

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANA BİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

FİZİK PROBLEMLERİ ÇÖZMEDE DÜŞÜNCE DENEYLERİNİN
YERİ: BİRİNCİ ve BEŞİNCİ SINIF FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARI
ÜZERİNE BİR İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Senem BADEMCİ

ANKARA-2008

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANA BİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

FİZİK PROBLEMLERİ ÇÖZMEDE DÜŞÜNCE DENEYLERİNİN
YERİ: BİRİNCİ ve BEŞİNCİ SINIF FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARI
ÜZERİNE BİR İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Senem BADEMCİ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Musa SARI

ANKARA-2008

Senem BADEMCİ'nin "FİZİK PROBLEMLERİ ÇÖZMEDE DÜŞÜNCE DENEYLERİNİN YERİ: BİRİNCİ ve BEŞİNCİ SINIF FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARI ÜZERİNE BİR İNCELEME" başlıklı tezi 25.12.2008 tarihinde, jürimiz tarafından Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Öğretmenliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Adı Soyadı

İmza

Üye : Doç. Dr. Musa SARI

.....

Üye : Doç. Dr. Mehmet Fatih TAŞAR

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şebnem KANDİL İLGEÇ

.....

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başlangıcından itibaren konu seçimi ve araştırmalarla ilgili her türlü yardım ve katkısıyla çalışmamı şekillendirmeme rehberlik eden, desteğini hep yanımda hissettiğim tez danışmanım ve öğretmenim Sayın Doç. Dr. Musa SARI'ya,

istatistiksel analiz ve değerlendirme aşamalarında deneyimleri ve görüşleriyle beni yönlendiren değerli öğretmenim Sayın Arş. Gör. Dr. Uygur KANLI'ya,

veri toplama aşamasında zamanlarını bana sıkça ayıran ve istekli katılımlarıyla ortaya eğlenceli ve verimli bir çalışma koyabildiğimiz sevgili öğrenci arkadaşlarıma,

uygulama soruları hakkında vermiş oldukları fikirlerle farklı bakış açıları geliştirdiğimiz mesai arkadaşlarıma,

İngilizce çevirilerimde yardımlarını esirgemeyen çok sevgili arkadaşlarım Aslı Tuğba ERDEM, Özgür Barış TAŞTAN ve Gülcan BOSTANCI'ya,

maddi ve manevi her türlü destekle her zaman yanımda olmuş ve olacak, güvenleriyle motivasyonumu hep en üst noktada tutmamda en büyük destekçilerim olan babam Adnan BADEMCİ, annem Güler BADEMCİ ve ağabeyim İsmail İlker BADEMCİ'ye

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Senem BADEMCİ

ÖZET

FİZİK PROBLEMLERİ ÇÖZMEDE DÜŞÜNCE DENEYLERİNİN YERİ: BİRİNCİ ve BEŞİNCİ SINIF FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARI ÜZERİNE BİR İNCELEME

Bademci, Senem

Yüksek Lisans, Fizik Eğitimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Musa SARI

Kasım-2008

Bu araştırma, öğrencilerin bir problem çözme davranışı içinde tasarladıkları düşünce deneylerini ve bu düşünce deneylerinin yapılarını belirlemeyi amaçlayan, iki aşamadan oluşan bir örnek olay çalışmasıdır.

Uygulamanın birinci aşaması Fizik Öğretmenliği Anabilim Dalı'nda öğrenim gören 22 birinci sınıf ve 28 beşinci sınıf öğrencisiyle yapılmıştır. Hareket yasalarıyla ilgili 6 açık uçlu sorudan oluşan ölçek kullanılmış ve öğrencilerin verdikleri cevaplar bir düşünce deneyi tasarlayabilmeleri açısından yapılan kodlamalarla incelenmiştir. Düşünce deneyi özellikleri göz önüne alınarak ikinci aşama için katılımcılar belirlenmiştir. Ayrıca testin ortalama güçlük düzeyi ve madde analizi yapılarak kullanılan soruların orta güçlükte olduğu tespit edilmiş ve güvenilirlik belirlenmiştir.

İkinci aşamada ise ilk oturumda belirlenen 5 birinci sınıf ve 4 beşinci sınıf öğrencisiyle 4 açık uçlu sorudan oluşan başka bir testte ortaya koyacakları düşünce deneylerini belirlemek amacıyla katılımsız gözlem yapılmıştır. Gözlemi takiben öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmelere başvurulmuştur. Verilerin analizi sonucunda ortaya çıkan düşünce deneylerinin yapıları karşılaştırılmış ve sınıflar arasında ortaya çıkan farklar ve benzerlikler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Düşünce Deneyi, Fizik Eğitimi, Problem Çözme, Hareket Kanunları

ABSTRACT

PLACE OF THOUGHT EXPERIMENTS IN PHYSICS PROBLEM SOLVING: A
QUALITATIVE INVESTIGATIONS ON FIRST AND FIFTH YEAR PHYSICS
TEACHER CANDIDATES

Bademci, Senem

Master, Branch: Teaching Physics

Adviser: Associate Prof. Dr. Musa SARI

November-2008

This is a case study made up of two steps, which respectively aimed at determining thought experiments developed by students in problem solving and determining structures of these thought experiments.

The first step of this study was carried out with 22 first year and 28 fifth year students from the department of Teaching Physics. Six open-ended questions about the laws of motion were used as a measure and student's answers, through coding, were analyzed in accordance with their ability to design a thought experiment. Participants for the second part were chosen by bearing in mind the characteristics of thought experiments. In addition to these, the average difficulty of the test was determined and through item analysis the questions asked in the test were found to be of intermediate level.

As for the second step, in a non-participant observation, 5 first year and 4 fifth year students chosen in the first step were observed in another test consisting of four open-ended questions in order to determine their thought experiments. After the observation, the students were interviewed through a semi-structured protocol. The structures of the thought experiments that came out as a result of data analysis were compared and contrasted, and similarities and differences between first and fifth year students were discussed.

Key Words: Thought Experiment, Physics Education, Problem Solving, Laws of Motion.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
TEŞEKKÜR	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
TABLOLAR DİZİNİ	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
 BÖLÜM I.....	 1
GİRİŞ.....	1
1.1. Düşünce Deneyleri.....	2
1.1.1. Düşünce Deneylerinin Özellikleri.....	3
1.1.2. Düşünce Deneyi Çeşitleri.....	6
1.1.3. Fen Eğitiminde Düşünce Deneyleri.....	7
1.2. Problem Durumu.....	8
1.3. Problem Cümlesi.....	9
1.4. Alt Problemler.....	9
1.5. Sayıtlılar.....	9
1.6. Sınırlamalar.....	9
1.7. Araştırmanın Amacı.....	10
1.8. Araştırmanın Önemi.....	10
1.9. Konu ile İlgili Literatür.....	12
 BÖLÜM II	 15
YÖNTEM	15
2.1. Araştırma Yöntemi.....	15
2.2. Katılımcılar.....	15
2.3. Veri Toplama Teknikleri.....	15
2.4. Verilerin Analizi.....	17
2.4.1. Madde Güçlük Düzeyi ve Güvenirlik Hesaplamaları.....	17

2.4.2. Gözlem ve Mülakat Verilerinin Analizi.....	19
2.4.2.1. Çalışma Grubunun ve Kullanılacak Soruların Belirlenmesi.....	19
2.4.2.2. Geçerlik ve Güvenirliğin Sağlanması	20
2.4.2.3. Betimsel Analiz.....	22
BÖLÜM III	23
BULGULAR VE YORUMLAR	23
3.1. Birinci Aşama.....	23
3.2. İkinci Aşama.....	24
3.2.1. Birinci Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması.....	24
3.2.2. İkinci Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması.....	28
3.2.3. Üçüncü Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması...	34
3.2.4. Dördüncü Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması	40
BÖLÜM IV	46
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	46
4.1. Soru Çözümlerindeki Yaklaşımlar Açısından Sonuçlar.....	46
4.2. Düşünce Deneyi Özellikleri ve Yapıları Açısından Sonuçlar	47
4.3. Öneriler.....	49
4.3.1. Öğretmenler İçin Öneriler.....	49
4.3.2. Sonraki Çalışmalar İçin Öneriler.....	49
KAYNAKLAR	51
EKLER	56
Ek-1: Klasik Düşünce Deneyleri.....	57
Ek-2: 1. Aşama Düşünce Deneyleri ile İlgili Anket Formu.....	61
Ek-3: 2. Aşama Gözlem İçin Tasarlanmış Sorular.....	65
Ek-4: 2. Aşama Görüşme Ek Soruları.....	67
Ek-5: 1.Sınıf Gözlem Kayıtlarındaki Diyalog Metni.....	69
Ek-6: 5.Sınıf Gözlem Kayıtlarındaki Diyalog Metni.....	89
Ek-7: Gözlem ve Görüşmelerdeki Öğrenci Çizimleri.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	104

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No:

Tablo 1. Brown'un Düşünce Deneyleri Sınıflandırması.....	6
Tablo 2. Madde Güçlük Düzeyi ve Madde Varyansı.....	18
Tablo 3.2.1. Birinci Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu.....	24
Tablo 3.2.2. Birinci Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu.....	25
Tablo 3.2.3. İkinci Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu.....	28
Tablo 3.2.4. İkinci Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu.....	29
Tablo 3.2.5. Üçüncü Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu.....	34
Tablo 3.2.6. Üçüncü Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu.....	35
Tablo 3.2.7. Dördüncü Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu.....	41
Tablo 3.2.8. Dördüncü Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu.....	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_1	: Birinci sınıf bir numaralı öğrenci
B_1	: Birinci sınıf iki numaralı öğrenci
C_1	: Birinci sınıf üç numaralı öğrenci
D_1	: Birinci sınıf dört numaralı öğrenci
E_1	: Birinci sınıf beş numaralı öğrenci
A_5	: Beşinci sınıf bir numaralı öğrenci
B_5	: Beşinci sınıf iki numaralı öğrenci
C_5	: Beşinci sınıf üç numaralı öğrenci
D_5	: Beşinci sınıf dört numaralı öğrenci
$akt.$	: Aktaran
$vd.$	: ve diğerleri

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Bilim tarihine pek çok yenilik katmış bazı deneyler, karmaşık deney düzeneklerine gerek duyulmaksızın gerçekleştirilmiştir. “Aklın laboratuvarları” nda gerçekleştirilen bu deneyler, gerçekleştirildikleri dönemden önceki bilgilerle bir ön hazırlık dönemi geçirmiş ve düşünsel birtakım aktivitelerle ortaya çıkmışlardır. Sözelimi Newton, yerçekimi üzerinde düşünmeye başladığı 1666 yılında, hareket eden cisimler hakkında varolan bazı önemli bilgilerden büyük ölçüde yararlanmıştır (Bixby, 2002). Düzenek olarak insan aklının yeterli olduğu “düşünce deneyleri” bizlere hayal gücü ve yaratıcılığın örneklerini sunmaktadır. “Heisenberg’in Gama Işını Mikroskobu” ve “Einstein’in Foton Tartısı” düşünce deneyleri, termodinamik yasalarıyla ilgili olan “Stevin’in Zinciri” ve “Maxwell’in Cini” düşünce deneyleri, kuantum fiziğiyle ilgili olan “Schrödinger’in Kedisi” düşünce deneyi ve “Newton’un Kovası” ile “Galileo’nun Serbest Düşme” düşünce deneyleri, bizlere fizik yasalarıyla ilgili düşünebilme konusunda geniş bir alan sunmaktadır.

Fizik problemlerinin çözümünde “zihinde canlandırma” denemeleri ilk kez karşılaşılan durumlarda, özellikle problem çözmede sıkça kullanılır. Problem deyince ilk akla gelen, sayısal yöntemlerle doğru cevabı bulunacak matematik sorularıdır. Buna fen derslerindeki formüllerin uygulandığı sayısal sorular da eklenebilir. Problem çözme tüm alanlarda kullanılır. Problemleri belirlemek, çözüm yollarını aramak, çözümün hangi koşullar altında sağlanabileceğini bilmek, problemi çözmek ve bu çözümü karar vermede kullanmak, problem çözme yetenekleri denilebilecek bir alanı oluşturur (Çepni vd. , 1997).

Watts (1991), problem çözme becerilerini sınıflandırırken “hayal yetenekleri” adı altında bir kategori belirlemiştir. Buna göre hayal yetenekleri; kendini başka yerde, zamanda ve rolde görebilme, deneyimler sonunda hayalleri yeniden düzenlemeyi gerektirmektedir.

Fizik derslerinde problem çözme geniş yer kaplayan öğretim metodlarından biridir. Bu yöntemde öğrenci her şeyi genelde öğretmenin anlatmasıyla öğrenir. Önce uygun bir formül kullanır ve derinlemesine düşünmeye başvurmadan problemi çözmeye çalışır. Ancak fizik problemleri her zaman birkaç adım içerir ve her adım aslında kendine has bir öğrenme stratejisi ile açığa çıkarılmalıdır. Fizik problemini çözmeye kalkışmadan önce problemi derinlemesine belirlemek, “hayal yetenekleri”ni kullanarak çözüm konusunda önceden mantıklı tahminlerde bulunmak, problemi daha anlaşılır kılabilir. Bu noktada devreye giren düşünce deneyleri, fizik problemlerinin çözümünde yaratıcılığımızın sınırlarını zorlamakta ve sorgulamaktadır.

1.1. DÜŞÜNCE DENEYLERİ

Düşünce deneyleri kavramlar arası mantıksal ilişkilerle ilgili iddiaları, açıklamaların evrensel olarak geçerli olup olmadığına karar vermemize yardım edecek şekilde test eder. Fakat bu tür bir hayal kurma bir şeyleri nasıl ispatlayabilir? Yöntemle ilgili bir şeyi göstermek için hayallerimize niye güvenelim? Bu soruların cevabı, bizim kavramsal yeterliliğimizde yatmaktadır. Bir kavrama sahip olmak bize, hayali bir durumda bile, onun uygulanabilirliği hakkında yanlışsız yargıda bulunma yeteneği kazandırır (Schick, 2003).

Düşünce deneyleri eski deneyimlerin yaratıcı bir şekilde yeniden düzenlenmesidir. Bu, deneycilikle çatışmak bir yana deneyciliğin bir uzantısı olarak görülmelidir. Düşünce deneyleri deneycilikle ters düşmez ve fen bilimlerinin en geleneksel çalışma yöntemleriyle bile kullanılabilir. Bununla beraber düşünce deneyleri sadece fizik için değil, tüm alanlar için önem taşımaktadır (Mach, 1976).

Düşünce deneyleri aklın laboratuvarında gerçekleştirilir. Bu benzetmenin ötesine geçip de bunların tam olarak ne olduklarını söylemekse biraz zordur. Düşünce deneyleriyle karşılaştığımızda bunları, “gözde canlandırılabilir ve zihinsel yetenek gerektirir” şeklinde tanımlarız. Düşünce deneyleri, saf teorik hesaplamaların sonucu

değildir. Bunları, her zaman olmamakla birlikte, genelde gerçek deneyler gibi gerçekleştirmek olanaksızdır (Brown, 1991).

Cooper (2005), tipik olarak düşünce deneylerinin bizlere bir çok “ya öyle olursa” sorusu sunduğunu öne sürmektedir. Buna göre, düşünce deneylerini uygularken geçici bir süreliğine dünya görüşümüzü bu soruların cevaplarına uygun bir model oluşturmak için ayarlarız. Bir düşünce deneycisi, bir “ya öyle olursa” sorusuyla karşılaştığı zaman bunu titiz bir şekilde cevaplamaya çalışır. Dünya görüşünün bir bölümünü değiştirerek bütün ilgili anlamları tarar ve hayal ettiği durumu kendi içinde uyumlu bir modelde oluşturmaya çalışır.

Benzer şekilde Nersessian (1993; akt. Georgiou, 2005) ve Gooding (1990), düşünce deneylerinin modele dayalı bir tür yorumunu savunmuş, Wilkes (1993) ise düşünce deneycilerinin olağan dünyayı hayal ettiklerini söylemiştir.

Gendler’e göre (1998), bir düşünce deneyi gerçekleştirmek, hayali bir senaryoda tasvir edilen olay ve durumların gerçek olma ihtimalinde ne olacağı hakkında yargı ve yorumlar üretmektir.

1.1.1. Düşünce Deneylerinin Özellikleri

Sorensen (1992), düşünce deneyleriyle ilgili belli bazı özellikler belirlemiştir. Buna göre öncelikle mevcut konu, ilgili birey için yeni bir şey olduğundan düşünce deneyleri çok geniş bir zihin kullanımı gerektirir ve bu durum birey için yoğun bir kavrama uğraşına girmek demektir. İkinci olarak, fiziksel uygulamayı içermeyen hayali senaryoların benimsenmesi çoğunlukla ilgi çekici bulunur. Üçüncü olarak, düşünce deneylerinin gerçekleşmesinde herhangi bir laboratuvar ekipmanı bulunmadığına göre, düşünce deneyleri fiziksel açıdan özerktir. Bu durum fiziksel uygulaması yine tamamen zihinde gerçekleşen deneye denk bir etkinliktir.

Düşünce deneyleri belli varsayımsal olaylar ya da durumlarla ilgili argümanlar olarak anlaşılabilir ki, bunlar hem belli bir “arka plan teorisi” ile hem de geçmiş deneysel gözlemlerle özel bir ilişki içindedirler (Irvine, 1991). Bir düşünce deneyi ile gözlemsel/kuramsal süreç arasındaki bu özel ilişki düşünce deneyinin, genel olarak deneyleri karakterize eden bilimsel özelliklerin hepsini değilse de en azından birkaçını sergilemesini gerektirir. Bu özellikler genel olarak şöyle sıralanabilir:

- Bir düşünce deneyi, belli bir gözlemsel/kuramsal süreç sonunda oluşmuş bir hipotezi sınavabilir ya da benzer yoldan elde edilmiş bir dizi soruyu yanıtlayabilir nitelikte olmalıdır.
- Düşünce deneyinin içerdiği varsayımların tümü olmasa da çoğu, bağımsız deneysel gözlemlerce doğrulanmış olmalıdır. Kısacası, eğer genel bilimsel araştırmayla herhangi bir alakası olacaksa, düşünce deneyinin en azından bazı özellikleri gözlemlenebilir dünyaya temellendirilmelidir.
- Düşünce deneyinin gerçekleştiği düşsel koşullar yeterince kesin biçimde tanımlanmalıdır ki, gerçek deneylerde aranan yinelenebilirlik niteliğini düşünce sınırları içinde bile olsa sağlayabilsinler.
- Gerçek deneylerde olduğu gibi düşünce deneylerinde de bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ayırımına varılabilmeli ki neden ve sonuç ilişkileri sağlıklı biçimde algılanabilsin.
- Düşünce deneyinin sonuçları deneyin arka planındaki kurama dayanılarak tartışılabilir olmalıdır. Bu kuramın bazı boyutlarını destekler ya da ters düşer nitelikte olup olmadıkları sorgulanabilmelidir ki deneyin çıkış noktasıyla tutarlılığı tartışılabilsin.

Düşünce deneylerinin modellerle karmaşık bir ilişkisi vardır. Model dediğimiz şey temsili bir fikir, nesne, süreç veya sistem olarak açıklanabilir (Gilbert, 1998). Bir deney model üzerindeki bir tahminin fiziksel testleriyle ilgilenirken, bir düşünce deneyi sadece modelle ilgilenmez aynı zamanda modelin kendisi olur. Bu bir olayın modeli olarak veya zihinde gerçekleştirilen bir deneyin temsili öğeleri olarak da

düşünülebilir. Bu benzerlik, bizim farklı modeller ve farklı düşünce deneyleri arasında paralellik kurmamızı sağlar. Tüm düşünce deneyleri zihinsel modeller gibidir, bireyin zihninde başlar ve elbette zihine bağlıdır.

İfade edilen bir düşünce deneyi, ifade edilen bir modele paralel olarak onu geliştiren grup veya birey tarafından toplumsal bir amaçla, mimiklerle, konuşmalarla ve yazılı formlarda oluşturulur (Gilbert ve Reiner, 2000). Bunlar, hem bilimsel sorgunun yürütülmesinde buluş ve keşiflere önderlik eden birer araç olarak hem de bu buluş ve keşiflerin bilim camiası nezdinde etkili bir şekilde kanıtlanabilmesinde kullanılır. *Gözlemci ile görüş birliği içinde yapılan düşünce deneyleri (consensus thought experiment)*, bir fikir belirli modeli gibi, en azından bilim camiasının bir kısmı tarafından sadece kısa süreli olması durumunda yararlı olduğu kabul edilmiş olan bir modeldir. Bu kabullenme sebebi düşünce deneylerinin bilim camiasında belli çıkarlara hitap etmesi, deneylerin ise bu çıkarlara hitap edememesidir. Bu deney şekli, bilimsel buluş ve keşiflerin sahip olduğu kabul görmüş normlara uygun bir yapıya sahip olmalıdır. Aynı zamanda bilimsel bir dergi/gazetede bilirkişilerce çıkarılmış olan ispat normlarına da uymalıdır. *Öğretici düşünce deneyleri (teaching thought experiment)*, bir öğretme modeli gibi, öğretmen tarafından kullanılan, öğrencilerin verilmiş olan görüş birliği düşünce deneyini anlama yetisini geliştirmesini sağlayan, aşına olduğu veya hayal edebileceği olaylar üzerine kurulu bir düşünce deneyi ölçütünü ele alır.

Her düşünce deneyi altı ögeden oluşur (Reiner, 1998). Öncelikle bir hipotez veya sorunun sorulması gelir. Ardından, bir düzen içinde birbirine bağlı varlıklardan (nesnelerden, veya nesne olarak ele alınan hayali oluşumlardan) oluşan hayali bir dünya yaratılmalıdır. Üçüncü olarak, bir düşünce deneyi tasarlanır. Dördüncü aşama, düşünce deneycisi tarafından yürütülür. Beşinci sırada, mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarılır. Altıncı ve son aşamada ise, bir karara varılır. Bu ögeler değişik şekillerde bir araya gelerek düşünce deneyi tipolojisinin temelini oluşturur.

1.1.2. Düşünce Deneyi Çeşitleri

Brown (1991), düşünce deneyleriyle ilgili bir sınıflandırma sistemi önermiştir. Bu sınıflandırma *Yıkıcı*, *Yapıcı* ve *Platoncu (Platonic) düşünce deneyleri*'nden oluşmaktadır.

Tablo.1. Brown'un Düşünce Deneyleri Sınıflandırması.

SINIF	ALT SINIF	AMAÇ	ÖRNEK
<i>Yıkıcı</i>	-	Teorideki zayıflıkları belirleme	Schrodinger'in Kedisi
<i>Yapıcı</i>	<i>Birleştirici(aracılı)</i>	Teoriden sonuç çıkarma	Maxwell'in Cini
	<i>Varsayımsal</i>	Olguyu saptama ve kuramlaştırma	Newton'un Kovası
	<i>Dolaysız</i>	Sonuç çıkarma (tüm dengelim) ve teori oluşturma	Stevin'in Eğik Düzlemi
<i>Platoncu</i>	-	Teori geliştirme	Galileo'nun Serbest Düşme Deneyi

Yıkıcı Düşünce Deneyi, sonunda yok ettiği bir teoriye karşı hareket eden bir görüştür veya bir teoriyle ilgili ciddi sorunları genelde bu teorinin genel yapısındaki bir hatadan bahsederek ortaya koyar. Terminolojide yıkıcı görüş birliği düşünce deneyinin adı *Schrodinger'in Kedisi* (EK-1, [a]) olarak geçer.

Yapıcı Düşünce Deneyleri'nin temeli ise düşünce deneyi olgusunun (zihinde) kurulmasını esas alır. Bunlar da üç alt sınıfa ayrılır. *Birleştirici (mediative) Düşünce Deneyleri*, belirgin bir teoriden yola çıkılarak oluşturulan bir düşünce deneyidir. *Maxwell'in Cini* (EK-1, [b]) buna örnek olarak gösterilebilir. Bir *Varsayımsal Düşünce Deneyi'nde* ise bazı düşün-deneysel olgular sonucunda olguyu açıklamak için teoriyi hipotezleştiririz. Buna örnek olarak da *Newton'un Kovası* (EK-1, [c]) gösterilebilir. *Dolaysız (direct) Düşünce Deneyleri* hem birleştirici hem de varsayımsal alt türlerdeki öğelerden oluşur. Ancak bilim insanları tarafından bunlardan biri kullanılır. Bu türdeki düşünce deneyleri, sorunsal olmayan (düşün-

deneysel) bir olguyla başlarlar ve teoriyle bitirilirler. Bunun bir örneği ise *Stevin'in Eğik Düzlem Modeli*'nde görülmektedir (EK-1, [d]).

Son olarak *Platoncu Düşünce Deneyi*, hem yıkıcı hem de dolaysız yapıcı bir düşünce deneyidir. Bu düşünce deneyi yeni bir deneysel oluşuma tabi değildir, sadece geçmiş verilerden mantık yoluyla ortaya çıkarılmış da değildir. Burada önceki teoriden daha iyi bir teorinin elde edildiği sonuçlandırma teorisiyle ilgili bir gelişme gözlemlenir. Bu türdeki düşünce deneyine iyi bir örnek olarak *Galileo'nun Serbest Düşme Deneyi* (EK-1, [e]) gösterilebilir.

1.1.3. Fen Eğitiminde Düşünce Deneyleri

Bir bilimsel eğitimde, mevcut bir kavram konusunda yetersiz kalmış bir öğrenciye farklı bir kavram sunulduğunda ya eski kavramla yeni kavram arasında bir bütünlük kurulur ya da yeni kavram eskinin yerini alır (Gilbert ve Reiner, 2000). Kavramsal değişimi desteklemede düşünce deneylerinin çok kullanılması, yararlı olduklarını göstermektedir.

Düşünce deneylerinin çeşitli türleri mevcut bir teoriyi desteklemekte, eleştirmekte veya yeni bir teori oluşturmakta kullanılabilir. Düşünce deneylerinin oluşturulması ve kullanılmasının öğrencilerin problemleri çözmesine yardım ettiği görülmüştür. Bu sayede öğrenciler ilgili süreçte diğer öğrencilerle işbirliği yapma ve birbirlerinin sonuçları üzerinde konuşma fırsatı bulurlar (Reiner, 1998). Yani, bu açılardan aslında bir bilim insanı gibi davranırlar.

Kavram değişiminden önce kavram geliştirme konusu ortaya çıktığından henüz bir kavram geliştirmemiş olan öğrenciler için de bazı çalışmalar olmalıdır (Gilbert ve Reiner, 2000). Eğer yıkıcı görüş birliği düşünce deneyleri kullanılsaydı, o zaman öğrenciler bilimin tarihsel ve psikolojik açıdan gelişim gösterdiği bir yolda ilerleyeceklerdi. Yapıcı görüş birliği düşünce deneyleri eşit önemde başka bir role sahiptirler. Aracı düşünce deneyleri özellikle soyut teorilerden ampirik sonuçlara ulaşmada izlenecek yolu destekleyen unsurlar olabilirler. Hem varsayımsal hem de

dolaysız düşünce deneyleri teorilerin anlaşılmasına yardımcı olabilirler. Platonik düşünce deneyleri yıkıcı ve yapıcı deney türlerinin rollerini bir araya getirir ve özellikle sınıf ortamında rahatlıkla kullanılabilir. Yukarıda verilen tüm görüş birliği düşünce deneylerinin kolayca anlaşılabilmesi zorken, düşünce deneyleri öğretiminin tasarımı ve uygulanması, hem öğretene hem de öğrenene için zorlu bir süreçtir.

Bir düşünce deneyinin iyi bir şekilde kullanılması fen eğitimi psikolojisi hakkında bilinenlerden yol alır, öğrencileri fendeki metodolojik ve ampirik uygulamalar üzerinde kendiliğinden sosyalleştirir ve insanların bilinen ilgi alanlarıyla bağlantı kurar (Reiner, 2000).

1.2. Problem Durumu

Okulda verilen eğitim, öğrencilerin bilgiyi nereden ve nasıl elde edeceklerini, nasıl değerlendireceklerini ve problemi çözmede bu bilgiyi nasıl kullanacaklarını öğrenmelerini sağlar (Yaman ve Yalçın, 2005). Problem çözme sürecinin önemli bir ögesi ise problem çözme stratejileridir. Problem çözme davranışı, problem çözmede öğrencinin yaptığı etkinlikleri içerir. Her etkinlik bir strateji ya da bir stratejinin uygulanmasından oluşur (Çalışkan, 2006). Bu noktada Yaman (2005), mantıksal düşünmenin, bilişsel alanda yapılan çalışmalarda önemli bir yere sahip olduğunu belirtmiştir.

Diğer yandan düşünce deneyleri, mantıksal ve yaratıcı düşünme öğelerini barındırdığından fen eğitiminde önemli bir yere sahiptir. Düşünce deneylerinin problem çözerken ilk kez karşılaşılan durumlarda kendiliğinden ortaya çıkan bir uygulama olduğunu düşünürsek, öğrencilerin problem çözme davranışı içerisinde kullandıkları düşünce deneylerini ve bunların yapılarını ortaya koymak, fen öğretiminin öğrenci bakımından yola çıkılarak değerlendirilmesi açısından faydalı olacaktır. Bu çalışmada öğrencilerin problem çözerken düşünce deneylerini ne ölçüde kullanabildikleri ve ortaya koydukları düşünce deneylerinin yapıları, dolayısıyla düşünce deneylerinin fen eğitimindeki etkililiği araştırılmak istenmiştir.

1.3. Problem Cümlesi

“Düşünce deneyleri, fizik problemlerinin çözümünde nasıl tasarlanmakta ve kullanılmaktadır?” sorusu, bu araştırmanın temel problem cümlesidir.

1.4. Alt Problemler

1. Öğrencilerin problem çözme davranışı içinde kullandıkları düşünce deneylerinin yapısı nasıldır?
2. Düşünce deneylerinin kullanımında birinci sınıf ve beşinci sınıf öğrenciler arasında fark var mıdır?

1.5. Sayıtlar

1. Ölçme aracının soruları, araştırmanın amacına uygundur.
2. Ölçme aracının soruları hazırlanırken başvurulmuş uzman görüşleri ve uygulanan madde analizi yeterlidir.
3. Ölçme aracının uygulanması esnasında öğrencilerin hazır bulunuşlukları ve vermiş oldukları cevaplar mevcut durumu yansıtmaktadır.
4. Öğrenciler, araştırmanın evrenini temsil eder niteliktedir.

1.6. Sınırlamalar

1. Bu araştırma, bir büyük şehirde köklü bir üniversitenin Fizik Öğretmenliği Anabilim Dalı'nda hareket kanunları konusunu görmüş olan öğrenciler ile sınırlıdır.
2. Araştırmanın uygulaması sadece hareket yasalarını içermektedir.

1.7. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma, hareket yasaları ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılan düşünce deneylerini açığa çıkarmayı ve bu konuda fizik öğretmenliği birinci sınıf öğrenciler ile beşinci sınıf öğrencilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

1.8. Araştırmanın Önemi

Yaşamımız boyunca çözülmeyi bekleyen pek çok problemle karşı karşıya kalırız. Bir problemi çözmeye kalkışmadan önce o problemle ilgili olası çözüm yollarını belirlemek için problemi anlamak ve problem üzerinde derinlemesine düşünmek gerektiğini de genel olarak biliriz.

Fizik eğitimi söz konusu olunca da problem çözme aşamalarını gerçekleştirmeden önce problemi tanımlamak adına belirlenmesi gereken birtakım düşünceler vardır. Bu düşünceleri belirlemek, bir fizik probleminin fiziğin ilgili başlığı altındaki teorik bilgisinin bütünüyle düşünülmesini, dolayısıyla da konuya hakimiyeti sağlar. Bu anlamda, fizik problemlerini sadece ilgili formüllere yerleştirilen rakamsal ifadelerden kurtarmak büyük önem taşımaktadır.

