

Düşünce Deneyleri Yolu ile Öğrencilerin Eylemsizlik Kavramının Araştırılması *

Hatice Acar ve Zeynep Gürel

Özet

Öğrencilerin günlük yaşam deneyimlerinden bilimsel kavramlara doğru olan kavramsal gelişimi bilim tarihindeki kavramsal gelişim süreci ile benzerlik göstermektedir. Bilim tarihinde bilimsel sorgulama araçları olarak kullanılmış olan düşünce deneyleri bilimsel kavramların gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. Düşünce deneylerinin benzer bir katkıyı öğrencilerin kavramsal gelişiminde sağlayabileceği öngörülmektedir. Bu araştırma lise ve üniversite öğrencilerinin eylemsizlik kavramını düşünce deneyleri yolu ile araştırmayı ve öğrencilerin eylemsizlik kavramı ile bilim tarihindeki eylemsizlik kavramı arasındaki paralellikleri incelemeyi hedefleyen nitel bir araştırmadır. Araştırmada katılımcılara önce Düşünce Deneyleri Anketi (DDA) uygulanmış daha sonra gönüllü öğrenciler ile yarı-yapılandırılmış birebir görüşmeler yapılmıştır. Araştırmanın kapsamına bu anketteki eylemsizlik kavramı ile ilgili iki açık uçlu ve bu sorulardaki durumların karşılaştırılmasına dayalı bir karşılaştırma sorusundan alınan veriler dahil edilmiştir. Araştırmanın sonuçları öğrencilerin eylemsizlik kavramının bu kavramın bilim tarihindeki gelişimi ile paralellik gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca öğrencilerin alternatif görüşlerinin ve günlük yaşam deneyimlerinin eylemsizlik kavramı ile ilgili düşünme süreçlerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Düşünce deneyleri; eylemsizlik; alternatif görüşler; bilim tarihi; fizik eğitimi

Giriş

Bilim Tarihinde ve Öğrencilerde Düşünce Deneyleri

Düşünce deneyleri hayali dünya bağlamında, araç gereç kullanmadan, bir problem durumu üzerinden zihinde sonuçların gözlemlenmesi yolu ile yapılan deneylerdir. Sorenson (1992) düşünce deneylerini uygulamaya başvurmadan amaçlarına ulaşmayı hedefleyen deneyler olarak tanımlamıştır. Gendler (2004)'e göre düşünce deneyi yapmak hayali bir senaryo üzerinden akıl yürütmeyi gerektirir. Bu durum düşünce deneyleri ile problem çözmeyi bir çok bakımdan avantajlı hale getirir. Reiner ve Gilbert'e (2000) düşünce deneyleri kavramsal netliğe ve zihinsel canlanmaya yol açarak öğrenmeye ve problem çözmeye katkıda bulunurlar.

Düşünce deneyleri çeşitli amaçlarla kullanılabilirler. Bilim tarihinde düşünce deneyleri bir teoriyi test etmek ya da yerine başka bir teori kurmak, bir teoriyi açıklamak ya da netlik kazandırmak, bir hipotez kurarak bir fenomeni açıklamak, bir teoriden sonuç çıkarmayı kolaylaştırmak ve yeni bir teori kurmak gibi amaçlarla yapılmışlardır (Brown, 1991). Galileo'nun serbest düşen cisimler düşünce deneyi, Newton'un Kovası, Schrödinger'in Kedisi, Einstein'ın Treni, Maxwell'in Şeytanı bilim tarihinde en bilinen düşünce deneyleri arasındadır.

* Bu çalışma 2. Ulusal Fizik Eğitimi Kongresi, 10-12 Eylül 2015, ODTÜ, Ankara konferansında sunulmuştur.

Dr. Hatice Acar, Milli Eğitim Bakanlığı, haticar@hotmail.com

Doç. Dr. Zeynep Gürel, Adres: Marmara Ü., Atatürk Eğitim Fak., Fizik Öğretmenliği Bölümü, zgurel@gmail.com

Bilim tarihinde düşünce deneyleri bilimsel fikirlerin tartışılmasında ve bilimsel kavramların gelişiminde bilimin tıkanıdığı noktalarda devrimsel nitelikte gelişmelerin ortaya çıkmasına neden olmuşlardır (Lattery, 2001). Düşünce deneylerinin bilim tarihindeki bu devrimsel etkisinin eğitimde kullanıldıklarında öğrencilerin fen kavramlarının gelişiminde de ortaya çıkabileceği bazı araştırmacılar tarafından öngörülmektedir (Helm, Gilbert & Watts, 1985; Stinner, 1995; Winchester, 2006, Klassen, 2006; Reiner & Gilbert, 2000). Öğrencilerin fen öğrenirken düşünce deneyi yapabildiklerini gösteren bazı araştırmalar da vardır (Reiner, 1997,1998; Reiner & Burko, 2003; Reiner & Gilbert, 2000).

Reiner (2006) öğrencilerin düşünce deneyleri ile ünlü fizikçilerin düşünce deneylerini karşılaştıran bir araştırma yapmıştır. Buna göre öğrencilerin düşünce deneyleri kendi naif fizik kavramlarına ve yapılandırılmamış hayal güçlerine dayanır. Fizikçiler kendi düşünce deneylerini geleneksel fiziğe göre oluştururlarken, öğrenciler fizik çerçevesinde düşünmeye yeni başlamış olduklarından naif bölük pörçük günlük bilgilerine ve bunlardan çıkardıkları kurallara göre oluştururlar. Bu kurallar ikinci bir dizi naif fizik görüşü oluşmasına yol açar (Reiner, 2006). Fizikçilerden farklı olarak öğrenciler düşünce deneyini önceden planlamazlar, ne tür bir açığa çıkarıcı akıl yürütme stratejisi kullandıklarının farkında değildirler ve düşünce deneylerini kendiliğinden üretirler. Öğrenciler düşünce deneylerini bir tartışma aracı olarak değil de bağlamın akla yatkınlığını sağlayıcı bir araç olarak kullanırlar (Reiner, 2006).

Gilbert ve Reiner (2000) fen eğitiminin bilimle olabildiğince ilişkili olması gerekiyorsa düşünce deneylerinin fen eğitiminin bir parçası olması gerektiği görüşünü savunmaktadır. Geleneksel fen öğretiminde uzman gibi düşünmenin öğrencide zaten var olduğu varsayımıyla sadece içerik bilgisi öğretilmeye çalışılır. Bilişsel bilime göre; öğrencilere, kapsamlı ve odaklı zihinsel çaba harcattırılması yoluyla düşünme yollarının öğretilmesi gerekir (Wieman, 2007). Yeni düşünme yolları, zaten var olanlar üzerine inşa edildiğinden öğrencinin önceden nasıl düşündüğünün dikkate alınması gerekir (Wieman, 2007). Bu da gerek öğrencilerin düşünme şekillerinin araştırılmasında gerekse onlarda yeni düşünme şekilleri inşa etmede düşünce deneylerinin kullanılmasının önemini ortaya koymaktadır. Öğrencilerin problem çözme yeteneklerinin geliştirilmesi ve kavramsal gelişimlerinin izlenmesi amacıyla fizik eğitiminde düşünce deneylerinin kullanılması gerekir. Bütün bu araştırmalar düşünce deneylerinin fizik öğreniminde etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Araştırmacılar; öğrencilerin mekanik, elektrik, ısı gibi fen konularındaki kavramları ile bilim tarihindeki ön kavramlar arasında açık ve net paralellikler olduğunu bulmuşlardır (McCloskey, 1983; Nersessian, 1989). Bu bulgular; öğrenme sürecinin, bu tarihsel süreci tekrarlıyor olmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Stinner (1994) öğrencilere günlük deneyimlerinden tanıdık gelen alanlarda tarihsel süreci belli bir düzeyde yeniden yaşatmanın etkili bir yöntem olarak kullanılmasını önermektedir. Bilim tarihindeki düşünce deneylerini kullanmak bize bunu yapmanın bir yolunu sunmaktadır.

Geleneksel fizik programları bilgi aktarımını ön plana çıkararak öğrencileri ezberci, zihin gücünü geliştirmekten uzak ve sınav merkezli bir eğitimle karşı karşıya bırakmaktadırlar. Yapılandırmacı öğretim yaklaşımına göre ise öğrenciler kendi bilgilerini kendileri aktif olarak inşa ederler. Bilgi öğrenenden bağımsız değildir. Öğrencilerin önceki deneyimleri, içsel süreç ve yapıları öğrenmelerini önemli ölçüde etkiler. Yapılandırmacı yaklaşıma dayanan “Alternatif Kavramlar Teorisine” göre

günlük deneyimlerden ortaya çıkan kavramlar genellikle fen öğrenimini beslemektedirler. Öğrenciler kendi alternatif kavramlarıyla yüzleştirilmeli ve kendi bilgilerinin yeniden yapılandırılmalarına yardımcı olunmalıdır (Stinner & Williams, 1993).

Düşünce deneyleri öğrencilerin kendi deneyimlerinden yararlanarak, kendi içsel süreçleri ile ve aktif katılımları ile gerçekleşir. Öğrenciler düşünce deneyi yaparak; pratik düşünme, yaratıcı düşünme, tasarım yapabilme yeteneği kazanabilir; hayal güçlerini geliştirebilirler. Düşünce deneyi yapmak; öğrencilere yapıcı, eleştirel ve bilimsel düşünme yeteneği kazandırır. Düşünce deneyi yaparken öğrenciler hayal güçlerini kullanırlar. Klassen ve Stinner (2006)'ın da belirttiği gibi hayal gücü yüksek düşünme doğal merakı uyarır ve doğal merakın uyanması da öğrenmenin sıkıcı bir aktivite olmaktan çıkıp zevkli bir uğraş haline dönüşmesini sağlar.

Bilim Tarihinde Eylemsizlik Kavramı

Aristo'nun (M.Ö. 384-322) yalnızca bir doğa bilimci olarak değil aynı zamanda bir fizikçi olarak da doğayı gözlemlemeye tutkun biri olduğu bilinmektedir. Aristo "Treatise on the Heavens" adlı eserinde iki tür hareket tanımlamıştır: Doğal hareket ve zorlamalı hareket. Doğal hareketi de yine kendi içinde ikiye ayırmıştır: Doğrusal hareket ve dairesel hareket. Bunlardan doğrusal hareket yerdeki cisimlere ait aşağı, yukarı ve sonlu (düşen cisimlerin hareketi) bir harekettir dairesel hareket ise gökteki cisimlere ait sürekli bir harekettir. Bunların dışındaki tüm hareketleri zorlamalı hareket olarak sınıflandırmıştır (Stinner, 1994).

Aristo'ya göre hava ortamı hareket ettirici faktördür ve hareketin sürmesi için gereklidir. Bu görüş temas fikrine dayalıdır: Hareket ettirici kuvvet hareket eden nesneye temas etmelidir. Hava ortamı aynı zamanda harekete direnç de oluşturur, çünkü cisimlerin hızı, içinde buldukları ortamın yoğunluğuyla ters orantılı olarak değişir. Aristo hava ortamının harekete etkisi ile ilgili birbiriyle çelişen bu iki durumdan yola çıkarak boşluğun imkansız olduğu sonucuna varmıştır. Aristo'ya göre boşlukta direnç sıfır olduğundan cisimlerin hızı boşlukta sonsuz olmalıdır, ayrıca boşlukta hareket ettirici faktör yani hava olmadığından cisimler boşlukta hareketsiz olmalıdır. Cisimler boşlukta hem hareketsiz hem de sonsuz hızda olamayacaklarında Aristo'ya göre boşluk diye bir şeyin var olması imkansızdır (Stinner, 1994).

