



Secondary students' understanding of the relationship between physical change and chemical bonding

Filiz MİRZALAR KABAPINAR*

Berrin ADİK**

ABSTRACT. Making the distinction between physical and chemical changes depends largely upon whether students describe them via reorganization of particles and/or chemical bonds. Grounded in constructivist view of knowledge, the present study aimed to find out the ways in which Turkish students think about the relationship between physical changes and chemical bonding after receiving the conventional teaching. A questionnaire consisted of open ended questions was used as an assessment tool. It was distributed to 11th grade science students (n= 293). They completed the questionnaire right after their conventional teaching on chemical bonding. Questions presented a number of daily life issues concerning physical changes and then asked for explanations about the changes occur in chemical bonds of the matter under the physical transformation. Findings indicated that most of the students could spot the change as physical in nature. Yet, only the half could draw the link between transformations of matter and the changes in its chemical bonds. Findings also showed that most of the students used the reversibility criterion in order to distinguish between physical and chemical change and that the success of applying the criterion increased by the familiarity of the event.

Key Words: Science Education, Physical Change, Chemical Bonding, Alternative Ideas, Misconception

SUMMARY

Science educators find distinction of physical and chemical change on theoretical grounds necessary for the development of science ideas. How

* Assist. Prof. Dr., Marmara University, Atatürk Faculty of Education, filizk@marmara.edu.tr

** Chemistry Teacher.

well students make such a distinction depends largely upon whether students describe them via reorganization of particles and/or chemical bonds. In this respect, students are expected to learn the relationship between changes that occur in matter and its chemical bonds. However, studies highlighted that students have difficulty in understanding physical and chemical changes (Ayas & Demirbaş, 1997; Özmen, Karamustafaoğlu, Sevim & Ayas, 2002; Sökmen & Bayram, 1999), in differentiating them (Ayas & Demirbaş, 1997; Brosnan, 1990; Kruger & Summers, 1989; Novick & Nussbaum, 1978; Özmen, Karamustafaoğlu, Sevim & Ayas, 2002; Voelker, 1975) and in describing them at submicroscopic level via the reorganisation of chemical bonds (Gabel, 1996; Johnson, 2002; Johnstone, 1991; Robinson, 2003; Stavridou & Solomonidou, 1989; Tsaparlis, 1997).

Reasons behind this situation can vary. The onus might be on the concepts such as ‘physical change’, ‘chemical change’ or/and ‘chemical bonding’. Or alternatively, students’ conceptions of ‘substance’ and ‘property’ might be responsible for lack of understanding as many educators pointed out (Ahtee & Variola, 1998; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994; Johnson 1996; Johnson, 2000; 2002; Sannmarti, Izquierdo & Watson, 1995).

Research indicated that students tend to identify a change as a chemical by unexpected happenings such as explosion or fizz (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994). Thus, on occasions where the changes are not unusual students might interpret the change as a physical one. Similarly, students who tend to describe colour or odour as physical properties of matter might treat such happenings as indicators of physical change rather than chemical. For this reason, some of the students classify rusting as a physical change (Andersson, 1984; Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Gönen & Akgün, 2005; Schollum, 1981).

On the other hand, some of the students suggest that a change in appearance of matter provides evidence for a chemical change. Thus, they describe physical changes as chemical change (Brickman & De Jong, 1996; Briggs & Holding, 1986; Gensler, 1970; Pella & Voelker, 1967; Solsona & De Jong, 2003; Stavridou, Solomonidou & Papademetriou, 1993; Strong, 1970; Voelker, 1975). For instance, some of the students regard ice as a different substance from water as they think that their properties are different. These students are likely to classify the melting of ice as a chemical change (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994).

Like the concepts of property and substance, chemical bonding is the key concept in understanding physical and chemical changes in scientific terms. It forms the main criterion by which students can differentiate the two concepts. Thus, it is crucial that students have a good grasp of chemical

bonding. Studies indicated that students have difficulty in understanding the formation and properties of chemical bonds (Goh, Khoo & Chia, 1993; Levy Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman & Bar-Dov, 2004; Peterson, 1993; Peterson, Treagust & Garnett, 1989), in differentiating between inter and intra molecular bonds (Barker, 1995; Birk & Kurtz, 1999; Butts & Smith, 1987; Levy Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman & Bar-Dov, 2004; Taber, 1993; 1995; 1998) and in explaining the change in matter via the change in its chemical bonds (Barker, 1995; Taber, 1993).

The traditional Turkish teaching of chemical bonding included teaching the types and formation of chemical bonds. National curriculum does not demand a systematic teaching on chemical bonding as a conceptual tool in defining and classifying physical and chemical changes. Having said that Turkish teachers teach chemical reactions by relating the change with chemical bonds. Thus, students might learn what happens to chemical bonds on a chemical change in a reaction. Yet, they might not make a similar transfer into the concept of physical change. When students are not given a conceptual account of how and what types of chemical bonds are effected on physical and chemical change it is not surprising that students have difficulty to link chemical bonding to changes in matter and be able to define the change in scientifically acceptable ways.

Therefore, the present study aimed to find out the ways in which Turkish students think about the relationship between physical changes and chemical bonding after receiving the conventional teaching. Grounded in constructivist view of knowledge, a questionnaire consisted of open-ended questions (n= 4) were designed and used as an assessment tool. Questions presented a number of daily life issues concerning physical changes and then asked for explanations about the changes occur in chemical bonds of the matter under the physical transformation. In questions 1 and 2, students were asked to explain in their own terms, what happens to chemical bonds of the substance experiencing physical change such as wheat turns into flour and plastic bag being torn off. Questions 3 and 4 probed students' understanding of the relationship between chemical bonds and physical state changes of wax on melting and water on boiling.

The questionnaire was distributed to 11th grade science students (n= 293) aged 17-18. Students were attending upper level chemistry courses in different state schools (n= 9). They completed the questionnaire right after their conventional teaching on chemical bonding.

Findings indicated that most of the students could spot the change as physical in nature. Yet, only the half could draw the link between transformations of matter and the changes in its chemical bonds. Findings also showed that most of the students used the reversibility criterion in order

to distinguish between physical and chemical change and that the success of applying the criterion increased by the familiarity of the event. Students' responses provided evidence of being unable to distinguish between intra and inter molecular bonds. The results of the study also highlighted some of the alternative ideas held by students. These were; "as water boils its molecules changes chemically as its intra molecular bonds are broken by giving off hydrogen and oxygen gases", "as a candle (wax) melts its covalent bonds melts or dissolves too" and "when a plastic bag is teared off its chemical bonds including the inter molecular bonds are not broken".

NOTE: This is an extended summary of the following article originally written in Turkish.



