

Momentum ve İmpuls Kavramlarını Anlama – II: Öğretmen Adaylarının Momentum ve İmpuls Konuları ile İlgili Durumlar İçeren Problemlere Verdikleri Yazılı Cevapların İncelenmesi

Understanding the Concepts Momentum and Impulse – II:
A Study of Teacher Candidates' Written Responses to
Problems about Instances Related to Momentum and Impulse

Şebnem KANDİL İNGEÇ

Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Fizik
Öğretmenliği Anabilim Dalı, Ankara-TÜRKİYE singec@gazi.edu.tr

Mehmet Fatih TAŞAR

Gazi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı,
Ankara-TÜRKİYE mftasar@gazi.edu.tr

Pervin ÜNLÜ

Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Fizik
Öğretmenliği Anabilim Dalı, Ankara-TÜRKİYE pgunes@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, Gazi Eğitim Fakültesi'nde farklı anabilimdalı ve sınıflarda öğrenim gören 192 öğrencinin katılımı ile 2001 güz dönemi başlangıcında gerçekleştirilmiştir. Öğretmen adaylarına momentum ve impuls kavramlarını kullanarak çözülebilecek çoktan seçmeli cevaplar içeren dört problem yöneltilmiştir. Ancak katılımcılardan cevaplarını açıklamaları da istenmiştir. Çalışmanın amacı, öğrencilerin bu problemlere cevap verirken, momentum ve impuls kavramlarını uygulama düzeylerini tespit etmektir. Elde edilen bulgular momentumun korunumu ve impuls-momentum teoreminin problemlere uygulanması aşamasında sorunların olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sorunların başlıcaları; ele alınan sistemin sınırlarının çizilmemesi, iç/dış kuvvetlerin dikkate alınmaması ve momentumun vektörel bir büyüklük olduğunun göz ardı edilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Fizik eğitimi, fen öğretmeni yetiştirme, öğrenci kavramaları

ABSTRACT

This study was conducted in the Fall semester of 2005 at Gazi University Faculty of Education with the participation of 192 teacher candidates from different majors and years. There were four multiple choice problems that can be solved by using momentum and impulse concepts in the survey. Participants were also required to give extended responses for each problem. The purpose of this study was to determine the level of successful application of momentum and impulse concepts to the problems. Findings reveal that students experience difficulties in applying impulse-momentum theorem to the problems. The major difficulties were not drawing limits of the system examined, disregarding internal/external forces, and ignoring that momentum is a vector quantity.

Keywords: Physics education, science teacher education, student conceptions

1. Giriş

Hashweh (1988) yapılan çalışmaları metodolojik olarak üçe ayırma ihtiyacı duymuştur. Onun öne sürdüğü üç kategori *tanımlayıcı çalışmalar, açıklayıcı çalışmalar ve kavramsal değişimi sınavan çalışmalar* şeklindedir. Tanımlayıcı çalışmalarda öğrencilerin ön-kavramları belirlenmeye ve betimlenmeye çalışılmak amaçlanmalıdır. Metodolojik olarak bu kategoriye giren çalışmalarda kavramsal değişimin nasıl olacağına yönelik bir saptama yapılmadığı ve sadece tanı oluşturulduğu için öğrenmenin nasıl gerçekleşeceğine veya nasıl bir eğitim modelinin kavramsal değişimi destekleyeceğine yönelik sonuç çıkarılamaz. Dolayısı ile tanımlayıcı çalışmaların doğrudan eğitimsel doğurguları olamaz. Hangi strateji içinde, hangi yöntem ve tekniklerin kullanılmasının daha faydalı olacağı ancak açıklayıcı ve bunları sınavan çalışmalarda ortaya koyulabilir.

Jones (1983), Watts (1983) ve Osborn (1985) *durumlar hakkında mülakatlar* tekniğini kullanarak öğrencilerin önbilgilerini ve alternatif düşüncelerini incelemişlerdir. Bu teknikte öğrencilere problemi içeren ve tercihen günlük yaşamdan belirli durum hakkında görüşleri açık uçlu olarak sorulur ve açıklamaları analiz edilerek öğrenci görüşlerinde bir desen olup olmadığı araştırılır. Çoktan seçmeli anketlerle yapılan nicel verilere nazaran bu araştırma tekniği kullanıldığında nitel analiz yapılması ihtiyacı doğar. Nitel analizde önem verilmesi gereken bir husus araştırmacı üçlemesidir.

Verilere dayanarak cevap kategorileri oluşturulurken ve öğrenci cevapları kategorilere ayrılırken nesnelliği sağlamakta araştırmacı üçlemesinin önemi büyüktür (Denzin, 1970). Bu sayede araştırmacıdan kaynaklanan hata ve öznel değerlendirme sorunları en aza indirilebilir.

