

Arařtırma Makalesi

Alındı: 30 Nisan 2021 - Düzeltildi: 27 Mayıs 2021 - Kabul Edildi: 27 Mayıs 2021 - Yayımlandı: 31 Mayıs 2021

Kaynakça Bilgisi: Ergül, S. (2021). Kimya Öğretiminde Molekül Modellerinin Aşamalı Kullanımına Yönelik Bir Tasarım: Fiziksel ve Kimyasal Değişim Örneği, *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 114–137.

Citation Information: Ergül, S. (2021). An Instructional Design For The Phase-Based Use of Molecular Models In Chemistry Teaching: The Case of Physical and Chemical Change, *Ihlara Journal of Educational Research*, 6(1), 114–137.

KİMYA ÖĞRETİMİNDE MOLEKÜL MODELLERİNİN AŞAMALI KULLANIMINA YÖNELİK BİR TASARIM: FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİM ÖRNEĞİ

Soner Ergül¹ 



<https://doi.org/10.47479/ihead.930607>

Öz

Bu çalışmada fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarının öğretiminde molekül modellerinin aşamalı kullanımına yönelik bir öğretim tasarımı sunulmuştur. Tasarım, iki aşama ve her bir aşamada iki örnek olaya dayalı bir etkinlik içermektedir. Tasarım kimya eğitiminde farklı seviyelerde yer alan değişimlere yöneliktir. Bunlar şu şekildedir; buzun erimesi ve suyun buharlaşması, suyun oluşumu ve ayrışması. Etkinliklerle fiziksel veya kimyasal değişim olayının gözlem veya deney yolu ile elde edilebilir özellikleri verilerek molekül modeli gösteriminin nasıl yorumlanacağına aşamalı olarak dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Tasarım geleneksel öğretim yaklaşımları ile veya güncel birçok yaklaşıma uygun bir şekilde yeniden organize edilebilir. Bu noktada bir sınırlandırma yapmamak adına sadece aşamalılığa odaklanılmıştır. Bu nedenle öğretim sürecinde öğretmenlerin en sık kullandığı teknik olan soru-cevap tekniğini ve kısmen tartışma imkanları vurgulanmıştır. Bu bağlamda her bir molekül modeli gösteriminin verilen özellikleri yansıtır yansıtmadığı ile ilgili sekiz adet çözümlü problem verilmiştir. Tasarımın ortaokul, lise veya lisans düzeyinde bir maddede gerçekleşen fiziksel ve kimyasal değişimin tanecik düzeyindeki temsiller (molekül modelleri) aracılığı ile öğretiminde yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışma önerilen temsiller aracılığı ile kimyasal değişimde korunan özelliklerin (kütlenin korunumu, moleküldeki atom türü ve her atom türü sayısının korunumu) öğretiminde de kullanılması mümkündür.

Anahtar kelimeler: Fiziksel değişim; kimyasal değişim; tanecikli yapı; molekül modeli; atom teorisi.

AN INSTRUCTIONAL DESIGN FOR THE PHASE-BASED USE OF MOLECULAR MODELS IN CHEMISTRY TEACHING: THE CASE OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGE

Abstract

This study presents an instructional design for the phase-based use of molecular models in teaching the concepts of physical and chemical change. The design includes an activity based on two phases and two sample cases in each

¹ Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Bölümü, Samsun, sergul@omu.edu.tr



phase. The design addresses the changes taking place at different levels in chemistry education. These changes are; melting of ice, evaporation of water, formation and decomposition of water. It is aimed to progressively draw attention to how to interpret the molecular model representation by giving the properties of the physical or chemical change that can be obtained by observation or experimentation. The instructional design can be reorganized for traditional teaching approaches and is responsive to many current approaches. At this point, in order not to make a limitation, only the phase-based nature of the design is emphasized. For this reason, the question-answer technique, which is the most common technique used by teachers in the teaching process, and discussion opportunities to some extent were highlighted. In this context, eight problems with their solutions are given to determine whether each molecular model's representation reflects the given properties. It is thought that the design will guide the teaching of physical and chemical changes in a substance at the secondary school, high school or undergraduate level through representations (molecule models) at the particle level. Besides, it is possible to use this study in teaching the properties (conservation of mass, atomic type in the molecule and the conservation of the number of each atomic type) in chemical change through the proposed representations.

Keywords: Physical change; chemical change; particle structure; molecular model; atomic theory.

GİRİŞ

Anlamli öğrenmenin gerçekleştirilebilmesi için; öğrencinin öğrenilecek konuya karşı tutumu, konu ile ilgili hazırbulunuşluğunun iyi olması, konu ise kendi içinde bir bütünlük ve anlamlılık taşımalıdır (Fidan ve Erden, 1986). Anlamli öğrenmede tündengelim yöntemi esas olup, konunun öğretiminde aşamalılık ilkesine uyulması gerekir. Anlamli öğrenme, anlamli öğretim ile gerçekleşir. Bu nedenle, öğretilmek istenen yeni bilgi ile eski bilgi arasında ilişki kurulması, aralarındaki farklılıkların ve benzerliklerin açıklanması ayrıca anlaşılmayan noktaların giderilmesi gerekir (Fidan ve Erden, 1986).

Kimya ve fen eğitiminde model, modelleme ve model temelli öğretim önemli bir yer tutmaktadır (Hackathorn ve diğerleri, 2011; Çepni, 2012). Yapılan tarama çalışmaları farklı düzeydeki öğrencilerin, fen bilgisi öğretmen adaylarının ve fen bilgisi öğretmenlerinin model ve modelleme konusunda farklı bilgi, tutum ve becerilere sahip olduğunu göstermektedir. Bu noktada genel olarak modellerin gerçeğin basitleştirilmiş şematik temsili ve soyut kavramların anlaşılması için gerekli araçlar olduklarını, derslerde daha çok kullanılması gerektiğinin düşünöldüğü ancak modellerin temsil ve açıklama işlevi olduğunu bilmelerine rağmen, tahmin yapabilme işleviyle ilgili bilgi sahibi olunmadığını göstermektedir (Çökelez, 2015). Model ve modellemenin, öğrenmeyi anlamli hale getirdiği, akılda tutmayı kolaylaştırdığı, öğrencinin önceden bildikleri ile yeni karşılaşıldığı bilgi, olgu ve kavramların öğrenilmesinde model ve modelleme bağlamında uyarıların nörolojik açıdan anlamli öğrenmeyi hızlandırdığı bilinmektedir (Lawson ve Lawson, 1993, Treagust ve diğerleri 2002). Modeller öğrencilerin problem çözme becerilerine katkı sağlayan, modelleme ise, iletişim kurma, test etme ve yaratma sürecinde süreklilik ve dinamik olma işlevi sağlamaktadır (Stratford ve diğerleri, 1988). Model ve modelleme, gözlem ve deney yoluyla elde edilen veriler ile teorileri ilişkilendirme, bilimsel süreç becerileri bağlamında hipotez kurabilme, sentez yapabilme, değerlendirme yapabilme ve anlamli öğrenmenin gerçekleşmesini sağlamak için önemlidir (Lee ve diğerleri, 2011). Sarıtaş, Özcan ve Adúriz-Bravo'ya (2021) göre maddenin tanecikli yapısına ilişkin kuramsal bilgilerin taşıyıcısı olan temsil niteliğindeki modellerin öğrencilerin gözlem ve çıkarım ilişkisini anlamli bir biçimde kurmalarında önemli bir yeri vardır.

Maddelerin özelliklerini ve özellikleri arasındaki farklılıklarını maddenin dört temel özelliğinden biri olan tanecikli yapı bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisine göre açıklamak kimya eğitiminde en önemli konulardan birisidir. İlgili literatür incelendiğinde maddenin tanecikli yapısı ile ilgili konuların öğrenciler tarafından en çok zorlanan ve öğretiminde en fazla sorun yaşanan konular

arasında olduğu yoğun bir şekilde ifade edilmektedir (Özmen ve diğerleri, 2002; Jaber ve Boujaoude, 2012; Çakmakçı, Leach ve Donnelly, 2006; Özmen, Ayas ve Coştu, 2002; Franco ve Taber, 2009; Akkuş ve Tüzün, 2014; Koç, 2019; Tarkın Çekilkıran ve Gökçe, 2019).

İlkokul, ortaokul, lise, lisans ve lisans üstü örgün eğitim sistemi programlarında maddenin özellikleri ve özellikleri arasındaki farklılıkların tanecikli yapı bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisine göre nasıl açıklanacağını öğretimi yer almaktadır. Ülkemiz Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) örgün eğitim sistemi programının İlkokul 4. ve 5. sınıf fen eğitiminde maddenin özellikleri ve hal değişimleri, ortaokul 6. Sınıfta maddenin tanecikli yapısı, 7. Sınıfta, atomun yapısı bağlamında atom ve molekül modelleri ve 8. Sınıfta maddede gerçekleşen değişimler ile ilgili fiziksel ve kimyasal değişim konuları öğretilmektedir. Ancak, kaynak kitaplar ve öğretmenlerin olası eksik, aksak ve hatalı anlamalarını gidermek amacıyla yeni tasarlanmış öğretim etkilerinin olduğu görülmektedir (Aker ve diğerleri 2019, Coşkun ve diğerleri 2019, MEB 2018, Özkan 2019, Seyrek ve diğerleri 2019, Ünver ve diğerleri 2020).

Bu çalışmada fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarının öğretiminde molekül modellerinin aşamalı kullanımına yönelik bir öğretim tasarımı sunulmuştur. Tasarımda verilen etkinliklerle fiziksel veya kimyasal değişim olayının gözlem veya deney yolu ile elde edilebilir özellikleri verilerek molekül modeli gösterimleri aracılığı ile makro mikro ilişkisinin nasıl açıklanacağını nasıl yorumlanacağına aşamalı olarak dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca tasarım maddede gerçekleşen değişimin fiziksel mi yoksa kimyasal mı olduğunu, değişimin tersinir mi yoksa tersinmez mi olduğunu, ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu, atom türü ve her bir atom sayısının korunumu bağlamında maddenin korunumu ve kütle korunumu ilişkisini öğretmek için kullanılacak niteliktedir.

ÖĞRETİM TASARIMI

Aşama 1

Fiziksel Değişimlerin Molekül Modeli ile Gösteriminin Öğretimi

Aşama 1’de iki fiziksel değişim olayının örneklendiği bir etkinlik (Etkinlik 1) tasarlanmıştır. Bu etkinlikte, bir fiziksel değişim olayı ile ilgili gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir özelliklerinin molekül modeli ile nasıl gösterileceğinin öğretimi amaçlanmaktadır.

Etkinlik 1. (*Bir fiziksel değişim molekül modeli ile nasıl gösterilir ve açıklanır?*)

Gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir özellikleri verilen bir fiziksel değişimin molekül modelleri ile gösteriminin nasıl yapılacağını öğretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Etkinlik 1’de buzun erimesi ve suyun buharlaşması olmak üzere iki fiziksel değişim örneği tasarlanmıştır. Bu etkinlikte öğrencilerden buzun erimesi ve suyun buharlaşmasının molekül modelleri ile göstermeleri ve molekül modelleri ile değişimlerin özellikleri arasındaki ilişkinin sorgulandığı önceden hazırlanmış sekiz açık uçlu soruyu yanıtlamaları istenmektedir.