Ortaöğretim 11. Sınıf Öğrencilerinin Fiziksel Değişim ve Kimyasal Bağ İlişkisini Anlama Seviyesi

Filiz MİRZALAR KABAPINAR*

Berrin ADİK**

ÖZ. Öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarını ayırt edebilmeleri, maddede meydana gelen değişimi, maddenin yapı taşlarındaki organizasyon ve/veya maddenin kimyasal bağlarındaki değişim ile açıklayabilmelerine bağlıdır. Oluşturmacı (constructivist) öğrenme anlayışının yön verdiği bu araştırmada, müfredatın öngördüğü öğretimi almış öğrencilerin maddede meydana gelen fiziksel değişim ile kimyasal bağlar arasındaki ilişkiyi ne ölçüde kurabildiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada tarama modeli kullanılmış, açık uçlu sorulardan oluşan anket araştırmanın veri toplama aracı olarak işlev görmüştür. Anket ortaöğretim 11. sınıf sayısal bölümü öğrencilerine (n= 293) uygulanmıştır. Sorularda öğrencilerden gündelik yaşamlarında sıkça karşılaştıkları fiziksel değişim geçiren bazı olaylar sunulmuş ve bu değişimleri maddenin kimyasal bağlarındaki değişim ile açıklamaları istenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular, öğrencilerin büyük bölümünün soruda geçen olayın fiziksel bir değişim olduğunu fark edebildiğini ortaya koymuştur. Buna karşın bulgular, öğrencilerin yarıya yakın bir bölümünün maddedeki fiziksel değişimi kimyasal bağlardaki değişim ile doğru olarak ilişkilendiremediğini göstermiştir. Araştırma bulguları ayrıca öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimi ayırt etmede geri dönüşümlülük kriterini kullandıklarını ve bu kriterin başarısının sözü edilen fiziksel olayın gündelik yaşamdan tanınma oranına bağlı olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: Fen Eğitimi, Fiziksel Değişim, Kimyasal Bağ, Alternatif Fikir, Kavram Yanılgısı.

GİRİŞ

Fen/kimya dersleri kapsamında öğrencilerden fiziksel ve kimyasal değişimi ayırt etmeleri ve sözü edilen iki kavramı moleküler düzeyde tanımlamaları beklenmektedir. Bu çerçevede, öğrenciler çevrelerinde gözlemledikleri olayları maddenin yapı taşlarındaki (atom/molekül/iyon gibi) organizasyon ya da yapı taşlarını bir arada tutan kimyasal bağlardaki değişim ile açıklamak durumundadır. Diğer bir deyişle öğrenciler, kimyasal bağları maddenin geçirdiği değişime karar vermek ve açıklamak üzere kavramsal bir model olarak kullanabilmelidir. Ancak araştırma sonuçları, öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarını anlamakta (Ayas ve

* Yrd. Doç Dr. M.Ü. Atatürk Eğ. Fak. OFMA Eğ. Böl. filizk@marmara.edu.tr

** Kimya Öğretmeni

Demirbaş, 1997; Özmen, Karamustafaoğlu, Sevim ve Ayas, 2002; Sökmen ve Bayram, 1999), moleküler düzeyde tanımlamakta, söz konusu değişimi kimyasal bağlardaki değişim ile açıklamakta güçlük çektiklerini (Gabel, 1996; Johnson, 2002; Johnstone, 1991; Robinson, 2003; Stavridou ve Solomonidou, 1989; Tsaparlis, 1997) ortaya koymaktadır.

Yukarıda anılan güçlüğün ardında farklı nedenler yer almaktadır. Bunlardan ilki, öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimi ayırt edememesidir. Nitekim yapılan araştırmalar, öğrencilerin değişim geçiren maddenin özelliğini bilmedikleri durumlarda değişimin fiziksel mi yoksa kimyasal mı olduğuna doğru karar veremediğini ortaya koymaktadır (Ayas ve Demirbaş, 1997; Brosnan, 1990; Kruger ve Summers, 1989; Novick ve Nussbaum, 1978; Özmen, Karamustafaoğlu, Sevim ve Ayas, 2002; Voelker, 1975). Mevcut özelliğindeki değişimin fark edilebilir düzeyde olmaması ya da renk, koku gibi değişimlerin fiziksel özellik olarak düşünülmesi nedenleriyle kimyasal değişimi fiziksel değişim olarak düşünen öğrenciler bulunmaktadır. Örnek olarak, paslanmanın demirde meydana gelen bir renk değişimi olduğunun, demirin halen mıknatıs tarafından çekilebildiğinin, dolayısıyla özelliğinin değişmediğinin düşünülmesi gibi (Andersson, 1984; Driver, Guesne ve Tiberghien, 1985; Gönen ve Akgün, 2005; Schollum, 1981).

Öte yandan, fiziksel değişim geçirdiği için görünümünü değiştiren bir maddenin yeni özellikler kazandığını, dolayısıyla değişimin kimyasal olduğunu düşünen öğrenciler de söz konusu olabilmektedir (Brickman ve De Jong, 1996; Briggs ve Holding, 1986; Gensler, 1970; Pella ve Voelker, 1967; Solsona ve De Jong, 2003; Stavridou, Solomonidou ve Papademetriou, 1993; Strong, 1970; Voelker, 1975). Örnek olarak, buz ve suyun özelliklerinin farklı olduğunu, dolayısıyla buz ve suyun farklı maddeler olduğunu düşünen, buzun suya dönüşmesinin kimyasal bir değişim olduğunu dile getiren öğrenciler olabilmektedir (Driver, Squires, Rushworth ve Wood-Robinson, 1994).

Araştırmacılar bu durumun sadece fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarının yeterince anlaşılmasından değil, “madde” ve “özellik” kavramlarının anlaşılmasında da kaynaklanabileceğini vurgulamaktadır (Ahtee ve Variola, 1998; Driver, Squires, Rushworth ve Wood-Robinson, 1994; Johnson 1996; Johnson, 2000; 2002; Sannmarti, Izquierdo ve Watson, 1995). Nitekim, fen bilgisi dersinde her şeyin madde olduğunu duyan öğrenciler için su da bir maddedir buz da. Üstelik bu öğrenciler, özellik kavramını gündelik yaşam dili ile yorumlamış ise su ve buz farklı iki maddedir.

Maddede meydana gelen değişimin kimyasal bağlar ile ilişkilendirilmesinde çekilen güçlüğün ardındaki diğer bir neden ise,

öğrencilerin kimyasal bağların tür ve oluşum biçimlerini kavrayamamasıdır. Araştırma bulgularına göre, öğrenciler molekül içi bağlar ile moleküler arası bağları karıştırmaktadır (Adik, 2003; Barker, 1995; Levy Nahum, Hofstein, Mamlök-Naaman ve Bar-Dov, 2004). Yine araştırma bulgularına göre, moleküller arası bağların molekül içi bağlardan daha kuvvetli olduğunu düşünen (Goh, Khoo ve Chia, 1993; Levy Nahum, Hofstein, Mamlök-Naaman ve Bar-Dov, 2004; Peterson, 1993; Peterson, Treagust ve Garnett, 1989), iyonik bileşiklerde molekül içi bağların bulunduğunu ifade eden (Butts ve Smith, 1987; Taber, 1995; 1998) ve polar moleküler bileşiklerde moleküller arası bağların olmadığını (Birk ve Kurtz, 1999; Taber, 1993) dile getiren ortaöğretim öğrencileri, hatta öğretmen adayları söz konusudur.

Fiziksel ve kimyasal değişimi doğru olarak ayırt edebilse bile, bazı öğrenciler maddenin geçirdiği değişimi kimyasal bağlardaki değişim ile doğru olarak eşleştirememektedir. Nitekim araştırma bulguları, bir maddenin fiziksel hali değiştiğinde o maddenin molekül içi bağlarında değişiklik olacağını düşünen öğrencilerin varlığına işaret etmektedir (Barker, 1995; Taber, 1993). Bu durumun tam tersi de söz konusu olabilmektedir. Teorik olarak fiziksel ve kimyasal değişmeyi kimyasal bağ türleri ile doğru olarak eşleştirse bile, maddenin geçirdiği değişimi doğru olarak sınıflayamadığı için hata yapan öğrenciler olabilir. Bu çerçevede, kimya dersi bünyesinde molekül içi ve moleküller arası bağların ne olduğu ve nasıl oluştuğunun irdelenmesi, sözü edilen bağların kimyasal ve fiziksel değişim ile olan ilişkisinin kurulması öğrencilerimizin yaşamakta olduğu güçlükleri giderebilir. Ayrıca, kimyasal bağların kavramsal bir model olarak kullanımı, öğrencilerin kimyasal ve fiziksel değişmeyi ayırt etmelerine yardımcı olabilir.

