



Fizik, Kimya ve Biyoloji Öğretmen Adaylarının Termodinamiğin İkinci Yasasını Günlük Olaylara Uygulama Düzeyleri**

Vahide Nilay KIRTAĞ AD* ve Neşet DEMİRCİ

Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir

Alındı: 11.10.2013 – Düzeltildi: 19.11.2013 - Kabul Edildi: 26.11.2013

Özet

Bu çalışmanın amacı, fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının termodinamiğin ikinci yasasını günlük hayattaki bazı olaylara uygulama düzeylerini araştırmaktır. Çalışmanın örneklemini, 2009-10 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi'nde okuyan 245 fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adayı oluşturmaktadır. Betimsel nitelikli tarama modelinin kullanıldığı çalışmada araştırmacı tarafından geliştirilen Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi (TGUT) kullanılmıştır. TGUT verilerinin değerlendirilmesinde hazırlanan rubriklere göre betimsel analiz tekniklerinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre öğretmen adaylarının termodinamiğin ikinci yasasını gündelik olaylara uygulamakta zorlandıkları ayrıca literatürde görülen bazı kavram yanlışlarına sahip oldukları ve yanlış ifadeler kullandıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler; Termodinamik, Öğretmen Adayı, TGU Testi

Giriş

Evrensel olayları inceleyen fizik, diğer bilim dallarına göre olaylara daha temel bir bakış açısıyla yaklaşır. Fiziğin birçok bölümü birbirinden farklı olaylarla ilgilenirse de enerji, enerji korunumu ve enerji dönüşümleri ile detaylı olarak ilgilenen dalı “termodinamik”tir. Buhar makinelerinin çalışma prensibi ile ilgilenen Sadi Carnot, 1824 yılında yazdığı “Reflections on the Motive Power of Heat and on the Machines Adopted to Develop this Power” isimli kitap

* Sorumlu Yazar: E-mail: nilaykirtak@gmail.com

** Bu çalışma, Vahide Nilay Kırtak Ad'ın yüksek lisans tezinden üretilmiş olup, 12-14 Eylül 2013 tarihleri arasında düzenlenen I. Ulusal Fizik Eğitim Kongresi'nde sunulmuştur.

ile termodinamik biliminin temellerini atmıştır. Aynı zamanda fiziğin temellerini oluşturan ısı, sıcaklık, enerji gibi kavramları da ilk tartışan kişi olmuştur (Bailyn, 1984; Strnad, 1984).

İlk olarak Lord Kelvin (William Thomson) tarafından 1849'da kullanılan, Latince therme (ısı) ve dynamis (güç) sözcüklerinden türeyen termodinamik, enerji bilimi olup, enerji dönüşümleri ve bu dönüşümlerden etkilenen maddenin fiziksel özellikleri ile ilgilenmektedir (Wark, 1989; Çengel & Boles, 2008; Mikailov & San, 2008). Bueche ve Jerde (2000) ile Serway ve Beichner (2002) termodinamiği tanımlarken maddenin hal değişimlerini dikkate almışlardır. Keller, Gettys ve Skove'e (2005) göre ise termodinamik, bir sistemin çevresiyle etkileşmesinin makroskobik betimi olarak tanımlanmaktadır. Termodinamik dersi üniversitelerimizde ağırlıklı olarak fen ve mühendislik bölümlerinde ayrıca biyokimya, eczacılık gibi bazı alanlarda da verilmektedir. Termodinamik ile ilgili kavramların soyut yapısı, iki veya daha fazla değişkenin etkisinin incelenmesi ve ileri matematiksel içeriği termodinamiğin öğrenimini zorlaştırmaktadır (Sichau, 2000; Carson & Watson, 2002; Cannon, 2003). Bununla birlikte; termodinamiğin öğretimine yeterince önem verilmemektedir (Meltzer, 2004).

Termodinamiğin İkinci Yasası ve Öğretimi

Termodinamiğin merkezi olarak düşünülen (Macdonald, 1995) *ikinci yasa* bize doğada hangi süreçlerin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini söyler (Serway & Beichner, 2002; Salinger & Sears, 2002). Örneğin, bir odada bırakılan bir fincan sıcak kahvenin zamanla soğuyacağını biliriz. Bu durumu birinci yasaya göre incelediğimizde kahveden odadaki havaya doğru bir ısı akışı olduğunu ve kahvenin kaybettiği enerji kadar havanın enerji kazandığını söyleyebiliriz. Bu süreç birinci ve ikinci yasaya uygun olarak gerçekleşmektedir. Fakat şimdi bu sürecin ters yönde işlediğini düşünelim. Yani sıcak olan kahvenin odadaki havadan enerji alarak biraz daha ısındığını varsayalım. Bu durumda gene havanın kaybettiği enerji ile kahvenin kazandığı enerjinin eşit olduğunu görürüz. Fakat buradaki problem odada durmakta olan kahvenin bu şekilde daha fazla ısınamayacağıdır. Görüldüğü gibi ikinci durum birinci yasaya uyarken, ikinci yasaya uymamaktadır. Bu örnekte de görüldüğü gibi doğadaki herhangi bir sürecin örneğin hal değişimlerinin gerçekleşebilmesi için hem birinci hem de ikinci yasanın sağlanması gerekmektedir. İkinci yasaya göre de herhangi bir sürecin gerçekleşmesi entropi değişimine bakılarak belirlenmektedir. İkinci yasa kapsamında bir durum fonksiyonu olarak karşımıza çıkan "entropi", gerçekleşen bir sürecin başında ve sonunda farklı değerler alarak bu sürecin gerçekleşme yönünü gösterir. Bu yüzden bir hal değişiminin ne yönde gerçekleşeceği, entropinin artışı ilkesine göre belirlenmelidir. Çünkü kendiliğinden gerçekleşen bütün süreçlerde entropi ya artar (tersinmez bir süreçte) ya da aynı kalır (tersinir bir süreçte), asla azalma eğilimi göstermez (Macdonald, 1995; Keller, Gettys & Skove, 2005).

