

HİKÂYELER VE KİMYA ÖĞRETİMİ

STORYLINES AND CHEMISTRY TEACHING

Hülya DEMİRCİOĞLU*, Gökhan DEMİRCİOĞLU**, Alipaşa AYAS***

ÖZET: Son yıllarda birçok eğitimci ve araştırmacı, bilginin yapısından ziyade öğrencilerin öğrenmeye karşı istekli olmalarına daha fazla vurgu yapmaktadırlar. Bu nedenle, öğrenme ortamları düzenlenirken, öğrencilerin öğrenmeye karşı olan isteklilikleri dikkate alınmalıdır. Öğrencileri istekli tutmanın en kolay yolu, ilgili konuları günlük hayatla ilişkilendirmektir. Kimya öğretiminde büyük ilgi görmeye başlayan hikâye tarzının amacı da, günlük yaşamla ilişki kurmak, fen bilimlerinin içerisine sosyal ve teknolojik yapıyı iyice yerleştirmek, günlük durumlarda bilimsel kavramların sunumu ile öğrencilerin fen bilimlerine yönelik tutum ve hayranlıklarının gelişmesine yardımcı olmak ve bilimsel okur-yazarlar yetiştirmektir. Bu yaklaşım, öğrencilerin öğrenmelerini anlamlı hale getirmelerine ve fen kavramlarını geliştirmelerine yardımcı olmak için aktif katılımlarına fırsat vermektedir. Bu öğretim materyalleri öğrencilerin kendi öğrenmelerinde daha fazla sorumluluk almalarına da katkıda bulunmaktadır. Bu makalede, hikâyelere dayalı öğretim programının amaçları, açıklayıcı hikâyeler ve kimyasal hikâyelerin öğrenme ortamında kullanımı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Toplanan veriler ışığında kimyasal hikâyelerin öğrencilerin öğrenmeye karşı istekliliklerini arttırdığı ve anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirdiği söylenebilir.

Anahtar Sözcükler: hikâyeler, kimya öğretimi, öğretim programı

ABSTRACT: Recently, most educators and researchers have emphasized students' willingness toward learning more than structure of knowledge. For this reason, it should be taken into consideration students' willingness toward when learning environment was arranged. The easiest way to make students willing is to relate the topics to everyday life. The aim of storylines which arouse interest in chemistry education is to get in touch with daily life, to embed science content in a social and technological context and to link it with the everyday world, to help to promote students' enthusiasm and motivation for science and to train scientifically literacy. This approach is provided students' active participation in order to help to learn meaningful and develop their science concepts. These materials also contribute to take more responsibility on their own learning of the students. In this article, it was given information about the usage of stories in the chemistry education, the objectives of the teaching program based on the storylines, the usage of explanatory stories and chemical storylines in learning environment. In the light of the data collected, it could be said that the chemical storylines increase students' willingness forward learning and help meaningful learning.

Keywords: storylines, chemistry teaching, teaching program

1. GİRİŞ

Yapılan çalışmalar, öğrencilerin çevrelerindeki gerçek dünya olaylarıyla ilgili çeşitli fikir ve inançlarla fen sınıflarına geldiklerini ve bunların sıklıkla bilimsel çevrelerce kabul edilenlerden farklı olduklarını ortaya koymaktadır (Abraham, Grzybowski, Renner & Marek, 1992; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson 1994; Ayas & Demirbaş, 1997; Ayas & Demircioğlu, 2002; Demircioğlu, 2002; Demircioğlu, Demircioğlu & Ayas, 2004). Bu fikir ve inançların sıradan ya da geleneksel öğretim yöntemleriyle değiştirilmeye karşı dirençli oldukları (Osborne & Cosgrove, 1983; Osborne & Freyberg, 1985; Guzzetti, 2000) ifade edilmektedir. Bu durum, geleneksel olarak yürütülen öğretim faaliyetlerinin öğrencilerin tam bir anlama elde etmesinde yeterli olmadığını göstermektedir. Son yıllarda oldukça fazla kabul gören Yapılandırmacı (Constructivist) Öğrenme Kuramına göre, öğrenme, bireyin çevresiyle birebir etkileşimi sonucu bilgiyi kendi zihninde yapı-

* Arş. Gör., KTÜ Fatih Eğt. Fak. OFMAE. Bölümü Kimya Eğt. ABD, hulyadem76@yahoo.com

** Yrd. Doç. Dr., KTÜ Fatih Eğt. Fak. OFMAE. Bölümü Kimya Eğt. ABD, gdemir@ktu.edu.tr

*** Prof. Dr., KTÜ Fatih Eğt. Fak. OFMAE. Bölümü Kimya Eğt. ABD, ayas@ktu.edu.tr

landırmasıyla gerçekleşmektedir (Baker & Piburn, 1997; Brooks & Brooks, 1999). Her öğrenci yeteneği ve tecrübesi doğrultusunda bilgisini ve kavramlarını kendisi oluşturduğu için, öğrencinin mevcut bilgi birikiminin yeni bilgiye veya uyarımlara anlam vermede çok önemli olduğu vurgulanmaktadır (Wittrock, 1974; Duffy & Jonassen, 1991). Ayrıca son yıllarda birçok eğitimci ve araştırmacı, bilginin yapısından ziyade, öğrencileri öğrenmelerinden sorumlu bireyler haline getirmek için motive etmeye ve onları öğrenmeye karşı istekli hale getirmeye de çok fazla vurgu yapmaktadırlar. Bu nedenle, öğrenme ortamları düzenlenirken, sadece öğrencilerin ön bilgileri değil, aynı zamanda öğrencilerin öğrenmeye karşı olan isteklilikleri de dikkate alınmalıdır. Öğrencilerin fen kavramlarını geliştirmelerine yardımcı olmak için, aktif katılımlarını sağlayan, çevrelerindeki feni anlatan ve fene karşı ilgilerini arttıran alternatif öğretim materyalleri kullanılmalıdır. Ayrıca mevcut bilginin eğitim programlarına eklenmesinden ziyade, alanın temel kavramlarının öğrenciye aktarılması, öğrencinin ihtiyaç duyabileceği bilgiye erişme yollarını içeren ve öğrencilerin kendi öğrenmeleri için daha fazla sorumluluk alacakları programların hazırlanması ve geliştirilmesi yoluna gidilmelidir.