Ülkemizde uygulanmakta olan kimya programı ve ilgili ders kitapları incelendiğinde, kimyasal bağların nasıl oluştuğu ve çeşitlerinin örnekler eşliğinde irdelendiği görülür. Buna karşın programda, kimyasal bağların maddede meydana gelen değişimi tanımlamak ve sınıflamak üzere kavramsal bir model olarak kullanımına yönelik sistematik bir öğretim yer almamaktadır. Kimya programının var olan şekliyle öğrencileri yukarıda anılan bilgi ve becerilere ulaştırmadaki başarısını belirleyebilmek bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu çerçevede çalışmada, kimya programının öngördüğü geleneksel öğretim sonunda öğrencilerin fiziksel değişme ile kimyasal bağlar arasındaki ilişkiyi ne ölçüde kurabildiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, öğrencilere gündelik yaşamlarında sıkça karşılaştıkları bazı olaylar sunulmuş, maddede değişmeye neden olan bu olayların nasıl gerçekleştiğini maddenin yapısında bulunan kimyasal bağlar ile açıklamaları istenmiştir.

YÖNTEM

Araştırmaya oluşturmacı/yorumlamacı paradigma (constructivism) ve bu anlayışın dayandığı varsayımlar yön vermiştir. Bu anlayış, nicel araştırma yöntemlerine temel oluşturan pozitivist/akılcı anlayıştan önemli farklılıklar sergilemektedir (Kabapınar, 2003; Yıldırım ve Şimşek, 2000). Bunlardan ilki nitel araştırma yöntemlerine yaptığı vurgudur. Diğer farklılıklar ise, örneklemin oluşturulması ile ölçme yöntemine ilişkindir. Bu farklılıklara ilişkin detaylı bilgi örneklem ve veri toplama araçları bölümünde sunulacaktır.

Oluşturmacı/yorumlamacı anlayışa göre bilimsel yöntemin dayandığı varsayımlar arasında; öznellik, durumsallık ve önceden kestirilemezlik (Glesne ve Peshkin, 1992; Yıldırım ve Şimşek, 2000) yer almaktadır. Bu anlayışa göre, birey yeni bilgiyi mevcut düşünce biçimleri ve deneyimleri doğrultusunda anlamlandırmakta, oluşturmaktadır. Bu oluşum bireye özgüdür ve bireyler arasında farklılıklar söz konusu olmaktadır. Kısacası, bilgi tamamıyla öznel bir yapıdadır. Dolayısıyla, öğrencilerin ne düşündüğünü belirlemek kadar, neden öyle düşündüklerinin belirlenmesi de önemlidir. Bu çerçevede bu çalışmada, öğrencilerin fiziksel değişim ve kimyasal bağ ilişkisini anlama biçimleri altında yatan nedenleri belirleyebilmek için açık uçlu kavramsal sorulardan oluşan bir anket kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan araştırma yöntemi ise, bu anlayış temelinde yapılandırılan tarama modelidir.

Örneklem

Ülkemizde uygulanan lise kimya programı incelendiğinde, kimyasal değişim konusunun 10. sınıfta, kimyasal bağlar konusunun ise, en detaylı hali ile 11. sınıf kimya dersi kapsamında ele alındığı görülmektedir. Bu nedenle, ortaöğretim 11. sınıf öğrencileri araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır.

Oluşturmacı anlayış, bilginin, birey söz konusu olduğunda öznel, bireyler söz konusu olduğunda ise çoklu gerçeklikler şeklinde algılanması gerektiğini savunur (Glesne ve Peshkin, 1992; Yıldırım ve Şimşek, 2000). Bilgi öznel olduğuna ve bireyler arasında farklılık gösterdiğine göre, araştırmada yer alan örneklem - nicel anlamda evreni temsil eder biçimde seçilmiş dahi olsa- evrene genellenemez. Bu çerçevede, araştırmada nicel araştırmalarda olduğu şekliyle bir evren ve örneklem tayinine gidilmemiştir. Bununla birlikte, farklı öğretim ortamlarından gelen öğrencilerin düşünce biçimlerini örneklemesi bakımından, İstanbul ilinde bulunan çeşitli devlet liselerinin (n= 9) ortaöğretim 11. sınıf sayısal bölüm öğrencileri araştırmanın örneklemini (n= 293) oluşturmuştur. Öğrencilerin yaşları 17-18 arasında değişim göstermekte olup, 198'i erkek, geri kalanı (95) kız öğrencilerden

oluşmaktadır. Seçilen okullarda takip edilen kimya programı, dolayısıyla öğretilmesi gereken kimyasal bağ konusunun içeriği aynıdır.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada öğrencilerin fiziksel değişim ve kimyasal bağ ilişkisini anlama seviyesinin belirlenmesine olanak tanıyacak, öğrencilerin sahip olduğu düşünce biçimlerini ve nedenlerini ortaya çıkarabilecek sondaj sorularından (n= 4) oluşan bir anket kullanılmıştır. Ankette yer alan sorular çoğunlukla iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, hedef alternatif fikrin belirlenmesi, ikinci ya da diğer alt bölümlerde ise, alternatif fikre temel oluşturan düşünce biçimlerinin açığa çıkarılması amaçlanmaktadır. Sorunun birinci bölümü, özellikle alternatif fikirlerin sayıca fazla olduğu durumlarda, çoğunlukla kapalı uçlu olarak hazırlanmıştır. Bu bölümde alternatif fikirler şıklar halinde sunulmaktadır. Sorunun ikinci ya da diğer alt bölümleri ise, alternatif fikrin altında yatan düşünce biçimini açığa çıkarması bakımından açıklama gerektiren açık uçlu sorulardan oluşmaktadır.

Oluşturmacı anlayışta bilimsel yöntemin dayandığı varsayımlar arasında, özneliliğin yer aldığına değinilmişti. Bu durumda, araştırmacının bilginin oluşturulması sürecindeki (ölçme aracının hazırlanması, verilerin toplanması ve analizi gibi) etkisi kaçınılmazdır. Bu çerçevede, araştırmacının ölçme aracının geçerlik ve güvenilirliğini belirlemesi olanaklı olmayacaktır. Bu nedenle, ankete ilişkin nicel araştırmanın tanımladığı biçimdeki bir geçerlik ve güvenilirlik çalışması yapılmamıştır. Ancak, ister nicel, isterse nitel özellikte olsun bir araştırmada kullanılan ölçme aracının ölçmek istediğini ölçüp ölçmediğinin, belirlenmesi önemlidir. Oluşturmacı anlayışa dayalı araştırmalarda bu görevi kısmen de olsa pilot çalışmalar üstlenmiştir. Pilot çalışmalar araştırmacıya soruların dizaynına ve neyi ölçüp, neyi ölçmediğine ilişkin önemli ip uçları vermektedir. Bu amaçla anket iki defa pilot çalışmaya tabi tutulmuştur. Bunlardan ilkinde, ankette yer alan soruların öğrencilere ne ifade ettiği, nasıl anlaşıldığının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece anket örnekleme yer almayacak olan 35 öğrenciye uygulanmış ve analizi yapılmıştır. Buna ilave olarak, pilot çalışmaya katılan öğrencilerden bir kaçı ile (n= 3) anketteki sorulardan kendilerinden ne istediğinin anlaşılıp anlaşılmadığı konusunda bireysel görüşmeler de yapılmıştır. Birinci pilot çalışma sonunda son şekli verilen anket, 25 kişilik bir sınıfta ikinci pilot çalışmaya tabi tutulmuştur. Ankette yer alan sorular aşağıda görülmektedir.

