

Momentum ve İmpuls Kavramlarını Anlama – I: Öğretmen Adaylarının Açık Uçlu Sorularla Momentum ve İmpulsu Nasıl Tanımladıklarının Belirlenmesi

Understanding the concepts of momentum and impulse – I:
a study of teacher candidates' definitions of momentum and
impulse by open ended questions

Pervin Ünlü GÜNEŞ

G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi, O.F.M.A. Eğt. Böl., Fizik Öğretmenliği Anabilim Dalı
Ankara-TÜRKİYE

Şebnem Kandil İNGEÇ

G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi, O.F.M.A. Eğt. Böl., Fizik Öğretmenliği Anabilim Dalı
Ankara-TÜRKİYE

Mehmet Fatih TAŞAR

G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fenbilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı
Ankara-TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışma, Gazi Eğitim Fakültesi'nde farklı anabilimdalı ve sınıflarda öğrenim gören 192 öğrencinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Veriler 2001 güz dönemi başlangıcında öğretmen adaylarına doğrudan tanım soruları sorularak toplanmıştır. Çalışmanın amacı, öğrencilerin momentum ve impuls kavramlarını tanımlayabilme düzeylerini tespit etmektir. Elde edilen bulgular özellikle liseden yeni gelen 1. sınıf öğrencilerinin bu kavramlara pek aşina olmadıklarını, fakat 4 yıllık öğrenimleri boyunca orta öğretim fizik öğretmenliği anabilim dalı öğrencilerinin tanımları anlamada önemli ölçüde gelişme gösterdiklerini ortaya koymaktadır. Ancak sonuçlar göstermektedir ki bu kavramların öğretilmesi ve öğrenilmesinide gelişme sağlanması için hâlâ yapılması gerekenler vardır.

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

ABSTRACT

This study was conducted in Gazi Faculty of Education with the participation of teacher candidates from different majors and years. Data were collected at the beginning of 2001-Fall semester through written responses to open-ended questions. The purpose was to determine how the teacher candidates defined the concepts of momentum and impulse. The findings show that freshman students were not familiar with these concepts, and that during their four-year study the high school physics teacher candidates have developed a substantial gain in defining these two concepts. However, the results suggest that there is still room for further development in teaching and learning of these concepts at this level.

Keywords: Physics education, science teacher education, students' conceptions

1. GİRİŞ

Fen eğitimi alanında bilimsel araştırmalar 1970'li ve 1980'li yıllarda oldukça ivme kazanmıştır (Duit, 1993). Özellikle Kuzey Amerika, Avrupa, Avustralya ve İsraili bilim insanlarının katkıları ile değişik yaş ve öğrenmişlik düzeyindeki öğrencilerin doğal olaylar hakkında neler düşündükleri (Halloun ve Hestenes, 1985; Driver ve diğerleri, 1994; Treagust, Duit, ve Fraser, 1996), bir fen eğitiminden geçmenin onların bu düşüncelerine nasıl etki ettiği (McDermott, 1991; Hewson ve Hewson, 1983), öğrenme süreçleri (Niedderer, Goldberg, ve Duit, 1992; Fischer, 1993; Niedderer, 1997; Roth, 1998), fen konularının öğrenme ve öğretme açısından mahiyeti ve değerlendirilmesi (Hestenes, 1992; Nersessian, 1995; Arons, 1997; O'Brien Pride, Vokos, ve McDermott 1998) vb. konular hakkında bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmaların ışığında yeni öğretim yöntemleri geliştirilerek sınıf ortamlarında sınanmıştır.

Joseph Novak'ın öncülüğünde 1983'ten başlayarak tamamen yukarıda bahsedilen konulara adanmış "Misconceptions Seminars" adı altında geniş çaplı bir konferanslar dizisi tüm dünyadan araştırmacıların katılımı ile bugüne kadar dört kez düzenlenmiştir ve bu alanda literatüre büyük katkılar sağlanmıştır*. Duit, bu konferansların üçüncüsünde, o güne değin öğrenci kavramaları üzerine çıkan makalelerin sayısı ve özellikleri hakkında derlenmiş olan bilgileri bir bibliyografik çalışma şeklinde sunmuştur (Duit, 1993). Buna göre taranan kırk kadar süreli yayındaki fen (fizik, kimya ve biyoloji) eğitimi dallarında öğrenci kavramaları üzerine çıkan makalelerin toplam

*bkz <http://www2.ucsc.edu/mlrg/mlrgarticles.html>

sayısı 2800 dolayındadır. 1977-1993 yılları arasında basılmış olan makalelerin (sayısı yaklaşık 1400 dolayındadır) tasnifi sonucu elde edilen bulgular fen dalları içinde en çok araştırmanın fizik eğitiminde gerçekleştirildiğini göstermektedir (fizik eğitimi % 66, kimya eğitimi % 14 ve biyoloji eğitimi % 20). Burada da en fazla çalışma yapılmış olan alan mekanik konularıdır. Genel fen dalları içinde fiziğin bir alt dalı olan mekanik üzerine yapılmış çalışmaların oranı %25 gibi yüksek bir seviyededir. Dolayısıyla sadece mekanik alanındaki çalışma sayısı hem kimya hem de biyoloji alanlarındaki toplam çalışma sayılarından çok fazladır.

Doğal olaylar hakkında öğrenci kavramaları üzerine yapılan bunca çalışma ve elde edilen bulgular yeni öğretim teknik ve etkinliklerinin geliştirilmesine ve okul fen müfredatlarının tasarlanmasına katkı sağlamıştır. Camp ve Clement (1994) ile Wells, Hestenes ve Swackhamer'in (1995) çalışmaları bu türdendir.

