



Fizik Problemleri Çözmede Düşünce Deneyleri: Fizik Öğretmen Adayları Üzerine Bir İnceleme *

Senem Bademci ¹, Musa Sarı ²

Öz

Bu araştırma, öğrencilerin bir problem çözme davranışı içinde tasarladıkları düşünce deneylerini ve bu düşünce deneylerinin yapılarını belirlemeyi amaçlayan, iki aşamadan oluşan tarama temelini esas alan bir çalışmasıdır. Uygulamanın birinci aşaması Fizik Öğretmenliği Programında 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. 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

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 03.01.2012
Kabul Tarihi: 25.10.2014
Elektronik Yayın Tarihi: 10.11.2014

DOI: 10.15390/EB.2014.1777

Giriş

Karmaşık deney düzeneklerini gerçekleştirme imkanı bulamayan bilim insanları, bilim tarihine pek çok yenilik katmış olan deneylerini düşünce deneyleri ile gerçekleştirmişlerdir. "Aklın laboratuvarları" nda gerçekleştirilen bu deneyler, gerçekleştirildikleri dönemden önceki bilgilerle bir ön hazırlık dönemi geçirmiş ve düşünsel birtakım aktivitelerle ortaya çıkmışlardır. Örneğin, Newton, yerçekimi üzerinde düşünmeye başladığında, hareket eden cisimler hakkında var olan bazı önemli bilgilerden büyük ölçüde yararlanmış (Bixby, 2002; Grant,2007,). Düzenek olarak insan aklının yeterli olduğu "düşünce deneyleri" bizlere hayal gücü ve yaratıcılığın örneklerini sunmaktadırlar. Düşünce deneyleri, kavramlar arası mantıksal ilişkilerle ilgili iddiaların ve açıklamaların evrensel olarak geçerli olup olmadığına karar vermemize yardımcı olur (Schcik, 2003; Clatterbuck, 2013). "Heisenberg'in Gama Işını Mikroskobu" ve "Einstein'in Foton Tartısı", termodinamik yasalarıyla ilgili olan "Stevin'in Zinciri" ve "Maxwell'in Cini", kuantum fiziği ile ilgili olan "Schrödinger'in Kedisi" ve "Newton'un Kovası" ile "Galileo'nun Serbest Düşme Deneyi" düşünce deneyleri bizlere fizik yasalarıyla ilgili geniş düşünme olanakları sağlayan bazı örneklerdir.

* Bu çalışma, Fizik problemleri çözmede düşünce deneylerinin yeri: Birinci ve beşinci sınıf fizik öğretmen adayları üzerine bir inceleme adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

¹ Fizik Öğretmeni, Türkiye, bademcisenem@hotmail.com

² Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Türkiye, msari@gazi.edu.tr

Düşünce deneyleri, düşüncede gerçekleştirilmiş bir deneyin sonuçları üzerinde temellendirilmiş muhakeme süreçleridir (Reiner, Haifa ve Gilbert, 2000). 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. Bu 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 açıardan aslında bir bilim insanı gibi davranırlar (Reiner, 1998, 2000). Bir kavrama sahip olmak öğrenciye, hayali bir durumda bile, onun uygulanabilirliği hakkında yanlışsız yargıda bulunma yeteneği kazandırabilir (Schcik, 2003; Cooper, 2005; Clatterbuck, 2013).

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

1. 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.
2. 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.
3. Düşünce deneyinin gerçekleştiği düşsel koşullar yeterince kesin biçimde tanımlanmalıdır ki, gerçek deneylerde aranan yenilenebilirlik niteliğini düşünce sınırları içinde bile olsa sağlayabilsinler.
4. Gerçek deneylerde olduğu gibi düşünce deneylerinde de bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ayırımına varılabilmeli ki neden ve sonuç ilişkileri sağlıklı biçimde algılanabilsin.
5. 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 tartışılabilir.