SORU 1. BUĞDAY

Bir çiftçi tarlasından topladığı buğdayları çuvallarla değirmene götürüyor. Bu sırada buğdaylar kırılıp eziliyor ve ufak parçalara ayrılarak un oluyor. Sizce, buğdaylar ezilip un haline gelirken buğdayı oluşturan kimyasal bağlara ne olmuştur?



- Kimyasal bağlar kırılmıştır.
- Kimyasal bağlar kırılmamıştır.
- Kimyasal bağların bir bölümü kırılmıştır.

Neden böyle düşündüğünüzü açıklayınız.

SORU 2. POŞET

Selman pazardan aldığı karpuzu naylon bir poşete yerleştirir. Bir süre sonra naylon poşetin sapının koptuğunu fark eder. Sizce, poşetin sapı koparken poşetin yapısındaki kimyasal bağlara ne olmuştur ?



- Poşeti oluşturan moleküller arasındaki bağlar kırılmıştır.
- Moleküller arası bağlarla birlikte molekül içi bağlar da kırılmıştır.
- Sadece molekül içi bağlar kırılmıştır.
- Kimyasal bağların hiç biri kırılmamıştır.

Neden böyle düşündüğünüzü açıklayınız.

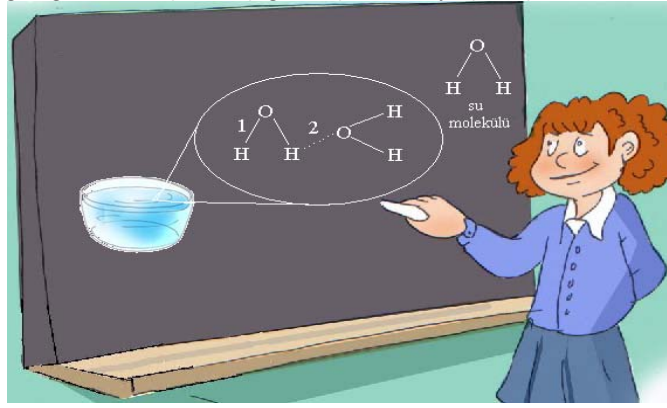
SORU 3. MUM

Mum kovalent bağlı bir bileşiktir. Mum erirken, katı halden sıvı hale geçerken mumun yapısındaki kovalent bağlara sizce ne olur?

Neden böyle düşündüğünüzü açıklayınız.

SORU 4. SU MOLEKÜLÜ

Öğretmen sınıfta bir bardak suyun içinde milyarlarca **su molekülünün** birbirlerine bağlı olduğunu söylemiştir. İki su molekülünün birbirine nasıl bağlandığını göstermek için de aşağıdaki şekli tahtaya çizmiştir.



Öğretmen sınıfta, bardaktaki su **ısıtırsa** (örn. 100 °C ye kadar) su moleküllerinde nasıl bir değişim meydana geleceğini sorar. Aşağıda **Eren, Aras ve Mine**'nin verdiği yanıtlar yer almaktadır.

- EREN** : Isı ile sadece su molekülleri arasındaki **1 no'lu** bağlar kırılır.
- ARAS** : Isı ile hem **1** hem de **2 no'lu** bağlar kırılır.
- MİNE** : Isı ile sadece su molekülündeki **2 no'lu** bağlar kırılır.

Sizce **kimin** düşüncesi doğrudur? Cevabınızı kutulardan sadece birine ✓ işareti koyarak belirtiniz.

Neden böyle düşündüğünüzü açıklayınız.

Ankette yer alan sorulardan ilkinde, öğrencilerden un haline gelen buğdayları oluşturan kimyasal bağların kırılıp kırılmadığı sorulurken, ikinci soruda sapı kopan poşetin yapısındaki kimyasal bağların bu durumdan ne şekilde etkilendikleri sorulmuştur. Diğer bir deyişle sorular, öğrencilerin bu iki fiziksel değişim sırasında maddelerin yapısındaki kimyasal bağlara ne olduğunu nasıl açıkladıklarını belirlemeyi hedeflemektedir. Anketin diğer iki sorusunun (soru 3 ve 4) amacı ise, öğrencilerin maddedeki fiziksel hal değişimi ve kimyasal bağlar arasındaki ilişki hakkındaki düşüncelerini ortaya çıkarmaktır. Mum isimli soruda öğrencilerden erimekte olan mumun yapısındaki kovalent bağlara ne olduğunu açıklamaları istenmiştir. Anketin 4. ve son sorusunda ise, buharlaşma sırasında sudaki kimyasal bağlara ne olacağı sorulmuştur. Soruda sudaki molekül içi ve moleküller arası bağlar resmedilmiş ve öğrencilerden ısı etkisi ile hangi bağların kırılacağını neden belirterek açıklamaları istenmiştir.

Verilerin Çözülmesi ve Yorumlanması

Araştırma öncesinde öğrencilerin kimyasal bağ konusundaki düşünce biçimleri bilinemediğinden, anket sorularından elde edilen verilerin analizinde kategorileme sistemi önceden belli olmayan analiz yöntemi kullanılmıştır (Driver ve Erickson, 1983). Bu yöntemde kodlama sistemi ancak tüm veriler analiz edildikten sonra ortaya çıkmaktadır.

Her ne kadar güvenilirlik ile ilgili ölçütler oluşturmacı anlayış temelli bir eğitim araştırmasının özellikleri ile çelişse de, güvenilirlik kapsamında alınabilecek bazı önlemler bulunmaktadır. Ancak, bu önlemler araştırmada kullanılan ölçeğin güvenilirliğini, nicel araştırmalarda olduğu gibi, test etme ve belirleme amacına yönelik değildir. Araştırmacılara göre bu önlemler, daha çok araştırmada kullanılan stratejilerin, neden ve nasıl kullanıldığının belirgin hale getirilmesi ve araştırma sonuçlarını kendi tercih ya da yönelimlerine göre biçimlendirmede okuyucuyu ikna etmesi ile ilişkilidir. Araştırmacılara göre bu önlemler alındığı takdirde, araştırmanın dış ve iç güvenilirliği konusunda önemli adımlar atılmış olur (Miles ve Huberman, 1994; Patton, 1990; Türnüklü, 2001; Yıldırım ve Şimşek, 2000). Bu çerçevede, bu makalede yukarıda anılan önlemlerin alınmasına özen gösterilmiş ve araştırmadan elde edilen verilerin bir bölümü orijinaliği bozulmaksızın sunulmuştur.