Binbaşıoğlu (1987), problem çözmenin fen eğitimindeki yerinden bahsederek şunları belirtiyor:

“Fen Bilimleri’nde problem çözme yöntemi öğrenciyi, bilimsel düşünüş ve davranışa götüren en önemli yöntemlerden biridir. Bu yöntem içinde kimi zaman gözlem ve inceleme veya deney yöntemi de yer alır. Böylece problem çözme yöntemi, söze, gözleme ve deneye dayanan genel bir yöntem niteliğindedir”

Baki ve diğerkleri (2002) ise problem çözmecbecerilerinin önemini şu şekilde vurgulamıştır:

“Öğrencilere problem çözmecbecerilerini kazandırmak kadar öğrencilerin bu becerilere hangi düzeyde sahip olduğunu belirlemek de önemlidir. Çünkü becerilerin değerlendirilmesi ile hem öğrencilerin matematik bilgisi hakkında hem de öğretim programlarına yön verebilecek ipucu niteliğinde bilgiler elde edilmiş olacaktır...”

Reiner (2000 - 2004), fen eğitimi araştırmalarında öğrencilerin fikirleriyle ilgili çalışmaların daha çok sözel bilgi analizi üzerine odaklandığından bahsederek şunları belirtmiştir:

“Sözle veya yazıyla belirtilmeden ifade edilen bilginin konuşma gibi sembolik bir formda tamamıyla yansıtılması zordur. Bu, görsel şekil formlarında ve bedensel olarak güçlü bir şekilde açığa çıkan yapılarda tanımlanabilir. Fakat bunlar kolayca kelimeler içerisine konulamaz. Yani, öğrencilerin fikirleriyle ilgili anlaşılır bir resim ortaya koymak istiyorsak; bunun bedensel bilgi, zihinsel benzetmeler ve kavramsal-mantıksal inanışların analizleriyle ilgili bir bütünü yansıtması gerekmektedir. Bu problem, hem bedensel ve zihinsel yetenekler arasında hem de fiziksel ve bilişsel yetenekler arasında bağlantı kurar. Sonuçlar fiziksel deneyimin kavramsal yapıyla bağlantılı olduğu bir işleyişin bileşenlerini yansıtır.”

Gilbert ve Reiner (2000) ise düşünce deneylerinin fen eğitimindeki yeriyle ilgili şu açıklamayı yapmışlardır:

“Düşünce deneylerinin kullanımında ne tarz bir yol izleneceğini ve nasıl bir kapsam alınacağını belirlemek için sınıf tabanlı sorguya ihtiyaç vardır; belki de buradan çıkacak sonuca bağlı olarak görüş birliği düşünce deneyleri ve düşünce simülasyonları incelenmeye başlanabilir. Böyle bir eylem, ister bir öğretmen ister bir fikir tarafından geliştirilmiş olsun, düşünce deneylerini öğretmenin faydasını ortaya koyacaktır. Bunlardan en azından bazılarının, kaynakta belirtilen ve öğrencilerin aşına olduğu görüş birliği düşünce deneyleri modelleri geliştirmek için analojinin

(benzerlik) kullanımından destek alacağı muhtemeldir, aynı durum öğretme modelleri için de geçerlidir.”

1.9. Konu ile İlgili Literatür

Yapılan literatür taraması sonucunda ülkemizde düşünce deneylerinin fizik veya fen eğitimindeki kullanımına yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yurtdışında yapılan çalışmalarda, düşünce deneyleri ve bunların fen eğitiminde kullanımına yönelik belirli araştırmalar bulunmaktadır.

Georgiou (2005), felsefe alanında yaptığı ve “fizik problemlerini çözmede düşünce deneyleri” ni incelediği çalışmasında iki aşamadan oluşan bir örnek olay çalışması yapmıştır. Uygulamanın birinci aşaması için iki adet sorun kümesi hazırlanmıştır. A testi 7, B testi 6 açık uçlu soru maddesiyle oluşturulmuş, her bir madde için yönlendirici alt cevaplar verilmiş ve verilen cevapların nedenlerinin yazılması istenmiştir. Öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar katılımsız gözlem yoluyla video kaydına alınmıştır. Uygulamanın ikinci aşamasında ise ilk aşamadaki iletişim kuralları incelenmiş ve bazı soru ve ek görevler hazırlanmıştır. Katılımcıları birinci aşamadaki bir düşünce deneyi veya fikri daha ayrıntılı incelemeye yönleltmek için bazı ek görevler uygulanmış ve imkan dahilinde yeni düşünce deneyleri oluşturulmuştur. Katılımsız gözlemi takiben yapılan mülakat süresince katılımcıları problem çözmeyle ilgili bir soru veya görevin atıfta bulunduğu noktaya yönlendirmek için onlara birinci aşamanın video çekiminden bazı bölümler gösterilmiştir.

Verilerin çözümlenmesinde tümevarım ve tümdengelim yöntemleri uygulanmış, sonuçları gözden geçirme aşamasında ise hem sözel hem de görsel yöntem verileri (mimikler, vücut dili ve çizimler) ana kaynak olarak kullanılmıştır. Ayrıca veri çeşitleme teknikleri uygulanmış ve belirleyici genellemelerle açıklamalar getirilmiştir. Verilerden elde edilen sonuçlarla düşünce deneylerinin yapısı irdelenmiş ve bu yapıların felsefi açıdan detaylı açıklamalarına yer verilmiştir.

Reiner (2000), fiziksel dünyayla ilgili bilgi için bir deneyin geçerliğinin ne olduğunu ve düşünme yöntemlerini desteklemek için bunun öğrenme çevreleriyle nasıl birleştirileceğini açığa çıkarmayı amaçlayan bir araştırma yapmıştır. Bunun için bir işbirlikçi öğrenme ortamında öğretmen ve öğrenci grupları tarafından gerçekleştirilen bir dizi düşünce deneyi analiz edilmiş, normal bir sınıf oturumundan sonra gönüllüler yaklaşık üç saatlik bir problem çözme oturumuna alınmıştır. Sonuç olarak, öğrencilerin kurdukları hayali durumlardaki düşünce deneyi kullanımının problem çözmede sıkça kullanılan bir strateji olduğu görülmüştür.

Reiner (2004), başka bir çalışmasında ayrıca, belirlenmiş bir problem için tasarlanmış bir çözümün içeriğine bakarak katılımcıların fiziksel deneylerin rehberliğindeki süreçlerle iç içe geçmiş düşünce deneyleri tasarladıklarını ve yürüttüklerini göstermiştir. Dış sunumların üretildiği “karşılıklı yansıtma (tasarım) yöntemi”ni öne sürmüştür.

Clement (1978), düşünce deneylerine atıfta bulunarak bilimsel düşünmede benzetmelerin rolü üzerine bir araştırma yapmış ve bir problem çözme röportajından örnekler vererek çok iyi bilinmeyen bir durumla karşı karşıya kalan kişinin bu durumu daha iyi bilinen benzer durumlarla ilişkilendirerek çözebileceğini göstermiştir. Ayrıca, yaratıcı problem çözmede çok önemli görülen genelleme ve özelleştirme yapmak, uç durumlar üretmek gibi önemli tutumlar sergileneceğini belirtmiştir. Bunun için birinci sınıfta ve üniversite bilim derslerini henüz almamış olan bir katılımcının sezgisel olarak aslında yaratıcı bilimcilerin ve matematikçilerin kullandıklarına benzer düşünce işlemleri kullandığını göstermiştir.

Diğer yandan, düşünce deneylerini birebir çalışmamış olmalarına rağmen düşünce deneyleri literatüründeki önemli bazı kavramlara değindikleri ve çalışma yöntemi olarak örnek teşkil ettikleri için ülkemizde yapılmış bazı çalışmalar da burada gösterilmeye değer bulunmuştur.

Çalışkan (2005), fizik öğretmen adaylarının fizik problemlerini çözerken ne tür stratejiler kullandığını, bu süreçte yer alan problem çözme davranışlarının neler

olduğunu, sınıf düzeyine göre strateji ve davranış değişikliklerini incelemek amacıyla yaptığı araştırmasında her düzeyden öğretmen adayıyla yapılandırılmış görüşmelerde bulunmuştur. Sonuç olarak alt düzeydeki öğretmen adaylarının problem çözmede yüzeysel bir yaklaşım içinde oldukları, bununla beraber 5. sınıfa devam eden öğretmen adaylarının daha derinsel bir yaklaşıma sahip oldukları ve daha çok sayıda problem çözme stratejisi kullandıkları görülmüştür.

Yaman (2003), fen bilgisi eğitiminde probleme dayalı öğrenmenin öğrenme ürünlerine etkisini araştırmak için yarı deneysel yöntem kullandığı çalışmasında probleme dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin yaratıcılık becerilerini arttırmada geleneksel öğretim yöntemlerine göre daha etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Koray (2003), fen eğitiminde yaratıcı düşünmeye dayalı öğrenmenin öğrenme ürünlerine etkisini incelemek amacıyla yarı deneysel yöntem kullandığı çalışmasında yaratıcı düşünmeye dayalı fen öğretiminin öğretmen adaylarının yaratıcı düşünme becerilerinin; akılcılık, esneklik, ayrıntınlık ve orijinallik boyutları açısından gelişimine önemli katkısı olduğunu göstermiştir.

Baki ve diğerleri (2002), problem çözmenin ve problem çözme becerilerinin öğrencilere kazandırılmasının önemini açıkladıkları çalışmalarında problem çözme becerilerinin değerlendirildiği alternatif yöntemlerden standart testler, performans değerlendirme ve klinik mülakat yöntemini ele almışlardır. Ele alınan bu yöntemlerin problem çözme becerilerini değerlendirmedeki potansiyelini tartışmış ve bu anlamda klinik mülakat yöntemini uygulamada dikkat edilecek bazı önerilerde bulunmuşlardır.

BÖLÜM II

2. YÖNTEM

Araştırma, hareket yasaları ile ilgili ortaya koyulan düşünce deneylerinin yapılarını belirlemeye yönelik nitel bir çalışmadır.

2.1. Araştırma Yöntemi

Araştırmanın yöntemi, durum (örnek olay) çalışması olarak belirlendi. Bunun için Georgiou (2005)'nin hazırladığı ve kendi çalışmasında kullandığı soru kümelerinin çevirileri yapıldı. Bu soru kümeleri içinden öğrencilerin ortak olarak gördükleri müfredat göz önüne alınarak soru seçimine gidildi. Birinci aşamada kavramsal ağırlıklı 6 açık uçlu soruyla oluşturulan test, birinci ve beşinci sınıf öğrencilerine uygulandı. Teste verilen cevaplara önceden belirlenmiş kodlamalarla doğru, yarı doğru ve yanlış olmasına göre sırasıyla 2,1 ve 0 puanlamaları yapılarak öğrenci başarıları belirlendi. Bu uygulama sonucunda birinci ve beşinci sınıftan en yüksek puanı alan 5'er öğrenci seçildi. Seçilen öğrencilere 4 açık uçlu soruyla oluşturulan ikinci test uygulanarak gözlem ve mülakatlardan oluşan ikinci aşama gerçekleştirildi.

2.2. Katılımcılar

Fizik Öğretmenliği Anabilim Dalı'nda öğrenim görmekte olan 22 birinci sınıf ve 28 beşinci sınıf öğrencisi ile birinci aşama gerçekleştirildi. İkinci aşamada ise birinci aşama içerisinde her iki gruptan belirlenen 5'er öğrenciye uygulama yapıldı.

2.3. Veri Toplama Teknikleri

Araştırma için detaylı bir literatür taraması yapılarak düşünce deneyleri, hareket yasaları ve nitel araştırma yöntemleri ile ilgili yerli ve yabancı makale,

bildiri, araştırma raporu ve tezlerle yayınlanmış kitaplar, dergiler ve internet tabanlı kaynaklar incelenmiştir.

Georgiou (2005)' nun hazırlayıp araştırmasında kullandığı iki takım test incelenmiştir. Soruların genel yapısı ve bu soruların kullanılmasındaki amaçlar belirlendikten sonra her iki gruptaki öğrencilerin ortak gördükleri müfredat göz önüne alınmış ve bu testlerdeki maddelerden seçimler yapılarak araştırmanın her iki aşaması için de iki ayrı test hazırlanmıştır. Birinci test altı açık uçlu sorudan oluşmaktadır ve öğrencilerin her bir soruya verecekleri cevapları açıklamalı olarak yazmaları istenmiştir. Bu açıklamaların belirlenen amaç dahilinde olması istendiğinden her bir sorunun yönlendirici alt maddeleri bulunmaktadır (EK-2).

Birinci test, ilk aşamada 60 dakikalık sürede uygulanmış ve öğrencilerin açıklamalı olarak verdikleri cevaplar incelenmiştir. Burada verilen cevaplar, düşünce deneyi özellikleri göz önünde bulundurularak yapılan kodlamalarla analiz edilmiş, birinci sınıftan ve beşinci sınıftan 5'er öğrenci belirlenmiştir. Belirlenen öğrenciler ikinci aşamaya çağırılmış, ancak beşinci sınıftan bir öğrencinin katılımı sağlanamamıştır. Ayrıca, ikinci aşamada kullanılacak olan test soruları, buradaki uygulamadan yola çıkılarak belirlenmiş ve yönlendirici alt maddeleriyle beraber 4 ana soruyla ikinci test oluşturulmuştur.

İkinci aşamada ilk olarak, hazırlanan ikinci test (EK-3) öğrencilere dağıtılmış ve yapılandırılmış alan çalışması türünde katılımsız gözlem yapılmıştır. Gözlemin hemen ardından, kritik noktaları açığa çıkarmak ve verilen cevaplarla ilgili daha detaylı bilgi almak amacıyla standartlaştırılmış açık uçlu görüşme tarzında mülakatlar yapılmıştır. Bunun için mülakat sırasında verilecek olası cevapları açığa çıkaracak olan ve ikinci testteki her bir soru için 4 açık uçlu soruyla önceden oluşturulmuş görüşme ek soruları kullanılmıştır (EK-4). Birinci aşamadaki kodlamalar doğrultusunda her bir soru için ayrı birer ek soru ile önceden hazırlanan bu soru kümesi ise mülakat sırasında öğrencilere yazılı olarak dağıtılmıştır.

İkinci aşamada gözlem yaklaşık olarak 60 dakika, mülakat ise yaklaşık olarak 20 dakika sürmüş ve uygulama boyunca veriler video kaydına alınmıştır. Katılımcılara, istedikleri takdirde isimlerinin belirtilmeyeceği ve video kaydının gizli tutulacağı bildirilmiştir. Katılımcıların istekleri bu yönde olduğu için araştırmada video kaydı ve isimler gizli tutulmuş, katılımcıların her biri harflendirilerek belirtilmiş; diyaloglar ve anlatım sırasında gözlenen davranışlar, gözlem akışı içerisinde yazılı metin olarak çalışmada sunulmuştur (EK-5 ve EK-6).

Söz konusu uygulama, birinci ve beşinci sınıf grupları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve küçük grup oturumları yapılmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

Birinci aşama ve ikinci aşama için ayrı ayrı veri analizleri yapılmıştır. Madde güçlük düzeyi ve KR-21 (Kuder-Richardson-21) güvenirlik katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca nitel analiz aşamasıyla ilgili literatür incelenmiştir (Kaptan, 1998; Yıldırım ve Şimşek, 2005; Baş ve Akturan, 2008)

2.4.1. Madde Güçlük Düzeyi ve Güvenirlik Hesaplamaları

Birinci testin uygulanması sonucu elde edilen madde güçlük düzeyi ve madde varyansı hesaplamaları Tablo.2' deki gibidir.

Tablo. 2. Madde Güçlük Düzeyi ve Madde Varyansı

SORU	p	q	p.q
1	0,72	0,28	0,2016
2	0,54	0,46	0,2484
3	0,64	0,36	0,2304
4	0,68	0,32	0,2176
5	0,5	0,5	0,25
6	0,4	0,6	0,24
Ortalama	0,58	0,42	0,2313

p : maddeyi doğru cevaplandıranların oranı (maddenin güçlük indeksi)

q : maddeyi yanlış cevaplandıranların oranı

p.q : madde varyansı

Bir maddenin güçlük indeksi değerinin 0,5 olması, maddenin orta güçlükte olduğunu gösterir ve öğrencilerin başarı düzeyleri hakkında bilgi toplamak için kullanılacak bir testin ortalama güçlüğü 0,5 civarında olmalıdır (Oktaylar, 2005). Buna göre testteki her bir maddenin güçlük indekslerinin testin tamamı için aritmetik ortalaması alındığında testin ortalama güçlüğü 0,58 olarak hesaplanmıştır.

Bir maddenin varyansı (0,00) ile (1,00) arasında değişen bir değerdir ve iyi bir testte madde varyansının ortalama 0,25 civarında olması istenir (Tan, Kayabaşı ve Erdoğan, 2002). Buna göre, testteki her bir maddenin varyansının testin tamamı için aritmetik ortalaması alındığında testin madde varyansı 0,2313 olarak hesaplanmıştır.

Testin güvenilirliği ise KR-21 (Kuder-Richardson-21) iç tutarlılık güvenilirlik katsayısıyla hesaplanmıştır. Testteki tüm maddelerin güçlük düzeyi eşit veya yakınsa KR-21 formülü uygulanır (Tekin, 1993). Eğer testteki maddeler güçlük bakımından birbirinden oldukça farklı ise bu formül güvenilirlik katsayısının alt sınırını verir. Çoğu sınıf testlerinde ve araştırma amaçlı yapılan çalışmalarda güvenilirlik katsayısının 0,7 olması beklenir. Bizim çalışmamızda bu değer 0,58 olarak hesaplanmıştır.

Madde güçlük düzeyi ve madde varyansı hesaplamaları da göz önüne alınırsa kullanılan soruların amaca uygun ve orta güçlükte olduğu görülür. KR-21 güvenirlik katsayısının beklenenden düşük çıkmasının nedeni ise testteki soru sayısının ve uygulamaya katılan öğrenci sayısının az olması şeklinde yorumlanmıştır.

2.4.2. Gözlem ve Mülakat Verilerinin Analizi

2.4.2.1. Çalışma Grubunun ve Kullanılacak Soruların Belirlenmesi

Birinci aşamada, birinci sınıf ve son sınıf öğrencilerin sorulara yazılı olarak vermiş oldukları cevaplar incelenmiştir. Öğrencilerin verdikleri cevapların belirli kavramları açıklayabilmiş ve bir düşünce deneyi tasarlayabilmiş olması gibi özellikler göz önünde bulundurularak yapılan kodlamalarla öğrenci seçimine gidilmiştir. Buradan hareketle, her iki sınıftan da 5'er öğrenci belirlenmiş; birinci sınıftan 5, son sınıftan 4 öğrencinin katılımıyla ikinci aşama gerçekleştirilmiştir.

İkinci aşamada kullanılacak test için birinci aşamada kullanılan testin sonuçları tekrar incelenmiş, Georgiou (2005)' nun kendi araştırmasında kullandığı soru kümelerinden soru seçimine gidilmiştir. Kullanılacak sorular belirlenirken, öğrencilerin ilk aşamada vermiş oldukları cevaplardan yola çıkarak algılayış biçimleri, çözüm üretebilme yeteneklerinin yatkın olduğu konular ile her iki grubun ortak gördükleri müfredat dikkate alınmıştır. Bunun sonucunda 4 adet soru, yönlendirici alt maddeleriyle birlikte ikinci testin konusu olmuştur. Bu test, birinci sınıf ve beşinci sınıf katılımcılarının gözleminde kullanılmıştır.

Gözlemi takiben yapılacak mülakat için ikinci aşamaya hazırlanan testteki sorulara verilebilecek olası cevaplar incelenerek her bir soruya ek birer mülakat sorusu belirlenmiş ve ayrı bir soru kümesi olarak öğrencilere mülakat sırasında dağıtılmıştır. Buradaki amaç, gözlem sırasında karşılaşılabilecek olası detay gerektiren noktaları açığa çıkarmaktır. Hazırlanan bu ek sorular yine aynı amaçla mülakat sırasında belirli bir sınır dahilinde değişkenlik gösterebilecek esneklikte belirlenmiştir.

2.4.2.2. Geçerlik ve Güvenirliğin Sağlanması

Bir durum çalışmasının, “nasıl” ve “niçin” sorularını temel alan, araştırmacının kontrol edemediği bir olgu ya da olayı derinliğine incelemesine olanak veren araştırma yöntemi olduğunu söylemek mümkündür (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Derinlemesine yapılacak olan bu tür bir incelemede geçerlik ve güvenilirlik, nitel bir araştırmanın doğasına uygun alternatif yöntemlerle gerçekleştirilir.

Lincoln ve Guba (1985), bu çerçevede iç geçerlilik yerine *inandırıcılık* kavramını kullanmışlar ve bunun sağlanabilmesi için birtakım stratejiler önermişlerdir. İlk olarak, araştırmacı veri kaynakları (katılımcılar, gözlenen ortamlar, dokümanlar vb.) ile uzun süreli bir etkileşim içinde olmalıdır. Böylece veri kaynakları üzerinde kendi varlığından ve öznel algılardan kaynaklanabilecek etkiyi anlayabilir. İkinci olarak, derinlik odaklı veri toplama ve teyit mekanizmaları gerçekleştirilmelidir. Elde edilen veriler birbirleriyle sürekli olarak karşılaştırılarak, yorumlanarak ve kavramsallaştırılarak, araştırmaya katılanların bile açık bir biçimde farkında olmadıkları bazı örüntüler ortaya çıkarılmalıdır. Üçüncü olarak veri kaynaklarını çeşitleme (triangulation) yöntemi, farklı yöntemlerle (gözlem, görüşme, doküman analizi vb.) elde edilen verilerin birbirini teyit etmesi amacıyla kullanılması ve sonuçların geçerliğini ve güvenilirliğini artırması açısından önemlidir. Bu şekilde farklı algılar ve yaşantılar ortaya konularak çoklu gerçekliklere ulaşılır (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Son olarak uzman incelemesiyle geçerliğin değerlendirilmesi ve katılımcı teyidi ile ulaşılan sonuçların gerçeği temsil etmedeki etkililiği, sonuçları anlamlandırmada etkili olacaktır.

Tanımlanan bu stratejiler bir araştırmanın inandırıcılığının (nicel araştırmadaki “iç geçerliğin” karşılığı olarak) değerlendirilmesinde kullanılabilecek ölçütler olarak kabul edilmektedir (Erlandson, 1993). Bu bilgiler ışığında, veri çeşitlemesini sağlamak amacıyla ikinci oturumda gözlem ve takiben mülakat yöntemlerine başvurulmuştur. Bu şekilde, katılımcılarla yeterli bir süre içinde etkileşim içinde olmak ve verilerin teyit edilmesi amaçlanmıştır. İkinci aşama boyunca veriler video kaydına alınmış ve katılımcıların isteği üzerine bu kayıt ve isimler gizli tutulmuştur.

İkinci aşamadaki diyaloglar metin olarak ekte verilmiştir. Gözlemde elde edilen veriler, detaylı bilgi almak amacıyla mülakatlarla desteklenmiştir. Bu uygulama boyunca öğrencilerin hareketleri, beden dilleri, kağıt üzerindeki çizimleri ve gösterimleri de incelemeye alınmıştır.

Nitel çalışmalarda olay ve olguların bulundukları ortamdan etkilendiklerini göz önüne alacak olursak sonuçların diğer örneklemelere doğrudan genellenemeyeceğini söyleyebiliriz (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Vaka analizinin görevi yargılamaya davet eden ve yargılamanın değineceği konulara ispat oluşturan düzenli deneyim raporları oluşturmaktır (Georgiou, 2005). Bu durumda *aktarılabirlik* kavramının benimsenmesi, sonuçların benzer ortamlara transfer edilebilirliğini ortaya çıkarmaktadır. Aktarılabirliği arttırmak için uygulamadan doğrudan alıntılar yapılabilir. Bu alıntıların ayrıntılı betimlemesi yapılarak okuyucunun, ortamı zihninde canlandırabilmesine ve kendi yorumunu katmasına olanak tanınmış olur.

Aktarılabirliği arttırmak için ayrıca amaçlı örnekleme yöntemleri kullanılarak hem genele hem de özele ait bilgilere ulaşılabilir. Amaçlı örnekleme, zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine çalışılmasına olanak vermektedir. Eğer araştırmacı yeni bir uygulamayı veya yeniliği tanıtmak istiyorsa, bu uygulamanın yapıldığı veya yeniliğin olduğu bir dizi durum arasından, en tipik bir veya birkaç tanesini saptayarak bunları çalışabilir. Tipik durumların seçiminde genellikle bu konuda bilgi sahibi bireyler veya kurumlar, bu konuda hazırlanmış çeşitli veri tabanları veya araştırma sonuçları yardımcı olabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2005).

Bu amaçlarla araştırmamızın bulgular bölümünde gözlem ve mülakatlardan diyalog örnekleri alınmıştır. Bu veriler yeri geldiğinde olay akışı içerisinde yeri geldiğinde klasik düşünce deneylerini kaynak alan benzetmelerle analiz edilmiştir. Ayrıca, yapılan literatür çalışması sonucunda elde edilen çeşitli düşünce deneyi özellikleri ve sınıflandırmaları aracılığıyla da verilerin analizi sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırmamıza en başından yön veren bir örnek olarak Georgiou (2005)'nin yapmış olduğu çalışmadan da bu anlamda geniş ölçüde yararlanılmıştır.

2.4.2.3. Betimsel Analiz

Betimsel analiz, araştırmanın kavramsal yapısının önceden belirlendiği araştırmalarda kullanılır. Boyatzis (1998; akt. Georgiou, 2005)'e göre iyi bir kuramsal kod, olgunun nitel zenginliğini yakalar. Bu noktada, araştırmacının neyin önemli olduğu ayırt edebilme, onu anlamlandırabilme ve gözlemlerini kavramsallaştırabilme yeteneği önem kazanır. Georgiou (2005) tüm dengelim analizinin özelliklerine bakarak, düşünce deneyi kodları için iki özellik belirlemiştir:

- Bir fiziksel deney gibi, bir düşünce deneyinin de makul surette iyi geliştirilmiş bir öngörü (bir koşullu senaryo) içinde oluşması gerekir. Yönlendiriciler sadece hayal dünyasının içinde kendiliğinden ortaya çıkacak olan yeni öğelere ve böylece de düşünce deneyinin oluşumuna temel oluşturur.
- Yeni senaryo tamamen yeni olabileceği gibi, verilen bir senaryonun zenginleştirilmiş (yeni varlıklarla) hali de olabilir. Yeni senaryonun hareket tarzının öngörüsü yapılmalıdır.

Araştırmamızda veri analizinin temellerinden birini bu kodlamalar oluşturacaktır.

BÖLÜM III

3. BULGULAR VE YORUMLAR

Bulgular ve bulgulara ilişkin yorumlara yer verdiğimiz bu bölümde birinci aşama sonucundaki kodlamalar belirlenmiş, ikinci aşamada gözlem ve görüşme verilerinin analizi belirlenen alt problemlere bağlı olarak her bir soruya verilen cevapların sınıflar arası karşılaştırılması yoluyla incelenmiştir.

Sonuçlar Brown (1991)'un düşünce deneyleri sınıflandırması, Gilbert ve Reiner (2000)'in belirledikleri düşünce deneyi özellikleri ve fen eğitiminde düşünce deneylerinin kullanımına yönelik belirledikleri yapılar göz önünde bulundurularak gözlem formu şeklinde ortaya konulmuştur. Yapılan kodlamaların yanı sıra klasik düşünce deneyleri de yardımcı kaynak olarak kullanılmıştır.

3.1. Birinci Aşama

Birinci aşamada uygulanan Düşünce Deneyleri ile ilgili Anket Formu (EK-2)'ndaki sorulara öğrencilerin vermiş oldukları cevaplara göre kodlamalar yapılmıştır. Bu kodlamalar, ikinci aşamadaki nitel verilerin analizinde de kullanılmak üzere şu şekilde belirlenmiştir:

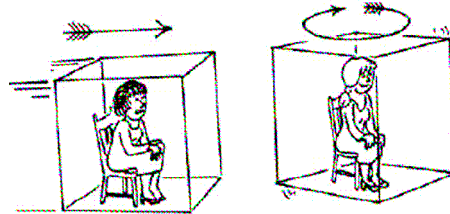
- Bir düşünce deneyi, bir fiziksel deney gibi koşullu bir öngörü içinde oluşmalıdır.
- Testteki soruların yönlendirici alt maddeleri öğrencilerin hayal dünyası içinde kendiliğinden ortaya çıkacak olan yeni öğelere, dolayısıyla düşünce deneyinin oluşumuna temel teşkil edecektir. Bu doğrultuda verilmiş cevaplar detaylı incelenmelidir.
- Problem çözme davranışında ortaya çıkan bir hayali kurgunun tamamen yeni mi, yoksa problemde verilmiş bir kurgunun zenginleştirilmiş hali mi olduğu iyi belirlenmelidir.

3.2. İkinci Aşama

Belirlenen bu kodlamalar doğrultusunda öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar, fiziksel kavramları kullanmadaki başarıları da dikkate alınarak tekrar incelenmiştir. Bunun sonucunda ikinci aşama için birinci ve beşinci sınıftan 5'er öğrenci belirlenmiştir. 5 birinci sınıf ve 4 beşinci sınıf öğrencisiyle ikinci aşama gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Birinci Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması

Bir bilim kadını, uzayda düz çizgi boyunca seyahat eden, düzgün hareketli saydam bir kutunun içerisinde tamamen yalıtılmıştır. Bir başka bilim kadını ise uzayda düzgün dönme hareketi yapan diğer bir saydam kutu içerisinde tamamen yalıtılmıştır. Kadınlar birbirlerinin uzaydaki hareketini saptama amacını taşıyorlar ve bunun için gerekli bütün donanıma sahiptirler.



- (a) Düz çizgi boyunca hareket eden kutunun içindeki kadın diğerinin hareketini saptayabilir.
- (b) Dönen kutudaki kadın diğerinin hareketini saptayabilir.
- (c) Her iki kutudaki kadın da birbirlerinin hareketini saptayabilir.
- (d) Her iki kutudaki kadın da birbirlerinin hareketini saptayamaz.

Testteki birinci soruya (EK-3) verilen cevaplara göre birinci sınıf ve beşinci sınıf öğrencilerinin gözlem sonuçları Tablo. 3.2.1'de ve Tablo. 3.2.2'de belirtilmiştir.

Tablo. 3.2.1. Birinci Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu

Özellikler	Öğrenciler	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	E ₁
Bir hipotez kurma veya soru sorma		*	*	*	*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma					*	*
Bir düşünce deneyi tasarlama		*		*	*	*
Düşünce deneyini yürütme		*			*	
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma		*		*	*	
Sonuçla ilgili bir karara varma			*	*	*	*

Tablo. 3.2.2. Birinci Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu

<i>Özellikler</i> \ <i>Öğrenciler</i>	<i>A₅</i>	<i>B₅</i>	<i>C₅</i>	<i>D₅</i>
Bir hipotez kurma veya soru sorma	*	*	*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma	*	*	*	*
Bir düşünce deneyi tasarlama	*	*	*	*
Düşünce deneyini yürütme	*	*	*	*
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma	*		*	*
Sonuçla ilgili bir karara varma	*			*

Birinci sınıf ve beşinci sınıf gözlemlerinden alınan şu diyaloglar dikkat çekicidir:

Alıntı 1 (1.Soru: 13-24.satırlar)

“D₁: Diyelim ki (dönen kadın)10 s. de bir diğer kadını görüyor, 10 s. içinde kendi eksenini etrafında bir kez dönüyorsa bu şekilde görür. Bir A noktasında kadını gördüğünü varsayalım. Bir daha dönecek, 10 s. sonra diğer (düz ilerleyen) kadın belli bir mesafe ilerleyecek ve dönen kadın bunu bir B noktasında görecektir. Diğer dönmesinde (elindeki kalemle havaya yatay bir spiral çiziyor) C noktasında görecektir... Sonra bu kadın her görüşte biraz daha ilerlemiş olacak... yani dönen kadın düz giden kadının net olarak hızını saptayamaz, ama ilerlediğini saptayabilir. (düz ilerleyen kadın) sürekli ilerlediği için, bir yay yörüngesi gibi mi (elindeki kalemle havaya bir spiral çiziyor), yoksa dümdüz mü gittiğini bence tam olarak saptayamaz. Düz ilerleyen kadın ise dönen kadının döndüğünü rahat bir şekilde saptayabilir.”