Brown (1991), düşünce deneyleri ile ilgili Yıkıcı, Yapıcı ve Platoncu olmak üzere üç sınıflandırma sistemi öne sürmüştür. *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. *Yapıcı Düşünce Deneyleri'nin* temeli ise düşünce deneyi olgusunun (zihinde) kurulmasını esas alır. Yapıcı düşünce deneyi üç alt sınıfa ayrılır. *Birleştirici Düşünce Deneyleri*; belirgin bir teoriden yola çıkılarak oluşturulan bir düşünce deneyidir. *Varsayımsal Düşünce Deneyi*; bazı düşünce ve deneysel olguları açıklamak için teoriler hipotezleştirilir. *Dolaysız Düşünce Deneyleri*; hem birleştirici hem de varsayımsal alt türlerdeki öğelerden oluşur. Ancak bilim insanları tarafından biri kullanılır. Bu türdeki düşünce deneyleri, sorunsal olmayan (düşünsel – deneysel) bir olguyla başlar ve teoriyle bitirilirler. *Platoncu Düşünce Deneyi*; hem yıkıcı hem de yapıcı dolaysız bir düşünce deneyidir. Bu düşünce deneyi yeni bir deneysel oluşuma tabi değildir. Platoncu düşünce deneyinde, mevcut teoriden daha iyi bir teorinin elde edildiği sonuçlandırma teorisiyle ilgili bir gelişme gözlenir (Reiner,1998; Gilbert ve Reiner, 2000, Urbaniak, 2012) (Tablo 1).

Her düşünce deneyi altı öğeden oluşur (Reiner, 1998). Öncelikle bir hipotez veya sorunun sorulması gelir. Ardından, bir düzen içinde birbirine bağlı varlıklardan (nesnelere veya nesne olarak ele alınan hayali oluşumlardan) oluşan hayali bir dünya yaratılmalıdır. Üçüncü olarak, bir düşünce deneyi tasarlanır. Dördüncü aşama, düşünce deneyi tarafından yürütülür. Beşinci sırada, mantık kuralları dahilinde düşünce deneyiyle ilgili bir sonuç çıkarılır. Altıncı ve son aşamada ise, bir karara varılır. Bu öğeler değişik şekillerde bir araya gelerek düşünce deneyi tipolojisinin temelini oluştururlar. Brown'un yaptığı sınıflandırma Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Brown'un Düşünce Deneyleri Sınıflandırması

Sınıf	Alt Sınıf	Amaç	Örnek
Yıkıcı	-	Teorideki zayıflıkları belirleme	Schrodinger'in Kedisi
	Birleştirici	Teoriden sonuç çıkarma	Maxwell'in Cini
Yapıcı	Varsayımsal	Olguyu saptama ve kuramlaştırma	Newton'un Kovası
	Dolaysız	Sonuç çıkarma (tumdengelim) ve sonuç çıkarma	Stevin'in Eğik Düzlemi
Platoncu	-	Teori geliştirme	Galileo'nun Serbest Düşme Deneyi

Eğitim-Öğretim sürecinde, mevcut bir kavram konusunda yetersiz kalmış bir öğrenciye farklı bir kavram sunulduğunda ya eski kavramla yeni kavram arasında bir bütünlük kurulur yada yeni kavram, eskisinin yerini alır. Kavramsal değişimi desteklemede düşünce deneylerinin kullanılması, onların kavram öğretimi sürecine olumlu katkılar sağladığını ortaya koymaktadır (Gilbert ve Reiner, 2000; Ylikoski, 2003; Reiner, Haifa ve Gilbert, 2004).

Düşünce deneylerinin çeşitli türleri mevcut bir teoriyi desteklemekte, eleştirmekte veya yeni bir teori oluşturmakta kullanılabilir. 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. Diğer bir deyişle, bu yönlerden aslında bir bilim insanı gibi davranırlar (Reiner, 1998; Ateş, 2008; Kızılkaya ve Aşkar, 2009).

Bu araştırma, öğrencilerin bir problem çözme davranışı içinde tasarladıkları düşünce deneylerini ve bu düşünce deneylerinin yapılarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Böylece öğrencilerin fiziksel kavramlar hakkındaki algıları ve kavramlar arası geçişlerine dair bilgi edinerek fizik öğretiminin etkili olmasında düşünce deneylerinin yeri ile ilgili bilgi elde edilebilecektir. Ayrıca öğrenciler, kavramsal değişimi desteklemede ve fizik problemlerini çözmeye düşünce deneylerini kullanmaya teşvik edilecektir.