Etkinlik 1’de etkin ve verimli öğretimin gerçekleşmesi aşamalılık ilkesine uyulmasına bağlıdır. Bu bağlamda etkinlik dört aşamadan oluşmaktadır. **Birinci aşamada**, öğretmen, model temelli eğitim bağlamında molekül modeli ile gösterimin nasıl yapılacağı ve anlamlı öğrenmeye etkisini sözlü anlatımla açıklanmalıdır. **İkinci aşamada**, öğretmen fiziksel değişim örneğinin gözlem veya deney ile elde edilebilir özelliklerini açıklamalıdır. **Üçüncü aşamada**, öğretmen etkinlik için önceden hazırlanmış sekiz soruyu sırasıyla okumalı ve her bir soru okunduktan sonra öğrencilerin yanıt vermesi için

yeterince süre beklemelidir. **Dördüncü aşamada**, her bir sorunun yanıtı öğretmen tarafından açıklanmalıdır. **Son aşamada**, öğretmen tarafından öğrenci yanıtları incelenmeli ve öğrencilerin eksik, aksak ve yanlış anlamaları düzeltilmelidir.

Molekül modeli ile gösterimlerin özellikleri: Fiziksel değişim örneklerinin molekül modeli ile gösteriminde, Pimental'de (1963) verilen gösterimlerden yararlanılmıştır. Bu bağlamda, buz, su ve su buharının fiziksel halleri, değişimlerde molekül türü ve molekül türü sayısının değişimi, atom türü ve her bir atom türünün sayısı değişimi, değişimin türü, maddenin korunumu ve kütle korunumu yasasının tartışılabilirliği, değişimin tersinirlik özelliği, değişimin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğu gibi özelliklerin tartışılmasına olanak sağlayacak şekilde molekül modeli ile gösterimler yeniden tasarlanmıştır.

Örnek Durum 1.1

Fiziksel Değişim 1: Buzun Suyu Dönüşümü Örneği

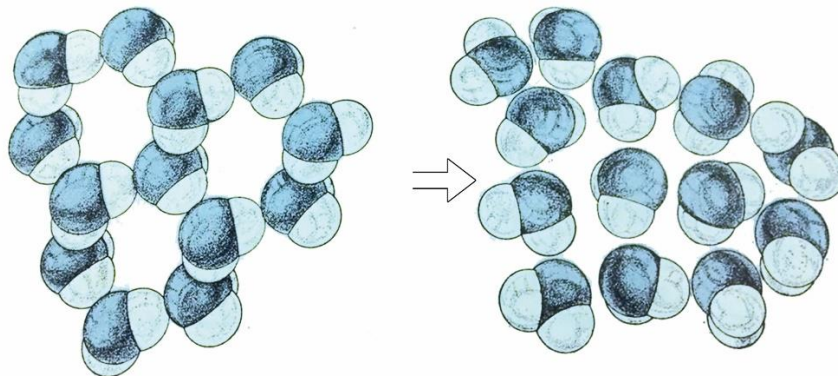
(Buzun suya dönüşümü molekül modeli ile nasıl gösterilir ve açıklanır?)

Problem 1. Buzun suya dönüşümü ile ilgili verilen gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir bilgiler göre, aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

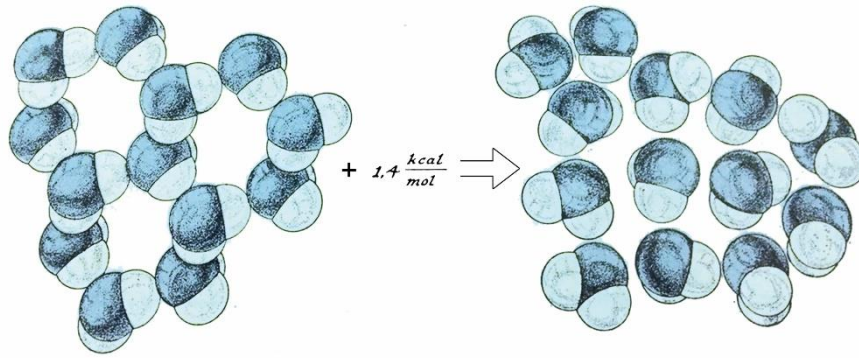
Buzun Suyu Dönüşümü: Buzun suya dönüşümü ile ilgili, 1. 0°C altında katı haldeki su (buz), sıvı haldeki suya dönüştüğü için bir hal değişimidir. 2. Yeni bir madde oluşmadığı için fiziksel bir değişimdir. 3. Isı alan bir olay olduğu için endotermiktir. 4. Buzun suya dönüşümü erime noktasında (1 atmosfer basınçta, 0°C 'de) ise, buzun bir kısmı sıvı halde suya dönüşür ve belli bir süre sonra denge teorisi bağlamında katı-sıvı dengesi kurulduğu için tersinir bir olaydır. 5. Buz oda sıcaklığında ($25^{\circ}\text{C} > 0^{\circ}\text{C}$) ise, buz belli bir süre sonra tamamen sıvı halde suya dönüştüğü için dinamik denge şartı nedeniyle tersinmez bir olaydır. 6. Buzun hacmi suyun hacminden daha büyük olmasına rağmen, suyun buzdan farklı olarak akışkan olması nedeniyle buzun suya dönüşümünde düzensizlik (entropi) artar.

Problem 1.1. 25°C 'de buzun suya dönüşümü molekül modeli ile nasıl gösterilir?

Yanıt: Buzun suya dönüşümünün üç boyutlu molekül modelleri ile gösterimi Şekil 1a-b'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1. Buzun suya dönüşümünün üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi.

Problem 1.2. Şekil 1a-b'deki gösterimler maddenin tanecikli yapısına uygun mu?

Yanıt: Şekil 1a-b'de verilen gösterimler, maddenin tanecikli yapı özelliğine dayanan tanecik modeli ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre hazırlanmıştır. Gösterimlerde, girenler ve ürünler tarafındaki atom türlerinin aynı olması ayrıca girenler tarafındaki her bir atom türü sayısının ürünler tarafındaki eşit olması atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gösterimlerin maddenin tanecikli yapı özelliği bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisine uygun olarak hazırlandığı söylenebilir.

Şekil 1a-b'de su (H_2O) molekülü modellerinde, $1H$ ve $8O$ atomlarını temsil eden küreciklerin renkleri farklı verilmiş ayrıca büyüklüklerinin atom numarası, proton sayısı bağlamında atom yarıçapı ve atom hacmi ilişkisine dikkat edilerek $8O$ atomlarının $1H$ atomlarından daha büyük olmasına dikkat edildiği görülmektedir.

Şekil 1a-b'de verilen gösterimler incelendiğinde, gerçekleşen değişimin 1. tersinir mi yoksa tersinmez mi olduğunu, 2. fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi olduğunu, 3. maddenin korunumu ve kütle korunumu yasasına uygunluğunu, 4. Ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu makro mikro sembol ilişkisi ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre açıklama olanağı sağlamaktadır.

Problem 1.3. Şekil 1a-b'deki gösterimlerdeki değişimde molekül türü ve molekül sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 1a-b'deki gösterimlerde değişimin hem girenler hem de ürünler tarafında yalnızca su molekülü modeli görülmektedir. Diğer yandan, girenler ve ürünler tarafındaki su molekülü sayısı (13 adet) birbirine eşittir. Bu nedenle hem molekül türü hem de molekül sayısı değişmemiştir.

Problem 1.4. Şekil 1a-b'de verilen gösterimlerdeki değişimde atom türü ve her bir atom türünün sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 1a-b'deki gösterimlerde, girenler tarafında 13 adet H_2O molekülü nedeniyle 26 adet H atomu ve 13 adet O atomu, ürünler tarafında ise, 13 adet H_2O molekülü nedeniyle 26 adet H atomu ve 13 adet O atomu mevcuttur. Bu durumda hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türünün sayısı değişmemiştir. Bu nedenle, modellemede atom sayılarının korunumu yasasına uygundur.

Problem 1.5. Şekil 1a-b'deki gösterimlerde gerçekleşen değişim fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi? Neden?

Yanıt: Şekil 1a-b'deki gösterimlerde hem girenler hem de ürünler tarafında yalnızca H₂O moleküllerinin olduğu başka bir deyişle molekül türünün değişmediği görülmektedir. Bu durumda, buzun suya dönüşümünde, mikro açıdan molekül düzeni değişmemiş başka bir deyişle yeni bir molekül türü oluşmamıştır. Bu nedenle, makro açıdan buzun suya dönüşümünde yeni bir maddenin oluşmadığı başka bir deyişle fiziksel değişim gerçekleştiği anlaşılmaktadır.²

Problem 1.6. Şekil 1a-b'deki gösterimlerdeki değişim maddenin korunumu ve kütlelenin korunumu yasasına uygun mu? Neden?

Yanıt: Şekil 1a-b'deki gösterimler ile ilgili Problem 1.4.'de hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türünün sayısı değişmediği ve atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğu açıklanmıştı. Bir değişimin mikro düzeyde atom sayılarının korunumu yasasına uygun olması, maddenin korunumu ve kütlelenin korunumu yasasına da uygun olduğu anlamına gelmektedir. Bu bağlamda makro açıdan maddenin korunumu yasası, kütlelenin korunumu yasası, mikro açıdan atom sayılarının korunumu yasası içerik açısından eşdeğerdir.

Problem 1.7. Şekil 1a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim endotermik mi yoksa ekzotermik mi? Neden?

Yanıt: Şekil 1a'daki gösterimde enerjinin değişimi nitel açıdan, Şekil 1b'deki gösterimde ise enerjinin değişimi hem nitel hem de nicel açıdan açıklanabilir. Şekil 1a-b'deki buzı temsil eden su moleküllerinin oluşturduğu altıgene benzeyen halkamsı yapının sıvı haldeki su moleküllerine dönüşürken (erime) bozulduğu ayrıca sıvı haldeki su molekülleri arasındaki mesafenin arttığı görülmektedir. İki molekül arasındaki mesafe artarsa, potansiyel enerji artar ve moleküller arası çekim kuvveti azalır. Her iki gösterimde de katı halden sıvıya dönüşüm ve moleküller arası mesafe artışı nedeniyle düzensizliğin artışı enerjinin de artışı gerektirdiğinden, buzun suya dönüşümünün ısı alan (endotermik) bir değişim olduğunu nitel açıdan göstermektedir.

Şekil 1b'de girenler tarafında 1.4 kkal/mol yazması nedeniyle katı haldeki suyun sıvı halde suya dönüşümünün ısı alan bir olay olduğunu ve değişimin gerçekleşmesi için 1.4 kkal/mol enerji gerektiğini başka bir deyişle endotermik bir değişim olduğunu nicel açıdan göstermektedir.

Problem 1.8. Şekil 1a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim tersinir mi yoksa tersinmez mi? Neden?