Alıntı 2 (1.Soru: 121-125.satırlar)

“E₁: Dönen kadının altında bir döner bir tabla hayal ettim ve sürekli dönen tablanın üstünde (sol elini yatayda döner tablayı gösterir gibi gösteriyor ve sağ eliyle bu tablanın üstünde ters dönen kutudaki kadını göstermeye çalışıyor) kutu ters yöne doğru döndükçe kadını bir konumda sabit tutacağımı düşündüm.”

Alıntı 3 (1.Soru: 29-33.satırlar)

“C₅: ...burada döner bir kavşak olduğunu düşünelim. Biz kavşağa düz girerken kavşağın etrafında dönen bir araba olduğunu düşünsek... Onun hakkında ne yorum yaparız? Saptayabiliriz, sonuçta ne kadarlık bir hızla dönecek ki? Işık hızına yakın bir hızla dönmeyecektir muhakkak...”

Alıntı 4 (1.Soru: 40-51.satırlar)

“A₅: Ben tartıştığınızdan biraz daha farklı bir şekilde bir şey söylemek istiyorum. Eğer birisi diğerinin hareketini saptayabilirse öteki de diğerinin hareketini saptayabilir diyorum... Ama doğru olarak saptayabilmek için bir referans sistemi lazım diye düşünüyorum. Mesela dışarıya dedektör gibi bir şey konulsa... Onun yardımıyla birbirlerinin hareketlerini saptayabilirler.

D₅: (A₅'e yönelerek) O şekilde düşünmek doğru olmaz. Atlıkarınca gibi düşün, dönüyorsun. Yerde de birisi düz giderken senin o yörüngenin neresinde olduğuna göre onu (yerde gideni) görmeyi değiştir. (eliyle gösteriyor) Mesela saat yönünden gelirken o kendine (sana) yaklaştığı için sen onu çapraz gidiyormuş gibi görürsün.”

Birinci sınıf öğrencileri verilen örneklerdeki gibi, fiziksel olarak hayali ortamlar yaratabiliyor ve bir düşünce deneyi yürütebiliyorlar; ancak sadece soruda verilen durumlar üzerinden yorumlarda bulunuyorlar. Bu özellikler açısından incelendiğinde, beşinci sınıf öğrencilerinin yaklaşımları hayali ortamlar yaratabilme ve bir düşünce deneyi yürütebilmenin yanı sıra soruda verilen durumlarla sınırlı kalmadıkları ve yeni durumlar ortaya koyabildikleri şeklinde gözlemleniyor.

Bunların yanında bir düşünce deneyini problemin çözüm akışı içerisinde kullanma açısından iki grup arasında farklılaşmalar görülmektedir. Birinci sınıf öğrenciler soruları ilk okuduklarında yoğun bir anlamlandırma çabasına girmişlerdir. Ancak bu anlamlandırma çabası, sorulara verilebilecek cevaplardan çok soruda verilenler üzerine yoğunlaşmıştır:

Alıntı 5 (1.Soru: 139-141.satırlar)

“B₁: Diyelim ki düz bir çizginin üzerindeyiz. Sonsuz uzunluktaki bir düz çizginin bir ucunda sen, bir ucunda ben... birbirimizi görmemiz yine mümkün olmaz ki... Düz bir çizgi üzerinde derken en azından mesafeyi de vermesi lazım...”

Beşinci sınıf öğrencilerde ise bu aşama daha kısa sürmüş, öğrencilerin doğrudan sonuç odaklı iz sürmeye ve bu çizgiden sapmayacak biçimde düşünce deneyleri kurgulayarak cevaplar vermeye yöneldikleri görülmüştür:

Alıntı 6 (1.Soru: 9-13.satırlar)

“D₅: ... Aslında ilk sorulacak şey, hızlarının büyüklükleri bence... (şekildeki dönen kadını gösteriyor) Bu kadın arkası dönükken, düz giden bunun yanından geçseydi onun arkasını görerek yorum yapacaktı. Dönen kadın ise diğerini zaten hiç görmeyecekti. O yüzden ilk sorulması gereken şey bence hızları... Dönen kadının dönüş hızı, düz giden kadının ise çizgisel hızı önemli...”

Diyalogların tamamı (EK-5 ve EK-6) incelendiğinde ise bazı düşünce deneyi yapıları göze çarpmaktadır. Birinci sınıf diyaloglarında D₁’in öne sürdüğü açıklama ve C₁’in bunu destekleyen yaklaşımları yapıcı düşünce deneylerini akla getirmektedir. Çünkü her ikisi de aynı sonuca ulaşmış ve ulaşılan bu sonucu geliştirmek adına görüşler öne sürmüştür. B₁ ve E₁’in de bunlara karşı koyan görüşleri bizi yıkıcı düşünce deneylerine yönlendirmektedir. Ancak B₁ ve E₁ karşı görüş belirtirken sonuçlarını sağlamlaştıramamışlardır. D₁’in ve C₁’in gözlem sırasında tanımladıkları “spiral hareket” kavramlarına detaylı bakılmış ve görüşmedeki çizimleri üzerinden bu hareketi nasıl algıladıkları incelenmiştir (EK-7, [1]). Görüşmede sorulan soru için verdikleri cevap doğru olmuş, ama gözlemdeki asıl soruyla bir bağlantı kuramamışlardır.

Beşinci sınıf diyaloglarında ise genel olarak her öğrenci etkin katılımlarda bulunmuş, C₅’in ve D₅’in öne sürdüğü düşünce deneylerini A₅ ve B₅ sorularıyla devam ettirmiştir. Bu anlamda her iki tarafın da yapıcı düşünce deneyine uygun yaklaşımlarda bulunduğu söylenebilir. Hareketin ne olacağına sadece hareketlilerin birbirlerini görüp göremeyeceği şeklinde cevap vermişlerdir. Hareketi buldurmaya

yönelik görüşmede sorulan soruya doğru cevap vermişler (EK-7, [2]), ama gözlemdeki asıl soruyla bir bağlantı kuramamışlardır.

3.2.2. İkinci Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması

Galileo'den önce bilim adamları küçük kütleli cisimlerin büyük kütleli cisimlere göre daha küçük hızlarla düştüğünü düşündüler. Bugün, biz biliyoruz ki serbest düşen cisimlerin ivmeleri kütlelerinden bağımsızdır (tabi ki pek çok öğrenci bugünlerde uygun olmayan Galileo öncesi inanışlarını koruyorlar).

Doğa yasalarının bizim evrenimizdekinden farklı olduğu bir X-Evreni'nde yaşadığımızı düşünelim. X-Evreni'nde küçük kütleli cisimler büyük olanlara göre daha küçük ivmelerle düşüyorlar.

Şimdi, şu deneyi gerçekleştirmek üzere X-Evreni'ne gönderildiğini düşün: Biri küçük diğeri de büyük kütleli iki taş buldunuz ve bunları ağırlıksız bir iple birbirine bağladınız. Sistemin ağırlığı şimdi ne olur?

Testteki ikinci soruya (EK-3) verilen cevaplara göre birinci sınıf ve beşinci sınıf öğrencilerinin gözlem sonuçları Tablo. 3.2.3'te ve Tablo. 3.2.4'te belirtilmiştir.

Tablo. 3.2.3. İkinci Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu

<i>Özellikler</i>	<i>Öğrenciler</i>	<i>A₁</i>	<i>B₁</i>	<i>C₁</i>	<i>D₁</i>	<i>E₁</i>
Bir hipotez kurma veya soru sorma		*	*	*	*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma		*	*	*	*	*
Bir düşünce deneyi tasarlama			*	*	*	*
Düşünce deneyini yürütme				*	*	*
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma				*	*	*
Sonuçla ilgili bir karara varma				*		

Tablo. 3.2.4. İkinci Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu

Özellikler \ Öğrenciler	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅
Bir hipotez kurma veya soru sorma	*	*	*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma		*	*	
Bir düşünce deneyi tasarlama	*	*	*	*
Düşünce deneyini yürütme	*	*	*	*
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma	*	*	*	*
Sonuçla ilgili bir karara varma	*	*		

Galileo'nun "Serbest Düşme Düşünce Deneyi"ne atıfta bulunan bu soruda öğrencilerin diyalogları, bu düşünce deneyinin sınıfı olan *Platonik (Platonic) Düşünce Deneyi* özelliklerini gösterip göstermediği açısından incelenecektir.

Birinci sınıf öğrencilerin diyaloglarına bakıldığında bu düşünce deneyinin özellikleri kısmen de olsa görülmektedir. Ancak genel olarak bakıldığında öğrenciler, bir sonuca ulaşma konusunda sıkıntı yaşamışlardır.

Alıntı 7 (2.Soru: 1-9.satırlar)

"B₁:" Önce dünyada olduğumuzu düşünelim ki X-Evreni ile bu durumu kıyaslayalım. Biz dünyada iki cisim aldık ve bunları bir iple bağladık (soru kağıdı üzerine şekil çizerek gösteriyor), ip ağırlıksızmış... Kütlelerin birine 2m diğerine m derim. Bu durumda dünyadaki ağırlığa 3mg derim. Şimdi farklı bir evrene gittiğimde burada da bir çekim ivmesi olması gerekiyor. Bu evrendeki çekim ivmesine de x diyelim. O zaman ağırlık 3mx olur. Çekim ivmesi değeri farklılaşır, ama ağırlık yine kütleler toplamının çekim ivmesiyle çarpımıdır."

Alıntı 8 (2.Soru: 26-39.satırlar)

"D₁:" X-Evreni'nde "g" diye bir şey bulmamız bence zor. Çünkü net bir rakam bulsaydık niye büyük kütleler küçük kütlelerden daha çabuk aşağıya düşsün ki? Şimdi... Orada da bir yeryüzü olduğunu varsayalım(bir elini yeryüzünü gösterir gibi yatayda düz tutuyor), yine bir çekim var (diğer elini yumruk yapıp diğer elinin altına

götürüyor) ve yeryüzünün dışında çok yoğun bir tabaka var. Bu yoğun tabakada kendisine doğru çekeceği kütleler var. Öyle küçük bir parçacık düşünelim ki yoğun bir tabakadan daha çabuk geçebilecek bir parçacık olsun. Yoğunluk o parçacığı daha çabuk içine çeker. Ama daha büyük kütleli cismi düşünelim (ellerini havada aynı hızadan kenarlara açarak bunu gösteriyor), o yoğun tabakayı kolayca yaramıyor. Bir denizin içinde olduğu gibi... Yani denizin içinde bir ipe küçük bir taş bağlayalım. Yine aynı maddeden yapılmış büyük bir taş... Denizin içinde hangisini kendine doğru daha kolay çekersin? Küçüğü... Yani öyle bir durum düşünelim ki m.g sadece “g” ile alakalı bir durum olmasın.”

Dikkatle incelendiğinde burada, D_1 henüz sorunun çözümüne başlamamış olmasına rağmen B_1 'in başlangıç koşulunu daha makul bir düşünce deneyiyle, üstelik zengin bir hayali ortam sunarak yıkmıştır. Bu anlamda bu düşünce deneyinin Platonik Düşünce Deneyi özelliği taşıdığını söyleyebiliriz. Diğer yandan B_1 ve C_1 arasındaki bir diyalog dikkat çekiyor:

Alıntı 9 (2.Soru: 84-95.satırlar)

“ B_1 : ...Serbest düşme yapan cisimlerde biz “a” yerine “g” aldık. (kalemini düşey olarak tutarak eliyle çekim ivmesi vektörünün aşağı yönlü olduğunu gösteriyor) “g”yi de yere doğru (-) aldık. O zaman formülümüzde de dedik ki (kağıt üzerine yazarak gösteriyor), $h = -1/2 \cdot g \cdot t^2$. “g”yi de 9,8 olarak aldık. Serbest düşmede böyle kabul etmedik mi? Burada da X-Evreni’nde serbest düşme yaptırmamız isteniyor. “g”nin değeri neyse, onu alırsınız.

C_1 : Ama sen bunu her farklı alışında farklı bir sonuç çıkacak. Bilimsel bir veri olan “g”yi bulabilmen için bilimsel verinin sabit olması lazım. Değişken olmaması lazım... Burada yaptığımız deneyde farklı büyüklükteki her kütle için farklı sonuçlar alıyorsak sen burada bir “g” bulamazsın. Bilimsel bir şeye de ulaşamazsın haliyle... Durgun vaziyette bir 10 kiloyu bir de 5 kiloyu düşünüyorum. Bizim bildiğimize göre ikisinin de 5 s. de düşmesi gerekiyor mesela... Ama oradayken (X-Evreni’ni kastediyor) 10 kilolar 5 s. de düşecek, 5 kilolar 7 s. de düşecek...”

D_1 'in yarattığı hayali ortamda “küçük kütleli parçacığın yoğun ortamda daha çabuk ilerleyeceği” fikrini ve C_1 'in ortaya koyduğu iddiayı detaylandırmak için görüşme sorularından yararlandık ve X-Evreni’ndeki hareketi sorular sorarak

tanımlamalarını istedik. D₁ kendi tasarladığı deneyi bu duruma uyarlayamazken C₁ hareketin anlamsızlığını şöyle ifade etmiştir:

“C₁: D₁’in bahsettiğinde ben küçük kütleyi o yoğun ortamdan daha kolay geçer diye düşündüm, çünkü ancak böyle olursa soruya daha uygun olacak... (X-Evreni’nde) Bu sistemi aynı hızadan aynı anda bırakırsak büyük kütle ivmesi büyük olduğundan öne geçecek, küçük kütle ise arkasında kalacaktır... Tabi eğer ip uzunluğu az ise ve düşükleri yükseklik yeterince uzunsal... O zaman küçük kütle normalde, tek başınayken düşüğünden daha hızlı düşüyor. Yani tek başına aynı yükseklikten bırakıldığında daha uzun sürede düşecek, ama büyük kütleyle bağlanınca buna göre daha kısa sürede düşecek... Aynı gezegende başka bir koşul olmadan hem hızlı hem yavaş düşeceğini buluyoruz, böyle bir hareket olamaz...”

C₁ sistemin ağırlığına yönelik bir fikir belirtmemiş ama sistemin hareketinden yola çıkarak durumun imkansızlığını savunmuştur. Diğer yandan C₁ de D₁ de hem yıkıcı hem de dolaysız yapıcı düşünce deneylerinin ortak bir sonucu olan Platonik düşünce deneyine örnek teşkil etmektedir.

Beşinci sınıf diyaloglarına bakıldığında öğrencilerin düşünce deneyi tasarlama açısından kendi şartlarını daha rahat belirleyebildikleri ve daha çok yıkıcı düşünce deneyleri kullandıkları görülmüştür:

Alıntı 10 (2.Soru: 11-18.satırlar)

“D₅: Normalde ikisinin (iki cismin) ağırlığını oranlarsak, kütlelerin oranını buluruz. Ama şimdi burada (X-Evreni’nde) bu oran, kütlelerin oranını vermeyecek. Yani normalde $m_1.g / m_2.g = m_1 / m_2$ olur. Ama X-Evreni’nde $m_1.g_1 / m_2.g_2$ olacak. g_1 ve g_2 birbirinden farklı. Bu oran da X-Evreni’ndeki ağırlıkların oranı olacak.

C₅: (D₅’e yönelerek) Burada sadece bu iki oranı kıyaslarsın ve X-Evreni’ndeki oran Dünya’dakinden küçüktür dersin. “Ağırlık ne olur?” sorusuna bir cevap bulamazsın...”

B₅ ve C₅ arasında geçen diğer diyalogda da benzer bir durum mevcuttur:

Alıntı 11 (2.Soru: 19-31.satırlar)

B₅: İki cismin de eşit kütleli olduğunu düşünelim. O zaman ikisine de etki eden ivme her iki durumda da aynı olacak. Kütle arttıkça ivme de artıyor, dolayısıyla ağırlığı da artıyor. Eşit kütleli olunca birisi küçülürken diğerininki artarsa yine eşit olur... Yani soru “10 kg’dan küçük olanları şu kadar, büyük olanları şu kadar ivmeyle düşer” demiyor. Sen o “eşit kütleli” yi referans alırsan... Kütle azalırken ağırlık azalacak, kütle artarken de ağırlık artacak. O zaman da eşit oranda olur diye düşünüyorum.

C₅: Şimdi senin tezin şu... (kağıt üzerinde yazarak anlatıyor) ağırlığın kütleyle bağlı grafiği şu (y-ekseni ivme, x-ekseni kütle olan bir grafik çiziyor. Doğrusal bir grafik belirleyip, bu doğrunun x-ekseniyle yaptığı açıya α diyor)... Buna göre kütle arttıkça ağırlık da artıyor ($\tan \alpha$ ’nın sabit olduğunu gösteriyor). Sen bu şekilde mi kabul ediyorsun? Peki ya şöyle olursa (aynı grafiği parabol olarak çiziyor) ne olacak? Parabol için nasıl yorumlarsın?... (EK-7, [3])”

Beşinci sınıf öğrencileri birinci sınıf öğrencilerine göre soruya daha farklı bir açıdan yaklaşmışlardır. Kütle arttıkça ivmenin nasıl değişeceği üzerine yoğunlaşmışlar, B₅ ağırlıktaki artışın sabit olacağını savunmuş ve diyalogların tamamı incelendiğinde C₅’in söylediği şartlar altında değişimin nasıl olacağını düşünmeye başlamıştır. Kendi düşünceleriyle ilgili belirli bir sonuca ulaşamayacakları kararına vardıkları için beşinci sınıf öğrencileriyle bu soruda daha uzun süreli görüşme yapıldı. X-Evreni’nde birbirine bağlı bu sistemi aynı seviyeden bırakırsak büyük kütleli cismin hareketinin nasıl olacağı soruldu:

C₅: Daha çabuk aşağıya iner, o yüzden küçük kütle arkada kalır...

B₅: Aynı zaman içerisinde daha fazla yol alacaktır...

D₅: Büyük kütle aşağıya inecek, küçük kütle peşinden sürüklenecektir, çünkü net moment büyük kütleli aşağıya çekecektir...”

Büyük kütleli cisme 2m küçük kütleli cisme m değerleri verilerek sistemin ağırlığıyla ilgili tartışmaları istendiğinde şu diyaloglar dikkat çekmiştir:

B₅: Küçüğe g, büyüğe 2g kadar ivme etki edeceği için toplam ağırlık 5mg olacaktır. Sistem olarak bakınca sistemin kütlesi 3m’dir. Büyük cismin ivmesiyle hareket

edecekleri için 3m kütleli bu sistemin ivmesi de 2g olacaktır. O zaman sistemin ağırlığı 6mg olur...

C₅: ...ama sistemin kütlesi artık 3m olduğu için... Yani kütleleri üst üste koyduğunu düşün, iple bağlı olması önemli değil... X-Evreni'nde 3m kütleli cisme 3g kadarlık bir ivmenin etki etmesi lazım... O zaman da sistemin ağırlığı 9mg oluyor...Yani ayrı ayrı topladığımızda ağırlık 5mg iken iple bağlanınca 9mg..."

Ağırlıkla ilgi tartışmadan sonra C₅ hareketle ilgili tekrar konuşmaya başlıyor:

"C₅: ... küçük olan hızlanmaya ve büyük olan yavaşlamaya başlayacak., büyük olan kütle küçüğü yavaşlatma eğiliminde olacak. O zaman sistem normalde 3g ivmesiyle düşecekken bu yavaşlatma etkisinden dolayı... çünkü ben etki-tepki olarak düşünüyorum, iple bağlanmışlar... Bu yavaşlatma etkisi, sistemin 3g'den daha küçük bir ivmeyle düşmesine sebep olacak... Sonuçta da bu sistem hareket halindeyken ve düşerken farklı iki ivme değerine sahip oluyor..."

D₅: ...evet, çünkü hareket halindeyken iki cisim bağlıysa aynı ivmeyle düşmeleri lazım... Yani, X-Evreni'nin etkisi olan çekim ivmesi dışında düşerken bir de ip gerilmesi olacak. İpteki gerilme, büyüğe etki eden ivme daha büyük olduğu için oluyor. Dolayısıyla küçük kütle normalde g ivmesiyle düşecekse şimdi daha büyük bir ivmeyle düşmek zorunda... Ama büyük kütlenin ivmesiyle de düşmez, çünkü ip gerilmesi aynı zamanda büyük kütleli yavaşlatıyor. (C₅'e yönelerek) Ben de sana katılıyorum, ikisinin arasında bir değer alacaktır... Büyük olan normaldeki ivmesinden daha küçük, küçük olan da normaldekine göre daha büyük bir ivmeyle düşecek ve bu iki ivme birbirine eşit olacaktır..."

Görüşme sonucunda C₅ ve D₅ arasındaki konuşma, tasarlanan düşünce deneyinin yapıcı bir hal almaya başladığını göstermektedir. B₅'in öne sürdüğü "sisteme büyük kütlenin ivmesi etki eder" fikrini yıkarak görüş birliği içinde daha sağlam savundukları fikirler öne sürmüşlerdir. Gözlemde sadece yıkıcı yapı gösteren beşinci sınıf öğrencilerinin düşünce deneyleri görüşme sonucu daha güçlü yapıdaki Platonik düşünce deneyine doğru gelişim göstermiştir.

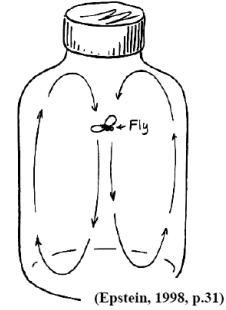
Bu durum birinci sınıf öğrencilerinininkiyle kıyaslanınca beşinci sınıf öğrencilerinin ağırlıkla ilgili kurdukları bağlantıyı açıkça gözler önüne sermektedir.

Her iki gruptaki öğrenciler de düşünce deneyleri tasarlayabilme açısından farklılık göstermezken, beşinci sınıf öğrencileri hareketi etkileyebilecek tüm koşulları (ivmenin artış oranı, cisimlerin tek başına ivmeleri ve bağlıken ivmeleri... gibi) net bir şekilde belirleyebilmişlerdir. Gözlemde belirsiz kalan sonuca, görüşme aşamasında Galileo'nun düşünce deneyindeki olgularından yola çıkılarak sorulan sorularla her iki gruptaki öğrenciler de ulaşabilmişlerdir.

3.2.3. Üçüncü Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması

Birkaç sinek bir kavanoza kapatılmıştır. Kavanozu bir skalanın üzerine yerleştirdiniz (skala ağırlık değerlerini göstermektedir). Buna göre aşağıdaki durumlardan hangisi gözlenir?

- (a) Sinekler kavanozun dibindeyken skala daha ağır gösterecektir.
- (b) Sinekler kavanozun içinde uçarken skala daha ağır gösterecektir.
- (c) Sinekler kavanozun içinde dururken de uçarken de skalada aynı değerler gözlenecektir.



(Epstein, 1998, p.31)

Testteki üçüncü soruya (EK-3) verilen cevaplara göre birinci sınıf ve beşinci sınıf öğrencilerinin gözlem sonuçları Tablo. 3.2.5'te ve Tablo. 3.2.6'da belirtilmiştir.

Tablo. 3.2.5. Üçüncü Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu

Özellikler	Öğrenciler	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	E ₁
Bir hipotez kurma veya soru sorma		*	*	*	*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma		*	*	*	*	
Bir düşünce deneyi tasarlama		*		*	*	
Düşünce deneyini yürütme		*		*	*	
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma		*		*	*	
Sonuçla ilgili bir karara varma		*	*	*	*	

Tablo. 3.2.6. Üçüncü Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu

<i>Özellikler</i> \ <i>Öğrenciler</i>	<i>A₅</i>	<i>B₅</i>	<i>C₅</i>	<i>D₅</i>
Bir hipotez kurma veya soru sorma	*	*	*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma	*	*	*	*
Bir düşünce deneyi tasarlama	*	*	*	
Düşünce deneyini yürütme	*	*	*	
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma	*	*	*	
Sonuçla ilgili bir karara varma	*	*	*	

Birinci sınıf diyalogları incelendiğinde ilginç cevaplar gözlemlenmiştir. A₁ su dolu bir kaba bir taş attığını ve taş dibe çöktüğü zaman ona etki eden kuvvetlerin neler olacağını sormuş ve B₁ de onu destekleyen farklı bir açıklamasıyla ile şunları söylemişlerdir:

Alıntı 12 (3.Soru: 5-12.satırlar)

“A₁: ...tepki kuvveti ve kaldırma kuvveti de var. Mesela, taşın askıda kaldığını düşünelim. Yine bu durumda kaldırma kuvveti ve aşağıya doğru mg’si var. Şimdi burada sinek kavanozun içinde uçtuğuna göre bu defa da havada sürtünme kuvveti var. Havanın sürtünme kuvveti ve sineğin mg’si olduğu zaman (eliyle yukarıyı işaret ediyor) bu daha hafif duracak. Bu durumda sinek uçarken kavanoz daha hafif... ama yere (kavanozun dibine) konduğunda havanın bir sürtünme kuvveti etkisi olmayacak. Yerde sadece mg ağırlığı olacak, böyle olunca da yere konduğunda bence daha ağır gösterecek...”

Alıntı 13 (3.Soru: 35-44.satırlar)

“B₁: Bu sinekler canlı, bu sisteme bir yerden hava giriş çıkışı olması lazım, yoksa bu sinekler ölecek. Öldükleri zaman da bu sineklerin hepsi dibe düşecek ve bu (skaladan bahsediyor), sineklerin ağırlığı kadar bir ağırlık ölçecek ki (A₁’i gösteriyor) doğru söylüyor bence... Yani burada (sorudaki şekil üzerinde çiziyor) havanın direnç kuvveti var ve sineklerin mg’si var. Biz her şeyde nasıl ki tepki kuvvetiydi, kaldırma kuvvetiydi diyorsak; burada (sinekler) yere düştüğünde havanın bir direnç kuvveti etkisi

olmayacak, zaten burada ölmüş olacak. Bunlar ölmeden bence hiçbir tespit yapamayız. Direnç kuvvetinin nerede, ne olduğunu bilmediğimiz için ölmelerini bekleriz, ölçümümüzü öylece yaparız.”

Burada, A_1 akışkanlar arasındaki benzerlikten yola çıkarak “su içerisindeki taş” örneğini “hava içerisindeki sinek” örneğine aktarmıştır. B_1 ise daha farklı bir yaklaşımla ağırlığı ölçebilmek için sineklerin ölmeleri gerektiğini öne sürmüştür. Ulaştıkları sonucun doğruluğuna bakmaksızın A_1 Yapıcı, B_1 ise mantığına uymayan böyle bir ölçümü reddettiğinden Yıkıcı yapıda düşünce deneyleri sergilemişlerdir. Ancak A_1 ve B_1 ’in öne sürdükleri fikirler, onları doğru cevaba yönlendirmemiştir.

Diğer yandan aynı gruptaki C_1 ve D_1 daha farklı düşüncelerle öne çıkmışlardır:

Alıntı 14 (3.Soru: 15-30.satırlar)

“D₁: Sinek bence yerdeyken ve havada sabit bir şekilde dururken (skalada) okunan değer sabittir. Sinek, kanatlarının altındaki havayı yere çarptırarak uçar. Bu havanın verdiği itmeyle yukarıya doğru havalanacaktır. Şişenin tabanına kendi ağırlığı kadar itme uyguluyorsa havada sabit kalabilir. Yerde ise sadece kendi mg’si var. Havada bu mg’yi karşılayacak kadar tabana bir itme veriyorsa, sabit durur. O zaman havada sabitken ve yerde duruyorken toplamda kütle değişmez. Ne zaman değişebilir? (elini yukarıya doğru kaydırarak) Yukarı doğru havalanıyorsa, yani havada sabit durmuyor, yukarı doğru hızlanıyorsa; bu durumda kendi ağırlığından daha fazla bir itmeyi kabın tabanına çarptıracaktır. O zaman kabın tabanına sineğin ağırlığından daha fazla bir itme uygulanacaktır. Böyle olunca da ağırlık biraz öncekine göre toplamdan daha fazla olacaktır. Ama sinek inerken, iniş esnasındayken kendi ağırlığından daha az bir itme uygulayacak o zaman da normalden daha az bir toplam kütle olacaktır.”

Alıntı 15 (3.Soru: 49-56.satırlar)

“C₁: (D₁’e dönerek) Cevap, A₁’in dediği gibi olur gibi geliyor bana... (sinek) Normalde döner, tabana ilk değdiğinde hafif bir ağırlaşma olur... Nasıl ki baskülün üzerine zıpladığında, 70 kiloysan, bir anda 100 gösterir, sonra hemen 70’e gelir ya... Bu sinek de aşağı düştüğü zaman, zaten ölünce de aynı şey olacaktır, bir müddet de olsa bir miktar ağırlaşma olur; ama bu, saniyelik bir değişimdir. Aynı baskül üzerinde

zıplayan kişide olduğu gibi... Sonuç olarak da sistemin toplam ağırlığı değişmedi, deriz.”

C_1 , A_1 'in görüşünü savunduğunu söylese de aslında D_1 ile aynı sonuca ulaşmaktadır. Çünkü A_1 sinek uçarken kavanozun daha hafif, kavanozun dibindeyken ise daha ağır olacağını savunmuştur. C_1 ise ağırlığın değişmeyeceğini, ibrede anlık bir sapma olacağını söylemiştir. D_1 ağırlığın değişmeyeceğini söylerken sineğin havada sabit ve kavanozun tabanında hareketsiz durmasını önkoşul olarak belirtmiş ve C_1 'e şöyle anlatmıştır:

Alıntı 16 (3.Soru: 60-67.satırlar)

“D₁: ...mesela, halının üzerinde duruyorsun. Birden bire hızlandın, halı ters yöne doğru kaymaz mı? ...ya da o halıyı düz bir tahta olarak düşünsek (eliyle masa üzerinde gösteriyor), arkasına da bunu ölçebilecek bir tartı yerleştirsek... Biz hızlanınca (eliyle hızlanma yönünü ve tahtanın hareket yönünü zıt yönlerde gösteriyor) tahta tartıya çarpacak ve o da bir değer gösterecek. Burada da (soruya dönerek) tahta yerine havayı alıyoruz, (ellerini iki yana açıp aşağı itiyor) havayı arkaya gönderiyoruz... Eğer hareket ivmeliyse böyle olur... (havada) duruyorsa, (tabana) konmasıyla eşit olur...”

Alıntı 17 (3.Soru: 84-91.satırlar)

“C₁: Ben sonunda zaten kütlenin korunacağını ve toplam ağırlığın değişmeyeceğini düşünüyorum. Sadece ilk anda bir değişiklik olur diyorum.

D₁: Ben de sadece ivmeli hareket varsa değişir diyorum.

C₁: İşte sen o ivmeyi hareket olarak farklı bir örnekle açıklıyorsun. Ben de o ilk çarptığı andaki kuvvet değişimi olarak açıklıyorum...

D₁: Ben o ilk çarptığı andaki duruma da katılıyorum. (eliyle havaya aşağı yukarı hareket çiziyor) Çünkü çarparken de yere uygulayacağı bir kuvvet var, eylemsizlik var çünkü...”