Carson ve Watson (2002), öğrencilerin termodinamik dersinde karşılaştıkları zorlukları araştırmıştır. Konu olarak da özellikle entropi ve Gibbs serbest enerjisi ele alınmıştır. Öğrencilerin bazı hal değişimleri (katıdan sıvıya, sıvıdan gaza geçiş) sırasında entropinin artacağını söyledikleri fakat bunun sebebini açıklayamadıkları görülmüştür. Sistem ve çevresini sıklıkla karıştırdıkları, genellikle çevreyi ihmal ettikleri bulunmuştur. Bunun sebebi

de sistemden çevreye veya çevreden sisteme bir enerji transferi olabileceğini anlamamaları olarak verilmiştir. Ayrıca entropi ile Gibbs serbest enerjisini sıklıkla karıştırdıkları ve enerjiyi, yarı-materyal bir madde gibi düşündükleri görülmüştür. Bu durum, Chi ve arkadaşlarının (1994) yaptıkları çalışmada öğrencilerin enerji kavramını madde kategorisi içerisinde tanımlamalarıyla uyusmaktadır.

Termodinamik kavramları arasında yer alan “entropi”, enerji gibi hem anlatılması hem de anlaşılması zor bir kavramdır. İkinci yasa kapsamında bir durum fonksiyonu olarak karşımıza çıkan “entropi”, gerçekleşen bir sürecin başında ve sonunda farklı değerler alarak bu sürecin gerçekleşme yönünü gösterir. Entropi makro düzeyde, yararlı iş yapmak için kullanılmayan bir enerji ölçüsü, mikro düzeyde ise düzensizliğin ölçüsüdür (Fishbane, Gasiorowicz & Thornton, 2008). J.W. Gibbs, entropiyi bir sistemin düzensizlik ölçüsüdür biçiminde tanımlamıştır. Bu tanım entropi kavramının moleküler, atomik ve hatta elektron düzeyinde incelenmesi gerektiğini belirtmektedir (Cebe, 1992). Fakat yapılan yanlış açıklamalar ve kurulan analogiler, entropinin yanlış anlaşılmasına ve kavram yanlışlarına sebep olabilmektedir (Sheehan, 1972). Örneğin “odanızdaki eşyalarınızı dağıtırsanız odanın entropisini arttırırsınız; kirlilik artarsa entropi de artar; entropi, düzensizliktir” gibi sıklıkla kullanılan analogiler entropinin makro düzeyde yorumlanmasına sebep olmaktadır.

Termodinamiğin ikinci yasası ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların genellikle kavram yanlışları ve kavram öğretimi üzerinde odaklandıkları görülmektedir (Harrison, Grayson & Treagust, 1999; Carlton, 2000; Sözbilir, 2002; Aydoğan, Güneş & Gülçiçek, 2003; Meltzer, 2004; Başer & Çataloğlu, 2005; Çoban, Aktamış & Ergin, 2007). İkinci yasa ile ilgili çalışmalarda geçen kavram yanlışları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili kavram yanlışları

İfadeler	İfadenin Görüldüğü Çalışmalar
Entropi, kirliliktir.	Sheehan, 1972
Entropi, entalpinin diğer adıdır.	Carson & Watson, 2002
Entropi, entalpi, gibbs serbest enerjisi, hepsi enerjinin bir formudur.	Sözbilir, 2002; Carson & Watson, 2002
Entropi, herhangi bir şeyin rastgeleliği veya düzensizliğidir.	Carson & Watson, 2002, Johnstone, Macdonald & Webb, 1977
Entropi değişimi yalnızca konum değişimi ile olmaktadır.	Carson & Watson, 2002
Sistem ve çevre aynı şeydir.	Johnstone, Macdonald, & Webb, 1977; Carson & Watson, 2002
Entropi ve kinetik enerji aynı şeydir.	Johnstone, Macdonald, & Webb, 1977
Sıcaklık artışıyla entropi artışı eşittir. İzotermal süreçlerde $\Delta U=0$ 'dır.	Johnstone, Macdonald, & Webb, 1977 Granville, 1985

Kavram yanlışlarının belirlenmesi ve daha iyi bir öğretimin yapılmasının yanı sıra bu kavramların günlük olaylara nasıl uygulandığı da o derece önemlidir. Çünkü esas öğrenme, öğrencilerin öğrendiklerini farklı olaylara uyarlamaları ya da öğrendikleri bilgilerle günlük olayları açıklamaları ile başlamaktadır (Coştu, Ünal & Ayaş, 2007).