Momentum ve impuls konularının öğrenciler tarafından nasıl anlaşıldığı ve öğrenildiği de yıllar içinde bazı araştırmalara konu olmuştur. Camp ve Clement (1994, 9. ünite) Newton'un III. Kanunu kapsamında öğrencilerin çarpışmalarla ilgili kavram yanılgılarının bir listesini vermiştir. Altı maddeli bu listedeki ilginç olan bazı tespitler şunlardır: *İki cisim çarpıştığında daha hızlı hareket eden, daha büyük kütleli veya daha sert olan cisim daha büyük kuvvet uygular; fakat fren yapan (yani yavaşlayan) cisim daha küçük kuvvet uygular.* Bu yazarlar, sadece öğrencilerin yaygın olarak sahip oldukları kavram yanılgılarını sıralamakla kalmamış, onları temel alarak, *benzeşim silsileleri* (bridging analogies) kullanma yöntemiyle çarpışmalar ve momentum konularının fizik bilimindeki yerleşik-geçerli hâllerinin öğretilmesi üzerine günlük ders planları da içeren bir ünite geliştirmişlerdir.

Raven'ın 1965 tarihli "ilkokul çocuklarında momentum kavramı üzerine bir inceleme" (An investigation into the concept of momentum in primary school children) başlıklı doktora tezi bu türden çalışmalar arasında ilklerdendir (Raven, 1967-1968). Bu çalışmada momentumu anlamak için gerekli olduğu düşünülen unsurların kendi içindeki gelişim (öncelik / sonralılık) sırasının tayini amaç edinilmiştir. Yaşları 5 ilâ 8 arasında değişen, anaokulu ve ilkokul 1., 2., 3. sınıfların her birinden yirmişer kız ve erkekten oluşan toplam 160 öğrencilik bir grup rastgele seçilerek bu araştırmada kullanılmıştır. Sonuçlar, çocukların momentum hakkında onu oluşturan unsurları anlamaksızın sezgisel ve bu unsurların ayrı ayrı değil fakat birlikte nasıl bir etki doğurduğuna yönelik bir anlayışa en baştan sahip olduklarını göstermiştir. Buna göre momentum kavramının öğrenilme süreci *psikolojik sıralama* olarak adlandırılan "momentum → madde miktarı

korunumu → momentum sabitken kütle ve hızın orantılı kullanımı → hız” sırasını izlemektedir.

Lawson ve McDermott (1987) temel fizik dersi almakta olan 28 üniversite öğrencisinin katılımıyla impuls-momentum ve iş-enerji kavramlarının nasıl anlaşıldığını araştırmışlardır. Bu çalışmada momentum ve kinetik enerjideki değişimlere yönelik iki gözlem deneyi kullanılmıştır. Derinlemesine yapılan inceleme ve analizlerde sabit bir kuvvet etkisindeki bir nesnenin gözlemlenen bir boyutlu hareketine impuls-momentum ve iş-enerji teoremlerinin doğrudan uygulanmasında öğrencilerin bir çoğunun güçlük çektiği saptanmıştır. Yazarlar ezbere öğrenmenin yeterli olmadığını, bu kavramların gerçek hayatta ortaya çıkan durumlara uygulanmasının daha derin seviyede bilgi gerektirdiğini vurgulamakta ve kavramların kolaylıkla hafızada canlandırılmayan, öze ilişkin önemli özelliklerinin, ders kitaplarında veya ders esnasında sadece sözle ifade edildiğinde gözden kaçacağını savunmaktadırlar.

Daha yakın geçmişte de momentum ve impuls kavramlarının öğrenilmesi ve öğretilmesi üzerine değişik kuramsal bakış açıları kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede şu makaleler sayılabilir: mekanikte korunum kanunlarının anlaşılması kapsamında çarpışmalar konusunun öğrenilmesi sürecinde öğrencilerin kavram değişimi (Grimellini-Tomasini, Pecori-Balandi, Pacca ve Villani, 1993); çarpışmalarda kuvvetler ve etki-tepki kanununun modellenmesi (Lattery, basılmamış makale); enerji, momentum ve korunum kanunlarının laboratuvarında bilgisayar destekli olarak öğrenilmesi (George, Broadstock ve Vásquez Abaz, 2000); momentum kavramı ve matematiksel gösterim işleminin anlaşılması (Wessel, 1997); öğrencilerin momentumu anlamalarının bir hiyerarşik gelişim şeklinde modellenmesi (Graham ve Berry, 1996).

Ayrıca kuvvet ve hareket konusunda kavram yanılgılarını saptamak amacıyla geliştirilmiş bulunan kavram testleri de momentum ve impuls ile ilgili maddeler içermektedir (Hestenes, Wells, ve Swackhamer, 1992; Hestenes ve Wells, 1992; Thornton ve Sokoloff, 1998). Temel fizik konuları işlenirken kavramsal ön-test/son-test ve alıştırma amaçlı olarak kullanılacak testler oluşturan Mazur da momentum ve impuls konuları için bu tür testler geliştirmiştir (Mazur, 1997).

Graham ve Berry sadece momentum ve impuls konularına adanmış olan 20 maddeli “momentum hiyerarşi anketi”ni geliştirmişlerdir. Bu çalışmadaki amaç, momentum ve impuls konularının öğrenilmesinde geçilen aşamaları bir öğrenme hiyerarşisi şeklinde modellemektir. Çalışmaya 17-18 yaşlarında ve momentum ve impuls konularını derslerinde işlemiş olan 549 öğrenci katılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çalışmaya katılan öğrenciler dört seviyeye (0, 1, 2, ve 3) ayrılmıştır. Bu çalışmaya göre:

0. seviyedeki öğrencilerin momentum hakkında ya kafalarının çok karışık olduğu ya da kütleli ihmal ederek tamamen hıza dayalı bir görüşe sahip oldukları saptanmıştır.