Fen bilimleri, özellikle kimya, çok soyut fikirler içerdiği için öğrenciler tarafından anlaşılması zor bir disiplin olarak görülmektedir (Kee & McGovan, 1998; Reid, 2000). Bu anlayıştan dolayı, öğrenciler kimyanın toplumun gelişimine katkısını görmede başarısız olmaktadır. Oysa kimya, öğrencileri kariyerlerine hazırlamak için okullarda verilmesi gereken bir ders olmasının yanı sıra, içinde buldukları dünyayı anlamaları için onlara yardımcı olan zevkli bir alandır. Teorik olarak öğrenilen kimya kavramlarının yorumu, günlük yaşamda merak edilen olay ya da durumların çoğunu açıklamaktadır (TPSI, 1991). Ancak, okullarımızda maalesef kavramların günlük hayattaki olaylarla ilişkisi üzerinde yeterince durulmamaktadır. Öğrenilen kavramlar, teoriden ileri gitmeyince, sınav için ezberlenilmesi gereken soyut ifadeler olarak kalmaktadırlar. Bu nedenle, öğrencilerin öğrenmelerini anlamlı hale getirecek, çalışılan kavramları günlük hayattaki karşılıkları ile ele alan farklı öğretim materyallerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Fen bilimleri, yaşadığımız dünya ve kendi hakkımızdaki önemli ve ilginç olaylar ve buluşlarla ilgili hikâyelere sahiptir. Bu hikâyeler kültürümüze çok büyük katkılarda bulunmaktadır. Öğrenciler, ortak kültürümüzün merkezi bir parçasını oluşturan fikir ve bakış açılarını içeren bu hikâyeler aracılığıyla tecrübe kazanarak, önemli yetenekler ve anlamalar geliştirebilirler. Bilimsel anlamda karşılaşılan her problemin çözümüne yönelik olarak yapılan çalışmalar hikâyeleştirilerek mevcut programlarda yer alan ilişkili kavramların öğretiminde kullanılabilir. Örneğin fen bilimleri, “Hastalıklara nasıl yakalanırız?”, “Dünya kaç yaşındadır ve nasıl oluşmuştur?”, “Periyodik tablo nasıl oluşturulmuştur?”, “Dünya üzerinde yaşayanların çeşitliliği nereden gelmektedir?”, “Madde nedir ve bilim adamları madde hakkında bu kadar çok şeyi nasıl öğrenmişlerdir?” gibi sorulara yanıt olarak bir hikâyeye sahiptir. Bu hikâyeler, çocukların ilgisini çeken ve onları çalışmaya sevk eden özelliklere sahiptirler. Bu nedenle, içerdikleri kavramların öğretiminde kullanılmaları son derece faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu tür hikâyeler, ilişkili ve tutarlı fikirler oluşturan, bilgileri anlamlı ve hatırlanmaya değer kılan, bilgi içeriğinin sunumunda önemli avantajları olan araçlardır (Millar & Osborne, 1998; Banister & Ryan, 2001).

Kimya öğretiminde önemli katkıları olduğu iddia edilen hikâyelere yönelik ulusal literatürde çalışmaya rastlanmaması ciddi bir eksiklik olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmanın bu alandaki boşluğu bir parça olsun doldurmak ve sonraki çalışmalara kaynak olması açısından orijinal olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada kimya eğitimi ile ilgili olarak yukarıda belirtilen sorunların bir kısmına çözüm olabileceği düşünülen yurtdışında uygulamaları olan hikâyelerle destekli fen öğretiminin mevcut durumu incelenerek, ülkemizde kullanımına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. HİKÂYELERE DAYALI ÖĞRETİM PROGRAMLARININ AMAÇLARI

Hikâyelere dayalı fen öğretim programının temel amacı, günlük kararlarını almada sahip oldukları bilgileri kullanabilen ve fen-teknoloji-toplumun birbirlerini ve diğer insanları nasıl etkilediğini bilen bilimsel okur-yazar bireyler yetiştirmektir (TPSI, 1991; Millar & Osborne, 1998). Ayrıca, öğretim programları, öğrencilerin fen hakkında basit gazete makaleleri okumalarına imkân vermek ve fen ile ilgili yeni gelişmeler hakkındaki TV programlarını takip etmek için yeterli bilimsel bilgi ve anlamayı sağlamalıdır. Bu durum, bireylerin daha sonraki kariyerlerinde, fen ya da teknolojiye dayalı yapacakları çalışmalara temel oluşturacaktır. Bütün bunlara dayanılarak hikâyelere dayalı fen öğretim programının amaçları daha ayrıntılı olarak şu şekilde sıralanabilir (Millar & Osborne, 1998, Millar, Osborne & Nott, 1998):

- Öğretim programı, öğrencilerin dünya hakkındaki meraklarını artırmalı, bu merakı devam ettirmeli ve hatta dünya hakkında araştırma yapmak için cesaretlendirmelidir.
- Öğretim programı, bireylerin bilimsel ve teknik konularla ilgilenmede kendilerine güven duymaları için fene karşı ilgi, hayranlık ve merak hislerini geliştirmeye çalışmalıdır.
- Öğretim programı, bireylere, kültürümüz ve çevremiz hakkında büyük bir etkiye sahip olan bilimsel araştırmaların süreçlerini anlamalarında, fenin açıklayıcı yapısı ve önemli fikirleri hakkında genel bir anlama elde etmelerine yardımcı olmasının yanı sıra,
 - bu fikirlerin niçin önemli olduğunu anlamalarında,
 - şimdiki ve daha sonraki yaşamlarında alacakları kararların altında yatan mantığın farkına varmalarında,
 - bilimsel bir unsurla ilgili konuların raporlarını eleştirel olarak cevaplayabilmeleri ve anlayabilmelerinde,
 - bir fen içerikli sorunlar hakkında kişisel bakış açısını ifade edebilmelerinde,
 - hem ilgileri hem de mesleki amaçları için gerektiğinde başka bilgileri elde edebilmelerinde de yardımcı olmalıdır.