Araştırmanın Amacı ve Problemleri

Bu çalışmanın amacı, fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının termodinamiğin ikinci yasasını günlük hayattaki olaylara nasıl uyguladıklarını belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda, 1) Öğretmen adayları, termodinamiğin ikinci yasasını günlük hayattaki bazı olaylara ne derece uygulayabiliyorlar? ve 2) Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili olarak kullanılan yanlış ifadeler nelerdir? sorularına cevap aranmıştır:

Yöntem

Araştırmanın Dizaynı ve Örneklem

Bu çalışmanın dizaynı, betimsel nitelikli tarama modelidir. Tarama modelleri, geçmişte ya da halen var olan bir durumu olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma modelleridir (Karasar, 2008). Kaptan'a (1973) göre betimleme araştırmaları, olayların, objelerin, varlıkların, kurumların, grupların ve çeşitli alanların "ne" olduğunu betimleyen incelemelerdir.

Çalışmanın örneklemini, 2009-2010 eğitim-öğretim yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi'nde okuyan 245 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Örneklemin seçiminde amaçlı örnekleme yöntemlerinden, ölçüt örnekleme kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme yöntemleri, pek çok durumda, olgu ve olayların keşfedilmesinde ve açıklanmasında yararlı olmaktadır. Ölçüt örnekleme yönteminde ise önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü karşılayan bütün durumlar çalışılmaktadır. Burada sözü edilen ölçüt veya ölçütler araştırmacı tarafından belirlenebilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2006). Örneklem seçiminde öğretmen adaylarının termodinamik derslerini almış ya da alıyor olmalarına dikkat edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda üçüncü sınıfta "Isı ve Termodinamik" derslerini alan fizik öğretmen adayları; birinci sınıfta termodinamik konularının yer aldığı "Çevre Eğitimi" ve ikinci sınıfta "Çevre Biyolojisi" derslerini alan biyoloji öğretmen adayları ile üçüncü sınıfta "Fiziksel Kimya I" ve "Çevre ve İnsan" derslerini alan kimya öğretmen adayları ile çalışılmıştır. Bu örneklemin bölümlere göre dağılımı ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Örneklemin anabilim dallarına göre dağılımı

Anabilim Dalı	Sınıfı	N (öğrenci sayısı)
OFMAE Biyoloji Eğitimi	1. sınıf	39
	2. sınıf	43
	3. sınıf	25
	4. sınıf	28
	5. sınıf	13
OFMAE Kimya Eğitimi	4. sınıf	25
	5. sınıf	20
OFMAE Fizik Eğitimi	3. sınıf	16
	4. sınıf	22
	5. sınıf	14
TOPLAM		245

Veri Toplama Aracı

Araştırmanın verileri araştırmacı tarafından geliştirilen *Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi* ile elde edilmiştir. Bu test araştırmacının yüksek lisans tezinde geliştirilen termodinamiğin üç yasasını ve bu yasaların çevre sorunları ile ilişkilendirilmesini içeren bir testtir. Bu çalışmada testte yer alan termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili olan dört adet açık uçlu sorunun analizi yer almaktadır. Bu testin geliştirilmesi aşamasında örneklem grubu ile aynı özellikleri taşıyan 20 kişilik farklı bir örneklem grubuna pilot (ön deneme) çalışma olarak, hazırlanan test uygulanmıştır. Pilot çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, testler tekrar düzenlenmiş ve uzman görüşüne sunulmuştur. 6 fizik eğitimcisi, 2 biyoloji eğitimcisi, 1 kimya eğitimcisi ve 1 dil bilimci tarafından testler incelenerek, gerekli değişiklikler yapılmış ve son haline getirilmiştir.

Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testinde, termodinamiğin ikinci yasasının günlük hayattaki bazı olaylara uygulanması ile ilgili olarak dört adet açık uçlu soruya verilen yanıtların analizleri sorunun niteliğine ve hazırlanan rubriklere göre yapılmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının verdikleri cevaplardan örnekler de sunulmuştur. Alıntının hangi öğrenciye ait olduğunu belirtmek için öğrenci kodlama sistemi kullanılmıştır. F harfi fizik öğretmenliğini, B harfi biyoloji öğretmenliğini ve K harfi de kimya öğretmenliği göstermektedir. Örneğin, F1, fizik öğretmenliğindeki 1. öğrenciyi temsil ederken K8, kimya öğretmenliğindeki 8. öğrenciyi ifade etmektedir.

Bulgular

Birinci Alt Probleme Ait Bulgular

“Öğretmen adayları, termodinamiğin ikinci yasasını günlük hayattaki bazı olaylara ne derece uygulayabiliyorlar?” alt probleminin bulguları *“Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi”*nde yer alan dört sorunun analizinden elde edilmiştir.

Birinci sorunun analizi

Birinci soruda yer alan *“Bir karpuzu ikiye kesip güneşe bıraktığımızda karpuzun soğuyacağı iddia edilmektedir. Sizce bu durum mümkün müdür? Bu durum termodinamiğin ikinci yasası ile çelişir mi, çelişmez mi? Açıklayınız.”* sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar Tablo 3’de kategorilere ayrılarak, yüzde ve frekansları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 3. Birinci soruya ait cevaplar

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
❖ Karpuzun soğumasını su moleküllerinin buharlaşması ve 2. yasa ile açıklama <i>Karpuzun yüzeyindeki su molekülleri ısıyı alarak buharlaşır, dolayısıyla içeriden ısı alınmasıyla beraber karpuz soğumuş olur, ısı iletimi de gene sıcak cisimden</i>	10	19.2	6	13.3	14	9.5

soğuk cisme olduğu için ikinci yasa ile çelişmez.(F31)

Doğru cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe

❖ **Karpuzun soğumasını su moleküllerinin buharlaşması ile açıklama**

Su her sıcaklıkta buharlaşır ve buharlaşan su ortamdan ısı olarak buharlaşır, karpuz soğur.(K62)

