

Fen Eğitiminde ‘Bilimsel Açıklama’ ve Önemi

Emre Harun KARAASLAN¹, Alipaşa AYAS²

Geliş Tarihi: 11.02.2016

Kabul Ediliş Tarihi: 07.11.2016

ÖZ

Bu çalışmanın amacı bilimsel açıklama kavramını farklı teorik yaklaşımlar çerçevesinde incelemektir. Tümdengelimli-yasa bağımlı açıklama modeli, İstatistiksel/olasılıklı açıklama modeli, Nedensel model, Pragmatik model ve Kanıt temelli model temelinde bilimsel açıklama kavramı bu çalışma kapsamında tanımlanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen tanımlar karşılaştırıldığında, bu tanımların birbirlerinden oldukça farklı olduğu ve farklı alanlarda farklı şekillerde bilimsel açıklama yapıldığı görülmüştür. Bu bulgu bilimsel açıklama ile ilgili genel, evrensel bir tanımın yapılamayacağını göstermiştir. Örneğin sıcak suya batırılmış bir parça demirin genleşme sebebinin açıklanması neden-sonuç ilişkisi içeren cümleler zinciri kullanılarak yapılmaktadır. Buna karşılık bir ilacın bir hastalığı iyileştirme olasılığı birtakım istatistiksel verilere dayandırılarak yapılmaktadır. Bu durum farklı disiplinlerde farklı şekillerde açıklamalar yapılmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bilimsel açıklamanın tanımı bir disiplinden diğerine farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, bilimsel açıklamanın eğitimdeki önemi ve bilimsel açıklama ile argüman kavramları arasındaki farklar bu çalışmanın son bölümünde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilimsel açıklama, bilimsel açıklama modelleri, argüman, fen eğitimi.

‘Scientific Explanation’ in Science Education and Its Importance

ABSTRACT

This study aimed to scrutinize differing theoretical frameworks on scientific explanation. In the present study, from the perspectives of such models as Deductive-nomological explanation model, Statistical/probabilistic explanation model, Causal model, Pragmatics model and Evidence-based model, a definition for scientific explanation is sought. The results indicated that when the attributed definitions were compared, it was realized that they were quite different and, in divergent fields of science, the explanations are made in different ways. This finding implied that one general universal definition could not be offered for scientific explanation. Explaining, for instance, the reason for the expansion of a piece of iron dipped into hot water includes a chain of sentences presented in a cause and effect relation. While, explaining relief degree of a particular medicine includes a number of statistical data. This, accordingly, creates varying ways of building explanations. Furthermore, the importance of scientific explanation in educational settings

*Bu makale, Emre Harun KARAASLAN tarafından Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsünde Şubat 2014 Tarihinde yapılan ‘Sınıf Öğretmeni Adaylarının Genel Kimyadaki Bilimsel Kavramları Açıklama Becerilerinin Geliştirilmesi Üzerine Bir Çalışma’ isimli doktora tezinin bir kısmını oluşturmaktadır.

¹ Öğr. Gör. Dr., Gaziantep Üniversitesi Naci Topçuğlu MYO, ehkaraaslan@gmail.com

² Prof. Dr., Bilkent Üniversitesi Eğitim Fakültesi, alipasaayas@yahoo.com

and the differences between scientific explanation and argument are discussed in final part of the paper.

Keywords: Scientific explanation, models for scientific explanation, argument, science education.

GİRİŞ

Bilimin önem verdiği konulardan bir tanesi de olgu, kavram veya durumları bilimsel bir bakış açısıyla açıklamaktır (Grunberg ve Grunberg, 2011; Yaşar, 1998). Başka bir ifade ile bir doğa olayını açıklamak bilimde önemli bir süreç olarak görülmektedir (Hempel, 1966). Örneğin neden gökyüzü mavidir? Duştan çıktığımızda neden bir üşüme hissederiz? Bitkiler topraktan nasıl su alırlar? Böcekler nasıl oluyor da su üzerinde yürüyebiliyor? Bu türden sorulara yanıt alınabilmesi için öğrencilere öncelikle bilimsel bilgilerin ve onu oluşturan kavramların öğretilmesi, özümsetilmesi ve anlaşılmasının sağlanması büyük bir önem arz etmektedir (Coştu, Ayas, Açıkkan ve Çalık, 2007; Nakhleh, 1992). Bu öğretimin etkili olabilmesi için ise temel kavramların bilimsel olarak iyi bir şekilde açıklanması gerekmektedir (Sandoval ve Reiser, 2004).

Bilim insanları ve onların açıklamalarını öğrencilere ulaştıran ders kitapları ve öğretmenler bilimsel açıklamalarda uygun kavram, ilke, teori ve yasaları kullansalar da öğrencilerin bu tür kavramların kullanıldığı bilimsel açıklamaları yapmakta zorlandıkları görülmektedir (Driver, Newton ve Osborne, 2000). Öğrencilerdeki bu eksiklik gerek uluslararası gerekse ulusal alanda bazı çalışmalar yapma ihtiyacını doğurmuştur. Örneğin fen eğitimi ile ilgili yapılan bir çalışmada, öğrencilere çevremizde meydana gelen olayların veya durumların açıklamalarının nasıl yapılabildiğinin öğretilmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır (Osborne ve Dillon, 2008). Bununla birlikte eğitim ile ilgili hazırlanan uluslararası raporlar, fen eğitiminde öğrencilere sorulan sorulara onların basit cevaplar verme yerine daha geniş açıklamalar yapabilecekleri bilimsel açıklama becerisi kazanmaları gerektiği vurgulamaktadır (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2009; National Research Council [NRC], 1996). Öğrencilerde bilimsel açıklama yapma becerisini kazandırılması gerektiği ülkemizde de Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan öğretim programlarında da vurgulanmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2007a).

Ancak değişik kaynaklarda öğrencilerde bilimsel açıklama yapabilme becerisinin geliştirilmesine yönelik vurgu yapılırsa da yapılan çalışmalar ülkemizdeki öğrencilerinin bir olgu, kavram veya durumla ilgili bilimsel açıklama yapma konusunda eksikliklerinin olduğunu ortaya koymaktadır (Birinci Konur ve Ayas, 2010; MEB, 2010a; Yaman, 2012). Örneğin yapılan çalışmalarda gerek lise gerekse ilköğretim ve ortaokul düzeyindeki öğrencilerin herhangi bir konuyla ilgili yaptıkları açıklamaların genelde kısa cevaplar şeklinde ve bilimsel açıdan yetersiz olduğu (Ayas ve Özmen, 2002; Demirbaş ve Pektaş, 2009) görülmüştür. Ayrıca, öğrencilerin olayların 'nedenlerini' ve 'niçinlerini' kullanmadan

açıklama yaptıklarını ve ezbere yönelik ifadeler kullandıkları ifade edilmiştir (Morgil, Yılmaz ve Özyalçın, 2002). Bunlara ilave olarak, okullarda yapılan yazılı sınavlarda da öğrencilerin açıklama gerektiren sorulara verdikleri cevapların oldukça yüzeysel ve yetersiz olduğu ifade edilmektedir. (Özden, 2007).