Yöntem

Araştırma, hareket kanunları ile ilgili ortaya koyulan düşünce deneylerinin yapılarını belirlemeye yönelik betimsel bir çalışma niteliğindedir. Araştırma, boylamsal tarama çalışması temel alınarak yürütülmüş ve her bir öğrenci grubu ile odak grup görüşmesi yapılarak gerçekleştirilmiştir (Fraenkel ve Wallen, 2006).

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evreni, Ankara ilinde bulunan (devlet) üniversitelerinin Eğitim Fakültelerindeki Fizik Eğitimi Anabilim Dalında, hareket kanunlarıyla ilgili konuları görmüş, birinci ve beşinci sınıf öğrencilerden oluşmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalında öğrenim görmekte olan 22 birinci sınıf ve 28 beşinci sınıf öğrencisi olmak üzere 50 kişiden oluşmaktadır. Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada kavramsal ağırlıklı 6 açık uçlu soruyla oluşturulan test, birinci ve beşinci sınıf öğrencilerinden oluşan 50 kişiye uygulandı. İkinci aşamada, verilerin daha zengin ve anlamlı hale getirilmesi için, birinci (5

öğrenci) ve beşinci (4 öğrenci) sınıftan en yüksek puanı alan öğrenciler seçildi. Seçilen öğrencilere 4 açık uçlu soruyla oluşturulan ikinci test uygulanarak gözlem ve mülakatlardan oluşan ikinci aşama gerçekleştirildi. Üniversiteye yeni kayıt yaptıran 1.sınıf öğrencileri ile mezuniyet durumunda olan 5.sınıf öğrencileri düşünce deneyleri tasarlama açısından karşılaştırılmak istendiği için ara sınıflar araştırmaya dahil edilmemiştir.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırmada, Georgiou (2005)' nun araştırmasında kullandığı testlerden yararlanılmıştır. Testlerin genel yapısı ve bu soruların kullanılmasındaki amaçlar belirlendikten sonra bu testlerdeki maddelerden seçmeler yapılarak araştırmanın her iki oturumu için iki ayrı test oluşturulmuştur.

Birinci test 6 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. Birinci test, ilk oturumda 60 dakikalık sürede uygulanmış ve testlerin puanlandırılmasında tam doğru cevaba (2), kısmen doğru cevaba (1), tamamen yanlış cevaba ise (0) puan verilmiştir. Madde güçlük düzeyi 0,23 ve KR-21 (Kuder-Richardson-21) güvenilirlik katsayısı 0,58 olarak hesaplanmıştır. Testin güçlük düzeyinin ve güvenilirliğinin amaca uygun olduğu belirlenmiştir (Tan, Kayabaşı ve Erdoğan, 2002; Tekin, 1993, Bademci, 2008). Birinci aşamada verilen cevaplar, düşünce deneyi özellikleri göz önünde bulundurularak analiz edilmiş, öğrencilerin teste verdikleri açıklamalı cevaplar incelenmiş ve öğrencilerin testlerden aldığı puan sıralamasına göre, 5 birinci sınıf öğrencisi ve 4 beşinci sınıf öğrencisi uygulamanın ikinci aşamasına davet edilmiştir. Buradaki amaç, bu öğrencilerin verdiği cevapları düşünce deneyleri açısından derinlemesine incelemektir. Ayrıca, ikinci oturumda kullanılacak olan test soruları, buradaki uygulamadan yola çıkılarak belirlenmiş ve yönlendirici alt maddeleriyle beraber 4 maddelik ikinci test hazırlanmıştır. Test maddeleri belirlenirken, öğrencilerin ilk aşamada vermiş oldukları cevaplardan yola çıkılmış, öğrencilerin algılayış biçimleri, çözüm üretebilme yeteneklerinin ileri düzeyde olduğu konular üzerinde durulmuştur.