1. seviyedeki öğrencilerin ise momentum ve impuls arasındaki ilişki veya momentumun korunumu kanunundan habersiz olmalarına rağmen momentumla ilgili temel fikirleri özümstedikleri ve ilgili durumları tanıyabildikleri ve hesaplayabildikleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu seviyedeki öğrenciler momentumu hâlâ bir vektör olarak algılamakta zorlanmaktadır.

2. seviyedeki öğrenciler öğrenme modeli hiyerarşisinde biraz daha ilerlemiş gözükümler. Bu öğrenciler momentumu bir vektör olarak tanımlayabilmekte ve 1-boyutlu hareket içeren durumlar söz konusu olduğunda impuls-momentum denklemini ve momentumun korunumu ilkesini uygulayabilmekte. Nihayet 3. seviyedeki öğrencilerin momentum kavramını tamamen pekiştirmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu seviyedeki öğrenciler momentumun doğası ile birlikte 2-boyutlu durumlar için impuls-momentum denklemini ve momentumun korunumu ilkesini iyi bir şekilde anladıklarını göstermişlerdir.

Graham ve Berry en alt seviyedeki öğrencilerde yanlış kavrama sonucu momentumu sadece hıza bağlı olarak algılama eğilimi olduğundan bahsetmektedir. Eğer momentumu anlayabilmek için önce hız ve kütle kavramları ile birlikte “hız \times kütle” niceliğinin mahiyetini anlamak gerekse idi bu, Raven’ın önerdiği ve fakat deneysel araştırma sonucu reddetmek zorunda kaldığı öğrenmenin *mantıkî sıralamayı* (madde miktarı korunumu \rightarrow hız \rightarrow momentum sabitken kütle ve hızın orantılı kullanımı \rightarrow momentum) izleyeceği hipotezinin doğrulanması sonucunu doğururdu. Halbuki Raven, yukarıda bahsedildiği üzere, çok daha küçük yaşta çocukların bir cismin momentumunu kendi başına onun hız ya da külesinden ayrı olarak kavrayabildiklerini göstermiştir.

2. AMAÇ

Bu çalışma için ilgili literatür olabildiğince geniş bir şekilde gözden geçirilmiş ve detaylı analizde şu sonuçlara varılmıştır: i) momentum ve impuls kavramlarının öğretilmesi ve öğrenilmesi üzerine yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır, ii) öğretmen adaylarının bu konuları anlaması (tanımlama ve kavrama) üzerine yapılmış araştırma yoktur. Dolayısıyla, bugüne kadar yapılmış çalışmalardan destek alarak, momentum ve impuls kavramlarının öğretilmesi ve öğrenilmesi sırasında karşılaşılan güçlükleri

bilimsel verilerle tespit edip, bunların nasıl aşılabileceğine ilişkin öneriler getirecek yeni çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca, öğretmen adaylarının fakülteye başladıklarında ve öğrenimleri boyunca bu konuları nasıl anladıkları ve ne derece öğrenebildiklerinin de saptanması gerekmektedir.

3. VERİ TOPLANMASI

Bu çalışmada veri toplama işlemi 2001-2002 eğitim-öğretim yılının, güz döneminin ilk iki haftasında değişik gruplar halinde toplam olarak 192 öğrencinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerin anabilim dallarına (ABD) ve öğrenim gördükleri yıllara göre dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

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

ABD 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 soru kağıdı verilmiştir. İlk kısımda momentum ve impulsa ilişkin kavramsal anlamayı ölçmeye yönelik çeşitli fiziksel olaylar/durumlar hakkında sorular, ikinci kısımda ise şu tanım soruları yöneltilmiştir:

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

Öğrencilerden bütün sorulara, bu kavramlar hakkında sahip oldukları düşüncelerini olabildiğince açıklayıcı cevaplar yazmalarını istenmiştir. Aşağıda bu tanım soruları vasıtası ile elde edilen bulgular ve analizi yer almaktadır. İlk kısımdaki sorulardan elde edilen bulgular ise ayrıca değerlendirilmiştir (İnceç, Taşar, Güneş, Basılmamış Makale).

4. VERİLER VE BULGULAR

Çalışmaya katılan 192 öğrencinin tanım sorularına verdiği cevaplar tek tek incelenerek sınıflandırılmıştır. Araştırmacıdan gelebilecek hataları en aza indirmek için “üçleme” (triangulation) tekniğiyle bu çalışmayı gerçekleştiren üç araştırmacı tarafından veri kodlamaları ve kategoriler ilk önce kendi başlarına sonra da birlikte tartışarak belirlenmiştir. Sonuçta veriler üç kategoriye ayrılmıştır:

- [1]: Fiziksel tanımlarla uyum gösteren cevaplar.
- [2]: Fiziksel tanımlarla tam örtüşme görülmemekle birlikte uyumlu unsurlar içeren cevaplar.
- [0]: Boş bırakılan cevaplar da dahil olmak üzere, fiziksel tanımlarla uyumsuz cevaplar.

Her kategori farklı sayıda kod içermektedir. Hangi kategoride kaç kod bulunduğu tablolarda belirtilmiştir (bkz Tablo 2, 3, 4 ve 5). Bu tür çalışmalar için doğal olduğu üzere veri kodlarının sayıca oldukça fazla olması birbirinden burada ayrı ayrı bahsetmeyi imkansız kılmaktadır. Dolayısıyla, oluşturulan kodlardan daha sıklıkla karşılaşılan ve ilginç olanlar aşağıda seçilerek özetlenmiştir.

4.1. Öğretmen Adaylarının Momentum Tanımı

Çalışmaya katılan öğretmen adaylarından elde edilen momentumun tanımına ilişkin veriler ve verilerin analizi bu bölümde sunulmaktadır.