Yine, açık uçlu sorulardan elde edilen verilerin analizinde araştırmacının algı, kavrama ve yorum becerisinden kaynaklanan yanlılıkları kısmen de olsa ortadan kaldırmak amacıyla ikincil bir araştırmacı kullanılmıştır (Kabapınar, 2003). Bunun için, gerek yazılı gerekse sözlü açık uçlu sorulardan elde edilen veriler önce araştırmacı, daha sonra da ikinci bir araştırmacı tarafından kodlanmıştır. İki kodlama arasındaki tutarlık (iki kodlamada aynı şekilde kodlanan öğrenci yanıtı/toplam kodlama sayısı) 0.93 (%93) olarak bulunmuştur. Tutarlığın yüksek oluşu analizlerin ve dolayısıyla araştırmanın iç güvenilirliği olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Öğrencilerin anketteki sorulara vermiş olduğu yanıtlar “fiziksel değişim ve kimyasal bağlar” ve “hal değişimi ve kimyasal bağlar” başlıkları altında incelenecektir. Bu başlıklar ankette kullanılmamıştır.

Fiziksel değişim ve kimyasal bağlar

Ankette yer alan Buğday isimli sorunun amacı, öğrencilerin fiziksel değişimi kimyasal bağlardaki değişim ile açıklayıp açıklayamadığını belirlemektir. Öğrencileri yönlendirmemek amacıyla soruda bağ türlerine girilmemiştir. Böylece, öğrencilerin sorunun açık uçlu kısmını yanıtlarken özellikle de “bağların bir bölümü kırılmıştır” şıkında kimyasal bağın çeşitleri ve fiziksel değişim ile olan ilişkisinin açığa çıkarılacağı düşünülmüştür. Her ne kadar açıkça istenmese de bu sorunun bir diğer hedefi de, öğrencilerin maddedeki değişimin fiziksel mi yoksa kimyasal bir değişim mi olduğuna doğru karar verip veremediğini belirlemektir. Öte yandan Poşet isimli soruda, geleneksel öğretim sırasında anlatılan molekül içi ve moleküller arası kimyasal bağ kavramlarına yer verilmiş ve öğrencilerin bu kavramları fiziksel değişim ile nasıl ilişkilendirdikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Öğrencilerin bu iki soruya vermiş olduğu yanıtlar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Öğrencilerin Buğday ve Poşet isimli sorulara vermiş olduğu yanıtlar

			Sayı (%)	
BUĞDAY	AF	Kodlanamayan/ Yanıt yok	8 (3)	
		Bağlar kırılmıştır	Açıklama yok	12 (4)
			Kimyasal bir değişimdir	44 (15)
		Alternatif fikirler toplam		56 (19)
	BF	Bağlar kırılmamıştır	Fiziksel bir değişimdir/Dış etkenlerle kırılmaz	190 (65)
		Bir bölümü kırılmıştır	Açıklama yok	21 (7)
			Sadece moleküller arası bağlar kırılmıştır	18 (6)
		Bilimsel fikirler toplam		229 (78)
	POŞET	AF	Kodlanamayan/ Yanıt yok	14 (5)
			Molekül arası bağlarla birlikte molekül içi bağlar da kırılmıştır	32 (11)
Sadece molekül içi bağlar kırılmıştır			11 (4)	
Hiçbir bağ kırılmamıştır			124 (42)	
Alternatif fikirler toplam		167 (57)		
BF		Poşeti oluşturan moleküller arasındaki bağlar kırılmıştır	Açıklama yok	24 (8)
			Fiziksel bir değişimdir	88 (30)
Bilimsel fikirler toplam		112 (38)		
Toplam Öğrenci			293 (100)	

AF: Alternatif Fikirler

BF: Bilimsel Fikirler

Tablo 1 incelendiğinde, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun (%78) buğday isimli soruya bilimsel doğru kabul edilebilecek yanıtlar vermiş olduğu görülür. Bu öğrencilerin büyük bir bölümü (%65) buğdayın ezilerek un haline gelmesi olayını fiziksel bir değişim olarak tanımlamış ve fiziksel değişimlerde kimyasal bağların kırılmayacağını dile getirmiştir. Aşağıda öğrencilerin yazılı yanıtlarından bazı örnekler görülmektedir.

“Kimyasal bağlar çok küçük yapılardır. Buğdayın un olması fizikseldir.”

“Çünkü ezilerek fiziksel özelliğini kaybetmiştir. Kimyasal olarak bir değişim olmamıştır.”

Fiziksel bir olay olduğu için yapısı değişmez.

Yukarıdaki yanıtlardan da anlaşılacağı üzere, bu grupta yer alan öğrenciler kırılan buğdayların fiziksel bir değişim geçirdiğini düşünmektedir. Bu öğrenciler tarafından dile getirilen “kimyasal bağların kırılmayacağı” söylemi de kısmen doğru olarak kabul edilebilir. Çünkü bazı kimya öğretmenleri, zayıf olmaları nedeniyle moleküller arası bağları “kimyasal bağ” olarak değil, “kimyasal etkileşim” olarak tanımlamaktadır. Öğrenciler ile bireysel görüşmeler yapılmadığından, kimyasal bağlar ile sadece molekül içi bağları mı, yoksa hem molekül içi hem de moleküller arası bağları mı düşünmekte oldukları açığa çıkarılamamıştır. Bu çerçevede, bu grupta yer alan öğrenciler alternatif fikir grubuna dahil edilmemiştir.

Bilimsel fikirler grubunda yer alan öğrencilerin sadece küçük bir bölümü (%6) yazılı yanıtlarından molekül içi ve moleküller arası bağları birbirinden ayırabilmiş, fiziksel değişim kavramıyla doğru bir biçimde eşleştirebilmiştir. Aşağıda bu öğrencilerin yazılı yanıtlarından bazı örnekler görülmektedir.

“Fiziksel bir olay gerçekleşmiş. Bu yüzden sadece moleküller arası bağlar kırılmıştır.”

Neden böyle düşündüğünüzü açıklayınız.

Buğdayın yapısı değişmemiş sadece onu oluşturan moleküller arası bağlar kırılmıştır.

Öte yandan Tablo 1'e göre, öğrencilerin %15'i buğdayın kimyasal bir değişim geçirdiğini ve bu nedenle de buğdayı oluşturan bağların kırıldığını düşünmektedir. Yazılı yanıtlarından bu öğrencilerin ezilerek un haline gelmiş olan buğdayın artık eski haline geri gelemeyeceğini düşündükleri anlaşılmaktadır. Aşağıda bu gruptaki öğrencilerin yazılı yanıtlarından bazı örnekler görülmektedir.

- Kırılmıştır.
 Kırılmamıştır.

Neden böyle düşündüğünüzü açıklayınız.

Çünkü un tekrar buğday olamaz, özelliği değişti

Kırılmıştır. Çünkü buğday artık kendi özelliğini kaybedip başka bir cisme dönüşmüştür.

Bu örneklerden hareketle bu öğrencilerin maddede meydana gelen değişime karar verirken geri dönüşümlülük ilkesinden hareket ettiği söylenebilir. Buğday ile unu birbirine benzetemeyen öğrenciler için, buğday artık eski haline döndürülemez ve bu nedenle de kimyasal bir değişim geçirmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde, poşet isimli soruda durumun biraz daha farklı olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim öğrencilerin yarısından fazlası (%57) alternatif fikre sahip görünmektedir. Bu gruptaki öğrenciler üç farklı yanılgıya dağılım göstermiştir. Bunlardan en çok tercih edilen, poşetin sapının kopması sırasında poşeti oluşturan maddedeki hiçbir bağın kopmadığı yanılgısıdır (%42). Öğrencilerin tercih nedenlerini açıkladıkları yazılı yanıtlarından, bu yanılgıya sahip öğrencilerin poşetteki kopmayı fiziksel bir değişim olarak nitelendirdikleri anlaşılmıştır. Bu öğrencilere göre, fiziksel değişim maddenin kimyasal yapısı ile ilgili değildir ve maddeyi oluşturan kimyasal bağlarda herhangi bir kopma ya da yeniden oluşum söz konusu olmayacaktır.