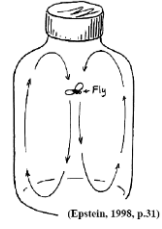
İkinci oturumda, hazırlanan 4 maddelik ikinci test öğrencilere dağıtılmış ve yapılandırılmış alan çalışması türünde, yarı yapılandırılmış gözlem yapılmıştır. Gözlemin hemen ardından, kritik noktaları açığa çıkarmak ve verilen cevaplarla ilgili daha detaylı bilgi almak amacıyla standartlaştırılmış açık uçlu görüşme tarzında mülakatlar yapılmıştır. Yapılan mülakatlarda ise her bir soru için ayrı birer ek soru önceden hazırlanmış ve mülakat sırasında öğrencilere yazılı olarak dağıtılmıştır. İkinci oturumda gözlem aşaması yaklaşık olarak 60 dakika, mülakat aşaması ise yaklaşık olarak 20 dakika sürmüştür ve uygulama boyunca veriler video kaydına alınmıştır. Video kaydına alınan diyaloglar ve anlatım sırasında gözlenen davranışlar, gözlem akışı içerisinde, yazılı metin olarak öğrenci isimleri kodlanarak sunulmuştur. Söz konusu uygulamalar, 1.sınıf ve 5.sınıf grupları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, mülakata katılan 1.sınıf öğrencileri A₁, B₁, C₁, D₁, E₁; 5.sınıf öğrencileri ise A₅, B₅, C₅, D₅ şeklinde kodlanmıştır (Bademci, 2008).

İkinci oturum verileri Brown (1991)'un düşünce deneyleri sınıflandırması ile Gilbert ve Reiner (2000)'in belirledikleri düşünce deneyi özellikleri göz önünde bulundurularak gözlem formu (Tablo2) şeklinde ortaya konulmuş ve diyalog metinlerinden alıntılar sunulmuştur. Yapılan ana çalışmanın küçük bir kısmını temsil eden bu çalışmada, 4 sorudan her iki oturumda da kullanılan sorulardan sadece bir tanesi seçilmiş ve soruya verilen cevaplar analiz edilmiştir. Ayrıca soruyla ilgili görüşmelerin derinleştirilmesi aşamasında balıkların akvaryum içerisindeki durumlarını ortaya koyan ek soruyla desteklenmiştir (Bademci, 2008).

Soru

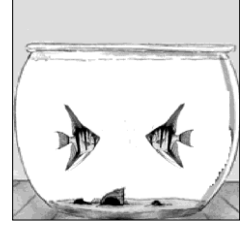
Birkaç sinek bir kavanoza kapatılmıştır. Kavanozu bir skalanın üzerine yerleştirdiniz (ölçek ağırlık değerlerini göstermektedir). Buna göre aşağıdaki durumlardan hangisi gözlenir?

- Sinekler kavanozun dibindeyken skala, ağırlığı daha büyük gösterecektir.
- Sinekler kavanozun içinde uçarken skala, ağırlığı daha büyük gösterecektir.
- Sinekler kavanozun içinde dururken de uçarken de skalada aynı değerler gözlenecektir (Epstein 1998; aktaran: Georgiou, 2005).



Sorunun görüşme ile desteklenmesinde kullanılan ek soru (Georgiou, 2005)

- Sineklerin kavanoz içindeki hareketlerini akvaryum içindeki balıkların hareketleriyle karşılaştırınız.
- Balıklar suda yüzerken veya su içerisinde yüzeye çıkıp dibe inerken kabın ağırlığında değişim olacak mıdır?
- Kavanozdaki sineklerin veya akvaryumdaki balıkların ağırlıkları dip kısma nasıl iletilir

**Bulgular**

Bulgular ve bulgulara ilişkin yorumlara yer verdiğimiz bu bölümde, birinci ve ikinci aşamada elde edilen veriler analiz edilmiştir. Birinci teste öğrencilerin her bir soruya verecekleri cevapları açıklamalı olarak yazmaları istenmiştir. Testlerin puanlandırılmasında tam doğru cevaba (2), kısmen doğru cevaba (1), tamamen yanlış cevaba ise (0) puan verilmiştir. Madde güçlük düzeyi 0,23 ve KR-21 (Kuder-Richardson-21) güvenilirlik katsayısı 0,58 olarak hesaplanmıştır. Testin güçlük düzeyinin ve güvenilirliğinin amaca uygun olduğu belirlenmiştir (Tan, Kayabaşı ve Erdoğan, 2002; Tekin, 1993, Bademci, 2008).