Aristo'nun hareketle ilgili görüşleri bilim tarihinde uzun dönem hüküm sürmüştür. Daha sonraları Buridan (1295-1363) "impetus" teorisini geliştirmiştir. Impetus fikri eylemsizlik kavramına giden yolda ilk adımı oluşturmaktadır. Bu fikre göre cisimlerin hareketleri kendi içlerinde bulunan hareket ettirici bir güç sayesinde gerçekleşir. Sonraki yıllarda Galileo (1564-1642) "Sürtünmesiz Eğik Düzlem" ve "Gemi" düşünce deneyleri gibi bazı düşünce deneyleri ile eylemsizlik kavramının gelişimine katkı sağlamıştır. Newton (1642-1727) impetus fikrini eylemsiz kütle kavramına dönüştürmüştür. Eylemsiz kütle kavramı ile kuvvet olmadan hareket düşünülebilmesi mümkün hale gelmiştir. Newton'un üç hareket yasasından birincisi "eylemsizlik yasası"dır. Eylemsizlik yasasına göre bir cisim üzerinde net kuvvet yoksa, cisim başlangıçta duruyorsa durmasına, hareket halindeyse sabit hızla hareketine devam eder. Bu yasa hareketsizlik hali ile sabit hızlı hareket halini özdeşleştirmektedir. Einstein (1879-1955) eylemsizlik konusunda benzer bir özdeşliği Asansör düşünce deneyi ile ortaya çıkarmış ve eylemsizlik kütlesi ile gravitasyonel kütlelerin birbirine eşdeğer olduğunu göstermiştir (Nersessian, 1989). Bu gelişmelerden de görüldüğü gibi

bilim tarihi boyunca eylemsizlik kavramının gelişiminde bilim insanlarının düşünce deneyleri kilit rol oynamış ve kavramsal gelişimi bir sonraki adıma taşınmasında etkili faktör olmuştur. Düşünce deneyleri benzer bir katkıyı öğrencilerin kavramsal gelişiminde de gerçekleştirme potansiyeline sahiptir. Klassen (2006)'ya göre düşünce deneylerinin fizik eğitimindeki potansiyel etkisi henüz aydınlığa kavuşturulmamıştır ve düşünce deneylerinin pedagojik temelleri henüz kurulmamıştır. Bu araştırma, düşünce deneylerinin fizik eğitimindeki rolü konusunda aydınlatıcı sonuçlar ortaya koyabilecek ve pedagojik temellerinin kurulmasına katkı sağlayabilecek bir çalışmadır.

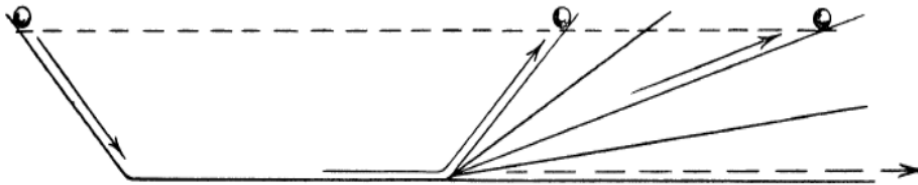
Eylemsizlik Kavramının Gelişiminde Rol Oynayan Düşünce Deneyleri

Aristocuların Dönen Dünya Düşünce Deneyi

Aristocular bu düşünce deneyi ile Dünya'nın dönmediğini göstermek istemiş ancak yanlış sonuca ulaşmışlardır. Bu düşünce deneyinde Dünya dönüyor olsaydı uçaklar, kuşlar ve bulutların doğuya gittiği asla görülmeyecekti, çünkü Dünya'nın doğu yönündeki hızı onların hızından çok daha büyük olacaktı. Ayrıca yüksek bir kuleden bırakılan taş asla dibine düşmeyecekti (Galili, 2009). Aristocular bu düşünce deneyinde hareketli bir araçtan bırakılan tüm cisimlerin aracın hızını aynen aldıklarını hesaba katmadıklarından doğru sonuca ulaşamamışlardır.

Galileo'nun Sürtünmesiz Eğik Düzlem Düşünce Deneyi

Aristocu görüşe tüm cisimlerin doğal hali hareketsizlik halidir. Galileo bu düşünce deneyi ile hareket halindeki cisimlerin doğal halinin hareketsizlik olmadığını ve hareketli cisimlerin onları yavaşlatacak bir kuvvet olmadığı sürece kendi hızları ile sonsuza dek harekete devam edeceklerini göstermiştir. Bu düşünce deneyinde Şekil 1'deki gibi sürtünmesiz bir düzende belli bir yükseklikten bırakılan bir cisim karşı tarafta belli bir mesafe kat ederek aynı yüksekliğe kadar çıkar. Karşı taraftaki eğimi gittikçe azaltırsak cisim gittikçe daha uzun mesafe kat ederek yine aynı yüksekliğe çıkar. Eğimi azaltarak sıfıra düşürürsek yine aynı yüksekliğe ulaşmaya kadar mesafe kat etmek isteyecektir. Ancak düzlem yatay olduğundan bunu yapabilmesi için sonsuza kadar hareket etmesi gerekecektir. Buna göre sürtünmesiz yatay bir düzlemde belli bir hızla harekete başlamış bir cisim aynı hızla hareketini sonsuza kadar sürdürecektir. Galileo'nun bu düşünce deneyinde ulaştığı sonuç Newton'un birinci hareket yasası, yani eylemsizlik yasası ile örtüşmektedir. Buna göre hareket halindeki bir cisim üzerinde net kuvvet sıfır ise cisim sonsuza dek aynı hızla hareketini sürdürür (Brown, 1991).



Şekil 1. Galileo'nun "Sürtünmesiz Eğik Düzlem" düşünce deneyi düzeneği

Galileo'nun Gemi Düşünce Deneyi

Gemi düşünce deneyi sabit hızlı araçlardaki cisimlerin aracın hareketine dair hiçbir şey hissetmeyeceklerini göstermektedir. İvmeli hareket eden araçlardaki cisimlere etki eden eylemsizlik kuvveti sabit hızlı araçlardaki cisimlere etki etmemektedir. Bu durum sabit hızlı olma hali ile hareketsizlik halinin özdeşliğinden kaynaklanmaktadır. Gemi düşünce deneyi şöyledir: “Büyük bir geminin güvertesinde bir kamaraya çekildiğinizi ve bu kamarada yanınızda arkadaşınızla beraber sinek, kelebek ve benzeri uçan hayvancıklar bulunduğunu varsayın. Bir de akvaryum olsun, içinde birkaç küçük balık dolaşan; yüksek bir yere küçük bir kova asın ve bu kovadan altındaki dar ağızlı bir kaba damlaya damlaya su aksın. Gemi duruyor vaziyetteyken uçan hayvancıkların eşit hızla kamaranın her yanına doğru uçtuklarını dikkatle izleyiniz; balıkların hiç kimseye alırmadan her yöne doğru koştuklarını göreceksiniz ve siz arkadaşınıza bir eşya atmaya kabın ağzından girdiklerini göreceksiniz ve siz arkadaşınıza bir eşya atmaya denediğinizde, uzaklıklar eşit olmak şartıyla, daha büyük bir zahmet harcamadan bir yöne ya da öbür yöne atmak arasında fark olmayacak. Daha sonra gemiyi istediğiniz hıza ulaştırın (yeter ki hızı hep aynı olsun ve sağa sola iten dalga da olmasın) hiç fark olmayacak, gemi duruyor mu hareket halinde mi hiç fark etmeyeceksiniz (Galilei, 2008)”.

Galileo'nun Cirit Düşünce Deneyi

Bu düşünce deneyi hareket halindeki araçlardan bırakılan cisimlerin aracın hızını aynen aldıklarını göstermektedir. Bu düşünce deneyine göre hızla koşan bir at üstündeki birinin elinden düşmeye bırakacağı bir top (buz gibi sürtünmesiz bir yüzeyde) yere düştükten sonra hareketi sürdürür ve atın gidişini izleyerek attan geride kalmaz. Aynı şekilde at üstündeki biri gidiş yönünde bir cirit atıp atla ciriti izleyerek onu nihayet yakalayabilir (Galilei, 2008).

Einstein'in Asansör Düşünce Deneyi

Einstein'in asansör düşünce deneyi eylemsizlik kütlesi ile gravitasyonel kütlelerin eşdeğerliğini göstermektedir. Bu düşünce deneyinde boş uzayda kapalı bir kutudan oluşan hayali bir asansör vardır. Asansörü yukarı doğru $9,8 \text{ m/s}^2$ ile ivme çeken bir kablo vardır. Böyle bir durumda asansörün içerisindeki gözlemci dışarıyı gözleme imkanı olmadığından boş uzayda $9,8 \text{ m/s}^2$ ivme ile hareket eden bir asansörün içinde mi ya da yerçekimi ivmesi $9,8 \text{ m/s}^2$ olan Dünya üzerinde durgun bir asansörün içerisinde mi olduğunu söyleyemez. Her iki durumda da asansörün içerisindeki olaylar aynı şekilde gerçekleşecektir (Brown, 1991).

Bütün bu düşünce deneyleri bilim tarihinde eylemsizlik kavramının gelişimine katkıda bulunmuşlardır. Öğrenciler okulda öğrendikleri kavramları günlük yaşam deneyimleri ile sentezleyerek kendi tutarlı ve kullanışlı modellerini geliştirirler. Öğrencilerin kavramsal gelişim süreci çoğu zaman bilim tarihinde bilimsel kavramların gelişimi ile paralellik göstermektedir. Öğrencilerin düşünce deneyleri eğitimcilere öğrencilerin kavramsal gelişim aşamasında hangi noktada oldukları görme imkanı sağlayabilir. Ayrıca düşünce deneyleri öğrencilerin kendi kavramsal hatalarının farkına vararak bilimsel kavramlara yaklaşımlarına yol açabilir. Bilimsel kavramların düşünce

deneyleri yoluyla bilim tarihindeki gelişimi ile öğrencilerin düşünce deneyleri kullandıkları kavramların birlikte değerlendirilmesi öğrencilerin kavramsal gelişimine rehberlik edilebilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada bilim tarihinde bilim insanlarının en çok kafa yordukları kavramlardan biri olan eylemsizlik kavramının gelişimi ile öğrencilerin düşünce deneylerindeki eylemsizlik kavramı karşılaştırılarak öğrencilerin eylemsizlik konusundaki kavramsal gelişimine katkı sağlayabilecek bir çalışma ortaya konması amaçlanmıştır.

Yöntem

Araştırma Deseni

Bu araştırma öğrencilerin eylemsizlik kavramı ile bilim tarihindeki eylemsizlik kavramı arasındaki paralelliği araştıran nitel bir çalışmadır. Nitel araştırma modeli; gözlem, görüşme ve doküman incelemesi gibi nitel bilgi toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konularak nitel bir sürecin izlendiği araştırma türüdür. Patton (2014)'e göre nitel araştırma az sayıda kişi ve durum üzerinde çok fazla ve detaylı bilgi edilmesine olanak sağlamaktadır. Nitel yöntemle deneyimlerin daha derin, detaylı ve anlamlı yapılarının ortaya çıkması mümkündür (Patton, 2014). Bu çalışmada nitel araştırma tekniklerinden anket ve görüşme kullanılmıştır.

