani çocuk dairesel hareket yaptığı için kütesiyile ve hızıyla doğru orantılı, O' dan A' ya olan uzaklığın karesiyile ters orantılıdır.

QUESTION 12

(b)

- 1) Motorlar çalışınca b' ye dik olacak şekilde kuvvet oluşuyor. Ve başka kuvvet olmadığı için doğrusal oluyor.
- 2) B yolunu izler. Hızından dolayı sağa sola saptama yapmaz.
- 3) Çünkü koketi ateşlediğinde yerden aldığı kuvvetle dimdik çıkar.
- 4) B dir Çünkü filmlerde gördüğümüz gibi hep dik çıkıyor.
- 5) Sabit bir kuvvet olduğu için düz gider.
- 6) Aynı yönde hareket eder.
- 7) Roketin motoru çalıştırılıyor ve de ab çizgisine de dik olacağından dolayı B şıkkıdır.
- 8) Roket c noktasına varana kadar B şıkkındaki yolu izler.

(c)

- 1) Sabit hareketle uzaya gittiğinden dolayı
- 2) Kuvvetlerin bileşkesi c şıkkıdır.
- 3) Motoru b noktasında çalıştığı için c şeklini alır.
- 4) Dik çıkamaz. Çünkü havanın kuvvet uygulamasıyla çapraz olarak yükselir.
- 5) Havanın etkisiyle yamulur.
- 6) Sabit hızla gittiğinden ve uzaya gittiğinden dolayı
- 7) Rokete yatay ve dikeyde bir kuvvet uygulandığı için roket bunların bileşkesinde gider.

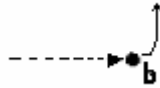
(d)

- 1) Çünkü o hızını biraz sabitledikten sonra yukarı doğru çıkmaya başlar.
- 2) B' den sonra yuvarlak bir hareket yaparak c noktasına ulaşır.
- 3) Roket b noktasından önce sabit gidip sonra hızını artırıp sabit gidecektir.

(e)

- 1) Beşinci sorudaki cevabın bir benzeri.
- 2) Her iki kuvvetin etkisinde böyle bir hareket yapar.
- 3) Vektörel düşünüldüğünde bileşke E deki gibidir.
- 4) B'den itibaren motor çalışıyor. B' den çıkınca yavaş yavaş ısınarak yukarı doğru çıkar.

(f) 1) Biraz sürüklenme etkisinden dolayı eğim yapar sonra dik çıkar.



QUESTION 13

(a) Sabittir.

- 1) Çünkü yukarıya doğru kuvvetin büyüklüğü sabittir.

(b) Sürekli artar

- 1) Ateşlenme yapıyor sürüklenme hızından fazla
- 2) Sürekli artan bir hıza sahiptir.
- 3) İlk hızı 0 olduğuna göre C' ye gelene kadar artar hızına ulaşınca sabit kalır
- 4) Motoru çalıştığı için sürekli artar.
- 5) Yukarıya doğru kuvvet uygulamak zorunda.
- 6) Hiçbir kuvvet etki etmiyor da o yüzden
- 7) Sürekli bir itme olduğu için hızı sürekli artar.
- 8) Roketin motoru sürekli çalışırsa hızı sürekli artar.

(c) Sürekli azalır.

- 1) İtme kuvveti sabit ve yerçekimi kuvveti vardır. Bu yüzden roketin hızı sürekli azalır.
- 2) Sabit bir itme olduğu için belirli bir süre sonra duracaktır. Ve hızı azalır.
- 3) Çünkü yukarı çıkarken hızı yerçekiminden dolayı azalır.

(d) Bir süre artar ve sonra sabit kalır.

- 1) Yerçekimi azalana kadar yükselir. Etki azaldıktan sonra sabit alınır.
- 2) Bir süre artar. Havaya çıktıkça uzaklaştıkça azalır.
- 3) Motoru çalıştığından ve kuvvet uygulandığından bir süre hızlanır. Sonra yavaşlar.
- 4) Altıncı sorudaki cevabın bir benzeri
- 5) Kuvvetin etkisiyle belli bir hıza ulaşır ve daha sonra sabit kalır.
- 6) Ağırlığından dolayı bir süre hızı artar sonra sabit kalır
- 7) Yerçekime karşı hareket ettiği için bir süre hızı artar ve uzaya çıktıktan sonra hızı sabitlenir.
- 8) Havanın sürtünmesinden dolayı azalır.
- 9) İvme
- 10) Motor ısınana kadar artar ve daha sonra sabit kalır.
- 11) Roket çalıştıktan sonra hızı artar sonra sabit kalır.
- 12) Bir süre artar sonra sabit kalır.
- 13) Etki azaldıktan sonra sabit olur.
- 14) Roket gittiği zaman hızı artar bir süre sonra sabit hızla gider.
- 15) Motorun çalışmasıyla hızda bir artma meydana geliyor. Sonra aynı hızla gittiğinden hız sabit kalıyor.