Daha az sayıdaki öğrenci tarafından sergilenen yanılgılar sırasıyla, poşetin sapı koptuğunda hem moleküller arası hem de molekül içi bağların kırılmış olduğu görüşü (%11) ile sadece molekül içi bağların kırıldığı düşüncesidir (%4). Sorunun açık uçlu kısmına yazdıkları açıklamalardan, ilk yanılgıya sahip öğrencilerin poşetteki değişimin kimyasal olduğu görüşünde odaklandıkları anlaşılmaktadır. Bu öğrencilere göre, kimyasal değişim kuvvetli bir değişimdir ve maddedeki tüm kimyasal bağlar kırılacaktır. İkinci yanılgıya sahip öğrencilerin yazılı yanıtlarından ise, bu öğrencilerin molekül içi ve moleküller arası bağları karıştırdıkları anlaşılmaktadır.

Öte yandan öğrencilerin %38'i bilimsel fikri tercih etmiştir. Bu öğrencilerin bir bölümü tercihleri için neden belirtmezken, büyük bir bölümü yazılı yanıtlarında poşet sapındaki kopmanın fiziksel bir değişim olduğunu ve sadece moleküller arası bağlarda bir değişimin gerçekleşeceğini dile getirmiştir. Kimyasal bağ konusuna ilişkin müfredatın öngördüğü öğretimi almış oldukları düşünülecek olursa, doğru yanıtı tercih eden öğrencilerin oranının düşük olduğu söylenebilir.

Hal değişimi ve kimyasal bağlar

Anketin Mum ve Su molekülü isimli soruların amacı, öğrencilerin fiziksel hal değişim olaylarından erime ve buharlaşma olaylarını kimyasal bağlardaki değişim ile açıklayıp açıklayamadığını belirlemektir. Bu amaçla her iki soruda da, söz konusu fiziksel değişim sırasında molekül içi bağlardaki değişim sorgulanmıştır. Öğrencilerin bu sorulara vermiş olduğu yanıtlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Öğrencilerin Mum ve Su Molekülü sorularına vermiş olduğu yanıtlar

		Sayı (%)	
MUM		Kodlanamayan/ Yanıt yok	47 (16)
	AF	Kovalent bağlar ısı karşısında çözüldü, gevşedi, koptu	54 (18)
		Kovalent bağlar eridi, hal değiştirdi	25 (9)
	Alternatif fikirler toplam		79 (27)
	BF	Kovalent bağlara hiçbir şey olmamıştır, kırılmamıştır	149 (51)
		Kovalent bağlar zayıflamış ve moleküller arasındaki uzaklık artmıştır	18 (6)
Bilimsel fikirler toplam		167 (57)	
SU MOLEKÜLÜ		Kodlanamayan/ Yanıt yok	5 (2)
	AF	Isı ile sadece molekül içi bağlar kırılır, çünkü molekül içi bağlar daha zayıftır	23 (8)
		Isı ile hem molekül içi hem de moleküller arası bağlar kırılır/ Enerji tüm bağları kırar	38 (13)
		Isı nedeniyle H ₂ ve O ₂ gazları açığa çıkar	15 (5)
		Alternatif fikirler toplam	81 (28)
	BF	Isı ile sadece moleküller arası bağlar kırılır	47 (16)
		Isı ile molekülün yapısı değişmez, hal değişimidir	124 (42)
		Molekül içi bağlar sadece elektroliz ile kopar	10 (4)
		Isı ile sadece moleküller arası bağlar kırılır çünkü moleküller arası bağlar zayıftır	31 (10)
	Bilimsel fikirler toplam		212 (72)
Toplam Öğrenci		293 (100)	

AF: Alternatif Fikirler

BF: Bilimsel Fikirler

Tablo 2 incelendiğinde, öğrencilerin yarısından fazlasının (%57) mum sorusuna bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek yanıtlar verdiği anlaşılmaktadır. Bu öğrencilerin büyük çoğunluğu (%51) yazılı yanıtlarında kovalent bağlara hiçbir şey olmamıştır ya da kırılmamıştır şeklinde cevap vermiştir. Geriye kalan öğrenciler (%6) ise, kovalent bağların zayıflamış olduğu ve moleküller arasındaki uzaklığın arttığını dile getirmiştir. Aşağıda bu öğrencilerin yazılı yanıtlarından bazı örnekler görülmektedir.

Kovalent bağlar kopmaz fiziksel bir olay
Mumun erimesi fiziksel bir olaydır onun için bağ-
lara bir şey olmuy.

Ote yandan öğrencilerin %27'si, erime sırasında mumdaki kovalent bağların değişime uğrayacağını düşünmektedir. Tablo 2'ye göre, bu yanılı farklı şekillerde dile getirilmiştir. Bir grup öğrenci (%18) mumu oluşturan kovalent bağların, verilen ısı ile gevşediği, çözüldüğü ve koptuğunu düşünürken, geri kalan öğrencilere göre, kovalent bağlar hal değiştirmiştir (%9). Aşağıda bu gruptaki öğrencilerin yazılı yanıtlarından bazı örnekler sunulmuştur.

Sizce, Mumu oluşturan kovalent bağlara ne oldu ?
Kovalent bağ sıcaklıklara göre dayanıksızdır. Ve
erime sıcakta kovalent bağ çözülür
Mumu oluşturan kovalent bağlar mumun erimesiyle hâl
değişir ve kopar.
Mumu oluşturan kovalent bağlar sıcaklığa karşı erimeye başlıyor ve arasındaki
bağlar eriyor

Mum sorusunda olduğu gibi su molekülü sorusunda da öğrencilerin çoğunluğu (%72) bilimsel fikre sahip görünmektedir. Diğer bir deyişle, öğrencilerin çoğu su ısıtıldığında sadece moleküller arası bağların kırılacağını düşünmektedir. Bu öğrencilerin bir bölümü (%16) yanıtlarında neden belirtmezken, geri kalan öğrenciler yazılı yanıtlarında üç farklı gerekçeye dağılım göstermiştir. Bunlardan en çok tercih edilen gerekçe, ısıtılan suyun hal değişimi geçirdiği ve bu nedenle moleküllerin yapısının değişmeyeceğidir (%42). İkinci grupta yer alan öğrenciler, moleküller arası bağların zayıf olduğu düşüncesinden yola çıkmış ve zayıf olduğu için bu bağların ısı ile kırılacağını savunmuştur (%10). Üçüncü grup öğrenciler

tarafından öne sürülen gerekçe ise, su moleküllerinin yapısının bozulmasının ancak elektroliz ile olanaklı olacağı düşüncedir (%4).

Öte yandan, buharlaşma sırasında suyun yapısındaki kimyasal bağlara ne olacağı konusunda öğrencilerin %28'i alternatif fikre sahip görünmektedir. Bu grupta yer alan öğrencilerin yarısından fazlası ısı ile hem molekül içi hem de moleküller arası bağların kırılacağını düşünmüştür (%13).

