

Lise Öğrencilerinin Kimya Dersi Sıvılar Konusuna İlişkin Bilgilerinin Çoklu Gösterimler ile Belirlenmesi¹

Determination of High School Students' Chemistry Knowledge on Liquids via Multiple Representations

Oya AĞLARCI-ÖZDEMİR² Merve OK³ Filiz KABAPINAR⁴

Özet

Bu çalışmanın amacı lise öğrencilerinin sıvılar konusuna ilişkin sahip oldukları bilgileri çoklu gösterimlerden yararlanarak incelemektir. Araştırma nitel araştırma desenlerinden durum çalışması olarak yürütülmüştür. Çalışmaya devlet lisesinde öğrenim gören 9., 10., 11. ve 12. sınıflardan toplam 160 öğrenci katılmıştır. Veri toplama aracı araştırmacılar tarafından geliştirilen açık uçlu sorulardan oluşan bir ankettir. Bu ankette, aynı kavrama ilişkin düşünce biçimlerinin belirlenmesine olanak tanıyan ancak kimyanın farklı temsil biçimlerini (makroskopik, altmikroskopik ve sembolik seviyeler) içeren tarzda sorular bulunmaktadır. Sorular çeşitli sıvıların moleküler gösterimi, yüzey gerilimi, viskozite ve sıcaklığın sıvıların özellikleri üzerine etkilerine dair öğrencilerin düşünce biçimlerini araştırmayı amaçlamaktadır. Ankette öğrencilerin altmikroskopik seviyeye ilişkin düşüncelerini belirlemek için çizim gerektiren sorular da yer almaktadır. Öğrencilerin anket sorularına verdikleri yazılı yanıtlar içerik analizi ile değerlendirilmiştir; frekans ve yüzde hesaplamaları yapılmıştır. Araştırma bulguları lise öğrencilerinin konuya ilişkin bilgilerinin özellikle altmikroskopik seviyede yanlış olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmaya katılan öğrencilerin büyük çoğunluğu; su, gliserin ve kolonyayı oluşturan moleküllerin gösterimi, yüzey gerilimi ve viskozite gibi kavramların altmikroskopik açıklamaları, moleküller arası etkileşimlerin gösterimi gibi konularda yanlış bilgilere sahiptir. Öğrencilerin kimyanın farklı gösterimleri arasında geçiş yapabilmelerini sağlamak için; derslerde çoklu gösterimleri içeren animasyonlar, görseller ve üç boyutlu modellerin kullanılması kimya öğretmenlerine önerilebilir.

Anahtar

Kelimeler

Kimya eğitimi,
lise öğrencileri,
kimya dersi,
sıvılar,
çoklu
gösterimler.

Abstract

The aim of this study is to investigate high school students' ideas about liquids by multiple representations. The research was conducted as a case study. The participants are 160 high school students from various grade levels. The data collection tool is a questionnaire developed by the researchers. The questionnaire involves questions designed to determine students' ways of thinking about the same concept with different representations of chemistry (macroscopic, submicroscopic and symbolic levels). The questions aimed to determine students' thinking on the molecular representation of various liquids, surface tension, viscosity, and the effects of temperature on the properties of liquids. Some drawing questions are also included to determine students' views at the submicroscopic level. Written responses were evaluated with content analysis; frequencies and percentages were also calculated. The research findings revealed that high school students possess limited knowledge of liquids and held misconception especially at the submicroscopic level. The majority of students have misunderstandings related to the representation of molecules in water, glycerin and cologne, submicroscopic explanations of surface tension and viscosity, and representation of intermolecular interactions. The use of animations, visuals and three-dimensional models will enable students to relate the multiple representation levels of chemistry. Therefore it is suggested that chemistry teachers should use different levels of representations in chemistry lessons to develop students' understanding.

Key Word

Chemistry
education, high
school students,
chemistry
lesson, liquids,
multiple
representations.

Atf için:

For Citation

Ağlarci-Özdemir, O., Ok, M., & Kabapınar, F. (2021). Lise öğrencilerinin kimya dersi sıvılar konusuna ilişkin bilgilerinin çoklu gösterimler ile belirlenmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi [MSKU Journal of Education]*, 8(1), 250-273. DOI: 10.21666/muefd.825851

Received: 15.11.2020

Accepted: 04.03.2021

Published: 01.05.2021

¹Bu çalışma, ikinci yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiş olup, birinci ve üçüncü yazarların danışmanlığında yürütülmüştür.

²Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, oya.aglarci@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2073-8734

³Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, okk.merve@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6131-5127

⁴Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, filizk@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5937-0880