Görüldüğü gibi, C_1 ve D_1 makul bir ölçüde görüş birliğine varabiliyorlar. Yapıcı özellikler gösteren bu fikirlerin görüşmede ilgili ek soruyla yinelenmesi istendiğinde sadece D_1 yaptığı çizimle (EK-7, [4]) açıklamalarda bulunmuştur. Buna göre su dolu bir kabın dibindeki bir cismin kuvvet diyagramını çizerek, dipteki tepki

kuvvetinin kaldırma kuvveti ve ağırlık arasındaki farktan ortaya çıkacağını söylemiştir. Sineğin yükselmesi sırasında ağırlığı kadar havayı ittiği için havanın kaldırma kuvvetini karşılayacak olan ağırlık etkisinin dibe iletileceğini ifade etmiştir. Yani bilinen “sıvı kaldırma kuvveti” olgusunu, bilinmeyen “sineğin ivmeli hareketi” ile birleştirmiştir. Bu anlamda Yapıcı düşünce deneyinin izlerine rastlamaktayız.

Beşinci sınıf öğrenci diyaloglarına genel olarak baktığımızda sadece D₅’in az katılım gösterdiği gözlenmiş, geriye kalanların diyaloglarında da önemli görülen bazı düşünceler şöyle ifade edilmiştir:

Alıntı 18 (3.Soru: 1-11.satırlar)

B₅: *Ben kavanozun içinde hava var diye düşündüm, çünkü uçuşması için buna ihtiyacı var. Normalde sinekler uçarken ağırlıkları yokmuş gibi düşünülüyor. Ama uçuşması için ağırlığı kadar havayı arkasında bıraksın ki, yani ağırlığı kadar bir kuvvet uygulaması lazım ki uçabilsin, yani havada dengede kalabilsin.*

D₅: *Şimdi buna (sineğe) etki eden net kuvvet sıfır gibi diyorsun. Buna etki eden ağırlık aşağı doğru, kaldırma kuvveti yukarı doğru diyoruz. Bu kaldırma kuvvetinin tepkisi de kaldırma kuvvetinin farkının yerine geçsin ki dolayısıyla sineğin ağırlığı da dibe iletilsin.*

C₅: *Bu şuna benziyor: Su dolu bir kaba portakal attığımızda kap ne kadar ağırlaşır? Kaldırma kuvveti kadar... O sırada bir de sineğin havasız ortamda uçabileceğini düşündüm. O zaman ağırlıkta bir değişme olmaz dedim...”*

Öğrencilerin kısa ve net cevaplar vermeye çalıştıkları gözlenmiş, ancak C₅ A₅’in sorusuna öncekinden daha farklı cevap vermiştir:

Alıntı 19 (3.Soru: 13-35.satırlar)

A₅: *... sinek yukarı doğru hareketinde aslında denge durumu değil de... (biraz düşünüyor) yukarı çıkarken aşağıya daha fazla havayı itiyor. Aslında ağırlığından daha fazla havanın yere ulaşması gerekmez mi?*

C₅: *Evet, o değişir. Ama orada da artar ya da azalır diyemeyiz. Sineğin her kanat çırpışında hava şöyle gidip gelecek (elini yukarı aşağı açıp kapatarak hareket ettiriyor). Yani kanadını aşağı doğru vururken hava aşağı doğru gidecek ve ivmeye bir*

+a eklenecek, ama yukarı doğru kaldırdığında bu defa hava yukarı doğru hareket edecek. Dolayısıyla ibre tık tık tık (parmağıyla sağa sola titreşim gösteriyor) değişecek...

B₅: ...Sinek kendi de bir kuvvet uyguluyor. Normalde havanın uyguladığı kaldırma kuvveti yetmiyor, bir de kendi kanat çırparak ek bir kuvvet oluşturuyor. Ama tabi onu ihmal ederiz herhalde, etkisi yoktur deriz.

C₅: ...biz zaten hava ortamı içinde bulunduğumuzdan, bizim nasıl ki ağırlığımız havanın kaldırma kuvvetinden çıkartılmış haliyle ölçülüyorsa sinek için de aynı şey geçerli. Aynı şekilde kavanoz da havanın içerisinde... Onun ağırlığını da kaldırma kuvvetinden çıkarılmış olarak ölçüyorsun. Bu referans sistemi içerisindeki bütün cisimler için bu geçerli..."

C₅ ilk düşüncesinde ağırlıkta değişme olmayacağını söylerken A₅ ile olan konuşmasında bu görüşünden sapmıştır. B₅'e verdiği cevapta ise yıkıcı ve yapıcı yapıların bir arada bulunduğu Platonik düşünce deneyi özelliklerini görüyoruz. Çünkü B₅'in görüşünü daha sağlam bir gerekçeye dayanan görüşüyle yıkmıştır. Gözlemde yetersiz kalan veriler görüşmede "akvaryum içindeki balık" sorusuyla desteklenmiş ve C₅'in öne sürdüğü şu düşünce dikkat çekmiştir:

"C₅:... bu aslında şuna benziyor: içinde sıvı ve gaz bulunan şu kabı (EK-7, [5]) ters çevirdiğimizde sıvının hacmi değişmeyecek, gazın da hacmi değişmeyecek, dolayısıyla gazın basıncı değişmeyecek... Basıncı bir kenara bırakalım, kabın tabanına etki eden toplam basınç kuvvetinin değişmemesi demek, kabın ağırlığının iki durumda da değişmemesi demektir. O zaman burada da aynı mantıkla toplam kütle değişmediğine göre ibrenin gösterdiği değer de değişmemesi lazım..."

Konuşmanın devamına D₅ de katılarak şu diyalog gerçekleşiyor:

"D₅: ...kabın dibine iletilen basınç değişiyorsa basınç kuvveti de değişir. Dolayısıyla ağırlık da değişir."

Basınç kuvvetinden yola çıkarak ağırlığın değişmeyeceğine karar verdikten sonra balığın yüzeye çıkarken ve dibe inerken kabın ağırlığında değişme olup olmayacağı konusunda ise şunlar söylenmiştir:

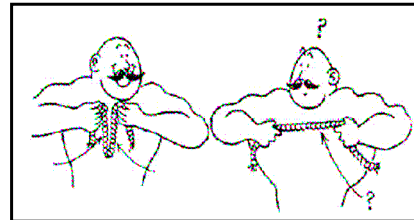
“B₅: ...sıvıda dengede kalan cisim alt ve üst yüzeylerine etki eden basınç kuvveti farkından ötürü dengede kalır dedik. Balığa etki eden basınç kuvveti farkıysa da balık dengede kalıyor ve hareket halindeyken de dipteyken de her şekilde bu basınç kuvveti farkı dibe iletiliyor olmalı...”

D₅: ... biz balığı nereye koyarsak koyalım kendi hacmi kadar hacimde suyun yerini değiştirecektir. Yani kaldırma kuvveti kadar su yer değiştirecektir. Bu da balığın ağırlığına eşit olacaktır. Dolayısıyla balığın ağırlığı sıvının hareketiyle kabın tabanına iletilmiş olacak ve ibre sapmayacaktır...”

Beşinci sınıf öğrencileri, balığın sudaki hareketini sineklerin kavanozdaki hareketine aktarmada birinci sınıf öğrencilerine göre daha başarılı olmuşlardır. Önce kabın ağırlığının değişmemesi gerektiğini bulmuşlar ve buradan hareketle soruya “basınç kuvveti farkı” gibi farklı bir kavramla yaklaşmışlardır. Ulaşılan sonuç açısından birinci sınıf öğrencileriyle bir farklılık göstermemelerine rağmen kullanılan araç, yani “önceden bilinenden hareket” ile kullanılan düşünce deneyi açısından farklılık göstermişlerdir.

3.2.4. Dördüncü Soruya Verilen Cevaplara Göre Grupların Karşılaştırılması

Güçlü bir adam, halatı ilk resimdeki gibi tutunca halatın her iki ucundaki gerilme, halat ağırlığının yarısı olacak şekilde birbirine eşittir. Yani halatın ağırlığı 10 N ise her bir uçtaki gerilme 5 N’ dur. Adam, halatı yatay pozisyonda gösterildiği gibi germek isterse ip gerilmesi ne olacaktır?



- (a) Sıfır
- (b) Yaklaşık 5 N
- (c) 10 N
- (d) 20 N
- (e) Bir milyon N’den fazla

Testteki dördüncü soruya (EK-3) verilen cevaplara göre birinci sınıf ve beşinci sınıf öğrencilerinin gözlem sonuçları Tablo. 3.2.7’de ve Tablo. 3.2.8’de belirtilmiştir.

Tablo. 3.2.7. Dördüncü Soru için Birinci Sınıf Gözlem Formu

<i>Özellikler</i>	<i>Öğrenciler</i>	<i>A₁</i>	<i>B₁</i>	<i>C₁</i>	<i>D₁</i>	<i>E₁</i>
Bir hipotez kurma veya soru sorma		*	*		*	*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma		*	*	*	*	*
Bir düşünce deneyi tasarlama		*	*	*	*	*
Düşünce deneyini yürütme		*	*	*	*	*
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma		*		*	*	
Sonuçla ilgili bir karara varma		*	*	*	*	*

Tablo. 3.2.8. Dördüncü Soru için Beşinci Sınıf Gözlem Formu

<i>Özellikler</i>	<i>Öğrenciler</i>	<i>A₅</i>	<i>B₅</i>	<i>C₅</i>	<i>D₅</i>
Bir hipotez kurma veya soru sorma		*	*		*
Nesnelerden veya nesne olarak alınan durumlardan oluşan hayali bir dünya yaratma		*	*		*
Bir düşünce deneyi tasarlama		*	*		*
Düşünce deneyini yürütme		*	*		*
Mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarma			*		*
Sonuçla ilgili bir karara varma		*	*		*

Birinci sınıf öğrencilerinin gözlem kayıtları genel olarak incelendiğinde şu diyaloglar dikkat çekmiştir:

Alıntı 20 (4.Soru: 6-13.satırlar)

“*E₁*: ...ben bunu aynen makara gibi düşündüm ve her ipten (EK-7, [6]) 5 N aşağıya sarkıyor, toplam 10 N olarak düşündüm. Ve bunları ben aynen bu şekilde açtığımda

(ellerini iki tarafa açıp bir ip tutuyormuş ve ipi geriyormuş gibi gösteriyor) gerilmeler birbirine ters olacağından, yani iyice çektiğinden, sağ taraftaki gerilme sol taraftakine zıt yönde olacağından sağdaki 5 N soldaki 5 N birbirini götürür. Böylece ipteki gerilme sıfır olur diye düşündüm.

C₁: Gerilmeler birbirini nasıl götürüyor? İpteki gerilme sıfır olsa o zaman yere düşmesi gerekmez mi?”

Alıntı 21 (4.Soru: 26.satır)

“D₁: (bir hareketli makarayı iplerinden tutar gibi elleriyle gösteriyor) Toplam kuvvet sıfırdır. Ama ip gerilmesi o demek değil ki?”

Tartışma ilk olarak gerilmenin mi yoksa net kuvvetin mi sıfır olacağı konusunda başlamış ve E₁'in görüşleri B₁ tarafından desteklenmiştir:

Alıntı 22 (4.Soru: 19-34.satırlar)

“B₁: ...adam bu ipi tuttuğunda ağırlık 10 N değil mi? (sol ve sağ tarafta tutulan yerleri gösteriyor) O zaman şurası 5 N, şurası da 5 N... (EK-7, [6]) İki uçtan tutup çektiğim zaman 5 sol tarafta 5 sağ tarafta kaldı ...biz dinamikte işlem yaparken (kağıt üzerine sabit bir makara çizerek, sarkan iplerdeki gerilmeyi gösteriyor) şurasını 5 N ve burasını da 5 N aldığımız zaman, (ve makaranın bağlı olduğu ipi gösteriyor) şurasını 10 N aldık. Burada da aynı şekilde düşündüğümüz zaman (şekildeki adamın her bir eline bir yuvarlak çiziyor) farzet ki şurada bir makara ve şurada da bir makara var. Şimdi buradaki T'yi m.a'ya eşitlemek için 5-5=m.a derim. O da sıfırdır...”

B₁ ve E₁ dinamik kanunlarını kullanarak dengedeki bir sistemin ip gerilmesinin sıfır olduğunu savunurken bu düşünceye A₁ ve D₁ karşı çıkmışlardır:

Alıntı 23 (4.Soru: 58-62.satırlar)

“A₁: (ellerini iki yana açıp ipi tutuyormuş gibi yapıyor) Şimdi burada ipi böyle çekiyor ya?... (sol elini yumruk yapıp gösteriyor) O zaman ben bu elimi duvar görevi yapıyormuş gibi düşündüm. (diğer eliyle ipi duvara karşı çekiyormuş gibi yaparak) diğer elim böyle çektiği için bence... ipteki gerilme yaklaşık 5 N olur diyorum...”

Alıntı 24 (4.Soru: 48-52.satırlar)

“D₁: ...(sorudaki ilk şekli göstererek) gerilme aşağıya doğru, düşey konumunda... Bu adam böyle ipi gerdiği zaman (kendisi de yatayda ip geriyormuş gibi yapıyor) düşey konumu ortadan kaldırmış oluyor. Yatayda geriyor. Düşeydeki gerilme sıfır. Ama adam kendi kuvvetiyle onu yataya dönüştürdü....”

Alıntı 25 (4.Soru: 105-109.satırlar)

“D₁: ...(yatay ve iki elin uyguladığı toplam kuvvetin yarısı ipteki gerilmeye eşittir. Ben yaklaşık 5 N olur demedim. Kuvveti tayin edemeyiz dedim. Adamın iki eliyle uyguladığı toplam kuvvetin yarısıdır, dedim.”

B₁ ve E₁ mantık kuralları dahilinde olmasa da bir sonuca ulaşmışlar ama A₁ ve D₁ mantıklı bir sonuca ulaşabilmişlerdir. Bu anlamda her iki türdeki yapı da yapıcı düşünce deneyini destekler niteliktedir. A₁'in B₁'e karşı savunmuş olduğu görüş öne çıkmaktadır:

Alıntı 26 (4.Soru: 69-74.satırlar)

“A₁: O zaman dinamometreyi düşünün (masanın üzerine kalemini koyarak bunun üzerinde anlatıyor). Dinamometreyi koyduk, (kalemin her iki ucunu zıt yönlere çekerek) buradan ve buradan 10 N'luk kuvvetlerle çekiyoruz. Dinamometrede kaç okuruz? 10 N. Bu da aynı şekilde, adam da ipi her iki yana 5 N'luk kuvvetle çekiyor. İpin bir ucunu duvardaymış gibi kabul edin... İpteki gerilme 5 N olur.”

Alıntı 27 (4.Soru: 123-125.satırlar)

“A₁: Sen şimdi mesela ipi böyle (iki eliyle havada yatayda bir ipin iki ucundan tutup çeker gibi davranıyor) her iki ucuna T kuvveti uygulayarak çektin. İpteki gerilme 2T mi diyeceksin? Hayır, yine T diyeceksin...”

A₁ kendi görüşünü desteklemek için “dinamometre” benzetmesinden yola çıkmış ve B₁'e karşı bu düşünceyi savunmuştur. Görüşmelerin desteğine başvurduğumuzda A₁, B₁ ve E₁ (EK-7, [7]) kendi düşüncelerini savunmaya devam etmişler; A₁ başka hiçbir değişiklik yapmadan sadece “ipi yataya getirmek için

gerekli en küçük kuvvet 5'er N dersem ip gerilmesi 5 N olur..." ifadesini kullanmıştır. Bu şekilde D₁ ile görüş birliğine varmışlardır.

5.sınıf öğrencilerin diyalogları incelendiğinde başlangıçta ipin doğrusal olup olmadığıyla ilgili konuşmalarda D₅'in görüşleri ön plana çıkmaktadır:

Alıntı 28 (4.Soru: 20-31.satırlar)

"D₅: Bu şuna benziyor, (bir ipin ucuna bağlanmış bir cisme düşeyde konik hareket yaptırdığını eliyle gösteriyor) düzgün dairesel hareket yaptırdığımız cismin ipini hiçbir zaman tam yatay yapamıyoruz. O ipte hiçbir zaman eğim sıfır olmuyor. Şöyle düşün, elinde bir lastik veya bir ip olduğu zaman yatayda tutup gerdirdiğinde herhangi bir bükülme, bir bombe oluyor mu? Tamamen doğrusal oluyor. Bence ya elimizle uyguladığımız kuvvet yukarı doğru dengede tutuyor ya da o kadar çok geriye ki (ipte) atomlar arasındaki ayrılma o kadar çok oluyor ki ağırlığın etkisini ortadan kaldırıyor. Çünkü A₅'in dediği gibi, bu adam her durumda sağa sola çekerse bu ip şu şekilde (EK-7, [8]) olacaktır anlamı çıkıyor. Ama biz bunu denersek, bir ip alıp gerdiğimiz zaman kesinlikle doğrusallığı sağlarsınız, yani böyle (çizdiği şekildeki bükümü gösteriyor) olmaz..."

B₅ ve D₅ arasındaki diyalogların bu kısmı incelendiğinde B₅'in "avuç içinin konumuna göre yatay konuma getirebilme" şartına karşılık D₅ bu doğrusallığın sağlanabileceğini savunmuştur. Diyalogların ilerleyen kısımlarında ise net kuvvet ve ip gerilmesiyle ilgili bütünleştirip sunduğum şu tartışmalar göze çarpmaktadır:

Alıntı 29 (4.Soru: 10-16.satırlar)

"A₅: ...Birinci durumda ipin ağırlığı aşağı doğru... Adam bunu dengelemek için, yani ipi tutmak için her bir uca 5'er N uyguluyor. Şimdi ipi tamamen yatay pozisyona getirdiği zaman (ellerini iki yana açarak ipi geriye çekmiş gibi yapıyor), kuvvetleri sağa ve sola doğru uyguluyor. İpin ağırlığı aşağıya doğru, bunu dengelemek için yukarıya doğru mutlaka bir kuvvet uygulaması lazım... ama mutlaka! Yoksa ip dengede durmaz. Adam ipi gerdirdiği zaman düşeyde kuvvet yok demektir. Ama kuvveti görünürde iki yana uyguluyor. O zaman düşeyi ne dengeliyor?"

Alıntı 30 (4.Soru: 48-59.satırlar)

***B₅**: Benim bu bahsettiğim sadece düşey için... Her bir uçta 5'er N kuvvet olacak, o değişmiyor. Ama yataydaki net kuvvet durumu ayrı...*

***D₅**: Sadece yatay konuma getirmek için uygulanması gereken minimum kuvvet soruluyorsa başka bir şey söyleriz. Ama ipi yatay konuma getirdikten sonra da çekmeye ve ipi farklı bir değerde germeye devam edebilirim. O yüzden bu sorunun cevabına (e) dedim....*

***B₅**...(kalemi eline alıp ipmiş gibi anlatıyor) Ben şimdi bunu bir ucundan tutunca dengede durmuyor. Bakın, dengede kalmıyor, net bir moment ortaya çıkıyor. Eğer bize ipte yataydaki kuvveti soruyorsa... yatayda net kuvvet sıfırdır.*

***A₅**: Gerilme sıfır bence...*

***D₅**: Adamın sağa ve sola doğru uyguladığı kuvvetlerin toplamı sıfırdır bence... ”*

Gözlemden elde edilen diyalogların devamında B₅ son olarak, D₅'in düşüncesinde karar kılarak “ip gerilmesinin adamın uygulayacağı kuvvete bağlı olacağını” savunmuştur. A₅ ise fizik kuralları içinde olmamasına rağmen bir sonuca ulaşmıştır.

Yapılan görüşmeler neticesinde A₅ ip gerilmesinin sıfır olacağına kararlı davranmıştır. C₅ ise dinamometreyle ilgili ek soruyu şekil üzerinde göstererek iki taraftan F kuvveti uygulandığında dinamometrede F değerinin gözleneceğini ve uygulanan toplam kuvvetin dinamometre denge durumunda olduğu için sıfır olacağını belirtmiştir (EK-7, [8]).

Bu soruda, birinci sınıf öğrencileri beşinci sınıf öğrencilerine göre daha yoğun bir cevaplama çabası içerisindeyler. Bir düşünce deneyi tasarlama açısından önemli bir fark görülmemekle birlikte beşinci sınıf öğrencilerinin önemli noktalar üzerinde daha çok yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Beşinci sınıf öğrencileri; birinci sınıf öğrencilerin net kuvvet, ip gerilmesi tartışmalarına ek olarak ağırlığı dengeleyecek olan düşeydeki kuvvetin ne olduğu problemine de değinmişlerdir.

BÖLÜM IV

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırmanın sonuçları ilk olarak her iki düzeydeki öğrencilerin sorulara yaklaşımları açısından farklılık göstermektedir. İkinci olarak öğrencilerin hayal dünyalarındaki zenginlik, yaratıcılık, ilişki kurabilme, kavram yanılgılarını belirleyebilme ve sonuca ulaşabilme gibi özelliklerinden yola çıkarak tasarladıkları düşünce deneylerinde ve benzetmelerde her iki düzeydeki öğrencilerde farklılıklar gözlenmiştir. Bu bölümde ikinci aşama sonuçları ve literatür karşılaştırılarak öğrencilerin kullandıkları düşünce deneylerinin yapısı ve düşünce deneylerinin fizik eğitimindeki yeri tartışılacaktır.

4.1. Soru Çözümlerindeki Yaklaşımlar Açısından Sonuçlar

Birinci sınıf öğrencilerinin beşinci sınıf öğrencilerine göre bir düşünce deneyi veya bir benzetme tasarlamaya başlamadan önce soruları anlamlandırma konusunda daha yoğun bir çaba içerisinde oldukları gözlenmiştir. Brown, (1998; akt. Taşpınar, 2005) probleme dayalı öğrenmede problem çözmenin bireylere kazandıracığı nitelikleri belirtirken problemin esası ile ilgili değerlendirmelerin düşünme için bir yapı oluşturacağını söylemiştir. Bu değerlendirmeler, hem problem içinde yer alan kavramlara hem de problem çözme sürecinde ortaya çıkan karmaşık durumları anlamaya ve böylece düşünceleri kıyaslama standartlarını oluşturmaya odaklanır. Bu yüzden birinci sınıf öğrencileri bu sorularda hareket yasalarıyla ilgili eğitimlerini henüz tamamlamış oldukları için daha çok kavramlar üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bunun nedeni olarak da giriş düzeydeki öğrencilerin çok durumlu bu soru yapılarıyla yeni karşılaşmış oldukları gösterilebilir.

Diğer yandan yapılan gözlemlerde soru içerisinde geçen kavramları ve hareketlerin başlangıçtaki durumunu anlamlandırma süreci, beşinci sınıf öğrencilerinde çok daha kısa sürmüştür. Öğrenciler ya kısa ve net cevaplar vermişler ya da karasız kaldıkları durumlarda diğerlerinin görüşlerini sorular yönlendirerek

anlamaya çalışmışlardır. Bu nedenle beşinci sınıf öğrencileriyle yapılan görüşmeler, belirli yapıları ortaya koymak adına daha uzun sürmüştür. Verilen kısa ve net cevapların nedeni olarak, öğrencilerin daha önce karşılaştıkları bu tür problemlerle ilişkileri daha kolay kurabildikleri gösterilebilir.

Bu açıdan bakıldığında bu tür bir uygulamanın kullanımının, kavram geliştirme ve öğrenmedeki etkililiği artırma gibi özellikler bakımından birinci sınıf öğrencilerinde daha sık başvurulabilecek bir yöntem olabileceğini söyleyebiliriz.

4.2. Düşünce Deneyi Özellikleri ve Yapıları Açısından Sonuçlar

Tasarlanan düşünce deneylerinde yaratılan hayali ortamların zenginliği birinci sınıf öğrencilerinde beşinci sınıf öğrencilerine göre olumlu yönde bir farklılık göstermiştir. Ancak sorulara çok daha farklı konulardan ve farklı durumlardan yaklaşabilme açısından beşinci sınıf öğrencileri daha fazla çeşitlilik göstermişlerdir. Sözelimi, her iki grubun diyalogları incelendiği zaman “kavanozdaki sinekler”in hareketiyle ilgili tasarlanan düşünce deneylerinde birinci sınıf öğrencileri hareket konularının dışına çıkmazken beşinci sınıf öğrencileri bu konuya ek olarak basınç, akışkan özellikleri ve hatta “sudaki balıkların nasıl yüzeye çıkıp dibe indikleri” konularına da değinerek farklı yaklaşımlar sergilemişlerdir. Bu anlamda beşinci sınıf öğrencileri birinci sınıf öğrencilerine göre farklı çeşitlilikte konuyla çok daha kesin hatlarla belirlenmiş ve kısa süren düşünce deneyleri tasarlamışlardır.

Diğer önemli bir sonuç da düşünce deneylerinin göstermiş olduğu yapılarla ilgilidir. Her iki grupta da düşünce deneyleri yapıcı ve yıkıcı özellikler taşımaktadırlar. Bilimsel deneyler gibi düşünce deneyleri de yanlış gidebilir ve eleştirilebilir (Schick, 2003). Yeterince ayrıntılı açıklanmazlarsa veya mantıksız varsayımlara dayanırlarsa önemleri kuşkulu olur. Ama bir düşünce deneyinin tartışmalı olduğuna inanılırsa sonuçların alternatif bir açıklamasını bulmak için kanıt sorumluluğu deneyi tasarlayan kişi üzerindedir. Buna göre birinci sınıf öğrencileri çok daha tartışmalı sonuçlara ulaşmış, birbirlerine sundukları çözümlerde karşılıklı güvensizliğin baş gösterdiği çok sayıda durum ortaya çıkmıştır. Böyle olunca da

sonunda yeni bir çözüm ortaya koymayan, ancak belirli mantıklar dahilinde karşı görüşü ortadan kaldırmaya çalışan “Yıkıcı Düşünce Deneyi” yapısı göze çarpmaktadır. Bunun yanında birinci sınıf öğrencileri bilinenlerden sıkça yararlanıp bildikleri bir yapıyı (ikinci soruda kullanılan serbest düşme yasası gibi) doğrulamaya ve farklı gruplaşmalarla birbirlerini desteklemeye çalıştıkları için “Yapıcı Düşünce Deneyi” yapısı da sıkça gözlemlenmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinde ise kesin hatlara belirlenmiş “Yıkıcı Düşünce Deneyi” yapısı ortaya çıkmıştır. Ancak beşinci sınıf öğrencileri özellikle ikinci soruda açık bir şekilde gözlemlenebilen “Platonik Düşünce Deneyi” özelliklerine daha uygun düşünce deneyleri tasarlamışlardır. Yani içeriğinde hata olduğunu düşündükleri hayali durumları daha sağlam olarak geliştirdikleri yeni senaryolarla yıkıp kendi görüşlerinin yıkılmazlığını ortaya koymuşlardır.

Bu sonuçtan yola çıkılarak öğrencilerin tasarladıkları düşünce deneylerinde gözlemlenen yapıların fizik eğitimindeki önemi tartışılmıştır. Kavramsal gelişimi desteklemekte düşünce deneylerinin çok kullanılması, yararlı olduklarını göstermektedir (Reiner, 1998). Düşünce deneylerinin çeşitli türleri mevcut bir teoriyi desteklemekte, eleştirmekte veya yeni bir teori oluşturmakta kullanılabilir. Düşünce deneylerinin oluşturulması ve kullanılmasının öğrencilerin problemleri çözmesine yardım ettiği görülmüştür, bu sayede öğrenciler ilgili süreçte diğer öğrencilerle işbirliği yapma ve birbirlerinin sonuçları üzerinde konuşma fırsatı bulurlar. Yani, bu açılardan aslında bir bilim insanı gibi davranırlar.

Bir bilimsel eğitimde, mevcut bir kavram konusunda yetersiz kalmış bir öğrenciye farklı bir kavram sunulduğunda ya eski kavramla yeni kavram arasında bir bütünlük kurulur ya da yeni kavram eskinin yerini alır. Platonik düşünce deneyleri yıkıcı ve yapıcı deney türlerinin rollerini bir araya getirir ve özellikle sınıf ortamında rahatlıkla kullanılabilir (Gilbert ve Reiner, 2000). Öğrenci gerçek bir dünya modeli yaratmalı ve onu mevcut kavramları kullanarak çeşitli nesnelerle zenginleştirmelidir. Öğretmen ise deneyi tasarlar. Genelde olayların tahmin edilmesini gerektiren bir soru sorulur. Böylece deney fiziksel olarak işleme başlar. Öğrenci sonuca ulaşmak için mantığını kullanır.

4.3. Öneriler

4.3.1. Öğretmenler İçin Öneriler

Düşünce deneyleri fizik eğitiminin doğasına uygun olmasından ötürü öğrencilerin kavramsal gelişimini destekler nitelikte bir yöntemdir. Özellikle birinci sınıf öğrencilerinin göstermiş oldukları düşünce deneyi yapılarından yola çıkarak giriş düzeydeki eğitimi klasik düşünce deneyleriyle desteklemek, öğrencinin aktif rolünü ve işbirlikçi öğrenmeyi sağlayacağı için büyük önem taşımaktadır.

Araştırmaya katılan öğrencilerin oturumlar sonucunda “düşünce deneyi çalışmalarını ilgi çekici buldukları” doğrultusundaki görüşleri de eğitimde düşünce deneylerinin kullanımının önemine ışık tutmaktadır. Bu sayede öğrenciler ilgi çekici buldukları bu yöntemle gönüllü katılım göstererek öğrenmelerini aktif ve kalıcı hale getirebilirler.

4.3.2. Sonraki Çalışmalar İçin Öneriler

Bu araştırmada birinci sınıf öğrencileri daha yoğun bir anlamlandırma ve çözüm arayışına girdiklerinden benzeri bir çalışma daha geniş katılımcı grubuyla fizik öğretmenliği birinci sınıf öğrencileri için tekrarlanabilir ve geliştirilebilir.

Bu araştırma hareket yasaları üzerine tasarlanmıştır. Fizikteki farklı konular üzerine tasarlanmış benzer bir çalışmada düşünce deneyleri ve öğrencilerin ortaya koymuş oldukları düşünce deneyi yapıları incelenebilir.

Fizikte tasarlanan düşünce deneyleri sadece içerdiği fiziksel kavramlar, fiziksel işleyişler ve doğru sonuca ulaşma ile ilgili değildir. Öğrencilerin belirledikleri düşünce deneylerinde ortaya çıkan görüşler, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarını da ortaya çıkarmaktadır. Bu araştırmada öğrencilerin beden dili, mimikleri, çizim üzerindeki gösterimleri ve karşı görüşlere göstermiş oldukları tavırlar; sözle veya yazıyla bildiremedikleri doğru veya yanlış gizil bilgilerin

anlaşılmasında oldukça önemli bulunmuştur. Bu nedenle gözlem verileri, yapılan görüşmelerle desteklenmeye çalışılmıştır. Bu açıdan bakıldığında benzer bir araştırma, Fizik Eğitimi-Psikoloji ortak çalışmasıyla tekrarlanabilir ve fiziksel kavramlarla ilgili öğrenci algısı üzerine daha detaylı bilgilere ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

BAKİ, A., Karataş, İ. ve Güven, B. (2002). Klinik Mülakat Yöntemi ile Problem Çözme Becerilerinin Değerlendirilmesi. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 16 – 18 Eylül. ODTÜ, Ankara.

BAŞ, T. ve Akturan, U. (2008). Nitel Araştırma Yöntemleri - NVivo 7.0 ile Nitel Veri Analizi. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

BIXBY, W. (2002). Galileo ve Newton'un Evreni. İngilizceden Çeviren: Nermin Arık. Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

BİNBAŞIOĞLU, C. (1987). Problem Çözme Yöntemi. Özel Öğretim Yöntemleri (5. Baskı). Ankara: Binbaşioğlu Yayınevi.

BROWN, J. R. (1991). The Laboratory of the Mind. Thought Experiments in the Natural Sciences. London: Routledge.

BROWN, J. R. (1991). Thought Experiments: A Platonic Account. Thought Experiments in Science and Philosophy. Maryland: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.