5 9.6 5 11.1 9 6.1

Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe

- - - - -

Yanlış cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe

❖ **Karpuzun soğumasını su moleküllerinin buharlaşması ile kısmen açıklama**

*Karpuz suyu buharlaşınca soğur.(F52)
Mümkündür ama çelişir mi bilmiyorum. Karpuzu güneşe bırakırsak karpuzun içindeki su molekülleri ısı çekerek buharlaşacaktır, böylece karpuz soğur.(B87)*

6 11.5 3 6.6 5 3.4

Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe

❖ **Karpuzun ısı olarak soğuyacağını ifade eden açıklamalar**

Karpuz güneşten aldığı ısıyı soğurur. Bunun sonucunda soğur.(F25)

1 1.92 2 4.44 5 3.37

Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe

❖ **Termodinamiğin ikinci yasasının ihlal edildiği açıklama**

Burada ısının sıcak ortamdan soğuk ortama akışının aksi durumu söz konusudur. Bu şekilde karpuz soğur.(B145)

1 1.92 6 13.33 2 1.35

❖ **Karpuzun bu şekilde soğuyamayacağını ve ikinci yasa ile çelişeceğini ifade eden açıklamalar**

Karpuz bu şekilde soğuyamaz, tam tersi ısınır. Zaten gerçekleşseydi ikinci yasa ile de çelişirdi. Çünkü ısının karpuzdan güneşe değil güneşten karpuzla geçmesi gerekirdi. (B56)

29 55.75 23 51.11 113 76.36

*Doğru cevap-bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe: Mümkündür-ikinci yasa ile çelişmez. Karpuzun yüzeyinde bulunan su molekülleri, güneşten ve yüzeyden ısı olarak ısınır ve buharlaşır. Bu da yüzeyin soğumasına neden olur. Buharlaşma aynı zamanda bir soğutma işlemidir. Karpuzun yüzeyinde ısınan su molekülleri buharlaştıkça, sıcak olan karpuzun iç kısmından yüzeye doğru ısı geçişi olur ve böylece karpuz soğur.

Termodinamiğin ikinci yasası her zaman anlatılması ve anlaşılması zor bir konudur. Bu soruya verilen cevaplar incelendiğinde de öğretmen adaylarının termodinamiğin ikinci yasasını bilmedikleri ve dolayısıyla günlük bir olaya uygulayamadıkları açıkça görülmektedir. Yanlış cevap vererek bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe sunan öğretmen adaylarının sayısı üç bölümde de oldukça fazladır.

Düzenlenen cevap kategorileri içerisinde karpuzun bu şekilde soğuyamayacağını ve ikinci yasa ile çelişeceğini ifade eden cevapların oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bu durum öğretmen adaylarının buharlaşma olayı, ısı iletimi ve ikinci yasa ile ilgili bilgi eksikliklerinin olduğunu göstermektedir.

İkinci sorunun analizi

İkinci soruda yer alan “Küresel ısınma dünyamızın entropisini sizce nasıl etkilemektedir? Açıklayınız.” sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar Tablo 4’de kategorilere ayrılarak, yüzde ve frekansları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4. İkinci soruya ait cevaplar

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe						
❖ Sıcaklık, entropi artışı ve küresel ısınma ilişkisinin kurulduğu açıklamalar <i>Küresel ısınma ile dünyamızın sıcaklığı artıyor. Bunun sonucunda da buzullar eriyor, mevsimler değişiyor. Entropi de artabilir. Isınan yeryüzü artık normal değildir. Güneş ışınlarının enerjisi alıyor ancak geri yansıtıyor.(F11)</i>	12	23.1	3	6.7	15	10.1
Doğru cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe						
❖ Doğa olayları ile yapılan açıklamalar <i>Entropi arttığı için doğal denge bozuluyor.(B9,B41)</i> <i>Sıcaklık arttığı için buzullar eriyor.(K34)</i>	17	32.72	16	35.53	68	45.9
❖ Düzensizlikle ilişkilendirilen açıklamalar <i>Düzensizlik arttığı için, entropi artar.(F18)</i>	3	5.77	8	17.76	-	-
Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe						
-----	-	-	-	-	-	-
Yanlış cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe						
❖ Sıcaklık artışı ve küresel ısınma ilişkisinin kurulduğu açıklamalar <i>Azaltır. Çünkü dünya üzerinde oluşan karbondioksit katmanı ısının içeride kalmasını sağlar, küresel ısınmaya neden olur. Dışarıdan da gelen ısı enerjisiyle birlikte toplam sıcaklık artar.(B58)</i>	-	-	-	-	2	1.4
Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe						
❖ İlişkinin kurulamadığı açıklamalar <i>Artık soğuklar daha soğuk sıcaklar daha sıcak hissedilir.(B51)</i>	17	32.72	13	28.88	60	40.57
Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe						
❖ İlişkinin kurulamadığı açıklamalar <i>Değiştirmez. Sistem+çevre entropisi, tersinmez.(K3)</i>	1	1.92	3	6.66	-	-
❖ Entropi ve enerjinin karıştırıldığı açıklamalar <i>Değiştirmez. Evrenin entropisi sabittir. Enerji kaybolmaz, sadece dönüşümler meydana gelir.(B17)</i>	2	3.85	2	4.44	3	2.02

*Doğru cevap-bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe: Dünyanın entropisi artmaktadır. Dünya, hem sıcak cisimler ışıma yaparak soğuduklarından hem de uzay daha soğuk olduğundan ısı kaybeder. Fakat bu kaybettiği ısı kadar bir ısıyı da güneşten geri alır. Dolayısıyla dünya ısıl denge durumunu korur. Fakat küresel ısınma sayesinde dünyanın ısıl dengesi bozulmakta ve sıcaklığı artmaktadır. Bu durum da entropinin artmasına sebep olmaktadır.