Yüzyüze görüşme veya açık uçlu cevapların değerlendirilmesinde öğrenciler belirli seçenekler arasında tercihe zorlanmadıkları için düşüncelerini olduğu gibi veya ona yakın bir şekilde açığa çıkarma fırsatı doğmaktadır. Nitel veri analizi zaman alıcı ve zahmetli olmasına karşın öğrencilerin düşüncelerindeki zenginliği belirlemede oldukça yararlıdır. Bu tür araştırmalarda daha önce belirlenmiş olan bir durumun seçilen alanda ne şekilde tezahür edeceği değil, özellikle hakkında az şey bilinen konularda (öğrencilerin momentum hakkındaki düşünceleri gibi) alanda ne olduğunun belirlenmesi önem kazanmaktadır (Strauss ve Corbin, 1998, s. 10-14.)

2. Amaç

Bu çalışmanın amacı öğretmen adaylarının momentum ve impuls kavramları hakkındaki bilgilerini ve bunları farklı durumlara uygulama becerilerini araştırmaktır. Bu amaca yönelik olarak öğrencilerin yöneltilen problemlere cevap verirken, momentum ve impuls kavramlarını uygulama düzeyleri incelenmiştir. Momentum ve impuls kavramlarının öğretilmesi ve öğrenilmesi üzerine yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır. Dolayısıyla bu kavramların problemlerde kullanılması sırasında karşılaşılan güçlükleri ve eksiklikleri bilimsel verilerle tespit etmek, bunların giderilmesine yönelik öneriler sunmak ve bu yolla literatüre katkıda bulunmak yararlı olacaktır.

3. Veri Toplanması

Bu çalışmada veri toplama işlemi 2001-2002 eğitim-öğretim yılı başında, güz döneminin ilk iki haftasında değişik gruplar halinde toplam olarak 192 öğrencinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Öğretmen adaylarına momentum ve impuls konuları ile ilgili iki kısımdan oluşan bir anket uygulanmıştır. Ankette momentum ve impuls kavramlarını kullanarak çözülebilecek problemler de bulunmaktadır. Çalışmaya katılan

öğrencilerin anabilim dallarına (AD) ve öğrenim gördükleri yıllara göre dağılımı Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo-1. Çalışmaya katılan öğrencilerin sayısının anabilim dallarına ve öğrenim gördükleri yıllara göre dağılımı.

Anabilim Dalı ve Sınıf		Öğrenci Sayısı	Yüzde Oranı
Ortaöğretim Fizik Öğretmenliği -1	(OFÖ I)	39	██████████ %20
Ortaöğretim Fizik Öğretmenliği -2	(OFÖ II)	32	██████████ %17
Ortaöğretim Fizik Öğretmenliği -3	(OFÖ III)	22	██████████ %11
Ortaöğretim Fizik Öğretmenliği -4	(OFÖ IV)	42	██████████ %22
İlköğretim Fen Bilgisi Öğretmenliği -1	(İFÖ I)	17	██████████ % 9
İlköğretim Matematik Öğretmenliği -2	(İMÖ II)	40	██████████ %21

Araştırmaya katılan öğrencilere iki kısımdan oluşan bir anket verilmiştir. İlk kısımda momentum ve impulsa ilişkin kavramsal anlamayı ölçmeye yönelik çeşitli fiziksel olaylar veya durumlar hakkında sorular, ikinci kısımda ise şu tanım soruları yöneltilmiştir:

- Momentum nedir?
- Momentum Nasıl Bir Büyüklüktür? Neden?
- Momentumun Birimi Nedir?
- İtme (impuls) Nedir?

Bu tanım sorularından elde edilen bulgular “Momentum ve İmpuls Kavramlarını Anlama-I”adlı makalede değerlendirilmiştir (Güneş, İngeç, Taşar, 2002). Bu makalede ise ilk kısımda yer alan momentum ve impuls kavramlarını içeren dört sorunun analizi ve elde edilen bulgular sunulmaktadır. Sorulardan birinci ve dördüncü açık uçlu, ikinci üç seçenekli ve üçüncü ise beş seçeneklidir. Öğrencilerden seçenekleri işaretledikten sonra açıklama yazmaları istenmiştir. Seçenek doğru işaretlenmiş olsa da açıklaması olmayan cevaplar tam doğru kabul edilmemiştir.

4. Veriler ve Bulgular

Çalışmaya katılan 192 öğrencinin sorulara verdiği cevaplar tek tek incelenerek sınıflandırılmıştır. Araştırmacıdan gelebilecek hataları en aza indirmek ve değerlendirme güvenilirliğini sağlamak amacıyla “araştırmacı üçlemesi” (researcher triangulation) tekniğiyle bu çalışmayı gerçekleştiren araştırmacılar tarafından veri kodlamaları ve kategoriler ilk önce kendi başlarına ayrı ayrı daha sonra da birlikte tartışarak belirlenmiştir. Sonuçta veriler üç kategoriye ayrılmıştır:

- [1]: Tam doğru cevap.
- [2]: Doğru ya da doğruya yakın ifade içeren cevap.
- [0]: Boş bırakılan cevaplar da dahil olmak üzere, kesin yanlış cevap.