Araştırmada; öğrenme kuram ve kavramlarını içeren bir çerçevede, hayali veya idealize edilmiş koşullardaki özel problem durumlarının öğrencilerin düşünce süreçlerinde ortaya koyduğu desenleri anlamamızı sağlayacak kuramsal alt yapıdan hareket edilmiştir. Araştırmanın başlangıcında teorik çerçeve olabildiğince geniş tutulmuştur. Teorik çerçeve öğrenme kuramlarını ve yaklaşımlarını da içerecek şekilde bir bütün olarak ele alınmıştır. Bütün verilerin incelenmesiyle kodların ve kategorilerin ortaya çıkmasıyla öğrencilerin düşünce deneyi yaparak hayali dünya bağlamında problem çözme sürecinde ortaya çıkan bilişsel süreçler incelenmiştir.

Bu çalışma betimsel araştırma niteliğindedir. Betimsel araştırmalar mevcut durumu kendi koşulları içerisinde ve olduğu gibi çalışırlar; verilen bir durumu aydınlatmak, standartlar doğrultusunda değerlendirmeler yapmak ve olaylar arasında olası ilişkileri ortaya çıkartmak için yürütülürler. Bu tür araştırmalarda asıl amaç incelenen durumu etraflıca tanımlamak ve açıklamaktır. Bu çalışmada öğrencilerin eylemsizlik kavramının bilim tarihindeki eylemsizlik kavramı ile örtüşen yanları betimlenmiştir.

Bu araştırmanın amacı düşünce deneyleri yolu ile lise ve üniversite fizik öğrencilerinin eylemsizlik kavramının araştırılması ve bunun bilim tarihindeki fizik kavramı ile örtüşen yanlarının belirlenmesidir. Araştırmada “öğrencilerin düşünce deneylerindeki eylemsizlik kavramı nedir?” , “öğrencilerin düşünce deneylerinde eylemsizlik kavramını nasıl kullanmaktadırlar, bu kavramın kullanımına etki eden bilişsel süreçler nelerdir?” ve “öğrencilerin düşünce deneylerindeki eylemsizlik kavramının bilim tarihindeki eylemsizlik kavramı ile örtüşen yanları nelerdir?” araştırma sorularına cevap aranmıştır. Araştırmanın öğrencilerin kavramsal gelişiminin ve düşünce deneyi yapma süreçlerinin aydınlanmasına katkı sağlayabilecek sonuçlar ortaya koyması beklenmektedir.

Katılımcılar

Çalışma nitel araştırma yöntemiyle gerçekleştirilmekte olduğu için örneklem grubu küçüktür ve çalışmada genelleme yapılmamaktadır. Patton (2014)'e göre nitel araştırmalarda örneklem büyüklüğünü belirlemeye dair net bir kural olmamakla birlikte araştırmanın amacına, neyin bilinmek istendiğine, eldeki zaman ve kaynaklarla neyin yapılabileceğine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Araştırmanın katılımcıları 2009-2010 E.Ö.Y.'nda İstanbul'da bir Anadolu Lisesinin 10. sınıfında okuyan 50 lise öğrencisi ve bir devlet üniversitesinin fizik öğretmenliği bölümü 4. sınıfında okuyan 20 üniversite öğrencisinden oluşmaktadır. Örneklem seçiminde lise öğrencilerinden 9. sınıflar fiziğe yeni başladıklarından, 12. sınıflar ise üniversite sınavına hazırlanmış olduklarından araştırma kapsamı dışında tutulmuştur. Lise öğrencileri 10. ve 11. sınıflar arasından, uygulamada problem yaşanmaması açısından, araştırmacının derslerine girdiği dört onuncu sınıftan, anketin uygulama zamanında ders saatleri uygun olan ikisi alınarak oluşturulmuştur. Üniversite öğrencileri ise Fizikte Öğretim Yöntemleri-1 dersini alan fizik öğretmenliği dördüncü sınıf öğrencilerinin tamamı alınarak oluşturulmuştur. Bununla birlikte örneklemdaki lise öğrencileri eylemsizlik konusunu derslerinde görmüş en küçük yaş grubundan, üniversite öğrencileri ise fizik öğrenimlerini tamamlamış yaş grubundan oluşmuştur. Bununla öğrencilerde eylemsizlik kavramı ile ilgili fizik eğitiminin başında ve sonunda ortaya çıkan durumun gözlemlenmesi mümkün olabilmıştır. Nitel araştırma stratejisi olarak fizik dersi almakta olan öğrenciler arasında en geniş cevap çeşitliğine ulaşılmak istenmektedir. Bu nedenle farklı yaş gruplarına yönelme olmuştur.

Araştırmada katılımcılara önce Düşünce Deneyleri Anketi uygulanmış ardından gönüllü öğrenciler ile birebir yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelere 46 lise ve 3 üniversite öğrencisi katılmıştır. Görüşmelerde araştırmacı katılımsız gözlemci rolünü üstlenmiştir. Araştırmacı katılımcıların düşüncelerinde yönlendirme yapmayacak şekilde davranmış ve onları konuşmaya teşvik edici tutum takınmıştır.

Araştırmanın pilot çalışması 2008-2009 E.Ö.Y.'nda aynı lisenin 9. sınıfında okuyan 26 öğrenci ve 12. sınıfında okuyan 24 öğrenci ile yapılmıştır. Pilot çalışmanın sonuçlarına göre anket formunda ve anketin uygulanmasında, bazı sorularda ve soruların sorulma biçimleri üzerinde değişiklikler gerçekleştirilmiştir

Verilerin Toplanması

Yıldırım ve Şimşek (2013) nitel çalışmalarda problemin en açık ve ayrıntılı bir biçimde araştırılması ve açıklanması için mümkün olduğunca birden fazla veri toplama yönteminin kullanılmasını önermektedir. Bu araştırmada iki farklı veri toplama yöntemi kullanılmıştır: Düşünce Deneyleri Anketi (DDA)'nin uygulanması ve yarı yapılandırılmış birebir görüşmelerin uygulanması.

DDA (Acar, 2013) araştırmacının kendisi tarafından hazırlanmıştır ve 17 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Anketin hazırlanışında Reiner (1998)'in düşünce deneyleri için belirlediği beş bileşen dikkate alınmıştır: 1. Hayali dünya, 2. Problem, 3. Deney, 4. Sonuç, 5. Yorum. Anket formunda öğrencilere yöneltilen her bir soruda bir düşünce deneyinin "problem" ve "hayali dünya" bileşenleri öğrencilere sunulurken onların "deneyin yürütülmesi", "sonuç" ve "yorum" bileşenlerini (Reiner, 1998)

tamamlamalarına, yani tam bir düşünce deneyi yapmalarına imkan sağlayacak şekilde bir yapı oluşturulmuştur. Öğrenciler kendilerine verilen hayali dünya durumlarındaki problemleri çözerek bir sonuca ulaşmış ve ulaştıkları sonucun nedenlerini ve iddialarını destekleyecek delilleri sunmuşlardır. Anketin uygulaması iki ders saati süresin boyunca 10 dakikalık ara verilerek iki seans halinde gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmaya bu anketteki eylemsizlik kavramı ile ilgili iki sorudan ve bu sorulardaki durumların karşılaştırılmasının istendiği karşılaştırma sorusundan alınan veriler dahil edilmiştir. Bu araştırmada kullanılan eylemsizlik soruları Galileo'nun "Cirit" ve "Gemi" düşünce deneyleri ve Aristocuların "Dönen Dünya" düşünce deneyine dayanılarak hazırlanmıştır. Anket uygulamasının ardından gönüllü öğrenciler ile ders saatleri dışında, boş sınıf ortamında, süre kısıtlaması olmadan, video kaydı altında yarı-yapılandırılmış birebir görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Düşünce deneyleri sezgilerle yakından ilişkili olduğundan, düşünce deneyine sebep olması istenen çalışmaların içeriği de katılımcıların alışık olmadıkları problemler üzerinde kendi kişisel bilgilerini kullanabilecekleri türde olmalıdır. Bu yüzden; yapılacak çalışmada, bireysel katılımı sağlamak için somut varlıkları içeren bir senaryo tanımlanmalı, sayısal değerlere başvurmadan kaçınılmalı, matematiksel çözümlerden mümkün olduğunca uzak durulmalıdır (Georgiou, 2005). Bu araştırmada kullanılan anket formundaki açık uçlu sorular da somut varlıklar üzerinden, sayısal değerlerden ve matematiksel çözümlerden uzak olarak oluşturulmuş, bağlamsal nitelikte sorulardır.

Anket sorularının bilim tarihindeki klasik düşünce deneylerine dayandırılarak hazırlanması, düşünce deneyi yaparken bilim insanlarının kullandıkları bilişsel süreçler ile öğrencilerin düşünce deneyi yaparken kullandıkları bilişsel süreçlerin karşılaştırılabilmesi ve düşünce deneyi yapma sürecinde doğru sonuca giden yolda öğrencileri saptıran nedenlerin belirlenebilmesi açısından gerekli görülmüştür. Bu nedenlerin belirlenmesiyle öğrencilerin başarılı bir düşünce deneyi yapabilmek için nelere dikkat etmeleri gerektiğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Araştırmanın Geçerlilik ve Güvenilirliği

Araştırmanın geçerliği "DDA" ve "yarı-yapılandırılmış birebir görüşme" uygulamalarının benzer öğrenci gruplarında benzer sonuçlar ortaya koyabilecek tekrarlanabilir uygulamalar olması ile, güvenilirliği ise uzun süreli bir çalışma olması, tutarlı ve sürekli gözlem yapılması, veriler arasında tutarlılık olması, araştırma içinde çeşitleme yapılması ve katılımcılardan dönüt alınması ile sağlanmıştır. Araştırmanın iç güvenilirliği; fizik konularında her bir anket sorusunun, soru ve cevaplarının uygunluğu konusunda uzman desteği alınması ve veri analizinin ikinci bir araştırmacı tarafından gözden geçirilmesi ile araştırmacı çeşitlemesi yapılması, DDA içerisinde birbirini destekleyici sorular oluşturulması ile anket sorularında çeşitleme yapılması, anket çalışması ve anket çalışmasını destekleyici görüşme tekniği uygulamaları ile araştırmanın tekniğinde çeşitleme yapılması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın dış güvenilirliği ise araştırmanın düşünce deneylerinin eğitimde kullanımı ile ilgili alan yazından beslenmesi ile sağlanmıştır.