15 yaş grubundaki öğrencilerin katıldığı PISA (Uluslararası Öğrenci Başarılarının Değerlendirme Programı) ve ilk ve ortaokul düzeyindeki öğrencilerin katıldığı TIMMS gibi uluslararası sınavlarda da ülkemizdeki öğrencilerin yaptıkları açıklamaların yetersiz ve eksik olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sınavlarda hem açıklama yapılması gereken hem de çoktan seçmeli sorular bulunmaktadır. Özellikle açıklama yapılması gereken ve üst düzey bilişsel düşünme becerisi gerektiren sorularda öğrencilerin zorlandıkları görülmüştür (Bayraktar, 2010; Martin, Mullis ve Foy, 2008; MEB, 2010a). Örneğin 2006'da yapılan PISA çalışmasında, değerlendirilen alanlardan biri de öğrencilerin fen bilimleri alanında 'bilimsel olguları açıklama yeterliğidir'. Raporu göre *'Bilimsel olguları açıklama yeterliği fen bilimleri bilgisini belirli bir durumda kullanma, olguları bilimsel olarak tanımlama veya yorumlama, değişimleri tahmin etme ve uygun tanımları, açıklamaları ve tahminleri belirlemekten oluşmaktadır.'* Bu amaçla öğrencilerin yeterlilik düzeyleri altı düzeyde belirlenen bir ölçeğe göre PISA tarafından değerlendirilmiş ve Türkiye'deki öğrencilerin % 77,5' inin en alt düzeyler olan ikinci düzey veya daha altında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ülkemizdeki öğrencilerin performanslarının, OECD ülkelerindeki öğrencilerin ortalama performanslarının (üçüncü düzey) altında olduğunu göstermektedir (MEB, 2007b). Benzer biçimde 2011 yılında yapılan TIMSS çalışmasında öğrencilerimizin açık uçlu sorulara verdikleri cevaplarda yetersiz olduğu belirlenmiştir (Karamustafaoğlu ve Sontay, 2012). Bu sonuçlara göre bilimsel açıklama yapılması gerektiren soruların da yer aldığı PISA ve TIMMS gibi uluslararası çalışmalarda öğrencilerimizin yetersiz oldukları görülmektedir.

Yukarıdaki açıklamalar bir yönüyle 'bilimsel açıklama' kavramının önemine vurgu yaparken diğer taraftan ise ülkemizde konuyla ilgili karşılaşılan durumlara dikkat çekmektedir. Ayrıca, bilimsel açıklama kavramının ne olduğuna yönelik ulusal literatürde özel bir çalışmaya rastlanmaması ciddi bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, yapılan bu çalışma ile bu eksikliğin kısmen de olsa giderilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, 'bilimsel açıklama' kavramının ne anlama geldiğini farklı felsefi yaklaşımlar temelinde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Her bir felsefi yaklaşımın daha iyi anlaşılmasını sağlamak için örneklendirmeler yapılmıştır.

Bilimsel Açıklama Kavramı

Açıklama kavramı sözlükte 'bir konuyla ilgili gerekli bilgi vermek, izah etmek; bir sorunla ilgili aydınlatıcı bilgi vermek, tavzih etmek' anlamlarına gelmektedir (URL-1). İnsanlar da günlük hayatta karşılaştıkları bir olayı, problemi veya kavramı ilgilerini çektiği ölçüde kendi ifadeleri ile açıklamaya çalışırlar ya da açıklanmasını isterler (Grunberg ve Grunberg, 2011; Salmon, 1998). Örneğin

haberlerde bir uçak kazasının nasıl meydana geldiğine yönelik bazı açıklamalar yapılmaktadır veya bir siyasi lider, partisinin gelecekteki planlarına dair bir açıklamada bulunabilmektedir. Ancak bilim alanında yapılan açıklamalar bunlardan farklı ve daha sistematik bir özellik göstermektedir. Bilim insanları açıklama yaparken niçin sorusu yanında hangi durumlarda ve nasıl gibi soruları da neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaya çalışmaktadırlar (Rudolph ve Steward, 1998; Yaşar, 1998).

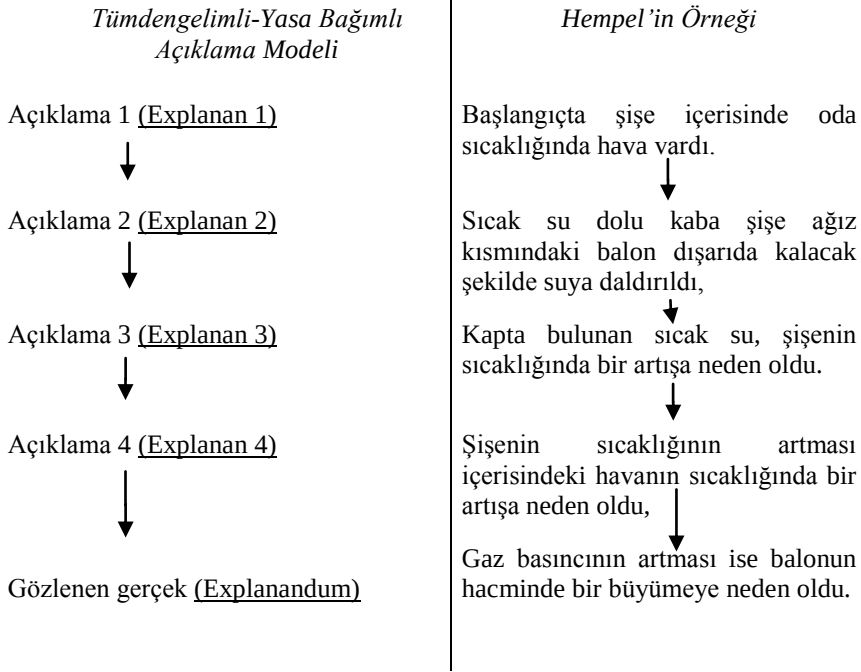
Köseoğlu, Tümay ve Budak (2008)'a göre bilimsel açıklama, deney veya gözlemlerle keşfedilen gerçeklerden ziyade bilim adamları tarafından yapılandırılan bilgilerdir. Bu nedenle bilim alanında olguların bilimsel bazı yöntemlere göre açıklanmasına 'bilimsel açıklama' denmektedir (Grunberg ve Grunberg, 2011). Bazı bilim adamları açıklamayı, herhangi bir şeyi açık, anlaşılır ve kavranabilir hale getirmeyi amaçlayan bir detaylandırma süreci olarak görse de (Brewer, Chinn ve Samarapungavan, 2000) bilimsel açıklamanın tek bir tanımı yoktur (Braaten ve Windschitl, 2011; İrez, Çakır ve Doğan, 2007). Bu nedenle bilimsel açıklama terimini açıklayabilmek için bilimsel açıklama modellerine felsefi boyutu da içerecek şekilde bakmak gerekir. Literatür incelendiğinde birden fazla bilimsel açıklama modelleri ile karşılaşilmektedir. (Hempel ve Oppenheim, 1948; McNeill ve Krajcik, 2011; Salmon, 1989; Van Fraassen, 1980). Aşağıda literatürde yer alan farklı bilimsel açıklama modelleri incelenmiştir.

1. Tümdengelimli-Yasa Bağımlı Açıklama Modeli

Tümdengelimli-Yasa Bağımlı Modele (Deductive-Nomological Explanation Model) göre fendeki bir doğa olayı ile ilgili yapılan açıklama yasalara bağlı olarak yapılmalıdır (Kimya derslerinde gazların hacimleri ile basınçları arasındaki ilişki açıklanırken çoğunlukla Boyle Yasasını kullanılması vs.). Hempel (1965)'e göre tümdengelimli-yasa bağımlı modelde açıklamalar (explanan) ve açıklamalar sonucu oluşan gözlenen gerçekler (explanandum) vardır. Gözlenen gerçekler (explanandum) açıklamaların (explanan) mantıksal bir sonucudur; açıklamalar ise önkoşul [açıklanacak olgudan önce veya onunla aynı zamanda gerçekleşen koşullar (Ö)] ve bilimsel yasaları içeren ifadeler (Y) dir. Ona göre açıklama birden fazla önkoşul ve bilimsel yasa içerebilmektedir.