CLEMENT, J. (1978). The Role of Analogy in Scientific Thinking: Examples from a Problem-Solving Interview. Revised. National Science Foundation, Washington.

http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1c/09/7c.pdf adresinden 11 Şubat 2008 tarihinde alınmıştır.

COOPER, R. (2005). Thought Experiments. Metaphilosophy, 36(3), 328-347.

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=2&hid=14&sid=28fec57f-d59d-4ec9-ae6f-db8da3a2f3e0%40sessionmgr8> adresinden 19 Ekim 2007 tarihinde alınmıştır.

ÇALIŞKAN, S., Selçuk, G. ve Erol, M. (2006). Fizik Öğretmen Adaylarının Problem Çözme Davranışlarının Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 30, 73-81.

ÇEPNİ, S., Ayas A., Johnson D. and Turgut F. M. (1997). Problem Çözme. YÖK/ Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi. Bilkent, Ankara.

ERLANDSON, D. A. (1993). Doing Naturalistic Inquiry : A Guide to Methods. London: Sage Publications.

GENDLER, T. (1998). Galileo and the Indispensability of Scientific Thought Experiment. British Journal for the Philosophy of Science, 49, 397-424. <http://web.ebscohost.com/ehost/external?vid=76&hid=105&sid=3a78fd62-a18e-47bb-8a40-1c397049dd06%40sessionmgr2> adresinden 11 Şubat 2008 tarihinde alınmıştır.

GEORGIU, A. (2005). Thought Experiments in Physics Problem-Solving: On Intuition and Imagistic Simulation. MS Thesis, University of Cambridge. <http://web.ebscohost.com/ehost/detail?vid=10&hid=16&sid=5b3726b4-ad7f-4cef-ad3e-2c2f90bccd9e%40sessionmgr7> adresinden 7 Mayıs 2007 tarihinde alınmıştır.

GILBERT, J., Boulter, C. and Rutherford, M. (1998). Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses. International Journal of Science Education, 20, 83-97. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ605634&site=ehost-live> adresinden 11 Şubat 2008 tarihinde alınmıştır.

GILBERT, J. and Reiner, M. (2000). Thought Experiments in Science Education: Potential and Current Realization. International Journal of Science Education, 22(3), 265-283. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ605634&site=ehost-live> adresinden 11 Şubat 2008 tarihinde alınmıştır.

GOODING, D. (1990). Experiment and the Making of Meaning. Dordrecht: Kluwer.

IRVINE, A. D. (1991). On the Nature of Thought Experiments in Scientific Reasoning. Thought Experiments in Science and Philosophy. T. Horowitz and G. J. Massey (Editors), 149-165. Maryland: Rowman & Littlefield Publishers.

KAPTAN, S. (1998). Bilimsel Araştırma ve İstatistik Teknikleri. (11. Baskı). Ankara: Tekışık Web Ofset Tesisleri.

KORAY, Ö.C. (2003). Fen Eğitiminde Yaratıcı Düşünmeye Dayalı Öğrenmenin Öğrenme Ürünlerine Etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Öğretmenliği Bilim Dalı.

LINCOLN, Y. S. and Guba, E. G. (1985). Naturalistic Inquiry. Beverly Hills, California: Sage Publications.

MACH, E. (1905/1976). On Thought Experiment. In Knowledges and Error. Translation: T. J. McCormack & P. Foulkes, (p. 134-147). Dordrecht: D. Reidel.

OKTAYLAR, H.C. (2005). Eğitim Bilimleri, KPSS Hazırlık Kitabı. Ankara: Yargı Yayınevi.

REINER, M. (1998) Thought Experiments and Collaborative Learning in Physics. International Journal of Science Education, 20(9), 1043-1058.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ578439&site=ehost-live> adresinden 19 Ekim 2007 tarihinde alınmıştır.

REINER, M. (2000). Epistemological Resources for Thought Experimentation in Science Learning. International Journal of Science Education, 22(5), 489-506.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ608703&site=ehost-live> adresinden 11 Şubat 2008 tarihinde alınmıştır.

SCHCIK T. Jr. and Vaughn L. (2003). Doing Philosophy: An Introduction through Thought Experiments (second edition). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.

SORENSEN, R. (1992). Thought Experiments. New York: Oxford University Press.

STRAUSS, A. L. and Corbin, J. (1990). Basics of Qualitative Research : Grounded Theory Procedures and Techniques. Newbury Park, California: Sage Publications.

TAN, Ş., Kayabaşı, Y. ve Erdoğan, A. (2002). Öğretimi Planlama ve Değerlendirme. Ankara: Anı Yayıncılık.

TAŞPINAR, M. (2005). Kuramdan Uygulamaya Öğretim Yöntemleri.(2. Baskı). Ankara: Nobel Basımevi.

TEKİN, H. (1993). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. Ankara: Yargı Yayınları.

YAMAN, S. (2003). Fen Bilgisi Eğitiminde Probleme Dayalı Öğrenmenin Öğrenme Ürünlerine Etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Öğretmenliği Bilim Dalı.

YAMAN, S. (2005). Fen Bilgisi Öğretiminde Probleme Dayalı Öğrenmenin Mantıksal Düşünme Becerisinin Gelişimine Etkisi. Türk Fen Eğitimi Dergisi, 2(1), 56-70.

YAMAN, S. ve Yalçın, N. (2005). Fen Bilgisi Öğretiminde Probleme Dayalı Öğrenme Yaklaşımının Yaratıcı Düşünme Becerisine Etkisi. İlköğretim Online E-Dergi, 4(1), 42-52. <http://ilkogretim-online.org.tr/vol4say1.html> adresinden 8 Şubat 2008 tarihinde alınmıştır.

YILDIRIM, A. ve Şimşek, H. (2005). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

WATTS, M. (1991). *The Science of Problem Solving, A Practical Guide for Science Teachers*. London: Cassell Education.

WILKES, K. (1993). *Real People: Personal Identity Without Thought Experiments*. Oxford: Clarendon Press.

EKLER

EK-1: KLASİK DÜŞÜNCE DENEYLERİ

EK-2: 1.AŞAMA DÜŞÜNCE DENEYLERİ İLE İLGİLİ ANKET FORMU

EK-3: 2.AŞAMA GÖZLEM İÇİN TASARLANMIŞ SORULAR

EK-4: 2.AŞAMA GÖRÜŞME EK SORULARI

EK-5: 1.SINIF GÖZLEM KAYITLARINDAKİ DİYALOG METNİ

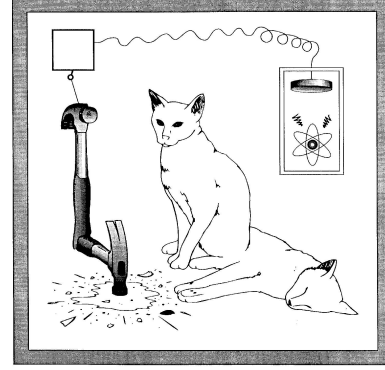
EK-6: 5.SINIF GÖZLEM KAYITLARINDAKİ DİYALOG METNİ

EK-7: GÖZLEM VE GÖRÜŞMELERDEKİ ÖĞRENCİ ÇİZİMLERİ

EK-1: KLASİK DÜŞÜNCE DENEYLERİ

[a] Schrodinger'in Kedisi

Kuantum mekaniğinde, fiziksel sistem Hilbert'in sisteminde bir dalga fonksiyonuyla gösterilir. Yapılan ölçümün sonuçları öz durumlarla ilgili özdeğerlerin oluşturduğu uzayın özvektörlerinden oluşur. Sistemin fiziksel durumu, öz durumların üst üste bindirilmesiyle ortaya çıkar. Kopenhag Yorumu'nda gerçeklik bir

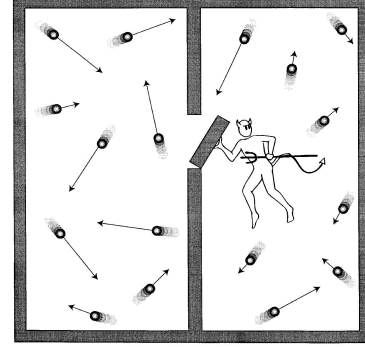


bindirme içinde belirsizdir: bu ölçümde gerçeklik sadece bir öz durumun içerisinde yansıtılır. Shrodinger, düşünce deneyinde “kedisi” ile bu yorumun savunulamaz olduğunu göstermektedir. Schrodinger, paradoksunda kuantum mekaniksel bir parçacığın iki farklı durumu aynı anda eşit olasılıkla taşıyabilme yeteneğini kullanıyor. Kapalı bir kutu içine konulmuş bir kedi hayal edilmiştir. Kutunun içinde, çekiçle vurulup kırılması halinde kediyi öldürecek olan bir kapsül siyanür bulunmaktadır. Bu siyanür, radyoaktif bir maddenin bir atomunun parçalanması sonucu ortaya çıkan etkiyle çalışan bir akım gönderici ile serbest bırakılır. Maddenin bir yarı ömrü vardır ki, eşit olasılıkla, bir atom 1 saat içerisinde parçalanabilir veya parçalanmayabilir. Eğer atomlardan hiçbiri parçalanmazsa kedi 1 saat sonra uyanabilir ancak bir tanesi bile parçalanırsa kedi ölebilir. Bundan yola çıkarak kendisi de atomlardan oluşan kediyi de hem canlı hem ölü kabul edebilir miyiz? Bu tahminin fiziksel sonucunun anlamsızlığı, teori yapanlara bağlı olarak, Kopenhag yorumunun bu duruma getirdiği katkılar konusunda şüphe uyandırmaktadır.

[b] Maxwell'in Cini

Termodinamiğin ikinci yasasının bir sonucu olarak, yüksek sıcaklıktaki cisimler, ilişki halinde oldukları düşük sıcaklıktaki cisimleri ısıtabilirler; ama düşük sıcaklıktaki cisimler, kendilerinden daha düşük sıcaklıktaki cisimleri ısıtamazlar. Eş sıcaklıktaki cisimler, bu dengelerini dış bir etken olmadıkça, sonsuza değin korurlar. Sözelimi, masanın üzerine bıraktığınız bir fincan ılık kahvenin kendi kendine

kaynamasını bekleyemezsiniz. James Clerk Maxwell bu yasayla ilgili tartışmalara boyut kazandırmak için bir düşünce deneyi önermiş: Deneyinde dış dünyayla ısı alışverişi tamamen kesilmiş, birbirlerinden de yalıtkan bir duvarla ayrılmış iki oda düşlememizi istiyor. Odaların sıcaklıkları başlangıçta eşit. Düşünce deneyimize göre, aradaki duvarın ortasında minik bir kapı var ve bu kapıya bekçilik yapan minik bir de cin: "Maxwell'in cini"... Cin kapıyı sürekli açık tutacak olsaydı odaların sıcaklıkları hiç değişmeyecekti. Ancak Maxwell'in cini ortamdaki hava moleküllerini inceleyerek hızlarını sürekli karşılaştırıyor. Soldaki odadan kapıya doğru gelen hızlı bir molekül gördüğünde kapıyı aniden açıp kapayarak, sağdaki odaya geçmesine izin veriyor. Cin bu işi sürdürecektir, sağ taraf gitgide ısınacak, sol taraf da soğuyacaktır.



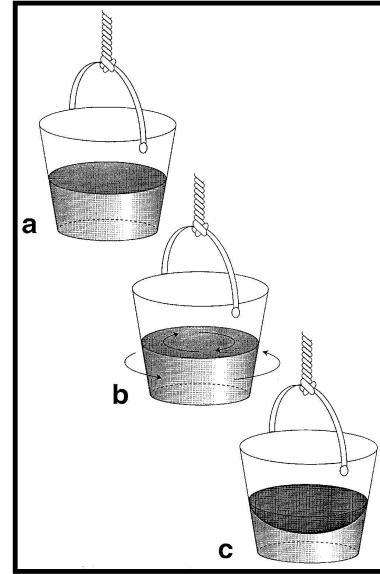
Maxwell'in cininin termodinamiğin 2.yasasını çiğnediği ortada. Cinin çok küçük olduğunu ve işini, hareket için neredeyse hiç enerji harcamadan yaptığını düşünürsek, bunu nasıl başarıyor? Maxwell deneyini tartışmaya yol açacak şekilde tasarlamıştı ve cini bugüne kadar farklı yerlerde farklı biçimlerde tartışıldı da.

İki oda ve ortadaki cini bir sistem olarak ele alabiliriz. Termodinamik açısından bu sistemin tuhaflığı, giderek daha düzenli hale geliyormuş gibi görüldüğüdür. Teknik ifadesiyle "bu sistem entropi üretmiyor" gibi görünüyor. Sadece moleküllerin dağılımına bakarak bu sonuca varıyoruz. Sorunun tek çözümü, cinimizin sistemin geri kalanının aksine çok fazla entropi ürettiği sonucuna varmaktır. Bunun bir açıklaması cinin, tüm moleküllerin hızlarını aklında tutup ortalamanın üzerinde hıza sahip olanlarla diğerlerini ayırt etmeye çalışırken beyninin çok fazla çalıştığı ve bu sırada çok fazla entropi ürettiğidir. O kadar fazla ki, sonuçta, sistemin bütünü de entropi üretiyor duruma geliyor.

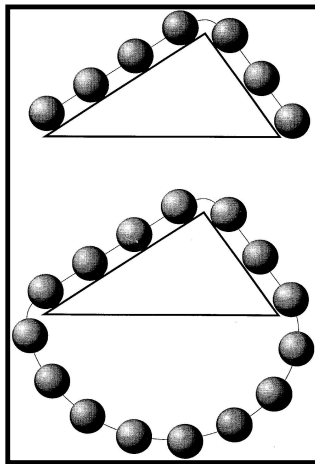
[c] Newton'un Kovası

Newton “mutlak boşluk” teorisini açıklamak için bu düşünce deneyini geliştirmiştir, teoriye göre boşluk doğada her yerde eş ve hareketsizdir.

Newton kısmen suyla doldurulmuş, mutlak boşlukta bir iple asılı duran bir kova hayal eder ve evrenin geri kalanı düşünülmez. Kova hareketsiz tutularak, kovanın ipi bir yöne doğru döndürülür, suyun yüzeyi düz ve hareketsizdir (a). İp serbest bırakılır: aniden suyun yüzeyi kovaya bağlı olarak hareket eder (b). Bir süre sonra kova ve içinde belli bir hıza ulaşmış şeylerle birlikte suyun hareketi sona erer ve içbükey bir yüzey oluşur (c). Bu teori şunları ortaya çıkarmaktadır, (a)’da kova ve su mutlak hareketsizliktedir, (c)’de kova ve su mutlak harekettedir, (b)’de ise kova ve su (mutlak boşluğa göre) birbirine bağlı hareket etmektedir.



[d] Stevin'in Eğik Düzlem Modeli



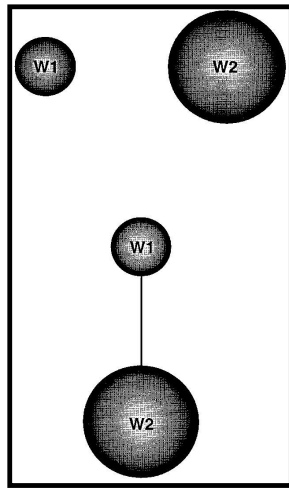
Simon Stevin'in 16.yüzyılda bir mekanik problemini çözmek için önerdiği zihin jimnastiği, tarihin en çok alkışlanan zihin deneylerinden biri oldu. Sorun kabaca şöyleydi: Üçüncü kenarıyla A ve $2A$ açısı yapan bir üçgen kesiti ve bu üçgenin üzerine bırakılmış bir zincir parçası var. Zincir, tırnak makaslarının ucundaki zincirler gibi, küresel halkalardan oluşuyor. Zincirle bloğun arasındaki yüzeyin neredeyse sürtünmesiz olduğunu kabul edersek, acaba zincir ne tarafa doğru kayar?

Stevin, zincirin boşluktaki ucunun uzunca bir zincir parçasıyla uzatılıp alttan birleştirildiğini varsaymamızı istiyor. Bu uzatılmış

kısım, düşey eksene göre simetrik bir şekil alacak ve kendi izinde dengeli hale gelecektir. Bu durumda eğer üstte kalan parça bir yöne doğru kayma eğilimindeyse, tüm zincir bloğun çevresinde sonsuza kadar döner. Termodinamik yasaları gereği, sürekli hareketin olanaksız olduğunu bildiğimize göre; üstte kalan parçanın da dengede olduğunu, kendi başınayken bile kaymayacağını kabul etmemiz gerekiyor. Sol tarafa binen yük sağ taraftakini dengeleyecektir: tersinin gerçekleşmesi sürekli hareket eden bir makinenin icadı olurdu. Bu düşünce deneyinden yola çıkılarak mekanik bilimi için oluşturulan teori, eşit yükseklikteki iki düzlem için, eşit ağırlıkların düzlemin uzunluklarına ters orantılı bir şekilde hareket ettiğidir. Aynı sonuca geleneksel matematiksel yöntemle ulaşmamız çok daha uzun sürecekti.

[e] Galileo'nun Serbest Düşme Deneyi

Galileo'nun (1974) Serbest Düşme düşünce deneyi, Aristo'nun "ağır cisimler daha hızlı, yavaş cisimler daha yavaş düşer" görüşünü; her şeyin aynı hızda düştüğü



teorisini öne atarak gözden düşürmüş oldu. Galileo aynı seviyeden aynı anda serbest düşmeye bırakılan W_1 ve W_2 ağırlıklı iki cisim olduğunu varsaymıştır. Eğer ağır cisimlerin hafif cisimlere göre daha büyük bir ortalama hızla hareket ettiğini düşünürsek, $V_2 > V_1$ olmalıdır. Örneğin, W_2 yere W_1 'den erken varmalıdır. Sonra iki nesnenin birbirine bağlanmasıyla bu deney yeniden gerçekleştirilir. $W_1 + W_2 > W_2$ ise, hız denkleminin $V_{(1+2)} > V_2$ olması beklenir. Buna rağmen eğer W_1 ayrı olarak W_2 'den daha yavaş düşerse, birbirlerine bağlı iken

W_1 'in W_2 üzerinde geciktirici (paraşüt etkisi) bir etkisi olacaktır. Bu durum bizi şu sonuca yöneltir: $V_{(1+2)} < V_2$. Bu iki sonuç birbiriyle çelişmektedir ve her ikisi de asıl teoriyi saf dışı bırakarak $V_1 = V_2$ görüşünü desteklemektedir.

EK-2: 1.AŞAMA DÜŞÜNCE DENEYLERİ İLE İLGİLİ ANKET FORMU

Değerli öğrenciler,

Bu çalışma, sizlerin bazı kavramlar hakkındaki düşüncelerinizi ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Buradan elde edilen sonuçlar, kullandığınız düşünce deneylerinin yapısını inceleme amacıyla kullanılacaktır. Altı açık uçlu sorudan oluşan bu formda bazı soruların cevapları sadece sizleri yönlendirmek amacıyla şıklar halinde belirtilmiştir. Çalışmanın yapısı gereği, cevaplarınızın sebeplerini ve “yaratıcı düşüncelerinizi” bir de yazılı olarak soruların altındaki boşluklara kısaca yazmanız gerekmektedir. Sorular, cevaplama süresi 1 saat olacak şekilde hazırlanmıştır. Soruları samimiyetle cevaplandıracağınızı umar ve araştırmamıza katıldığınız için teşekkür ederiz.

Senem BADEMCİ

*Gazi Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Fizik Eğitimi Bölümü
Yüksek Lisans Öğrencisi
Tel: 0505 7005643
Email:
bademcisenem@gmail.com*

Öğrencinin,

Adı-Soyadı:.....Sınıfı:.....

-
- 1) İlk yapay uydu olan Sputnik 1, yeryüzüne geri düştü, çünkü yer atmosferinin bir parçası olan dış sürtünme onu yavaşlattı. Sputnik, dünyaya yaklaştıkça helezonik hareket ettiğine göre hızı,

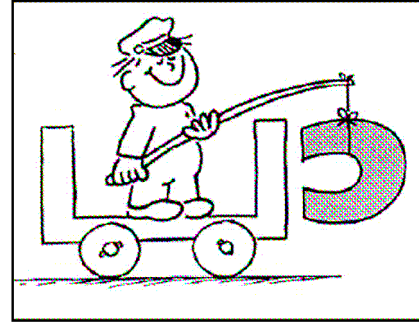
- (a) Gittikçe azalıyor gözlenir.
 - (b) Gittikçe artıyor gözlenir.
 - (c) Aynı kalır.
-

2) Dünya'dan uzaklaştıkça yerçekimi zayıflar. Fakat öyle olmadığını, daha da güçlendiğini varsayalım. Böyle hayali bir yasa olsaydı, nesneler için (Ay gibi) Dünya'nın yörüngesinde dönmek mümkün olur muydu?

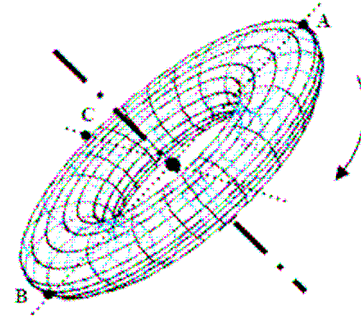
- (a) Evet, şimdiki gibi olurdu.
- (b) Evet, ama şimdiki gibi olmazdı.
- (c) Hayır, yörünge hareketi oluşamazdı.

3) Bir demir arabanın önüne şekildeki gibi bir mıknatıs tutulunca araba hareket edecek midir?

- (a) Evet, hareket edecektir.
- (b) Sürtünme yoksa hareket edecektir.
- (c) Hayır, hareket etmeyecektir.



- 4) Uzayda, yakınlarında gezegen bulunmayan (böylece çekim etkisini ortadan kaldırıyoruz) bir yer için tasarlanmış, halka tüp şeklinde dev bir uzay gemisi düşünelim. Uzay gemisi, merkezi halkanın düşey ekseni olan çok sayıda spiral hareketi yapıyor.



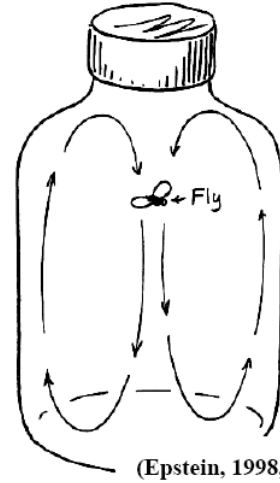
- (a) Halka tüpünün içinde A, B ve C noktalarında düzgün bir şekilde ayakları üzerinde duran yolcuların ne hissettiklerini kısaca tarif edin.

- (b) Gemiden dışarıya bir elma bırakan bir yolcuyu düşünelim. Yolcu, elmanın nasıl bir yol izleyeceğini gözlemleyecektir?

- (c) B'deki bir yolcunun A'daki diğer bir yolcuya geminin tavanındaki kapak şeklindeki bir kapıdan yukarıya doğru bir elma gönderdiğini düşünelim. Elmanın kinematikini (hareketini) B'deki yolcuya göre ve dışarıdaki bir gözlemciye göre tanımlayın.

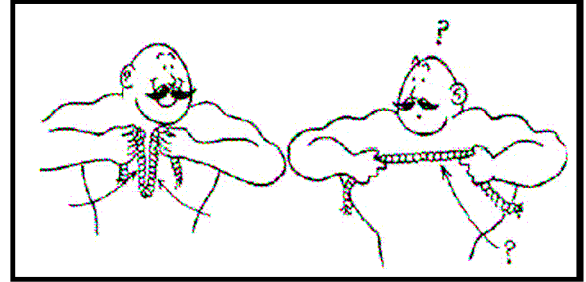
- 5) Birkaç sinek bir kavanoza kapatılmıştır. Kavanozu bir skalanın üzerine yerleştirdiniz (skala ağırlık değerlerini göstermektedir). Buna göre aşağıdaki durumlardan hangisi gözlenir?

- (a) Sinekler kavanozun dibindeyken skala daha ağır gösterecektir.
- (b) Sinekler kavanozun içinde uçarken skala daha ağır gösterecektir.
- (c) Sinekler kavanozun içinde dururken de uçarken de skalada aynı değerler gözlenecektir.



(Epstein, 1998, p.31)

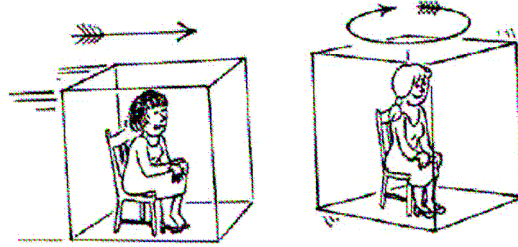
- 6) Güçlü bir adam, halatı ilk resimdeki gibi tutunca halatın her iki ucundaki gerilme, halat ağırlığının yarısı olacak şekilde birbirine eşittir. Yani halatın ağırlığı 10 N ise her bir uçtaki gerilme 5 N' dur. Adam, halatı yatay pozisyonda gösterildiği gibi germek isterse ip gerilmesi ne olacaktır?



- (a) Sıfır
- (b) Yaklaşık 5 N
- (c) 10 N
- (d) 20 N
- (e) Bir milyon N'dan fazla

EK-3: 2.AŞAMA GÖZLEM İÇİN TASARLANMIŞ SORULAR

- 1) Bir bilim kadını, uzayda düz çizgi boyunca seyahat eden, düzgün hareketli saydam bir kutunun içerisinde tamamen yalıtılmıştır. Bir başka bilim kadını ise uzayda düzgün dönme hareketi yapan diğer bir saydam kutu içerisinde tamamen yalıtılmıştır. Kadınlar birbirlerinin uzaydaki hareketini saptama amacını taşıyorlar ve bunun için gerekli bütün donanıma sahipler.



- (a) Düz çizgi boyunca hareket eden kutunun içindeki kadın diğerinin hareketini saptayabilir.
 (b) Dönen kutudaki kadın diğerinin hareketini saptayabilir.
 (c) Her iki kutudaki kadın da birbirlerinin hareketini saptayabilir.
 (d) Her iki kutudaki kadın da birbirlerinin hareketini saptayamaz.

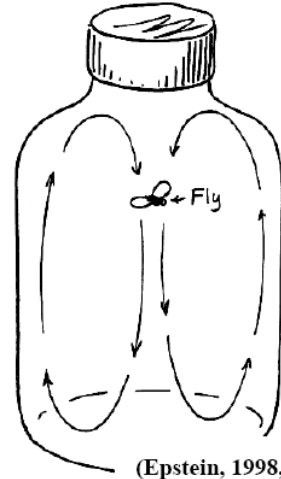
- 2) Galileo'den önce bilim adamları küçük kütleli cisimlerin büyük kütleli cisimlere göre daha küçük hızlarla düştüğünü düşündüler. Bugün, biz biliyoruz ki serbest düşen cisimlerin ivmeleri kütlelerinden bağımsızdır (tabi ki pek çok öğrenci bugünlerde uygun olmayan Galileo öncesi inanışlarını koruyorlar).

Doğa yasalarının bizim evrenimizdekinden farklı olduğu bir X-Evreni'nde yaşadığımızı düşünelim. X-Evreni'nde küçük kütleli cisimler büyük olanlara göre daha küçük ivmelerle düşüyorlar.

Şimdi, şu deneyi gerçekleştirmek üzere X-Evreni'ne gönderildiğini düşün: Biri küçük diğeri de büyük kütleli iki taş buldunuz ve bunları ağırlıksız bir iple birbirine bağladınız. Sistemin ağırlığı şimdi ne olur?

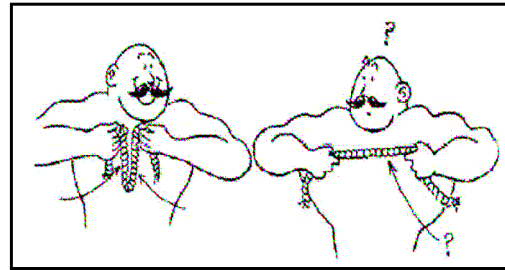
- 3) Birkaç sinek bir kavanoza kapatılmıştır. Kavanozu bir skalanın üzerine yerleştirdiniz (skala ağırlık değerlerini göstermektedir). Buna göre aşağıdaki durumlardan hangisi gözlenir?

- (a) Sinekler kavanozun dibindeyken skala daha ağır gösterecektir.
- (b) Sinekler kavanozun içinde uçarken skala daha ağır gösterecektir.
- (c) Sinekler kavanozun içinde dururken de uçarken de skalada aynı değerler gözlenecektir.



(Epstein, 1998, p.31)

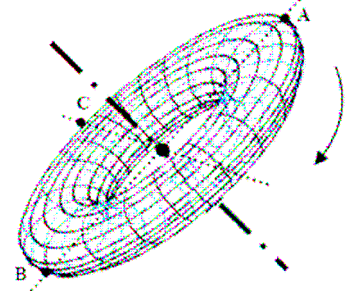
- 4) Güçlü bir adam, halatı ilk resimdeki gibi tutunca halatın her iki ucundaki gerilme, halat ağırlığının yarısı olacak şekilde birbirine eşittir. Yani halatın ağırlığı 10 N ise her bir uçtaki gerilme 5 N' dur. Adam, halatı yatay pozisyonda gösterildiği gibi germek isterse ip gerilmesi ne olacaktır?



- (a) Sıfır
- (b) Yaklaşık 5 N
- (c) 10 N
- (d) 20 N
- (e) Bir milyon N'dan fazla

EK-4: 2.AŞAMA GÖRÜŞME EK SORULARI

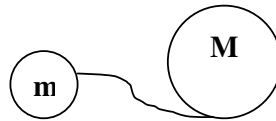
- 1) Yakınında hiçbir gezegenin olmadığı bir uzayda ilerleyen halka şeklinde bir uzay gemisi hayal ediniz (yerçekimsiz ortamda). Uzay gemisi hızlıca, halka şekline dik açıda ve kendi dairesel açısı etrafında dönüyor.



- (a) Sağ üst tarafa A'nın yakınına, halkanın içinde bunu hisseden (ayakları üzerinde duran) bir yolcu; B'nin yakınına başka bir yolcu ve C'nin yakınına da başka bir yolcu çizin.
- (b) Bir yolcunun bir elma tuttuğunu ve bunu serbest bıraktığını hayal ediniz. Elma nereye düşecektir?

2) Serbest Düşme

- a) Böyle bir sistemin Dünya üzerindeki hareketi nasıl olur?



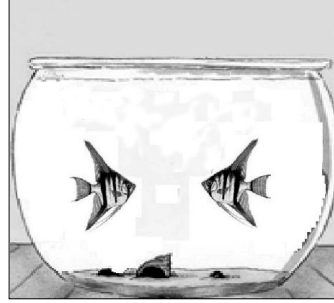
- b) Bu sistemin dünya üzerindeki ivmesi nedir? Bu ivmenin sistemin ağırlığına nasıl bir etkisi vardır? (Yerçekimi ivmesini 10 m/s^2 kabul ediniz.)
- c) X-Evreni'ndeki hareket nasıl olacaktır? Sistemin ağırlığını nasıl belirlersiniz?

3) Kavanozlardaki Sinekler

a) Sineklerin kavanoz içindeki hareketlerini akvaryum içindeki balıkların hareketleriyle karşılaştırınız.

b) Balıklar suda yüzerken ya da su içerisinde yüzeye çıkıp dibe inerken kabın ağırlığında değişme olacak mıdır?

c) Kavanozdaki sineklerin veya akvaryumdaki balıkların ağırlıkları dip kısma nasıl iletilir?



4) İpteki Gerilme

a) Halat ve adamın halatı tutuş şekline bakacak olursak, bunu şimdiye kadar öğrenmiş olduğunuz sistemlerden birine benzetebilir misiniz? Şekil çizerek belirtiniz.

b) Halatı ortadan kesip kestiğimiz uçları bir dinamometre ile birleştirdiğimizi düşünelim. Adamın halatı tekrar aynı konumda tutmasını sağlarsak dinamometrede okunan değer için ne düşünürsünüz?