(e) Bir süre sabit kalır ve sonra azalır.

- 1) B ve C noktaları arasında hızı bir süre sabittir. Daha sonra azalır.
- 2) Yerçekimi kuvveti yapılan hızı yavaşlatır.
- 3) Yerçekimi kuvveti hızını azaltır.

QUESTION 14

(a) ...

- 1) Eski yönüne geri dönme çabasıdadır.
- 2) İtme hareketinden sonra sıfıra düşüyor. Ama sabit hızla gidiyor. Bu değişmez.
- 3) Sabit kalır. Yerçekimi kuvveti olmadığından.

(b) ...

- 1) Aynı yönde hareket edecektir çünkü hiçbir kuvvet etki etmiyor.
- 2) Uzayda yerçekimi olmadığından hareketine devam eder.

- 3) Eylemsizlik sebebiyle roket hareketini devam ettirmek ister.
- 4) Sabit hızla hareketine devam edecektir.

(d)

- 1) Çünkü itme sıfırlandıktan sonra aşağıya doğru düşüş gözlenir.
- 2) Hız grafiği azalan bir paraboldür.
- 3) Tekrar yavaş yavaş sürüklenmeye başlar.
- 4) Hızı düşürülünce roket yerçekimi etkisiyle düşme oluyor.
- 5) Motor durdurulunca bir süre daha aldığı kuvvetle gider sonra düşmeye geçer.
- 6) Durdurulduğundan dolayı aşağıya doğru bir kuvvet uygulanacak.
- 7) Kendisi biraz daha gider ve yavaşlayarak durur.
- 8) Hızı 0 olunca yerçekimi etkisi ile alçalır.
- 9) Giderek hızı azalır.
- 10) Motor durdurulduğunda roket sürekli bir azalma meydana geliyor.

(e) ...

- 1) E' deki gibi gider. Hızı aniden durdurulduğu için aşağıya doğru yönelir.

(f) ...

1) Yerçekiminden dolayı aşağı iner.



2) Yerçekiminden dolayı aşağı iner



QUESTION 15

(b) "a" öğrencisi "b" öğrencisine kuvvet uygular, fakat "b", "a" üzerine hiç kuvvet uygulamaz.

- 1) Çünkü sadece a öğrencisi kuvvet uyguluyor.
- 2) B öğrencisi sabit duruyor.
- 3) A öğrencisi B' den daha ağırdır. Daha çok kuvvet uygular.
- 4) A öğrencisi b öğrencisine kuvvet uyguladığı için ikisi de hareket eder.
- 5) Çünkü ilk kuvveti uygulayan a öğrencisidir. Ayrılırken hala kuvvet uygulamaya devam eder.

(c) Her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, fakat "b" daha fazla kuvvet uygular

- 1) B öğrencisi sabittir.
- 2) A B' yi iterken kendi ağırlığını düşürür. Bundan dolayı B A' ya fazla kuvvet uygular.
- 3) Çünkü a' nın ağırlığı daha büyüktür ve geri gitmesi daha zordur.

(d) Her iki öğrenci de birbirine kuvvet uygular, fakat "a" daha fazla kuvvet uygular.

- 1) A' daki öğrenci kuvvet uyguladığında birbirine kuvvet uygularlar. "a" fazla kuvvet uygular.
- 2) Çünkü a daha ağır. Ve yaptığı hareketten kendisi de etkilenir. A yere bassaydı sadece b geri giderdi ama tekerleğin hareketinden dolayı a da gidiyor.
- 3) Çünkü iten a öğrencisidir. A öğrencisi daha büyük kuvvet uygular. B öğrencisinin ayakları yere değdiğinden daha yavaştır.
- 4) A öğrencisinin kütlesi daha fazla olduğu için ve b öğrencisinin sabit olduğu nedeniyle a daha fazla kuvvet uygular.
- 5) Kilosu fazla olduğu için
- 6) Her ikisi de birbirine kuvvet uyguluyor çünkü her etkiye karşı bir tepki kuvveti vardır. Fakat a daha fazla kuvvet uygular.
- 7) B' de de belli bir potansiyel kuvvet vardır.
- 8) Çünkü a iter ve bu yüzden b daha fazla gidecektir.
- 9) A' daki daha fazla kuvvet uyguluyor. Çünkü a' daki ayaklarını b' dekine koyuyor.

- 10) Çünkü kendi ağırlığı karşısındaki a' ya etki eder.
- 11) Çünkü a öğrencisinin ağırlığı b öğrencisinden hem fazla hem de ilk olarak kuvveti a uyguluyor.
- 12) Bir yere kuvvet uygulayınca tepki kuvveti oluşur. Kuvvet m' ye bağlı olduğu için a daha fazla uygular.
- 13) B öğrencisinin A' nın ağırlığına göre eylemsizliği vardır.
- 14) Etki-tepki prensibinden a, b' ye belirli bir kuvvet uygular ve daha sonra her ikisi de geriye gider. Fakat a daha da hareket eder.
- 15) A daha fazla kütlelidir. İtme tekniği güzel olduğundan daha fazla.
- 16) Bunun sebebi, a öğrencisi b' yi iterken b arkaya doğru itilirken itme kuvveti A' yı arkaya iter böylece ikisi birbirine kuvvet uygular.
- 17) İten öğrenci kendisine doğru bir tepki kuvveti alır ama a' nın kuvveti daha büyüktür.
- 18) Ağırlığı olduğundan.