3. AÇIKLAYICI HİKÂYELER

Açıklayıcı hikâyeler (explanatory stories), anlamlı ve gerçek yaşama dayalı bir öğrenim içeriğini oluşturmak için hikâyenin gücünü kullanmaktadır. Yani, bilimsel bilgiler, birçok açıklayıcı hikâyenin birleşimi olarak müfredatta sunulabilir. Bu hikâyeler, anlamının tek bir önerme ya da kavram olmadığını daha ziyade bir yapı oluşturan fikirlerin birbirleriyle ilişkili olan bir dizisi olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca hikâyeler detayların fazlalığı ile anlaşılmasız bir hale gelen öğretim programlarının temel fikirlerini ön plana çıkarır. Öğrenciler ve öğretmenler, konunun en önemli fikirlerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini daha açık bir şekilde görüp, birlikte daha etkili bir şekilde çalışabilirler (Millar & Osborne, 1998).

Fenle ilgili açıklayıcı hikâyeler kullanılarak, hayatımızda önemli yerler işgal eden ve hayatımızı kolaylaştıran araçların (telefon, radyo, televizyon gibi.) yapıları öğrencilere gösterilebilir. Bu sayede, öğrenciler fenin sunduğu açıklamalarla, teknoloji ve fen ürünlerinin nasıl çalıştıkları hakkında daha detaylı bilgiye sahip olabilir ve kendi yaşamları üzerindeki etkilerini daha iyi kavrayabilirler. Fenle ilgili hikâyeleri anlamak, günlük kararları yorumlamada bu anlamayı kullanmak ve araştırma yapabilmek için, öğrencilerin bu bilimsel yaklaşımı anlamaları gerekmektedir. Çünkü kimya sadece sınıf ortamı ve laboratuarda gerçekleşen bir bilim değildir. Eğer öğrenciler, kimyadaki bilgilerin soyut kavramlardan ibaret olmadığını, her bilginin günlük hayatta bir karşılığının olduğunu algıarlarsa, ona karşı ilgi ve tutumları artar (Demircioğlu, Demircioğlu, Kongur & Ayas,

2004). Bu durum öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştıracağı gibi, öğrenilen bilgilerin kalıcılığını da sağlayabilir. Örneğin, bazı fen içerikli güncel ve tarihsel olaylar, öğrencilerin bilimsel bilgiyi gerçek dünya durumlarına uygulamanın karmaşıklığını ve kanıt ile açıklama arasındaki karmaşık ilişkileri anlamalarına katkıda bulunabilir.

Doğa olaylarına yönelik araştırmalarında da kimya bilimi bize, bütün maddelerin küçük taneciklerden nasıl oluştuğu, yeni maddeler oluşturmak üzere giren maddelerin tanecikleri yeniden düzenlendiği için kimyasal reaksiyonların modeli, tanecikler arasındaki farklı bağlanma çeşitleri ve farklı türdeki maddelerin çok farklı davranışlarını açıklama, konularında mikroskobik seviyede önemli açıklayıcı hikâyeler vermektedir.

4. HİKÂYELERİN YARARLARI

Fen bilimleri eğitiminde ayrıntılar üzerine odaklanıldığında, fenin asıl ifade etmek istediği ana fikirler öğrenciler tarafından idrak edilememektedir. Çünkü çok fazla bilgi cesaret kırıcıdır ve bilgiyi değersiz hale getirir. Bu nedenle, fen eğitiminde temel kavramları ve kavramlar arası ilişkileri hikâyemsi bir tarzda işleyen hikâye formu kullanılmalıdır. Literatürde de fen bilimleri eğitiminde hikâyelerin kullanılmasının güçlü bir öğretim şekli olduğu savunulmaktadır (Fensham, 2001; Bannister & Ryan, 2001).

York Üniversitesi Fen Bilimleri Eğitimi Grubu tarafından geliştirilen, İngiltere'deki kolejlerde ve okullarda denemeleri yapılan kimya kursunun (SAC) (Burton ve diğerleri, 2000a, 2000b) içeriği, sunulan hikâyeleri anlamlandırmak için gerekli olan kimyasal ilkelerin bu çerçevede ele alınmasına ek olarak dünyada kimyanın nasıl kullanıldığı hikâyesine dayanmaktadır. Bu kurs fen-teknoloji-toplum mantığına uygun olarak yürütülmektedir. Kurs içerisinde ele alınan konu ya da konular daha fazla kavramsal ve toplumsal ağırlıklı olarak çalışmaktadır. Bu şekilde öğrencilerin fenin doğasını daha gerçekçi bir şekilde anlamaları, etkili fen okuryazarı olmaları ve daha motive olmuş bir halde feni çalışmaları amaçlamaktadır (Hughes, 2000). Bu kurs üç önemli bölümden oluşmaktadır (Pilling & Waddington, 2004; TPSI, 1991; Barker & Millar, 1999; Hughes, 2000; Pilling, Holman & Waddington, 2001): **a. Kimyasal Hikâyeler** (Chemical Storylines), kimyanın içeriğini sağlamaktadır. Yaşanmış olaylardan esinlenerek ya da tamamıyla uydurularak oluşturulabilirler. Hikâyeyi ortaya çıkarmak ve hikâyenin anlaşılmasını desteklemek için yeri geldikçe hikâye içerisinde ilişkili kimyasal kavramlar sunulmaktadır. **b. Kimyasal Fikirler** (Chemical Ideas), kimyasal hikâyelerin arkasında yatan ilkeleri, soyut teorileri ve teorik bilgiyi açıklamaktadır. **c. Etkinlikler ve Değerlendirme Paketi** (Activities and Assessment Pack), öğrenimlerinde öğrencileri desteklemektedir. Etkinlikler, çeşitli öğretim stratejilerinin kullanımı, bireysel laboratuvar çalışmaları, küçük grup tartışmaları, sınıf tartışmaları, model yapma (modelling), kelime işlemcileri (word-processing), çalışma yapıları (spreadsheets), veri yükleme (data-logging), sunu hazırlama ve sunma, veri işleme (data handling) şeklinde ünite boyunca yeri geldikçe yapılmaktadır (Pilling & Waddington, 2004; TPSI, 1991).