İkinci soruya verilen cevaplar incelendiğinde termodinamiğin ikinci yasası kapsamında karşımıza çıkan “entropi” kavramı ile ilgili sıkıntılarının olduğu görülmektedir. Yapılan açıklamalarda entropinin ne olduğunun tam olarak bilinmediği ve enerji ile karıştırıldığı görülmektedir. Buna karşılık entropi, sıcaklık artışı ve küresel ısınma ilişkisinin kurulabildiği cevaplar doğru cevap kategorisine alınmıştır. Hal değişimleri sırasında katı halden sıvı hale geçerken entropi artışının olduğu bilinmektedir. Verilen cevaplar incelendiğinde de öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun küresel ısınmayı sadece buzulların erimesi ile ilişkilendirdikleri ve bir hal değişiminin gerçekleştiği bu süreçte de entropi artışının olacağını söyledikleri görülmektedir.

Üçüncü sorunun analizi

Üçüncü soruda yer alan “Sıcak bir yaz gününde evde iyice bunalan Ahmet buzdolabının kapağını açık tutarak serinlemek istiyor. Ahmet’in yaptığı gibi bir buzdolabının kapağını açık tutarak mutfağı soğutabilir miyiz?” sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar Tablo 5’de kategorilere ayrılarak, yüzde ve frekansları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 5. Üçüncü soruya ait cevaplar

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
❖ Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe						
❖ Buzdolabının çalışma prensibi ve ısı alışverişiyle ile açıklama						
<i>Buzdolabında içeriği soğutmak için dışarıya bir enerji verilmesi gerekir. Yani bu şekilde buzdolabından alınan ısı odaya verilir. Odanın sıcaklığı düşürülmez, artar.(F5)</i>	6	11.5	1	2.2	4	2.7
Doğru cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe						
❖ Isı alış verişiyle açıklama						
<i>Motor ısındığından kapağın açık olması odayı soğutmaz, bilakis ısıtır.(F50)</i>	8	15.4	2	4.4	4	2.7
Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe						
-----	-	-	-	-	-	-
Yanlış cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe						
❖ Buzdolabının çalışma prensibi ile açıklama						
<i>Evet. Dolap daha güçlü bir şekilde çalışır. Ayrıca dolap arka tarafından ısıyı ortama verir.(F25)</i>	1	1.9	-	-	-	-
Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe						
❖ Isı iletimi ile ilgili açıklamalar						
<i>Isı akışı odadan buzdolabına doğrudur.(B14) Odayla aynı sıcaklığa gelir.(F8)</i>	7	13.47	3	6.66	21	14.19
Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe						
❖ Isı iletimi ile ilgili yanlış açıklamalar						
<i>Buzdolabı kendi ayarlanmış sıcaklığına kadar soğutur, eşitlenince motor durur. Fark oluşunca tekrar çalışır.(B93) Buzdolabı motor sayesinde sıcak ortamı soğutur.</i>	30	57.72	39	86.63	119	80.41

Aslında bu ortam mutfak da olabilir. Buzdolabı mutfağın ısısını alıp onu motor yardımıyla soğutabilir.(B121)

Buzdolabı içine giren havayı soğutur.(B84)

*Doğru cevap-bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe: Hayır, soğutamayız. Buzdolapları daha soğuk olan iç kısımdan ısı alarak (soğutma) ve daha sıcak olan dış kısma ısı vererek (ısıtma) iş yaparlar. Buzdolaplarında dışarı verilen ısı her zaman içerden alınabilen ısıdan daha fazladır (%100 verimle çalışan motor olmadıkları gibi %100 verimli buzdolabı da yoktur). Yani ideal bir buzdolabından (%100 verimli) beklenen dışarı verdiği ısı kadar ısıyı içerden alabilmesidir. Fakat böyle bir buzdolabı yoktur ve hepsi soğutmadan çok ısıtma yaparlar. Dolayısıyla kapı açık bırakılırsa oda ısınır.

Buzdolaplarının çalışma şekli termodinamik yasalarının açık bir uygulamasıdır. Genel olarak ikinci yasa kapsamına alınsa da aslında hem sıfırıncı hem de birinci yasanın prensipleri de kullanılmaktadır. Üçüncü soruya verilen cevaplar incelendiğinde günlük hayatımızda sıklıkla kullandığımız ve günde belki de defalarca kapısını açtığımız buzdolaplarının çalışma şekli hakkında öğretmen adaylarının bilgisinin çok sınırlı olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının pek çoğu buzdolabının kapısını açarak odayı soğutabileceğimizi iddia etmektedir.