Her kategori farklı sayıda kod içermektedir. Kategorilerin kaç kod içerdiği tablolarda belirtilmiştir (bkz. Tablo-3, 5, 6 ve 8). Bu tür çalışmalar için doğal olduğu üzere veri kodlarının sayıca fazla olması her birinden burada ayrı ayrı bahsetmeyi imkansız kılmaktadır. Dolayısıyla, oluşturulan kodlardan daha sıklıkla karşılaşılan ve eğitsel açıdan ilginç olanlar seçilerek aşağıda özetlenmiştir.

4.1. Birinci Sorunun Analizi

Çalışmaya katılan öğretmen adaylarına “Elinizde bir top olduğunu düşünün. Topu bıraktığınızda yere çarptıktan sonra bıraktığınız noktaya dönerse bu olayda momentum korunur mu? Neden?” şeklinde açık uçlu bir soru sorulmuş ve soruya öğretmen adayları düşüncelerini yazarak cevap vermişlerdir. Bu soruya verilen cevaplardan elde edilen veriler ve verilerin analizi bu bölümde sunulmaktadır.

Bu soruya verilebilecek iki tür cevap doğru kabul edilmiştir:

1. Tek başına topun momentumu ele alındığında momentum korunmaz. Çünkü momentum vektördür. Çarpmadan hemen önceki ve sonraki momentumların büyüklükleri aynı olsa bile yönleri farklıdır. Top tek başına ele alındığında dış kuvvet etkisi altındadır. Dış kuvvet varlığında ise momentum korunmaz.
2. Top ve dünya sistemi düşünüldüğünde momentum korunur. Bu durum, iki cismin çarpışması olayı gibidir. Ancak dünyanın kütlesi topun kütlesinden çok büyük olduğu için ivme kazanmaz. Top ve dünya sistemi için dış kuvvet yoktur ve momentum korunur.

192 öğrenciden yalnızca 2'si soruya doğru cevap vermiştir. Bu öğrencilerden biri “yerçekimi olduğundan momentum korunmaz” derken diğeri “vektörel olarak momentumun yönü değişmiş, büyüklüğü değişmemiştir. Yerle temas esnasında momentum değişmiştir” diyerek doğru cevaba en yakın cevabı vermiştir. Bu cevaplar [1] kategorisinde sayılmıştır. Soruyu top ve dünya sistemi olarak düşünen ve bu yolla cevaplamaaya çalışan yalnızca bir öğrenci olmuştur. Fakat tam olarak açıklayamamış ve [2] kategorisinde sayılmıştır. Bu kategoriye giren diğeri cevaplar “momentum korunmaz” diyerek nedenini açıklayamamış olanlardır. [0] kategorisini kesin yanlış cevaplarla birlikte soruyu cevaplamaamayı tercih edenler oluşturmaktadır. Öğrencilerin %13'ü bu soruyu boş bırakmıştır. Kategorilere göre öğrenci sayısının dağılımı Tablo-2'de verilmiştir.

Tablo-2. Birinci soru için kategorilere göre öğrenci sayısı.

Kategori	Öğrenci Sayısı	Öğrenci Yüzdesi
[0]	173	%90
[1]	2	%1
[2]	17	%9

Birinci soruya verilen cevapların kategorilerindeki kod ve bunların AD ve sınıflara göre dağılımı Tablo-3'de verilmiştir.

Tablo-3'ten görüldüğü gibi kategorilerdeki öğrenci dağılımı tüm anabilim dalı ve sınıflarda benzerlik göstermektedir. Bundan dolayı, tüm katılımcılar tek bir grup halinde ele alınarak veri analizi yapılmıştır.

Tablo-3. Birinci soru için AD ve sınıflara göre kategorilerdeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

AD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	0	4	8	0	7	32	[1] %0,0 [2] %18 [0] %82,0
OFÖ II	0	1	4	0	1	31	[1] %0,0 [2] %3,1 [0] %96,9
OFÖ III	0	0	5	0	0	22	[1] %0,0 [2] %0,0 [0] %100
OFÖ IV	1	4	4	1	4	37	[1] %2,4 [2] %9,5 [0] %88,1
İFÖ I	0	1	4	0	2	15	[1] %0,0 [2] %11,8 [0] %88,2
İMÖ II	1	3	6	1	3	36	[1] %2,5 [2] %7,5 [0] %90

Bu soruya momentum korunur diye cevap verenlerin oranı %78 iken, momentum korunmaz diyenlerin oranı %9 dur. Momentum korunur görüşüne sahip öğrencilerin verdiği cevaplar 13 farklı kod ile belirlenmiştir. Bu kodlardan bazıları öğrenci sayıları ve dikkat çekiciliği gözönüne alınarak seçilmiş ve Tablo-4’de sunulmuştur.

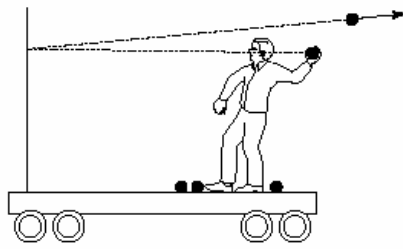
Tablo-4. Birinci soru için seçilen bazı kesin yanlış cevap kodları ve öğrenci sayıları.