Yanıt: Denge teorisi bağlamında denge şartına göre, bir sistemde gerçekleşen değişimin kapalı bir sistemde sabit sıcaklıkta hem girenlerin hem de ürünlerin sistemde olması durumunda moleküller düzeyde dinamik denge kurulur ve değişim makroskobik açıdan tersinir özelliğe sahip olur. Şekil 1a-b'deki gösterimlerdeki değişimin girenler ve ürünler tarafı arasında tek yönlü ok ile sembolize edildiği görülmektedir. Bu durum, buzun suya dönüşümü olayında katı haldeki su moleküllerinin tamamen sıvı haldeki su moleküllerine dönüştüğü anlamına gelmektedir. Bu nedenle, gösterimlerde gerçekleşen

²**Not:** Bir maddenin gözle görülebilir en küçük miktarı bile çok sayıda atom veya molekül içerir. Diğer yandan, katı veya sıvı haldeki maddelerde moleküller arası çekim kuvvetleri tek bir molekül ile değil ancak birden fazla molekül ile sembolize edilebilir. Bu nedenle Şekil 1a-b'de görüldüğü gibi, katı haldeki buz ve sıvı haldeki suyun molekül modeli ile gösterimleri birden fazla H₂O molekülü içermektedir. Ayrıca buzun kristal yapısının modellenmesi en az 13 adet su molekülü modelinin olmasını gerektirmektedir.

katı haldeki suyun sıvı haldeki suya dönüşmesi olayının açık bir sistemde gerçekleştiği, katı haldeki su moleküllerinin sıvı haldeki su moleküllerine dönüşümü nedeniyle tersinmez olduğu söylenebilir.³

Örnek Durum 1.2

Fiziksel Değişim 2: Suyun Buharlaşması Örneği

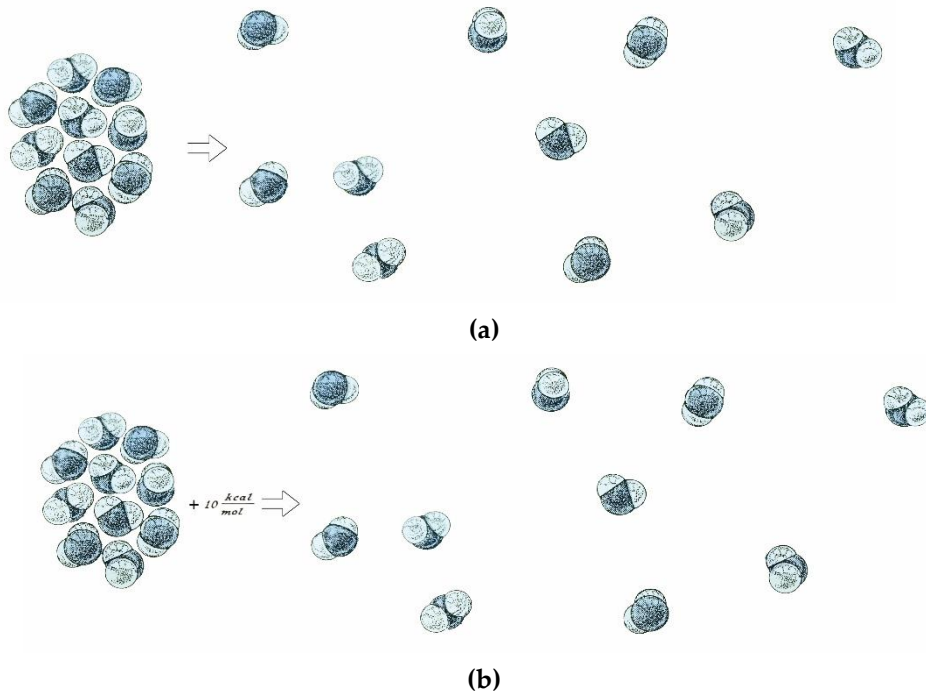
(Bir hal değişimi molekül modeli ile nasıl gösterilir ve açıklanır?)

Problem 2. 25°C’de suyun buharlaşması ile ilgili verilen gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir bilgilere göre, aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

Suyun Buharlaşması: Oda sıcaklığında (25°C) suyun buharlaşması ile ilgili, 1. Sıvı haldeki su, gaz haldeki su buharına dönüştüğü için bir hal değişimidir. 2. Yeni bir madde oluşmadığı için fiziksel bir değişimdir. 3. Isı alan bir olay olduğu için endotermiktir. 4. Su kapalı bir sistemde ise, sıvı halde suyun bir kısmı buharlaşır ve belli bir süre sonra denge teorisi bağlamında sıvı-buhar dengesi kurulduğu için tersinir bir olaydır. 5. Su açık bir sistemde ise, sıvı haldeki su belli bir süre sonra tamamen buharlaşarak su buharına dönüştüğü için dinamik denge şartı nedeniyle tersinmez bir olaydır. 6. Suyun gaz haldeki hacmi, sıvı haldeki hacminden daha büyük olması nedeniyle su buharlaşırken düzensizlik (entropi) artar.

Problem 2.1. 25°C’de suyun buharlaşması molekül modeli ile nasıl gösterilir?

Yanıt: Suyun buharlaşmasının üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi 2a-b’de verilmiştir.



Şekil 2. 25°C’de açık bir sistemde suyun buharlaşmasının üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi.

Problem 2.2. Şekil 2a-b’deki gösterimler maddenin tanecikli yapısına uygun mu?

³**Not:** Katı haldeki suyun sıvı hale dönüşümü, erime noktasında ise (1.0 atmosfer basınçta 0°C sıcaklıkta) buzun suya dönüşümünde erime-donma dengesi kurulur. Bu nedenle, erime noktasında gerçekleşen katı haldeki suyun sıvı haldeki suya dönüşümünün gösterimde girenler ve ürünler tarafı arasında tersinirlik özelliği bağlamında dinamik dengeyi temsil etmek için çift yönlü konulur.

Yanıt: Şekil 2a-b'de verilen gösterimler, maddenin tanecikli yapı özelliğine dayanan tanecik modeli ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre hazırlanmıştır. Gösterimlerde, girenler ve ürünler tarafındaki atom türlerinin aynı olması ayrıca girenler tarafındaki her bir atom türü sayısının ürünler tarafındaki eşit olması atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gösterimlerin maddenin tanecikli yapı özelliği bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisine uygun olarak hazırlandığı söylenebilir.

Şekil 2a-b'de su (H_2O) molekülü modellerinde, $1H$ ve $8O$ atomlarını temsil eden küreciklerin renkleri farklı verilmiş ayrıca büyüklüklerinin atom numarası, proton sayısı bağlamında atom yarıçapı ve atom hacmi ilişkisine dikkat edilerek $8O$ atomlarının $1H$ atomlarından daha büyük olmasına dikkat edildiği görülmektedir.

Şekil 2a-b'de verilen gösterimler incelendiğinde, gerçekleşen değişimin 1. tersinir mi yoksa tersinmez mi olduğunu, 2. fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi olduğunu, 3. maddenin korunumu ve kütlelenin korunumu yasasına uygunluğunu, 4. Ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu makro mikro sembol ilişkisi ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre açıklama olanağı sağlamaktadır.

Problem 2.3. Şekil 2a-b'deki gösterimlerdeki değişimde molekül türü ve molekül sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 2a-b'deki gösterimlerde değişimin hem girenler hem de ürünler tarafında yalnızca su molekülü modeli görülmektedir. Diğer yandan, girenler ve ürünler tarafındaki su molekülü sayısı (10 adet) birbirine eşittir. Bu nedenle hem molekül türü hem de molekül sayısı değişmemiştir.

Problem 2.4. Şekil 2a-b'de verilen gösterimlerdeki değişimde atom türü ve her bir atom türünün sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 2a-b'deki gösterimlerde, girenler tarafında 10 adet H_2O molekülü nedeniyle 20 adet H atomu ve 10 adet O atomu, ürünler tarafında ise, 10 adet H_2O molekülü nedeniyle 20 adet H atomu ve 10 adet O atomu mevcuttur. Bu durumda hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türünün sayısı değişmemiştir. Bunun nedeni, atom sayılarının korunumu yasası gereği, değişimin girenler ve ürünler tarafındaki atom türü ve her bir atom türünün toplam sayısı değişmemesidir.

Problem 2.5. Şekil 2a-b'deki gösterimlerde gerçekleşen değişim fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi? Neden?

Yanıt: Şekil 2a-b'deki gösterimlerde hem girenler hem de ürünler tarafında yalnızca H_2O moleküllerinin olduğu başka bir deyişle molekül türünün değişmediği görülmektedir. Bu durumda, suyun buharlaşmasında, mikro açıdan molekül düzeni değişmemiş başka bir deyişle yeni bir molekül türü oluşmamıştır. Bu nedenle, makro açıdan buzun suya dönüşümünde yeni bir maddenin oluşmadığı başka bir deyişle fiziksel değişim gerçekleştiği anlaşılmaktadır.⁴

Problem 2.6. Şekil 2a-b'deki gösterimlerdeki değişim maddenin korunumu ve kütlelenin korunumu yasasına uygun mu? Neden?

⁴**Not:** Bir maddenin gözle görülebilir en küçük miktarı bile çok sayıda atom veya molekül içerir. Diğer yandan, katı veya sıvı haldeki maddelerde moleküller arası çekim kuvvetleri tek bir molekül ile değil ancak birden fazla molekül ile sembolize edilebilir. Bu nedenle Şekil 2a-b'de görüldüğü gibi, sıvı haldeki su ve gaz haldeki su buharının molekül modeli ile gösterimleri birden fazla H_2O molekülü içermektedir.

Yanıt: Şekil 2a-b'deki gösterimler ile ilgili Problem 2.4.'de hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türü sayısının değişmediği ve atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğu açıklanmıştı. Bir değişimin mikro düzeyde atom sayılarının korunumu yasasına uygun olması, maddenin korunumu ve kütle korunumu yasasına da uygun olduğu anlamına gelmektedir. Bu bağlamda makro açıdan maddenin korunumu yasası ve kütle korunumu yasası, mikro açıdan atom sayılarının korunumu yasası içerik açısından eşdeğerdir.

Problem 2.7. Şekil 2a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim endotermik mi yoksa ekzotermik mi? Neden?

Yanıt: Şekil 2a'daki gösterimde enerjinin değişimi nitel açıdan, Şekil 2b'deki gösterimde ise enerjinin değişimi hem nitel hem de nicel açıdan açıklanabilir. Şekil 1a-b'deki sıvı haldeki suyu gaz haldeki su moleküllerine dönüşümünde su molekülleri arasındaki mesafenin arttığı görülmektedir. İki molekül arasındaki mesafe artarsa, potansiyel enerji artar ve moleküller arası çekim kuvveti azalır. Her iki gösterimde de sıvı halden gaz dönüşümünde moleküller arası mesafe artışı nedeniyle düzensizliğin artışı enerjinin artışı gerektirdiğinden, sıvı suyun su buharına dönüşümünün ısı alan (endotermik) bir değişim olduğunu nitel açıdan göstermektedir.

Şekil 2b'de girenler tarafında 10 kkal/mol yazması nedeniyle sıvı haldeki suyun gaz haldeki su buharına dönüşümünün ısı alan bir olay olduğunu ve değişimin gerçekleşmesi için 10 kkal/mol enerji gerektiğini başka bir değişimle endotermik bir değişim olduğunu nicel açıdan göstermektedir.

Problem 2.8. Şekil 2a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim tersinir mi yoksa tersinmez mi? Neden?