EK-5: 1.SINIF GÖZLEM KAYITLARINDAKİ DİYALOG METNİ

1.SORU

- 1 **D₁:** Kadınlardan biri kendi ekseni etrafında dönüyor (elindeki kalemle havaya bir
2 daire çizerek), diğeri de hareket ediyor. Eğer bu kadınlar birbirlerine baktıkları
3 anda birbirlerini görebilecek bir mesafedelerse öyle ya da böyle birbirlerini
4 görürler. Burada kendi ekseni etrafında dönen kadının hareketini 360°'lik bir
5 hareket olarak tanımlayalım. Bu dairesel hareketi yapan kadın belki henüz 20°'lik
6 bir açı taramışken diğeri (düz ilerleyen) kadını görecek (parmağıyla havaya bir
7 daire çizdikten sonra, elleriyle bir açı oluşturup bu açıdan bakıyor). Dönen
8 kadının arkası dönükken bunu görme şansı yok. Kendi ekseni etrafında dönme
9 hızına göre hareketi görme mesafesi değişecektir, ama sonuçta aynı açıya
10 geldiğinde birbirlerini görürler. Bu açı giderek değişir, mesela 20°'lik bir açı
11 taramışken böyle görüyorsa (elleriyle yeniden bir açı oluşturarak yüzüne doğru
12 tutuyor), diğeri kadın hareket ettiği zaman şu şekilde (elleriyle oluşturduğu açıyı
13 sol tarafına doğru kaydırıyor) gördüğü açı her seferinde ilerleyecektir. Diyelim ki
14 10 s. de bir diğeri kadını görüyor, 10 s. içinde kendi ekseni etrafında bir kez
15 dönüyorsa bu şekilde görür. Bir A noktasında kadını gördüğünü varsayalım. Bir
16 daha dönecek, 10 s. sonra diğeri (düz ilerleyen) kadın belli bir mesafe ilerleyecek
17 ve dönen kadın bunu bir B noktasında görecek. Diğeri dönmesinde (elindeki
18 kalemle havaya yatay bir spiral çiziyor) C noktasında görecek, değil mi? Sonra
19 bu kadın her görüşte biraz daha ilerlemiş olacak, yani dönen kadın düz giden
20 kadının ilerlediğini bence saptayabilir. Net olarak hızını saptayamaz, ama
21 ilerlediğini saptayabilir. (düz ilerleyen kadın) sürekli ilerlediği için, bir yay
22 yörüngesi gibi mi (elindeki kalemle havaya bir spiral çiziyor), yoksa dümdüz mü
23 gittiğini bence tam olarak saptayamaz. Düz ilerleyen kadın ise dönen kadının
24 döndüğünü rahat bir şekilde saptayabilir. Benim cevabım, her iki kadın da
25 kısmen de olsa birbirlerinin ne şekilde hareket ettiğini saptayabilir.
- 26 **E₁:** İki kadın için de saptayabilir mi diyorsun?
- 27 **D₁:** Evet, bence ikisi de saptayabilir.

- 28 **E₁:** Şimdi ben de ilk başta iki kadın da saptayabilir diye düşünüyordum, ama şöyle
 29 bir şey var; ben soruyu ilk başta çok dikkatli okumamışım, uzayda diyor, ben
 30 bunu dünya olarak düşündüm. Böyle düşününce ben de ilk başta ikisi de
 31 saptayabilir diye düşündüm. Şimdi bu kadınların yerinde B₁'le biz olsak
 32 (karşısındaki arkadaşını göstererek), ben düz gitsem mesela, B₁ dönerek gitse ben
 33 B₁'in ne zaman nerede olduğunu az çok saptayabilirim. Nasıl bir hareket yapıyor,
 34 ne tarafa doğru gidiyor, ortalama olarak görebilirim. Ama bu uzay olduğu için
 35 bence buna tam olarak bir şey söyleyemeyiz. Yani şu şekilde anlatayım; şimdi
 36 bence bu soru çok fazla olasılığa dayanıyor. İlk başta bir kere kadınların nerede
 37 olduğunu bilmiyoruz, yani birbirlerine göre konumlarını bilmiyoruz. O yüzden
 38 çok fazla olasılık var. Bunlar yan yanaysa ve gidecekleri yol kesinse (ellerinin
 39 havada birini diğerinin önünde tutarak birbirinin önünden geçiriyor) belli bir yol
 40 üzerinde gidebileceklerse ki yerçekimi olmadığına göre bu nasıl yapılabilir
 41 bilmiyorum... (duraksıyor, kısa bir süre düşünüyor) gidebileceklerse bunun
 42 hareketini saptayabiliriz gibi geliyor. Fizikte de olduğu gibi ben bu soruyu şuna
 43 benzettim. Madeni parayı attığınızda yazı mı tura mı geleceğini atıp da işaretleriz
 44 ya... Biz o madeni parayı atarken fizikte bunu yapabilecek gücümüz olsa...
 45 Mesela madeni paranın atış hızını bilsek, ne kadar yüksekliğe çıkabileceğini
 46 bilsek (madeni parayı atıyormuş gibi ellerini havaya kaldırıyor ve bir elini daha
 47 yukarıda paranın geldiği noktayı göstermek ister gibi tutuyor), attığınızda
 48 ortalama basıncı, sıcaklığı her şeyi düşünüldüğünde yazı mı tura mı geleceğini
 49 tam olarak biliriz. Fizikte buna hesaplayamadığımız olasılıklar denilmiş, bence
 50 bu soru da öyle bir şey... O yüzden buna tam olarak bir cevap veremeyiz, biz bu
 51 kadınların tam olarak nerede ve ne hızla olduklarını tam olarak bilsek belki bir
 52 yorum yapabiliriz ama soru bunları bize vermediği için bence iki kadın da
 53 birbirinin hareketini saptayamaz gibi geliyor. Elbette bir olasılığın dahilinde
 54 saptanabildiği bir yer vardır ama sorunun verdiği göre bence saptayamaz.
- 55 **B₁:** (D₁'e dönerek) Şimdi sen saptayabilirler dedin, o zaman sen bunların aynı
 56 doğru olduğunu düşünüyorsun, yani aynı düzlemde...
- 57 **D₁:** İlk başta zaten "birbirlerini görebilecek mesafedelerse..." dedim. Zaten hareketin
 58 aynı düzlemde olması gerekmiyor.

- 59 **B₁:** Ben aynı düzlemde olması şartına bakıyorum. (eliyle yukarıyı ve aşağıyı
60 göstererek) ben havada iken (yukarıdayken demek istiyor) sen aşağıdaysan benim
61 döndüğümü sen nereden göreceksin?
- 62 **D₁:** Ama sen şunu atlıyorsun, şu an biz uzay ortamındayız, değil mi? Şu anda bir
63 düzlemde miyiz?
- 64 **E₁:** (D₁'e dönerek) Ama bizim bulunduğumuz yerde belli bir yerçekimi var. Şöyle
65 düşün; şimdi buranın simsiyah olduğunu düşün, hiçbir şekilde yerçekimi yok.
66 (ellerinin birini sağ tarafta yukarı, diğerini sol tarafta aşağı açarak gösteriyor) sen
67 şuradasın, ben burada... Sen dönüyorsun, ben gidiyorum.. Ama her taraf siyah,
68 belli bir yerçekimi de yok. Belli bir konum yok... Benim nereye, nasıl gittiğimi
69 nasıl algılayabilirsin ki?
- 70 **B₁:** (D₁'e dönerek) Sen başlangıç noktasını nereye göre alıyorsun? (Sesinde bir ima
71 tonuyla) Yani ben nerdeydim ki nereye doğru gidiyorum?
- 72 **D₁:** (soru kağıdını eline alarak gösteriyor) Soru bize zaten bir zemin vermiş, görmek
73 için yerçekimine veya başka bir şeye de ihtiyacımız yok.
- 74 **C₁:** Ama soruda her şey belirtilmemiş, tanımında açık uçlu bazı şeyler var. Burada
75 iki üç tane bilmemiz gereken net veri lazım. Bunların hareketi bir kere aynı
76 düzlemde mi, yani yan yana mı başlıyorlar? Başladıklarında birbirlerini
77 görebilecek mesafedeler mi? Kısım de olsa bir süre birbirlerini görebilirler.
78 Birbirlerini görebilecek mesafede değil de çok farklı konumlarda harekete
79 başlıyorlarsa... Burası sonuçta uzaydır, belki bu insanların ikisi de farklı
80 kilolardalar... Bu kutuların içerisinde ağırlıkları da farklıysa nihayetinde... (elini
81 yukarı aşağı savurarak) Yani, belki birisi aşağıya doğru gider, diğeri yukarıya
82 doğru gider. Bilemeyiz, bunlar hesaplama gerektirir. Uzayda rastgele bir şekilde
83 böyle gidip karşılaşmaları da trilyonda bilmem kaç ihtimaldir. Onun için
84 başlarken yan yanalar mı veya birbirlerini görebilecek mesafedeler mi veya
85 hareketleri... birisi doğrusal gidiyor, onun o doğrunun dışına çıkmaması lazım.
86 Diğerinin de döndüğü yerde belli bir güzergahı aşmamaları gerekiyor. Böyle
87 olursa da kısmen bir süre görüyorlar, düz hareket eden görüş menzilinden çıktığı
88 zaman da görmeyi yine bırakacaklar. O zaman da dönen kişi yine göremeyecek.
89 (E₁'e yönelerek) Dönüşte, biraz önce senin söylediğin gibi turlarında (eliyle
90 havaya daire çizerek) her o kişiye baktığı yöne geldiği zaman, dörtte bir oranında

91 mesela, görecek. Ama bundan daha önemlisi, başlarken görebilecek mesafedeler
92 mi, biri aşağı biri yukarı mı kayıyor? Bunları nasıl bileceğiz?

93 **D₁:** Zaten başlarken birbirlerini görebilecek mesafedelerse dedim. Bir de sorunun her
94 şeyi vermesi gerekmiyor. Bazı şeyler verilmiş. Kadınlardan birisi düzgün hareket
95 ediyor. Ağırlıkları gibi şeylerle o kadar da bir ilişki yok bence...

96 **B₁:** Önemli, bak, bu tür şeylerin önemi olmamış olsaydı (soru kağıdına yönelerek
97 sorudaki resimleri gösteriyor) bu iki resim de aynı olurdu bence. Resimdeki
98 kadınların farklı özelliklerde çizilmiş olmasının bile bir önemi var.

99 **D₁:** Tamam bunların önemi var ama sonuçta hareket başlamış. Sorunun vermiş
100 olduğu ve istediği şey önemli olan...

101 **B₁:** Ben olsam ben de (d) derdim. Çünkü aynı doğrultuda olduklarını bilmeden bu
102 kutuların özdeş olup olmadığını bilmeden bir yorum yapamam.

103 **C₁:** Başta sadece ilk pozisyonda birbirlerini görüyorlar mı görmüyorlar mı onu
104 belirlememiz lazım, ama sonra ilk okuduğun zaman zaten eğer böyle bir soru
105 karşına çıkıyorsa bunların ilk pozisyonda birbirlerini gördüğünü anlamak
106 zorundayız. Biz şu an farklı bir test baktığımız için çok daha kompleks
107 düşünüyoruz. Uç fikirleri çok zorladığımız için bu noktaya geliyoruz. Normalde
108 ilk düşünmemiz gereken bunlar için, (D₁'e yönelerek) senin düşüncenin aynısı,
109 (elindeki soru kağıdına bakarak) biri normal doğrultuda gidecek, diğeri kendi
110 eksenini etrafında dönecek, döndüğü için dönme hızını yorumlamak gerekecek,
111 kesin bir değeri yok. Bana ilk başta aynı düzlemde olduğunu söyleseler, ben bir
112 müddet görür, daha sonra düz harekette olan görüş alanından çıktığı zaman
113 görmez derdim. Çünkü bu durumda aşağıya veya yukarıya hareket ihtimali de
114 var, çünkü uzay ortamı... Yani düşünün ki bir uydu fırlatıyorlar, sonra
115 bulamıyorlar... Bunların nereye gideceği de o yüzden belirsizleşir.

116 **A₁:** Ama şimdi burada uzayda düz çizgi boyutu verilmiş. Yani düz bir çizgi boyunca
117 oldukları zaten soruda verilmiş. O zaman da şöyle bir şey var (önündeki soru
118 kağıdı üzerinde göstererek), bu kadınlar uzayda acaba bir kürenin içinde mi
119 sabitler? Kürenin içinde de dönüyor ya da belirli konumlarını koruyamıyor
120 olabilirler.

121 **E₁:** Ben de en başta öyle düşündüm, hatta dönen kadının altında bir döner bir tabla
122 hayal ettim ve sürekli dönen tablanın üstünde (sol elini yatayda döner tablayı

123 gösterir gibi gösteriyor ve sağ eliyle bu tablanın üstünde ters dönen kutudaki
 124 kadını göstermeye çalışıyor) kutu ters yöne doğru döndükçe kadını bir konumda
 125 sabit tutacağımı düşündüm. Ama soruda öyle bir tabla olmadığı için ben o şıkkı
 126 kaldırdım kafamdan... (A_1 'e yönelerek) Ama dedin ki düz bir çizgi boyunca
 127 diye... (kağıt üzerinde göstererek) Şu birinci kadın için diyorum, düz bir çizgi
 128 boyunca hareket ediyor. Ama soru, ikinci kadın (havada daire çizerek) düzgün bir
 129 dönme hareketi yapıyor diyor, düzgün bir yerde dönüyor demiyor. Mesela ikinci
 130 kadın da düzgün gidiyor diyelim, ama (aşağı yönü göstererek) y-ekseninde
 131 düzgün giderken ikinci kadın (yatay doğrultuda elini göstererek) x-ekseninde de
 132 düz gidebilir.

133 **A₁:** Ama düz çizgi... Düz çizgi derken ben bir tane çizgi olarak düşünüyorum.
 134 (havada önünden ileri doğru iki eliyle bir yol gösteriyor) mesela x-ekseninde bir
 135 düz çizgi var, (yine havada sürekli kendi ekseni etrafında dönen bir daire çiziyor)
 136 biri dönerek bu düz çizgi etrafında ilerliyor, öbürü de normal düzgün hareket
 137 yaparak ilerliyor. Tamam, bu küreler ilerleyebilir, ama bu kürenin içindekiler
 138 acaba konumunu koruyabiliyorlar mı?

139 **B₁:** Diyelim ki düz bir çizginin üzerindeyiz. Sonsuz uzunluktaki bir düz çizginin bir
 140 ucunda sen, bir ucunda ben... birbirimizi görmemiz yine mümkün olmaz ki... Düz
 141 bir çizgi üzerinde derken en azından mesafeyi de vermesi lazım. Uzay
 142 ortamındasın, E_1 'in dediği gibi belki de karanlık bir ortamdasın. Ben seni
 143 görmedikten sonra düz bir çizgi üzerinde olmanın bir anlamı yok, aynı zamanda
 144 mesafe de önemli.

145 **E₁:** Bence de... Soruya göre çok değişik ihtimaller var...

146 **C₁:** Soru ilk başta birbirlerini görüyorlar derse dönen kadın bir müddet görür, sonra
 147 göremez derim. Çünkü şıklarda saptayabilir ve saptayamaz var. Başka bir
 148 alternatif olsa bir müddet saptayabilir, bir müddet saptayamaz derim ama...

149 **A₁:** Bunlar düz çizgi boyunca diyelim ki yan yana başladılar. Bunların konumunda
 150 hiçbir değişiklik olmaz ki, hep aynı yol boyunca yan yana giderler.

151 **C₁:** Ama dönen kadın için dönerek ilerliyor demiyor. Düzgün dönme hareketi
 152 yapıyor diyor. Birisi düz, diğeri dönerek ilerliyorsa; ikisi de aynı hızda olsa düz
 153 giden kadın diğeri her an dönüyor görür, dönen kadın ise dörtte bir oranında
 154 görür, yani dönüşlerindeki her bir karşılaşmada görür dersin. Dönen kadın sabit,

155 yani olduğu yerde dönüyor. Bunun için de görüş menzilinden çıkana kadar düz
156 giden kadın görür, görüş menzilinden çıktıktan sonra göremez diyorum ama o
157 zaman da şey ihtimali çıkıyor... Uzay ortamı... Düz durdukları belirsiz, belki
158 birisi yukarı birisi aşağı kaçır diyoruz, sonuca gidemiyoruz yani...

2.SORU

- 1 **B₁:** Önce dünyada olduğumuzu düşünelim ki X-Evreni ile bu durumu kıyaslayalım.
- 2 Biz dünyada iki cisim aldık ve bunları bir iple bağladık (soru kağıdı üzerine şekil
- 3 çizerek gösteriyor), ip ağırlıksızmış... Her birinin kütesine m dersem bu sistemin
- 4 ağırlığına $2mg$ derim. Ben ikisini aynı kütle olarak kabul ettim (duraklıyor,
- 5 soruyu tekrar okuyor), farklı kütleler olacakmış, o zaman birine $2m$ diğerine m
- 6 kütleli derim. Bu durumda dünyadaki ağırlığa $3mg$ derim. Şimdi farklı bir evrene
- 7 gittiğimde burada da bir çekim ivmesi olması gerekiyor. Bu evrendeki çekim
- 8 ivmesine de x diyelim. O zaman ağırlık $3mx$ olur. Çekim ivmesi değeri
- 9 farklılaşır, ama ağırlık yine kütleler toplamının çekim ivmesiyle çarpımıdır. Bu
- 10 sistemi havadan bıraksam da ben, yere düştüğüne göre demek ki burada da bir
- 11 çekim ivmesi var. Dünyada bu değer $9,8$ 'dir. Nasıl ki dünyada bu değer
- 12 yükseklerle çıkıldıkça değişiyorsa, X-Evreni'ndeki diğer ivme değeri de değişir
- 13 başka bir şey olur. Yani sistemin ağırlığı burada da kütleler toplamının çekim
- 14 ivmesiyle çarpımına eşittir. Sadece burada önemli olan bu çekim ivmesini nasıl
- 15 bulacağımızdır.
- 16 **E₁:** Ben de öyle düşündüm. Kütlelerin birine $4m$, diğerine $6m$ dedim. $10m$ çarpı
- 17 $9,8$ 'den $98m$ değerini ağırlık olarak hesapladım, orada bir sorun yok. Ama ben X-
- 18 Evreni'ne gidiyorum, kütleler değişmiyor. Kütleler toplam yine $10m$ midir?
- 19 $10m$ 'dir. (B_1 'e yönelerek) Bence de bu, dediğin gibi, X-Evreni'ne bağlı olan bir
- 20 şey. Burada $0,9$ olabilir yerçekimi... Bilemiyoruz, ama öyle kabul edersek, ben bu
- 21 kütleler toplamını $0,9$ ile çarptığım zaman ağırlık $9m$ yapıyor. Yani toplam
- 22 kütleden daha düşük bir değer yapıyor. Ama diyelim ki bu çekim ivmesinin
- 23 değeri $10,5$ olan bir yerde aynı şekilde hesaplama yaptığımda bulduğum değer
- 24 toplam kütleden daha fazla çıkıyor. Yani her şey X-Evreni'nin yerçekimine bağlı.
- 25 **B₁:** Bence de...
- 26 **D₁:** X-Evreni'nde "g" diye bir şey bulmamız bence zor. Dünya'da $9,8$, burada da
- 27 böyle diye bir şey yok. Çünkü net bir rakam bulsaydık niye büyük kütleler küçük
- 28 kütlelerden daha çabuk aşağıya düşsün ki? Şimdi benimki biraz acayip kaçacak
- 29 da... Orada da bir yeryüzü olduğunu varsayalım(bir elini yeryüzünü gösterir gibi
- 30 yatayda düz tutuyor), yine bir çekim var (diğer elini yumruk yapıp diğer elinin

31 altına götürüyor) ve yeryüzünün dışında çok yoğun bir tabaka var. Bu yoğun
 32 tabakada kendisine doğru çekeceği kütleler var. Öyle bir küçük parçacık
 33 düşünelim ki yoğun bir tabakadan daha çabuk geçebilecek bir parçacık olsun.
 34 Yoğunluk o parçacığı daha çabuk içine çeker. Ama daha büyük kütleli cismi
 35 düşünelim (ellerini havada aynı hizada kenarlara açarak bunu gösteriyor), o
 36 yoğun tabakayı kolayca yaramıyor. Bir denizin içinde olduğu gibi... Yani denizin
 37 içinde bir ipe küçük bir taş bağlayalım. Yine aynı maddeden yapılmış büyük bir
 38 taş... Denizin içinde hangisini kendine doğru daha kolay çekersin? Küçüğü...
 39 Yani öyle bir durum düşünelim ki m.g sadece “g” ile alakalı bir durum olmasın.

40 **B₁:** Kütleli de mi düşünelim?

41 **D₁:** Yani X-Evreni’ndeki yeryüzünün (ellerini yatay doğrultuda düz tutarak, parmak
 42 uçları birbirine değecek şekilde havada tutuyor) dışarısında öyle bir yoğun tabaka
 43 var ki o tabakadan küçük cisimler daha kolay çıkabiliyor. Yani bu havanın çok
 44 yoğun, sudan daha yoğun olduğunu düşünelim.

45 **B₁:** (B₁’e yönelerek) Dünya’daki gibi hidrojen ve ayın kurtulma hızıyla alakalı
 46 mesela... O zaman senin bahsettiğin bu kurtulma hızına giriyor.

47 **D₁:** Kurtulma hızı gibi düşünebiliriz, evet... Ama sabit bir “g” değeri veya sistemin
 48 net bir ağırlığı değil... Bu evrendeki (X-Evreni) yeryüzü, kütle küçüldükçe
 49 kendisine daha kolay çekebiliyor yani... Aynı maddeden yapılmışlarsa hacmi
 50 arttıkça ağırlığı da artacaktır, çünkü ikisi de aynı maddeden yapılmış taş parçası.

51 **E₁:** (E₁’e yönelerek) Şimdi sen yerçekimi yok gibi mi düşündün?

52 **D₁:** Yerçekimi var. Ama bu yerçekimi küçük kütlelere daha kolay etki edebiliyor...

53 **A₁:** Bence burada ivme ve ağırlıkla ilgili bizim tartışacağımız olay çok farklı (soruyu
 54 sesli bir şekilde okuyor). Bize sistemin ağırlığı şimdi ne olur diye soruyor.
 55 Diyelim ki X-Evreni’ne gittik ve burada yerçekimi ivmesinin değeri düşük.
 56 Ağırlık ne, m.g değil mi? Kütle ve yerçekimi ivmesinin çarpımıyla bulduğum
 57 sonuç neyse o’dur. Dünya’dayken 9,8 çarpı kütleleri, bu da o... Eğer yerçekimi
 58 ivmesi büyük olan bir yere gidersem ağırlık artar, düşük olan bir yere gidersem
 59 ağırlık azalır.

60 **D₁:** Neden o zaman büyük kütleyle küçük kütle farklı düşüyor?

61 **C₁:** Böyle düşünmemiz isteniyor.

62 **E₁:** Neden olacak, yine yerçekiminin etkisiyledir.

- 63 **B₁**: Biz bir cismin ağırlığını buluyorken başka bir şey bulduk mu? “m” ve “g”yi
 64 çarptık ve buna cismin ağırlığı dedik. Başka bir şey düşünmemize gerek yok.
 65 Bizim tek bilmemiz gereken şey bu X-Evreni’ne gidip yerçekimi ivmesi değerini
 66 bulup bunların ağırlığını ölçmek.
- 67 **A₁**: (B₁’i onaylayarak) Yerçekimi ivmesi büyükse artar deriz, küçükse azalır deriz.
- 68 **D₁**: Diyelim ki X-Evreni’ne gittik. (eline bir silgi alarak) Şununla aynı maddeden
 69 yapılmış daha küçük bir silgi daha az ağırlıkta olacaktır. Normalde ivmenin
 70 kütleyle göre değişmemesi, sabit olması gerekiyor. Ama burada sabit değilmiş,
 71 bunun sebebi isteniyor bizden.
- 72 **B₁**: Burada bence ivmeyi verdiği için senin kafan karıştı. Ama burada ivmeyi bize
 73 sadece bir bilgi olarak vermiş. Yani “ben bunu verdim ama... bunu bil ama...
 74 bilmesen de işine yarar” diyor. Burada ivme bilgisini gereksiz vermiş yani...
 75 Burada sorunun bize buldurmaya çalıştığı şey “g” ivmesi.
- 76 **C₁**: Şimdi sen sorudan ne anladın, anlatır mısın? Soru ne istiyor bizden?
- 77 **B₁**: Ağırlığını nasıl bulmam gerektiği soruluyor. (C₁’e yöneliyor ve soru üzerinde
 78 çizerek gösteriyor) Şu sistemin ağırlığını bana söyler misin?
- 79 **C₁**: m.g’sini bilmem lazım, “g”yi bilmem lazım. “g” yi söyleyebildiğim zaman
 80 ağırlığı söyleyebilirim mi diyorsun?
- 81 **B₁**: Evet, aynen öyle diyorum.
- 82 **C₁**: “g”yi bulamazsın zaten, normalde büyüğün büyük olduğunu, küçüğün küçük
 83 olduğunu neye göre ayırt ediyorsun?
- 84 **B₁**: (serbest düşmedeki kinematik denklemlerini kastediyor). Serbest düşme yapan
 85 cisimlerde biz “a” yerine “g” aldık. (kalemimi düşey olarak tutarak eliyle çekim
 86 ivmesi vektörünün aşağı yönlü olduğunu gösteriyor) “g”yi de yere doğru (-)
 87 aldık. O zaman formülümüzde de dedik ki (kağıt üzerine yazarak gösteriyor),
 88 $h = -1/2 \cdot g \cdot t^2$. “g”yi de 9,8 olarak aldık. Serbest düşmede böyle kabul etmedik
 89 mi? Burada da X-Evreni’nde serbest düşme yaptırmanız isteniyor. “g”nin değeri
 90 neyse, onu alırız.
- 91 **C₁**: (B₁’e yönelerek) Ama sen bunu her farklı alışında farklı bir sonuç çıkacak.
 92 Bilimsel bir veri olan “g”yi bulabilmen için bilimsel verinin sabit olması lazım.
 93 Değişken olmaması lazım... Burada yaptığımız deneyde farklı büyüklükteki her

- 94 kütle için farklı sonuçlar alıyorsak sen burada bir “g” bulamazsın. Bilimsel bir
95 şeye de ulaşamazsın haliyle...
- 96 **B₁:** 9,8’i nasıl bulmuşlar o zaman?
- 97 **D₁:** (C₁’e yönelerek) 9,8 değeri tamamen hayali bir şey, gerçek olan bir şey değil.
- 98 **C₁:** Tamam, ben X-Evreni’nde hayali olarak “g”yi 10 kabul ederim. Ağırlığı bulmak
99 için de “m” ile “g”yi çarpırım. Ya da 1,5 kabul ederim.
- 100 **D₁:** (C₁’e yönelerek) Sen burada iki cisim için de aynı olduğunu kabul ediyorsun.
101 Peki küçük kütleyle büyük kütlenin ivmesi arasında nasıl bir fark var o zaman?
- 102 **E₁:** Orada şöyle bir şey var; ayda küçük kütleyle büyük kütleyi bırakıyoruz ya... çok
103 az da olsa bir yerçekiminin olduğu söyleniyor.
- 104 **A₁:** Zaten kütle değişmiyor ki hiçbir zaman... Mesela ben burada 60 kiloyum, aya
105 gidiyorum 10 kilo çıkıyorum. Ama ben normalde aynıyım, benim kütlem, “m”im
106 sabit zaten. Benim tek değişen şeyim, yerçekimi ivmem. Yerçekimi ivmem daha
107 büyük olursa ben daha ağır gösteririm, daha küçük olursa da daha hafif
108 gösteririm. Burada istediği de o zaten...
- 109 **D₁:** Ben de şuna karşı çıkıyorum “g” neden her iki cisim için de aynı oluyor?
- 110 **B₁:** İdeal gaz diye bir şey de yoktur ama biz işimizi kolaylaştırsın diye kabul
111 ediyoruz. O zaman “g”yi de nasıl 9,8 kabul ediyorsam, X-Evreni de nasıl bir
112 evrense...
- 113 **C₁:** (B₁’e yönelerek kütlelerden bahsediyor) “g”yi küçüğe göre mi kabul edeceksin,
114 büyüğe göre mi? “g” deyince sabit olması gerekmiyor mu?
- 115 **E₁:** Evet bu, Dünya’da da böyledir, sabittir.
- 116 **C₁:** Ama burada küçüğün farklı ivmeyle büyüğün farklı ivmeyle hareket edeceğini
117 söylüyor.
- 118 **B₁:** O desin onu (gülüyorlar), o bilgi veriyor sadece...
- 119 **C₁:** (B₁’e yönelerek) Peki bana söyler misin, “g” yi nasıl tespit ediyor?
- 120 **B₁:** Bilmiyorum.
- 121 **E₁:** Bunun deneyini yapmıştık...
- 122 **B₁:** Bir cismi belirli bir yükseklikten bırakıyoruz da kaç saniyede düştüğünü de
123 ölçerek hesaplıyoruz ya?... Şimdi burada da bir 5 kiloyu bırakıyorum, 10 s. de
124 düşüyor (kağıt üzerinde çizerek gösteriyor). 15 kiloyu bırakıyorum, bu da üç
125 saniyede düşün mesela...

- 126 **C₁:** Ama ikisinin de “g”sini aynı buluyorsun mesela...
- 127 **A₁:** Evet, aynı buluyorsun.
- 128 **C₁:** Hayır, ben X-Evreni için söylüyorum. (kütlelerden bahsederek) Burada “g”yi
- 129 nasıl her ikisi için de aynı buluyorsun? Biri 3 s. de düşer, biri 5 s. de düşer. İkisi
- 130 aynı sürede düşse aynı olduğunu zaten bulurum. Çünkü o zaman mantığımıza
- 131 uyan bir şey olacak.
- 132 **B₁:** Ne farkı var?
- 133 **C₁:** (ellerini yukarıya doğru kaldırıp aynı hizada tutuyor) Durgun vaziyette bir 10
- 134 kiloyu bir de 5 kiloyu düşünüyorum. Bizim bildiğimize göre ikisinin de 5 s. de
- 135 düşmesi gerekiyor. Ama oradayken (X-Evreni’ni kastediyor) 10 kilolar 5 s. de
- 136 düşecek, 5 kilolar 7 s. de düşecek.
- 137 **B₁:** Orada da öyle düşmüyor ki, nasıl öyle düşüyor?
- 138 **C₁:** Elmayla karpuzu atıyoruz ya ikisi de aynı sürede yere düşüyor...
- 139 **E₁:** elmayla karpuz değil de... Biz yerçekimini bulmak için laboratuarda isli camla
- 140 bir deney yapmıştık. Orada frekans sabitti, her zaman sabit tuttuk. Cam
- 141 üzerindeki periyodik harekete sebep olan frekansı her zaman sabit tuttuk. Süreler
- 142 farklı çıkıyordu, ama biz o süreyi sabit tutaraktan “g”yi 9,8 bulduk.
- 143 **B₁:** (C₁’e yönelerek) Mesela bir asansör düşün. Denilsin ki asansör $g/3$ ivmesiyle
- 144 yukarı doğru hızlanıyor...
- 145 **C₁:** Senin burada söylemeye çalıştığın şey şu... Ağırlık $m \cdot g$ ’dir, “m”leri toplarım,
- 146 “g”yi söylerlerse ağırlığı bulurum diyorsun. Bize burada zaten sormak istediği
- 147 şey “g” değeri... Senin söylediğin şekilde “g” hakkında bir çözüm yolu
- 148 üretmiyoruz, tartışma hemen bitiyor.

3.SORU

1 **A₁:** Ben burada şöyle düşünüyorum. Bir kabın içine su koyduğumuzda ve içine bir
2 taş attığımızda taş dibe çöktüğü zaman ona etki eden kuvvet nedir? Taşın bir tek
3 mg ağırlığı vardır.

