

Kimyadaki Bazı Yaygın Yanlış Kavramalar

Some Common Misconceptions in Chemistry

Nurtaç CANPOLAT

*Atatürk Üniv. K.K. Eğitim Fakültesi, OFMA Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi ABD.
Erzurum-TÜRKİYE*

Tacettin PINARBAŞI

*Atatürk Üniv. K.K. Eğitim Fakültesi, OFMA Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi ABD.
Erzurum-TÜRKİYE*

Samih BAYRAKÇEKEN

*Atatürk Üniv. K.K. Eğitim Fakültesi, OFMA Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi ABD.
Erzurum-TÜRKİYE*

Ömer GEBAN

O.D.T.Ü. Eğitim Fakültesi OFMA Eğitimi Böl., Kimya Eğitimi ABD Ankara-TÜRKİYE

ÖZET

Kimya konularında geçen kavramların etkili bir şekilde öğretimi ve öğrenilmesi sürecinde, ilgili konularda öğrencilerin sahip olduğu yanlış kavramaların belirlenmesi, önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca, yanlış kavramaların ortaya çıkarılması, hem program geliştirecilerde hem de öğrencilerin kavramsal düzeyde öğrenmelerini sağlamak amacı ile onlara rehberlik eden öğretmenlere yardımcı olur. Öğrencilerin mevcut bilgilerinin ortaya çıkarılması, kavram öğretimine yönelik yapılan araştırmaların başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Çünkü, kavram öğretimine yönelik etkili bir programın oluşturulabilmesinde bu bilgiler büyük önem arz etmektedir. Sunulan çalışmada, kimyanın bazı temel konularında (elektrokimya, asit-baz ve maddenin tanecikli yapısı) öğrencilerin sahip olduğu yanlış kavramaların tespitine yönelik bir literatür araştırması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kavram yanılgısı, Kimya eğitimi, Elektrokimya, Asit-baz, Maddenin tanecikli yapısı.

ABSTRACT

Determining students' misconceptions in chemistry is important for an effective teaching and learning chemistry. In addition, this helps curriculum developers and teachers who guide students to induce meaningful learning. The starting point of the research relating to conceptual teaching is to determine students' prior concepts because this has an important effect in developing teaching programme for conceptual teaching. In the present study, a literature review was carried out to find out students' misconceptions in some chemistry subjects, such as electrochemistry, acid-base and particulate nature of matter.

Key words: Misconceptions, chemical education, electrochemistry, acid-base and particulate nature of matter.

1. Giriş

Bireyin bilgi yapısının temel elementleri olan kavramlar, soyut ve somut kavramlar olarak incelenebilir. Beher, alev, metal gibi kavramlar somut kavramlara örnek olarak verilebilir. Bu gibi kavramlar, kişinin kendi deneyimleri neticesinde gelişebilir. Soyut kavramlara örnek olarak da; atom, mol, kimyasal denge, yükseltgenme ve indirgenme kavramları verilebilir (Janiuk ve diğerleri, 1993). Soyut kavramların öğrenilmesi çok daha güç ve karmaşık bir süreç olmasından dolayı, kimya eğitimindeki çalışmalar, soyut kavramların öğrenciler tarafından öğrenilme yolları konusunda yoğunlaşmaktadır. Bu gibi çalışmaların amacı; öğrencilerin kimya bilgilerini varsa yanlış kavramları ve bunların sebeplerini belirlemek ve ayrıca kavramların etkili bir şekilde öğrenilmesi yolunda, uygun öğrenme şartlarını ve optimum öğrenme metotlarını belirlemektir. Optimum öğrenme süreci, bilginin elementleri olarak düşünülen kavramların birbirleri ile ilişkilendirilmesi ve bu kavramların organize edilmesini gerektirir. Bu amaca yönelik çalışmalar, öğrencilerin başlangıçta bazı ön bilgilere sahip olduğu gerçeğine dayanır.