Yanıt: Denge teorisi bağlamında denge şartına göre, bir sistemde gerçekleşen değişimin kapalı bir sistemde sabit sıcaklıkta hem girenlerin hem de ürünlerin sistemde olması durumunda moleküller düzeyde dinamik denge kurulur ve değişim makroskobik açıdan tersinir özelliğe sahip olur. Şekil 2a-b'deki gösterimlerdeki değişimin girenler ve ürünler tarafı arasında tek yönlü ok ile sembolize edildiği görülmektedir. Bu durum, suyun buharlaşması olayında sıvı haldeki su moleküllerinin tamamen gaz haldeki su moleküllerine dönüştüğü anlamına gelmektedir. Bu nedenle, gösterimlerde gerçekleşen suyun buharlaşması olayının açık bir sistemde gerçekleştiği ve tersinmez olduğu söylenebilir.⁵

Aşama 2

Kimyasal Değişimlerin Molekül Modeli ile Gösteriminin Öğretimi

Bu aşamada iki kimyasal değişim örneğini içeren bir etkinlik (Etkinlik 2) tasarlanmıştır. Bu etkinlikte, bir kimyasal değişim olayı ile ilgili gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir özelliklerinin molekül modeli ile nasıl gösterileceğinin öğretimi açıklanmaktadır.

Etkinlik 2. (Bir kimyasal değişim molekül modeli ile nasıl gösterilir ve açıklanır?)

Gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir özellikleri verilen bir kimyasal değişimin molekül modelleri ile gösteriminin nasıl yapılacağı öğretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Etkinlik 2'de suyun oluşumu ve suyun ayrışması (bozunması) olmak üzere iki kimyasal değişim örneği tasarlanmıştır. Bu etkinlikte, öğrencilerden suyun oluşumu ve suyun bozunmasını molekül modelleri ile göstermeleri ve molekül modelleri ile değişimlerin özellikleri arasındaki ilişkinin sorgulandığı önceden hazırlanmış sekiz açık uçlu soruyu yanıtlamaları istenmektedir.

⁵ **Not:** Sıvılar her sıcaklıkta buharlaşır ve sabit sıcaklıkta kapalı bir sistemde sıvı-buhar dengesi kurulur. Bu nedenle, sabit sıcaklıkta kapalı sistemde gerçekleşen suyun buharlaşması olayının gösterimde girenler ve ürünler tarafı arasına tersinirlik özelliği bağlamında dinamik dengeyi temsil etmek için çift yönlü konulur.

Etkinlik 2’de etkin ve verimli öğretimin gerçekleşmesi aşamalılık ilkesine uyulmasına bağlıdır. Bu bağlamda etkinlik dört aşamadan oluşmaktadır. **Birinci aşamada**, öğretmen tarafından, model temelli eğitim ile ilgili molekül modeli ile gösterimin nasıl yapılacağı ve anlamlı öğrenmeye etkisi sözlü anlatımla açıklanmalıdır. **İkinci aşamada**, öğretmen kimyasal değişim örneğinin gözlem veya deney ile elde edilebilir özelliklerini açıklamalıdır. **Üçüncü aşamada**, öğretmen önce etkinlik için hazırlanmış sekiz açık uçlu soruyu sırasıyla okumalı ve her bir soru okunduktan sonra öğrencilerin yanıt vermesi için yeterince süre beklemelidir. **Dördüncü aşamada**, her bir sorunun yanıtı öğretmen tarafından açıklanmalıdır. **Son aşamada**, öğretmen tarafından öğrenci yanıtları incelenmeli ve öğrencilerin eksik, aksak ve yanlış anlamaları düzeltilmelidir.

Molekül modeli ile gösterimlerin özellikleri: Kimyasal değişim örneklerinin molekül modeli ile gösteriminde, Pimental’deki (1963) gösterimlerden yararlanılmıştır. Bu bağlamda, değişimlerde molekül türü ve molekül türü sayısının değişimi, atom türü ve her bir atom türü sayısının değişimi, değişimin türü, maddenin korunumu ve kütlelenin korunumu yasaının tartışılabilirliği, değişimin tersinirlik özelliği, değişimin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğu gibi özelliklerin tartışılabilmesi için molekül modeli ile gösterimler yeniden düzenlenmiştir.

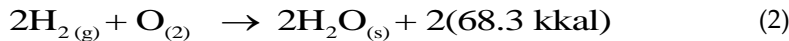
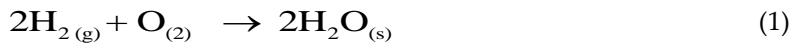
Örnek Durum 2.1.

Kimyasal Değişim 1: Suyun Oluşumu Örneği

(Suyun oluşumu molekül modeli ile nasıl gösterilir ve açıklanır?)

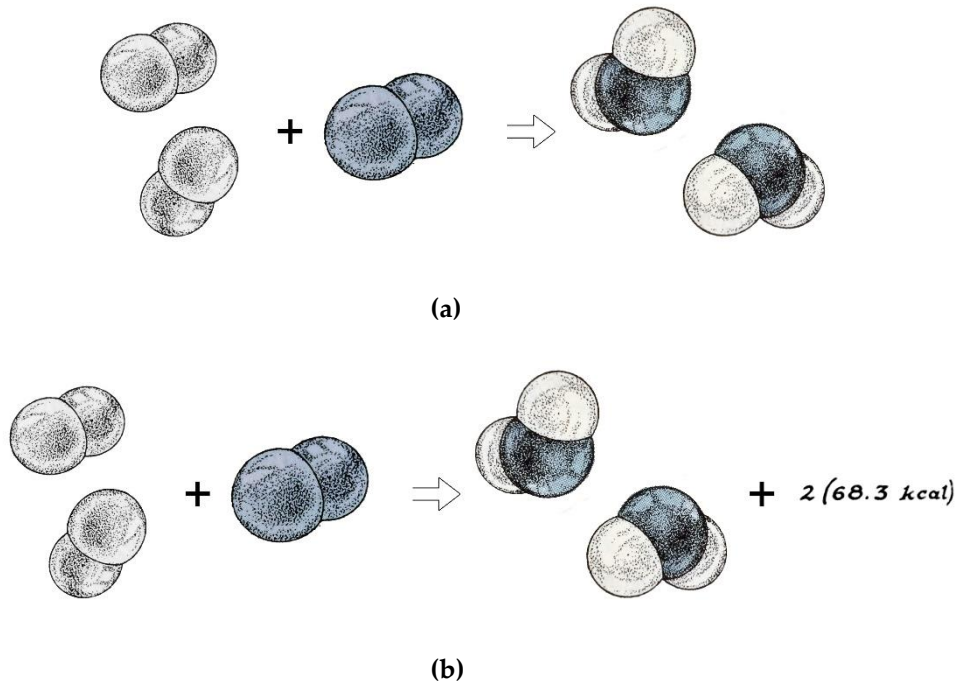
Problem 3. Suyun oluşumu ile ilgili verilen gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir bilgilere göre, aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

Suyun Oluşumu: Su; H₂O, hidrojen gazı; H₂, oksijen gazı; O₂ molekül formülüne sahiptir. H₂O oda sıcaklığında sıvı, O₂ ve H₂ ise gaz haldedir. Su; çok tane H₂O molekülünün bir araya gelmesi ile oluşan bir bileşik iken, hidrojen gazı; çok sayıda H₂ molekülünün biraraya gelmesi ile, oksijen gazı ise çok tane O₂ molekülünün bir araya gelmesi ile oluşan elementlerdir. Oksijen ve hidrojen gazları oda sıcaklığında iki atomlu moleküller halde bulunurlar. 2.0 gram hidrojen gazı (1.0 mol H₂) ile 16.0 gram oksijen gazı (0.5 mol O₂) birleşirse, 18.0 gram su (1 mol, H₂O) oluşur. Bu bağlamda suyun oluşumu, hidrojen gazı ve oksijen gazlarının özellikleri (sırasıyla yanıcı ve yakıcı) ile suyun özellikleri (söndürücü) aynı şartlarda birbirinden farklı olduğu için kimyasal değişim olayıdır. Suyun oluşumu sırasında ısı açığa çıktığı için ekzotermik bir olaydır. İki tane H₂ molekülü ile 1 tane O₂ molekülü birleştiğinde, 2 tane H₂O molekülü oluşur. Suyun oluşma tepkimesi (1) veya (2) eşitliği ile verilmiştir.



Problem 3.1. 25°C’de suyun oluşumu molekül modeli ile nasıl gösterilir?

Yanıt: Suyun oluşumunun üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi Şekil 3a-b’de verilmiştir.



Şekil 3. Suyun oluşumunun üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi.

Problem 3.2. Şekil 3a-b'deki gösterimler maddenin tanecikli yapısına uygun mu?

Yanıt: Şekil 3a-b'de verilen gösterimler, maddenin tanecikli yapı özelliğine dayanan tanecik modeli ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre hazırlanmıştır. Gösterimlerde, girenler ve ürünler tarafındaki atom türlerinin aynı olması ayrıca girenler tarafındaki her bir atom türü sayısının ürünler tarafındaki eşit olması atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gösterimlerin maddenin tanecikli yapı özelliği bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisine uygun olarak hazırlandığı söylenebilir.

Şekil 3a-b'de su (H_2O) molekülü modellerinde, ${}_1H$ ve ${}_8O$ atomlarını temsil eden küreciklerin renkleri farklı verilmiş ayrıca büyüklüklerinin atom numarası, proton sayısı bağlamında atom yarıçapı ve atom hacmi ilişkisine dikkat edilerek O atomlarının H atomlarından daha büyük olmasına dikkat edildiği görülmektedir.

Şekil 3a-b'de verilen gösterimler incelendiğinde, gerçekleşen değişimin 1. tersinir mi yoksa tersinmez mi olduğunu, 2. fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi olduğunu, 3. maddenin korunumu ve kütle korunumu yasasına uygunluğunu, 4. Ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu makro mikro sembol ilişkisi ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre açıklama olanağı sağlamaktadır.

Problem 3.3. Şekil 3a-b'deki gösterimlerdeki değişimde molekül türü ve molekül sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 3a-b'deki gösterimlerde değişimin girenler tarafında 2 adet H_2 molekülü ve 1 adet O_2 molekülü olmak üzere toplam 3 adet molekül, ürünler tarafında ise yalnızca H_2O molekülü olup toplam 2 adettir. Bu nedenle girenlerin ürünlere dönüşümünde hem molekül türü hem toplam molekül sayısı değişmiştir.

Bazı kimyasal tepkimelerin gösteriminde tepkimeye girenler ile ürünlerin molekül sayıları toplamı eşit iken, bazı kimyasal tepkimelerde eşit değildir. Ancak fiziksel değişimlerin gösteriminde girenler ve ürünler tarafındaki molekül türü aynı ve toplam molekül sayısı her zaman eşit olmalıdır.

Problem 3.4. Şekil 3a-b'de verilen gösterimlerdeki değişimde atom türü ve her bir atom türünün sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 3a-b'deki gösterimlerde, girenler tarafında 2 adet H₂ molekülü ve 1 adet O₂ molekülü nedeniyle 4 adet H atomu ve 2 adet O atomu, ürünler tarafında ise, 2 adet H₂O molekülü nedeniyle 4 adet H atomu ve 2 adet O atomu mevcuttur. Bu durumda hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türünün sayısı değişmemiştir. Bunun nedeni, atom sayılarının korunumu yasası gereği, değişimin girenler ve ürünler tarafındaki atom türü ve her atom türü toplam sayısının değişmemesidir.

Problem 3.5. Şekil 3a-b'deki gösterimlerde gerçekleşen değişim fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi? Neden?