4 **B₁:** Tepki kuvveti ve kaldırma kuvveti de var.

5 **A₁:** Evet, tepki kuvveti ve kaldırma kuvveti de var. Mesela, taşın askıda kaldığını
6 düşünelim. Yine bu durumda kaldırma kuvveti ve aşağıya doğru mg'si var. Şimdi
7 burada sinek kavanozun içinde uçtuğuna göre bu defa da havada sürtünme
8 kuvveti var. Havanın sürtünme kuvveti ve sineğin mg'si olduğu zaman (eliyle
9 yukarıyı işaret ediyor) bu daha hafif duracak. Bu durumda sinek uçarken kavanoz
10 daha hafif, ama yere (kavanozun dibine) bulunduğu havanın bir sürtünme
11 kuvveti etkisi olmayacak. Yerde sadece mg ağırlığı olacak, böyle olunca da yere
12 bulunduğu bence daha ağır gösterecek.

13 **B₁:** Olabilir...

14 **A₁:** Çünkü yerdeyken havanın sürtünme kuvveti etki etmeyecek ona...

15 **D₁:** Sinek bence yerdeyken ve havada sabit bir şekilde dururken (skalada) okunan
16 değer sabittir. Sinek nasıl uçar? (ellerini iki yana açarak kanat gibi hareket
17 ettiriyor) Kanatlarının altındaki havayı yere çarptırarak uçar. Bu havanın verdiği
18 itmeyle (ellerini yukarıya bir şey kaldırır gibi gösteriyor) yukarıya doğru
19 havalanacaktır. Havada sabit duruyorsa kendi ağırlığı kadar bir itme
20 uygulayacaktır. Şişenin tabanına kendi ağırlığı kadar itme uyguluyorsa havada
21 sabit kalabilir. Yerde sadece kendi mg'si var. Havada bu mg'yi karşılayacak
22 kadar itme veriyorsa tabana, o havada sabit durur. O zaman havada sabitken ve
23 yerde duruyorken toplamda kütle değişmez. Ne zaman değişebilir? (elini
24 yukarıya doğru kaydırarak) Yukarı doğru havalanıyorsa, yani havada sabit
25 durmuyor, yukarı doğru hızlanıyorsa; bu durumda kendi ağırlığından daha fazla
26 bir itmeyi kabın tabanına çarptıracaktır. O zaman kabın tabanına sineğin
27 ağırlığından daha fazla bir itme uygulanacaktır. Böyle olunca da ağırlık biraz
28 öncekine göre toplamdan daha fazla olacaktır. Ama sinek inerken, iniş
29 esnasındayken kendi ağırlığından daha az bir itme uygulayacak o zaman da
30 normalden daha az bir toplam kütle olacaktır.

- 31 **B₁**: Hava direncini ihmal mi ediyorsun, yoksa kabul mü etmiyorsun?
- 32 **D₁**: Hayır, sadece sineğin havaya uyguladığı itmelerin farklı olduğunu söylüyorum.
- 33 **E₁**: (B₁'e yönelerek, D₁'i gösteriyor) Sineğin havada olduğu yerde dönerken,
 34 çıkarken ve inerkenki durumlarından bahsediyor. Hepsinde farklı çıkıyor yani...
- 35 **B₁**: Bu sinekler canlı, bu sisteme bir yerden hava giriş çıkışı olması lazım, yoksa bu
 36 sinekler ölecek. Öldükleri zaman da bu sineklerin hepsi dibe düşecek ve bu
 37 (skaladan bahsediyor), sineklerin ağırlığı kadar bir ağırlık ölçecek ki (A₁'i
 38 gösteriyor) doğru söylüyor bence... Yani burada (sorudaki şekil üzerinde çiziyor)
 39 havanın direnç kuvveti var ve sineklerin mg'si var. Biz her şeyde nasıl ki tepki
 40 kuvvetiydi, kaldırma kuvvetiydi diyorsak; burada (sinekler) yere düştüğünde
 41 havanın bir direnç kuvveti etkisi olmayacak, zaten burada ölmüş olacak. Bunlar
 42 ölmeden bence hiçbir tespit yapamayız. (havada hayali noktalar göstererek) bir
 43 anda burada, bir anda şurada... Nerede, direnç kuvvetinin ne olduğunu
 44 bilmediğimiz için ölmelerini bekleriz, ölçümümüzü öylece yaparız. O yüzden
 45 bence bu üç şık da cevap olmaz. Ölmelerini beklemek zorundayız (gülüyorlar).
- 46 **C₁**: (D₁'e dönerek) Senin söylediğin şu sineklerin hava basması da (gülüyorlar)...
 47 bilmiyorum yani... Benim de aklıma başlangıçta böyle bir şey geldi. Sinek en
 48 tepedeyken de havayı aşağı çarptırdığı için de orada durmuyor yani... Ben, bir
 49 müddet sonra o tezden vazgeçtim. Cevap, A₁'in dediği gibi olur gibi geliyor
 50 bana... (sinek) Normalde döner, tabana ilk değdiğinde hafif bir ağırlaşma olur...
 51 bir müddet sonra... Nasıl ki baskülün üzerine zıpladığında, 70 kiloysan, bir anda
 52 100 gösterir, sonra hemen 70'e gelir ya... Bu sinek de döner, döner (eliyle
 53 aşağıya doğru dönerek düşen hareketi gösteriyor)... aşağı düştüğü zaman, zaten
 54 ölünce de aynı şey olacaktır, bir müddet de olsa bir miktar ağırlaşma olur; ama
 55 bu, saniyelik bir değişimdir. Aynı baskül üzerinde zıplayan kişide olduğu gibi...
 56 Sonuç olarak da sistemin toplam ağırlığı değişmedi, deriz.
- 57 **B₁**: Evet, pazarcılar da öyle yapıyor, tartının üzerindeki poşete son domatesi atarken
 58 kefe biraz aşağı doğru hareket edince poşeti tartıdan kaldırıyor. Basküldeki de
 59 aynı şey...
- 60 **D₁**: O da sonuçta benim dediğime geliyor. Mesela (B₁'e yönelerek), halının üzerinde
 61 duruyorsun. Birden bire hızlandın, halı ters yöne doğru kaymaz mı? (herkes
 62 onaylıyor) Ya da o halıyı düz bir tahta olarak düşünsek (eliyle masa üzerinde

63 gösteriyor), arkasına da bunu ölçebilecek bir tartı yerleştirek... Biz hızlanınca
 64 (eliyle hızlanma yönünü ve tahtanın hareket yönünü zıt yönlerde gösteriyor) tahta
 65 tartıya çarpacak ve o da bir değer gösterecek. Burada da (soruya dönerek) tahta
 66 yerine havayı alıyoruz, (ellerini iki yana açıp aşağı itiyor) havayı arkaya
 67 gönderiyoruz.

68 **C₁:** (D₁'e yönelerek) Sen o zaman sinek her havayı ittiğinde ibre sapar mı diyorsun?
 69 Senin bu mantığına göre, bu sinek her uzaklaştığında (kağıt üzerinde gösteriyor)
 70 bu değer gittikçe artar, artar, artar o zaman...

71 **D₁:** Hayır, uzaklaştığında değil. Ne kadar çok hızlıysa (elini yukarıya doğru yavaşça
 72 kaldırıyor) birdenbire ne kadar çok hızlanmışsa kütle o kadar artar diyorum ben...
 73 Yani toplam kütle artmış gibi olur.

74 **C₁:** Yine yavaşlayacaktır ama yukarıda... Yani (ibrenin gösterdiği değer) belli bir
 75 aralıkta gider gelir diyorsun?

76 **D₁:** Eğer hareket ivmeliyse böyle olur... (havada) duruyorsa, (tabana) konmasıyla eşit
 77 olur diyorum.

78 **B₁:** Ben hala öyle düşünmüyorum, ben onu ihmal ediyorum. Bence burada önemli
 79 olan tek şey havanın direnç kuvveti.

80 **C₁:** (D₁'e yönelerek sorudaki şekil üzerinde gösteriyor) Sen tepede de sabit dursa
 81 burada da (kavanozun tabanını gösteriyor) sabit dursa ağırlık aynıdır diyorsun.

82 **D₁:** Eğer havadayken sabitse ve (kavanozun tabanını göstererek) konmuş
 83 bulunuyorsa aynıdır diyorum.

84 **C₁:** Ben sonunda zaten kütlelin korunacağını ve toplam ağırlığın değişmeyeceğini
 85 düşünüyorum (herkes onaylıyor). Sadece ilk anda bir değişiklik olur diyorum.

86 **D₁:** Ben de sadece ivmeli hareket varsa değişir diyorum.

87 **C₁:** İşte sen o ivmeyi hareket olarak farklı bir örnekle açıklıyorsun. Ben de o ilk
 88 çarptığı andaki kuvvet değişimi olarak açıklıyorum...

89 **D₁:** Ben o ilk çarptığı andaki duruma da katılıyorum. (eliyle havaya aşağı yukarı
 90 hareket çiziyor) Çünkü çarparken de yere uygulayacağı bir kuvvet var,
 91 eylemsizlik var çünkü...

92 **A₁:** Mesela beni bir yerden attılar. Ayağımın bastığı yere bir baskül getirip
 93 koyduklarında ben daha hafif gösteririm. Şimdi bu da aynı şekilde, havada bu
 94 sinek... Havanın bir sürtünme kuvveti var ve bir de (sineğin) kendi ağırlığı var.

95 Bu yüzden (skala) daha hafif gösterecek. Ama yere konduğu zaman buna etki
96 eden başka bir kuvvet yok ki yukarı doğru.

97 **E₁:** (A₁'e yönelerek) Peki, (sinekler) uçarken ne düşünüyorsun? Öldüğü zamanı
98 saymayalım mesela, normal uçuyor olsun.

99 **A₁:** Tamam, ben (sinekler) havada uçarken sürtünmenin etkisiyle daha hafif olacak
100 diyorum. Tabana konduğu zaman daha ağır olacak.

101 **B₁:** Ben de... Yani kısmen katılıyorum. Bir kere (sinek) tabana konduğunda böyle
102 olacağından eminim. Ama sizin dediğiniz o kanatların uyguladığı itme bence
103 ihmal edilmesi gerekecek kadar küçük bir şey.

104 **D₁:** Sineğin ağırlığı da çok küçük... Skalanın hassas ölçüm yaptığını düşünüyoruz.
105 Sinek değerini de mi ihmal edelim o zaman?

4.SORU

- 1 **E₁:** İlk başta şuna dikkat ettim (sorudaki şekle bakarak konuşuyor), ipin adamın
2 ellerine kadar olan kısmını aldım, gerisini dikkate almadım. Çünkü halatın
3 ağırlığına 10 N diyor ve her bir ucundaki gerilmeyi 5 N olarak vermiş. Ben bir
4 makara düşündüm (havada elindeki kalemle bir yuvarlak çiziyor, daha sonra
5 hareketli makarayı anlatıyor), her bir ipteki gerilmenin toplamı makaranın
6 ucundaki m.g ağırlığına eşit olur. Ben bunu aynen makara gibi düşündüm ve her
7 ipten (şekil üzerinde çiziyor) 5 N aşağıya sarkıyor, toplam 10 N olarak
8 düşündüm. Ve bunları ben aynen bu şekilde açtığımda (ellerini iki tarafa açıp bir
9 ip tutuyormuş ve ipi geriyormuş gibi gösteriyor) gerilmeler birbirine ters
10 olacağından, yani iyice çektiğinden, sağ taraftaki gerilme sol taraftakine zıt
11 yönde olacağından sağdaki 5 N soldaki 5 N birbirini götürür. Böylece ipteki
12 gerilme sıfır olur diye düşündüm.
- 13 **C₁:** (C₁'e yönelerek) Bir saniye... Gerilmeler birbirini nasıl götürüyor?
- 14 **E₁:** Dinamikten düşündüğünde (elleriyle hareketli makarayı iplerinden tutup açtığını
15 göstererek) şu şekilde iki yana açtığında gerilmeler birbirine zıt olur diye
16 düşünüyorum. İyice çektiğinde mesela... Gerilmeler sıfır olur diye düşünüyorum.
- 17 **C₁:** İpteki gerilme sıfır olsa o zaman yere düşmesi gerekmez mi?
- 18 **D₁:** (E₁'e soruyor)Toplam kuvvet sıfır olur da... gerilme?
- 19 **B₁:** Tamam da (şekil üzerinde çiziyor) adam bu ipi tuttuğunda ağırlık 10 N değil mi?
20 (sol ve sağ tarafta tutulan yerleri gösteriyor) O zaman şurası 5 N, şurası da 5 N...
21 İki uçtan tutup çektiğim zaman 5 sol tarafta 5 sağ tarafta kaldı.
- 22 **C₁:** (B₁'in kağıdına yönelerek) Sen tam uçlardan düşünüyorsun, ama şekil üzerinde
23 adam tam uçlardan tutmamış. Uç deyince ben ipin bittiği yeri anlarım. 5 N nasıl
24 geriyor?
- 25 **E₁:** O zaman adamın tuttuğu yerlerden alalım mesela...
- 26 **D₁:** (bir hareketli makarayı iplerinden tutar gibi elleriyle gösteriyor) Toplam kuvvet
27 sıfırdır. Ama ip gerilmesi o demek değil ki?
- 28 **E₁:** Dinamiği düşündüm ben...
- 29 **C₁:** Ne düşünürsen düşün o ipteki bir gerilme var.

- 30 **B₁:** Ama biz dinamikte işlem yaparken (kağıt üzerine sabit bir makara çizerek,
 31 sarkan iplerdeki gerilmeyi gösteriyor) şurasını 5 N ve burasını da 5 N aldığımız
 32 zaman, (ve makaranın bağlı olduğu ipi gösteriyor) şurasını 10 N aldık. Burada da
 33 aynı şekilde düşündüğümüz zaman (şekildeki adamın her bir eline bir yuvarlak
 34 çiziyor) farzet ki şurada bir makara ve şurada da bir makara var. Şimdi buradaki
 35 T ip gerilmesini bana söyleyebilir misiniz?
- 36 **C₁:** İkisinin toplamı...
- 37 **B₁:** İkisinin toplamı mı? Değil bence...
- 38 **E₁:** (kağıdına eğik düzlemler bir model çiziyor) T ip gerilmesini eğik düzlemdeki
 39 dinamikte aldığımız zaman sistem hareketsizse geriye doğru bir de m.a
 40 belirliyorduk mesela. Şöyle düşünüyorum (çizimindeki eğik düzlem üzerindeki
 41 cismi gösteriyor, eğik düzlemin üs ucunun bittiği yere bir de yatay düzlem
 42 çiziyor. Bu yatay düzlem üzerindeki cismi, eğik düzlem üzerindeki bağlıyor),
 43 bu sistemi hareketli kabul ediyorum, bunun (eğik düzlem üzerindeki cismin) bir
 44 m.a'sı var. Sürtünmenin olmadığını kabul ediyorum... T ip gerilmesi var... burada
 45 T bu cismin m.a'sına eşit olmuyor mu?
- 46 **B₁:** Bunu da m.a'ya eşitlemek için (asıl sorudaki ipten bahsediyor) $5-5=m.a$ derim. O
 47 da sıfırdır.
- 48 **D₁:** Bir de şöyle bir şey var; (sorudaki ilk şekli göstererek) gerilme aşağıya doğru,
 49 (eliyle havada aşağıya doğru bir doğru çiziyor) düşey konumunda... Bu adam
 50 böyle ipi gerdiği zaman (kendisi de yatayda ip geriyormuş gibi yapıyor) düşey
 51 konumu ortadan kaldırmış oluyor. Yatayda geriyor. Düşeydeki gerilme sıfır.
 52 Ama adam kendi kuvvetiyle onu yataya dönüştürdü.
- 53 **B₁:** Bence ipin ağırlığı düşeyde yatayda da adamınki sıfır...
- 54 **D₁:** Şöyle ip yatay pozisyona geldiği zaman (sorudaki şekli gösteriyor), ipin
 55 ağırlığından kaynaklanan bir gerilme olmuyor mu?
- 56 **A₁:** Hayır, olmuyor.
- 57 **B₁:** Olmuyor...
- 58 **A₁:** (ellerini iki yana açıp ipi tutuyormuş gibi yapıyor) Şimdi burada ipi böyle
 59 çekiyor ya?... (sol elini yumruk yapıp gösteriyor) O zaman ben bu elimi duvar
 60 görevi yapıyormuş gibi düşündüm. (diğer eliyle ipi duvara karşı çekiyormuş gibi

61 yaparak) diğer elim böyle çektiği için bence... ipteki gerilme yaklaşık 5 N olur
62 diyorum.

63 **D₁:** Ama öyle düşünecek olursak adamın kuvvetini ölçmek zorundayız. Adamın her
64 bir elindeki ip parçasının ağırlığı 5 N.

65 **A₁:** Ama adam bir kuvvet uyguluyor zaten...

66 **B₁:** Elinin birini duvar gibi kabul ediyorsan, belki adam ipi bütün gücüyle çekiyor. O
67 zaman ipteki gerilme 20 N veya 1 milyon'dan fazla oluyor. Adamın gücünü
68 bilmiyoruz. Tamam güçlü gibi görünüyor ama...

69 **A₁:** O zaman dinamometreyi düşünün (masanın üzerine kalemini koyarak bunun
70 üzerinde anlatıyor). Dinamometreyi koyduk, (kalemin her iki ucunu zıt yönlerle
71 çekerek) buradan ve buradan 10 N'luk kuvvetlerle çekiyoruz. Dinamometrede
72 kaç okuruz? 10 N buluruz. Bu da aynı şekilde, adam da ipi her iki yana 5 N'luk
73 kuvvetle çekiyor. İpin bir ucunu duvardaymış gibi kabul edin... İpteki gerilme 5
74 N olur.

75 **B₁:** Ben hala sıfır olur diye düşünüyorum.

76 **E₁:** Ben de...

77 **B₁:** Çünkü bugüne kadar ben bu işlemleri çözerken hep (sol tarafı göstererek) bunu
78 bir yön, (sol tarafı göstererek) bunu başka bir yön olarak aldım. İkisini
79 birbirinden çıkarıp m.a'ya eşitledim. Burada ipin ağırlığı aşağıya doğru ama...
80 sıfır bence...

81 **E₁:** Burada adamın iki kolunun da eşit kuvvetle çektiğini düşünüyoruz, evet...

82 **A₁:** Bence adam iki koluyla aynı kuvvet uyguluyorsa ipteki gerilmenin değeri,
83 (adamın) tek kolunun uyguladığı kuvvet değerindedir.

84 **D₁:** Bence kesinlikle ip gerilmesini yatayda tayin edemeyiz. Çünkü adamın
85 uyguladığı kuvveti bilmiyoruz. Bence bu ipteki gerilme adamın ayrı ayrı
86 uyguladığı kuvvetler toplamının yarısıdır.

87 **A₁:** (D₁'e yönelerek) Yani bir uçtan 5 N, diğer uçtan 5 N uygulamışsa ipteki gerilme
88 5 N'dur diyorsun, öyle değil mi?

89 **D₁:** Evet...

90 **E₁:** (D₁'e yönelerek) Bugüne kadar yaptığımız işlemlerde (çizdiği eğik düzlem
91 modelini göstererek) bu eğik düzlem üzerinde T'leri böldük. Yaptığımız
92 işlemlerde ya burayı aldık (eğik düzlemi gösteriyor), ya da burayı (eğik düzlemin

- 93 bittiği noktaya çizdiği yatay düzlemi gösteriyor) aldık. Yani sistemleri hep eşit
 94 olarak ikiye bölerek ele aldık. Burada niye böyle yapmadık?
- 95 **D₁:** (E₁'in çizdiği şekil üzerinde gösteriyor) Sonuçta buradaki de (eğik düzlemi
 96 gösteriyor) T ile çekiyor, buradaki de (eğik düzlemin bittiği noktaya çizdiği yatay
 97 düzlemi gösteriyor) T ile çekiyor. Ama toplam T diyoruz. Yani toplamda iki ayrı
 98 T ip gerilmesi varmış gibi... ama ip gerilmesi T.
- 99 **A₁:** Yani bir tane ip var zaten...
- 100 **E₁:** Peki, niye kendimiz daha rahat işlem yapabilmek için sistemi ikiye ayırıyoruz?
- 101 **B₁:** İkiye bölmek zorundayız, çünkü eğik düzlemdekiyle yatay düzlemdekini aynı
 102 kabul edemeyiz diye ikiye ayırıyoruz. Yoksa bölmese onu direkt T diye alırım,
 103 $T=m.a$ derim.
- 104 **D₁:** (B₁'e yönelerek) Fark ettiysen yatay düzlemde kabul edersek diyorum. Yani
 105 yatay ve iki elin uyguladığı toplam kuvvet... Yani bu toplam kuvvetin yarısı
 106 ipteki gerilmeye eşittir.
- 107 **B₁:** Tamam, sizdeki de bir düşünce... Ama yaklaşık 5 N olur diye beni tam
 108 inandıramadınız.
- 109 **D₁:** Ben yaklaşık 5 N olur demedim. Kuvveti tayin edemeyiz dedim. Adamın iki
 110 eliyle uyguladığı toplam kuvvetin yarısıdır, dedim. Yani hiçbir şıkkı demiyorum,
 111 kendi şıkkımı yazıyorum.
- 112 **E₁:** (A₁'e yönelerek) Peki adamın çektiği diğer kol ne olacak, kuvvet değerlerini
 113 gösteriyorsak?
- 114 **B₁:** (A₁'e yönelerek) Yani adamı nasıl duvar gibi kabul edebiliyorsunuz ki? Adam
 115 oradan da çekiyor...
- 116 **A₁:** Hayır, elini duvar gibi kabul ediyorum. Yani tek elini...
- 117 **B₁:** İyi de adam duvar dediğiniz yerden de çekmiyor mu? Esneyen duvar mı oldu
 118 sizinki? Yani adam bir güç sarf ediyor. Duruyormuş gibi kabul edemem. İpi iki
 119 yana çektiğimde net gerilmem sıfır olur.
- 120 **D₁:** Net kuvvet sıfır orada...
- 121 **B₁:** Ama kuvvet yerine biz çoğu zaman da ipteki gerilmeyi almıyor muyuz? $F-T=m.a$
 122 demiyor muyuz?

- 123 **A₁:** Sen şimdi mesela ipi böyle (iki eliyle havada yatayda bir ipin iki ucundan tutup
 124 çeker gibi davranıyor) her iki ucuna T kuvveti uygulayarak çektin. İpteki gerilme
 125 $2T$ mi diyeceksin? Hayır, yine T diyeceksin.
- 126 **B₁:** Hayır, sıfır diyeceğim.
- 127 **A₁:** Hayır, gerilmeye T diyeceksin.
- 128 **C₁:** Bence adam iki eliyle bu yataydaki etkileri dengeliyor. Ama bunun ağırlığından
 129 kaynaklanan aşağıya doğru bir 10 N var ya? Onu dengeleyecek bir şey yok.
 130 Bence gerilme 10 N 'dur.
- 131 **B₁:** Yani ağırlığı mıdır? Ama gerilmeyi o doğrultu yapmıyor ki? Gerilmeyi yatay
 132 doğrultu yapıyor...
- 133 **C₁:** Yatayları iki eliyle dengeliyor. Aşağıya doğru olan, ipten gelen bir ağırlık var.
- 134 **E₁:** Ama burada da var o ağırlık (sorudaki şekli gösteriyor), burada hiç öyle almadık?
- 135 **C₁:** O ellerdeki 5 N 'luk ağırlık, o ipin ağırlığı işte... Ortadan da 10 N 'u gösterdik...
- 136 **B₁:** (C_1 'e yönelerek) Tamam işte, sen de bizimle aynı şeyi söylüyorsun (E_1 ile
 137 kendisini kast ediyor). Sen bunu düşey doğrultudaymış gibi düşünüyorsun, biz
 138 ise yataydaymış gibi düşünüyoruz.
- 139 **D₁:** Ben biraz önce adamın toplam uyguladığı kuvvetin yarısıdır dedim. Neden ipi
 140 hesaba katmadım? Yatayda ipin ağırlığının önemi yok.
- 141 **A₁:** Bence de ipin ağırlığının önemi yok, adam yatayda kaç N ile çekiyorsa ipteki
 142 gerilme o kadardır. Adam 5 N 'la mı çekiyor? O zaman gerilme 5 N 'dur.
- 143 **D₁:** İpin gerilmesi sıfırdır dersek, zaten ipin öyle durması imkansız.
- 144 **E₁:** Tamam, ipin gerilmesi sıfır dersek ipin gergin durması imkansız bir şey, ama...
 145 Bunu kendi elleriyle yapabilirler...
- 146 **D₁:** Toplam kuvvet sıfır yani... İki taraf da eşit kuvvetle çekiliyor, toplam kuvvet
 147 sıfırdır. Orada bir tereddüt ediyoruz, ama toplam gerilme sıfır değildir.
- 148 **A₁:** Gerilme sıfır olmaz zaten... Bence (b) şıkkı.

EK-6: 5.SINIF GÖZLEM KAYITLARINDAKİ DİYALOG METNİ

1.SORU

- 1 **C₅:** Düz bir çizgi boyunca hareket eden (kutunun içindeki kadın) diğerinin hareketini
 2 saptayabilir. Bu kadın (şekildeki ilk kadını göstererek), bunun (dönen kadını
 3 gösteriyor) döndüğünü görecektir.
- 4 **B₅:** Döndüğünü anlayabilir mi?
- 5 **C₅:** Şimdi olmadı ama... (kutuyu göstererek düşünüyor) cisim köşegen... Bu kutu
 6 değil de küre olsaydı belki döndüğünü anlardı..
- 7 **B₅:** Hayır, kutuda da olsa komple saydam...
- 8 **D₅:** (C₅'e yönelerek) Kadının döndüğünü zaten anlardı. Çünkü kadın dönüyor.
 9 Aslında ilk sorulacak şey, hızlarının büyüklükleri bence... (şekildeki dönen kadını
 10 gösteriyor) Bu kadın arkası dönükken, düz giden bunun yanından geçseydi onun
 11 arkasını görerek yorum yapacaktı. Dönen kadın ise diğerini zaten hiç
 12 görmeyecekti. O yüzden ilk sorulması gereken şey bence hızları... Dönen kadının
 13 dönüş hızı, düz giden kadının ise çizgisel hızı önemli.
- 14 **B₅:** Ama düz giden kadın karşıdan gelirken de bunun döndüğünü görebilir. Ama
 15 işte... Hareketini anlayabilir mi? Asıl önemli olan... Tabi ki bir hareket görecektir
 16 de... Yani düz gidiyor mu görür, dönüyor mu görür?
- 17 **C₅:** Düz gidiyor gibi anlamaz.
- 18 **B₅:** (kağıt üzerinde çizerek gösteriyor) Mesela hız vektörlerini çizersek; bu dönüyor
 19 (dönen kadının dairesel bir yörünge üzerindeki hız vektörünü çiziyor), bu da
 20 geliyor (düz giden kadının çizgisel hız vektörünü çiziyor). Şimdi bağıl hareketin
 21 yorumu da bunların nerede olduğuna bağlı. O zaman bağıl harekete bakalım
 22 (yeniden çiziyor), mesela dönen kadın şuradayken diğeri de buradan geçti
 23 diyelim (alt alta iki hız vektörü çiziyor). Bağıl hareketi “düz giden kadına göre
 24 dönen kadın” diye söylersek, bunu(dönen kadının hız vektörünü gösteriyor) ters
 25 çevirip diğerinin ucuna ekleriz.
- 26 **C₅:** Herhangi bir an için çiziyorsun bunu, değil mi?
- 27 **B₅:** Herhangi bir anı düşünüyorum, evet... Birkaç durum için bunları çizersek, çizimleri
 28 birleştirdiğimizde nasıl bir hareket olur diye düşünüyorum.

- 29 **C₅:** Bence bunu biraz daha somutlaştırsak... Mesela burada döner bir kavşak
 30 olduğunu düşünelim. Biz kavşağa düz girerken kavşağın etrafında dönen bir
 31 araba olduğunu düşünsek... Onun hakkında ne yorum yaparız? Saptayabiliriz,
 32 sonuçta ne kadarlık bir hızla dönecek ki? Işık hızına yakın bir hızla
 33 dönmeyecektir muhakkak... Öyle değil mi? Bu kadınları araba gibi düşünsek...
 34 Veya lunaparktaki atlıkarınca gibi düşünelim (eliyle havaya yatay olarak sürekli
 35 dönen bir daire çiziyor). Atlıkarınca dönüyor olsun, biz de yanına yaklaşıyoruz.
 36 (bir süre düşünüyorlar)... Bu (düz giden kadın), diğerinin döndüğünü görür de
 37 dönen kadın diğerinin nereye gittiğini nasıl görecektir?
- 38 **B₅:** Ama sabit hızla mı dönüyor? Bence sabit hızla gittiğini görmez. Bak mesela
 39 burada... (soruyu sesli okuyor).
- 40 **A₅:** Ben tartıştığınızdan biraz daha farklı bir şekilde bir şey söylemek istiyorum. Eğer
 41 birisi diğerinin hareketini saptayabilirse öteki de diğerinin hareketini saptayabilir
 42 diyorum. Ya ikisi de birbirinin hareketini saptayacak ya da ikisi de
 43 saptayamayacak. Yani şu (a) ve (b) şıklarını eledim. Ama doğru olarak
 44 saptayabilmek için bir referans sistemi lazım diye düşünüyorum. Mesela dışarıya
 45 detektör gibi bir şey konulsa... Onun yardımıyla birbirlerinin hareketlerini
 46 saptayabilirler.
- 47 **D₅:** (A₅'e yönelerek) O şekilde düşünmek doğru olmaz. Atlıkarınca gibi düşün,
 48 dönüyorsun. Yerde de birisi düz giderken senin o yörüngenin neresinde olduğuna
 49 göre onu(yerde gideni) görmen değişir. (eliyle gösteriyor) Mesela saat yönünden
 50 gelirken o kendine (sana) yaklaştığı için sen onu çapraz gidiyormuş gibi
 51 görürsün.
- 52 **A₅:** Biz yine onun da dairesel hareket yaptığını görüyoruz. Öyleymiş gibi gelmez mi?
- 53 **D₅:** Düz giden dairesel hareketi görür; ama dairesel hareket yapan, karşısındakinin
 54 hareketini çizgisel görmez.
- 55 **B₅:** Evet, başka bir yöne gidiyormuş gibi görür.
- 56 **C₅:** (A₅'i göstererek) A₅'in dediği gibi... Diyelim ki atlıkarıncada dönerken (elini
 57 kendi etrafında döndürüyor ve yan tarafında tutuyor) buradan bir hareketli
 58 geliyorsa ben bunu yanımda duruyormuş gibi görürüm. Ama bir müddet
 59 döndüğüm zaman (bedeniyle oturduğu yerde biraz dönüyor) aramızda şöyle bir
 60 açı (ellerini bileklerinden birleştirerek biraz açıyor) oluşacak.