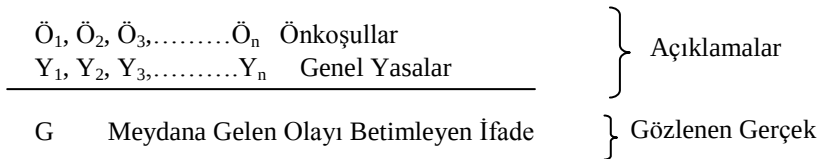
Örneğin içerisi boş bir plastik şişenin ağız kısmına bir balon taktığımızı düşünelim. Bu şişeyi oda sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta olan sıcak su dolu bir kaba daldırıp bir müddet beklediğimizde balonun şişmeye başladığını gözlemleriz. Peki, bu olay nasıl oldu? Bu olayın bilimsel açıklaması nedir? Hempel'e göre bu olayda son cümle yani gözlenen gerçek 'balon bu nedenle şişti' şeklinde olacaktır. Gözlenen gerçeğe ulaşmak için birbiri ile bağlantılı bilimsel açıklamaların (explanan) olması gerekmektedir.

Bu açıklamalar sürecini sonuçla bütünleştirecek bir modelleme yapacak olursak



şeklinde bir yapıya varılır.

Bu örnekte açıklamalar bir takım önkoşullar ve kanunlardan oluşmaktadır. Önkoşullar, başlangıçta şişenin içerisinde soğuk havanın olması ve şişenin sıcak su dolu kaba daldırılmasıdır. Genel yasalar ise sıcak cismin temas halinde olduğu soğuk cismin sıcaklığında bir artışa neden olması, sıcaklık artışının gaz basıncında artışa neden olması ve gaz basıncındaki artışın hacim büyümesine neden olması. Bu şekilde önkoşul ve genel yasaların bulunduğu açıklamalar (explanan) ifade edildiğinde söz konusu olgu açıklanabilmektedir. Yani söz konusu olgu, belirli yasalara bağlı olarak bazı önkoşulların gerçekleşmesi ile açıklanmaktadır (Dinçer, 1993). Hempel (1965) ‘Tümdengelimli-Yasa Çerçevesi’ açıklama modelini şu şekilde şematize etmektedir;



2. İstatistiksel/Olasılıklı Model

Bazı durumlarda açıklanmak istenen olgu yasalara bağlı olarak açıklanamaz. Bu durumda başka bir açıklama modeli olan *İstatistiksel/Olasılıksal Açıklama Modelinden* (Statistical/Probabilistic Explanation Model) bahsedilebilir

(Hempel, 1962). Örneğin bir kasabada insanların beklenmedik bir şekilde kansere yakalandıkları gözlemlendiğinde bu durumu başlangıçta yasalara bağlı olarak açıklamak olanaksızdır. Çünkü kanser beklenmedik bir olaydır. Kansere yakalanma oranının artışı farklı şekillerde açıklamak gerekmektedir. Mesela bölgedeki kanserojen maddelere maruz kalma ile kanser oranının artışı arasında bağlantı kurularak istatistiksel bir açıklama yapılabilir (Braaten ve Windschitl, 2011).

Bu tür açıklama modeli yasa çerçeveli modeldeki gibi yasalara bağlı olsa da yasa çerçeveli modelin aksine tümevarım yöntemini kullanmaktadır (Stevens, 2006). Yukarıdaki örnekte kanserojen maddenin etkileri biyolojik yasalara bağlı olarak açıklanabilir. Ancak burada 'kansere oranı artmaktadır, bölgede şu şekilde kanserojen maddeler bulunmuştur, o zaman bu maddelere maruz kalınmış olabilir ve bu sebeple kansere yakalanma oranı artmıştır' şeklindeki bir olasılıklı açıklamada tümevarım yöntemi kullanılmıştır.

Yasa çerçeveli açıklama modelinde açıklamalar (explanan) ile gözlenen gerçek (explanandum) arasında mantıksal bir bağlantı varken istatistiksel/olasılıklı açıklama modelinde bazı bilgiler kabul edilerek olasılıklı bir açıklamaya gitmeyi hedefler (Dray, 1964). Örnek olarak yaş tayininde kullanılan Karbon-14 metodu verilebilir. Yapılan açıklama şöyledir: kozmik ışınlarında bulunan nötronlar atmosferdeki azotu bombardımana maruz bırakarak karbon-14 (C-14) izotopunu oluşturmaktadır.



Oluşan bu karbon-14 izotopları radyoaktif özelliğe sahiptir. C-14 izotopunun yarılanma ömrü 5730 yıl kabul edilmektedir. Kimyasal olarak C-14 izotopu normal karbon gibi davranarak atmosferdeki CO₂ nin yapısına girer. Bu CO₂ bitkiler tarafından fotosentez yardımıyla alınır ve bu bitkiler hayvanlar ve insanlar tarafından yenilirler. Bu nedenle canlıların yapısındaki radyokarbon oranı, atmosferdeki orana eşit kabul edilir. Canlılar hem C-12 hem de C-14 ü sürekli olarak bünyesine alır. C-14 sürekli bozunmasına rağmen sistemden sürekli CO₂ aldığı için bu oran sabit kalır. Canlı öldüğünde dışarıdan karbon alışı duracağından canlıların yapısındaki karbon miktarı ölünceye kadar aldığı kadardır. Canlıdaki C-12 miktarı bu andan itibaren sabit kalır. Bunun yanı sıra C-14 sürekli bozunmaya devam eder ve miktarı azalmaya başlar. C-14 ün yarılanma süresi kullanılarak yaş tayini yapılır (Chang, 2000). Bu örnekte görüldüğü gibi açıklama tümevarım yöntemiyle ve bazı kabuller göz önüne alınarak yapılmıştır.

3. Nedensel Model

Nedensel Modelde (Causal Model) Salmon (1984), bir olgunun açıklanmasında olgunun altında yatan nedenlere vurgu yapmaktadır. Bu modele göre yaşadığımız dünyayı anlayabilmek için olayların altında yatan nedenleri ortaya

çıkarmak gerekmektedir. Diğer açıklama modellerinde yapılan bilimsel açıklamalar kısmen nedensel ilişkileri içerse de Nedensel Model’de neden-sonuç ilişkisine açıkça vurgu yapılmaktadır. Salmon’a göre bir doğa olayını açıklarken teorilerin kullanılması ile yapılan nedensel bir açıklama daha iyi bir açıklama olmaktadır (Braaten ve Windschitl, 2011). Bilimsel açıklamada, bilimsel teorilerin bulunması bilimsel açıklamanın açıklayıcı gücünü artırmaktadır (Salmon 1989). Bu açıklama modelinde açıklama yaparken çıkarım yapılmaz, açıklanacak olgunun gerçekleşmesine yol açan nedensel süreçler belirtilmeye çalışılır (Grunberg ve Grunberg, 2011).

Örneğin gazların davranışını açıklamak için kinetik-moleküler teoriyi kullandığımızı düşünelim. Gaz davranışlarını Tümdengelimli-Yasa Bağımlı Açıklama yardımıyla kolayca açıklayabiliriz. Ancak açıklamamızda önemli teoriler ve mekanizmalar kullanılırsa daha tatmin edici bir açıklama yapılmış olunur (Braaten ve Windschitl, 2011). Bunu şöyle bir örnekle açıklamaya çalışalım; ‘bir toprak testi, içinde bulundurduğu suyu soğuk tutmaktadır’. Peki, bu olay nasıl açıklanır? Testi topraktan yapıldığı için aradaki mikro düzeydeki boşluklardan dolayı testi geçiren bir özelliğe sahiptir. Bu mikro düzeydeki boşluklardan dolayı testinin yüzeyine bir miktar su sızar. Sızan su testinin yüzeyinde ince bir su tabakası oluşmasına neden olmaktadır. Yüzeyde bulunan su molekülleri sürekli hareket halindedirler. Bu hareketlerinden dolayı birbirleri ile çarpışarak bazı moleküllerin kinetik enerjisi azalırken bazılarının kinetik enerjisi artmaktadır. Kinetik enerjisi artan moleküller diğer moleküller tarafından yapılan çekimi yenecek enerjiye sahip olduklarında sıvı fazdan gaz fazına doğru geçmeye başlarlar. Böylece sıvıda kalan moleküllerin toplam kinetik enerjisi azalmaktadır. Bu da testi içinde bulunan suyun soğumasına sebep olmaktadır.