İkinci aşamada elde edilen görüşme sonuçları, 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. Bu gözlem formları, ikinci aşamadaki nitel verilerin analizinde 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 (Bademci,2008).

Söz konusu uygulamalar, 1.sınıf ve 5.sınıf grupları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler gözlem formlarına, yukarıda verilen kriterlere göre kodlanmıştır (Tablo 2, Tablo 3) .

Birinci Sınıf Öğrencilerinin Üçüncü Soruya Verdikleri Cevaplar

Birinci sınıf öğrencilerinin cevaplarında gözlenen özelliklerin gözlem formu Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2. Birinci Sınıf Öğrencilerinin Üçüncü Soruya Verdikleri Cevaplarda Gözlenen Özellikler

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 2 ve Tablo 3'deki kodlamalar araştırmaya katılan her bir birinci sınıf ve beşinci sınıf öğrencisinin ilgili problemi çözerken ortaya koyduğu düşünceler ve yaklaşımlar, diyaloglardan yararlanarak oluşturulmuştur.

Birinci sınıf öğrencilerin diyalogları incelendiğinde 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-1

"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..."

"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 (ölçekten 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."

Diğer yandan aynı gruptaki C₁ ve D₁ daha farklı düşüncelerle öne çıkmışlardır:

Alıntı-2

"D₁: Sinek bence yerdeyken ve havada sabit bir şekilde dururken (ölçekte) 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."

"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."

C₁, A₁'in görüşünü savunduğunu söylese de aslında D₁ ile aynı sonuca ulaşmıştır. Çünkü A₁ sinek uçarken kavanozun daha hafif, kavanozun dibindeyken ise daha ağır olacağını savunmuştur. C₁ ise ağırlığın değişmeyeceğini, ibrede anlık bir sapma olacağını söylemiştir. D₁ ağırlığın değişmeyeceğini söylerken sineğin havada sabit ve kavanozun tabanında hareketsiz durmasını önkoşul olarak belirtmiş ve C₁'e şöyle anlatmıştır:

Alıntı-3

D₁: ...mesela, halının üzerinde duruyorsun. Birden bire hızlandın, halı ters yöne doğru kaymaz mı? ...ya da o halıyı düz bir tahta olarak düşünelim (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..."

C₁: Ben sonunda zaten kütle 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..."

Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Üçüncü Soruya Verdikleri Cevaplar

Beşinci sınıf öğrencilerinin cevaplarında gözlenen özelliklerin gözlem formu Tablo 3'deki gibidir.

Tablo 3. Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Üçüncü Soruya Verdikleri Cevaplarda Gözlenen Özellikler

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	*	*	*	

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-4

B₅: Ben kavanozun içinde hava var diye düşündüm, çünkü uçuşu için buna ihtiyacı var. Normalde sinekler uçarken ağırlıkları yokmuş gibi düşünülüyor. Ama uçuşu 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 değişim olmaz dedim..."

Öğrencilerin kısa ve net cevaplar vermeye çalıştıkları gözlenmiş, ancak aşağıdaki alıntı -5 de C₅, A₅'in sorusuna öncekinden daha farklı cevap verdiği görülmüştür:

Alıntı-5

As: ... 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?

Cs: 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...

Bs: ...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.

Cs: ...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..."

Gözlemde yetersiz kalan veriler görüşmede "akvaryum içindeki balık" sorusuyla desteklenmiş ve C₅'in öne sürdüğü şu düşünce dikkat çekmiştir:

Alıntı-6

Cs: ...bu aslında şuna benziyor: içinde sıvı ve gaz bulunan kabı 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 değerin de değişmemesi lazım..."

Ds: ...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:

Alıntı-7

Bs: ...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...

Ds: ...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..."