Verilerin Analizi

Patton (2014)'e göre nitel analizin bir formülü bulunmamaktadır ve iyi bir nitel analiz zor ve değerlidir. Nitel analizin zorluğu verilerin hacminin azaltılmasında, gerekli bilgilerin gereksizden ayırt edilmesinde ve önemli örüntülerin tanımlanmasında da yatmaktadır. Bu çalışmada öğrencilerin anket sorularına verdikleri yazılı cevaplar “tümevarımsal analiz yöntemi” (Taylor & Bogdan, 1984) kullanılarak analiz edilmiştir. Öncelikle; öğrencilerin anket sorusuna verdikleri cevapların sıklara göre yüzdelerle dağılımını gösteren tablolar hazırlanmıştır. Daha sonra; öğrencilerin işaretledikleri seçeneklere gösterdikleri nedenler ve getirdikleri deliller tekrar tekrar okunarak özü itibarıyla aynı olan ve aynı anlamı ifade eden cevaplar aynı kategori altında toplanmıştır. Cevapların kategorilere uygunluğu kontrol edilerek, her kategoride bulunan cevapların yüzde oranları lise ve üniversite öğrencileri için ayrı ayrı olmak üzere ilgili tabloya kaydedilmiştir. Cevapların kategorilere uygunluğu ikinci bir araştırmacı tarafından kontrol edilmiştir. Bu şekilde oluşturulan cevap kategorileri ilgili tablolara kaydedilmiştir. Araştırmada kategorileştirme sürecinde mümkün olduğunca orijinal cevaplara bağlı kalınmıştır. Cevap kategorilerinin oluşturulmasından ardından her bir kategoride esas alınan kavram dikkate alınarak cevaplardaki çıkış noktaları belirlenmiştir. Cevap kategorilerinin oluşturulmasının ardından her bir cevap kategorisindeki çıkış noktası tespit edilerek çıkış noktalarındaki dağılımı gösteren şekiller çizilmiştir. Çıkış noktaları öğrencilerin düşünce deneyi yaparken sonuca gitmede esas olarak kullandıkları kavramlardır (Acar, 2013). Anket soruları geniş bağlamalı açık uçlu sorular olduğundan öğrenciler soruları çok farklı çıkış noktalarından cevaplamışlardır.

Araştırmada görüşmelerden alınan veriler yazılı cevapların tutarlılığını kontrol etmek ve anlaşılmasını kolaylaştırmak açısından destekleyici nitelikte kullanılmıştır. Görüşmeler video kayıtlarından yazıya geçirilerek ilgili bölümlerden örnekler araştırma metnine aktarılmıştır. Araştırmada katılımcıların kamera eşliğinde alınan görüntüleri analiz esnasında kullanılmıştır. Görüşmeler esnasında alınan cevaplar, katılımcının jest ve mimikleri dikkate alınarak incelenmiştir. Buna göre öğrencilerin kendilerinden emin jest sergileyerek verdikleri cevaplara ayrı bir önem verilmiştir.

Bulgular

Bu bölümde araştırmanın bulguları her bir soru için ayrı ayrı olmak üzere ele alınmıştır. DDA’da yer alan ve bu araştırmanın kapsamına giren “eylemsizlik” kavramı ile ilgili iki sorudan elde edilen bulgular ve bu sorulardaki durumların karşılaştırılmasının istendiği karşılaştırma sorusundan elde edilen bulgular bu bölümde sırasıyla sunulmuştur.

Birinci Sorunun Bulguları

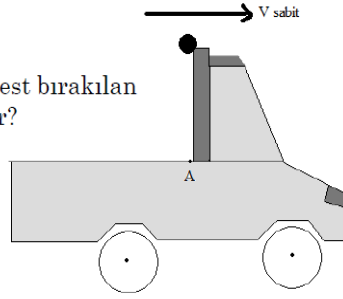
Birinci soru Şekil 2’de gösterildiği gibidir. Bu soru eylemsizlik prensibinin sonucu olarak ortaya çıkan bir durumla ilgili olarak Galileo’nun “Cirit” ve “Gemi” düşünce deneylerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu soru öğrencilerin sabit hızla hareket eden bir araçtan bırakılan cisimlerin aracın hızını alması konusundaki farkındalığına yöneliktir. Bu amaçla öğrencilere sürtünmesiz ortamda sabit hızla hareket eden bir kamyonun tepesinden serbest bırakılan bir taşın nereye düşeceği sorulmuştur ve

verdikleri cevabı neden ve delilleriyle birlikte açıklamaları istenmiştir. DDA formunun başında öğrencilere tüm soruları sürtünmesiz ortam koşulları için cevaplamaları yönergesi verilmiştir. Bu soruda ortam sürtünmesiz olduğundan sorunun bağlamı hayali dünya bağlamıdır. Öğrenciler bu soruyu çözerek tam bir düşünce deneyi gerçekleştirmiş olmaktadır. Newton'un birinci hareket yasası olan eylemsizlik yasasına göre bir cisim üzerinde net kuvvet sıfır, cisim duruyorsa durmasına, hareket halindeyse sabit hızla hareketine devam eder. Bu sorudaki taş serbest bırakılmadan önce kamyonun hızına sahip olduğundan bu hareketini sürdürecektir ve yatayda kamyonla aynı miktarda yol olarak bırakıldığı yerin dibine, yani A noktasına düşecektir.

1. Kamyonun Bırakılan Taş

Sabit hızla ilerleyen bir kamyonun tepesinden serbest bırakılan bir taş kasa üzerindeki A noktasının neresine düşer?

- a) A noktasının gerisine
- b) A noktasının ilerisine
- c) A noktasına



Neden:

.....

İddianıza bir delil getirin:

.....

Şekil 2. Birinci soru

Öğrencilerin birinci soruya verdikleri cevapların yüzdelik dağılımı Tablo 1'de görülmektedir. Tablo 1'e göre lise öğrencilerinde A noktasının gerisine (%78) cevabı hakimken üniversite öğrencilerinde A noktası (%70) cevabı hakimdir. Buna göre sabit hızlı hareket eden araçtan bırakılan cisimlerin aracın hızını aldığı gerçeği ile ilgili lise düzeyinde farkındalık çok düşük düzeydedir. Bu sonuca göre ayrıca Newton'un eylemsizlik prensibini düşüncesinin lise düzeyinden üniversite düzeyine doğru büyük ölçüde gelişim gösterdiği görülmektedir. Lise öğrencileri anketin uygulandığı dönemde eylemsizlik kavramı ile ilgili konuları derslerinde görmüş olmalarına rağmen hareket eden bir araç üzerindeki cisimlerin aracın hızına sahip oldukları düşüncesinin onlarda henüz oturmamış olması böyle bir sonucun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Öğrencilerin cevaplarının ardında yatan nedenler Tablo 2'de ayrıntılı bir şekilde görülmektedir.

Tablo 1. Birinci Soruya Verilen Cevapların Şıklara Göre Dağılımı

	Cevap Şikkı	Lise (%)	Ünv. (%)
A	A noktasını gerisine	78	30
B	A noktasının ilerisine	2	0
C	A noktasına	18	70
	Cevap Yok	2	0

Tablo 2 öğrencilerin birinci soruya verdikleri cevapların nedenlerini belirten cevap kategorilerini göstermektedir. Tablo 2'ye göre lise öğrencilerinin çoğunluğu taşın A noktasının gerisinde olmasına sebep olarak “*taş düşene kadar geçen sürede kamyonun hareket etmesi (%12)*” ve “*kamyonun hareketinden dolayı taşın geriye doğru hareket etmesi (%12)*”ni göstermişlerdir. Bu sebeplerden ilkinde öğrenciler başlangıçta taşın da kamyonun hızına sahip olduğunu görmemişlerdir, ikincisinde ise geriye doğru eylemsizlik kuvveti düşünmüşlerdir. Taşın eylemsizlik nedeniyle geriye doğru hareket etmesi lise öğrencilerinin cevapları arasında diğer bir yaygın cevap olmuştur. Geriye veya ileriye doğru eylemsizlik kuvveti düşünen öğrenciler ise kamyonun sabit hızla ilerlediğini dikkate almayı ihmal etmişlerdir. Taşın A noktasının gerisinde kalmasına sebep olarak üniversite öğrencileri de çoğunlukla lise öğrencileri gibi “*taş düşene kadar geçen sürede kamyonun hareket etmesi (%15)*”ni göstermişlerdir, yani üniversite öğrencilerinde de başlangıçta taşın kamyonun hızına sahip olduğunu görememe durumu söz konusu olmuştur. A noktasının gerisine cevabını veren öğrencilerden “eylemsizlik” çıkış noktası üzerinden cevap veren lise öğrencilerinin bir kısmının (%8) eylemsizlik kavramını taşın konumunu korumak istemesi şeklinde algıladıkları görülmüştür. Bu şekilde düşünen bir öğrenci ile yapılan görüşmelerin bir kısmı aşağıdaki gibidir:

G: Kamyondan bırakılan taş kamyonun tepesinden sıfır hızla bırakılsa, A noktasının gerisine düşer demişsin. Eylemsizlikten dolayı taş konumunu korumak ister geriye düşer diye de eklemişsin. Konumunu korumak ister derken olduğu yerde mi kalır?

Ö: Kalmak ister fakat kalmaz. Bir hızı olduğundan dolayı kendini korumak istediği için de eylemsizlik kuvveti ortaya çıkar geriye doğru. A noktasına düşemez. A noktasına düşebilmesi için hiç bir kuvvetin etki etmemesi gerekir. Ama burada etki ettiği için A'nın gerisine düşecektir.

G: Şimdi bir hızdan bahsettin ya sen, bir hızı olacak dedin. O hız kamyonun yönünde mi?

Ö: Kamyona doğru olur ama eylemsizlik bu tarafa (geriye) doğru olur. Eylemsizlik daha büyüktür ki bu kuvvetten kendine doğru çekebilirsin

G: Himm. Başta kamyonla aynı yönde gidip hızı sıfırlanıp eylemsizlikle geri mi gelir?

Ö: Biz de arabadayken araba fren yaptığında biz öne doğru gideriz eylemsizlikten dolayı zıt hareket ederiz.

G: Araba fren yaptığı zaman diyorsun. Ama burada araba fren yapmıyor sabit hızlı.

Ö: İvmelerine bakarsak bunun ivmesi sıfırdır burada. Dolayısıyla eylemsizliği de sıfır olur? O zaman direkt A noktasına düşer.

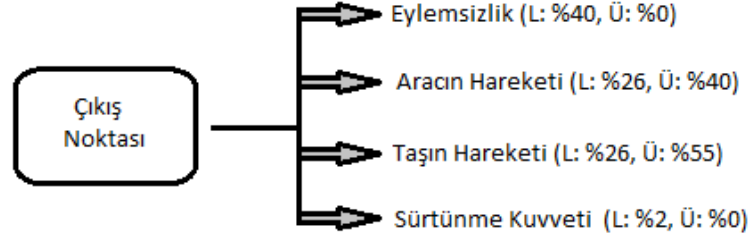
Tablo 2’de hem lise hem de üniversite öğrencilerinin cevapları arasında yüzdelik oranı düşük cevaplar görülmektedir. Bu cevaplar söz konusu yaş grubu arasında eylemsizlik kavramının kavramsal gelişiminin izlerini taşıdığından ve öğrenci görüşlerini ortaya koyduğundan yüksek oranlı cevaplar kadar değerlidir. Bu araştırma nitel araştırma olarak dizayn edildiğinden belirlenen yaş gruplarındaki öğrencilerin yaygın cevapları değil cevap çeşitliliği hedef alınmıştır. Nitel araştırmalarda genelleme kaygısı olmadan az sayıda örnekleme derinlemesine çalışmalar yapılmaktadır ve amaç ortadaki durumun detaylı bir şekilde betimlenmesidir. Bu yüzden düşük oranla ortaya çıkan cevaplar da diğerleri kadar önemlidir. Bu araştırmada en geniş cevap çeşitliliğine ulaşmak amaçlandığından tümevarımsal analiz tercih edilmiştir.