4. Pragmatik Model

Van Fraassen (1980)’e göre bilimsel açıklama, açıklamayı yapan kişilerin bulundukları bağlama (kontekst) göre belirlenmektedir. Bilimsel açıklamada *Pragmatik Model* (Pragmatics Model) meydana gelen olayın ‘niçin’ meydana geldiğini belirleyen bir açıklama türüdür (Grunberg ve Grunberg, 2011).

Örneğin yapılan bir çalışmada (Braaten ve Windschitl, 2011) öğretmen sınıfta ‘su döngüsü’ konusunu işlemektedir. Öğrenci önceki bilgilerine bağlı olarak moleküllerin hareketini çizmektedir. Öğretmen ‘niçin su molekülleri göllerden atmosfere ve bulutlara doğru hareket etmektedir?’ şeklinde ‘niçinli’ bir soru sormaktadır. Öğrenci ‘bitkilerin ve hayvanların hayatlarını sürdürebilmeleri için suyun bu şekilde hareket etmesi gerekmektedir’ şeklinde bir açıklama yapmaktadır. Sorulan bu soru ‘niçin’ şeklinde sorulduğu için öğrencinin verdiği cevapta su moleküllerinin nasıl hareket ettiği, bu olayın nasıl gerçekleştiği vb. ile alakalı cevaplar bulunmamaktadır.

5. Kanıt Temelli Model

Kanıt Temelli (Evidence-Based) açıklama modelinde bilimsel açıklama, daha çok deneysel yollarla elde edilen bilgilerin açıklanması olarak ele alınmıştır

(McNeill ve Krajcik, 2011). McNeill'e göre bilimsel açıklama öğrencilerin bilimsel verilerin analizi ve yorumlanması sonucu verdikleri sözel veya yazılı cevaplardır. Bilimsel açıklama üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar iddia, delil ve mantıktır. İddia, bir olgu ile alakalı problem veya soruya gönderme yapan düşüncedir. Deliller, bilimsel verilerin kullanılmasıyla öğrencilerin iddialarını destekleyen materyallerdir. Deliller öğrenciler tarafından farklı yollarla elde edilebilir (gözlemler, kaynakların okunması, önceki verilerin kullanılması vb.). Mantık ise iddia ile delil arasında bir ilişki kurulmasına yardım eder. Yani verilerin iddialarını desteklemek için neden delil olarak kullanıldığını açıklar. Öğrenciler bu üç kısmı birleştirerek herhangi bir olgu ile ilgili bir açıklama yaparlar (McNeill ve Krajcik, 2008). Bu modeli açıklamak için yedinci sınıf düzeyinde öğretmenin öğrencilere sorduğu aşağıdaki örnek (McNeill ve Krajcik, 2008) kullanılacaktır.

Öğretmen aşağıdaki tabloyu vererek öğrencilere 'Sıvıların aynı madde olup olmadıklarını vurgulayan bilimsel açıklama yazınız' şeklinde bir soru sormaktadır.

Tablo 1. Sıvılar ve Özellikleri

	Yoğunluk	Renk	Kütle	Erime Noktası
Sıvı 1	0,93 g/cm ³	Renksiz	38 g	-98 °C
Sıvı 2	0,79 g/cm ³	Renksiz	38 g	26 °C
Sıvı 3	13,6 g/cm ³	Gümüş	21 g	-39 °C
Sıvı 4	0,93 g/cm ³	Renksiz	16 g	-98 °C

Öğrencilerden birinin verdiği cevap 'Sıvı 1 ve 4 aynı maddelerdir. Tabloya bakıldığında, yoğunluk, renk ve erime noktası özellikleri içermektedir. Kütle bir özellik değildir. Yoğunluk, renk ve erime noktası Sıvı 1 ve 4 için aynıdır. Bu özelliklerin hepsi aynı olduğu için Sıvı 1 ve 4 aynı maddelerdir' şeklindedir.

Verileni cevap incelendiğinde öğrencinin Sıvı 1 ve 4'ün aynı madde olduğunu iddia ettiğini söylemek mümkündür. Öğrenci bilimsel delilleri (yoğunluk, renk ve erime noktası) kendi iddiasını desteklemek için kullanmaktadır. Daha sonra bu delillerin iddiasını niçin desteklediğini 'Tabloya bakıldığında, yoğunluk, renk ve erime noktası özellikleri içermektedir. Kütle bir özellik değildir' diyerek bir mantık yürüttüğü görülmektedir. Şimdiye kadar anlatılan bilimsel açıklama modelleri Tablo 1' de özetlenmiştir.

Tablo 2. Bilimsel Açıklama Modellerinin Genel Özellikleri

Bilimsel Açıklama Modelleri	Genel Özellikleri
Tümdengelimli-Yasa Çerçevesi Model	✓ Açıklamada en az bir genel yasa kullanılmalıdır. ✓ Expalananlar arasında mantıklı bir ilişkinin olması gerekir. ✓ Tümdengelim yöntemini kullanır. ✓ Neden? sorusu önemlidir.
İstatiksel/Olasılıksal Model	✓ Açıklamada bazı kabuller göz önünde bulundurulur. ✓ Açıklamada olasılıklar kullanılır. ✓ Tümevarım yöntemi kullanılır.
Nedensel Model	✓ Bu açıklama modeline göre birçok bilimsel açıklama nedenseldir. ✓ Nedensel ilişkilere açıkça vurgu yapar.
Pragmatik Model	✓ Neden? ve Nasıl? sorularından çok Niçin? Sorusuna cevap arar. ✓ Sorulan sorularda ve verilen cevaplarda, kişilerin bulunduğu bağlam önemlidir.
Kanıt Temelli Model	✓ Deneyssel yöntem önemlidir. ✓ Elde edilen verilerin analizine bağlı yapılan açıklamalardır. ✓ İddia, delil ve mantık bölümlerine ayrılır.

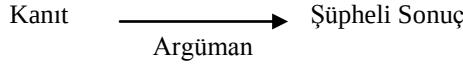
Alinyazında Bilimsel Açıklama Kavramı ile Karıştırılan Kavramlar

Literatürde bazı kavramların bilimsel açıklama ile karıştırıldığı görülmektedir. Örneğin bir olgunun gözlenebilen özelliklerini tanımlamak (tasvir etmek veya betimlemek) ile bu olgunun bilimsel açıklamasını yapmak farklı iki işlemdir. Örneğin bir bardak soğuk suyu düşünelim. Bu bardağın dışında meydana gelen yoğunlaşmayı (buğu) tanımlamakla bu buğunun nasıl oluştuğunu bilimsel olarak açıklamak farklıdır. ‘Bardaktaki suyun sıcaklığı düşüktür ve bardağın dışında su zerreciklerinden oluşan bir katman vardır’ şeklindeki gözlenen özelliklere vurgu yapmak bir tanımlama iken; bu yoğunlaşmanın sebebinin moleküllerin hareketi, enerji gibi görünmeyen işlemleri içeren bir takım önemli teorilerin kullanılarak açıklanması ise bir bilimsel açıklamadır (Braaten ve Windschitl, 2011).

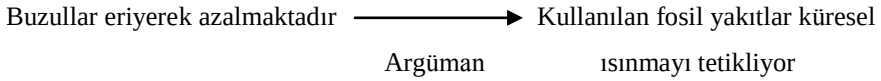
Ayrıca argüman (argument) ve açıklama (explanation) birbiri ile karıştırılabilen iki kavramdır. Her ikisinde de bir ifadeyi gerekçelendirmek amaçlansa da odaklandıkları noktalarda farklılıklar göstermektedir (Mayes, 2010). Argüman ile açıklama arasındaki farkın anlaşılabilmesi için aşağıdaki örnek kullanılacaktır.

Örnek: Kullanılan fosil yakıtlar küresel ısınmayı tetikliyor.