[0] kategorisinde yer alan bazı kodlar	Öğrenci Sayısı	Öğrenci Yüzdesi
Topun düşerken sahip olduğu hız ve momentumun, yukarı çıkarken sahip olduğu hız ve momentuma eşit olmasından dolayı momentum korunur (Hareketin simetrisinden dolayı korunur).	108	%56
Esnek çarpışma olduğundan momentum korunur.	8	%4
Enerji korunduğu için momentum korunur.	8	%4
Momentum daima korunur.	6	%3
Etki-Tepkiden dolayı momentum korunur.	3	%2
İmpulstan dolayı korunur.	2	%1

Momentum korunmaz diyen öğrencilerin cevapları 9 ayrı koda ayrılmıştır. Bu kodlarda cevap veren öğrencilerin sayısı her koda birer ikişer öğrenci düşecek şekilde olduğundan dikkat çekici değildir. Sadece 6 öğrencinin verdiği “Momentum korunmaz çünkü top bırakılan noktaya dönemez” cevabı ile %3'lük bir oran göze çarpmaktadır.

4.2. İkinci Sorunun Analizi

Öğrencilerin aşağıdaki soruya 1, 2, 3 seçeneklerinden birini işaretledikten sonra açıklama yapmaları istenmiştir.



Şekilde gösterildiği gibi, çok az sürtümlü bir yüzey üzerinde durmakta olan bir arabada olduğunuzu düşünün. Araba üzerine çok sağlam bir şekilde monte edilmiş ön panele toplar atıyorsunuz. Eğer toplar şekilde gösterildiği gibi doğruca geriye sıçarsa araba hareket eder mi? (Mazur, 1997, s. 134)

1. Evet, sağa doğru hareket eder.
2. Evet, sola doğru hareket eder.
3. Hayır, yerinde kalır.

2. seçenek için aşağıdaki iki açıklamadan birisi verilmişse cevap [1] kategorisinde değerlendirilmiştir.

- Momentumun korunumuna göre;

$$-m_{top} \vec{V}_{top} = (m_{araba} + m_{adam}) \vec{V}_{araba} + m_{top} \vec{V}'_{top} \text{ [Sağ taraf (+) yön olarak kabul edilmiştir.]}$$

Bu eşitliğe göre \vec{V}_{araba} (-) işaretli olmak zorundadır. Yani araba sola gitmelidir.

- İmpuls-Momentum teoremine göre;

Topun momentumundaki değişim panele uygulanan impulsa eşittir. Yani,

$$\Delta \vec{P} = m_{top} \vec{V}'_{top} - (-m_{top} \vec{V}_{top}) = \vec{F} \Delta t$$

Panele uygulanan impuls arabanın sola doğru gitmesini sağlar.

Doğru seçeneği işaretleyerek açıklama yapmayan ya da yanlış yapan öğrenciler [2], yanlış seçeneği işaretleyen öğrenciler boş bırakanlar da dahil olmak üzere [0] kategorisinde değerlendirilmiştir (bkz. Tablo-5).

Tablo-5. İkinci soru için AD ve sınıflara göre kategorilerdeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

AD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	4	11	8	7	17	15	[1] %17,9 [2] %43,6 [0] %38,5
OFÖ II	4	4	8	16	5	11	[1] %50 [2] %15,6 [0] %34,4
OFÖ III	2	1	12	6	1	15	[1] %27,3 [2] %4,5 [0] %68,2
OFÖ IV	3	3	13	15	4	23	[1] %35,7 [2] %9,5 [0] %54,8
İFÖ I	1	2	6	3	3	11	[1] %17,7 [2] %17,7 [0] %64,6
İMÖ II	2	7	14	3	15	22	[1] %2,5 [2] %37,5 [0] %55

Bu soru için öğrencilerin seçeneklere göre dağılımı ve yaptıkları açıklamalardan bazıları Tablo-6'da verilmiştir. Öğrencilerin seçeneği işaretleme nedenini açıklarken verdikleri cevaplar çok çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle Tablo-6'da bu açıklamalardan bazıları seçilerek özetlenmiştir.

Tablo-6. İkinci soru için öğrencilerin seçeneklere göre dağılımı ve yapılan açıklamalardan bazıları.