4.1.1. Momentum Nedir?

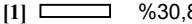


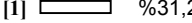


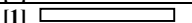


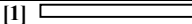







“Momentum nedir?” sorusuna verilen cevapların kategorilere ve bunların ABD ve sınıflara göre yüzde olarak dağılımı Tablo 2’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde bu soruya tüm grubun yaklaşık üçte birinin (%34,4) fiziksel tanımlarla uyumlu cevap verdiği görülmektedir. Öğrencilerin beşte bire yakın bir kesiminin (%18,2) tanımında fiziksel tanımlarla tam örtüşme görülmemekle birlikte uyumlu unsurlara rastlanmıştır. Öğrencilerin geriye kalan yarıya yakın kesiminin (%47,4) tanımlarında ise fiziksel tanımlarla uyumluluk gösteren bir unsura rastlanamamıştır. Bu gruptaki cevapların yarısından fazlasını (tüm grubun %28,1’i) boş cevaplar oluşturmaktadır.

“Momentum nedir?” sorusuna “Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımı”, “ $P=mV$ ” ya da “ $\vec{P} = m\vec{V}$ ” şeklinde verilen cevaplar [1] kategorisinde değerlendirilmiştir. OFÖ I öğrencilerinin %30,8’i, OFÖ II öğrencilerinin %15,6’sı, OFÖ III öğrencilerinin %59,1’i, OFÖ IV öğrencilerinin %19’u ve İMÖ II öğrencilerinin %2,5’i “Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımına eşittir” açık ifadesini kullanmıştır. OFÖ II öğrencilerinin %15,6’sı ve OFÖ IV öğrencilerinin %52,4’ü “ $\vec{P} = m\vec{V}$ ” şeklinde, momentumun

vektörel özelliğine de vurgu yapan bir eşitlik kullanarak soruyu cevaplandırmıştır. İFÖ I öğrencileri arasından [1] kategorisinde değerlendirilebilecek cevap çıkmamış olmaması dikkat çekicidir.

[2] kategorisine giren cevaplar sınıflar içinde benzerlik göstermemektedir ve veriler her koda yaklaşık bir tane düşecek şekildedir. Bu kategoriye giren cevaplar incelendiğinde öğrencilerde genel olarak “bildiklerini dile getirme” güçlüğü görülmektedir. Örneğin, “Belli bir kuvvetin belli bir zaman birimi içinde bir maddeye uygulanmasıyla maddenin hız kazanması, kütle ve hıza bağlı kuvvet ve zamanla değişen bir vektörel büyüklüktür.”, “Cismin kütesinden ve sahip olduğu hızdan dolayı kazanılmış bir vektörel büyüklüktür.”, “Momentum, m kütleli bir cismin birim zamandaki yer değiştirme miktarıdır. $P = m\vec{v}$ ”, “Momentum kütesinin belli bir hızla kavuştuğu vektörel bir büyüklüktür” cevapları öğrencinin momentum hakkında bilgisi olduğunu fakat bunu söylemekte zorlandığını göstermektedir. Bu tür cevaplar arasında dikkat çeken başka bir durum ise “impuls (itme) = momentum değişimi” bağıntısının “impuls (itme) = momentum” şeklinde ifade edilmesidir. Bu yanılgıya düşen öğrencilerin tamamı OFÖ I, II, III ve IV’te bulunmakta ve kendi sınıflarının yaklaşık %4-5’lik bir kesmini oluşturmaktadırlar.

Tablo 2. ABD ve sınıflara göre “Momentum Nedir?” sorusuna ait cevapların kategorilerindeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

ABD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	2	3	10	12	3	24	[1]  %30,8 [2]  %7,7 [0]  %61,5
OFÖ II	2	11	5	10	11	11	[1]  %31,2 [2]  %34,4 [0]  %34,4
OFÖ III	3	6	2	13	7	2	[1]  %59,1 [2]  %31,8 [0]  %9,1
OFÖ IV	11	10	1	30	10	2	[1]  %71,4 [2]  %23,8 [0]  %4,8
İFÖ I	Ø	1	10	Ø	1	16	[1] - %0 [2]  %5,9 [0]  %94,1
İMÖ II	1	1	15	1	3	36	[1]  %2,5 [2]  %7,5 [0]  %90

[0] kategorisine giren cevaplar incelendiğinde öğrencilerin momentumu “enerji” kavramıyla açıklamaya çalıştıkları görülmüştür. OFÖ I öğrencilerinin %7,7’si, OFÖ II öğrencilerinin %6,3’ü, İFÖ I öğrencilerinin %23,5’i ve İMÖ II öğrencilerinin %5’i momentumun “enerji” olduğunu ifade etmiştir. OFÖ I öğrencilerinin %10,3’ü, OFÖ II öğrencilerinin %3’ü, İMÖ II öğrencilerinin %5’i momentumu tanımlarken “çarpma” ya da “cisimlerin çarpışması” şeklinde ifadeler kullanmışlardır. OFÖ I öğrencilerinin %2,6’sı, OFÖ II öğrencilerinin %3,1’i, İFÖ I öğrencilerinin %11,8’i ve İMÖ II öğrencilerinin %2,5’i momentum yerine “moment” kavramını tanımlamıştır. Bu durumun kavramların isim benzerliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.2. Momentum Nasıl Bir Büyüklüktür? Neden?