Buradan anlaşılacağı gibi hikâyeler, bu öğretim yaklaşımının sadece bir bölümünü oluşturmaktadır. Hikâye tarzı öğretim programına dahil edildiğinde elde edilebilecek faydalar şu şekilde sıralanmaktadır (TPSI, 1991):

- Fen kavramlarının öğrenimine öğrencileri teşvik etmede çok etkilidir.
- Gerçek dünyayı fen öğretiminin bir parçası yapmak için yardım etmektedir.
- Fene karşı genel ilgiyi arttırmaktadır.
- Kavramlar, bireyler için yararlı olarak görülmektedir.
- Öğrenciler sosyal konuları anlarlar.

- Öğrenciler kavramların birbirleriyle olan ilişkilerini gördükçe kavramları akılda tutma süreleri artmaktadır.
- Öğrenciler kendi çabaları ile çalışmalarını yapmada daha fazla özgürlük sağlayan bu öğretim materyalleri sayesinde daha fazla sorumluluk almaktadırlar (Pilling & Waddington, 2004; Pilling, Holman & Waddington, 2001).

Hikâyelerin önemli bir avantajı, öğrencilerin aktör olarak hikâyenin bir parçası olabilmeleri ya da hikâyeye anlatmaya yardım edebilmeleridir. Bu açıdan hikâyeler, özellikle motivasyonu düşük öğrencilerin ilgisini arttırabilirler (Barry ve diğerleri, 2005). Yukarıda da belirtildiği gibi hikâyelere ilave olarak öğrenciler gerek grup olarak gerekse bireysel olarak çeşitli etkinlikler yapmaktadırlar. Özellikle bireysel olarak yürütülen etkinlikler, pratik becerilerin gelişmesi için öğrencilere mükemmel bir fırsat sağlamaktadır. Bu sayede öğrenciler, bilgi teknolojisi ve iletişimde yetenekler geliştirmek için özgüven geliştirirler. Örneğin, Kimyasal Hikâyeler isimli kitaptaki “Yakıtların Gelişimi (Developing fuels)” ünitesindeki etkinlik öğrencilerin sözlü iletişim yeteneklerini geliştirmelerine yardım etmektedir. Öğrenciler gruplar halinde çalışmakta ve her grup gelecekte arabalar için yakıt olarak petrole bir alternatif belirlemektedirler. Verilen yakıtlar hidrojen, sıvı petrol, gaz ve alkol v.s. içerebilir. Öğrenciler alternatif yakıtlar hakkında bilgi bulmak için birlikte çalışmakta ve daha sonra sınıfın geri kalanına çalışmalarını ile ilgili sunum yapmaktadırlar. Farklı alternatiflerin birbirlerine göre karşılaştırılmalarını içeren tartışmalar da yapılmaktadır.

5. KİMYASAL HİKÂYELERİN ÖĞRENME ORTAMINDA KULLANIMI

Fen bilimlerinin doğasını anlama, fen bilimleri eğitiminin önemli bir amacı ve fen okuryazarlığının ana unsurudur (Tao, 2003). Bu nedenle, öğrencilerin fen bilimleri ile ilgilenmelerini sağlamak yani fene karşı ilgilerini çekmek amacıyla içerik boyunca etkili hikâyeye anlatma yöntemi kullanılmaktadır (Barry ve diğerleri, 2005; Burton ve diğerleri, 2000a). Hikâyeye anlatma iletişimin en eski aracı olarak fen bilimleri eğitime katkıda bulunabilir. Bir hikâyeye, öğrenmek ya da iletişim kurmak istediğimiz herhangi bir şey için bir metot olarak tanımlandığında çok güçlü olabilir. İmajlarla anlatılan hikâyeler öğrenme için oldukça etkili yollar oluşturabilir. Hikâyeye geliştirme yoluyla öğrenciler keşfettikleri için kavramları anlamaları artar. Fenle ilgili bilgileri ve olayları öğrenmeyi daha zevkli ve istenilir hale getirmek, öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları olaylara yorum getirebilme ve çözüm bulma heyecanına katkıda bulunmak için bu gibi etkinlikleri derslerimize adapte edebiliriz.

Konu ile ilgili kimyasal kavramları, verilen hikâyeden bulup ortaya çıkarma yolu, bu yaklaşımın en önemli noktasıdır. Öğrenciler, hikâyeyi anlamlaştırmak için hikâyede geçen kavram ya da kavramlara ihtiyaç duyacaklarından ilk olarak onları belirlerler. İkinci olarak, anahtar kavramlar kurs süresince tekrar tekrar görülmekte, üniteden üniteye yeniden gözden geçirilmekte ve yeni hikâyelerle ilişkili olanlar kullanılarak pratik yapılmaktadır. Üçüncü olarak, öğrenciler konuyla ilgili çeşitli etkinlikler (laboratuvar çalışmaları, küçük grup tartışmaları, sınıf tartışmaları, çalışma yaprakları, sunu hazırlama ve sunma gibi) gerçekleştirmektedirler. Ayrıca öğrencilere fen bilimlerinde insanların çabalarını, heyecanlarını ve düş kırıklıklarını takdir etmek için de bir fırsat verilmektedir (Pilling & Waddington, 2004).

Periyodik cetvel konusu ile ilgili olarak makalenin birinci yazarı tarafından hazırlanan iki kimyasal hikâyeye örneği aşağıda verilmiştir. Bu hikâyeler oluşturulurken Vlasov & Trifonov (2003)'un 107 Kimya Öyküsü Kitabı'ndan yararlanılmıştır.

Örnek Hikâye 1: Kimyanın Alfabetesi: Periyodik Cetvel

Harfler olmadan sözcükler, sözcükler olmadan cümleler, cümleler olmadan da konuşma olmaz. Bu yüzden bir dili çalışmaya alfabeyle öğrenerek başlarız. Her alfabe iki tür harften oluşur: sesliler ve sessizler. Harfler olmasaydı insan konuşması parça parça olurdu... Konuşmayı yeni öğrenen bir çocuk gibi.