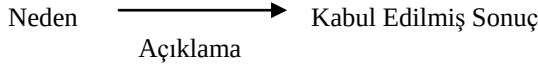
Bu durumda zihnimizde bir takım sorular olabilir veya bu olayın doğru olduğuna inanmayabiliriz. İkinci durumda zihnimizde bir şüphe uyanmaktadır ve bu şüphe 'Nereden biliyorsun?' şeklindeki bir soru ile desteklenebilir. 'Nereden biliyorsun?' sorusu verilecek cevapta bir kanıtın sunulmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla cevapta verilen kanıt bir çeşit gerekçelendirme değildir. Öte yandan küresel ısınmanın olduğunu destekleyecek kanıt bulma girişimi de argüman olarak tanımlanmaktadır.



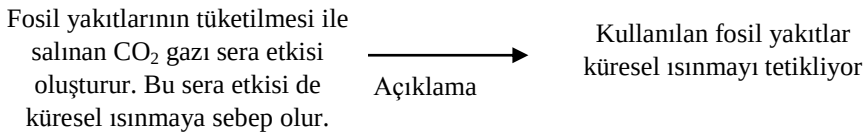
Örneğin 'küresel ısınmanın olduğunu düşünmemin sebebi, buzulların eriyerek azalmasıdır' ifadesi bir kanıttır.



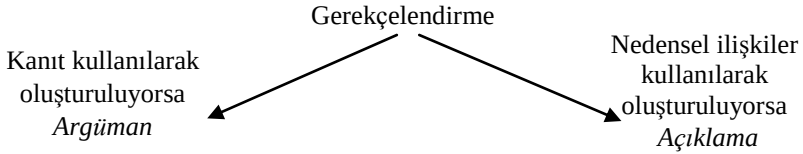
Diğer taraftan küresel ısınma olduğu zaten biliniyor veya bu olaya inanılıyorsa bu olay için bir kanıtı ihtiyaç duyulmaz. Ancak küresel ısınmanın niçin olduğu bilinmediği zaman 'Bu olay nasıl oldu?' şeklinde bir soru sorulabilir. Dolayısıyla bu soruya verilecek cevap bir neden gerektirmektedir. Böylece cevapta sunulan nedenler de bir çeşit gerekçelendirme değildir. Ayrıca küresel ısınmanın olduğunu destekleyecek neden bulma girişimi de açıklama olarak tanımlanmaktadır.



Örneğin 'küresel ısınmanın olduğunu düşünmemin sebebi, fosil yakıtlarının tüketilmesi ile atmosfere salınan CO₂ gazı sera etkisi oluşturmaktadır. Bu sera etkisi de küresel ısınmaya sebep olmaktadır' ifadesi bir nedendir.



Özet olarak argüman, sonucu neye göre çıkardığımıza veya sonucu nasıl anladığımıza; açıklama ise bu sonucun nasıl oluştuğuna yoğunlaşmaktadır. Yani argüman şüphe duyulan bir sonucun kabul edilmesi için kanıt sağlama girişimi ile yapılan gerekçelendirme çeşidi; açıklama ise kabul edilen bir sonuç için neden sağlama girişimi ile yapılan gerekçelendirme çeşididir (Mayes, 2010).



Bunun yanında argümantasyon becerisi ile bilimsel açıklama yapabilme becerilesinin de birbirine karıştırılmaması gereken iki kavram olduğu düşünülmektedir. Argümantasyon becerisi, herhangi bir konu hakkında iddia-karşı iddia, veri, gerekçe, destek ve çürütme kavramlarının hepsinin ortaya konulabilme becerisi olarak tanımlanırken (Toulmin, 2003), bilimsel açıklama yapabilme becerisi ise, herhangi bir kavram veya olgunun nasıl meydana geldiğinin, kabul edilen bilimsel gerçekler kullanılarak bu gerçekler arasında mantıklı bir nedensel ilişki kurulması ile yapılan ifade edilebilme becerisi olarak tanımlanmaktadır (Braaten ve Windschitl, 2011).

TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Ülkemizde 2007'den beri uygulanan kimya öğretim programları bilimsel açıklama becerilerinin geliştirilmesine vurgu yapmaktadır. 2007 yılından itibaren kademeli olarak yürürlüğe giren ve buna göre hazırlanan 2013 ortaöğretim kimya öğretim programı incelendiğinde, programın genel amaçlarından birisinin öğrenciler, '*kimya biliminin temel kavram, ilke, model, teori, yasa ve becerilerini kazanır, bu bilgi ve becerileri gündelik hayat, insan sağlığı, sanayi ve çevre sorunlarıyla ilgili olayları açıklamada kullanır*' şeklinde olması öğrencilere açıklama yapma becerisinin kazandırılması gerektiğini vurgulamaktadır (MEB, 2013a). Benzer ifadeler fen ve teknoloji (MEB, 2005), fizik ve biyoloji (MEB 2007 ve 2013 öğretim programları) programlarında da yer almaktadır (MEB, 2007c,d; MEB, 2013b,c). Bilimsel açıklamanın önemine benzer şekilde vurgu yapan projelere de rastlamak mümkündür. Örneğin Michaels, Shouse ve Schweingruber (2008) tarafından hazırlanan ve yürütülen bir projeye göre Avrupa ve Amerika'da öğrencilerin bilimsel açıklama yapmaları üzerinde durulması gerektiğine vurgu yapmıştır. Bu projeye göre; bilimde önemli bir yer edinmek için öğrencilerin tabiata ait bilimsel açıklamaları bilmesi, yorumlaması ve kullanması gerekmektedir. Bunları yapabilmek için de bilimsel kavramların ve kavramlar arası ilişkilerin iyi bilinmesi ve kullanılması gerekmektedir. Örneğin bir öğrencinin doğal seleksiyonu ezberlediği tanımlarla ifade etme yerine bu kavramla ilgili yeni bilgileri de kullanarak bilimsel açıklama yapmasının daha iyi olacağı ve bilginin öğrenilmesinin kalıcı olacağı

savunulmaktadır (Michaels ve diğ., 2008). Dolayısıyla bilimsel açıklama yapabilme becerisinin gelişmesi ile hem ezberlenmiş ifadeleri kullanımının önüne geçileceği hem de bilginin kalıcı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bireylerdeki bilimsel açıklama yapma becerisinin geliştirilmesi onlara geleceğin bilim insanı olma yolunda önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Uluslararası sınavlardan biri olan PISA' da öğrencilerde ölçülmek istenen yeterliliklerden bir tanesi de 'bilimsel olguları açıklama yeterliği' dir. Bu yeterliliğe göre 'fen bilimleri bilgisini belirli bir durumda kullanma, olguları bilimsel olarak tanımlama veya yorumlama, değişimleri tahmin etme ve uygun tanımları, açıklamaları ve tahminleri belirlemekten oluşmaktadır' (MEB, 2010a; MEB, 2007b). Bu sınavlarda Türkiye'nin başarısının düşük olması da bilimsel açıklama becerilerinin geliştirilmesini önemli kılmaktadır. Çünkü öğrencilerimizin özellikle bilimsel açıklama gerektiren sorulara daha iyi cevap vermeleri ülkemizin daha yüksek puanlar almasını sağlayacaktır. Ayrıca uluslararası yapılan çalışmalar sonucunda öğrencilerimizin bilimsel açıklama becerilerinin yetersiz olduğunun belirlenmesi, onlarda bu becerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılması gerektiğine ışık tutmaktadır.