Tablo 2. Birinci Sorunun Cevap Kategorileri

Cevap Şıkkı	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	U. (%)	
(A) A noktasının gerisine	Eylemsizlik	➤ Eylemsizlik prensibinden dolayı	8	0	
		➤ Taşın eylemsizlik nedeniyle geriye doğru hareket etmesi	10	0	
		➤ Eylemsizlik nedeniyle geri doğru yatay atış hareketi yapacak olması	2	0	
		➤ Kamyon hareket ettiğinde taşın eylemsizlikten dolayı geri savrulması	2	0	
		➤ Eylemsizlik yasasına göre taşa hızın tersi yönde kuvvet uygulanacak olması	2	0	
		➤ Eylemsizlikten dolayı taşın konumunu korumak istemesi	8	0	
		➤ Eylemsizlikten dolayı taşın hareketini korumak istemesi	2	0	
		Aracın Hareketi	➤ Taş düşene kadar geçen sürede kamyonun hareketine devam etmesi	12	15
			➤ Taş düşene kadar geçen sürede sabit hızla hareketine devam etmesi	8	10
		Taşın hareketi	➤ Kamyonun ileriye doğru hareketinden dolayı taşın geriye hareket etmesi	12	0
	➤ Kamyon ileriye doğru giderken taşın geriye doğru yatay atış hareketi yapması		0	5	
	➤ Taşın kamyonun tarafından dolayı kazandığı yatay hızın zamanla azalması		4	0	
	➤ Taşın kamyonun tarafından dolayı kazandığı hızla ancak bir miktar ilerlemesi		4	0	
	Sürtünme Kuvveti	➤ Hareket ters yöndeki sürtünme kuvvetinin etkisiyle taşın geriye doğru hareket etmesi	2	0	
	Neden yok		2	0	

Cevap Şıkkı	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	U. (%)
(B) A	Eylemsizlik	➤ Taşın eylemsizliği ve arabanın hızına sahip olması	2	0
(C) A	Eylemsizlik	➤ Kamyon hareketi sabit hızlı olduğundan ivme olmaması ve ivme olmadığından da eylemsizlik etki etmemesi	4	0
	Aracın Hareketi	➤ Kamyonun sabit hızla hareket etmesi	2	5
		➤ Kamyon sabit hızla hareket ettiğinden ivmenin sıfır olması	2	5
		➤ Taşa göre kamyonun hiç hareket etmemiş gibi görünmesi	2	5
	Taşın Hareketi	➤ Taşın kamyonla aynı hıza sahip olması	0	20
		➤ Taşın kamyonla aynı yatay hıza sahip olması	2	15
		➤ Taşın düşeyde serbest düşme hareketi yaparken yatayda hızının sabit kalması	2	0
		➤ Taşın kamyonun hızından ve yönünden etkilenmesi	2	0
		➤ Taşın kamyonla aynı ivmeye sahip olması	0	5
		➤ Taş düşene kadar arabanın belli bir yol alması	0	5
		➤ Taşın aracın gerisinde kalması	0	5
	Neden yok		2	5
Cevap yok			2	0

Üniversite öğrencilerinin ağırlıklı olarak verdikleri A noktası cevabına üniversite öğrencilerinin ağırlıklı gösterdikleri neden “*taşın kamyonla aynı hıza sahip olması* (%20)” olmuştur. Bu cevap bu soruya doğru açıklama getiren cevaptır. Üniversite öğrencilerinin %15’i aynı cevabı “*taşın kamyonla aynı yatay hıza sahip olması*” şeklinde açıklamışlardır. Lise öğrencilerinin bu cevap şıkkı için ağırlıklı olarak getirdikleri açıklama düşük bir oranla da olsa “*kamyon ivmeli hareket etmediğinden taş eylemsizlik kuvveti etki etmemesi* (%4)” olmuştur.



Şekil 3. Birinci soruya verilen cevaplardaki çıkış noktaları

Şekil 3 öğrencilerin birinci soruya verdikleri cevaplardaki çıkış noktalarını göstermektedir. Çıkış noktaları öğrencilerin düşünce deneylerinde sonuca giderken esas aldıkları kavramları göstermektedir. Şekil 3, Tablo 2’deki çıkış noktası sütununda yer alan çıkış noktalarının toplamdaki yüzdelerini gösterecek şekilde hazırlanmıştır. Buna göre bu soruyu lise öğrencilerinin çoğunluğu “eylemsizlik” (%40) çıkış noktasından, üniversite öğrencilerinin çoğunluğu “taşın hareketi” (%55) çıkış noktasından cevaplamışlardır. Üniversite öğrencilerinin cevaplarından “aracın hareketi” (%40) çıkış noktası da yaygın olmuştur. Şekil 3’e bakıldığında üniversite öğrencilerinin hiçbirinin bu soruya “eylemsizlik” çıkış noktasından cevap vermedikleri görülmektedir. Üniversite öğrencilerinin bu soruda aracın hareketinin sabit hızlı olduğunu ve taşın başlangıçta aracın hızına sahip olduğunu görmeleri ve bunu bu düşünce deneyinde kullanmaları çok daha kolay olmuştur.

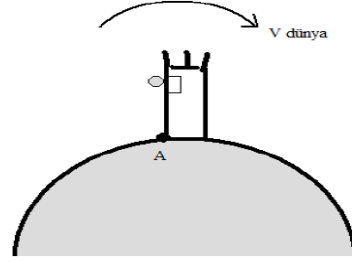
İkinci Sorunun Bulguları

İkinci soru Şekil 4’de görüldüğü gibidir. Bu soru birinci soru ile aynı mantık üzerinden sabit hızla hareket eden bir araçtan bırakılan bir cismin hareketi ile ilgili öğrenci görüşlerini araştırmak üzere Aristocu “Dönen Dünya” düşünce deneyinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu sorudaki hayali sahne sabit hızla dönen Dünya’nın üzerinde çok yüksek bir kuleden bırakılan taş üzerine kurgulanmıştır. Soruda öğrencilerden “sabit hızla dönen Dünya üzerindeki çok yüksek bir kuleden bırakılan bir taşın kulenin neresine düşeceği” problemini çözmeleri istenmiştir. Bu sorunun bağlamı birinci sorudakine göre öğrencilerin bizzat deneyimlediği günlük yaşam bağlamına çok daha yakındır. Bu soruda öğrenci cevaplarındaki sapmalar günlük yaşam bağlamının öğrencilerin eylemsizlik kavramına ne şekilde etki ettiğini göstermektedir. Birinci soruda olduğu gibi bu soruda da yine doğru cevap taşın kulenin dibine yani A noktasına düşmesidir.

2. Kuleden Bırakılan Taş

Dünya'nın döndüğünü biliyoruz. Dünya üzerinde yüksek bir kuleden tepesinden serbets bırakılan bir taş A noktasının neresine düşer?

- a) A noktasının gerisine
- b) A noktasının ilerisine
- c) A noktasına



Neden:

İddianıza bir delil getirin:

Şekil 4. İkinci soru

Öğrencilerin ikinci soruya verdikleri cevapların sıklara göre yüzdelik dağılımı Tablo 3'de görüldüğü gibidir. Tablo 3'e göre lise öğrencilerinin çoğunluğu yine A'nın gerisi (%48), üniversite öğrencilerinin çoğunluğu A noktası (%85) şeklinde cevap vermiştir. Bu soruda birinci soruya göre hem lise hem de üniversite öğrencilerinde A noktasına cevabına yönelim artmıştır. Birinci soruda lise öğrencilerinin cevaplarında A'nın gerisi cevabı çok baskın bir şekilde (%78) ortaya çıkarken bu soruda oldukça düştüğü (%48) gözlenmiştir. Üniversite öğrencilerinde de A noktası cevabı birinci soruya göre %70'den %85'e artmıştır. Öğrencilerin günlük hayatlarında cisimlerin Dünya'nın dönüşünden etkilenmediğine şahit olmaları bu oranın yükselmesinde etkili olmuş olabilir. Öğrenciler bu soruda aracın hareketinin sabit hızlı olup olmadığını ya da taşın başlangıçta aracın hızına sahip olup olmadığını düşünmeden, dolayısıyla da eylemsizlikle ilgili konulara fazla sapsmadan günlük yaşam deneyimleri üzerinden cevap vermişlerdir. Öğrencilere yöneltilen sorunun bağlamı günlük hayatta şahit oldukları durumlarla örtüşen bağlamlara yaklaştıkça eylemsizlik ile ilgili konulara daha doğru yaklaştıkları görülmektedir.

Tablo 3. İkinci Soruya Verilen Cevapların Şıklara Göre Dağılımı

	Cevap Şıkkı	Lise (%)	Ünv. (%)
A	A'nın gerisine	48	15
B	A'nın ilerisine	2	0
C	A noktasına	44	85
	Cevap Yok	6	0

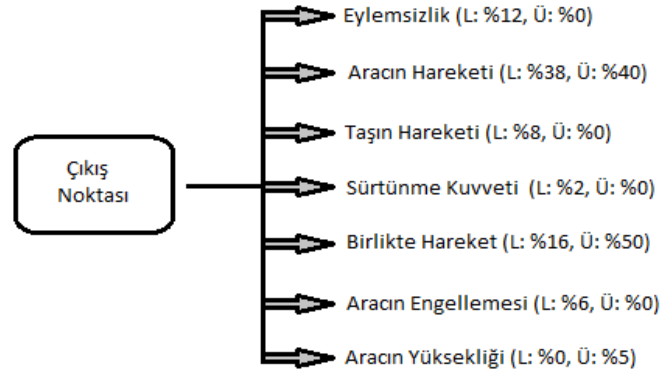
Tablo 4.'de ikinci soruya verilen cevapların ardında yatan nedenlerden oluşturulmuş olan cevap kategorileri görülmektedir. Bu soruda da yine lise öğrencilerinin ağırlıklı olarak verdikleri A noktasının gerisi cevabına ağırlıklı olarak gösterdikleri neden "taş düşerken aracın hareket etmesi (%12)" olmuştur. Üniversite

öğrencilerinin de A noktasının gerisi için ağırlıklı olarak gösterdikleri neden bu olmuştur (%10). A noktası cevabı için üniversite öğrencileri ağırlıklı olarak “taş, Dünya ve kulenin birlikte aynı hızda dönmesi (%40)”ni neden olarak göstermişlerdir. Lise öğrencileri ise buna sebep olarak “cisimlerin Dünya’nın dönüşünden etkilenmemesi (%18)”ni göstermişlerdir. Bu cevap lise öğrencilerinin bu soruda daha çok günlük yaşam deneyimleri üzerinden düşündüklerini göstermektedir.