Bu bilgilerin kaynağı, öğrencilerin sosyal çevreleri ya da önceki öğrenim yaşantıları olabilir. Öğrencilerin sahip oldukları bu bilgiler, bilimsel olarak doğru olduğu, bilim adamları topluluğu tarafından kabul edilen bilgilerden farklı olabilir (Janiuk ve diğerleri, 1993; Schmidt, 1997; Treagust, 1988). Bu bilgiler ya da kavramlar; yanlış kavramlar, ön kavramlar, alternatif yapılar veya çocukların bilimi gibi adlarla ifade

edilmektedirler. Bu bilgiler, yani yanlış kavramalar, yeni bilginin kazanılmasını bir dereceye kadar güçleştirebilirler ve hatta imkansız kılabilirler. Bu nedenle, son zamanlarda yapılan çalışmalarda öğrencilerin mevcut bilgilerinin ve bu bilgilerin öğrenme üzerine olan etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Bu gibi çalışmalardan elde edilen bulguların ışığında, öğrencilerin bilgilerini geliştirmeleri ve öğrenmenin etkili bir şekilde gerçekleşebilmesi için sağlanması gereken optimum şartlar ve takip edilmesi gereken en uygun ve mantıklı yollar belirlenebilir.

Bir çok öğrenci bu olumsuzluklara rağmen, kimya öğrenmek için büyük çaba sarf etmekte, fakat genellikle başarısız olmaktadır. Kimya eğitimine yönelik çalışmaların birçoğu, bu başarısızlıkların sebeplerini ortaya çıkarabilmek amacıyla yapılmaktadır. Bu durumun sebeplerinden biri, belki de en önemli olanı, öğrencilerin daha en başta bazı temel nitelikteki kimya kavramlarını uygun bir şekilde oluşturamamalarıdır. Böyle bir durumda öğrenciler, temel kavramlar üzerine inşa edilen daha ileri düzeydeki kimya kavramlarını tam olarak anlayamamakta ve bunun sonucunda da anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi güçleşmektedir (Nakhleh, 1992).

Bilgi-kavram arasındaki ilişki madde-atom arasındaki ilişkiye benzetilebilir. İnsan zihnindeki kavramlar ve kavramlar arası ilişkileri belirten önermeler bir bilgi ağı veya bir bilgi yapılanması oluşturur. Bu bilgi ağının temel birimleri de kavramlar olmaktadır (Doymuş ve diğerleri, 1998). Bu nedenle, bilimsel bilgilerin anlaşılmasında kavramların doğru bir şekilde bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

Fen eğitiminde önerilen öğretme-öğrenme yöntemlerinin hepsinde anlamlı öğrenme amaçlanır. Öğrenen kişi dış kaynaklardan gözlem, deneyim veya aktarma yollarıyla aldığı bilgileri kendi zihninde işlerse o bilgiler anlam kazanır. Fen bilimlerine yönelik öğrenme kuramları, dışarıdan alınan bilgilerin zihinde nasıl işlendiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kuramlar bilişsel öğrenme kuramları olarak adlandırılmaktadır. Bilişsel kuramlar, insanların dünyayı anlamada kullandığı zihinsel süreçleri incelemektedir. Bu zihinsel süreçler, tanıdığımız bir insanın adını hatırlamaktan, karmaşık bir problemin çözümüne kadar çok çeşitli durumlarda kullanılmaktadır. Bu nedenle, bilişsel öğrenme kuramlarının etkisi ve önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Bilişsel açıdan öğrenme, bireyin zihinsel yapısındaki değişme olarak tanımlanmaktadır. Bireyin zihinsel yapısındaki değişim, davranış değişikliğini ya da yeni davranışlar kazanmayı sağlamaktadır. Bilişsel kuramcılar, gözlenebilir davranışlara ek olarak öğrenenin kafasının içinde olup bitenlerle, yani içsel yapılarla, ilgilenmektedir. Buna göre, modern bilişsel öğrenme kuramları, öğrenenin zihninde olup biten süreçleri, bu süreçlerin özelliklerini ve fonksiyonlarını ortaya koymaya çalışmaktadırlar. Bu kuramlardaki en belirgin ortak görüş, eğitim öğretim sürecinde geleneksel öğretim yöntemlerinin aksine, öğrencinin aktif olması gerektiğinin savunulmasıdır. Son zamanlarda, bu kuramlar esas alınarak, öğrenme psikologları tarafından yapılandırıcı öğrenme modeli (Constructivist Theory) ortaya atılmıştır.