Öğrencilerin alıntıları analiz edildiğinde, sorunun doğru cevabına yakın bazı düşüncelerin oluştuğu gözlenmektedir. "Sinekler havalandıklarında veya yere indiklerinde kavanozun ağırlığında az (önemsiz) bir değişme olacaktır. Ama kapalı kavanozda sinekler sadece uçuyorsa kavanozun ağırlığı, sineklerin kavanozun dibindeyken sahip olacağı ağırlıkla aynı olacaktır. Ağırlık, kavanozun içindeki kütleyle bağlıdır ve bu değişmez. Çünkü sineklerin ağırlığı hava akımları sayesinde kavanozun dibine iletilir. Özellikle sineklerin kanatları aracılığıyla yukarıya çekim oluşturulur. Ancak havanın bu yukarı çekiminin bir de geri dönüşü olmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken şey, havanın kavanozun dibindeyken sahip olacağı kuvvet değerinin tepedekinden büyük olacağıdır. Çünkü hava dibe vurduğunda daha hızlı hareket eder ve geri dönüşte tepeye vurmadan önce "sürtünme" havayı yavaşlatır (Sürtünme vardır, çünkü sinekler uçabildiğine göre kavanozun içinde hava vardır). Dipteki ve tepedeki kuvvetler arasındaki fark da sineklerin ağırlığına eşit olacaktır (bunu "fanusun içinde yüzmekte olan balıklar" örneğine benzetebiliriz). **Cevap: (c)**".

Her iki öğrenci grubunun alıntıları, Brown'un düşünce deneyleri sınıflandırmasına göre analiz edilerek (Tablo 1), öğrenciler tarafından oluşturulan düşünce deneyi çeşitleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Birinci ve Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Uygulama Sonucunda Geliştirdikleri Düşünce Deneyi Çeşitleri

Sınıflar	Öğrenciler	Düşünce Deneyi Özellikleri	Düşünce Deneyi Çeşidi
Birinci Sınıflar	A1	-Akışkanlar arasındaki benzerlikten yola çıkarak "su içerisindeki taş" örneğini "hava içerisindeki sinek" örneğine aktarmıştır.	Yapıcı
	B1	-Kavanozun ağırlığı ölçebilmek için sineklerin ölmeleri gerektiğini öne sürmüştür.	Yıkıcı
	C1	-Kütlenin korunacağını ve toplam ağırlığın değişmeyeceğini düşünüyor. Sadece ilk anda bir değişiklik olacağını ifade ediyor.	Yapıcı
	D1	-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 "sıvının kaldırma kuvveti" olgusunu, bilinmeyen "sineğin ivmeli hareketi" ile birleştirmiştir.	Yapıcı
	E1	E1 kodlu öğrenci, uygulama sürecinde pasif olarak kalmıştır
Beşinci Sınıflar	A5	-Sinek yukarı doğru hareketinde aslında denge durumu değil de, yukarı çıkarken aşağıya daha fazla havayı itiyor. Aslında ağırlığından daha fazla havanın yere ulaşması gerekmez mi? -Ben kavanozun içinde hava var diye düşündüm, çünkü uçuşu için buna ihtiyacı var. Normalde sinekler uçarken ağırlıkları yokmuş gibi düşünüyor. Ama uçuşu için ağırlığı kadar havayı arkasında bıraksın ki, yani ağırlığı kadar bir kuvvet uygulaması lazım ki uçabilsin, yani havada dengede kalabilsin.	Yıkıcı
	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. -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... - Sinek 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 sağa sola değişecek...	Platoncu
	C5	- Bu aslında şuna benziyor: İçinde sıvı ve gaz bulunan kabı 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 değerlerin de değişmemesi lazım..."	Platoncu
	D5	-Şimdi 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. -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..."	Platoncu

Tablo 4'den görüldüğü gibi, her iki öğrenci grubunun geliştirdiği düşünce deneyleri yapıcı ve yıkıcı özellikler taşımaktadır. Beşinci sınıf öğrencilerinde ise kesin hatlarla belirlenmiş "Yıkıcı Düşünce Deneyi" yapısı ortaya çıkmıştır. Ancak beşinci sınıf öğrencileri, yapıcı ve yıkıcı düşünce deneylerini içeren "Platoncu Düşünce Deneyi" özelliklerine daha uygun düşünce deneyleri de tasarlamışlardır (Ylikoski, 2003; Clatterbuck, 2013). Yani içeriğinde hata olduğunu düşündükleri hayali durumları daha sağlam olarak geliştirdikleri yeni senaryolarla yıkıp kendi görüşlerinin yıkılmazlığını ortaya koymuş ve yeni teoriler üretmişlerdir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Alıntı-1'deki diyaloglarda, A₁ akışkanlar arasındaki benzerlikten yola çıkarak "su içerisindeki taş" örneğini "hava içerisindeki sinek" örneğine aktarmıştır. B₁ ise daha farklı bir yaklaşımla ağırlığı ölçebilmek için sineklerin ölmeleri gerektiğini öne sürmüştür. Ulaştıkları sonucun doğruluğuna bakmaksızın A₁ Yapıcı, B₁ ise mantığına uymayan böyle bir ölçümü sadece reddettiğinden Yıkıcı yapıda düşünce deneyleri sergilemişlerdir. Ancak A₁ ve B₁'in öne sürdükleri fikirler, onları doğru cevaba yönlendirmemiştir.