Yanıt: Şekil 3a-b'deki gösterimlerde girenler tarafında iki adet H₂ molekülü ile bir adet O₂ molekülü olmasına rağmen, ürünler tarafında iki adet H₂O molekülü olduğu, başka bir deyişle molekül türünün değiştiği görülmektedir. Bu durumda, suyun oluşumunda mikro açıdan girenler tarafındaki H₂ ve O₂ moleküllerinin düzeni değişmiş başka bir deyişle yeni bir molekül türü oluşmuştur. Bu nedenle, makro açıdan suyun oluşumunda yeni bir maddenin oluştuğu başka bir deyişle kimyasal değişim gerçekleştiği anlaşılmaktadır.⁶

Problem 3.6. Şekil 3a-b'deki gösterimlerdeki değişim maddenin korunumu ve kütleinin korunumu yasasına uygun mu? Neden?

Yanıt: Şekil 3a-b'deki gösterimler ile ilgili Problem 3.4.'de hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türü sayısının değişmediği ve atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğu açıklanmıştı. Bir değişimin mikro düzeyde atom sayılarının korunumu yasasına uygun olması, maddenin korunumu ve kütleinin korunumu yasasına da uygun olduğu anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, makro açıdan maddenin korunumu yasası, kütleinin korunumu yasası, mikro açıdan atom sayılarının korunumu yasası içerik açısından eşdeğerdir.

Problem 3.7. Şekil 3a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim endotermik mi yoksa ekzotermik mi? Neden?

Yanıt: Gösterimlerin enerji korunumuna uygunluğu Şekil 3a'da yalnızca nitel açıdan, Şekil 3b'de ise hem nitel hem de nicel açıdan açıklanabilir. Şekil 3a-b'de girenler tarafındaki molekül sayıları toplamı (3 molekül) ürünler tarafındaki molekül sayısı toplamından (2 molekül) daha büyüktür. Bu durumda girenlerin ürünlere dönüşümünde molekül sayısı başka bir deyişle düzensizlik azalmaktadır. Suyun oluşumu gösterimlerinde girenlerin ürünlere dönüşümünde toplam molekül sayısının azalması

⁶ **Not:** Bir kimyasal değişimde, molekül düzeninin değişimi, moleküldeki atomların birbirine göre pozisyonlarının değişimi veya moleküldeki atomlar arasındaki bağların (molekül içi) kopması ve yeni bağ oluşumu ile açıklanır. Yeni bağdaki atomlar, kopan bağdaki atomlardan farklı olabilir. Örneğin H₂ molekülünde iki H atomu arasında, O₂ molekülünde iki O atomu arasında iken, H₂O molekülündeki bağlar ise O atomu ile H atomu arasındadır.

Kimyasal kinetik teoriye ve değerlik bağı kuramına göre, suyun oluşumunda, H₂ ve O₂ molekülü birbiri ile etkileştiğinde, H₂ molekülündeki iki H atomu arasındaki tek bağ ve O₂ molekülündeki iki O atomu arasındaki çift bağ koparken, bir tane O atomu ile iki H atomu arasında iki yeni bağ oluşumu ile H₂O molekülü oluştuğu söylenebilir.

nedeniyle düzensizliğin azalması enerjinin de azalmasını gerektirdiğinden suyun oluşum tepkimesinin ısının açığa çıktığı (ekzotermik) bir değişim olduğunu göstermektedir.

Şekil 3b’de ürünler tarafında 2(68.3 kkal) yazması nedeniyle suyun oluşum tepkimesinin ısı veren (ekzotermik) bir olay olduğunu ve değişimin gerçekleşmesi sırasında 2(68.3 kkal) ısı açığa çıktığını başka bir deyişle ekzotermik bir değişim gerçekleştiğini nicel açıdan göstermektedir.

Problem 3.8. Şekil 3a-b’de verilen gösterimlerdeki değişim tersinir mi yoksa tersinmez mi? Neden?

Yanıt: Şekil 3a-b’deki gösterimlerde girenlerin ürünlere dönüşümünü gösteren değişim tek yönlü ok ile sembolize edildiği görülmektedir. Bu nedenle gösterimlere bağlı olarak suyun oluşum tepkimesinin açık bir sistemde gerçekleştiği ve değişimin tersinmez olduğu söylenebilir.

Örnek Durum 2.2.

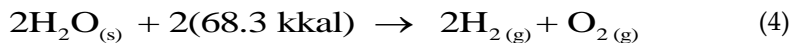
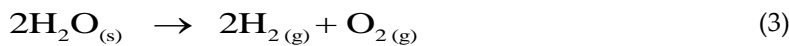
Kimyasal Değişim 2: Suyun Bozunması Örneği

(Suyun bozunması molekül modeli ile nasıl gösterilir ve açıklanır?)

Problem 4. Suyun bozunması ile ilgili verilen gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir bilgilere göre, aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

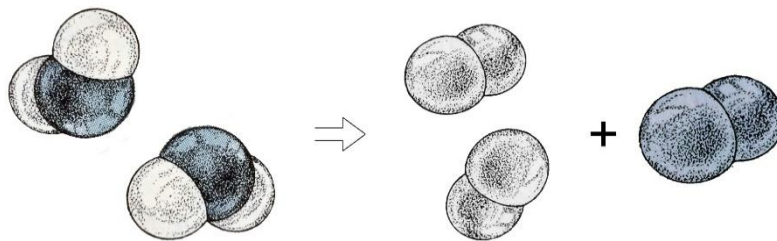
Suyun Bozunması: Su; H₂O, hidrojen gazı; H₂, oksijen gazı; O₂ molekül formülüne sahiptir. Su (H₂O) oda sıcaklığında sıvı, oksijen (O₂) ve hidrojen (H₂) ise gaz haldedir. Su; çok tane H₂O molekülünün bir araya gelmesi ile oluşan bir bileşik iken, hidrojen gazı; çok sayıda H₂ molekülünün bir araya gelmesi ile, oksijen gazı ise çok tane O₂ molekülünün bir araya gelmesi ile oluşan elementlerdir. Oksijen ve hidrojen gazları oda sıcaklığında iki atomlu moleküller halde bulunurlar.

18.0 gram su (1 mol, H₂O) yeterince enerji (elektroliz ile) alırsa, 2.0 gram hidrojen gazı (1.0 mol H₂) ve 16.0 gram oksijen gazı (0.5 mol O₂), oluşur. Bu bağlamda suyun bozunması, suyun özellikleri (söndürücü) ile hidrojen gazı ve oksijen gazlarının özellikleri (sırasıyla yanıcı ve yakıcı) aynı şartlarda birbirinden farklı olduğu için, kimyasal değişim olayıdır. Suyun bozunması, ısı gerektirdiği için endotermik bir olaydır. İki tane H₂O molekülü bozduğunda, iki tane H₂ molekülü ve bir tane O₂ molekülü oluşur. Suyun bozunması molekül formülleri ile (3) veya (4) eşitliği ile gösterilir.

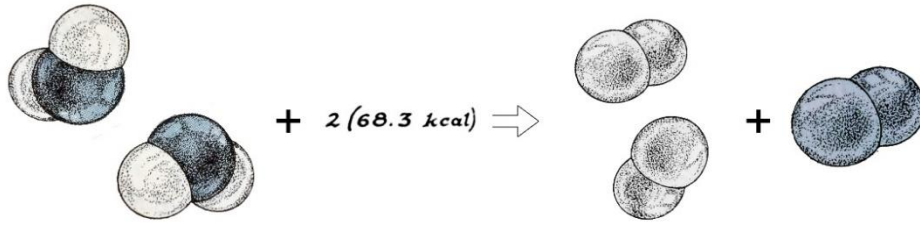


Problem 4.1. 25°C’de suyun oluşumu molekül modeli ile nasıl gösterilir?

Yanıt: Suyun bozunmasının üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi Şekil 4a-b’de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. Suyun bozunmasının üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi.

Problem 4.2. Şekil 4a-b'deki gösterimler maddenin tanecikli yapısına uygun mu?

Yanıt: Şekil 4a-b'de verilen gösterimler, maddenin tanecikli yapı özelliğine dayanan tanecik modeli ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre hazırlanmıştır. Gösterimlerde, girenler ve ürünler tarafındaki atom türlerinin aynı olması ayrıca girenler tarafındaki her bir atom türü sayısının ürünler tarafındaki eşit olması atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gösterimlerin maddenin tanecikli yapı özelliği bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisine uygun olarak hazırlandığı söylenebilir.

Şekil 4a-b'de su (H_2O) molekülü modellerinde, $1H$ ve $8O$ atomlarını temsil eden küreciklerin renkleri farklı verilmiş ayrıca büyüklüklerinin atom numarası, proton sayısı bağlamında atom yarıçapı ve atom hacmi ilişkisine dikkat edilerek O atomlarının H atomlarından daha büyük olmasına dikkat edildiği görülmektedir.

Şekil 4a-b'de verilen gösterimler incelendiğinde, gerçekleşen değişimin 1. tersinir mi yoksa tersinmez mi olduğunu, 2. fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi olduğunu, 3. maddenin korunumu ve kütle korunumu yasasına uygunluğunu, 4. Ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu makro mikro sembol ilişkisi ve molekül modeli bağlamında atom teorisine göre açıklama olanağı sağlamaktadır.

Problem 4.3. Şekil 4a-b'deki gösterimlerdeki değişimde molekül türü ve molekül sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 4a-b'deki gösterimlerde değişimin girenler tarafında yalnızca 2 adet H_2O molekülü, ürünler tarafında ise 2 adet H_2 molekülü ve 1 adet O_2 molekülü olmak üzere toplam 3 adet molekül mevcuttur. Bu nedenle girenlerin ürünlere dönüşümünde hem molekül türü hem toplam molekül sayısı değişmiştir. Bazı kimyasal tepkimelerin gösteriminde tepkimeye girenler ile ürünlerin molekül sayıları toplamı eşit iken, bazı kimyasal tepkimelerde eşit değildir. Ancak fiziksel değişimlerin gösteriminde girenler ve ürünler tarafındaki molekül türü aynı ve toplam molekül sayısı her zaman eşit olmalıdır.

Problem 4.4. Şekil 4a-b'de verilen gösterimlerdeki değişimde atom türü ve her bir atom türünün sayısı değişti mi? Neden?

Yanıt: Şekil 4a-b'deki gösterimlerde, girenler tarafında 2 adet H_2O molekülü nedeniyle 4 adet H atomu ve 2 adet O atomu, ürünler tarafında ise, 2 adet H_2 molekülü ve 1 adet O_2 molekülü nedeniyle 4 adet H atomu ve 2 adet O atomu mevcuttur. Bu durumda hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türünün sayısı değişmemiştir. Bunun nedeni, atom sayılarının

korunumu yasası gereği, değişimin girenler ve ürünler tarafındaki atom türü ve her bir atom türünün toplam sayısının değişmemesidir.

Problem 4.5. Şekil 4a-b'deki gösterimlerde gerçekleşen değişim fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi? Neden?

Yanıt: Şekil 4a-b'deki gösterimlerde girenler tarafında yalnızca iki adet H₂O molekülü olmasına rağmen, ürünler tarafında iki adet H₂ molekülü ve bir adet O₂ molekülü olduğu, başka bir deyişle molekül türünün değiştiği görülmektedir. Bu durumda, suyun bozunmasında, mikro açıdan girenler tarafındaki H₂O moleküllerinin düzeni değişmiş başka bir deyişle yeni molekül türleri (H₂ ve O₂ molekülü) oluşmuştur. Bu nedenle, makro açıdan suyun bozunmasında yeni iki maddenin oluştuğu başka bir deyişle kimyasal değişim gerçekleştiği anlaşılmaktadır.⁷

Problem 4.6. Şekil 4a-b'deki gösterimlerdeki değişim maddenin korunumu ve kütleinin korunumu yasasına uygun mu? Neden?