Doğa da bizimle kimyasal bileşiklerin dili ile konuşur. O zaman doğayı anlamak ve ona cevap verebilmek için bileşiklerin dilini öğrenmemiz gerekir. Bu bileşiklerin her biri kimyasal harflerden ya da yeryüzünde var olan elementlerden oluşur. Bu tür sözcüklerin sayısı üç milyonu aşar, oysa kimyasal alfabede yalnızca 110 kadar harf vardır. Bu alfabede de bizim alfabemizde olduğu gibi sesliler (ametaller) ve sessizler (metaller) bulunur.

Kimyasal elementler uzun bir süreden beri iki gruba ayrılmaktadır: **Ametaller ve metaller**. Tıpkı insan dilinde seslilerin sessizlerden daha az olması gibi ametallerin sayısı da metallere daha azdır. Aralarındaki oran basketbol çetelesini anımsatır - 21: 83....

İnsan dilinde yalnızca seslilerin birleşmesi ile ender olarak anlamlı bir hece oluşur. Çoğunlukla anlamsız bir ses çıkar. Kimya dilinde yalnızca seslilerin (ametallerin) birleşmesine daha sık rastlanır. Oluşan hecelerde hiç de öyle anlamsız değildir. Yeryüzündeki tüm canlılar varlıklarını ametallerin birbirleri ile oluşturdukları bu anlamlı bileşiklere borçludurlar.

Bilim adamlarının karbon, azot, oksijen ve hidrojenle oluşan dört temel ametale **organojenler** demeleri boşuna değildir. Organojenler, organik yaşamın kaynağı olan maddeler anlamına gelir. Bunlara fosfor ve kükürdü de eklersek, bu altı yapı taşı proteinlerin, hidrokarbonların, yağ ve vitaminlerin kısacası, tüm yaşamsal önemdeki kimyasal bileşiklerin yapımında doğanın kullandığı madde dizisini tamamlamaktadır.

Oksijen ve silikon isimli iki ametal (kimyasal alfabenin iki seslisi) birleşerek kimya dilinde SiO₂ şeklinde yazılan ve silisyum dioksit olarak okunan bir madde oluştururlar. Bu madde yeryüzünün en önemli temel maddesidir. Tüm kayaların ve minerallerin dağılmasını önleyen bir tür çimentodur.

Sesliler listesine eklenecek pek fazla bir madde kalmadı. Halojenler, sıfır grubunun az bulunur gazları (Helyum ve kardeşleri) ve çok iyi tanınmayan üç element boron, selenyum ve telluriyum ile liste tamamlanır.

Ancak yeryüzündeki tüm canlı varlıkların yalnızca ametallerden oluştuğunu söylemek yanlış olacaktır. Bilim adamları insan yapısında yetmiş farklı kimyasal elementten fazlasını saptamışlardır: Tüm ametaller ve uranyum da dahil olmak üzere radyoaktif elementlerden demire kadar çok sayıda metal.

Kimyacılar, periyodik sistemde niçin ametaller ve metaller gibi iki farklı grup olduğuyla ilgilendirir. Bu gruplar birbirlerinden çok farklı elementler içerir, ancak yine de aralarında bazı benzerlikler vardır.

Peki, sizce periyodik sistemde neden iki farklı grup vardır ve bu gruplar arasındaki benzerlikler ya da farklılıklar nelerdir?

Örnek Hikâye 2: İki Yüzlü Element

Yine bir kimya dersinde öğretmen Ali'ye sorar: "Söyle bakalım Ali. Hidrojen periyodik cetvelin hangi grubunda yer alır?"

Ali: "Birincide öğretmenim. Çünkü hidrojen atomunun yalnızca bir elektron kabuğu vardır ve bu grupta yer alan alkali metaller gibi (ışıklı periyodik cetveldeki alkali metaller gösterilerek) bu kabukta sadece bir elektronu bulunur. Hidrojende onlar gibi kimyasal bileşiklerinde artı yük taşır. Sonuçta hidrojen bazı metallerin tuzlarından ayrılmasını sağlayabilir." diye yanıtlar.

Öğretmen: "Peki, bu doğru mudur? Hidrojen ile alkali metallerin ortak noktası nedir?" diye sorar. Sınıfta bir sessizlik oluşur. Sonra öğretmen anlatmaya devam eder: "Evet, ama bu yarı yarıya doğrudur. Hidrojen ile alkali metallerin ortak noktası yalnızca (+1) yüklü oluşlarıdır. Aradaki benzerlik yalnızca dış elektron kabuklarının benzer bir düzen içinde oluşudur. Bunun dışında hiçbir benzerlik göstermezler. Hidrojen gaz halinde bulunur ve bir ametaldir. Ayrıca hidrojen iki atomlu bir moleküldür. İlk grubun diğer elementleri ise metaldir ve bir kimyasal tepkimede yer alabilen en aktif metaller onlardır. Hidrojen biricik elektronunu vererek bir alkali metal kılıfına girmeye çalışır. Ancak gerçekte kuzu postuna bürünmüş bir kurt gibidir.

Periyodik sistemin grup ve alt gruplarını oluşturmak üzere aynı soydan elementler Büyük Ev’de üst üste yerleştirilmişlerdir (ışıklı periyodik cetvel gösterilir). Bu yasa Büyük Ev’in tüm sakinleri için geçerlidir. 1. grupta yer almakla H bu yasayı kaçınılmaz olarak çiğnemektedir.

Ancak zavallı hidrojen nereye gidebilirdi ki? Hepsi hepsi dokuz grup, dokuz basamak vardı Büyük Ev’de. Hidrojenin kapı komşusu olan Helyum sekizinci grupta kendine yer bulabilmişti. Bakalım birinci katta hidrojene gerçekten “güneşli bir oda” bulunabilecek miydi? Berilyumla başlayan toprak alkali metallerin bulunduğu ikinci grupta onu misafir etmek olanaksız mıydı? Hayır, onlar hidrojene kesinlikle yakınlık duymuyorlardı. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı gruplarda onunla birlikte olmayı reddediyorlardı. Peki, ya yedinci grup? Durun! Flor, klor ve brom gibi elementleri içeren bu grup (ışıklı periyodik cetvel gösterilerek) hidrojene dostça el uzatmaya hazır görünüyor.