(e) Her iki öğrenci de birbirine eşit büyüklükte kuvvet uygular

- 1) Etki= Tepki
- 2) Çünkü etki tepki eşit.
- 3) A' nın yaptığı ağırlık kuvvetine tepki olarak b ona eşit bir kuvvet uygular.
- 4) B, A' nın uyguladığı kuvvete karşı tepki uyguluyor. Fakat b daha fazla hareket eder. Çünkü b daha hafiftir
- 5) Aynı kuvveti uygularlar. Ama b daha hafif olduğu için daha çok uzaklaşır.

QUESTION 16

(c) 1 ve 3

- 1) Çünkü havada iken yerçekiminden dolayı yere doğru yönelecek. Topun içindeki havayla top havadadır. Rüzgarın etkisiyle yönünü etkiler.
- 2) Vurmayla oluşan kuvvet top ile raketin birleştiği anda oluşur.
- 3) Yerçekimi ve hava sürtünmesi topa etki eder.

(d) 2 ve 3

- 1) Rüzgar etkisi
- 2) Vurmayla oluşan kuvvet. Çünkü tenis oyuncusu raketiyle beraber bir kuvvet uygulayarak karşı rakibin sahasına doğru topa kuvvet uygulayarak atıyor. Hava tarafından uygulanan kuvvet rüzgarın yönü topun gidiş yönünü etkiler.
- 3) Hava karşıya doğru topa çeker, kuvvet uygular. Vurma zaten en büyük kuvvet.
- 4) Vurmayla oluşan kuvvet ve rüzgarın esme yönü etkilidir. Hava tarafından uygulanan kuvvet topun yavaşlamasını sağlar ve yerçekimi ise topun düşmesini sağlar.

- 5) Topun raketten ayrıldıktan sonra havanın uyguladığı kuvvet ve kütlesi nedeniyle yerçekimi kuvveti etkiler.
- 6) Hava rüzgarlı olduğu için kuvvet uygular. Vurmayla oluşan kuvvet.

(e) 1, 2 ve 3

- 1) Topun ağırlığından dolayı yerçekimi kuvveti vardır. Eğer rüzgar oyuncunun topa vurmasıyla oluşan kuvvete aynı yödedir. Bundan dolayı rakip sahaya düşüyor. Eğer rüzgar zıt yönlü olsaydı ve oyuncunun kuvvetine eşit olsaydı kendi sahasına düşerdi.
- 2) Topa vurunca hepsi etki eder. Rüzgar etkisiyle kavis alır. Yerçekimi etkisiyle yere yönelir. Vurulmayla karşı tarafa gider.
- 3) Topun ağırlığından dolayı yerçekimi kuvveti, raketin topa vuruş kuvveti, rüzgarın topa uyguladığı kuvvet
- 4) Hava sürtünme ile hızını azaltır. Yerçekimi ile de yere düşer.
- 5) Çünkü aşağıya doğru bir yerçekimi oluşur. Vurmayla bir kuvvet oluşur ve hava tarafından uygulanan kuvvetle topun yönü değişir.
- 6) Rüzgarın bir etkisi vardır yani hava kuvveti etki eder. Diğer ikisi kesinlikle etki eder.
- 7) Tenis topuna raketin uyguladığı kuvvet, yerçekim kuvveti ve havanın uyguladığı kuvvet etki etmektedir.
- 8) Her üçü de tenis topunun üzerinde etki eder.
- 9) Yerçekimi kuvveti her zaman etki eder. Vuruyoruz bir kuvvet harcıyoruz. Hava rüzgarlı bir de onun etkisi
- 10) Vurmak da bir kuvvettir. Yerçekimi her zaman etki eder. Hava da kuvvet uygular.
- 11) Yerçekimi etki edecektir. Tenisçi raketiyle vurduktan sonra oluşacak kuvvet vardır. Ve rüzgar etki ettiğinden dolayı topa etki edecektir.
- 12) Topun ağırlığı ve rüzgarın şiddeti topun hareketini etkiler.
- 13) Aşağı doğru yerçekimi kuvveti vardır. Yoksa top yere düşmez. Vurmayla oluşan kuvvet vardır. Yoksa top ilerlemez. Hava tarafından uygulanan kuvvet de vardır. Ama vurmayla oluşan kuvvet bunu destekler ya da azaltır.
- 14) Yerçekimi olmak zorunda. Kuvvet olmasaydı top hareket etmezdi. Hava akımının da etkisi vardır.