Yanıt: Şekil 4a-b'deki gösterimler ile ilgili Problem 4.4.'de hem girenler hem de ürünler tarafındaki atom türleri (H ve O atomları) ve her bir atom türü sayısının değişmediği ve atom sayılarının korunumu yasasına uygun olduğu açıklanmıştı. Bir değişimin mikro düzeyde atom sayılarının korunumu yasasına uygun olması, maddenin korunumu ve kütleinin korunumu yasasına da uygun olduğu anlamına gelmektedir. Bu bağlamda makro açıdan maddenin korunumu yasası, kütleinin korunumu yasası, mikro açıdan atom sayılarının korunumu yasası içerik açısından eşdeğerdir.

Problem 4.7. Şekil 4a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim endotermik mi yoksa ekzotermik mi? Neden?

Yanıt: Gösterimlerin enerji korunumuna uygunluğu Şekil 4a'da yalnızca nitel açıdan, Şekil 4b'de ise hem nitel hem de nicel açıdan açıklanabilir. Şekil 4a-b'de girenler tarafındaki molekül sayıları toplamı (2 adet H₂O molekülü) ürünler tarafındaki molekül sayısı toplamından (2 adet H₂ molekülü ve 1 adet O₂ molekülü olmak üzere toplam 3 molekül) daha küçüktür. Bu durumda girenlerin ürünlere dönüşümünde molekül sayısı başka bir deyişle düzensizlik artmaktadır. Suyun bozunmasının gösterimlerinde girenlerin ürünlere dönüşümünde toplam molekül sayısının artması nedeniyle düzensizliğin artması enerjinin de artmasını gerektirdiğinden suyun bozunma tepkimesinin ısı alan (endotermik) bir değişim olduğunu göstermektedir.

Şekil 3b'de girenler tarafında 2(68.3 kkal) yazması nedeniyle suyun bozunma tepkimesinin ısı alan (endotermik) bir olay olduğunu ve değişimin gerçekleşmesi için 2(68.3 kkal) ısı alındığını başka bir deyişle endotermik bir değişim gerçekleştiğini nicel açıdan göstermektedir.

Problem 4.8. Şekil 4a-b'de verilen gösterimlerdeki değişim tersinir mi yoksa tersinmez mi? Neden?

⁷**Not:** Bir kimyasal değişimde, molekül düzeninin değişimi, moleküldeki atomların birbirine göre pozisyonlarının değişimi veya moleküldeki atomlar arasındaki bağların (molekül içi) kopması ve yeni bağ oluşumu ile açıklanır. Yeni bağdaki atomlar, kopan bağdaki atomlardan farklı olabilir. Örneğin H₂O molekülündeki bağlar, O atomu ile H atomu arasında iken, H₂ molekülünde iki H atomu arasında, O₂ molekülünde ise, iki O atomu arasındadır.

Kimyasal kinetik teori ve değerlik bağı kuramına göre, suyun bozunmasında, teorik olarak iki adet H₂O molekülünün her birindeki O atomu ile iki H atomu arasındaki iki bağ koparken, açığa çıkan iki O atomu arasında çift bağlı bir tane O₂ molekülü ve dört H atomu arasında ise iki adet H₂ molekülü oluştuğu söylenebilir.

Yanıt: Şekil 4a-b'deki gösterimlerde girenlerin ürünlere dönüşümünü gösteren değişim tek yönlü ok ile sembolize edildiği görülmektedir. Bu nedenle gösterimlere bağlı olarak suyun bozunma tepkimesinin açık bir sistemde gerçekleştiği ve değişimin tersinmez olduğu söylenebilir.

TASARIMIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TARTIŞMA

Kimya ile ilgili bir konunun öğretiminde, maddelerde ve maddeler arasında gerçekleşen değişimlerin makroskobik özelliklerinin (nitel ve nicel özellikler) maddenin tanecikli yapı özelliği ile doğrudan ilişkili olan molekül modelleri ile gösterimi değişimin nedenselliğini açıklamada ve anlamlı öğrenmeyi sağlamak için en yararlı yollardan biridir. Ancak, bir değişimin molekül modelleri ile gösterimi hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin en önemli problemlerinden biridir. Bu nedenle bu çalışmada, uygulanmaya hazır iki aşamadan oluşan bir öğretim tasarımı planlanmıştır. Öğretim tasarımının birinci aşamasında yer alan etkinlikte, iki fiziksel değişimin molekül modeli ile gösterimine, tasarımın ikinci aşamasında yer alan etkinlikte ise iki kimyasal değişimin molekül modeli ile gösterimine odaklanılmıştır.

Maddenin Özellikleri ile Molekül Modeli ve Atom Teorisi İlişkisinin Tartışılması

Kimya biliminde bilimsel çalışmaların amaçlarından birisi araştırılan veya incelenen olayda düzenlilik arayışıdır. Düzenliliklerin bazıları somut iken, bazıları soyuttur. Gözlem veya deney yoluyla elde edilen nitel ve nicel veriler ile doğrudan ilişkili olan somut düzenlilikler ve dolaylı olarak ilişkili olan soyut düzenlilikler, bazı durumlarda modeller ile bazı durumlarda ilke, hipotez, teoriler veya yasalarla açıklanır. Bu bağlamda kimya eğitiminde, somut veya soyut düzenlilikler ile ilgili bilgi, olgu ve kavramların öğretiminde modelleme ve model temelli öğretim, ilgili bilgi, olgu ve kavramı somutlaştıran ve öğrenmeyi kolaylaştıran, basitleştiren bir yöntemdir. Tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisi, kimya ve kimya eğitiminin en önemli köşe taşlarından biridir.

Maddelerin özellikleri, maddelerin özellikleri arasındaki farklılıklar ve düzenlilikler makro açıdan gözlem veya deney yoluyla elde edilen nitel ve nicel verilere bağlı olarak, mikro düzeyde tanecikli yapı ile doğrudan ilişkili olan tanecik modeli ve molekül modeli bağlamında atom teorisi göre açıklanır. Örneğin, aynı şartlarda iki maddenin renklerinin farklılığının nedeni, tanecik modeli göre; maddeleri oluşturan birim taneciklerin yapıları bağlamında tanecik modellerinin farklı olması, molekül modeline göre ise, maddeleri oluşturan birim taneciklerin yapıları bağlamında molekül modellerinin farklı olmasıdır. Atom teorisine göre, tanecikli yapı bağlamında maddeleri oluşturan moleküller arasındaki farklılıklar ise, molekülü oluşturan atomların türüne, moleküldeki her bir atom türünün sayısına ve molekül modelleri bağlamında atomların düzenine ve molekül geometrisine bağlıdır. Bu nedenle, maddelerde gerçekleşen değişimlerin molekül modelleri ile gösterimine odaklanmış olan bu çalışmada uygulamaya hazır öğretim tasarımının kimya eğitiminde anlamlı öğretim ve öğrenme için önemli olduğu söylenebilir.

Model temelli öğretim bağlamında tartışma

Kimya eğitiminde maddelerin özellikleri ve maddelerin özellikleri arasındaki farklılıkların nedenselliği, gözlem veya deney yoluyla elde edilen nitel ve nicel verilere bağlı olarak tanecikli yapı bağlamında tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisi ve ilgili diğer teoriler (bağ teorileri, kimyasal kinetik teori, termodinamik, denge teorisi gibi) ile açıklanabilir. Model temelli eğitimde, elementlerin sembolleri, element moleküllerin ve bileşik moleküllerin formülleri, kimyasal tepkime eşitlikleri, tek yönlü veya çift yönlü kimyasal tepkime oku ve molekül modelleri sembolik modellerdir.

Bu çalışmada hazırlanmış olan tasarım ile makroskobik özellikleri verilen fiziksel ve kimyasal değişimlerin molekül modelleri ile nasıl gösterileceğinin öğretimi (Şekil 1-4) ve bu gösterimlerin özellikleri ile değişimlerin makroskobik özellikleri arasındaki ilişkinin öğretimi yanında öğrencinin konuyu ne kadar anlamlı öğrendiği veya öğrenme kalitesini belirleme açısından da önemli olduğu söylenebilir.

Molekül Modeli Temelli Fiziksel Değişimin Öğretimi (1. Aşama)

Bu çalışmada hazırlanmış tasarımın birinci aşamasındaki (Aşama 1) etkinlikte (Etkinlik 1), fiziksel değişimin molekül modeli ile nasıl gösterileceğinin öğretimi için günlük yaşamdan bilinen katı haldeki suyun sıvı haldeki suya dönüşümüne (buzun erimesi) ve sıvı haldeki suyun su buharına dönüşümüne (suyun buharlaşması) odaklanılmıştır.

Buzun suya dönüşümü bağlamında tartışma (Problem 1.1-1.8)

Etkinlik 1’de ilk olarak, buzun suya dönüşümü (erime) ile ilgili makroskobik özellikleri verilmiştir. İkinci olarak Problem 1.1’de buzun suya dönüşümünün üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi istenmiştir. Problem 1.2-1.8’de ise, Problem 1.1’deki molekül modeli gösteriminin özellikleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Bu etkinlikteki sorular, aşamalı olarak etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından anlamlı öğrenme yaklaşımına göre yanıtlandığında, buzun suya dönüşümünün molekül modeli ile nasıl gösterileceği öğretilir. Problem 1.1’in yanıtında verilen Şekil 1a-b’deki molekül modeli gösterimlerine bağlı olarak,

- (1) molekül türü ve her bir molekül türü sayısının değişmemesine bağlı olarak buzun suya dönüşümünün fiziksel değişim olduğu öğretilir.
- (2) Atom türü ve her bir atom türü sayısının değişmemesine bağlı olarak buzun suya dönüşümde maddenin korunumu ve kütle korunumu ile her bir atom türü sayısının değişmemesinin aynı anlama geldiği öğretilir.
- (3) Katı haldeki su moleküllerinin düzenli altılı halka görüntüsü ve sıvı haldeki su moleküllerinin düzensizliğine bağlı olarak, suyun katı halde (buz), sıvı haline (su) göre daha düzenli olduğu, buzun belli bir geometrik yapıya sahip olduğu, sıvı suyun ise bulunduğu kabın şeklini aldığı, buzun geometrik yapısındaki boşluğun daha büyük olması nedeniyle buzun öz kütlesinin suyun öz kütlesinden daha küçük olduğu açıklanabilir.
- (4) Buzun suya dönüşümünde, buzdaki moleküllerin sudaki moleküllere göre daha düzenli olduğundan buzun suya dönüşümünde düzensizlik arttığı için potansiyel enerjide artar. Bu bağlamda, buzun suya dönüşümün ısı alan (endotermik) bir değişim olduğu öğretilir.
- (5) Buzu oluşturan moleküllerin suyu oluşturan moleküllere dönüşümü tek yönlü ok ile gösterilmesine bağlı olarak denge teorisi bağlamında denge şartı nedeniyle 25°C’de buzun suya dönüşümünün tersinmez olduğu öğretilir.