Su ısıtıldıkça fiziksel hali değişip gaz haline geçeceğinden hem molekül içi hem de moleküller arası bağlar kırılır.

Moleküller arası bağların kırılması aynı zamanda molekül içi bağlarında kırılması demektir. Aksi halde su buharlaşmaz.

Yazılı yanıtlarından öğrencilerin verilen ısının/enerjinin tüm bağları kıracağı gerekçesinde odaklandığı görülmektedir. Bu öğrenciler arasında enerjinin hangi bağları daha önce kıracağı konusunda görüş belirtenler dahi bulunmaktadır;

Önce moleküller arası bağlar kopar orada hidrogen ve oksijen atomları bağımsız olarak kırılır.

Daha küçük bir bölüm öğrenci (%8) tarafından öne sürülen düşünce biçimi ise, ısı etkisiyle sadece molekül içi bağların kırılacağıdır. Yazılı yanıtlarından öğrencilerin molekül içi bağların zayıf bağlar olmasını gerekçe olarak gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu öğrencilerin molekül içi bağlar ile moleküller arası bağları birbirine karıştırdığı söylenebilir.

Bir grup öğrenci (%5) ise, ısı etkisi ile suyun kimyasal bir değişime uğrayacağını düşünmektedir. Bu öğrencilere göre, sudaki molekül içi bağlar kırılacak ve bir su molekülünden hidrojen ve oksijen gazları açığa çıkacaktır. Aşağıda bu gruptaki öğrencilerin yazılı yanıtlarından bazı örnekler görülmektedir.

Suya 100°C'ye kadar ısı verildiğinde su kaynamaya başlayacağı için hem molekül içi hem de moleküller arası bağlar kırılarak H₂ ve O₂ gazları açığa çıkar.

Su molekülünden hidrojen ve oksijen gazları meydana gelir.

Yukarıdaki yanıtlar, bu öğrencilerin gündelik yaşam deneyimlerinin bir parçası olan suyun buharlaşmasının kimyasal bir değişim olduğunu düşündüklerini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu yanlış düşünce biçimi öğrencilerin kimyasal ve fiziksel değişimle bu değişimlerin özünü oluşturan kimyasal bağları ilişkilendiremediğini de gözler önüne sermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Her ne kadar, kimya müfredatında kimyasal bağların maddede meydana gelen değişimi tanımlamak ve sınıflamak üzere kavramsal bir model olarak kullanımı konusunda sistematik bir öğretim hedeflenmese de, araştırma bulgularından öğrencilerin büyük bir bölümünün sorularda geçen değişimleri doğru olarak tanımlayabildikleri ve söz konusu değişmeyi kimyasal bağlar ile açıklama çabasına girdikleri anlaşılmıştır. Literatürdeki çalışmalara (Brosnan, 1990; Kruger ve Summers, 1989; Novick ve Nussbaum, 1978; Voelker, 1975) paralel olarak bu çalışmada da, bazı öğrencilerin maddede meydana gelen değişimin fiziksel mi yoksa kimyasal mı olduğuna karar vermekte güçlük çektiği belirlenmiştir. Hatta bazı öğrencilerin kaynamakta olan suyun kimyasal bir değişim geçireceğini düşündüğü, ısının etkisi ile sudaki molekül içi bağların kırılarak bir su molekülünden hidrojen ve oksijen gazlarının meydana geleceğini dile getirdiği belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalara (Taber, 1993; Barker, 1995) paralellik gösteren diğer bir bulgu ise, öğrencilerin fiziksel değişim sırasında molekül içi bağların kırıldığını düşünmeleridir. Bu öğrencilerin molekül içi bağlar ile moleküller arası bağları birbirine karıştırdıkları düşünülmektedir.

Gözlenebilir özelliklerin maddenin taneciklerine atfedilmesi sorunsalı pek çok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir (Anderson, 1990; Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein, 1986; Brook, Briggs ve Driver, 1984; Johnson, 1998; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer ve Blakeslee, 1993; Lichtfelt ve Fischler, 1995; Novick ve Nussbaum, 1981; Pfunt, 1981; Renstrom, Andersson ve Marton, 1990; Selley, 1978). Bu çalışmada ise, gözlenebilir özelliklerin kimyasal bağlara atfedildiği belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre, bazı öğrenciler mumun erimesi sırasında mumu oluşturan kovalent bağların eriyeceğini ya da hal değiştireceğini dile getirmiştir.

Stavridou ve Solomonidou (1989) çalışmasında geri dönüşümlülük kriterini kullanabilen öğrencilerin kendilerine sunulan 18 farklı olayı fiziksel ya da kimyasal olarak ayırt edebildiğini belirlemiştir. Buna karşın bu

araştırmada geri dönüşümlülük kriterinin öğrencileri alternatif fikre sevk ettiği belirlenmiştir. Nitekim bu kriterden yola çıkan öğrenciler, ezilen buğdayların eski haline geri getirilememesi nedeniyle kimyasal bir değişim geçirdiği sonucuna varmıştır. Benzer şekilde Gönen ve Akgün (2005) geri dönüşümlülük kriterini hal değişimine uygulayan öğretmen adaylarının, hal değişimlerini iki sınıfa ayırdıklarını ve geri dönüşümü olmayan hal değişimlerinin kimyasal olduğunu düşündüklerini belirlemiştir. Bu çerçevede, maddede meydana gelen değişimi sınıflandırabilmeleri için öğrencilere fen bilgisi dersinde öğretilen geri dönüşümlülük ilkesinin yeterliliğinin yeniden gözden geçirilmesi gereklidir.

Yukarıda anılan sınıflandırmayı yapabilsinler diye fen ve kimya dersi sırasında öğrencilere sunulan bir diğer kriter ise, maddenin özelliğini kaybedip, kaybetmemesi, yani yeni özellikte bir maddenin oluşup oluşmaması durumudur. Bu kriter göre, madde özelliğini kaybetmiş, yeni özellikteki bir maddeye dönüşmüş ise kimyasal bir değişim geçirmiş kabul edilir. Örneğin, demirin paslanması sonucunda oluşan pas mıknatıs tarafından çekilmez. Kısacası pas yeni özellikte bir maddedir ve demirde meydana gelen bu değişim kimyasaldır. Bu kriter madde ve özellik kelimelerinin bilimsel anlamının kavranmadığı ya da değişim geçiren maddenin özellikleri hakkında yeterince bilgi sahibi olunmadığı durumlarda öğrencilere kavramsal açıdan yeterli hizmeti veremeyebilmektedir. Nitekim, pasın mıknatıs tarafından çekilip çekilmediğinin belirlenmesi için, pasın demirden sıyrılmaması ve mıknatıs ile etkileştirilmesi gerekmektedir.