Bir başka açıdan ulusal sınavlar ve öğretmenlerin sınıf içi değerlendirme sınavları incelenebilir. Bu tür sınavlar öğrencilerin kavramları özümseyerek öğrenmeleri yerine soru kalıplarını ve formüllerini ezberleyerek (Smith ve Metz, 1996) benzer soruları bu kalıplara göre çözmeyi tercih etmelerine neden olmaktadır (Özden, 2007). Bu şekilde kavram ve formüllerin ezberlenmesi öğrencilerin daha sonraki kavramları derinlemesine öğrenmelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun bir sonucu olarak da öğrencilerin fen derslerinde herhangi bir kavramla ilgili uygun açıklama yapma konusunda yetersiz kaldıkları ortaya çıkmaktadır (Driver ve diğ., 2000; Osborne ve Dillon, 2008). Buradan hareketle öğrencilerde bilimsel açıklama becerisinin geliştirilmesi için onlara bilimsel açıklama kavramının doğru bir şekilde öğretilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi gerek ulusal gerekse uluslararası yapılan öğretim programları, sınavlar, araştırmalar ve projelerde bilimsel açıklamaya önem verilerek öğrencilerin bilimsel açıklama yapabilme becerileri geliştirilmek istendiği veya sınavlarda kontrol edildiği görülmektedir (MEB, 2003; MEB, 2005; MEB, 2013a,b,c; Michaels ve diğ., 2008). Örneğin Erdem, Yılmaz ve Morgil (2001) tarafından yapılan bir çalışmada üniversite düzeyinde Temel Kimya dersini alan öğrencilere mol-molekül, atom kütleli-kütle numarası ve yükseltgen-yükseltgenen kavramları ile ilgili çoktan seçmeli sorular sorulmuş ve verdikleri cevapları nedenleri ile birlikte açıklamaları istenmiştir. Ancak elde edilen bulgular cevaplanan çoktan seçmeli soruların nedenleri ile açıklama kısmının öğrenciler tarafından çoğunlukla boş bırakıldığını veya açıklamalarını bilimsel ifadelerle tam olarak yapamadıklarını göstermiştir. Benzer bir sonuç ilköğretim düzeyinde yapılan bir çalışmada da görülmüştür. Bolat ve Sözen (2012) tarafından yapılan çalışmada öğrencilerin sorulan soruya çoktan seçmeli

şıklardan doğru cevabı seçtikleri ancak bu cevabın neden ve nasıl böyle olduğunu isteyen açık uçlu soruya cevap vermekte güçlükler yaşadıklarını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle bilimsel açıklama yapabilme becerisinin geliştirilmesi ülkemizdeki öğrencilerin bu yetersizliğinin giderilmesine, bu beceriyi kazanmış olan öğrencilerin uluslararası yapılan sınavlarda daha yüksek puanlar almasına ve öğrencilerin gelecekte daha bilimsel düşünen ve açıklamalar yapabilen bireyler olmasında katkıda bulunacaktır. Bunun sağlanması ve öğrencilerimizde bilimsel açıklama yapabilme becerilerinin geliştirilmesi için araştırmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Öğrencilerdeki bu yetersizliğin oluşmasında birden fazla sebebin olabileceği düşünülmektedir. Bu sebeplerden bir tanesinin ülkemizde ortaöğretime veya yükseköğretime geçiş için yapılan sınavların olduğunu ifade etmek mümkündür. Çünkü çoktan seçmeli test şeklinde olan bu sınavlarda yer alan sorular kavramsal öğrenmeden çok bilgiyi ölçmektedir. Dolayısıyla öğrenciler bu tür sınavlara hazırlanırken hızlı soru çözme becerisi kazanmakta fakat problemin arkasındaki nedeni açıklayamamaktadırlar (Özmen, 2005). Ayrıca okullarda okul içi ders ve sınıf geçme sınavlarında değerlendirme amacıyla sorulan soruların geniş açıklamalar gerektirmeyen basit düzeyde (Özcan ve Oluk, 2007), işlemsel bilgi gerektiren tipte (Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009) ve ezbere dayalı olmasından dolayı (Ayvaci ve Türkoğlu, 2010) öğrenciler temel fen kavramlarını derinlemesine öğrenmekte problemler yaşamaktadırlar. Bununla birlikte ulusal düzeyde yapılan sınavların (YGS – LYS ve TEOG) öğretmenlerin sınıf içi ders işlemlerini etkilemesi ve öğretim sırasında bu sınavlara hazırlık yapma düşüncesinin de hakim olması, 2004 yılında başlanarak yenilenen fen bilgisi öğretim programlarının okullarda amacına uygun bir şekilde yürütülmesini engellemektedir (Demir ve Demir, 2012). Bunun doğal bir sonucu olarak öğrencilerin bir kavrama yönelik detaylı açıklamalar yapmaları zorlaşmaktadır (Karamustafaoğlu ve Sontay, 2012). Ayrıca, bu tür sınavların var olması ve öğrencilerin gelecekteki eğitim hayatlarını etkilemesi, doğal olarak öncelikli amacın sınavları başarmak şeklinde ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Demir ve Demir, 2012). Bu durum, hem uluslararası sınavlarda öğrencilerimizin başarısını artırmada hem de ulusal düzeydeki sınavların sistem üzerindeki etkisini azaltmada yeni bazı önlemlerin alınması gerektiğini göstermektedir.

Bireyin kendisinin bilimsel açıklama yapma yeteneğinin yanında, bilimsel kaynaklardaki bilimsel açıklamalara değer verme ve takip edip kullanması da önemlidir (İlhan, Sözbilir, Şekerci ve Yıldırım, 2013; Yıldırım, İlhan, Şekerci ve Sözbilir, 2013). Ancak ders kitaplarında bilimsel açıklamanın ne olduğu, nasıl yapılacağı gibi ifadeler yer almaması, bilimsel açıklama kavramının net bir tanımının olmaması, öğretim programlarında gözlenebilen bir doğa olayının veya bir durumun bilimsel olarak nasıl açıklanması gerektiği vurgulanmaması şeklindeki eksikliklerin öğrencilerin bilimsel açıklama kavramına ait algılarının yetersiz olmasına yol açtığı düşünülmektedir. Bununla birlikte genellikle geleneksel yöntemlerle ders işlenen sınıflarda öğrenciler pasif olduklarından (Yaman ve Yalçın, 2005) ve açıklamalarını gerçekleştirmelerine, neden –

sonuç ilişkisi kurmalarına fırsat tanınmadığından öğrencilerin bir bilimsel açıklamanın ne olduğu ve nasıl yapılması gerektiği konusunda zorluk çektikleri düşünülmektedir. Çünkü hala öğretmenlerimizin çoğunun sınıf içerisinde öğrencilerin düşüncelerini detaylı şekilde açıklamalarına imkân tanıyacak yeterli uygulamalar yapmadığı TALIS (Teaching And Learning International Survey) raporunda görülmektedir (MEB, 2010b). Ayrıca ders kitaplarında bir kavrama ait yapılan açıklamalar öğrencilerin bilimsel açıklama kavramına yönelik algılarını olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. Örneğin Fen ve Teknoloji Ders Kitabında genleşme ile alakalı yapılan 'Genellikle katı, sıvı ya da gaz halinde bulunan maddelerin hacimleri ısı aldığında artar, bu olaya genleşme denir' (MEB 2010c, s.72.), erime ile ilgili yapılan '*Katı hâldeki maddeler yeterince ısı aldıklarında sıvı hâle geçer. Bu olaya erime denir*' ve donma ile ilgili yapılan '*Sıvı hâlde bulunan maddeler ise yeterince soğutulduklarında katı hâle dönüşür. Bu olaya donma denir*' (MEB 2012, s.89) şeklindeki ifadeler kavramların daha çok dış görünüşüne yönelik açıklandığını göstermektedir. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda öğrencilerin bilimsel açıklama kavramının ne olduğu öğretilmeli ve bu kavrama yönelik algılarının yeterli düzeye getirilmesi sağlanmalıdır.