Seçenekler	Öğrenci Sayısı	Öğrenci Yüzdesi	Öğrencilerin Yaptığı Açıklamalar
Evet, sağa doğru hareket eder.	24	%12,5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etki-Tepkiden dolayı ▪ Adamın eylemsizliğinden dolayı ▪ Çarpma etkisinden dolayı ▪ Top çarptıktan sonra daha hızlı gideceğinden ▪ Momentumun korunumundan ▪ Şekle göre, top sıçradıktan sonra ilk noktadan geride olduğundan

Tablo-6. İkinci soru için öğrencilerin seçeneklere göre dağılımı ve yapılan açıklamalardan bazıları. (Devamı)

Evet, sola doğru hareket eder.	89	%46,4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Topun momentumunun değişiminden dolayı ▪ Topun sağa gidişini dengelemek için ▪ Toplar sağa gittiğinden ▪ Etki-Tepkiden dolayı ▪ Denedim ▪ Top tarafından sağa doğru kuvvet uygulandığından ▪ Momentumun korunumundan
Hayır, yerinde kalır.	66	%34,3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Momentum küçük, hareket edecek kütle çok büyük olduğundan ▪ Araba yere monte edildiği için ▪ Top geri gelirse araba hareket etmeyeceği için ▪ Sürtünmeden dolayı ▪ Topun momentumu korunduğundan ▪ Arabanın üzerinde olduğum için fırlatılan toplar arabayı hareket ettiremeyeceğinden ▪ Araba değil biz hareket ederiz ▪ Top geri geldiği için enerjisi korunmuş ve hareket ettirici unsur kalmamıştır
Hiçbiri	1	%0,5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Topun atılışı ve çarpmasını ayrı ayrı incelemiş, ancak arabanın hareketi için bir karara varamamış
Boş	12	%6,3	

4.3. Üçüncü Sorunun Analizi

Öğrencilere aşağıdaki soru sorulmuş ve işaretlemeleri için beş seçenek verilmiştir. Seçeneği işaretledikten sonra açıklama yapmaları istenmiştir.

“Kütleleri m ve $2m$ olan iki cisim sürtünmesiz bir yüzey üzerinde durmaktadır. Eğer bu iki cisim 3 saniye boyunca eşit kuvvetlerle itilirse, hafif cismin momentumu ağır cismin momentumunun kaç katı olur? (Mazur, 1997, s. 129)

1. 4 katı 2. 2 katı 3. Eşit 4. Yarısı 5. Çeyreği ”

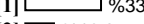


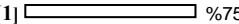
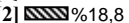

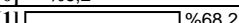
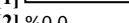
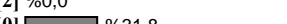


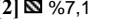
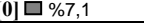
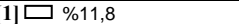
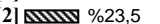

Üçüncü seçeneği işaretleyerek aşağıdaki iki açıklamadan birini doğru yapan öğrenciler [1] kategorisinde değerlendirilmiştir.

- Kütleleri farklı iki topa eşit kuvvet, eşit sürede uygulandığından, momentum değişimleri impuls-momentum teoremine göre eşittir.

- $\vec{F} = m\vec{a}$ ya göre eşit kuvvetler, cisimlere kütleleri ile ters orantılı ivme kazandırır. Momentum da kütle ile hızın çarpımı olduğundan, her iki cismin de momentum değişimleri eşittir.

Üç numaralı doğru seçeneği işaretleyerek açıklama yapmayan ya da yanlış yapan öğrenciler [2], diğer seçenekleri işaretleyen öğrenciler boş bırakanlar da dahil olmak üzere [0] kategorisinde değerlendirilmiştir (bkz. Tablo-7).

Tablo-7. Üçüncü soru için AD ve sınıflara göre kategorilerdeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

AD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	2	4	11	13	5	21	[1]  %33,4 [2]  %12,8 [0]  %53,8
OFÖ II	3	2	6	24	6	2	[1]  %75 [2]  %18,8 [0]  %6,2
OFÖ III	2	-	6	15	-	7	[1]  %68,2 [2] %0,0 [0]  %31,8
OFÖ IV	3	2	3	36	3	3	[1]  %85,8 [2]  %7,1 [0]  %7,1
İFÖ I	1	2	7	2	4	11	[1]  %11,8 [2]  %23,5 [0]  %64,7
İMÖ II	2	4	11	13	5	21	[1] %0,0 [2]  %30,0 [0]  %70,0

Tablo-8. Üçüncü soru için öğrencilerin seçeneklere göre dağılımı ve yapılan açıklamalardan bazıları.

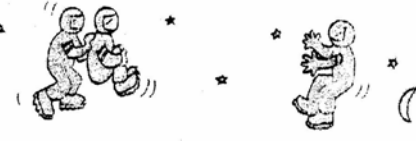
Cevap Seçenekleri	Öğrenci Sayısı	Öğrenci Yüzdesi	Öğrencilerin Yaptığı Açıklamalardan Bazıları
4 katı	8	%4,2	<ul style="list-style-type: none"> Momentum kütlelerinin oranının karesi ile bağlantılıdır. $V=1/2at^2$ olduğundan
2 katı	26	%13,5	<ul style="list-style-type: none"> Momentum kütlelerinin oranının karesi ile bağlantılıdır. Hızlar eşit olduğundan kütleler oranı ikidir.
eşit	116	%60,4	<ul style="list-style-type: none"> İmpuls-Momentum teoremine göre Newton'un II. Kanuna göre Sürtünme yok. Cisimlerin kütlelerinin bir önemi yok. Kuvvet eşitse momentumlar eşittir.
yarısı	25	%13,0	<ul style="list-style-type: none"> $P_1=mV$, $P_2=2mV$ olduğundan, Ağır olan cismin kazandığı enerji daha fazladır.
Çeyreği	3	%1,6	
Boş	14	%7,3	