Gerek *geri dönüşümlülük* gerekse *yeni madde oluşum (yeni özellik)* kriterlerinin öğrencilere yeterli düzeyde hizmet edemediği, hatta zaman zaman onları yanlış kavramalara ittiği açıktır. Bu durumda öğrencilerimize fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarını ayırt edebilmeleri için hangi kriteri öğretmemiz gerekmektedir? Bu kriter maddenin yapı taşları ve kimyasal bağlar ile ifade edilebilen bir kriter olmalıdır. Böylelikle, öğrenciler hiç tanımadığı maddelerin değişimlerini madde ve özellik kavramlarının anlamları içinde boğuşmak zorunda kalmaksızın sınıflayabilir; üstelik de bunu değişimin denkleminde yola çıkarak dahi yapabilir. Eğer yeni madde oluşum kriteri kullanılmak isteniyorsa, bu kriterin öğretilmesinden önce öğrencilerin madde ve özellik kavramlarını bilimsel anlamlarıyla öğrenip öğrenmediklerinin belirlenmesi ve gerektiğinde bu iki temel kavram üzerinde yeniden öğretim yapılması gereklidir. Nitekim oluşturmaçı anlayışa göre öğrenen, yeni öğreneceklerini mevcut düşünce biçimi ile anlamlandırmaya çalışacak, kim bilir belki de sınıflandırmayı gündelik yaşam dilindeki *özellik* kavramı üzerine yapılandıracaktır, kimyasal anlamdaki *özellik* kavramı üzerinden değil.

KAYNAKLAR

- Adik, B. (2003). *Ortaöğretim öğrencilerinin kimyasal bağ konusuna ilişkin yanlışları ve bu yanlışları besleyen düşünce biçimleri*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ahtee, M. & Variola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 305-316.
- Anderson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Andersson, B. (1984). *Chemical reactions*. Report: Elevperspektiv number 12 Göteborg: University of Göteborg.
- Ayas, A. ve Demirbaş, A. (1997). Turkish secondary students' conception of introductory chemistry concept. *Journal of Chemical Education*, 74 (5), 518-521.
- Barker, V. (1995). "A longitudinal study of 16-18 year olds' understanding of basic chemical ideas." Unpublished Doctorate Thesis, Department of Educational Studies, University of York.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable?. *Journal of Chemical Education* 63 (1), 64-66.
- Birk, J.P. & Kurtz, M.J. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure ve bonding. *Journal of Chemical Education*, 76, 124-128.
- Brickman, F. & De Jong, O. (1996). Science and mathematics teacher education: some themes of general interest. *European Journal of Teacher Education*, 19, 103-107.
- Briggs, H. & Holding, B. (1986). *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Brook A., Briggs H. & Driver R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Children's Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Brosnan, T. (1990). Categorising macro and micro explanations of material change. In P. Linjnse et al. (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-B -Press.

- Butts, B. & Smith, R. (1987). HSC chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education*, 17, 192-201.
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., (1985). *Children's Ideas in Science* (6th Ed.). Open University Press: Milton Keynes.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas* (2nd Ed.). London: Routledge.
- Gabel, D. (1996). *The complexity of chemistry: Research for teaching in the 21st century*. Paper presented at the 14th International Conference on Chemical Education. Brisbane, Australia.
- Gensler, W.J. (1970). Physical versus chemical change. *Journal of Chemical Education*, 47, 154.
- Glesne, C. & Peskin, A. (1992). *Becoming qualitative researchers: An introduction*. NY: Longman.
- Goh, N.K., Khoo, L.E. & Chia, L.S. (1993). Some misconceptions in chemistry: A cross-cultural comparison and implications for teaching. *Australian Science Teachers Journal*, 39, 65-68.
- Gönen, S. ve Akgün, A. (2005). Bilgi eksikleri ve kavram yanlışlarının tespiti ve giderilmesinde, çalışma yapıkları ve sınıf içi tartışma yönteminin uygulanabilirliği üzerine bir çalışma, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, www.e-sosder.com, 13, 99-111.
- Johnson, P. (1996). What is a substance? *Education in Chemistry*, March, 41-45.
- Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 567-583.
- Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, Part 1: Recognising chemical change. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 719-737.
- Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24 (10), 1037-1054.

- Johnstone, A.H. (1991). Why is science is difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Kabapınar, F. (2003). Kavram yanılgılarının ölçülmesinde kullanılabilecek bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 35, 398-417.
- Kruger, C. & Summers, R. (1989). An investigation of some primary teachers' understanding of changes in materials, *School Science Review*, 71 (255), 17-27.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. & Blakeslee, T.D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (3), 249-270.
- Levy Nahum, T., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. & Bar-Dov, Z. (2004). Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry?. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 301-325.
- Lichtfeldt, M. & Fischler, H. (11th April 1995). *Long-term research project: Development of pupils' ideas of the particulate nature of matter*. Paper presented at the European Conference on Research in Science Education, University of Leeds.
- Miles, M.B. & Huberman, M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2nd Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62 (3), 273-81.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65 (2), 187-196.
- Özmen, H., Karamustafaoğlu, S., Sevim, S. ve Ayas, A. (2002). *Kimya öğretmen adaylarının temel kimya kavramlarını anlama seviyelerinin belirlenmesi*. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, ODTU: Ankara.
- Patton, Q.M. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods* (2nd Ed.). London: Sage Publications.
- Pella, M.O. & Voelker, A.M. (1967). Teaching the concepts of physical and chemical change to elementary school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 311-23.

- Peterson, R.F. (1993). Tertiary students' understanding of covalent bonding and structure concepts. *Australian Journal of Chemical Education*, 11-15.
- Peterson, R.F., Treagust, D.F. & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and grade-12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 301-314.
- Pfundt, H. (1981). The atom- the final link in the division process or the first building block? Pre-instructional conception about the structure of substances. *Chemica Didacteca* 7, 75-94.
- Renstrom, L., Andersson, B. & Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82 (3), 555-569.
- Robinson, W. (2003). Chemistry problem-solving: Symbol, macro, micro and process aspects. *Journal of Chemical Education*. 80, 978-982.
- Sanmarti, N., Izquierdo, M. & Watson, R. (1995). The substantialisation of properties in pupils' thinking and in the history of science. *Science Education*, 4, 349-369.
- Schollum, B. (1981). *Chemical change: A working paper of the Learning in Science Project (no. 27)*. University of Waikato, Hamilton, New Zealand
- Selley, N. (1978). The confusion of molecular particles with substances. *Education in Chemistry*, 15(5), 144-145.
- Solsona, N. & De Jong, O. (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education*, 25 (1), 3-12.
- Sökmen, N. ve Bayram, H. (1999). Lise 1. sınıf öğrencilerinin temel kimya kavramlarını anlama düzeyleri ile mantıksal düşünme yetenekleri arasındaki ilişki. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16-17, 89-94.
- Stavridou, H. & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena- chemical phenomena: Do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11 (1), 83-92.
- Stavridou, H., Solomonidou, C. & Papademetriou, V. (1993). Student-teachers conceptions about physical and chemical matter transformation. In *Book of Abstracts of the European Conference on Research in Chemical Education*, 49, 27-37.

- Strong, L.E. (1970). Differentiating physical and chemical changes. *Journal of Chemical Education*, 47, 689.
- Taber, K.S. (September 1993). *Stabilirt and lability in student conceptions: some evidence from a case study*. Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference, University of Liverpool, September.
- Taber, K.S. (1995). Development of student understanding: A case study of stability and lability in cognitive structure. *Research in Science and Technological Education*, 13, 89-99.
- Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20, 597-608.
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.
- Türnüklü, A. (2001). Eğitimbilim alanında aynı araştırma sorusunu yanıtlamak için farklı araştırma tekniklerinin birlikte kullanılması. *Eğitim ve Bilim*, 26 (120), 8-13.
- Voelker, A.M. (1975). Elementary school children's attainment of the concepts of physical and chemical change- a replication. *Journal of Research in Science Teaching*, 12, 5-14.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2000). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (2. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.