Yukarıda ifade edildiği gibi fen eğitimi için kullanılabilecek ve net tanımlanmış bir bilimsel açıklama tanımı bulunmamaktadır (Braaten ve Windschitl, 2011). Farklı bilimsel açıklama tanımlarının bulunma sebebi bilim adamlarının kendi alanlarına hitap edecek bir açıklama modeli geliştirmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna örnek olarak 'niçin bir bunzen bekine bir kaya tuzu numunesi tutulduğunda alev belirli bir süre sonra yeşile dönmektedir?' sorusunu düşünelim. Buradaki 'niçin' sorusu bir bilimsel açıklamayı gerektirmektedir. Bu sorunun cevabı; alev bir parça kaya tuzu tutulmaktadır. Kaya tuzu bir sodyum bileşenidir. Her zaman bunzen beki alevine sodyum bileşikler tutulduğunda alevin rengi yeşile dönmektedir (Salmon, 1998). Bu açıklamadan da görüldüğü gibi bir takım kanunlar kullanılmıştır. Ancak tüm doğa olaylarını bu şekilde kanunlar kullanarak açıklamak mümkün değildir. Örneğin bir bölgede kansere yakalanma riskini açıklamak, bir hava tahminini açıklamak, bir yerdeki hızlı nüfus artışını açıklamak vs. için farklı modeller kullanılmaktadır. Bir uzmanın 'Bu ilin nüfusunu her yıl çevre illerden gelen göçler yaklaşık % 5 artırmaktadır. Bu nedenle şu anda nüfusu 150.000 olan ilin önümüzdeki yıl gelen göçlerin katkısının 7.500 kişi artması beklenmektedir' dediğini düşünelim. Uzmanın burada açıklamasını yapmak için istatistiksel bir model kullandığı söylenebilir. Özellikle fen bilimlerinde yapılan bilimsel açıklamalar bilimin gelişme sürecine ve bilimsel araştırma ve sonuca ulaşma geleneğine uygun olmalıdır. Bilimsel açıklama, etkili olduğunda kavramların gelişmesine ve zihinde yerleşmesine de katkıda bulunur. Başka bir ifade ile kavramların öğrenilmesini kolaylaştırır (Coleman, 1998).

Bilimsel açıklama kavramının özünü bilen ve bu beceriye sahip öğretmenler ve onların vasıtasıyla öğrenciler yetiştirmenin ülkemizin 2023 ve 2071 hedeflerine ulaşmada önemli bir adım olacağı düşünülmektedir. Ayrıca 2015 Nobel Kimya

Ödülü'nün Prof. Dr. Aziz Sancar tarafından alınmış olması da bilimsel düşünmeye ve gelişmeye katkı verecek bir gerçektir. Bilimin yeşermesi için bilim sevgisinin artması gerekmektedir. Bilim sevgisinin artmasında önemli faktör ise gerçek dünyada yaşanan olaylar ve durumların bilimsel açıklama becerisi sayesinde bireylerce yapılabilmesidir. böylece bilimin anlaşılması ve açıklanabilmesi gerçekleşecek ve ülkemiz yeni Nobel Ödülleri alacak bireyler yetiştirecektir.

KAYNAKLAR

- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (2009). Benchmarks for science literacy. Washington, DC: Author.
- Ayas, A. ve Özmen, H. (2002). Lise kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 19 (2), 45-60.
- Ayvacı, H.Ş. ve Türkdoğan, A. (2010). Yeniden yapılandırılan Bloom taksonomisine göre fen ve teknoloji dersi yazılı sorularının incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7 (1), 13-25.
- Bayraktar, Ş. (2010). Uluslararası fen ve matematik çalışması (TIMSS 2007) sonuçlarına göre Türkiye'de fen eğitiminin durumu: Fen başarısını etkileyen faktörler. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30, 249-270.
- Birinci Konur, K. ve Ayas, A. (2010). Sınıf öğretmeni adaylarının gazlarda sıcaklık-hacim-basınç ilişkisini anlama seviyeleri. *Türk Fen Eğitim Dergisi*, 7 (3), 128-142.
- Bolat, M. ve Sözen, M. (2012, Haziran). İlköğretim öğrencilerinin sesin hızı ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarının ve bilgi düzeylerinin belirlenmesi (Samsun ili örneği), X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi (X. UFBMEK) Niğde Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Niğde.
- Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95 (4), 639-669.
- Brewer, W. F., Chinn, C. A. & Samarapungavan, A. (2000). Explanation in scientists and children. In F. C. Keil and R. A. Wilson (Eds.), *Explanation and cognition* (pp. 279-298). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chang, R. (2000). *Fen ve mühendislik bölümleri için kimya*. A.B. Soydan ve A. Z. Akoğuz (çev). (6. Baskı). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Coleman, E. B. (1998). Using explanatory knowledge during collaborative problem solving in science. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (3/4), 387 – 427.
- Coştu, B., Ayas, A., Açıkkar, E. ve Çalık, M. (2007). Çözünürlük konusu ile ilgili kavramlar ne düzeyde anlaşılıyor?. *Boğaziçi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24 (2), 13-28.
- Demir, S. ve Demir, A. (2012). Türkiye'de yeni lise öğretim programları: Sorunlar, beklentiler ve öneriler. *İlköğretim Online*, 11 (1), 35-50.
- Demirbaş, M. ve Pektaş, H. M. (2009). İlköğretim öğrencilerinin çevre sorunu ile ilişkili temel kavramları gerçekleştirme düzeyleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 3 (2), 195-211.
- Demircioğlu, G. ve Demircioğlu, H. (2009). Kimya öğretmenlerinin sınavlarda sordukları soruların hedef davranışlar açısından değerlendirilmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3 (1), 80-98.
- Dinçer, K. (1993). *Bilimsel açıklamada Hempel modeli*. Ankara: Türkiye Felsefe Kurumu, Türk Felsefe Dizisi:3.

- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287 – 312.
- Dray, W. H. (1964). *Philosophy of history*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Erdem, E., Yılmaz, A. ve Morgil, İ. (2001). Kimya dersinde bazı kavramlar öğrenciler tarafından ne kadar anlaşılıyor?. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 20, 65 – 72.
- Grunberg, T. ve Grunberg, D. (2011). Bilim Felsefesi. İ. Taşdelen (Ed.). Bilimsel Açıklama içinde (s. 52-84), 1. Baskı, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.
- Hempel, C. G. (1962). Explanation in science and history. In Colodny, R.C. (ed.), *Frontiers of Science and Philosophy* (pp. 9- 19). Pittsburgh: The University of Pittsburgh Press.
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*. New York: Free Press.
- Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of natural science*. Princeton University, NJ: Prentice-Hall.
- Hempel, C. G. & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15 (2), 135 – 175.
- İlhan, N., Sözbilir, M. Şekerci, A. R., & Yıldırım, A. (2015). Turkish science teachers' use of educational research and resources. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 11(6), 1231-1248.
- İrez, S., Çakır, M. ve Doğan, Ö. (2007). Bilimin doğasını anlamak: Evrim eğitiminde bir önkoşul, *Biyoloji Eğitiminde Evrim Sempozyumu* içinde (s.52-64). Malatya: İnönü Üniversitesi.
- Karamustafaoğlu, O. ve Sontay, G. (2012, Haziran). Bir TIMSS sınavının ardından: TIMSS 2011'e katılan öğrenci ve uygulayıcı öğretmenlerin görüşleri, X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi (X. UFBMEK) Niğde Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Niğde.
- Köseoğlu, F., Tümay, H. ve Budak, E. (2008). Bilimin doğası hakkında paradigma değişimleri ve öğretimi ile ilgili yeni anlayışlar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28 (2), 221-237.
- Martin, O.M., Mullis, I.V.S. & Foy, P. (2008). TIMSS 2007 international results in science, Chestnut Hill, MA, USA: Boston College.
- Mayes, G.R. (2010). Argument-explanation complementarity and the structure of informal reasoning. *Informal Logic*, 30 (1), 92-111.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: helping students use evidence and reasoning. In Luft, J., Bell, R. and Gess-Newsome, J. (Eds.), *Science as Inquiry In The Secondary Setting* (pp. 212-134). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2011, March). Claim, evidence and reasoning: supporting middle school students in evidence-based scientific explanations, National Conference on Science Education, National Science Teachers Association. San Francisco, CA.
- Michaels, S., Shouse, A.W. & Schweingruber, H.A. (2008). *Ready, set, science! putting research to work in k-8 science classrooms*. Board on science education, center for education, division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2003). TIMSS 1999, Üçüncü uluslararası matematik ve fen bilgisi çalışması, ulusal rapor, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi (4 ve 5. sınıflar) öğretim programı*, Ankara.