Tablo-8'de görüldüğü gibi grubun üçte ikisi doğru seçeneği işaretlemiştir. Doğru seçeneği işaretleyenlerin %51'i Newton'un II. Kanunundan, %26'sı impuls-momentum teoreminden, %2'si hem Newton'un II. Kanunu hem de impuls-momentum teoreminden yararlanmış. %21'i ise yetersiz açıklama yapmış veya açıklama yapmamıştır. Öğrencilerin vermiş oldukları cevaplardan impuls-momentum teoreminden kolayca çözebilecekleri problemi Newton'un II. Kanunundan yararlanarak uzun yoldan çözmeyi tercih ettikleri saptanmıştır.

4.4. Dördüncü Sorunun Analizi

Öğrencilere aşağıdaki soru sorulmuş ve açıklamaları istenmiştir. Bu sorunun iki aşaması vardır: 1) Joe'nun Bob'ı itmesi ve 2) Tom'un Bob'ı yakalaması.

“Dünyada eşit ağırlıkta olan üç astronot Joe, Bob ve Tom uzayda hareketsiz halde iken, Joe Bob’ı Tom’a doğru v hızıyla itiyor ve Tom da Bob’ı yakalıyor. Bu olaylar sırasında her üç astronotun hareketlerini hızlarının yön ve büyüklüğünü belirterek tarif ediniz.”
(Hewitt, Suchocki ve Hewitt, 1999a, s.74).

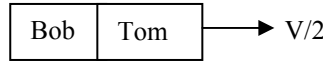


Astronotlara etki eden dış kuvvet olmadığından, bu iki aşama için momentumun korunumu kanunu uygulandığında soru kolayca çözülebilir.

Birinci aşamada Joe Bob’ı V hızıyla ittiğinde Bob V hızıyla sağa doğru gittiğinden momentumun korunumu kanununa göre Joe da V hızıyla sola doğru hareket etmelidir.



İkinci aşamada hareketsiz olan Tom kendisine doğru V hızıyla gelen Bob’ı yakaladığında Tom ve Bob birlikte hareket ederler. Yine momentumun korunumu kanununa göre başlangıçta Bob’ın sahip olduğu mV momentumu Tom Bob’ı yakaladıktan sonraki momentuma eşit olacağından [$mV=(m+m)V/2$] Tom ve Bob birlikte $V/2$ hızıyla sağa doğru gider.



Bu soruya verilen yukarıdaki cevap [1] kategorisinde sayılırken, 1. veya 2. aşamalardan herhangi birisi doğru olan cevaplar [2] kategorisinde sayılmıştır. Tamamen yanlış olarak değerlendirilen cevaplar yanında cevaplanmamış sorular da [0] kategorisinde sayılmıştır. Her kategori farklı sayıda kod içermektedir. Hangi kategoride kaç kod bulunduğu Tablo-8’de belirtilmiştir. Bu soruya cevap verme oranı %85’dir. Diğer bir deyişle, öğrencilerin sadece %15’i soruya cevap vermemeyi tercih etmiştir. Tablo-8’de görüldüğü gibi grubun tamamı düşünüldüğünde [2] cevap kategorisi toplam 19 farklı kod içerirken, [0] cevap kategorisi 33 farklı kod içermektedir. Öğrencilerin dörtte biri soruyu doğru cevaplandırarak [1] kategorisinde sayılmıştır. Üçte biri ise 1. ve 2. aşamalardan sadece birini doğru cevaplandırarak [2] kategorisinde sayılırken bunların

da sadece %5'lik kısmı 2. aşamayı geri kalanı da 1. aşamayı doğru cevaplandırmıştır. Oysa ki öğrencilerin alışkın olduğu çarpışma problemleri düşünüldüğünde bunun tam tersi olması gerekirdi. Yani problemin 2. aşamasının doğru cevaplandırılma oranının daha yüksek olması beklenirdi. Sonuçta toplam olarak öğrencilerin %40'ı soruyu yanlış cevaplandırmıştır. Tablo-9'den görüldüğü gibi [0] kategorisindeki kod sayısı fazlalığı da dikkat çekicidir. Bu soruya verilen cevapların veri kodlarının sayıca oldukça fazla olması herbirinden burada ayrı ayrı bahsetmeyi imkânsız kılmaktadır. Dolayısıyla, oluşturulan kodlardan daha sıklıkla karşılaşılanlar Tablo-10'da özetlenmiştir.