- 61 **A₅**: Yani o (düz giden) dönüyormuş gibi oluyor. Ben duruyorum da o dönüyormuş
62 gibi... Doğrusal hareket edeni dairesel hareket ediyormuş gibi görüyor.
- 63 **C₅**: O zaman (soruya bakıyor) kesin olarak saptayamaz.
- 64 **A₅**: Ama kendi hareketinin farkında mı? Bir de o var... Mesela ben dairesel hareket
65 yapıyorum, atlıkarıncadayım, yanımdan düz bir şekilde birisi geçiyor. Ben
66 kendimin dairesel hareket yaptığımı biliyor muyum? Sonuçta bana bir F_m
67 merkezci kuvveti etki ediyor, kendimi savruluyor gibi düşünmez miyim?
- 68 **B₅**: Ama kendine değil, diğer hareketliye bakıyorsun.
- 69 **C₅**: (A₅:’e yönelerek) Atlıkarıncada senin bir tane eylemsizlik referans sistemin var
70 ya... Oradan anlarsın da... (soruya bakıyor) Burada oturduğu için bir tek senin
71 dediğin referans sistemine dönüşüyor.
- 72 **B₅**: Niye almadık ki döndüğünü?
- 73 **A₅**: (B₅:’e yönelerek) Merkezci kuvvetten dolayı eylemsizlikten ötürü bir dışa
74 savrulma etkisi olacak ya... Belki o yüzden “ben dairesel hareket yapıyorum” der,
75 “Madem ben dairesel hareket yapıyorum, bu da yanımdan geçiyor, dairesel gibi
76 gidiyor. O zaman ben dairesel hareket yapıyorum, o düz gidiyor” diyebilir.
- 77 **B₅**: Bir video izlemiştim ben... Çocuklar dönen bir şeyin içinde birbirlerine bir top
78 atıyorlar. İçerdeyken top karşıya gidiyormuş gibi görünüyor, ama dışardan
79 bakınca böyle bir yay (parmağıyla havaya bir yarım daire çiziyor) çizdiğini
80 görüyorsun. Bence bu yüzden düz giden bunun (şekildeki dönen kadını
81 gösteriyor) yanından giderken, dönen kadın aslında duruyormuş da ötekini
82 gidiyormuş gibi görecektir. Ama anladığı şey düz giden kadının düz bir çizgi
83 boyunca gittiği değildir.

2.SORU

- 1 **C₅**: Ben bir şey sorarak başlamak istiyorum, “Sistemin ağırlığı şimdi ne olur?” diye
 2 soruyor ya... Yani daha önce ne olurdu ki? Bence bunu önce Dünya’da yapıp
 3 sonra X-Evreni’ne gitmeliyiz.
- 4 **B₅**: Bence orada şunu kast ediyor; ağırlık dediğimiz neydi? Cisme uygulanan
 5 yerçekimi kuvveti... Şimdi burada küçük kütleli cisme daha küçük bir ivme etki
 6 ediyor. Yani, küçük kütleli cisme uygulanan kuvvet daha az... Yani ağırlığı daha
 7 az diye düşünüyorum.
- 8 **A₅ ve D₅**: Ben de öyle düşünüyorum.
- 9 **C₅**: Onu zaten soruda söylüyor. Sistemin ağırlığı şimdi ne olur diye soruyor. Yani
 10 ağırlık artacak mı, azalacak mı?
- 11 **D₅**: Normalde ikisinin (iki cisimden bahsediyor) ağırlığını oranlarsak, kütlelerin
 12 oranını buluruz. Ama şimdi burada (X-Evreni’nde) bu oran, kütlelerin oranını
 13 vermeyecek. Yani normalde $m_1 \cdot g / m_2 \cdot g = m_1 / m_2$ olur. Ama X-Evreni’nde $m_1 \cdot g_1$
 14 $/ m_2 \cdot g_2$ olacak. g_1 ve g_2 birbirinden farklı. Bu oran da X-Evreni’ndeki ağırlıkların
 15 oranı olacak.
- 16 **C₅**: (D₅’e yönelerek) Burada sadece bu iki oranı kıyaslarsın ve X-Evreni’ndeki oran
 17 Dünya’dakinden küçüktür dersin. “Ağırlık ne olur?” sorusuna bir cevap
 18 bulamazsın...
- 19 **B₅**: İki cismin de eşit kütleli olduğunu düşünelim. O zaman ikisine de etki eden ivme
 20 her iki durumda da aynı olacak. Kütle arttıkça ivme de artıyor, dolayısıyla
 21 ağırlığı da artıyor. Eşit kütleli olunca birisi küçülürken diğerininki artarsa yine
 22 eşit olur. Neye göre küçük neye göre büyük olduğunu bize vermediği için... Yani
 23 soru “10 kg’dan küçük olanları şu kadar, büyük olanları şu kadar” demiyor. Sen o
 24 “eşit kütleli” yi referans alırsan... Kütle azalırken ağırlık azalacak, kütle artarken
 25 de ağırlık artacak. O zaman da eşit oranda olur diye düşünüyorum.
- 26 **C₅**: Şimdi senin tezin şu... (kağıt üzerinde yazarak anlatıyor) ağırlığın kütleyle bağlı
 27 grafiği şu (y-ekseni ivme, x-ekseni kütle olan bir grafik çiziyor. Doğrusal bir
 28 grafik belirleyip, bu doğrunun x-ekseniyle yaptığı açıya α diyor)... Buna göre
 29 kütle arttıkça ağırlık da artıyor ($\tan \alpha$ ’nın sabit olduğunu gösteriyor). Sen bu

30 şekilde mi kabul ediyorsun? Peki ya şöyle olursa (aynı grafiği parabol olarak
31 çiziyor) ne olacak? Parabol için nasıl yorumlarsın?

32 **B₅**: Ama referans almadık ya.. o yüzden...

33 **C₅**: (parabol grafiği göstererek) Burada da referans almadık. Biz hangi oranda
34 arttığını bilmiyoruz ki... (bir parabol denklemi yazıyor ve karşılaştırıyor) Bu
35 grafikte oran varken, bu grafikte çarpım var. Senin grafiğin, şartları biz
36 belirlersek şu (ilk çizdiği grafiği göstererek) olacak.

37 **B₅**: Benim fikrim bu, ama eğer diğer grafiği kabul edersek durum değişir.

38 **C₅**: Senin şartların altında ağırlık değişmiyor o zaman...

39 **A₅**: Bence burada küçük kütleli cisimler büyük olanlara göre daha küçük ivmelerle
40 düşüyorsa... Sizin söylediğiniz gibi şartları verirse o zaman ağırlığın değiştiğini
41 veya değişmediğini söyleyebiliriz. Ama şu durumda ağırlık değişir ya da
42 değişmez diyemeyiz.

3.SORU

1 **B₅:** Ben kavanozun içinde hava var diye düşündüm, çünkü uçuşması için buna ihtiyacı
2 var. Normalde sinekler uçarken ağırlıkları yokmuş gibi düşünülüyor. Ama
3 uçuşması için ağırlığı kadar havayı arkasında bıraksın ki, yani ağırlığı kadar bir
4 kuvvet uygulaması lazım ki uçabilsin, yani havada dengede kalabilsin.

5 **D₅:** Şimdi buna (sineğe) etki eden net kuvvet sıfır gibi diyorsun. Buna etki eden
6 ağırlık aşağı doğru, kaldırma kuvveti yukarı doğru diyoruz. Bu kaldırma
7 kuvvetinin tepkisi de kaldırma kuvvetinin farkının yerine geçsin ki dolayısıyla
8 sineğin ağırlığı da dibe iletilsin.

9 **C₅:** Bu şuna benziyor: Su dolu bir kaba portakal attığımızda kap ne kadar ağırlaşır?
10 Kaldırma kuvveti kadar... O sırada bir de sineğin havasız ortamda uçabileceğini
11 düşündüm. O zaman ağırlıkta bir değişme olmaz dedim.

12 **A₅:** Ben bir şey söylemek istiyorum. Ya kavanozun içindeki bütün sinekler aynı anda
13 yukarı doğru hareket ederse? ... ya da bir tane sinek diyelim. Yukarı doğru
14 hareketinde aslında denge durumu değil de... (biraz düşünüyor) yukarı çıkarken
15 aşağıya daha fazla havayı itiyor. Aslında ağırlığından daha fazla havanın yere
16 ulaşması gerekmez mi?

17 **C₅:** Evet, o değişir. Ama orada da artar ya da azalır diyemeyiz. Sineğin her kanat
18 çırpışında hava şöyle gidip gelecek (elini yukarı aşağı açıp kapatarak hareket
19 ettiriyor). Yani kanadını aşağı doğru vururken hava aşağı doğru gidecek ve
20 ivmeye bir +a eklenecek, ama yukarı doğru kaldırdığında bu defa hava yukarı
21 doğru hareket edecek. Dolayısıyla ibre tık tık tık (parmağıyla sağa sola titreşim
22 gösteriyor) değişecek.

23 **B₅:** Ama bir de havanın uyguladığı kaldırma kuvveti var...

24 **C₅:** Zaten o nedenle uçuyor ya?

25 **B₅:** Pardon, yanlış söyledim. Sinek kendi de bir kuvvet uyguluyor. Normalde
26 havanın uyguladığı kaldırma kuvveti yetmiyor, bir de kendi kanat çırparak ek bir
27 kuvvet oluşturuyor. Ama tabi onu ihmal ederiz herhalde, etkisi yoktur deriz.

28 **C₅:** Ama bir de şu var... Biz zaten hava ortamı içinde bulunduğumuzdan, bizim nasıl
29 ki ağırlığımız havanın kaldırma kuvvetinden çıkartılmış haliyle ölçülüyorsa sinek
30 için de aynı şey geçerli. Aynı şekilde kavanoz da havanın içerisinde... Onun

- 34 ağırlığını da kaldırma kuvvetinden çıkarılmış olarak ölçüyorsun. Bu referans
35 sistemi içerisindeki bütün cisimler için bu geçerli... O yüzden onunla ilgisi
36 olduğunu sanmıyorum.
- 37 **B₅:** Evet... Ama A₅'in dediği gibi dengede olup olmama durumu da önemli...
- 38 **C₅:** Dengede değil zaten, baksana (şekli gösteriyor) oklar sürekli bir hareket halini
39 gösteriyor. Öyle düşünmüyoruz.
- 40 **B₅:** Tamam, düşünelim o zaman...
- 41 **A₅:** O zaman aynı değerler gözlenir mi ki?
- 42 **D₅:** O zaman (c) bizim verdiğimiz cevaba en yakın...
- 43 **C₅:** Evet.

4.SORU

1 **B₅:** Burada (ilk resmi gösteriyor) adam ipi bu şekilde tutunca iplerin her birine
2 (adamın ipi tuttuğu yerleri göstererek) yukarıya doğru 5 N'luk kuvvet uyguluyor.
3 Başka bir kuvvet uygulamıyor.

4 **D₅:** Halatın ağırlığı 10 N ise her bir uçtaki gerilme 5 N'dur.

5 **B₅:** İşte ben bu noktada tereddütte kalmıştım. İpin her bir ucundaki gerilme değil de
6 sanki adamın her bir uca uyguladığı kuvvet 5 N oluyor. Eğer bu soruya göre bu
7 uçlara uygulanan kuvvetin adı gerilme ise o zaman burada da (ikinci şekli
8 göstererek) yine aynıdır. Ben o yüzden 10 N diyorum.

9 **A₅:** Bence aynı değil... Ben 1 milyon N'dan fazla diyorum. Bir de şunu düşündüm.
10 Birinci durumda ipin ağırlığı aşağı doğru... Adam bunu dengelemek için, yani ipi
11 tutmak için her bir uca 5'er N uyguluyor. Şimdi ipi tamamen yatay pozisyona
12 getirdiği zaman (ellerini iki yana açarak ipi geriymiş gibi yapıyor), kuvvetleri
13 sağa ve sola doğru uyguluyor. İpin ağırlığı aşağıya doğru, bunu dengelemek için
14 yukarıya doğru mutlaka bir kuvvet uygulaması lazım... ama mutlaka! Yoksa ip
15 dengede durmaz. Adam ipi gerdirdiği zaman düşeyde kuvvet yok demektir. Ama
16 kuvveti görünürde iki yana uyguluyor. O zaman düşeyi ne dengeliyor?

17 **B₅:** (ellerini ipi geriymiş gibi gösteriyor ve iki elinin baş parmağına vurgu
18 yapıyor) Ama elini şu şekilde tutunca şurasıyla (baş parmak ve işaret parmak
19 arasında) bir kuvvet uyguluyor, o da ipe tepki uyguluyor.

20 **D₅:** Bu şuna benziyor, (bir ipin ucuna bağlanmış bir cisme düşeyde konik hareket
21 yaptırdığını eliyle gösteriyor) düzgün dairesel hareket yaptırdığımız cismin ipini
22 hiçbir zaman tam yatay yapamıyoruz. O ipte hiçbir zaman eğim sıfır olmuyor.
23 Şöyle düşün, elinde bir lastik veya bir ip olduğu zaman yatayda tutup
24 gerdirdiğinde herhangi bir bükülme, bir bombe oluyor mu? Tamamen doğrusal
25 oluyor. Bence ya elimizle uyguladığımız kuvvet yukarı doğru dengede tutuyor ya
26 da o kadar çok geriye ki (ipte) atomlar arasındaki ayrılma o kadar çok oluyor
27 ki ağırlığın etkisini ortadan kaldırıyor. Çünkü A₅'in dediği gibi, bu adam her
28 durumda sağa sola çekerse bu ip şu şekilde (adamın ikinci şekilde tuttuğu ipi
29 bükülmüş olarak gösteriyor) olacaktır anlamı çıkıyor. Ama biz bunu denersek, bir

30 ip alıp gerdiğimiz zaman kesinlikle doğrusallığı sağlarsınız, yani böyle (çizdiği
31 şekli gösteriyor) olmaz.

32 **A₅**: Ama senin söylediğin ip veya lastik çok hafif... Daha ağır bir şey düşün. 5 kg'lık
33 bir cisim düşün, bu ipin tam ortasına astın. Tamam, çok kuvvetlisin, bütün
34 gücünle ipi yanlara çekiyorsun. Ama bu tamamen dümdüz, yatay bir konuma
35 gelmez.

36 **D₅**: 1 kg'lık cisimle yatay konuma getirebiliyorsam, senin söylediğinde de getiririm.

37 **B₅**: Şöyle tutarsan (avucunun içini yere doğru göstererek ipi geriormuş gibi
38 yapıyor) dengeleyemezsin belki ama böyle tutarsan (aynı gösterimi avucunun
39 içini yukarı doğru göstererek tekrarlıyor) bence tamamen yatay konuma
40 getirebilirsin. Çünkü önemli olan ellerinin o tepkiyi yaratması...

41 **D₅**: Bence o doğrusallık sağlanır. İster avuç içiyle ister moleküller arası düşünelim, o
42 doğrusallık sağlanır.

43 **B₅**: Yani sonuçta yukarıya doğru ağırlığını dengeleyen bir 10 N olacak mı?

44 **D₅**: Olacak, evet.

45 **A₅**: Neden yukarı doğru 10 N diyoruz?

46 **B₅**: Parmaklarınla uçlarda dengeliyorsun.

47 **A₅**: Yani aslında hem yatay hem dikey kuvvet mi uygulanıyor?

48 **B₅**: Benim bu bahsettiğim sadece düşey için... Her bir uçta 5'er N kuvvet olacak, o
49 değişmiyor. Ama yatayda da... (düşünüyor)... Net kuvvet durumu var, o ayrı...

50 **D₅**: Sadece yatay konuma getirmek için uygulanması gereken minimum kuvvet
51 soruluyorsa başka bir şey söyleriz. Ama ipi yatay konuma getirdikten sonra da
52 çekmeye ve ipi farklı bir değerde germeye devam edebilirim. O yüzden bu
53 sorunun cevabına (e) dedim.

54 **B₅**: (kalemi eline alıp ipmiş gibi anlatıyor) Ben şimdi bunu bir ucundan tutunca
55 dengede durmuyor. Bakın, dengede kalmıyor, net bir moment ortaya çıkıyor.
56 Eğer bize ipteyataydaki kuvveti soruyorsa... yatayda net kuvvet sıfırdır.

57 **C₅**: Ama ip gerilmesini soruyor.

58 **A₅**: Gerilme sıfır bence...

59 **D₅**: Adamın sağa ve sola doğru uyguladığı kuvvetlerin toplamı sıfırdır bence...

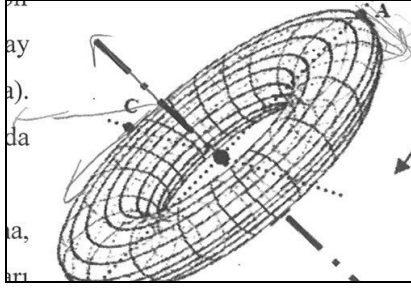
60 **B₅**: Ben adamın uyguladığı kuvvet sıfırdır demiyorum. Adamın uyguladığı net
61 kuvvet 10 N' dur diyorum. İpi istediği kadar gerebilir. Uçlara uyguladığı kuvvet,

62 ip dengede olduğuna göre birbirine eşittir. İpi yataya getirdiğinde istediği kadar
63 gerebilir. (D₅'e yönelerek) Senin dediğin gibi, ben bu ipi ne kadar çektiğini
64 bilemem ki... Gerilme 1 milyon N' dan fazla da olur, 10 N da olur. O zaman
65 burada gerilme dediği şey adamın uyguladığı kuvvete bağlıdır bence...

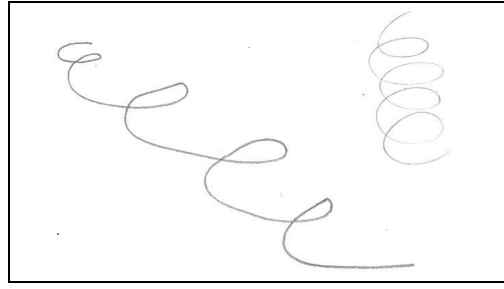
EK-7: GÖZLEM VE GÖRÜŞMELERDEKİ ÖĞRENCİ ÇİZİMLERİ

[1]

D₁:

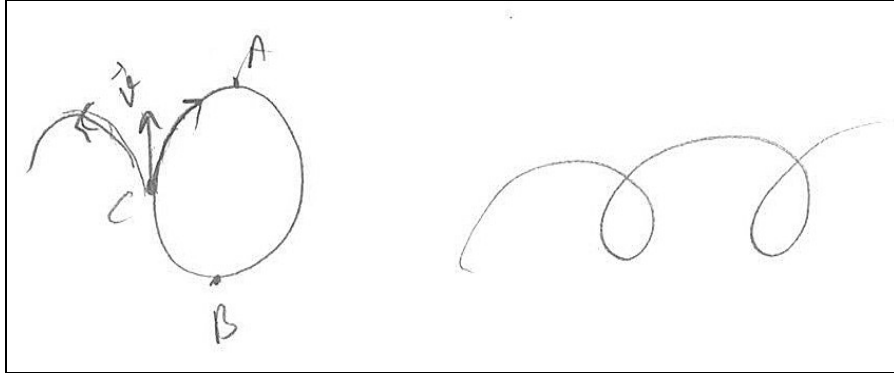


C₁:

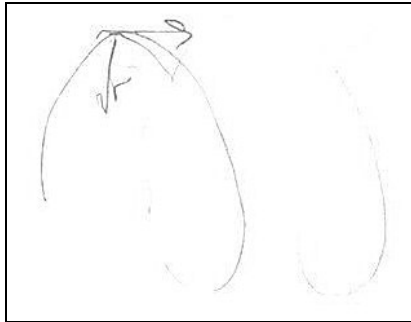


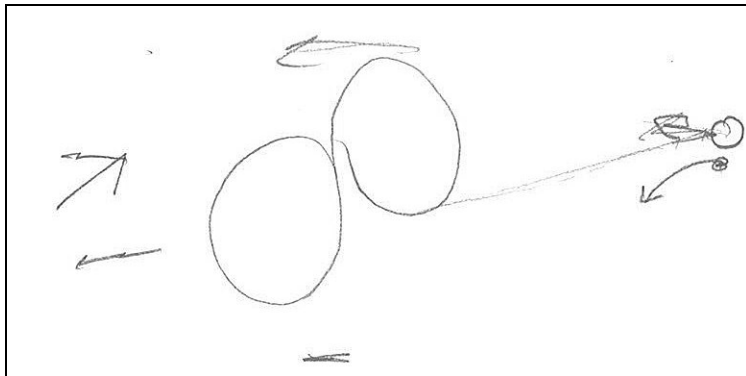
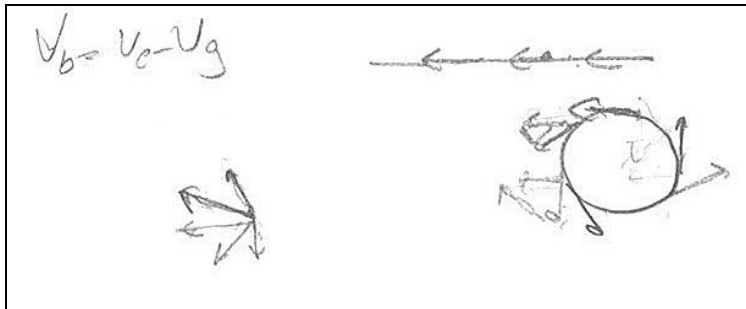
[2]

A₅:



B₅:



C₅:D₅:

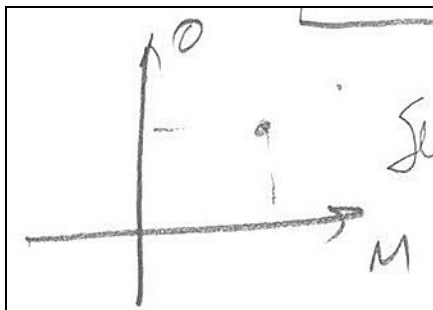
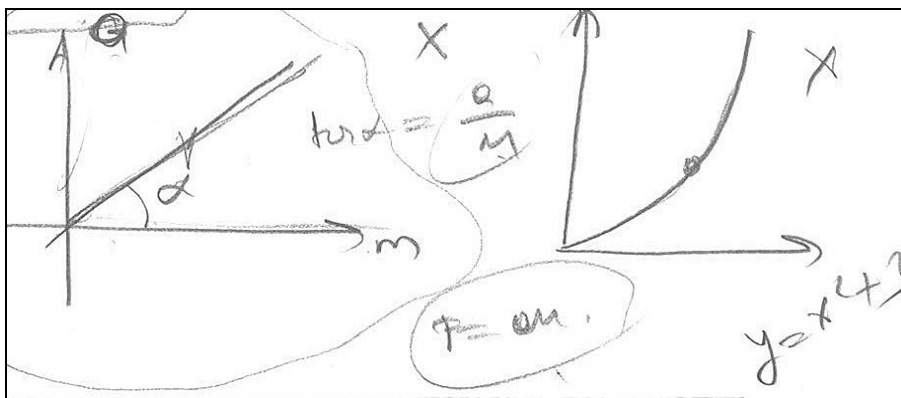
[3]

D₅:

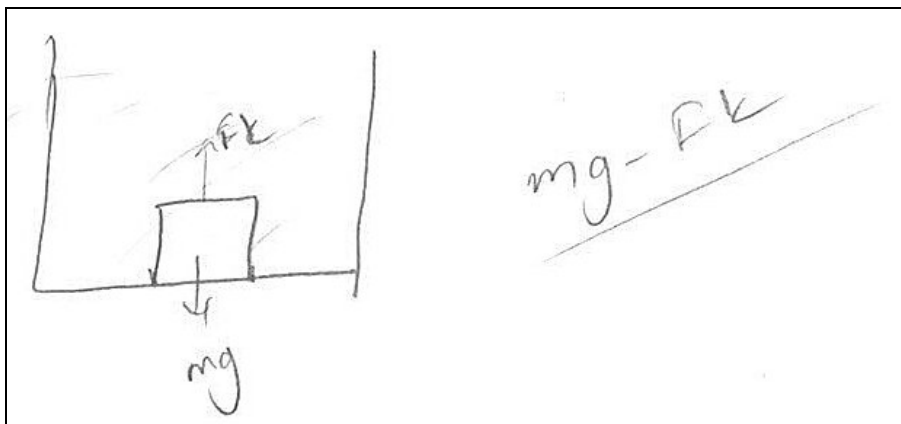
$$G = m_1 g$$

$$\frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{m_1}{m_2}$$

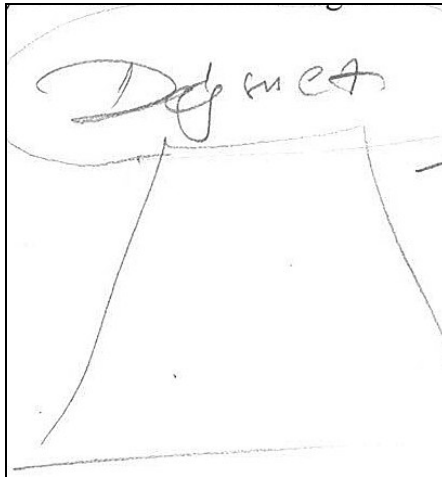
$$\rightarrow \frac{m_1 g_1}{m_2 g_2} = \frac{G_1}{G_2}$$

C₅:C₅:

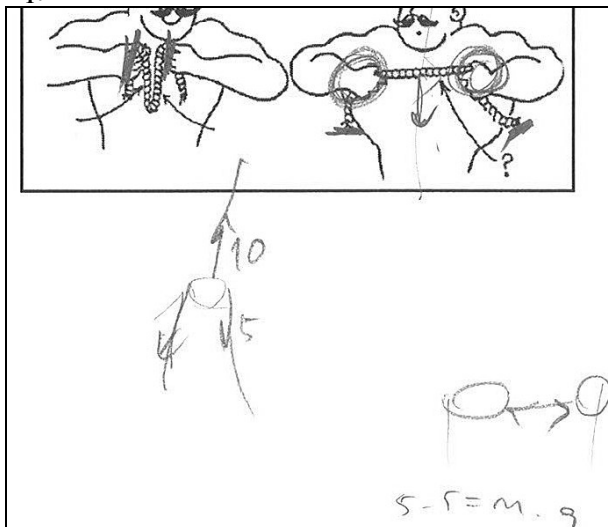
[4]

D₁:

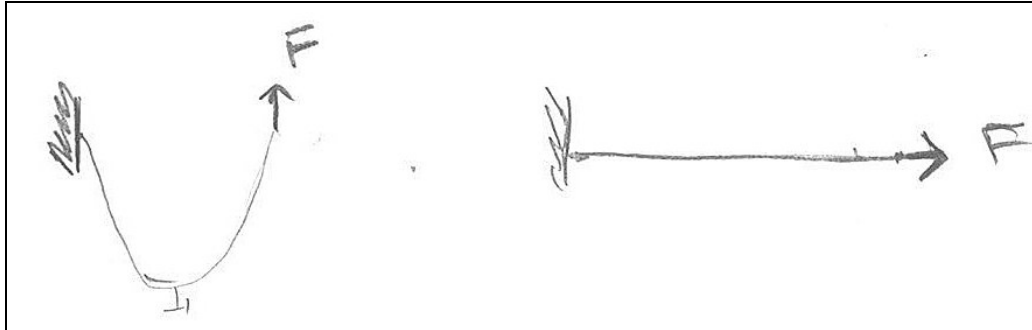
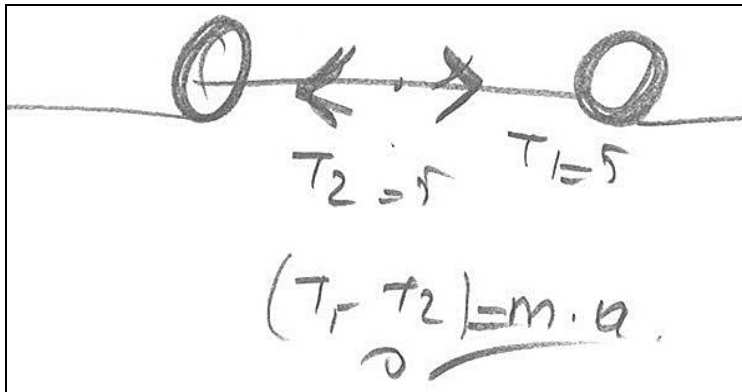
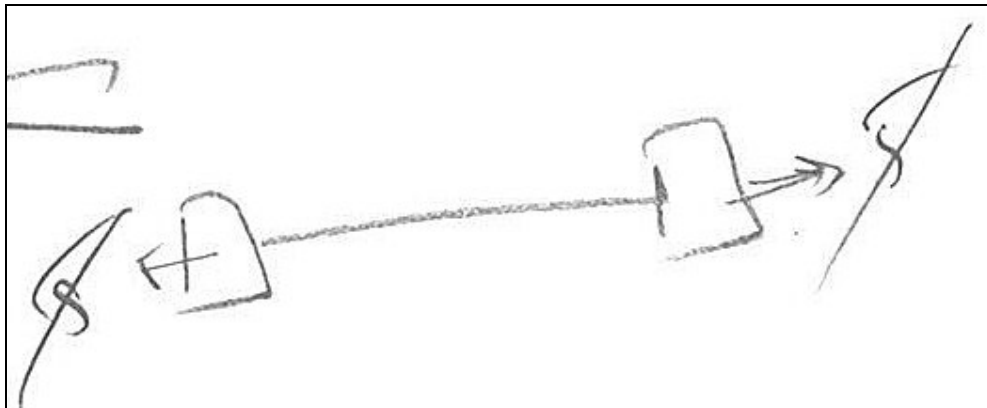
[5]

C₅:

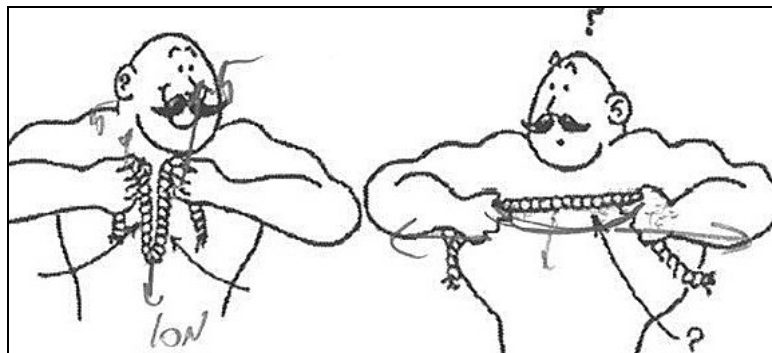
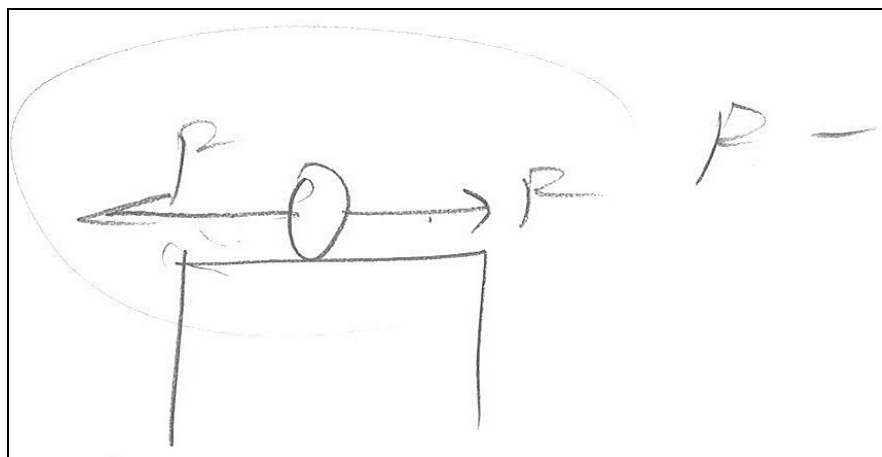
[6]

E₁:**B₁:**

[7]

A₁:B₁:E₁:

[8]

 D_5 : C_5 :

ÖZGEÇMİŞ

24.11.1983 yılında Antakya’da doğdu. 1997 yılında Adana Sıtkı Kulak İlköğretim Okulu’nu, 2001 yılında Antakya 23 Temmuz Merkez Lisesi’ni bitirdi. Aynı sene Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Öğretmenliği Anabilimdalı’nı kazandı. Gazi Üniversitesi Bilimsel Düşünce ve Araştırma Topluluğu (BİLDAT)’nın kuruluş aşamasında yer aldı. Fizik merakının yanı sıra müzik ve edebiyat alanlarıyla aktif olarak ilgilendi. 2006 yılındaki lisans mezuniyetini takip eden dönemden itibaren Fizik Öğretmenliği yaptığı Ankara Açı Dersaneleri’nde görevine devam etmektedir.