Bu model, öğrencilerin daha önceki deneyimlerinden ve ön bilgilerinden yararlanarak, karşılaştıkları yeni durumlara anlam verebileceklerini savunmaktadır. Yapılandırıcı öğrenme modeline göre her bireydeki bilgi birikiminin gelişmesi, özel olarak kendi şartları içerisinde değerlendirilmelidir. Yapılandırıcı yaklaşımın esası şöyle ifade edilebilir; öğrenme olayında kişi aktif bir şekilde rol oynamaktadır ve bilgiler bireyin zihninde yapılandırılır ya da öğrenenler kendi bilgilerini kendileri yapılandırır (Martin, 1997 ; Hein, 1991; Shiland, 1999; Ayas ve diğerleri, 1997; Davis ve diğerleri, 1993). Bu modele göre aynı olay, önceki deneyimlerine ve bilgi yapılarına göre farklı kişiler tarafından farklı bir şekilde yorumlanabilir (Martin, 1997). Bu ifade, öğrenme sürecinde mevcut bilgilerin ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Artık, kimya ile ilgili konuların çoğunda, öğrencilerin sahip olduğu kavramlar hakkında önemli ölçüde bilgi mevcuttur. Bu bilgilerden, kimya eğitiminin etkinliğinin artırılmasına yönelik çalışmalarda faydalanılarak, anlamlı öğrenmenin gerçekleştirilmesi sağlanabilir.

Bu amaçla, sunulan çalışmada, kimyanın bazı temel konularında (elektrokimya, asit-baz ve maddenin tanecikli yapısı) öğrencilerin sahip olduğu yanlış kavramaların tespitine yönelik bir literatür araştırması yapılmıştır.

Maddenin Tanecikli Yapısı İle İlgili Yanlış Kavramalar

Hemen her yaş gurubundaki öğrencilerin çoğu, “madde, sürekli hareket halinde ve aralarında boşluklar bulunan taneciklerden oluşmaktadır” şeklindeki bilimsel olarak doğru kabul edilen modeli anlamakta ve uygulamakta zorluk çekmektedir. Gerçekte, bu kavramın kavramsal düzeyde öğrenilmesi, kimyasal reaksiyonlar, gazlar üzerine basınç-sıcaklık ve hacim değişikliğinin etkisi, hal değişimi, çözünme ve denge gibi kavramların anlaşılmasına temel teşkil etmektedir. Ancak, bu konuda öğrencilerin sahip olduğu temel öngörü, maddenin tanecikli yapıda değil sürekli yapıda olduğunun düşünülmesidir.

Maddenin tanecikli yapısının öğrenciler tarafından anlaşılması üzerine çeşitli araştırmalar olmakla birlikte (Johnson, 1998; Kokkotas ve Vlachos, 1998; Maskill ve diğerleri, 1997; Lee ve diğerleri, 1993; Haidar ve Abraham, 1991; Gabel ve diğerleri, 1987; Hibbard ve Novak, 1975; Novick ve Nussbaum, 1978; Hesse ve Anderson, 1992; Case ve Fraser, 1999; Gabel, 1993; Griffiths ve Preston, 1992) bu alanda kapsamlı bir araştırma Griffiths ve Preston (Griffiths ve Preston, 1992) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda ortaya çıkarılan yanlış kavramalar aşağıdaki gibidir;

- 1-Bir molekül, tartılabilecek bir ağırlığa sahiptir.
- 2-Atomlar, mikroskop altında görülebilecek büyüklüktedir.
- 3-Su, oksijen ve hidrojen elementlerinin homojen bir karışımından oluşmaktadır.
- 4-Atomlar ve moleküller makroskopik özelliklere sahiptir.
- 5-Madde ısıtıldığında, atomlar genişler.
- 6-Madde donduğunda, atomlar da donar.
- 7-Bir maddeyi oluşturan atom ya da moleküller, o maddenin özelliklerini göstermektedir (atomların da renkli olabileceği, iletkenlik gösterebileceği...vb).
- 8-Bütün atomlar aynı ağırlığa sahiptir.
- 9-Atom ve moleküller, hareketli olduklarından, canlıdırlar.
- 10-Madde, sürekli bir yapıya sahiptir ve atom ya da moleküller arasında boşluk yoktur.
- 11-Bir maddenin hal değişimi esnasında, atomlarının büyüklüğü, şekli ve ağırlığında değişiklikler olur.