Alıntı-2 ve devamındaki Alıntı-3 diyaloglarından görüleceği gibi, C₁ ve D₁ makul bir ölçüde görüş birliğine varabiliyorlar. Yapıcı özellikler gösteren bu fikirlerin görüşmede "akvaryum içindeki balık" ek sorusuyla yinelenmesi istendiğinde sadece D₁ yaptığı çizimle 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 "sıvının kaldırma kuvveti" olgusunu, bilinmeyen "sineğin ivmeli hareketi" ile birleştirmiştir. Bu anlamda Yapıcı düşünce deneyinin izlerine rastlamaktayız.

Alıntı-4 ve Alıntı-5 diyaloglarında, 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 Platoncu düşünce deneyi özelliklerini görüyoruz. Çünkü B₅'in görüşünü daha sağlam bir gerekçeye dayanan görüşüyle yıkmıştır.

Görüşme ile desteklenen Alıntı-6 ve Alıntı-7 diyaloglarında 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.

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; aktaran: Taşpınar, 2005, Acar, 2013) 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 yeni tamamlamış oldukları için daha çok kavramlar üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bunun nedeni olarak da giriş düzeyindeki 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.

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 göstermişler; çok daha kesin hatlarla belirlenmiş, kısa süren düşünce deneyleri tasarlamışlardır. 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.

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 (Schcik, 2003; Çalışkan, 2005; Tüzün, 2010). Yeterince ayrıntılı açıklanmazlarsa veya mantıksız varsayımlara dayanırlarsa önemleri kuşkuolu olur. 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 doğrulamaya ve farklı gruplaşmalarla birbirlerini desteklemeye çalıştıkları için “Yapıcı Düşünce Deneyi” yapısı da sıkça gözlemlenmiştir. Beşinci sınıf öğrencilerinde ise kesin hatlarla belirlenmiş “Yıkıcı Düşünce Deneyi” yapısı ortaya çıkmıştır. Ancak beşinci sınıf öğrencileri “Platoncu Düşünce Deneyi” özelliklerine daha uygun düşünce deneyleri de tasarlamışlardır (Clatterbuck, 2013). Yani içeriğinde hata olduğunu düşündükleri hayali durumları daha sağlam olarak geliştirdikleri yeni senaryolarla yıkıp kendi görüşlerinin yıkılmazlığını ortaya koymuşlardır (Ylikoski, 2003; Beck, 2006).

Düşünce deneyleri fizik eğitiminin doğasına uygun olmasından ötürü öğrencilerin kavramsal gelişimini destekler niteliktedir. Özellikle birinci sınıf öğrencilerinin göstermiş oldukları düşünce deneyi yapılarından yola çıkarak giriş düzeydeki fizik öğretimini klasik düşünce deneyleriyle desteklemek, öğrencinin aktif katılımını ve öğrenmede kalıcılığı sağlayacağı için büyük önem taşımaktadır (Ylikoski, 2003; Rafal, 2012; Acar, 2013). Bu araştırma, bir problemin çözümü için derinlemesine sorgulamayla, öğrencilerde var olan bir takım düşünceleri detaylı bir şekilde ortaya koyabileceğimizi göstermektedir.

Ylikoski (2003), Georgiou (2005) ve Clatterbuck (2013)’in çalışmalarında belirttikleri gibi öğrencilerin düşünce deneylerinde ortaya çıkan görüşler, öğrencilerin sahip oldukları kavram algılarını da ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada 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.

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.