Bu etkinlikteki sorular, etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından aşamalı olarak öğrencilere sorular ve yanıtlamaları istenir ve öğretmen tarafından öğrencilerin yanıtları değerlendirilebilir. Bu durumda, yukarıda işaret edilen öğretilere tasarılan bilgilerin öğrenciler tarafından ne kadar anlamlı öğrenildiği, öğrencilerin teori temelli bilgi yapısına mı yoksa parçalı bilgi yapısına mı sahip oldukları belirlenebilir. Başka bir deyişle, öğrencilerin ilgili bilgileri anlama ve öğrenme kalitesi açığa çıkarılabilir.

Suyun buharlaşması bağlamında tartışma (Problem 2.1 - 2.8)

Etkinlik 1’de suyun buharlaşması ile ilgili makroskobik özellikler verildikten sonra, Problem 2.1’de suyun buharlaşmasının üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi istenmiştir. Problem 2.2-2.8’de ise, Problem 2.1’deki molekül modeli gösteriminin özellikleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Bu etkinlikteki sorular, aşamalı olarak etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından anlamlı öğrenme yaklaşımına göre yanıtlandığında, suyun buharlaşmasının molekül modeli ile nasıl gösterileceği öğretilebilir. Problem 2.1’in yanıtında verilen Şekil 2a-b’deki molekül modeli gösterimlerine bağlı olarak,

(1) molekül türü ve her bir molekül türü sayısının değişmemesine bağlı olarak suyun buharlaşmasının fiziksel değişim olduğu öğretilebilir.

(2) Atom türü ve her bir atom türü sayısının değişmemesine bağlı olarak suyun buharlaşmasında maddenin korunumu ve kütle korunumu ile her bir atom türü sayısının değişmemesinin aynı anlama geldiği öğretilebilir.

(3) Gaz haldeki su moleküllerinin sıvı haldeki su moleküllerine göre daha düzensiz olduğu hatta gaz haldeki su moleküllerinin tamamen bağımsız hareket ettiğine bağlı olarak sıvı haldeki suyun kabın şeklini aldığı, gaz haldeki suyun ise bulunduğu kabı tamamen doldurduğu açıklanabilir.

(4) Sıvı suyun gaz haldeki suya dönüşümünde, sıvı haldeki sudaki moleküllerin gaz haldeki sudaki moleküllere göre daha düzenli olduğundan suyun buharlaşmasında düzensizlik arttığı için potansiyel enerjide artar. Bu bağlamda, suyun buharlaşmasının ısı alan (endotermik) bir değişim olduğu öğretilebilir.

(5) Sıvı suyu oluşturan moleküllerin gaz haldeki suyu oluşturan moleküllere dönüşümü tek yönlü ok ile gösterilmesine bağlı olarak denge teorisi bağlamında denge şartı nedeniyle 25°C’de suyun buharlaşmasının tersinmez olduğu öğretilebilir.

Bu etkinlikteki sorular, etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından aşamalı olarak öğrencilere sorular ve yanıtlamaları istenir ve öğretmen tarafından öğrencilerin yanıtları değerlendirilebilir. Bu durumda, yukarıda işaret edilen öğretilere tasarlanmış bilgilerin öğrenciler tarafından ne kadar anlamlı öğrenildiği, öğrencilerin teori temelli bilgi yapısına mı yoksa parçalı bilgi yapısına mı sahip oldukları belirlenebilir. Başka bir deyişle, öğrencilerin ilgili bilgileri anlama ve öğrenme kalitesi açığa çıkarılabilir.

Yukarıdaki tartışmalar ışığında Etkinlik 1, bir fiziksel değişimin gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir özelliklerinin molekül modelleri ile gösteriminin maddenin tanecikli yapı özelliğine dayanan tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisi bağlamında anlamlı öğretim veya öğrenmenin sağlanabileceği model temelli eğitimin bir uygulamasıdır. Diğer yandan, katı haldeki bir maddenin sıvı haldeki maddeye veya sıvı haldeki bir maddenin gaz halde maddeye dönüşümünün bazı durumlarda fiziksel değişim, bazı durumlarda ise kimyasal değişim olabilir. Bu nedenle günlük yaşamdan bilinen buzun erimesi ve suyun buharlaşması bile olsa öğretim etkinliklerinde öğrencinin bilimsel süreç becerilerinin gelişimi açısından gerçekleşen değişimlerin nedensellik ilkesi bağlamında incelenmesi ve tartışılması anlamlı ve önemlidir.

Molekül Modeli Temelli Kimyasal Değişimin Öğretimi (2. Aşama)

Bu çalışmada hazırlanmış tasarımın ikinci aşamasındaki (Aşama 2) etkinlikte (Etkinlik 2), kimyasal değişimin molekül modeli ile nasıl gösterileceğinin öğretimi için hidrojen gazı ile oksijen gazından suyun oluşum ve suyun bozunma tepkimelerine odaklanılmıştır.

Suyun oluşum tepkimesi bağlamında tartışma (Problem 3.1 – 3.8)

Etkinlik 2’de suyun oluşumu ile ilgili makroskobik özellikler verildikten sonra, Problem 3.1’de suyun oluşumunun üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi istenmiştir. Problem 3.2-3.8’de ise, Problem 3.1’deki molekül modeli gösteriminin özellikleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Bu etkinlikteki sorular, aşamalı olarak etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından anlamlı öğrenme yaklaşımına göre yanıtlandığında, suyun oluşumunun molekül modeli ile nasıl gösterileceği öğretilir. Problem 3.1’in yanıtında verilen Şekil 3a-b’deki molekül modeli gösterimlerine bağlı olarak,

(1) molekül türü ve her bir molekül türü sayısının değişmesine bağlı olarak suyun oluşumunda molekül türü ve molekül türü sayısını korunmadığı, Şekil 1a-b ve Şekil 2a-b ile Şekil 3a-b karşılaştırılarak fiziksel değişimlerde molekül türü ve her bir molekül türü sayısı korunurken, kimyasal değişimlerde korunmayabileceği öğretilir.

(2) Atom türü ve her bir atom türü sayısının değişmemesine bağlı olarak suyun elementlerinden oluşumunda maddenin korunumu ve kütle korunumu ile her bir atom türü sayısının değişmemesinin aynı anlama geldiği ayrıca Şekil 1a-b ve Şekil 2a-b ile Şekil 3a-b karşılaştırılarak hem fiziksel değişimlerde hem de kimyasal değişimlerde atom türü ve her bir atom türü sayısının korunduğu öğretilir.

(3) Gösterimin 2 adet H_2 molekülü ile 1 adet O_2 molekülünden 2 adet H_2O molekülü ile oluşturulurken, Şekil 1a-b ve Şekil 2a-b’de sırasıyla 13 adet ve 10 adet su H_2O molekülü ile gösterilmesinin maddenin tanecikli yapı ile doğrudan ilişkili olduğu öğretilir. Bu bağlamda, tanecikli yapı gereği yarım molekül olmayacağı bu nedenle kimyasal tepkimeler en küçük tam katsayılarla denkleştirilmesi gerektiği, fiziksel değişimlerde katı, sıvı ve gaz haldeki maddelerin fiziksel halinin temsil edilmesinde moleküller arası çekim kuvvetinin modellenmesi için çok sayıda (13 veya 10 gibi) molekül kullanılması gerektiği açıklanabilir.

(4) Suyun oluşumunda girenler tarafındaki moleküllerin toplam sayısının ürünler tarafındaki toplam molekül sayısından büyük olması nedeniyle düzensizlik azalırken, potansiyel enerjinin de azalması nedeniyle suyun oluşum tepkimesinin ısının açığa çıktığı (ekzotermik) bir değişim olduğu öğretilir.

(5) H_2 molekülü ve O_2 moleküllerinin H_2O moleküllerine dönüşümünün tek yönlü ok ile gösterilmesine bağlı olarak denge teorisi bağlamında denge şartı nedeniyle bu tasarımda verilen şartlarda suyun oluşumunun tersinmez bir kimyasal değişim olduğu öğretilir.

Suyun oluşumu ile ilgili etkinlikteki Problem 3.1-3.8, etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından aşamalı olarak öğrencilere sorulduğunda, öğretmen tarafından öğrenci yanıtları değerlendirilirse, yukarıda işaret edilen öğretilen bilgilerin öğrenciler tarafından ne kadar anlamlı öğrenildiği, öğrencilerin teori temelli bilgi yapısına mı yoksa parçalı bilgi yapısına mı sahip oldukları belirlenebilir. Başka bir deyişle, öğrencilerin yukarıda işaret edilen bilgileri anlama ve öğrenme kalitesi açığa çıkarılabilir.

Suyun bozunması temelinde tartışma (Problem 4.1 – 4.8)

Etkinlik 2’de suyun bozunması ile ilgili makroskobik özellikler verildikten sonra, Problem 4.1’de suyun bozunmasının üç boyutlu molekül modeli ile gösterimi istenmiştir. Problem 4.2-4.8’de ise, Problem 4.1’deki molekül modeli gösteriminin özellikleri ile ilgili sorular sorulmuştur. Bu etkinlikteki sorular, aşamalı olarak etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından anlamlı öğrenme yaklaşımına göre yanıtlandığında, suyun bozunmasının molekül modeli ile nasıl gösterileceği öğretilir. Problem 4.1’in yanıtında verilen Şekil 4a-b’deki molekül modeli gösterimlerine bağlı olarak,

(1) molekül türü ve her bir molekül türü sayısının değişmesine bağlı olarak suyun bozunmasında molekül türü ve molekül türü sayısının korunmadığı, Şekil 1a-b ve Şekil 2a-b ile Şekil 4a-b karşılaştırılarak fiziksel değişimlerde molekül türü ve her bir molekül türü sayısı korunurken kimyasal değişimlerde korunmayabileceği öğretilir.

(2) Atom türü ve her bir atom türü sayısının değişmemesine bağlı olarak suyun elementlerine ayrışmasında maddenin korunumu ve kütle korunumu ile her bir atom türü sayısının değişmemesinin aynı anlama geldiği ayrıca Şekil 1a-b ve Şekil 2a-b ile Şekil 4a-b karşılaştırılarak hem fiziksel değişimlerde hem de kimyasal değişimlerde atom türü her bir atom türü sayısının korunduğu öğretilir.

(3) Şekil 4a-b'deki gösterimin 2 adet H₂O molekülünden 2 adet H₂ molekülü ve 1 adet O₂ molekülü ile oluşturulurken, Şekil 1a-b ve Şekil 2a-b'de sırasıyla 13 adet ve 10 adet su H₂O molekülü ile gösterilmesinin maddenin tanecikli yapı ile doğrudan ilişkili olduğu öğretilir. Bu bağlamda, tanecikli yapı gereği yarım molekül olmayacağı bu nedenle kimyasal tepkimeler en küçük tam katsayılarla denkleştirilmesi gerektiği, fiziksel değişimlerde katı, sıvı ve gaz haldeki maddelerin fiziksel halinin temsil edilmesinde moleküller arası çekim kuvvetinin modellenmesi için çok sayıda (13 veya 10 gibi) molekül olması gerektiği açıklanabilir.

(4) Suyun bozunmasında girenler tarafındaki moleküllerin toplam sayısının ürünler tarafındaki toplam molekül sayısından daha az olması nedeniyle düzensizlik artarken, potansiyel enerjinin de arttığı bu nedenle suyun bozunma tepkimesinin ısı alan (endotermik) bir değişim olduğu öğretilir.

(5) H₂O moleküllerinin H₂ molekülü ve O₂ moleküllerine dönüşümünün tek yönlü ok ile gösterilmesine bağlı olarak denge teorisi bağlamında denge şartı nedeniyle tasarımda verilen şartlarda suyun bozunmasının tersinmez bir kimyasal değişim olduğu öğretilir.