“Momentum nasıl bir büyüklüktür? Neden?” sorusuna verilen cevapların, kategorilere ve bunların ABD ve sınıflara göre yüzde olarak dağılımı Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. ABD ve sınıflara göre Momentum nasıl bir büyüklüktür? Neden?” sorusuna ait cevapların kategorilerindeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

ABD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	6	11	7	6	16	17	[1] □ %15,4 [2] ▨ %41 [0] ■ %43,6
OFÖ II	6	6	3	19	8	5	[1] □ %59,4 [2] ▨ %25 [0] ■ %15,6
OFÖ III	4	7	4	7	11	4	[1] □ %31,8 [2] ▨ %50 [0] ■ %12,5
OFÖ IV	5	4	3	27	12	3	[1] □ %64,3 [2] ▨ %28,6 [0] ■ %7,1
İFÖ I	Ø	5	5	Ø	7	10	[1] - %0 [2] ▨ %41,2 [0] ■ %58,8
İMÖ II	2	10	8	3	14	23	[1] □ %7,5 [2] ▨ %35 [0] ■ %57,5

“Momentum nasıl bir büyüklüktür? Neden?” sorusuna “Vektörel bir büyüklüktür. $\vec{P} = m\vec{V}$ hız vektörel olduğu için” şeklinde verilen cevaplar [1] kategorisinde değerlendirilmiştir. Tüm öğrencilerin %32,2’sinin cevabı [1], %35,4’ünün cevabı [2] ve %32,2’sinin cevabı ise [0] olarak değerlendirilmiştir (öğrencilerin %17,2’si bu soruyu

cevaplandırmamıştır). Üç kategoriden her birinde yaklaşık olarak öğrencilerin üçte birinin olduğu görülmektedir.

Bu soru için [1] kategorisinde değerlendirilen cevapların çok büyük oranda OFÖ öğrencilerinden geldiği Tablo 3'te görülmektedir. İFÖ I öğrencilerinin hiç biri, "Momentum nedir?" sorusunda olduğu, gibi "Momentum nasıl bir büyüklüktür? Neden?" sorusuna da [1] kategorisine girebilecek bir cevap verememişlerdir.

[2] kategorisinde değerlendirilen cevaplarda öğrencilerin yaklaşık üçte ikilik bir bölümü (%67,7'si) momentumun vektörel bir büyüklük olduğunu belirtmiş, fakat nedenini açıklayamamıştır.

[0] kategorisinde değerlendirilen cevaplarda öğrenciler momentumun nasıl bir büyüklük olduğunu "Skalerdir. Yönü önemli değildir.", "Skaler bir büyüklüktür" şeklinde açıklamıştır. OFÖ I öğrencilerinin %20,5'i, OFÖ II öğrencilerinin %3,1'i, OFÖ III öğrencilerinin %4,5'i, OFÖ IV öğrencilerinin %2,3'ü, İFÖ I öğrencilerinin %35,3'ü ve İMÖ II öğrencilerinin %17,5'i momentumun skaler bir büyüklük olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.3. Momentumun Birimi Nedir?

"Momentumun birimi nedir?" sorusuna verilen cevapların, kategorilere ve bunların ABD ve sınıflara göre yüzde olarak dağılımı Tablo 4'de sunulmuştur.

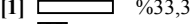


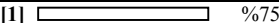


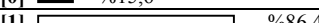










"Momentumun birimi nedir?" sorusuna "kg·m/s", "g·cm/s", "N·s" şeklinde verilen cevaplar [1] kategorisinde dahil edilmiştir. Tüm öğrencilerin cevaplarının %51,6'sı [1], %6,2'si [2] ve %42,2'si [0] (öğrencilerin %27,1'i bu soruyu cevaplandırmamıştır) kategorisine girmektedir.

Genel olarak OFÖ öğrencilerinin momentumun birimini bildiklerine ve üst sınıflara gidildikçe [1] kategorisine giren cevap verme oranının gözle görülür bir şekilde arttığına tanık olunmaktadır. İFÖ I ve İMÖ II öğrencilerinin [1] kategorisine giren cevaplarının oranları %10'un altında kalmıştır ki bu oranlar tüm OFÖ sınıflarınınkinden oldukça düşüktür.

[2] kategorisine giren cevaplarda öğrencilerin birimleri birbirine karıştırdıkları görülmüştür. Örneğin "g·m/s" şeklinde kütle birimini g, hızın birimini ise m/s olarak yazmışlardır.

[0] kategorisine giren cevaplarda öğrenciler “newtondur”, “kg-m/s²”, “joule”, “kg·f”, “momentum bir kuvvet olduğuna göre birimi de kuvvet birimidir. Joule gibi”, “birimi yoktur” gibi oldukça değişik cevaplar vermişlerdir.

Tablo 4. ABD ve sınıflara göre “Momentumun birimi nedir?” sorusuna ait cevapların kategorilerindeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

ABD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	3	3	10	13	5	21	[1]  %33,3 [2]  %12,8 [0]  %53,9
OFÖ II	4	3	4	24	3	5	[1]  %75 [2]  %9,4 [0]  %15,6
OFÖ III	6	2	1	19	2	1	[1]  %86,4 [2]  %9 [0]  %4,7
OFÖ IV	8	1	2	39	1	2	[1]  %92,9 [2]  %2,4 [0]  %4,8
İFÖ I	1	Ø	7	1	Ø	16	[1]  %5,9 [2] - %0 [0]  %94,1
İMÖ II	2	1	8	3	1	36	[1]  %7,5 [2]  %2,5 [0]  %90

4.2. Öğretmen Adaylarının İmpuls Tanımı

“İmpuls (İtme) nedir?” sorusuna verilen cevapların ABD ve sınıflara ve katagorilere göre dağılımı Tablo 5’de verilmiştir. Bu soruya “momentumdaki değişim” veya “F·Δt yani uygulanan kuvvet ile etkiye süresinin çarpımıdır” şeklinde verilen cevaplar [1] kategorisine dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan tüm öğrencilerin ancak %25’inin impuls kavramını fiziksel manada tanımlayabildikleri saptanmıştır. Öğrencilerin %4,7’sinin tanımında fiziksel tanımlarla uyumlu unsurlara rastlanmış, üçte ikinin üstünde (%70,3) bir kesimin ise bu kavramı tanımlayamadıkları tespit edilmiştir (öğrencilerin %38’i bu sorunun cevabını boş bırakmıştır).

Tablo 5. ABD ve sınıflara göre “İmpuls (İtme) nedir?” sorusuna ait cevapların kategorilerindeki kod ve öğrenci sayılarının dağılımı.