Tablo-9. Dördüncü soru için AD ve sınıflara göre kategorilerdeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

AD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	1	6	19	2	10	27	[1] □ %5,1 [2] ▨ %25,6 [0] ■ %69,2
OFÖ II	1	7	4	13	11	8	[1] □ %40,6 [2] ▨ %34,4 [0] ■ %25
OFÖ III	1	4	5	10	5	7	[1] □ %45,5 [2] ▨ %22,7 [0] ■ %31,8
OFÖ IV	1	10	4	19	15	8	[1] □ %45,2 [2] ▨ %35,7 [0] ■ %19
İFÖ I	1	2	10	2	5	10	[1] □ %11,8 [2] ▨ %29,4 [0] ■ %58,8
İMÖ II	1	10	11	2	18	20	[1] □ %5 [2] ▨ %45 [0] ■ %50

Tablo-10. Kategorilere göre dördüncü soruya verilen cevaplardan sıklıkla karşılaşılanlar.

Kategori	Öğrenci Sayısı	Öğrenci Yüzdesi	1. Aşama		2. Aşama	
			Joe	Bob	Bob	Tom
[2]	21	%10,9	$\leftarrow V$	$V \rightarrow$	-	$V \rightarrow$
[2]	9	%4,7	$\leftarrow V$	$V \rightarrow$	$V \rightarrow$	$V \rightarrow$
[2]	67	%34,9	$\leftarrow V$	$V \rightarrow$	-	$2V \rightarrow$
[0]	5	%2,6	\leftarrow	\rightarrow	-	\rightarrow
[0]	4	%2	0	$V \rightarrow$	-	0
[0]	3	%1,6	$\leftarrow V/2$	$V/2 \rightarrow$	-	$V/2 \rightarrow$
Toplam	109	55,7				

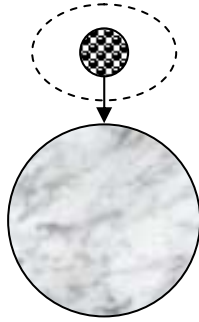
5. Sonuç ve Tartışma

İmpuls-Momentum teoremi ve momentumun korunumu kullanılarak çözülmesi gereken dört soruya, uygulamaya katılan öğrencilerin verdiği cevapların analizi yukarıda verilmiştir. Birinci sorunun analizinden öğrencilerin bu soruya cevap verirken bilgi ve kavrama açısından hiç de donanımlı olmadıklarını göstermektedir. Bölüm 4.1’de belirtilen hususları bütünüyle dikkate alarak soruyu cevaplayan bir tek öğrencinin bile çıkmamış olması, momentumun korunumunun öğretilmesi ve öğrenilmesi noktasında büyük bir eksikliğin olduğuna işaret etmektedir. Aynı öğrenciler üzerinde yapılan diğer bir çalışma (Güneş, Ingeç, Taşar, 2002); “Momentum nasıl bir niceliktir?” sorusuna cevap olarak, öğrencilerin yarısının momentumun vektörel olduğunu bildiklerini belirtmektedir. O halde momentumun vektörel bir nicelik olduğu bilinmesine rağmen probleme uygulanırken vektörel olduğunun dikkate alınmaması bu kavramın tam olarak anlaşılmadığını göstermektedir. Öğrencilerin %56’sının “Topun düşerken sahip olduğu hız ve momentumun, yukarı çıkarken sahip olduğu hız ve momentuma eşit olmasından dolayı momentum korunur” şeklinde bir cevap vermesi momentumun vektörelliğini hesaba katmadıklarını gösterir.

Momentumun korunumu kanunu sadece dış kuvvetin yokluğunda geçerlidir. Öğrencilerin buna dikkat etmeden, bu kanunu uygulamaları bu çalışmanın bir sonucu

olarak göze çarpan bir husustur. 192 öğrenciden sadece biri doğrudan, bir diğeri ise dolaylı olarak “topun yere düşerken bir dış kuvvet etkisi altında kaldığını” belirterek probleme yaklaşmış ve doğru cevaba ulaşmıştır. Bu durum, momentumun korunumu kanununun problemlere uygulanmasında iç ve dış kuvvetler ayırımına katılımcılar tarafından genelde dikkat edilmediğini göstermektedir. Bazı fizik kitaplarında yer aldığı gibi (Hewitt, Suchocki, Hewitt, 1999b, s.14 ve s.141) incelenen sistemin sınırları çizilerek ve sisteme etki eden dış kuvvet olup olmadığı sorularak öğrencilere bu kavram anlatılır ve derslerde okutulan kitaplarda yer alırsa bu eksikliğin giderilebileceği kanaatindeyiz. Örneğin, öğrencilere sorulan araştırma sorusu için sistemin sınırları ve dış kuvvetin varlığı şu şekilde belirlenebilir:

1. Top sistemi



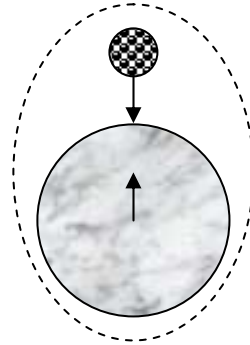
a) Topun üzerine dış kuvvet etki ediyor mu?

EVET

b) Topun momentumu korunur mu?