Kaynakça

- Acar, H. (2013). Fizik öğrencilerinin düşünce deneyleri ile düşünme süreçlerinin incelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fizik Öğretmenliği Bilim Dalı.
- Ateş, S. (2008). Mekaniğin konularındaki kavramları anlama düzeyi ve problem çözme becerilerine cinsiyetin etkisi. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 33(148), 4-12.
- Bademci, S. (2008). Fizik problemleri çözmede düşünce deneylerinin yeri: Birinci ve beşinci sınıf fizik öğretmen adayları üzerine bir inceleme. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fizik Öğretmenliği Bilim Dalı.
- Beck, S. (2006). These Bizarre Fictions: Thought Experiments, Our Psychology and Our Selves, *Philosophical Papers*, 35: 29-54.
- Bixby, W. (2002). *Galileo ve Newton'un Evreni*. İngilizceden Çeviren: Nermin Arık. Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara.
- Brown, J. R. (1991). Thought experiments: A Platonic account. Thought experiments in science and philosophy. Maryland: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.
- Clatterbuck, H. (2013). The epistemology of thought experiments: A non-eliminativist, non-platonic account, *European Journal for Philosophy of Science*, 3: 309-329.
- Clement, J. (1978). The role of analogy in scientific thinking: examples from a problem-solving interview. Revised. National Science Foundation, Washington.
- Cooper, R. (2005). Thought experiments, *Metaphilosophy*, 36:328-347.
- Çalışkan, S., Selçuk, G. & Erol, M. (2006). Fizik öğretmen adaylarının problem çözme davranışlarının değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30, 73-81.
- Fraenkel, J.R. & Wallen, N.E. (2006). How to design and evaluate research in education. New York: McGraw-Hill International Edition.
- Gendler, T. (1998). Galileo and the indispensability of scientific thought experiment. *British Journal for the Philosophy of Science*, 49, 397-424.
- Georgiou, A. (2005). Thought experiments in physics problem-solving: On intuition and imagistic simulation. MS Thesis, University of Cambridge.
- Gilbert, J. K. & Reiner, M. (2000). Thought experiments in science education: Potential and current realization. *International Journal of Science Education*, 22(3), 265-283.
- Grant, E. (2007). Thought experiments and the role of the imagination, in *A History of Natural Philosophy: From the Ancient World to Nineteenth Century*, Cambridge: Cambridge University Press, 200-211.
- Irvine, A. D. (1991). On the nature of thought experiments in scientific reasoning. In T. Horowitz & G. J. Massey (Eds.), *Thought experiments in science and philosophy* (pp. 149-165). Maryland: Rowman & Littlefield Publishers.
- Kızılkaya, G. & Aşkar, P. (2009). Problem çözmeye yönelik yansıtıcı düşünme becerisi ölçeğinin geliştirilmesi. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 34(154), 83-92.
- 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.
- Reiner, M. (1998). Thought experiments and collaborative learning in physics. *International journal of Science Education*, 20(9), 1043-1058.
- Reiner, M., Haifa, T. & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22(5), 489-506.

- Reiner, M., Haifa, T. & Gilbert, J.K. (2004). The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1819-1834.
- Schick, T. Jr. & Vaughn, L. (2003). *Doing philosophy: an introduction through thought experiments* (2nd ed.). New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Tan, Ő., Kayabaşı, Y. ve Erdoğan, A. (2002). *Öğretimi Planlama ve Deđerlendirme*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Taşpınar, M. (2005). *Kuramdan Uygulamaya Öğretim Yöntemleri* (2. baskı). Ankara: Nobel Basımevi.
- Tekin, H. (1993). *Eđitimde Ölçme ve Deđerlendirme*. Ankara: Yargı Yayınları.
- Urbaniak, R. (2012). "Platonic" Thought Experiments: How on Earth?, *Synthese*, 187: 731–752.
- Tüzün, Ü.N. (2010). *Düşünce deneyleri kullanılarak yapılandırılan bilimsel tahmin argümanlarının öğrencilerin gazlar konusunu anlamalarına etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Kimya Öğretmenliği Bilim Dalı.
- Yıldırım, A. ve ŐimŐek, H. (2005). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (5. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Ylikoski, P. (2003). Thought Experiments in Science Studies, *Philosophica*, 72: 35–59.