ABD ve Sınıf	Kategorilere Göre						Öğrenci Yüzdeleri
	Kod Sayısı			Öğrenci Sayısı			
	[1]	[2]	[0]	[1]	[2]	[0]	
OFÖ I	3	Ø	18	3	Ø	36	[1] <input type="checkbox"/> %7,7 [2] - %0 [0] <input checked="" type="checkbox"/> %92,3
OFÖ II	12	2	3	16	2	12	[1] <input type="checkbox"/> %50 [2] <input checked="" type="checkbox"/> %6,3 [0] <input checked="" type="checkbox"/> %43,7
OFÖ III	4	1	11	4	1	17	[1] <input type="checkbox"/> %18,2 [2] <input checked="" type="checkbox"/> %4,5 [0] <input checked="" type="checkbox"/> %77,3
OFÖ IV	13	4	7	23	5	14	[1] <input type="checkbox"/> %54,8 [2] <input checked="" type="checkbox"/> %11,9 [0] <input checked="" type="checkbox"/> %33,3
İFÖ I	Ø	Ø	11	Ø	Ø	17	[1] - %0 [2] - %0 [0] <input checked="" type="checkbox"/> %100
İMÖ II	2	1	16	2	1	37	[1] <input type="checkbox"/> %5 [2] <input checked="" type="checkbox"/> %2,5 [0] <input checked="" type="checkbox"/> %92,5

[1] kategorisine dahil edilen cevapların %28,6’sı “momentumdaki değişim”, %44,9’u “ $F \cdot \Delta t$ ” yani “uygulanan kuvvet ile etkiye süresinin çarpımı” şeklindedir; %26,5’i ise her iki ifadeyi de içermektedir. Soruya, her iki ifadeyi de kullanarak cevap verenler OFÖ II, III ve IV’üncü sınıf öğrencileridir. [2] kategorisine giren cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin düşündüklerini aktarmakta güçlük çektiği ve yazdıkları formülleri yanlış ifade ettikleri görülmüştür. Örneğin %6,3 oranında OFÖ II, %4,8 oranında OFÖ IV, %2,5 oranında İMÖ II öğrencisi “itme, birim zamanda cisme etki eden kuvvettir. İtme = $F \cdot t$ ” şeklindeki ifadelerinde, tanım ile formülün aynı anlama geldiğini düşünmektedir.

“Momentum nedir?” sorusunun analizinde de bahsedilen “momentum = impuls” yanlıgısı bu soruya verilen cevaplarda da ortaya çıkmaktadır. %3,1 oranında OFÖ I, %9,5 oranında OFÖ IV, %9,1 oranında OFÖ III, %2,5 oranında İMÖ II. sınıf öğrencisi bu hataya düşmüştür. Öğrenciler impulsu “maddelerin birbirlerine uyguladıkları itme kuvvetidir”, “bir cisme yerçekimi etkisi ile uygulanan kuvvettir”, “F kuvveti”, “birim zamanda cisme kazandırılan F kuvvetidir”, “Bir maddenin başka bir maddeyi yerinden oynatmak veya bir v_0 hızı kazandırmak için vurması, dokunması, iteklemesi olayıdır” şeklinde tanımlamışlardır. Bu cevaplar, öğrencilerin impuls denilince günlük hayattaki

itme kavramı ile ilişkilendirip kuvvet olarak algıladıklarını göstermektedir. Tüm katılımcıların %11,5'i impulsu kuvvet olarak tanımlamışlardır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Momentumun tanımıyla ilgili veriler yukarıda alt başlıklarda verilmiştir. Her bir öğrencinin bu tanım sorularına verdiği cevaplar, tanımlar ikişer ikişer gruplandırılarak aralarındaki kategori ilişkisi incelenmiş ve kategorilerin ikili korelasyonu olarak Tablo 6'da sunulmuştur.

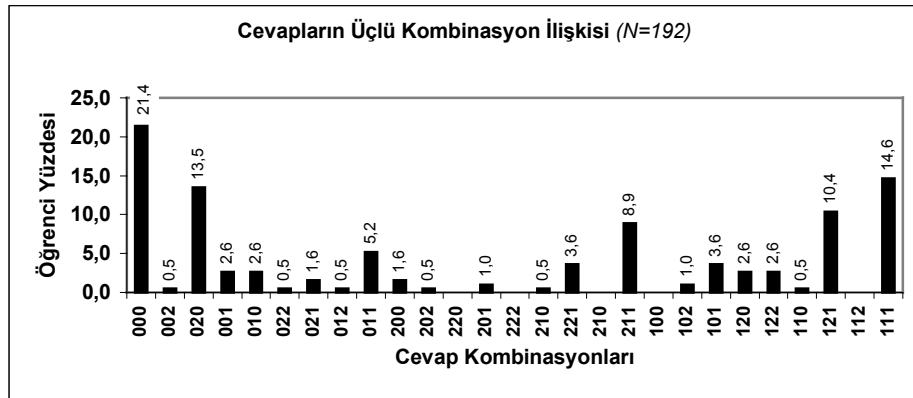
Tablo 6. Momentumun tanımıyla ilgili sorulara verilen cevapların kategorilere göre öğrenci yüzdesi olarak ikili korelasyon dağılım tablosu.