- 12-Standart şartlar altında, katı ya da sıvıların 1 molünün hacmi 22,4 litredir.
- 13-Bir maddenin atom ya da moleküllerinin tümü, aynı hızda hareket etmektedir.
- 14-Erime ve kaynama esnasında, molekül içi bağlar kırılmaktadır.
- 15-Kaynayan su içerisindeki kabarcıklar hava molekülleridir.
- 16-Bir madde sıvı halden gaz haline geçtiğinde kütlelerinde azalma olur.
- 17-Gazların kütlesi yoktur.

Yukarıda verilen yanlış kavramaların çoğunun, öğrencilerin maddenin yapısını tanecik modeli açısından tasavvur etmedeki zorluğundan kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, bazı yanlış kavramaların gündelik dilde kullanılan bazı terimlerin anlamının, bilimsel manada kullanılan anlamlarla karıştırılması sonucunda ortaya çıkabileceği ifade edilmektedir. Tanecik kavramının gündelik dildeki anlamı ile bilimsel alandaki anlamı farklı olduğu halde, öğrenciler tarafından aynı manada yorumlanması bu duruma iyi bir örnek teşkil etmektedir (Gilbert ve diğerleri, 1982; Renstrom, 1990). Yine, ders kitaplarında bu konu ile ilgili olarak rastlanabilecek uygun olmayan şekil, grafik, model...vb gösterimlerin de yanlış kavramaların oluşumunda etkili olduğu belirtilmektedir. Örneğin, bir sıvıdaki moleküllerin, aralarında büyük boşluklar olacak şekilde gösterildiği bir diyagramdan, öğrenciler, sıvıların kolaylıkla sıkıştırılabileceği düşüncesine kapılabilirler (Garnett ve diğerleri, 1995).

Asit-Bazlarla İlgili Yanlış Kavramalar

Orta öğretim ve üniversite düzeyinde yapılan bazı araştırmalar sonucunda, öğrencilerin asit-baz konularındaki kavramların anlaşılma düzeyleri ortaya konmuştur (Zoller, 1990; Smith ve Metz, 1996; Carr, 1984). Bu çalışmalarda tespit edilen yanlış kavramalar aşağıdaki gibidir;

- 1-pH sadece asitliğin bir ölçüsüdür, bazlığın ölçüsü değildir.
- 2-Bazik çözeltiler H^+ iyonu içermez.
- 3-Asidik çözeltiler OH^- iyonu içermez.
- 4-Bir asitle bir baz karıştırıldığında reaksiyon gerçekleşmez, fiziksel bir karışım oluşur.
- 5-Konsantrasyon, asitlik ya da bazlık kuvvetinin bir ölçüsüdür.

- 6-Titrasyonlarda indikatörün kullanılmaması durumunda, reaksiyon gerçekleşmez.
- 7-Eşdeğerlik noktası ve dönüm noktası aynı şeylerdir.
- 8-Hidrojen içeren bütün maddeler asittir.
- 9-Bütün bazlar hidroksit içermektedir.
- 10-Titrasyonlarda, asit ya da bazdan birinin zayıf olması durumunda nötürleşme tam olarak gerçekleşmez.
- 11-Amfoterlik kavramının mahiyetinin yanlış bilinmesi.
- 12-Kuvvetli asitler, kuvvetli bağlara sahip oldukları için ayrışmazlar.
- 13-Zayıf asitler, zayıf bağlara sahip oldukları için kolayca ayrışırlar.
- 14-Asit-baz çözeltilerinde, iyon yada moleküllerin, moleküler seviyedeki düzenlenmeleri ile ilgili yanlışlıklar.

Orta öğretimde asit-baz konusu işlenirken, genellikle Arrhenius asit-baz modeli, üniversite düzeyinde ise, Arrhenius, Lowry-Bronsted ve Lewis modelleri birlikte verilmektedir. Carr (1984), ders kitaplarında, asit-bazlara ait farklı tanımlara yer verilmesinin, bazı öğrencilerin bu kavramları karıştırmalarına neden olduğunu ifade etmektedir. Örneğin, asit-baz tanımı olarak sadece Arrhenius modelini dikkate alan öğrencilerin; bazik çözeltilerin hidrojen iyonu, benzer şekilde asidik çözeltilerin de hidroksit iyonu içermediği, hidrojen içermeyen maddelerin asit olamayacağı ve tüm bazların mutlaka hidroksit içermesi gerektiği şeklindeki yanlış kavramalara (yanılgı-2, 3, 8, 9) sahip olmaları muhtemeldir. Çoğu öğrenci asit-baz kavramını, kavramsal düzeyde öğrenmeksizin basitçe, bunlarla ilgili tanımları ezberleme yoluna gitmektedir. Bu durum, yukarıda verilen yanlış kavramaların oluşmasının temel nedenlerinden birisi olarak dikkate alınabilir (Smith ve Metz, 1996).