Flor hidrojene sorar:

“Ametal misin?”

“Evet!” der hidrojen.

“Gaz mısın?”

“Evet, öyle”

“Biz de” der flor, kloru da katarak.

Hidrojen: “Benim molekülüm iki atomdan oluşur!” diyerek söze karışır.

“Bak sen daha neler!” der flor şaşkınlık içinde. “Tıpkı bizim gibi. Pekâlâ, dışarıdan elektron aldığında (-) değerlik gösterir misin? Biz bu işi yapmaktan çok hoşlanıyoruz”

Hidrojen: “Tabii ben de. Bana hiç benzemeyen alkali metalleri ile hidridler olarak bilinen hidrojen bileşiklerini oluştururum ve bu bileşiklerde değerliğim (-1)’ dir.”

Flor: “Pekâlâ, o halde bizimle kalabilirsin. Haydi, arkadaş olalım” der.

Ve böylece hidrojen yedinci gruptaki yerini alır. Ancak bu uzun sürmez. Hidrojenin yeni ilişkisini öğrenen biraz daha iyi bir halojen düş kırıklığı içinde şöyle söyler:

“ Bak kardeşim, senin dış kabuğunda fazla elektronun yokmuş gibi görünüyor, öyle değil mi? Gerçeği söylemek gerekirse yalnızca bir tane... Sen birinci grupta toplananlara benziyorsun. Alkali metallerin yanına dönersen daha iyi olmaz mı?”

Hidrojenin içine düştüğü durumun güçlüğüne düşünün. Pek çok oda var olduğu halde tüm haklarını kullanarak hiç birinde kalıcı olamıyor.

Ama niçin? Hidrojenin bu şaşkıncu ikiyüzlülüğünün nedeni nedir? Hidrojeni böyle garip davranmaya iten nedir?

Öğrenme ortamında kullanılan hikâyeler resimlerle daha da görsel hale getirilebilir. Uygulama aşamasında, derslerde hikâyeler öğretmen tarafından anlatılmaktadır. Hikâyeler anlatılırken aynı zamanda projeksiyon yardımıyla tüm sınıfın görmesi sağlanabilir. Hikâye anlatılırken bir periyodik cetvel modeli de kullanılabilir. Anlatım sırasında hikâyede adı geçen gruplar ve elementler periyodik cetvel üzerinde gösterilerek görsel hale getirilebilir. Yukarıdaki ikinci hikâye ile 1A grubu metallerinin özellikleri ve hidrojenin bir ametal olarak niçin bu grupta yer aldığı açıklanmaya çalışılmıştır. İlk olarak, öğrencilerden hikâyenin sonunda yer alan sorular hakkında fikirleri alınmakta ve sınıfça soruları tartışmaları sağlanmaktadır. Yapılan tartışmalar hem sınıf hem de grup tartışmalarını içerebilir. Daha sonra öğrenciler hikâyeyi anlamlaştırmak için hikâyede geçen anahtar kavramları belirlemektedirler. Sonra bu kavramlarla ilgili etkinlikler (kelime eşleştirme, bulmaca, animasyon vb.) gerçekleştirilmekte ve eksik kalan kısımlar öğretmen tarafından yapılan açıklamalarla tamamlanmaktadır. Bunun yanı sıra, öğrenciler periyodik cetvelin tarihsel gelişimi, periyodik cetvelde yer alan elementlerin kullanım alanları, resimleri vb. gibi posterlerle ve görsel materyallerle zenginleştirilmiş çeşitli projeler hazırlayabilirler. İlgi duydukları, merak ettikleri konu ve soruları da sınıf ortamına getirip arkadaşları ile tartışabilir ve sunumlar yapabilirler.

6. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yurt dışında hikâyelere dayalı fen öğretiminin durumu ve bunların ülkemizdeki öğretim programlarına ve sınıf içi uygulamalara değerlendirilmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi, hikâyelere dayalı öğretim, gerek anlamlı öğrenme gerekse öğrenilenlerin kalıcılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Banister & Ryan, 2001; Fensham, 2001). Hikâyelerin öğretimde kullanılması yeni olmamakla birlikte, kimya öğretiminde farklı bir yaklaşımla kullanılmaya başlanmıştır. Hatta bu yaklaşıma dayalı ders kitapları (Burton ve diğerleri, 2000a; Burton ve diğerleri, 2000b) ve öğretim programları (Millar & Osborne, 1998; Millar, Osborne & Nott, 1998) geliştirilmiştir. Bu yeni anlayışta, hikâyeler, genellikle gerçek yaşamdan alınmaktadır. Ancak bazı durumlarda gerçek olmayan hikâyeler de kullanılmaktadır (Banister & Ryan, 2001). Hikâyelere dayalı öğretim daha çok öğrencilerin duyuşsal özelliklerine (tutum, his, duygu) hitap etmektedir. Bu yüzden, kimya öğretiminde hikâyelerin kullanılması, öğrencilerin kimya konu ve kavramları ile ilgili fikirlerini geliştirmek, ilgilerini konuya çekmek, hayal güçlerini harekete geçirmek ve kimya ile ilgili öğrendiklerini kolayca hatırlanabilir yapmak için tutumlarını, hislerini ve duygularını kullanmaları açısından heyecan verici ve etkili bir yöntemdir. Duyuşsal olarak öğrencileri harekete geçirdiğinden öğrenme daha anlamlı ve daha kalıcı olacaktır. Ramsden (1997) tarafından element, bileşik, karışım, kimyasal reaksiyonlarda kütle korunumu, kimyasal değişme ve periyodik tablo kavramlarının anlaşılmasına hikâyelerin nasıl etki ettiğinin belirlendiği bir çalışmada, hikâyelere dayalı öğretimin öğrencilerin bu temel kavramları öğrenmesinde etkili olduğu belirlendi. Ayrıca bu yaklaşımın öğrencilerin tutum ve davranışlarında belirgin bir şekilde pozitif yönde ilerlemeler sağladığı, hikâyelerin öğrenciler arasında oldukça ilgi gördüğü ve eğlenceli bulunduğu ortaya konmuştur. Aynı şekilde, Barker ve Millar (1999, 2000) tarafından, sırasıyla kütle korunumu ve kimyasal bağlarla ilgili, farklı yıllarda yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlara varılmıştır. Literatürde hikâye anlatmanın fen bilimlerinde etkili bir öğretim stratejisi olabileceği de belirtilmektedir (Banister & Ryan, 2001; Fensham, 2001). Öğrencilerin ve öğretmenlerin sahip oldukları fikirleri cesaretlendirmek, kapalı düzende onların dünya ile ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarmak, bir konudaki anlamalarını paylaşmak, hayal güçlerini canlandırmak ve anlamlı hale getirmek için de güçlü bir yol olabilir. Bu nedenle, eğitim sistemimizin en önemli problemlerinden biri olan ezberci eğitim anlayışının iyileştirilmesinde de faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu tarz çalışmalar, kimyanın içeriğini daha ilginç ve heyecan verici hale getirerek öğrencilerin temel kavramları anlamalarını kolaylaştırabilir.