Dördüncü sorunun analizi

Dördüncü soruda yer alan “Klimalar genellikle yaz dönemlerinde oda sıcaklığını düşürmek için kullanılır. Klimanın verimi dış ortam sıcaklığına göre değişir mi? Açıklayınız.” sorusuna öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar Tablo 6’da kategorilere ayrılarak, yüzde ve frekansları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 6. Dördüncü soruya ait cevaplar

Cevap Türü	Anabilim Dalı					
	Fizik Öğrt.		Kimya Öğrt.		Biyoloji Öğrt.	
	f	%	f	%	f	%
Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe						
❖ Ortam sıcaklığı ile verimin ilişkilendirildiği açıklamalar						
<i>Ortam sıcaklığı normale yakın oldukça verim artar, çünkü sıcak hava içinde soğuk hava içinde dışarıdan enerji alınması ya da verilmesi daha kolay olur.(F13)</i>	4	7.7	4	8.9	6	4.1
Doğru cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe						
❖ Klimanın motoru ile ilgili açıklamalar						
<i>Soğuk günlerde ilk başta motorun kendisini ısıtması daha sonra ortamı ısıtması gerekir Sıcak günlerde de çok çalıştığı halde içeriye zor soğutuyor, dolayısıyla verim düşüyor.(K11, K62)</i>	3	5.8	5	11.1	13	8.8
Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe						
-----	-	-	-	-	-	-
Yanlış cevap, bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir gerekçe						
❖ İç ortamın sıcaklığıyla verimin ilişkilendirildiği açıklamalar						
<i>Verim değişmez. İçerideki ısının durumuna göre çalışırlar. Bu yüzden bulunduğu sistemin ısısı</i>	-	-	1	2.2	1	0.7

<i>önemlidir.(K65)</i>						
❖ Dış ortamın sıcaklığıyla verimin ilişkilendirildiği açıklamalar	2	3.8	-	-	-	-
<i>Eğer dış ortam soğuk olursa enerjiyi dışarı aktarmak daha kolay olur.(F51)</i>						
Doğru cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe						
❖ Sürtünme ve verim ilişkisinin kurulduğu açıklamalar	10	19.23	5	11.11	9	6.08
<i>Sürtünmeden kaynaklı klima ısınır, verim düşer.(B17)</i>						
Yanlış cevap, bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe						
❖ Verimin zamanla ilişkilendirildiği açıklamalar	-	-	3	6.66	8	5.4
<i>Verim değişmez, zaman değişir.(B140)</i>						
❖ 2. yasa ile ilgili yapılan açıklamalar	-	-	-	-	7	4.73
<i>Klima 2.yasada mümkün olmayan bir süreci enerji harcayarak mümkün hale getirir.(B143)</i>						
❖ Verimle ilgili açıklamalar	6	11.53	6	13.33	56	37.84
<i>Verim değişmez. Giren-çıkan enerjiyi iyi ayarlamak bizim elimizde olduğundan değişmez.(K61)</i>						
<i>Soğuk zamanlarda klima ısıyı daha fazla verip verimi artırır.(K15)</i>						
❖ Verimle elektrik akımının ilişkilendirildiği açıklamalar	11	21.15	11	24.45	30	20,27
<i>Elektrik akımına bağlı olarak çalıştığı için voltaj düşmedikçe verim değişmez.(K53)</i>						
❖ Verim kavramı ile ilişkilendirilemeyen açıklamalar	16	30.77	10	22.22	18	12.16
<i>Verim, alınan enerjinin verilen enerjiye oranı, ama bu soruda klima ve dış havanın sıcaklığını nasıl uygularız bilmiyorum. (B104)</i>						

*Doğru cevap-bilimsel olarak kabul edilebilir gerekçe: Klimanın verimi dış ortam sıcaklığına göre değişir. Klima da buzdolabı gibi çalışır. İç ortamda sıkıştırılarak sıvılaştırılmış gaz genişlerken ortamdan ısı alınır. Yani buharlaşma ile soğutma yapılır. Dış ortamda ise gaz yüksek basınçta sıvılaştırılarak yoğunlaştırılır ve ortama ısı verilir. Yani yoğunlaşma ile ısıtma yapılır. Isıtma yine her zaman soğutmadan fazladır ve soğutmanın ısıtmaya oranı verimdir. Bir klima bir odayı ilk soğutmaya başladığında yüksek basınçla sıvılaştırılmış olan gaz ile oda sıcaklığı arasındaki fark fazladır. Bu sırada ısı transferi hızlı olur. Oda soğudukça sıcaklık farkı azalır ve ısı transferinin hızı azalır. Bundan dolayı verim düşer. Benzer şekilde yoğunlaşmanın olduğu sıcak ortamda sıcaklık çok fazla olursa bu seferde yoğunlaşma yavaşlar. Sonuç olarak ortalama bir sıcaklıkta verim yüksekken çok sıcak veya soğuk ortamlarda verim düşük olur.

Termodinamik yasalarının bir diğer uygulaması klimalardır. Dördüncü soruya ait bulgular incelendiğinde verilen cevapların büyük kısmının yanlış cevap- bilimsel olarak kabul edilemez gerekçe kategorisinde yer aldığı görülmektedir. Fizik öğretmen adaylarının % 63.45'i, kimya öğretmen adaylarının % 66.66'sı ve biyoloji öğretmen adaylarının % 80.4'ü bu kategoride yer almaktadır. Verilen cevaplar incelendiğinde bazı öğretmen adaylarında elektrikle çalışan aletlerde verimin değişmeyeceğini gibi bir düşüncenin olduğu görülmektedir. Ayrıca klimaların çalışma şeklinin termodinamiğin ikinci yasasına aykırı olduğun söyleyen öğretmen adayları da bulunmaktadır.

İkinci alt probleme ait bulgular

“Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili olarak kullanılan yanlış ifadeler nelerdir?” alt probleminin bulguları öğretmen adaylarının “*Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testi*”nde yer alan dört soruya verdikleri cevaplardan elde edilmiştir.