Elektrokimya İle İlgili Yanlış Kavramalar

Elektrokimyanın, kimya konuları arasında anlaşılması en güç konulardan birisi olması nedeni ile, bir çok araştırmacı çalışmalarını bu alanda yoğunlaştırmış ve öğrencilerin, elektrokimya konusu ile ilgili olarak sahip oldukları yanlış kavramalar bu araştırmalarda ortaya konmuştur (29, 30, 31, 25, Garnett ve Treagust, 1992; Garnett ve Treagust, 1992;

Sanger ve Greenbowe, 1997; Sanger and T.J. Greenbowe, 1999). Konu ile ilgili olarak üç başlık altında toplanan yanlış kavramalar aşağıdaki gibidir;

Galvanik Piller

1-İndirgenme potansiyellerinin verildiği tablolarda, pozitif standart elektrot potansiyeline sahip yarı tepkimeler, her zaman anodu oluşturur.

2-İndirgenme potansiyeli tablosu, elementlerin reaktivite sırasına göre düzenlenmiştir (yani, yukarıdan aşağıya doğru reaktivitenin azaldığı düşünülmektedir).

3-Standart elektrot potansiyeli değerlerine bakılmaksızın her zaman anodun sol yarı hücrede, katodun ise sağ yarı hücrede bulunduğu düşünülmesi.

4- $H_2(1\text{atm})/H^+(1M)$ için standart elektrot potansiyelinin sıfır olduğu, deneysel ölçümler sonucunda bulunmuştur.

5-Standart elektrot potansiyelleri, mutlak doğru değerlerdir.

6-Bir pil düzeneğinde, elektronlar önce katottan çözeltiye, oradan da tuz köprüsü aracılığı ile anoda geçerler.

7-Elektronlar, iyonlar gibi çözelti içerisinde hareket edebilirler.

8-Çözelti içerisinde iletkenlik sadece negatif yüklü iyonların hareketi ile sağlanır.

9-Çözelti içerisindeki pozitif iyonlar hareketsizdir.

10-Bir pilde anot negatif, katot da pozitif yükle yüklenir.

11-Pil potansiyeli, pili oluşturan yarı hücrelerin indirgenme potansiyellerinin toplamına eşittir.

12-İndirgenme potansiyelleri şiddet özelliği değildir.

Elektroliz

13-Uygulanan voltajın, elektroliz hücresindeki reaksiyonun gerçekleşmesi üzerine bir etkisi yoktur (voltaj uygulanırsa da uygulanmasa da reaksiyon olur).

14-İnert elektrotlar kullanıldığında elektroliz gerçekleşmez.

15-Elektrolizde, anotta indirgenme katotta ise yükseltgenme olur.

16-Elektrolizde özdeş elektrotlar kullanılırsa, her iki elektrotta da aynı reaksiyon meydana gelir.

17-Elektrolizde, su hiç bir zaman indirgenme ya da yükseltgenme reaksiyonu vermez.

18-Elektrolizde potansiyel değeri pozitif olabilir.

19-İnert elektrotlar indirgenme ya da yükseltgenme reaksiyonu verebilir.

Konsantrasyon pilleri

20-Elektron akış yönü, hücrelerdeki elektrolitin konsantrasyonundan bağımsızdır.

21-İki maddenin bir pil düzeneğindeki reaksiyonları neticesinde oluşan ürün ile bu iki maddenin direk olarak bir kap içerisinde reaksiyona sokulması sonucunda oluşan ürün birbirinden farklıdır.

22-Pil potansiyeli, yarı hücrelerdeki elektrolitlerin konsantrasyonlarından bağımsızdır.