Suyun bozunması ile ilgili etkinlikteki Problem 4.1-4.8, etkin ve deneyimli bir öğretmen tarafından aşamalı olarak öğrencilere sorulduğunda, öğretmen tarafından öğrenci yanıtları değerlendirilirse, yukarıda işaret edilen öğretilebileceği tasarlanmış bilgilerin öğrenciler tarafından ne kadar anlamlı öğrenildiği, öğrencilerin teori temelli bilgi yapısına mı yoksa parçalı bilgi yapısına mı sahip oldukları belirlenebilir. Başka bir deyişle, öğrencilerin yukarıda işaret edilen bilgileri anlama ve öğrenme kalitesi açığa çıkarılabilir.

Yukarıdaki tartışmalar ışığında Etkinlik 2, bir kimyasal değişimin gözlem veya deney yoluyla elde edilebilir özelliklerinin molekül modelleri ile gösteriminin maddenin tanecikli yapı özelliğine dayanan tanecik modeli, molekül modeli ve atom teorisi bağlamında anlamlı öğretim veya öğrenmenin sağlanabileceği model temelli eğitimin bir uygulamasıdır.

Ortaokul düzeyinde kimya eğitiminde model temelli eğitim bağlamında tartışma

Ülkemiz MEB ilkököl 4., 5. ve ortaokul 6., 7. ve 8. sınıf fen bilimleri derslerinin 4. ünitelerinde kimya eğitimi temelli konuların öğretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla 4. Sınıf ve 5. Sınıfta maddenin özellikleri, hal değişimleri bağlamında erime ve donma, buharlaşma, yoğunlaşma, süblimleşme ve kırılganlaşma kavramlarının öğretilmesine yer verilmektedir. 6. Sınıfta maddenin tanecikli yapısı, 7. atom modelleri ve molekül modelleri ve 8. Sınıfta fiziksel ve kimyasal değişim konuları öğretilmektedir.

Maddenin özellikleri ve maddelerin özellikleri arasındaki farkların öğretimi ve nedensellik ilkesine göre açıklamanın yolu maddenin tanecikli yapısını temel alan tanecik modeli, molekül modeli ve atom

teorisi ile ilgili diğer ilke, hipotez, teori ve yasalardır. Bu çalışmada ortaya konulmuş öğretim tasarımının ortaokul düzeyinde kimya eğitimi ile doğrudan ilişkili olduğu söylenebilir

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, model temelli eğitim bağlamında fiziksel ve kimyasal değişimlerin molekül modelleri ile gösterimi için iki aşama ve her bir aşamada bir etkinlikten oluşan toplam dört fen olayının örneklendirildiği bir öğretim tasarımı hazırlanmıştır. Bu bilgiler ışığında,

1. Tasarımın birinci aşamasında fiziksel değişim için buzun suya dönüşümü ve suyun buharlaşmasının molekül modelleri ile nasıl gösterileceği örneklendirilmiştir.
2. Tasarımın ikinci aşamasında kimyasal değişim için suyun oluşması ve suyun bozunmasının molekül modelleri ile nasıl gösterileceği örneklendirilmiştir.
3. Hazırlanan gösterimlere dayalı olarak, gerçekleşen değişimin fiziksel değişim mi yoksa kimyasal değişim mi, değişimin tersinir mi yoksa tersinmez mi olduğunun, ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunun, atom türü ve her bir atom türünün korunumu ile maddenin korunumu ve kütleinin korunumu arasındaki ilişkinin sorgulandığı nedensellik temelli anlamlı öğrenmenin sağlanabileceği söylenebilir. Tasarım aşamalılık ilkesi doğrultusunda uygulandığında, duruma göre ortaokul, lise ve lisans düzeyindeki öğrencilere uygulanması durumunda, öğrencilerin maddenin tanecikli yapı hakkındaki bilişsel anlayışlarının olumlu yönde değişeceği ve makro açıdan; fiziksel ve kimyasal değişim, tersinirlik, ekzotermik, endotermik, maddenin korunumu ve kütleinin korunumu ile ilgili, mikro açıdan; tanecikli yapı, tanecik modeli, molekül modeli, atom teorisi moleküller arası mesafe ile potansiyel enerji değişimi ilişkisi gibi bilimsel bilgiler hakkında anlamlı öğrenmenin gerçekleşeceği düşünülmektedir. Tasarım, günlük yaşantıdaki veya laboratuvarında gerçekleştirilen başka fiziksel ve kimyasal değişim olayları için de geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Akdemir, E. & Atasoy, D. Ç. (2019). *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri 7 Ders Kitabı*. (1. Baskı). Ankara: Devlet Kitapları.
- Akkuş, H. & Tüzün, Ü. N. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının çözünme ile ilgili imajları. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(2), 65-84.
- Akter, S., vd., (2019). *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri 5 Ders Kitabı*. (1. Baskı). Ankara: Devlet Kitapları.
- Cakmakci, G., Leach, J., & Donnelly, J. (2006). Students' ideas about reaction rate and its relationship with concentration or pressure. *International Journal of Science Education*, 28, 1795–1815.
- Coşkun, Ç., Minoğlu, Balçık, G. & Karaca, Ö. (2019). *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri 6.Sınıf Ders Kitabı*, Ankara: Sevgi Yayınları.
- Çepni S. (Ed.) (2021). *Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Ankara, Pegem Akademi Yayıncılık.
- Çökelez, A., (2015). *Fen Eğitiminde Model ve modelleme, Öğretmenler, Öğretmen Adayları ve Öğrenciler: Alanyazın Taraması*, 10 (15) 255-272.
- Fidan, N. & Erden, M. (1986). *Eğitim Bilimine Giriş*. Ankara: Kadioğlu Matbaası.
- Franco, A.G. & Taber, K.S. (2009). Secondary students' thinking about familiar phenomena: Learners' explanations from a curriculum context where 'particles' is a key idea for organizing teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 31 (14), 1917-1952.

- Hackathorn, J., Solomon, E. D., Blankmeyer, K. L., Tennial, R. E. & Garczynski, A. M., Learning by Doing: An Empirical Study of Active Teaching Techniques, *Journal of Effect. Teach.*, 11(2), 40-54, (2011).
- Jaber, L.Z. & Boujaoude, S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Koç, Y. (2014). Fen Eğitimi Öğrencilerinin Gazların Dağılımını Mikro Boyutta Anlama Düzeyleri. Kafkas Üniversitesi, *e – Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), Nisan 2014
- Lawson, D., ve Lawson, A., (1993), *Neural Principles of Memory and a Neural Theory of Analogical Insight*, *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10) 1327-1348.
- Lee, C. B., Jonassen, D., & Teo, T., (2011), *The Role of Model Building in Problem Solving and Conceptual Change*. *Interactive Learning Environments*, 19(3) 247-265.
- MEB (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı. *İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8.sınıflar* (s. 22-51) Erişim: 17 Ocak 2021, <https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>
- Özkan, İ. (2019). *İlkokul Fen Bilimleri 4 Ders Kitabı*, Ankara: SDR İpekyolu Yayıncılık.
- Özmen, H., Ayas, A. & Coştu, B. (2002). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlama seviyelerinin ve yanılgılarının belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 2 (2), 507-529.
- Raviolo, A. (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78 (5), 629-631.
- Pimental G. C. (1963). *Chemistry: An experimental science. Chemical education material study*. London: W. H. Freeman and Company.
- Sarıtaş, D., Özcan, H. & Adúriz-Bravo, A. (2021). Observation and inference in chemistry teaching: a model-based approach to the integration of the macro and submicro levels. *Sci & Educ*, 1-26. doi:10.1007/s11191-021-00216-z online first.
- Seyrek, A., Türker, S., Bozkaya, T. & Üçüncü, Z. (2019). *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri 7 Ders Kitabı*. Ankara: Tutku Yayıncılık.
- Stratford S. J., Krajcik J., ve Soloway E., (1988), *Secondary Students' Dynamic Modelling Processes: Analyzing, Reasoning About, Synthesizing and Testing Models of Stream Ecosystems*, *Journal of Science Education and Technology*, 7(3) 215-234.
- Tarkin Çelikkıran, A. & Gökçe, C. (2019). Kimya öğretmen adaylarının çözünürlük konusuna ilişkin submikroskopik seviyedeki anlama düzeylerinin çizimlerle belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 46, 57-87. doi: 10.9779/pauefd.457845
- Treagust, D. F. Chittleborough, G., & Mamiala, T. L., (2002), *Students' Understanding of the Role of Scientific Models in Learning Science*. *International Journal of Science Education*, 24(4) 357-368.
- Ünver, E., Yancı, M., V. & Arslan, Z. (2020). *Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri 5 Ders Kitabı*. Ankara: SDR Dikey Yayıncılık.

EXTENDED ABSTRACT

Purpose

One of the most useful ways to explain the causality of the changes (qualitative and quantitative changes) in matters and among matters and to ensure meaningful learning in teaching of a chemistry subject is the representation of the macroscopic properties of those changes with the help of molecular models which are directly associated with the particular structure of matter. However, representation of those changes with the help of molecular models constitutes an important problem both for the teachers and students. For this reason, a teaching plan which was ready to implement with two parts was designed in the present study. The first part of the teaching plan involved an activity which focused on the representation of two physical change events with molecular models whereas the second part of it considered the representation of two chemical change events.

Research Method

The activities aimed to point to the interpretation of molecular model representation gradually by presenting various properties of physical and chemical change events which could be obtained via observation or experiments. The design could be organized with the help of traditional teaching approaches or several modern approaches. At this point, only gradualism was taken into consideration to make a restriction. Therefore, question-answer technique which is one of teachers' favourite techniques was highlighted in the teaching period in addition to the partial discussion. At this context, eight solved problems were given whether each molecular model representation reflected the given properties.

Results

At first, macroscopic properties about the change occurred were given in the problems related to the activities. Secondly, three-dimensional molecular model representation of the change which took place in Problem 1 was asked. Problems 2-8 stated questions related to the properties of molecular model representation in Problem 1. Those questions considered whether (1) the representation was appropriate for the particular nature of matter, (2) the type of molecules and the number of each type of molecules changed in the representation, (3) the type of the atoms and the number of each type of the atoms changed in the representation, (4) the change in the representation was physical or chemical (5) the change in the representation was proper in terms of the laws of conservation of matter and conservation of mass, (6) the change in the representation was endothermic or exothermic, (7) the change in the representation was reversible or irreversible. The answers were discussed in line with the principle of causality.

Discussion, Conclusion, and Suggestions

It might be stated that meaningful learning based on causality principle is achieved when the design developed in this study is implemented by an active and efficient teacher to make inquiries whether the change occurred is physical or chemical, reversible or irreversible, exothermic or endothermic in addition to the relationship between the conservation of each type of atom and the conservation of matter and mass. When the design is implemented in line with the gradualism principle, it is expected to obtain positive changes in the mental structures of middle school, high school and undergraduate

students concerning the particular structure of matter. Also, it is believed to achieve meaningful learning about the scientific knowledge from a macro point of view such as physical and chemical changes, reversibility, exothermic, endothermic, the conservation of matter and conservation of mass as well as micro point of view such as particular structure, particle model, molecular model, atom theory, the relationship between potential energy change and the distance between molecules. The design can be expanded to involve several physical and chemical change events that take place in daily life or laboratory.