	Momentum Nedir?			Momentumun Birimi Nedir?				
		[1]	[2]	[0]		[1]	[2]	[0]
Momentum Nasıl Bir Büyüklüktür? Neden?	[1]	%15,1	%9,4	%8,3	[1]	%28,6	%0,5	%3,6
	[2]	%15,6	%3,6	%15,6	[2]	%15,6	%3,1	%3,1
	[0]	%4,7	%3,1	%24,5	[0]	%4,7	%2,1	%22,9
Momentumun Birimi Nedir?	[1]							
	[1]	%28,6	%13,5	%9,4				
	[2]	%3,6	%0,5	%1,6				
	[0]	%3,1	%2,1	%37,5				

Tablo 6 incelendiğinde, ilgi çekici bazı durumlar göze çarpmaktadır. “Momentum Nedir?” sorusuna fiziksel tanımlarla uyumlu cevap veremediği halde “Momentum Nasıl Bir Büyüklüktür? Neden?” sorusuna uyumlu cevap veren %8,3 oranında öğrenci bulunmaktadır. Yine yaklaşık aynı oranda (%9,4) öğrenci momentumu tanımlayamadığı halde birimini yazabilmiştir. Sorulara verilen cevapların ikili korelasyon ilişkileri gözden geçirildiğinde ağırlıkların ya her iki cevabın birlikte [1] ya da [0] olduğu durumlarda yoğunlaştığı söylenebilir.

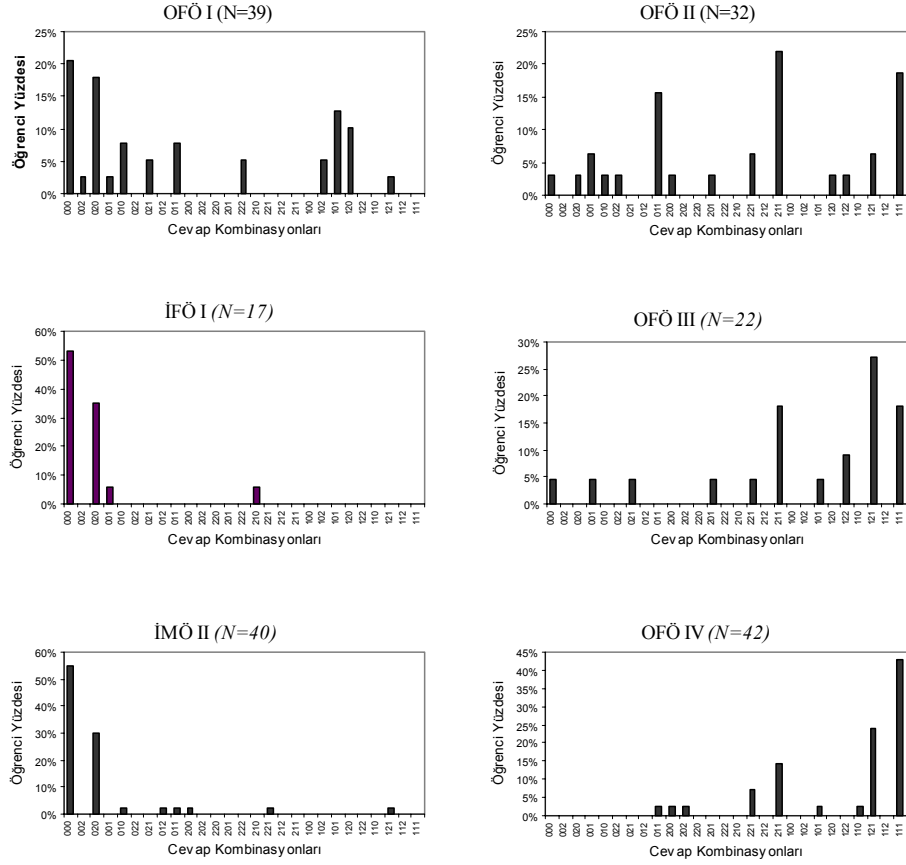
Ayrıca, momentum konusu ile ilgili tanım sorularına verilen cevaplar, kategoriler üçlü kombinasyon oluşturacak şekilde mümkün olan 27 kombinasyona göre de değerlendirilmiştir (Şekil 1). Örneğin momentumun tanımını doğru [1], nasıl bir büyüklük olduğunu eksik [2], birimini ise yanlış cevaplayan bir öğrenci [0] “120” cevap

kombinasyon türüne girmektedir. Yatay eksen de cevap kombinasyonları “000”dan (bütün sorulara uyumsuz cevap verme durumu), “111”e doğru (bütün sorulara uyumlu cevap verme durumu), bilgi düzeyinin artışı gösterir şekilde sıralanmıştır. Buna göre Şekil 1 değerlendirildiğinde çalışmaya katılan öğrencilerin yaklaşık %70’lik kesiminin eşit denebilecek ölçüde iki uçta yer aldığı geri kalan kesimin de aralarda bulunduğu görülmektedir.



Şekil 1. Tüm öğrenciler için cevap kombinasyonlarının öğrenci yüzdelere göre değişim grafikleri.

Cevap kombinasyonlarının sınıflara göre dağılımı ise Şekil 2’deki grafiklerle gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde OFÖ I, İFÖ I ve İMÖ II öğrencileri arasında “111” cevap kombinasyon türünde, yani tüm tanımlara uyumlu cevap veren olmadığı görülmektedir. Çalışma, öğretim yılının başında yapıldığından, bu öğrenciler, henüz üniversitede fizik dersi almamış, lisedeki bilgileriyle soruları cevaplamışlardır. İFÖ I. sınıf ve İMÖ II. sınıf grafiklerinde öğrenciler soldaki kombinasyonlarda yığılırken, OFÖ IV. sınıfa ait grafikte sağa doğru bir yığılma göze çarpmaktadır. OFÖ I, OFÖ II, ve OFÖ III. sınıflarında *geçiş kombinasyonları* da diyebileceğimiz gözlemlenen ara kombinasyon sayılarındaki artış sayesinde cevap kombinasyon türlerinin sayısı diğer sınıflara göre fazlalık göstermekte ve kombinasyonlardaki yığılma üst sınıflara gidildikçe sağa doğru kaymaktadır ki bu da bilgi düzeyindeki artışa işaret etmektedir.



Şekil 2. Cevap kombinasyonlarının öğrenci yüzdelere göre değişim grafikleri.