Garnett ve Treagust (1992), elektrokimya konusundaki yanlış kavramaların ortaya çıkmasında temel olarak iki neden ileri sürmektedir. Bunlardan ilki gündelik dil ile bilimsel dil arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Yani, yukarıda ifade edilen yanlış kavramaların en önemli nedenlerinden birisinin, ders kitapları ve öğretmenler tarafından uygun olmayan dil kullanımının olduğu ileri sürülmektedir. İkinci olarak, kavramların öğrenciler tarafından aşırı genellenmesidir. Yani, kavramların uygun olmayan durumlar için de geçerli olduğunun düşünülmesidir. Örneğin, elektrolitik iletkenlik anlatılırken "...çözelti içerisinde elektriksel yük, hareketli iyonlar sayesinde taşınmaktadır..." şeklindeki bir ifadede, "elektriksel yük" teriminin, iyon yükü yerine elektron olarak yanlış şekilde yorumlanması sonucunda, yukarıda altıncı ve yedinci sırada verilen yanlışlıkların oluşması muhtemel olacaktır (Sanger ve Greenbowe, 1997).

Genel olarak ifade edilecek olursa, fen kavramlarının öğretiminde, gündelik hayattaki dilin kullanımının, öğrencilerde yanlış kavramalara neden olabileceği çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Bu nedenle öğretmen tarafından öğretim sürecinde, mümkün olduğu kadar kavramların anlamını tam ve doğru olarak tanımlayan sözcükler ve ifadeler kullanılmalıdır. yanlış kavramaların başka bir nedeni de, özellikle soyut kavramların verilmesi esnasında, aşırı genellemeye gidilmesi ve kavramların gereğinden fazla basitleştirilmeye çalışılmasıdır. Böyle durumlarda, konu ile ilgili kabuller ve sınırlılıklar açık bir şekilde ifade edilmelidir. Herhangi bir kavrama ait tanımların, farklı disiplinlerde farklı anlamlarda kullanılmasının da öğrencilerde yanlış kavramalara neden olduğu bildirilmektedir. Bu tür kavramlara ait tanımlar arasındaki farklılıklara

dikkat çekilmelidir. Yanlış kavramalara neden olabilecek diğer bir durum da, öğrencilerin karşılaştıkları yeni bir kavram hakkında gerekli ön bilgilere sahip olmayışlarıdır. Bu yüzden yeni kavram verilmeden önce, öğrencilerin bu kavramla ilgili ön bilgilerinin yoklanarak, öğretimin bu doğrultuda planlanması yararlı olacaktır. Bazen de, makroskopik düzeydeki gözlemlere dayalı olarak mikroskopik (moleküler) düzeydeki olayların açıklamasına gidilmekte ve böylece kavram yanlışlığına düşülmektedir. Bu sebeple, bazı kavramların ancak moleküler seviyedeki ilişkilerle açıklanabileceğinin vurgulanması gereklidir (Garnett ve diğerleri, 1995).

Sonuç olarak, yukarıda sunulan araştırmalardan öğrencilerin, kavramsal öğrenmede genel olarak güçlük çektikleri anlaşılmaktadır. Öğrencilerin dayanıklı ve doğru bilgiye ulaşmaları, yani bilgiyi kavramaları, kavramları iyi öğrenmeleri ile mümkündür. Bir öğretme-öğrenme ortamının etkinliği ve verimi, büyük ölçüde, kavramsal öğrenme düzeyi ile ilişkilidir. Buna göre, verilen eğitimin niteliğinin ortaya konması için, öğrencilerde kavram yoklaması yapılarak öğretimin buna yönelik olarak planlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayas, A., Çepni, S., Jhonson D. ve Turgut, M.F. (1997). *Kimya Öğretimi*. YÖK/Dünya Bankası Millî Eğitimi Geliştirme Projesi, Ankara.
- Carr, M. (1984). Model Confusion in Chemistry. *Research in Science Education*, 14, 97-103.
- Case, J.M. and Fraser, D.M. (1999). An Investigation Into Chemical Engineering Students' Understanding of Mole and The Use of Concrete Activities To Promote Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1237-1249.
- Davis, N.T., McCarty, B.J., Shaw K.L. and Tabba, A.S. (1993). Transitions From Objectivism to Constructivism in Science Education. *International Journal of Science Education*. 15(6), 627-636.
- Doymuş, K., Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken, S. ve Gürses, A. (1998). Üniversite Kimya Bölümü Öğrencilerinin Bazı Kimya Kavramlarını Anlama Düzeyleri. *Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*. K.T.Ü., Trabzon.
- Gabel, D. (1993). Use of The Particle Of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education*. 70(3), 193-194.