Tablo 4. İkinci Sorunun Cevap Kategorileri

Cevap Şıkkı	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	U. (%)
(A) A noktasının gerisine	Eylemsizlik	➤ Eylemsizlik	4	0
		➤ Dünya’nın dönüşünün taşa eylemsizlik nedeniyle yatay atış hareketi yaptırması	2	0
		➤ Dünya dönerken taşın eylemsizlik nedeniyle ters yönde hareket etmesi	4	0
		➤ Taşın eylemsizlik nedeniyle hareketini korumak isteyerek ters yönde hareket etmesi	2	0
	Aracın Hareketi	➤ Taş düşerken Dünya’nın hareket ediyor olması	12	10
		➤ Taş düşerken kulenin yer değiştirmesi	6	0
		➤ Dünya’nın dönüş hızı çok büyük ve taşın bırakıldığı yükseklik çok küçük olduğundan taşın fazla ilerleyememesi	0	5
Taşın Hareketi	➤ Dünya hızlanınca taşın ters yönde hareket etmesi	8	0	
Sürtünme Kuvveti	➤ Dünya dönerken taşa ters yönde etki eden sürtünme kuvvetinin taşı sürüklemesi	2	0	
(B) A noktasının ilerisine	Neden yok		8	0
	Aracın Hareketi	➤ Taşın Dünya’nın dönüş yönünde hareket etmesi	2	0
(C) A noktasına	Aracın Hareketi	➤ Cisimlerin Dünya’nın dönüşünden etkilenmemesi	18	0
		➤ Yerçekimi nedeniyle cisimlerin Dünya’nın dönüşünden etkilenmemesi	0	5
		➤ Çekim kuvvetinin her noktada aynı olması nedeniyle cisimlerin Dünya’nın dönüşünden etkilenmesi	0	5
		➤ Dünya’nın sabit hızla hareket etmesi	0	10
		➤ Dünya’nın dönüşünün taşa etki edecek kadar hızlı olmaması	0	5

Cevap Şikâki	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	Ü. (%)
(C) A noktasına	Birlikte Hareket	➤ Taş, Dünya ve kulenin birlikte aynı hızda hareket etmesi	8	40
		➤ Taşın Dünya ile aynı hızda hareket ederek serbest düşmesi	4	0
		➤ Taş, kule ve Dünya'nın birbirine göre hareketsiz olması	0	5
		➤ Taşın da aynı ivmeye sahip olması	0	5
		➤ Her şey atmosferle birlikte hareket ettiğinden değişen bir şey olmaması	4	0
	Aracın Engellenmesi	➤ Kulenin duvarından dolayı ileri, hızı ileriye doğru olduğu için de geri gidemeyecek olması	6	0
Aracın Yüksekliği	➤ Kulenin yüksekliğinin taş düşerken taşı geride bırakacak kadar fazla olmaması	0	5	
Cevap yok	Neden yok		4	5
			6	0



Şekil 5. İkinci soruya verilen cevaplardaki çıkış noktaları

Şekil 5’de öğrencilerin ikinci soruya verdikleri cevaplardaki çıkış noktaları görülmektedir. Buna göre lise öğrencilerinin çoğunluğu ikinci soruyu “aracın hareketi” (%38) çıkış noktasından cevaplarırken, üniversite öğrencilerinin çoğunluğu “birlikte hareket” (%50) çıkış noktasından cevaplamıştır. “Aracın hareketi” çıkış noktası üniversite öğrencilerinin cevapları arasında da ağırlıklı olarak görülmektedir (%40).

Tablo 5’de öğrencilerin birinci ve ikinci soruya verdikleri cevaplardaki çıkış noktalarının karşılaştırması görülmektedir. Birinci soruda üniversite öğrencilerinde

“taşın hareketi” (%55), lise öğrencilerinde “eylemsizlik” (%40) çıkış noktası ağırlıklıyken ikinci soruda her iki grup da “aracın hareketi” (L: %38, Ü: 40) ve “birlikte hareket” (L: %16, Ü: %50) çıkış noktalarına yönelmiştir. Bu durum Dünya’nın büyüklüğünün Dünya’nın hareketinin rolünün daha büyük olduğu düşüncesi uyandırmasından ya da hepimizin Dünya’ya bağlı olarak yaşama deneyimimizden kaynaklanmış olabilir. İkinci soruda taşın araçla birlikte hareket ettiği öğrencilerin cevaplarında daha dikkat çekici bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı ikinci sorunun cevaplarında birinci soruda olmayan “birlikte hareket” çıkış noktası da ortaya çıkmıştır. İkinci soruda ayrıca “aracın yüksekliği” de dikkate alınarak çıkış noktası olarak kullanılmıştır. “Sürtünme kuvveti” hem birinci soruda hem de ikinci soruda çıkış noktası olarak sadece lise öğrencilerinin cevaplarında ortaya çıkmıştır. Öğrencilere sürtünmeyi ihmal etmeleri belirtildiği halde bazı lise öğrencilerinin sürtünmeyi ihmal güçlüğü yaşaması öğrencilerin lise düzeyinde günlük hayatlarında etkin olan bir değişkeni kendi düşünme süreçleri içinde ihmal etmeye çok da hazır olmadıklarını göstermektedir.

Tablo 5. Birinci ve İkinci Sorunun Cevaplarındaki Çıkış Noktalarının Karşılaştırması

Çıkış Noktası	Kamyon (%L, %U)	Kule (%L, %U)
Eylemsizlik	40, 0	12, 0
Aracın hareketi	26, 40	38, 40
Taşın hareketi	26, 55	8, 0
Sürtünme kuvveti	2, 0	2, 0
Birlikte hareket	0, 0	16, 50
Aracın engellenmesi	0, 0	6, 0
Aracın yüksekliği	0, 0	0, 5

Karşılaştırma Sorusundan Elde Edilen Bulgular

Karşılaştırma sorusu öğrencilerin birinci ve ikinci sorudaki durumları benzerlik ve farklılık açısından değerlendirerek, iki durumu birlikte göz önünde bulundurmaları ve karşılaştırma yapmalarına imkan sağlayacak şekilde hazırlanmıştır. Öğrenciler bu soruda ilk iki soruda taşın düştüğü yeri ve bu yere düşme sebeplerini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma soru Şekil 6’da görüldüğü gibidir.

Karşılaştırma Yapalım

Kamyonun tepesinden bırakılan taş ile kulenin tepesinden bırakılan taşın hareketlerini karşılaştırınız.

- a) Her isisi de aynı sebeple aynı noktaya düşerler.
Sebebi:
Düştükleri yer:
- b) Her ikisi de farklı sebeplerle aynı yere düşerler.
Kamyondan bırakılan taşın sebebi:
Kuleden bırakılan taşın sebebi:
Düştükleri yer:
- c) Her ikisi de farklı sebeplerle farklı yerlere düşerler.
Kamyondan bırakılan taşın sebebi:
Kuleden bırakılan taşın sebebi:
Kamyondan bırakılan taşın düştüğü yer:
Kuleden bırakılan taşın düştüğü yer:

Şekil 6. Karşılaştırma sorusu

Tablo 6'da öğrencilerin yaptıkları karşılaştırmalardaki yüzdeler dağılım görülmektedir. Hem lise hem de üniversite öğrencilerinin çoğunluğu (L: %48, Ü: %55) taşın iki soruda da aynı sebeple aynı yere düşeceğini düşünmüştür. Bu da öğrencilerin çoğunun bu iki sorudaki durumlar arasındaki paralelliği görebildiğini göstermektedir. Lise öğrencilerinin çoğunluğu her iki soruda da aynı sebeple taşın düşeceği yeri A noktasının gerisi (%36) olarak belirtirken üniversite öğrencilerinin çoğunluğu A noktası (%55) olarak belirtmiştir. Öğrencilerin kendilerinin yaptıkları bu değerlendirme birinci ve ikinci sorunun cevap kategorilerinin değerlendirmesinde ortaya çıkan durum ile tutarlılık içindedir. Tablo 6'ya göre lise ve üniversite öğrencilerinin karşılaştırmalarında büyük oranda ortaya çıkan başka bir seçenek ise farklı sebeplerle kamyondan bırakılan taşın A noktasının gerisine, kuleden bırakılan taşın A noktasına düşeceği (L: %24, Ü: %25) olmuştur.

Tablo 6'da öğrencilerin kendi karşılaştırmalarından ortaya çıkan sonuçlar kamyonun tepesinden bırakılan taş için A noktası cevabı L: %18, Ü: %60 şeklinde ve A noktasının gerisi cevabı L: %66, Ü: %40 şeklindedir. Bu sonuç birinci sorunun cevap yüzdelerinde A noktası için görülen L: %18, Ü: %70 ve A noktasının gerisi L: %78, Ü: %30 oranlarına yaklaşık bir sonuçtur. Aynı şekilde Tablo 6'da öğrencilerin kendi karşılaştırmalarında kule sorusu için A noktası cevabı toplamda L: %38, Ü: %85 ve A noktasının gerisi L: 46, Ü: %15 şeklindedir. Bu sonuç ikinci sorunun cevap yüzdelerinde görülen A noktası için L: %44, Ü: %85 ve A noktasının gerisine L: 48, Ü: %15 oranlarına yaklaşıktır. Karşılaştırma sorusunda öğrencilerin cevaplarındaki oranların daha önceki sorulara verdikleri cevaplarındaki oranlara yaklaşık olması öğrenci cevaplarının bilinçli, içten ve samimi olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Karşılaştırma Sorusuna Verilen Cevapların Yüzdelerik Dağılımı

Cevap Şıkkı		Lise (%)	Ünv. (%)
A Aynı sebeple aynı yere	Yer: A noktası	12	55
	Yer: A'nın gerisi	36	0
B Farklı sebeple aynı yere	Yer: A noktası	0	5
	Yer: A'nın gerisi	6	15
C Farklı sebeple farklı yerlere	Kamyon: A'nın gerisi, Kule: A noktası	24	25
	Kamyon: A noktası, Kule: A'nın gerisi	4	0
	Kamyon: A'nın ilerisi, Kule: A noktası	2	0
	Kamyon: A noktası, Kule: A'nın ilerisi	2	0
Cevap yok		14	0

Tablo 7'de öğrencilerin yaptıkları karşılaştırmaların ardında yatan nedenleri gösteren cevap kategorileri yer almaktadır. Lise öğrencilerinin karşılaştırmalarında her iki soruda da “aracın hareketinden dolayı taşa ters yönde eylemsizlik kuvveti etki etmesi (%16)” karşılaştırması ağırlıklı olarak yapılmıştır. Üniversite öğrencilerinde ise her iki soruda da “aracın sabit hızla hareket etmesi (%15) ve “araç ve taşın birbirine göre hareketsiz olması (%15)” karşılaştırmaları ağırlıklı olarak yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar da yine soruların lise ve üniversite düzeyinde cevap kategorileri arasında ağırlıklı olarak ortaya çıkan cevap kategorileri ile uyum içerisindedir.