Hikâyelere dayalı öğretimin sınıf içi uygulamaları, her öğretmenin kolaylıkla ve zevkle gerçekleştirebileceği türdendir. Bu yaklaşımın başlangıç noktası, öğrenme ortamında öğrencileri motive eden ve eğlendirici olan hikâyelerdir. Daha sonra hikâyenin içinde geçen kimyasal kavramların ortaya çıkarılması, hikâye ile öğrenilmesi istenen kavramların analiz edilmesi süreci gelmektedir. Bu süreç içerisinde konu ya da kavramla ilgili çeşitli etkinlikler (bireysel laboratuvar çalışmaları, küçük grup tartışmaları, sınıf tartışmaları, model yapma, kelime işlemcileri, çalışma yaprakları, veri yükleme, sunu hazırlama ve sunma, veri işleme, animasyon vb.) gerçekleştirilerek, kimyasal hikâyelerin arkasında yatan ilkeler, soyut teoriler ve teorik bilgi açıklanmaktadır. Bu sayede öğrenciler hikâyeleştirilmiş olarak kendisine sunulan, aslında gerçek yaşama ilişkin olan kavram ve olayları inceleme, analiz etme ve kendi düşünceleri ile açıklama fırsatı bulabilmektedirler. Bu çerçevede, bir birey olarak öğrenci, hem kendini ifade etme, hem de diğer arkadaşları ile tartışabilme imkânına sahip olmaktadır. Bu sayede, süreç içerisinde eksikliklerini gören birey bireysel araştırmalara yönelmektedir. Anlaşılacağı üzere, bu yaklaşım, öğrencilerin hem birbirleri hem de öğretmenleri ile etkileşimlerini arttırmaktadır. Aynı zamanda öğrencileri araştırma yapmaya ve kendi öğrenmesinden sorumlu olmaya teşvik etmektedir.

Hikâye anlatma, ilköğretim okullarında kabul gören bir etkinlik olmasına rağmen, farklı seviyelerdeki öğrenciler için de kullanılabilir (Banister & Ryan, 2001; Kee & McGovan, 1998). Bu yaklaşımın herkes için uygun olamamasının hiçbir nedeni yoktur (Pilling, Holman & Waddington, 2001). Bu yüzden, hikâye anlatma öğrencilerin fen kavramlarını geliştirme süresince alternatif bir deneyim olarak potansiyele sahiptir. Hikâyeler kolayca hafızaya alınabilmekte, çocukların neden ve etki zincirlerini birleştirmelerine yardım etmekte ve bu yüzden fen öğrenmelerini geliştirmektedir. Bunun yanı sıra, genel durum çocuklara daha kolay bir şekilde ifade edilmektedir. Çünkü hikâyeler sadece fen kavramları ile değil, aynı zamanda bilimsel soruşturma ile de uğraşır. Hikâye anlatma öğrencileri duygusal olarak aktif hale getirir. Bu yüzden öğrenciler için fen daha anlamlı hale gelir (Banister & Ryan, 2001). Bu nedenle, hikâyeler kullanılarak yapılan öğrenimin bilgileri anlamlı ve hatırlanmaya değer kılmasının yanında öğrencilerin kavram yanılgılarını bilimsel anlamalara dönüştürmede de etkili olacağı düşünülmektedir.

Şimdiki fen öğretim programları ile ilgili önemli zorluklardan biri, öğrencilerin ilgisini çeken etkinlik türlerinde yeterli çeşitliliğin olmamasıdır. Bu nedenle, öğretim programları yalnızca öğrenme etkinliklerini içermemeli, aynı zamanda öğrenme adımlarını da içermeli ve geleceğin fen öğretim programları daha fazla çeşitliliğe sahip olmalıdır. Kavramların listesi şeklinde olan herhangi bir fen öğretim programı içerik merkezli olmağa mecburdur. Bu yaklaşım, öğrencilere bilgiyi yorumlamada ve yerleştirmede, kanıtları değerlendirmede, kendi düşüncelerini oluşturmada, yazılı ve sözlü fikirlerini sunmada ve sonuçlarını savunmada, kendi yeteneklerini pratik etme ve öğrenmede fırsat sağlayacaktır. Fen bilimleri öğretiminde öykü biçimindeki ya da gerçek yaşam hikâyelerinin kullanılması son zamanlarda ilgi gördüğü için, fen hikâyelerine öğrencilerin nasıl tepki verdiğini ve hikâyelerin öğrencilerin öğrenmesi üzerindeki etkisini araştırmak fen bilimleri eğitimine yeni bir bakış kazandırmak açısından son derece önemlidir.