- Gabel, D.L., Samuel K.V. and Hunn, D. (1987). Understanding The Particulate Nature of Matter. *Journal of Chemical Education* 64(8), 695-697.
- Garnett, P.J., and Treagust, D.F. (1992). Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students in Electrochemistry: Electric Currents and Oxidation-Reduction Reactions. *Journal of Research in Science Teaching*. 29, 121-142.
- Garnett, P.J., and Treagust, D.F. (1992). Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students In Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells. *Journal of Research in Science Teaching*. 29, 1079-1099.
- Garnett, P.J., Garnett P.J. and Hackling, M.W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications For Teaching and Learning. *Studies in Science Education*. 25, 69-95.
- Gilbert, J.K., Osborne R.J. and Pensham, P.J. (1982) Children's Science and Its Consequences For Teaching. *Science Education*. 66, 623-633.
- Griffiths A.K. and Preston, K.R. (1992). Grade-12 Students' Misconceptions Relating To Fundamental Characteristics of atoms and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(6), 611-628.
- Haidar, A.H., and Abraham, M.R. (1991). A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on The Particulate Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*. 28(10), 919-938.
- Hein, G.E. (1991). Constructivist Learning Theory, The Museum and the Needs of People. *CECA (International Committee of Museum Educators), Conference Jerusalem Israel, Leseley College. Massachusetts, USA.*
- Hesse, J.J. and Anderson, C.W. (1992). Students' Conceptions of Chemical Change. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(3), 277-299.
- Hibbard, K.M. and Novak, J.D. (1975). Audio-Tutorial Elementary School Science Instruction as A Method For Study of Children's Concept Learning: Particulate Nature of Matter. *Science Education*. 59(4), 559-570.
- Janiuk, R.M. (1993). The Process of Learning Chemistry, A Review of the Studies. *Journal of Chemical Education*. 70(10), 828-829.
- Johnson, P. (1998). Progression in Children's Understanding of A Basic Particulate Theory: A Longitudinal Study. *International Journal of Science Education*. 20(4), 393-412.
- Kokkotas, P. and Vlachos, I. (1998). Teaching The Topic of The Particulate Nature of Matter in Prospective Teachers' Training Courses. *International Journal of Science Education*. 20(3), 291-303.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer G.D. and Blakeslee, T.D. (1993). Changing Middle School Students' Conceptions of Matter and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*. 30(3), 249-270.

- Martin, D.J. (1997). *Elementary Science Methods, A Constructivist Approach*. By Delmar Publishers, New York.
- Maskill, R., Cachapuz, F.C. and Koulaïdis, V. (1997). Young Pupils' Ideas About The Microscopic Nature of Matter in Three Different European Countries. *International Journal of Science Education*. 19(6), 631-645.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 69(3), 191-196.
- Novick, S. and Nussbaum, J. (1978). Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study. *Science Education*. 62(3), 273-281.
- Renstrom, L., Anderson B. and Marton, F. (1990). Students' Conceptions of Matter. *Journal of Educational Psychology*. 82, 555-569.
- Sanger, M.J. and Greenbowe, T.J. (1999). An Analysis of College Chemistry Textbooks as Sources of Misconceptions and Errors in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*. 76(6), 853-860.
- Sanger, M.J., and Greenbowe, T.J. (1997). Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and The Salt Bridge. *Journal of Chemical Education*. 74(7), 819-823.
- Schmidt, H.J. (1997). Students' Misconceptions-Looking for a Pattern. *Science Education*. 81, 123-135.
- Shiland T.W. (1999). Construtivism: The Implications For Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*. 76(1), 107-109.
- Smith, K.J. and Metz, P.A. (1996). Evaluating student Understanding of Solution Chemistry Through Microscopic Representations. *Journal of Chemical Education*. 73(3), 233-235.
- Treagust, D.F. (1988). Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*. 10(9), 159-169.
- Zoller, U. (1990). Students' Misundestanding and Misconceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*. 27(10), 1053-1065.