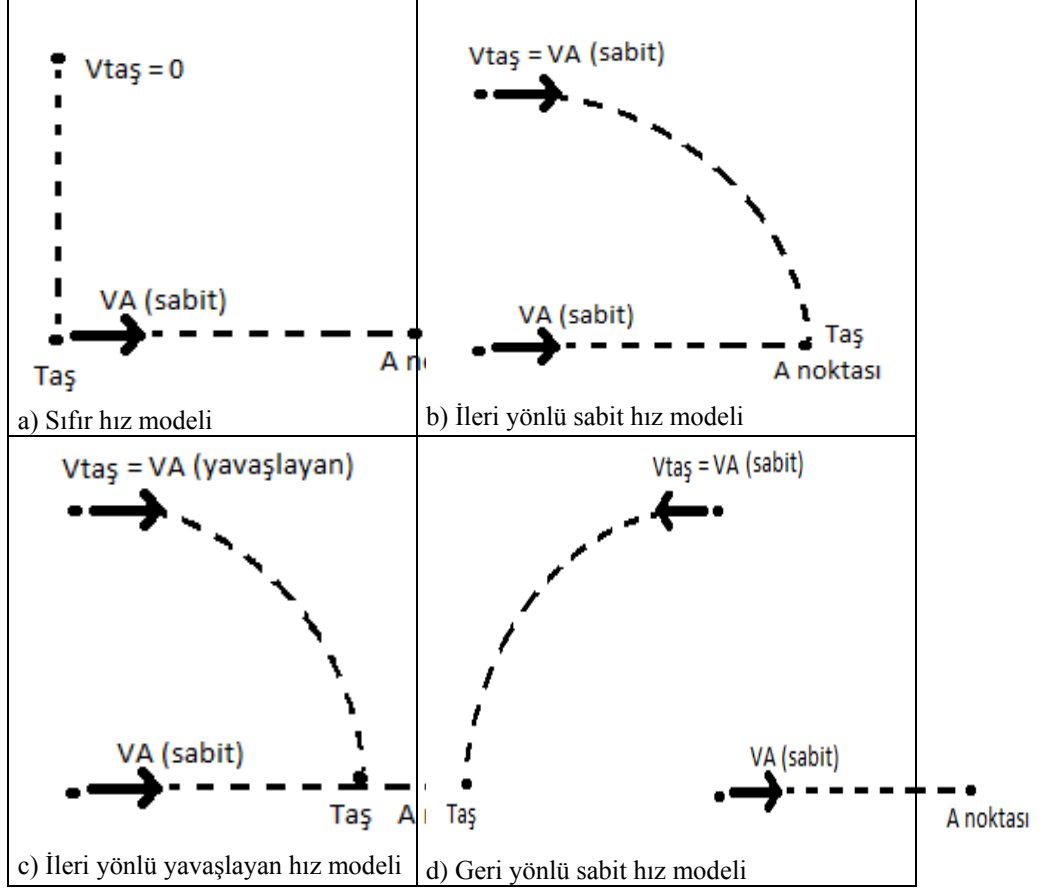
Tablo 7. Karşılaştırma Sorusunun Cevap Kategorileri

Cevap Şıkkı	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	U. (%)	
(A) Aynı sebeple aynı yere	A noktası	Eylemsizlik	➤ İkisinde de araç sabit hızla hareket ettiğinden taşa ters yönde eylemsizlik etki eder	4	0
			➤ İkisinde de taşın eylemsiz referans çerçevesinde (araç ve cisim birbirine göre hareketsiz) olması	0	15
	Araç ve taşın hareketi	Araçın hareketi	➤ İkisinde de aracın sabit hızla gitmesi	0	15
			➤ İkisinde de taşın araçla aynı hızla sahip olması	2	0
			➤ İkisinde de taşa göre aracın hareketsiz olması	2	0
	Araç, taş ve A noktasının birlikte hareketi	Araç, taş ve A noktasının birlikte hareketi	➤ İkisinde de taşın ve aracın aynı yatay mesafeyi alması	0	5
			➤ İkisinde de araç, taş ve A noktasının aynı hızla hareket etmesi	2	5

Cevap Şıklığı	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	U. (%)	
(A) Aynı sebeple aynı yere	A noktası	Araç, taş ve A noktasının birlikte hareketi	➤ İkisinde de araç, taş ve A noktasının aynı ivmeye sahip olması	0	5
	A'nın gerisi	Neden yok Eylemsizlik	➤ Eylemsizlik	2	10
			➤ İkisinde de taşın eylemsizlikten dolayı komunu korumak istemesi	6	0
			➤ İkisinde de taşın eylemsizlikten dolayı komunu korumak istemesi	4	0
			➤ İkisinde de aracın hızının taşa ters etki yaparak taşı geri fırlatması	8	0
			➤ İkisinde de taş düşerken aracın sabit hızla hareket etmesi	16	0
	Sürtünme kuvveti	➤ İkisinde de taş düşerken taşa sürtünme kuvveti etki etmesi	2	0	
(B) Farklı sebeple aynı yere	A noktası	Araç ve taşın hareketi/ Yerçekimi	➤ Taşın yatay hızının araçtan kaynaklanması/ Yerçekimi	0	5
	A'nın gerisi	Eylemsizlik/ Aracın hareketi	➤ Eylemsizlik kanunu/ Dünya'nın dönüşü	2	0
			➤ Eylemsizlik kuvveti/ Yerçekimi kuvveti	0	5
			➤ Taş birden boşlukta hareketsiz durduğundan taşa Dünya'nın hızının etki etmemesi	2	0
			➤ Kamyonun hareketi/ Dünya'nın hareketi	2	5
			➤ Kamyonun hızının çok yüksek olması/ Dünya'nın dönme hızının taşın hızına göre çok yavaş olması	0	5
(C) Farklı sebeple farklı yerlere	A/ A'nın gerisi	Aracın hareketi/ Aracın hareketi	➤ İvmenin sıfır olması/ İvmeli hareket	2	0
	A/ A'nın ilerisi	Aracın hareketi/ Aracın har.	➤ Taşın yatay hızının olması/ Taşın sadece serbest düşme yapması	2	0
			➤ Kamyonun hızı/ Dünya'nın dönüş yönü	2	0

Cevap Şıkkı	Çıkış noktası	Neden	L. (%)	U. (%)	
	A'nın gerisi/ A	Eylemsizlik/ Aracın engellemesi	➤ Eylemsizlikten dolayı taşın geri gitmesi/ Kulenin taşın ileri gitmesinin engellenmesi	6	0
		Eylemsizlik/ Taşın hareketi	➤ Eylemsizlik nedeniyle taşın kamyonun hızına tepki vermesi/ Taşın serbest düşme yapması	2	0
		Eylemsizlik/ Birlikte hareket	➤ Eylemsizlik/ Her şeyin atmosferle birlikte hareket etmesi	2	0
		Eylemsizlik/ Aracın hareketi	➤ Kamyonun gittiği yönün tersine eylemsizlik kuvveti/ Dünya'nın dönüşünün taşı etkilememesi	2	0
		Aracın hareketi/ Aracın hareketi	➤ Kamyonun sabit hızla doğrusal hareket etmesi/ Dünya'nın sabit hızla dairesel hareket etmesi	2	0
			➤ Kamyonun taşın aldığı yola göre çok hızlı olması/ Kulenin Dünya'nın hızına göre çok kısa olması	0	5
			➤ Kamyonun sabit hızlı olması/ Dünya'nın dönüşünün üzerindeki cisimlere etki etmemesi	2	0
			➤ Taşın arabanın hızını alması/ Taşın Dünya'nın hızını alması	2	0
		Aracın hareketi/ Birlikte hareket	➤ Taş düşene kadar geçen sürede kamyonun hareket etmesi/ Atmosferin ve her şeyin Dünya ile beraber dönmesi	2	5
		Aracın hareketi/ Yerçekimi	➤ Kamyonun hareket etmesi/ Çekim kuvveti	0	5
		Aracın har./ Sebep yok	➤ Kamyonun ileri doğru hareket etmesi/ Sebep yok	2	0
		Taşın hareketi/ Birlikte hareket	➤ Kamyonun ilerlerken taşın serbest düşme yapması/ Taş, kule ve Dünya'nın aynı hareketi yapması	0	5

Bu araştırmada öğrencilerin sabit hızla ilerleyen bir araçta belli bir yükseklikten bırakılan bir taşın bırakıldıktan sonraki hareketiyle ilgili dört farklı zihinsel modele (Şekil 7) sahip oldukları görülmüştür. Bunlar bu araştırmada sıfır hız modeli, ileri yönlü sabit hız modeli, ileri yönlü yavaşlayan hız modeli ve geri yönlü sabit hız modeli olarak adlandırılmıştır. Sıfır hız modelinde araç sabit hızla ilerlerken taş ilk hızsız olarak serbest düşme hareketi yapmakta ve A noktasının gerisine düşmektedir. Bu model Aristocu hareket anlayışıyla uyum içerisindedir. Buna göre cisimler üzerinde hareket ettirici kuvvet olmadıkça cisim hareketsiz kalır. Araçtan bırakılan taşın araçla irtibatı kesildikten sonra üzerinde araç yönünde kuvvet kalmadığından hızı sıfırlanır. Bu model özellikle lise öğrencileri arasında yaygın olarak ortaya çıkan bir modeldir. İleri yönlü sabit hız modelinde araç sabit hızla ilerlerken taş sabit yatay hızla yatay atış hareketi yapmakta ve A noktasına düşmektedir. Bu model Newton'un eylemsizlik prensibiyle uyum içerisindedir. Hareketli bir cisim üzerinde net kuvvet sıfırsa cisim sabit hızla hareketine devam eder. Araçtan bırakılan taş araçla irtibatı kesildikten sonra üzerindeki net kuvvet sıfırdır ve başlangıçta sahip olduğu aracın hızıyla hareketine devam eder. Bu model bu araştırmada özellikle üniversite öğrencileri arasında yaygın olarak ortaya çıkmıştır. İleri yönlü yavaşlayan hız modelinde araç sabit hızla ilerlerken taş araçla aynı yönde yavaşlayan yatay hızla yatay atış hareketi yapmakta ve A noktasının gerisine düşmektedir. Bu modelde bir önceki modelde olduğu gibi taşın bırakıldıktan sonra aracın hızına sahip olduğu görülebilmüş fakat sürtünmeyi ihmal güçlüğü ya da sabit hızın sürekli korunmasının imkansız görülmesi gibi sebeplerle bu yatay hızın bir süre sonra tükeneceği düşünülmüştür. Bu zihinsel modele sahip öğrencilerde taşın araçtan aldığı hızı sürdürebileceği bir iç kuvvete sahip olduğu ve bunun zamanla azaldığı düşüncesi, yani bir çeşit impetus fikri hakim olabilir. Bu modele bu araştırmada iki yaş grubunda da düşük oranda rastlanmıştır. Geri yönlü sabit hız modelinde ise araç sabit hızla ilerlerken taş araca ters yönde sabit yatay hızla yatay atış hareketi yapmakta ve A noktasının gerisine düşmektedir. Bu model durumu eylemsizlik kuvveti açısından değerlendiren öğrenciler arasında çok yaygın olarak ortaya çıkmıştır. Buna göre aracın hareketinden dolayı taşın ters yönde eylemsizlik kuvveti etki etmekte ve taş geriye doğru yatay atış hareketi yapmaktadır.



Şekil 7. Öğrencilerin sabit hızlı araçtan bırakılan cismin hareketi ile ilgili zihinsel modelleri

4. Sonuç ve Tartışma

Nitel araştırmalara temel olan epistemolojik yaklaşım nedeniyle bu araştırmada genelleme kaygısı taşınmamıştır dolayısıyla araştırmanın bulguları alan yazına ve sınırlı sayıda katılımcıdan elde edilen verilere dayalıdır. DDA sorularının bağlamı hayali dünya bağlamı ile ve anketteki düşünce deneyleri bilimsel düşünce deneyleri ile sınırlıdır. Araştırma kapsamına alınan anket soruları eylemsizlik konusu ile sınırlıdır. Araştırma sonuçları bu sınırlılıklar altında bulgu sağlamaktadır. Araştırmanın sonuçları eylemsizlik kavramının öğrencilerde lise düzeyinden üniversite düzeyine doğru büyük ölçüde gelişim gösterdiğini ancak dört yıllık üniversite fizik eğitiminin ardından bile bazı öğrencilerde bu kavramla alternatif görüşlerin hakimiyetini sürdürmeye devam ettiğini ortaya koymuştur. Öğrencilerin eylemsizlik kavramı ile ilgili düşünce deneyleri eylemsizlik konusundaki alternatif görüşlerinden ve günlük yaşam deneyimlerinden

oldukça etkilenmektedir. Bu çalışmada ayrıca öğrencilerin eylemsizlik kavramının öğrencilerdeki gelişimi ile bilim tarihindeki gelişimi arasında paralellik olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada ortaya çıkan zihinsel modellerden Aristocu görüşün izlerini taşıyan “sıfır hız” modeli daha çok lise düzeyinde yaygın olarak görülürken, Newton’un eylemsizlik yasası ile uyuşan “ileri yönlü sabit hız modeli” daha çok üniversite düzeyinde yaygın olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum öğrencilerin eylemsizlik kavramının liseden üniversiteye doğru oldukça geliştiğini göstermektedir.