- Milli Eğitim Bakanlığı. (2007a). *Ortaöğretim 9. sınıf kimya dersi öğretim programı*, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2007b). PISA 2006 Uluslararası öğrenci başarılarını değerlendirme programı ulusal ön rapor, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2007c). *Ortaöğretim 9. sınıf fizik dersi öğretim programı*, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2007d). *Ortaöğretim 9. sınıf biyoloji dersi öğretim programı*, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2010a). PISA 2009 Uluslararası öğrenci başarılarını değerlendirme programı ulusal ön rapor, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2010b). Uluslararası öğretmen ve öğrenme araştırması (Teaching and Learning International Survey [TALIS]) Türkiye ulusal raporu, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2010c). *5. sınıf fen ve teknoloji ders kitabı*. İstanbul: Bediralp Matbaacılık.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). *İlköğretim 4. sınıf ders ve öğrenci çalışma kitabı (3.baskı)*. Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013a). *Ortaöğretim (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) kimya dersi öğretim programı*, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013b). *İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013c). *Ortaöğretim (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) fizik dersi öğretim programı*, Ankara.
- Morgil, İ., Yılmaz, A. ve Özyalçın, Ö. (2002, Eylül). Temel kimya derslerinde öğrencilerin kavramları anlama ve sayısal problemleri çözme başarıları arasındaki ilişki, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Nakhleh, M.B. (1992.). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- National Research Council [NRC]. (1996). National science education standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections, a report to the nuffield foundation*, King's College London.
- Özcan, S. ve Oluk, S. (2007). İlköğretim fen bilgisi derslerinde kullanılan soruların Piaget ve Bloom taksonomisine göre analizi. *D.Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8, 61-68.
- Özden, M. (2007). 2006 Öğrenci Seçme Sınavı (ÖSS) kimya sorularının kapsam ve düzey yönünden değerlendirilmesi. *D.Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9, 84-92.
- Özmen, H. (2005). 1990-2005 ÖSS sınavlarındaki kimya sorularının konu alanlarına ve Bloom taksonomisine göre incelenmesi, *Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 21, 187 – 199.
- Rudolph, J. L. & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), 1069-1089.
- Salmon, W.C. (1984). *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Salmon, W.C. (1989). *Four decades of scientific explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Salmon, W. C. (1998). *Causality and explanation*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Sandoval, W.A. & Reiser, B.J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88 (3), 345-372.

- Smith, K.J. & Metz, P.A. (1996). Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. *Journal of Chemical Education*, 73, 233-235.
- Strevens, M. (2006). Scientific explanation. M. Borchert (Ed.), *Encyclopedia of Philosophy*, second edition. Macmillan Reference USA, Detroit.
- Toulmin, S. (2003). *The uses of argument*. (Updated Edition) UK: Cambridge University Press.
- URL1.http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5549b627d717c6.74311777 adresinden 03.05.2015 tarihinde edinilmiştir.
- Van Fraassen, B.C. (1980). *The scientific image*. Oxford, England: Clarendon.
- Yaman, F. (2012). Bilgisayara dayalı tahmin-gözlem-açıklama (TGA) etkinliklerinin öğrencilerin asit-baz kimyasına yönelik kavramsal anlamalarına etkisi: Türkiye ve ABD örneği, Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Yaman, S. ve Yalçın, N. (2005). Fen bilgisi öğretiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımının yaratıcı düşünme becerisine etkisi. *İlköğretim Online*, 4 (1), 42-52.
- Yaşar, Ş. (1998). Çağdaş Bilim Anlayışı. G. Can, (Ed.). *Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan içinde* (s. 153-160). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- Yıldırım, A., İlhan, N., Şekerci, A.R. ve Sözbilir, M. (2014). Fen Ve Teknoloji Öğretmenlerinin Eğitim Araştırmalarını Takip Etme, Anlama ve Uygulamalarda Kullanma Düzeyleri: Erzurum ve Erzurum Örneği. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 22(1), 81-100.

SUMMARY

The study pointed to the diversity in definitions of and attempted to review a number of theoretical frameworks on scientific explanation. It specifically focused on such models as Deductive-nomological explanation model, Statistical/probabilistic explanation model, Causal model, Pragmatics model, Explanatory unification model, and Evidence-based model. First of all, the deductive-nomological explanation involves laws that are deductively linked to one another. To illustrate, if the neck of a balloon is stretched over the mouth of a plastic bottle and dipped in a pot of hot water, after a few seconds, the balloon starts to expand. How could this happening be explained? According to Hempel (1965), the explanation must involve explanans and explanandum. At the beginning, there was air in the bottle at room temperature (Explanan 1). Dipping the bottle into hot water caused the temperature of the bottle to increase (Explanan 2). This caused the temperature of the air inside to increase (Explanan 3). This caused the air pressure to increase (Explanan 4) and this eventually led the balloon to expand (Explanandum). The explanation therefore involves a number of laws that are linked to one another. On the other hand, statistical/probabilistic explanation model (Hempel, 1962) utilizes an inductive approach. For instance, in explaining risk of developing cancer in a town, a statistical data is required. The data on the number of people that developed cancer in different years could help us make a scientific explanation. The explanation is hence created in an inductive way through collecting data at different points of time and reaching a probabilistic conclusion. Third, causal model of explanation (Salmon, 1984) involves cause and effect relationships. To illustrate, an earthenware pot keeps water cool. How could this happening be explained? Because of being made of clay, the pot is permeable. This causes a small amount of water to leak out through the walls of the pot. This causes a thin layer of water to form on the surface. The water molecules in the layer takes up heat and evaporates off the pot. This results in a decrease in the average kinetic energy of the molecules remaining in the liquid leading the pot to keep the water inside cool. The explanation hence involved links depicting cause and effect relationships. Fourth, pragmatics model (van Franssen, 1980) involves explanations that are evaluated locally. Attributes are negotiated and deemed acceptable by students in discussion (Braaten ve Windschitl, 2011). To illustrate, when a science teacher talk about water cycle and ask students, 'Why do water molecules move from lakes to atmosphere and clouds?' One student replies, 'Because in order for plants and animals to survive, water must move in the way it does'. This explanation could be found acceptable. The final one is evidence-based model (McNeill & Krajcik, 2008). It involves a claim providing an explanation, evidence collected through experimentation and reasoning describing how and why evidence supports the claim. To illustrate, an explanation of why two samples of liquids are the same substance includes claim, evidence and reasoning. *The two liquids are the same substances (claim). After their density, boiling and melting point were experimentally checked, it was seen the values were equal (evidence). Because these are distinctive properties,*

unique to a particular substance, the substances must be identical (reasoning). However, in the literature, the use of such terms as scientific explanation, description and argument are often confused. For instance, explaining the formation of water droplets outer the surface of a glass containing a mixture of water and ice cubes might involve a description, which is *the water inside the glass has a lower temperature than that of the room and there is a water layer on the surface.* It might also involve an explanation elucidating the linkage amongst heat transfer, the kinetic energy of water molecules, and the glass. Further to that, the term argument differs from that of explanation (Mayes, 2010). To Mayes, there are two differences; that are, kind of question and kind of support. To illustrate, one claims that global warming really exists. Against this claim, you might ask, 'How do you know?'. This is a request for evidence. The one must provide an evidence supporting this climate change. Evidence therefore becomes a kind of reason for the conclusion. A long term data on sea level rise or global temperature rise might be required. This type of respond is an argument. On the other hand, if you ask, 'How did it happen?', you actually search for a reason. This is a request for cause. The one must provide a cause supporting the happening. For instance, *Burning fossil fuels causes global warming.* This type of respond is an explanation.