Termodinamik yasalarının günlük olaylara uygulanması testine öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar içerisinde çeşitli yanlış bilgilere rastlanmıştır. Bu yanlış bilgiler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Karşılaşılan yanlış bilgiler

<i>İfadeler</i>	
Termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili karşılaşılan yanlış bilgiler	Entropi, düzensizliktir.*
	Entropiye ulaşmak sistem için bir rahatlama durumudur.
	Çok az bir enerjiyle çok fazla iş yapabilmek için entropinin artması gerekir.
	Isı enerjisi, enerjinin dağılabileceği yolları azaltır.
	Sıcaklık artarsa, entropi azalır.
	Entropi artarsa, reaksiyonlarda artar.
	Entropi ve enerji aynı şeydir.**

* Johnstone, Macdonald & Webb, 1977 ve Yeşilyurt, 2006 isimli çalışmalarda kavram yanlışlığı olarak tespit edilmiştir.

** Johnstone, Macdonald & Webb, 1977 isimli çalışmada kavram yanlışlığı olarak tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Özet olarak bu çalışmada fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarından termodinamiğin ikinci yasasını günlük hayattaki bazı olayları açıklarken kullanmaları istenmiştir. Termodinamik Yasalarını Günlük Olaylara Uygulama Testinin uygulandığı örneklem grubunda öğretmen adaylarının termodinamiğin ikinci yasasını verilen olaylara uygulamakta zorlandıkları görülmüştür. Sorulara tam cevap veren öğrenci sayısı oldukça azdır. Tokuya, Yamamoto ve Takashi (2004) ve Öztaş (2005)’in çalışmalarında da benzer sonuçlar elde ettikleri görülmektedir. Cochran ve Heron’nun (2006) çalışmasında üniversite öğrencilerinin, termodinamiğin ikinci yasasını ısı makineleri ve buzdolapları gibi sistemlere uygulayamadıkları hatta çoğu zaman ikinci yasa yerine birinci yasa ile bu olayı açıklamaya kalktıkları ifade edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre öğretmen adaylarının bu ikinci yasayı tam olarak anlayamadıkları ve günlük olaylara uygulayamadıkları görülmüştür. Entropi kavramı ile ilgili görülen kavram yanlışlıkları oldukça fazladır. Öğretmen adaylarının açıklamalarından bu kavramı genellikle makro boyutta tanımladıkları ve genellikle düzensizlikle ifade ettikleri görülmektedir. Ayrıca entropinin enerji ile karıştırıldığı durumlara da rastlanmıştır (Johnstone, Macdonald & Webb, 1977; Carson & Watson, 2002; Sözbilir, 2002).

Cochran ve Heron’nun (2006) çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da öğretmen adaylarının çoğu termodinamiğin ikinci yasasını buzdolabının çalışma prensibine uygulayamamışlardır. Bu durum ayrıca buzdolabının çalışma prensibini tam olarak bilmediklerinin de bir göstergesi olabilir. Mesela bazı öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar içerisinde buzdolabının çalışırken dışarıdan içeriye soğuk hava vererek soğuttuğunu söylemeleri bu duruma örnek olarak verilebilir. Ayrıca klimanın veriminin sorgulandığı 4. soruda ise verim kavramı ile ilgili de problemlerin olduğu görülmektedir. Hatta bazı öğretmen adayları klimanın ayarını biz yaptığımız için veriminin değişmeyeceğini

söylemektedir. Burada elektrikle çalışan aletlerin veriminin değişmeyeceğine dair bir düşüncenin/inancın olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı öğretmen adaylarının termodinamik ikinci yasasını bazı güncel olaylara uygulayabilme seviyelerini belirlemektir. Ancak sorulara verilen cevaplar incelendiğinde öğretmen adaylarının hem literatürdeki çalışmalarda rastlanan kavram yanlışlarına hem de sadece bu çalışmada görülen çeşitli yanlış bilgilere sahip oldukları görülmüştür.

Öneriler

Entropi kavramının öğretime gereken önem verilmelidir. Doğadaki süreçlerin gerçekleşme yönü ve entropi ile ilişkisi günlük hayattaki olaylardan örnekler verilerek açıklanabilir. Düzensizlik, kirlilik ya da dağınıklık gibi benzetmeler yapılırken çok dikkat edilerek öğretim yapılmalıdır. Mümkün olduğunca mikro boyutta ele alınması gerektiği vurgulanmalıdır.

Termodinamik dersleri genellikle nicel ve matematiksel temellere dayanmaktadır. Bu durumda öğrenciyi sadece sınavda geçebilmek için çalışmaya itmektir. Fakat bu durum öğrencinin konuyu tam anlamamasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla nitel anlatımlarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Ayrıca öğrencilerin termodinamik ile ilgili ön bilgileri tespit edilerek bu bilgilerle öğrencilerin yetersiz oldukları noktalar belirlenerek ve yeni öğretim stratejileri geliştirilerek daha etkili termodinamik öğretimleri yapılabilir.

Daha sonraki çalışmalarda daha farklı örnekleme farklı üniversite, bölüm ve anabilim dalları ile çalışılabilir veya farklı üniversitelerle proje çalışmaları yapılabilir. Ayrıca görüşme gibi farklı veri toplama teknikleri kullanılarak elde edilen bulgular desteklenebilir. Bu çalışmada görülen yanlış bilgilerin kavram yanlışlığı olup olmadığı ile ilgili çalışmalar da yapılabilir.