Bu çalışmada öğrencilere farklı bağlamlarda sorular yöneltilmiştir. Araştırmanın sonuçları öğrencilere yöneltilen sorunun bağlamı günlük yaşam bağlamına yaklaştıkça öğrencilerin eylemsizlik kavramı ile ilgili konulara daha doğru yaklaştıklarını, soyutlamalar yapmaları gereken hayali dünya bağlamına yaklaştıkça aynı başarıyı gösteremediklerini ortaya koymuştur. Bu durum öğrencilerin eylemsizlik kavramı ile ilgili konular üzerinde soyutlama yaparken bu kavramı tepki ve kuvvet gibi bazı kavramlarla bağlantılı olarak ele almalarından kaynaklanıyor olabilir. Bu çalışmada yaygın olarak ortaya çıkan zihinsel modellerden “geri yönlü sabit hız modelinde” olduğu gibi öğrenciler eylemsizlik kuvveti üzerinden düşündüklerinde zihinlerinde geriye doğru bir kuvvet düşüncesi uyanmaktadır. Öğrenciler yavaşlayan hareket durumunda ileriye doğru eylemsizlik kuvveti oluşacağını görmüş olmalarına rağmen eylemsizlik kuvvetini kendi düşünce süreçlerinde geriye doğru olan bir kuvvet olarak kullanmaktadırlar. Bu durum eylemsizlik kavramının derslerde, cismin hareket durumunu değiştiren etkiye karşı gösterdiği tepki olarak anlatılmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu tanımdan yola çıkarak öğrenciler eylemsizlik, tepki ve ters yönlü kuvvet kavramlarını birbiri ile çok yakından ilişkili olarak kullanmakta ve eylemsizlik kuvveti düşündüklerinde zihinlerinde ters yönlü kuvvet canlandırmaktadırlar. Bu çalışmada öğrencilerin özellikle lise düzeyinde eylemsizlik kuvveti üzerinden düşünmeye başlamadan önce en önemli adım olan aracın hareketinin ivmeli hareket olup olmadığını, ivmeliyse yavaşlayan ya da hızlanan hareket olup olmadığını değerlendirmesi aşamasını ihmal etmektedirler. Bu da sabit hızın ortaya çıkaracağı sonuçları görmelerine, yani durgun olma hali ile sabit hızlı hal arasında özdeşlik olduğunu kavramalarına engel olmaktadır.

Bu araştırmanın sonuçlarına göre öğrenciler hareket ile ilgili düşünme süreçlerinde sabit hızlı bir araçtan bırakılan bir cismin aracın hızına sahip olduğunu dikkate almayı ihmal etmektedirler. Ayrıca öğrencilerin hareket eden bir araç söz konusu olduğunda aracın ilk durumunun hareketsizlik olduğunu düşünme yatkinları vardır. Hareket kavramı öğrencilerde hızlanma kavramını çağrıştırmaktadır. Öğrenciler hareketli bir araç söz konusu olduğunda hızlanan bir araç düşünmektedirler. Öğrencilerdeki bu yatkinlık hareket ile ilgili düşünme süreçlerinde eylemsizlik kuvvetini, özellikle de ters yönlü eylemsizlik kuvvetini kolaylıkla işin içine katmalarına yol açmaktadır. Bu da çok yanlış yorumlarda bulunmalarına yol açmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için öğrencilere derslerde başlangıç durumunda ilk hızın olduğu örnekler ilgi çekici bir şekilde bol miktarda sunulmalıdır.

Bu çalışmada görülen başka bir durum ise öğrencilere günlük hayatlarında karşılaştıkları olaylar sürtünmesiz ortamda sorulduğunda günlük hayat deneyiminin sürtünme kuvvetini çağrıştırdığıdır. Bazı öğrenciler özellikle lise düzeyinde sürtünmeyi ihmal etme gücünü yaşamaktadır. Sürtünme günlük hayatta etkilerini her alanda gördüğümüz bir kavram olduğundan ihmal edilmesi söylene bile bazı öğrencilerin cevaplarında ortaya çıkabilmektedir. Öğrencilerin sürtünmesiz ortamı ve sabit hızı

değerlendirmeleri özel bir bilişsel çaba gerektirmektedir. Öğrencilerde ortam dendiğinde sürtünmeli ortam, hareket dendiğinde hızlanma ya da yavaşlama çağrışımı oluşmaktadır. Düşünce deneyleri kullanılarak öğrencilerin bu bilişsel çabayı göstermesi sağlanabilir. Öğrenciler düşünce deneyi yaptıklarında daha önce farkına varmadıkları kavramsal hataların farkına varırlar ve kendi kavramlarını sorgulama yoluna giderler.

Ünal ve Ergin (2006)'e göre öğrencilerin sınıf içi etkinlikler sonucunda oluşturdukları zihinsel modellerin doğruluğunun kontrol edilmesi yanlış kavramların oluşmasını azaltabilmektedir. Bu araştırma sonuçlarından da görüldüğü gibi bu kontrolün yapılması öğrencilerin kavramsal gelişimi açısından oldukça önemlidir ve düşünce deneyleri bunun yapılabilmesine uygun ortam sağlarlar. Hestenes ve diğ. (1992) öğrencilerin temel kavramları açıkça öğrenemedikleri için dersteki çoğu etkinliği kavramakta başarısız olduklarına ve çoğu öğrencinin temel fizik dersini başarıyla tamamladıktan sonra bile kavram yanlışlarıyla çevrili olduğuna dikkat çekmiştir. Stinner (1994) fizik derslerinde tarihsel içeriğin periyodik olarak çeşitli bağlantı zenginliğine sahip hikaye formunda öğrencilere sunulmasının bunu önlemede etkili bir yöntem olabileceğini savunmuştur. Acar ve Gürel (2014)'de belirtildiği ve bu araştırmada da ortaya çıktığı gibi fizik öğrenimini tamamlamış üniversite öğrencilerinin de lise öğrencileri ile aynı alternatif kavramlarla düşünmeleri ve fizik konuları üzerinde değerlendirme yaparken aynı kavramsal hataları yapmaları öğrencilere kazandırılması gereken kavramsal yeterliliklerin gerçekleştirilemediğini göstermektedir. Bunu önlemek için Fizik eğitiminde öğrenci kavramları merkezi rolde olmalıdır ve Fizik eğitiminde düşünce deneylerinden olabildiğince yararlanılmalıdır.

Kaynaklar

- Acar, H. (2013). *Fizik Öğrencilerinin Düşünce Deneyleri ile Düşünme Süreçlerinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Acar, H. & Gürel, Z. (2014). Lise ve Fizik Öğretmenliği Öğrencilerinin Uydu Hareketi İle İlgili Görüşlerinin Düşünce Deneylerine Yansımaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(2), 01-15.
- Brown, J.R. (1991). *The laboratory of the mind: Thought experiments in the natural sciences* (1. baskı). London and Newyork: Routledge.
- Galilei, G. (2008). *İki büyük Dünya sistemi hakkında diyalog*. (R, Aşçıoğlu, Çev.). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları. (Eserin aslının basım tarihi 1632).
- Galili, I. (2009). Thought experiments: Determining their meaning. *Science & Education*, 18, 1-23.
- Gendler, T.S. (2004) Thought experiments rethought - and reperceived. *Philosophy of Science*, 71, 1152-1163.
- Georgiou, A. (2005). *Thought experiments in physics problem-solving: On intuition and imagistic simulation*. Unpublished Master Thesis, Faculty of Education, University of Cambridge, UK.
- Gilbert, J.K. & Reiner, M. (2000). Thought experiments in science education: Potential and current realization. *International Journal of Science Education*, 22 (3), 265-283.

- Helm, H., Gilbert J. & Watts, D.M. (1985). Thought experiments and physics education - Part 2. *Physics Education*, 20, 211-217.
- Hestenes, D., Wells, D., Swackhamer, G. Steinberg, M., Brown, d and Clement, J. (1992). Force concept inventory. *Physics Teacher*, 30, 141-192.
- Klassen, S. (2006). The science thought experiment: How might it be used profitably in the classroom? *Interchange*, 37 (1-2), 77-96.
- Klassen, S. & Stinner, A. (2006). Introduction: Context and thought experiments in science learning. *Interchange*, 37 (1-2), 3-5.
- Lattery, M.J. (2001). Thought experiments in physics education: A simple and practical example. *Science & Education*, 10, 485-492.
- Mc Closkey, M. (1983). Intuitive Physics. *Scientific American*, April, 122-152.
- Nerssesian, N.J. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80, 163-183.
- Patton, M.Q. (2014). *Nitel Araştırma ve Değerlendirme Yöntemleri* (M. Bütün & S.B. Demir, Çev.). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Reiner, M. (1997). A learning environment for visualization in electromagnetism. *International Journal of Computers in Mathematics Learning*, 2 (2), 125-154.
- Reiner, M. (1998). Thought experiments and collaborative learning in physics. *International Journal of Science Education*, 20 (9), 1043-1059.
- Reiner, M. (2006). The context of thought experiments in physics learning. *Interchange*, 37(1-2), 97-113.
- Reiner, M. & Burko, L.M. (2003). On the limitations of thought experiments in physics and the consequences for physics education. *Science & Education*, 12, 365-385.
- Reiner, M. & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 489-506.
- Sorensen, R.A. (1992) *Thought Experiments* (1. Baskı). New York: Oxford University Press.
- Stinner, A. (1994). The Story of Force: From Aristotle to Einstein. *Physics Education*, 29, 77-86.
- Stinner, A. (1995). Contextual settings, science stories, and large context problems: Toward a more humanistic science education. *Science Education*, 79 (5), 55-581.
- Stinner, A. & Williams, H. (1993). Conceptual change, history, and science stories. *Interchange*, 24 (1-2), 87-103.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. C. (1984). *Qualitative research methods: The search for meanings* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons
- Ünal, G. & Ergin, Ö. (2006). Fen Eğitimi ve Modeller. *Milli Eğitim Dergisi*, 171, 188-196.
- Winchester, I. (2006). Large context problems and their applications to education: Some contemporary examples. *Interchange*, 37 (1-2), 7-17.
- Wieman, C. (2007). Why not try a scientific approach to science education? *Change*, September/October, 9-15.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Investigating Students' Inertia Concept through Thought Experiments

Abstract

Students' conceptual development towards scientific concepts from daily life experiences resembles the conceptual development process in the history of science. Thought experiments which have been used as scientific inquiry tools in the history of science made significant contributions to the development of scientific concepts. It is suggested that they may also provide a similar contribution to students' conceptual development. This research is a qualitative study that aims to investigate high school and university students' inertia concept through thought experiments and to seek parallelism between inertia concept in students and in the history of science. In this study, firstly, Thought Experiments Questionnaire (TEQ) was applied to the participants and then semi-structured individual interviews were conducted with voluntary students. In the scope of the study, the data coming from two open-ended questions about inertia concept and a comparison question were included. Results show that students' inertia concept is parallel to the inertia concept in the history of science, and show that students' alternative views and daily life experiences are quite effective on their thinking processes.

Keywords: Thought Experiments; Inertia, Alternative Views, History of Science, Physics Education.