HAYIR

2. (Top+Dünya) sistemi



a) Top ve dünya sistemine dış kuvvet etki ediyor mu?

HAYIR

b) Top ve dünya sisteminin momentumu korunur mu?

EVET

İç ve dış kuvvetler ayırımı bu şekilde yapıldıktan sonra problemler daha kolay ve hatasız bir şekilde çözülebilmektedir. Böyle bir durum incelenirken önce sistemin tespit edilmesi ve iç/dış kuvvetlerin ayırt edilmesi gerekmektedir. Momentum konusunun işlenmesinde bu hususların önemle vurgulanmasının anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için gerekli olduğu düşünülmekte ve önerilmektedir.

Mekanikte korunum kanunları üzerine yapılan bir çalışmada da (Grimellini-Tomasini, Pecori-Balandi, Pacca ve Villani, 1993), momentumun korunumunda sistemin izolasyonu ve momentumun vektörelliği konusunda öğrencilerin güçlükleri dile getirilmektedir. Bu araştırma ve bizim yapmış olduğumuz çalışmadan elde edilen bulgular öğrencilerin momentumun korunumu kanununu kullanmada problem yaşadıklarını göstermektedir.

Dördüncü sorunun analizinden de anlaşılacağı gibi momentumun korunumu kanunu uygulanması çok pratik olmasına ve uygulamanın yapıldığı grubun bu tarzdaki sorulara aşina olmasına rağmen doğru cevap oranının %25 olması düşündürücüdür. 1. soruya oranla bu soruya daha fazla doğru cevap verilmesinin bu aşinalık olduğunu düşünmekteyiz. Momentumun korunumunun genellikle çarpışma olayları incelenerek öğrencilere anlatılması bu konunun sadece çarpışmalara has bir durum olduğu düşüncesini ortaya koyar. Üstelik bu çarpışma olaylarında çarpışan cisimlerin karşılaştırılabilir kütlelere sahip olması bu konudaki bilgilerin zihinlere eksik yerleşmesine neden olmaktadır. Birinci soruda yine bir çarpışma olayı olmasına rağmen, kütlelerin karşılaştırılabilir olmamasından dolayı öğrencilerin momentumun korunduğu durumu gözardı etmeleri bu fikri destekleyen bir sonuçtur. İkinci soruya öğrencilerin $\frac{1}{4}$ 'ü doğru cevap verirken bu oranın yarısı momentumun korunumunu kullanarak açıklama yapmıştır.

Buradan çıkarılacak sonuç: Momentumun korunumu; sisteme etki eden iç/dış kuvvetler dikkate alınarak ve momentumun vektörelliği vurgulanarak momentumun korunduğu ve korunmadığı durum içeren örnekler üzerinde anlatılarak pekiştirilmelidir.

Öğrencilerin verdikleri cevapların analizi momentumun korunumu ve impuls-momentum teoremini hangi durumlara uygulayacakları konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını göstermektedir. Bu durum yine yukarıda bahsedildiği gibi, sorularda geçen olay için “sistemin sınırlarının belirlenmesi” anahtar rolü oynamaktadır. Çünkü, 1. ve 2. sorular sistemin sınırlarının belirlenmesine göre hem momentumun korunumundan hem de impuls-momentum teoreminden çözülebilmektedir. Öğrencilerin

verdikleri cevaplar bu kanunların hangi duruma uygulanacağı konusunda büyük bir belirsizlik olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Denzin, N. K. (1970). *The research act in sociology*. London: Butterworths.
- Grimellini-Tomasini, N., Pecori-Balandi, B., Pacca, J. L. A. ve Villani, A. (1993). Understanding conservation laws in mechanics: Students' conceptual change in learning about collisions. *Science Education* 77(2), 169-189.
- Güneş, P. Ü., İnceç, Ş. K. ve Taşar, M. F. (2002). Momentum ve impuls kavramlarını anlama-I: Öğretmen adaylarının açık uçlu sorularla momentum ve impuls kavramlarını nasıl tanımladıklarının belirlenmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(3), 121-138.
- Hashweh, M. (1988). Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(2), 121-134.
- Hewitt, P. G., Suchocki, J. ve Hewitt, L. A. (1999a). *Conceptual physical science* (2. Baskı). Menlo Park, CA: Addison Wesley Longman.
- Hewitt, P. G., Suchocki, J. ve Hewitt, L. A. (1999b). *Conceptual physical science – Practice book* (2. Baskı). Menlo Park, CA: Addison Wesley Longman.
- Jones, A. T. (1983). Investigation of students' understanding of speed, velocity and acceleration. *Research in Science Education*, 13, 95-104.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction – A user's manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Osborn, R. (1985). Building on children's intuitive ideas. Yayımlandığı kitap R. Osborn, & P. Freyberg, *Learning in science – The implications of children's science*. Birkenhead, Auckland, New Zealand: Heinemann.
- Strauss, A. ve Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research* (2. baskı). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Watts, D. M. (1983). A study of school children's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 5(2), 217-230.