Bu çalışma ile öğretmen adaylarının termodinamiğin ikinci yasasını ne kadar bildikleri ve günlük hayattaki olaylara nasıl uyguladıkları araştırılmak istenmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının kullandıkları yanlış ifadelerin çok fazla olduğu ve bu ifadelerin literatürde yer alan bazı çalışmalarda kavram yanlışlığı olarak değerlendirildiği görülmüştür. Bu bağlamda bu çalışmanın termodinamiğin ikinci yasası ile ilgili çalışma yapacak diğer araştırmacılara ve öğrencilerde nasıl eksikliklerin bulunabileceğinin görülebilmesi açısından öğretmenlere ve öğretmen adaylarına yararlı olacağına inanılmaktadır.

Kaynaklar

Aydoğan, S., Güneş, B. & Gülççek, Ç. (2003). Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanlışları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 111-124.

Bailyn, M. (1984). Carnot and the universal heat death, *Am. J. Phys.*, 53(11), 1092-1099.

Fizik, Kimya ve Biyoloji Öğretmen Adaylarının ...

- Başer, M. & Çataloğlu, E. (2005). Kavram değişimi yöntemine dayalı öğretimin öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusundaki “yanlış kavramları”nın giderilmesindeki etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 43-52.
- Bueche, F. J. & Jerde, D.A. (Çev. Kemal Çolakoğlu). (2000). *Fizik ilkeleri I*, 6.Baskı, Ankara: Palme Yayıncılık.
- Cannon, J. W. (2003). Connecting thermodynamics to students' calculus. *Am. J. Phys.*, 72(6), 753-757.
- Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature, *Physics Education*, 35(2), 101-105.
- Carson, E.M. & Watson, J.R. (2002). Undergraduate students' understanding of entropy and gibbs free energy. *U. Chem.Ed.*, 6, 4-12.
- Cebe, M. (1992). *Fizikokimya*, 2. Baskı, Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D. & Leeuw, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Cochron, M.J. & Heron, P.R.L. (2006). Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics. *Am. J. Phys.*, 74(8), 734-741.
- Coştu, B., Ünal, S. & Ayas, A. (2007). Günlük yaşamdaki olayların fen bilimleri öğretiminde kullanılması. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 197-207.
- Çengel, Y.A. & Boles, M.A. (Ed. Ali Pınarbaşı) (2008). *Termodinamik mühendislik yaklaşımıyla*, 5. Baskı, İzmir: Güven Bilimsel.
- Çoban, G. Ü., Aktamış, H. & Ergin, Ö. (2007). İlköğretim 8.sınıf öğrencilerinin enerjiyle ilgili görüşleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 175-184.
- Fishbane, P.M., Gasiorowicz, S. & Thornton, S.T. (2008). *Temel fizik cilt I*, 3.Baskı, Ed. Cengiz Yalçın, Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- Granville, M.F. (1985). Student misconceptions in thermodynamics, *Journal of Chemical Education*, 62(10), 847-848.
- Harrison, A.G., Grayson, D.J. & Treagust, D.F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-78.
- Johnstone, A. H., Macdonald, J. J. & Webb, G. (1977). Misconceptions in school thermodynamics, *Physics Education*, 12, 248-251.
- Kaptan, S. (1973). *Bilimsel araştırma teknikler*. Ankara: Rehber Yayınevi.
- Karasar, N. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemi*, 18.Baskı, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Keller, F.J., Gettys, W.E. & Skove, M.J. (Çev.Ömür Akyüz). (2005). *Fizik, 1.Cilt.*, 3. Baskı, İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Macdonald, A. (1995). A new statement of the second law of thermodynamics, *Am. J. Phys.*, 63(12), 1122-1126.
- Meltzer, D.E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *Am. J. Phys.*, 72(11), 1432-1446.
- Mikailov, F. & San, S.E. (2008). *Termodinamik ve istatistik fizik*, 1.Baskı, İstanbul: Papatya Yayıncılık.

- Öztaş, F. (2005). Lise 9. sınıf öğrencilerinin madde döngüsü ve enerji akışı ile ilgili görüşlerinin saptanmasına yönelik bir araştırma. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 13, 2, 381-390.
- Salinger G.L. & Sears, F.W. (Çev: Nuri Ünal). (2002). *Termodinamik kinetik kuram ve istatistik termodinamik* (1. Baskı).. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Serway, R.A. & Beichner, R.J. (Çev. Kemal Çolakoğlu). (2002). *Fen ve mühendislik için fizik 1* (5. Baskı)..Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sheehan, W. F. (1972). Pollution and thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 49,1,18.
- Sichau, C. (2000). Practising helps: thermodynamics, history and experiment. *Science and Education*, 9, 389-398.
- Sözbilir, M. (2002). Turkish chemistry undergraduate students' misunderstandings of gibbs free energy. *U. Chem. Ed.*, 6, 73-83.
- Strnad, J. (1984). The second law of thermodynamics in a historical setting. *Physics Education*, 19.
- Tokuya, I., Yamamoto, G. & Takashi, S. 2004. *How do students understand and environmental issues in relation to physics in teaching and learning of physics in cultural contexts*. World Scientific Publication, Ed. Yunebae Park.
- Yeşilyurt, M. (2006). High school students' views about heat and temperature concepts, *International Journal of Environmental and Science Education*, 1(1), 1-24.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Wark K. (1989). *Thermodynamics* (5th. Ed.). NewYork: McGraw-Hill International Editions.