Sınıflara göre tanımlamalar niteliksel olarak farklılık göstermektedir. Üniversitede henüz fizik dersi almamış OFÖ I, İFÖ I ve İMÖ II öğrencileri, momentumu, vektörel bir nicelik olduğunu gözardı ederek tanımlamışlardır. Buna karşılık, OFÖ II, III ve IV öğrencileri momentumun vektörel olduğunu hem “Momentum Nedir?” hem de “Momentum Nasıl Bir Büyüklüktür?” sorusuna verdikleri cevaplarda belirtmiştir.

Çalışmaya katılan öğrencilerin yaklaşık üçte biri momentum kavramını tanımlayabilmiştir. Oysa ki bu oran impuls için dörtte birdir. Bazı öğrenciler

momentumu “moment” kavramıyla karıştırmıştır. Bunun isim benzerliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. İmpulsun Türkçe karşılığı “itme” olmasına rağmen “itme” dendiğinde fizik bilimindeki terim anlamı ortaya çıkmamaktadır. Daha çok günlük kullanıma uygun olarak “itekleme, arkadan itme” şeklinde anlaşılmaktadır. Halbuki impulsta uygulanan kuvvetin uygulandığı cisme uygulanış yönü (arkadan, önden, yandan) önemli değildir. Önemli olan bir kuvvetin belli bir süre uygulanması ve bunun sonuç olarak cismin momentumunda bir değişim meydana getirmesidir. Bu durum “İtme (impuls) Nedir?” sorusuna öğrencilerin verdiği cevaplarda açıkça görülmektedir. “İtme” yerine “implus” kelimesinin kullanılmasının bu kavram ile ilgili yanlış algılamaları azaltabileceği düşünülebilir. Bu çalışma boyunca da terim olarak itme değil impuls kullanılması tercih edilmiştir.

Bu çalışmada soruların açık uçlu olması, öğrencilere, incelenen kavramları kendi cümleleriyle tanımlama imkanı vermiştir. Burada kavramlar hakkında elde edilen bulguların yanında, öğrencilerin bilgi ve düşüncelerini ifade etmekte zorlandıkları gözlenmiştir. Bu çalışmaya katılan öğrencilerin geleceğin öğretmenleri olması bu tespitten bahsetmemizi zorunlu kılmıştır. Elde edilen bulguların bu kavramlarla ilgili gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterici olacağı umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Arons, A. B. (1997). Teaching Introductory Physics. New York, NY: Wiley.
- Camp, C. and Clement, J. et.al., (1994). Pre-conceptions in Mechanics: Lessons Dealing with Students' Conceptual Difficulties. Dubuque, IA: Kendall Hunt.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., and Wood-Robinson, V. (1994). Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas. New York, NY: Routledge.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions – developments and trends. In The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, NY: Misconceptions Trust.
- Fischer, H. E. (1993). Framework for conducting empirical observations of learning processes. Science Education, 77 (2), 131-151.
- George, E. A., Broadstock, M. J. ve Vásquez Abaz, J. (2000). Learning energy, momentum, and conservation concepts with computer support in an undergraduate physics laboratory. In B. Fishman / S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), Fourth International Conference of the Learning Sciences (pp. 2-3). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Graham, T. ve Berry, J. (1996). A hierarchical model of the development of student understanding of momentum. International Journal of Science Education 18(1), 75-89.

- 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.
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics* 53(11), 1056-1065.
- Hestenes, D. (1992). Modeling Games in the Newtonian World, *American Journal of Physics* 60, 732-748.
- Hestenes, D., Wells, M. and Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* 30, 141-158.
- Hestenes D. and Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher* 30, 159-165.
- Hewson, M. G. ve Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching* 20(8), 731-743.
- İngeç, Ş. K., Taşar, M. F., Güneş, P. Ü. (Basılmamış Makale). Momentum ve impuls kavramlarını anlama – II: Öğretmen adaylarının momentum ve impulsu nasıl kavradıklarının belirlenmesi.
- Lattery, M. J. (Basılmamış Makale). Student conceptions of forces in a collision: Perspectives from a modeling activity.
- Lawson, R. A. ve McDermott, L. C. (1987). Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics* 55(9), 811-817.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction – A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- McDermott, L. C. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned-closing the gap. *American Journal of Physics*. 59(4), 301-315.
- Nersessian, N. J. (1995). Should Physicists Preach What They Practice? *Constructive Modeling in Doing and Learning Physics*. *Science & Education* 4(3), 203-226.
- Niedderer, H., Goldberg, F., and Duit, R. (1992). Towards learning process studies: a review of the workshop on research in physics learning. In Duit, R. Goldberg, F., & Niedderer, H. (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies, Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen, IPN Kiel*, 10-28.
- Niedderer, H. (1997). Learning process studies in physics: A review of concepts and results. *American Educational Research Association 1997 Yıllık toplantısında sunulmuş bildiri*.
- O'Brien Pride, T., Vokos, S. ve McDermott, L. C. (1998). The challenge of matching learning assessments to teaching goals: An example from the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics* 66(2), 147-157.
- Raven, (1967-1968). The development of the concept of momentum in primary school children. *Journal of Research in Science Teaching* 5, 216-223.

- Roth, W.-M. (1998). Learning process studies: examples from physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1019-1024.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Fraser, B. J. (1996). Overview: Research on students' preinstructional conceptions – The driving force for improving teaching and learning in science and mathematics. In D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser (Eds.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*, New York, NY: Teachers College Press, 131-140.
- Wells, M., Hestenes, D., and Swackhamer, G. (1995). A Modeling Method for High School Physics Instruction, *American Journal of Physics*. 63, 606-619.
- Wessel, W. E. (1997). So, what is momentum? One teacher's attempt to understand student knowledge construction in physics. From Misconceptions to Constructed Understanding sempozyumunda sunulmuş bildiri, 13-15 Haziran 1997, Cornell Üniversitesi, Ithaca, NY.