Son olarak, kimya fen bilimlerinin kalbidir ve yaşamımızın bir konusu olarak kimya göz ardı edilemez. Örneğin, büyük moleküllerin kimyası olmazsa, moleküler biyoloji olur mu? Kimya olmasaydı, arabalarımızdaki hava yastıkları nasıl olurdu? Bu yüzden, öğretmenler hatta öğretim elemanları, yeni kimya alanların bazılarını hesaba katmayan eski tanımlara bağlı kalmamalıdır. Öğrencilerin bilgi teknolojisi ve iletişimde yetenekler geliştirmeleri ve kimyaya karşı aktif bir şekilde büyük bir ilgi göstermeleri, kendi öğrenmelerini organize edebilmeleri ve hazıra alışmaksızın kendi kendilerine çalışmaya alışkın hale gelebilmeleri için bu tür materyaller kullanmaları tavsiye edilmektedir. Bu sayede öğrenciler hikâyeleştirilmiş olarak kendisine sunulan, aslında gerçek yaşama ilişkin olan kavram ve olayları inceleme, analiz etme ve kendi düşünceleri ile açıklama fırsatı bulabilecektir. Bu çerçevede, bir birey olarak öğrenci, hem kendini ifade etme, hem de diğer arkadaşları ile tartışabilme imkânına sahip olacaktır. Bu yaklaşımın okullarımızda benimsenmesinin bilgi aktarımına dayalı, ezberci anlayışı önemli ölçüde azaltacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W. & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (2), 105-120.
- Ayas, A. & Demirbaş, A. (1997). Turkish secondary students' conceptions of introductory chemistry concepts, *Journal of Chemical Education*, 74 (5), 518-521.
- Ayas, A. & Demircioğlu, G. (2002, May 8-10). Student teachers' understanding and misconceptions of acids, bases and salts in chemistry, First International Education Conference-2002 "Changing Times", Changing Needs, Eastern Mediterranean University, Gazimagusa, North Cyprus.
- Baker, D.R. & Piburn, M.D. (1997). *Constructing science in middle and secondary school classrooms*, USA: Allyn & Bacon.
- Banister, F. & Ryan, C. (2001). Developing science concepts through story-telling, *School Science Review*, 83 (302), 75-83.

- Barker, V. & Millar, R. (1999). Students' reasoning about chemical reactions: What changes occur during a context-based post-16 chemistry course?, *International Journal of Science Education*, 21 (6), 645-665.
- Barker, V. & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course?, *International Journal of Science Education*, 22 (11), 1171- 1200.
- Barry, A. M., Berry, D., Cunningham, S., Newton, J., Schweppe, M., Spalter, A., Whiteley, W. & Williams, R. (Edited by: Judith R. Brown). Visual learning for science and engineering, 06.01.2005 tarihinde www.siggraph.org/education/vl/vl.htm adresinden alınmıştır.
- Brooks, M.G. & Brooks, J.G. (1999). The constructivist classroom: The courage to be constructivist. *Educational Leadership*, 57 (3), 18-24.
- Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Lazonby, J. & Waddington, D. (2000a) *Salters' advanced chemistry chemical storylines* (second edition). Oxford: Heinemann.
- Burton, G., Holman, J., Pilling, G., Lazonby, J. & Waddington, D. (2000b) *Salters' advanced chemistry chemical ideas* (second edition). Oxford: Heinemann.
- Demircioğlu, H. (2002). *Sınıf öğretmen adaylarının bazı temel kimya kavramlarını anlama düzeyleri ve karşılaşılan yanlışlar*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G. & Ayas, A. (2004, Mayıs). Sınıf öğretmen adaylarının bazı kimya kavramlarını anlama düzeylerinin klinik mülakatlarla tespiti, *Ondokuzmayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, sayı:17, s. 53-66.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., Kongur, S. & Ayas, A. (2004, Eylül). Lise Öğrencilerinin Kütlenin Korunumu Kavramı İle İlgili Teorik ve Uygulama Bilgilerinin Karşılaştırılması, VI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*, London: Routledge.
- Duffy, T. M. & Jonassen, D. H. (1991). Constructivism: New implication for instructional technology?, *Educational Technology*, 2-11.
- Fensham, P. (2001, Jun.). Science as story: Science education by story, *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 2 (1), Foreword.
- Guzzetti, B. J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: What have we learned from over a decade of research, *Reading, Writing, Quarterly*, 16 (2), 89-95.
- Hughes, G. (2000). Marginalization of socio-scientific material in science-technology-society science curricula: some implications for gender inclusivity and curriculum reform, *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (5), 426- 440.
- Kee, T. P. & McGovan, P. M. (1998). Chemistry within; chemistry without, 10.12.2004 tarihinde <http://www.chem.vt.edu/confchem/1998/kee/kee.html> adresinden alınmıştır.
- Millar, R. & Osborne, J. (1998). Beyond 2000: Science education for the future, 08.03.2005 tarihinde <http://www.kcl.ac.uk/depsta/education/publications/be2000.pdf> adresinden alınmıştır.
- Millar, R., Osborne, J. & Nott, (1998). Science education for the future, *School Science Review*, 80 (291), 19-24.
- Osborne, R. J. & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water, *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 25-838.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implication of children's science*, Heinemann, London.
- Pilling, G., Holman, J. & Waddington, D. (2001, September). The Salters' experience, *Education in Chemistry*, 38 (5), 131-136
- Pilling, G. & Waddington, D. 15 Year's of Salter's Chemistry, 20.10.2004 tarihinde http://www.ul.ie/~childsp/CinA/Issue66/TOC06_Salter.htm adresinden alınmıştır.
- Ramsden, J. M. (1997). How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+?, *International Journal of Science Education*, 19 (6), 697-710.
- Reid, N. (2000). The presentation of chemistry logically driven or applications-led?, *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (3), 381-392.
- Tao, P. K. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories, *International Journal of Science Education*, 25 (2), 147-171.
- The Physical Sciences Initiative (TPSI). (1991). Social and applied aspects what is meant by "social and applied"?, 1-5, 10.12.2004 tarihinde www.psi-net.org/chemistry/s1/socialandapplied.pdf adresinden alınmıştır.
- Vlasov, L. & Trifonov, D. (2003). *107 Kimya öyküsü kitabı*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 17. Basım, İstanbul.
- Wittrock, M.C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11, 87-95.