Bilimsel ve teknolojik bilgilerin hızla geliştiği ve değiştiği bir dönemde, bu bilgiler ışığında dünyayı ve doğayı anlamlandırmaya çalışmaktayız. Doğadaki birçok olayda değişim ve dönüşüm söz konusudur. Gözlemlenebilen veya gözlemlenemeyen olayların çoğu, kimyasal bir maddeyi diğerine dönüştüren kimyasal tepkimeleri içerir (Petrucci, Harwood ve Herring, 2010). Bu sebeple, birçok olayın mekanizması ve gözlemlenen maddelerin içeriği, kimya bilimi ile anlaşılabilir (Gilbert ve Treagust, 2009). Dünya genelinde, bilim ve teknoloji alanlarında öğrendiklerini kişisel birikimleriyle sentezleyebilen; gündelik, sosyal ve ekonomik alanlardaki kararlarında bilimsel bilgiyi kullanabilen bilimsel okuryazar bireylere ihtiyaç duyulmaktadır (National Research Council [NRC], 1996, s.22). Bu bakış açısı; ülkemizdeki öğretim programlarında köklü değişikliklere zemin hazırlamıştır. Bu değişikliklerin bir yansıması da, Fen ve Teknoloji Öğretim Programı'nda bilimsel okuryazar bireyler yetişmesinin ve bilimsel okuryazarlığın öneminin vurgulanmasıdır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2004). Sonraki yıllarda ilköğretim ve ortaöğretim programlarında çeşitli revizyonlar yapılmaya devam edilmiş ve bilimsel okuryazarlığın sağlanmasına ilişkin çeşitli amaçlara ve kazanımlara güncellenen programlarda yer verilmiştir (Ağlarıcı Özdemir, 2020). Bu çerçevede güncel ortaöğretim kimya programında öğrencilerin; “Kimyanın temel kavramları, ilkeleri, modelleri, teorileri ve yasaları hakkında bilgi sahibi olmaları, kimya dersinde edindikleri bilgi ve becerileri günlük hayat, sağlık, sanayi ve çevre ile ilgili olayları açıklamada kullanmaları, hayatı anlama ve hayatın devamlılığında kimya biliminin rolünü kavramaları” amaçlanmaktadır (MEB, 2018, s.11-12).

Geleceğin yetişkinleri ve karar vericileri olan lise öğrencilerinin; günlük hayatla, çevre ve sağlık gibi konularla ilgili bilimsel kararlar verebilmeleri ve problemlere çözüm bulabilmeleri için kimya bilimini öğrenmeleri gerekmektedir. Günlük yaşamda karşılaşılan birçok olayda çeşitli kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir ve bunlar öğrenciler tarafından gözlemlenmektedir. Fakat öğrenciler derslerinde öğretilen bilimsel bilgilerin günlük yaşamdaki karşılıklarını anlamakta zorlanabilirler (Anılan, Atalay ve Kiliç, 2018). Gilbert ve Treagust'a (2009) göre, kimya eğitimi ile öğrencilerin; maddeleri oluşturan tanecik, element, bileşiklerin yapısı, enerji, entropi, kimyasal reaksiyonların özellikleri gibi konularda bazı temel bilgileri öğrenmeleri hedeflenmektedir. Kimya bilimi; hem günlük yaşamda karşılaşılan olayları ve kavramları içermekte, hem de gözlenebilen bu olayları altmikroskopik ve sembolik seviyelerde incelemektedir. Kimya dersi soyut kavramları içermesi sebebiyle, lise öğrencileri için zorlayıcı bir ders olarak düşünülmektedir (Mete ve Yıldırım, 2016). Makroskopik olayları altmikroskopik bir seviyede anlamaya çalışmak, öğrencilerin deneyim ve sezgilerinin dışında kalmaktadır ve bu durum özellikle kimya ile yeni tanışan öğrencilere zor gelmektedir (Cooper ve Stowe, 2018). Kimya bilimini anlamak için sadece kimyasal formülleri ve stokiyometrik hesaplamaları öğrenmek veya laboratuvarında bir deneyi gözlemlemek yeterli olmaz. Öğrencilerin altmikroskopik seviyeyi zihinlerinde doğru şekilde anlamlandırabilmeleri gerekmektedir (Erduran, Bravo ve Mamlok-Naaman, 2007). Bunun yanı sıra, kimyada herhangi bir konu alanıyla ilgili anlamlı ve kalıcı kimya bilgisine sahip olabilmek için, o konu alanının kapsamındaki bilgilerin eşgüdümlü olarak makroskopik, altmikroskopik ve sembolik düzeylerde öğrenilmesi ve kavramsal açıklamalarda bu düzeyler arasında geçişlerin yapılabilmesi gerekmektedir (Johnstone, 1991; Talanquer, 2011). Çoklu gösterimler; öğrencilere farklı gösterim biçimleriyle aynı kavramı tanıtmaya olanağı sağlar (Prain ve Waldrip, 2006). Kimya öğretiminde çoklu gösterimler, biyoloji ve fizik alanlarında olduğundan farklı bir role sahiptir çünkü özellikle sembolik gösterim birçok kimya konusunun merkezinde yer almaktadır. Altmikroskopik seviyede gerçekleşen olayların kimyasal formüller ve denklemlerle gösterimi olan “kimya dili” (sembolik gösterim) kimya öğretiminin önemli bir özelliğidir (Taber, 2009). Çoklu gösterime ilişkin bir diğer konu ise kimyasal modellerdir, çünkü altmikroskopik gösterimler için kullanılan materyallerden biri de modellerdir. Bu sebeple, kimya öğretiminde dikkatle ele alınması gereken noktalardan biri, öğrenciler tarafından bilimsel ve kimyasal modellerin doğasının anlaşılmasını sağlamaktır (Gilbert ve Treagust, 2009). Bilimsel modeller, karmaşık veya algılanandan daha farklı ölçekteki bir sistemin özelliklerini ortaya koymaktadır (Gobert ve Buckley, 2000). Bu sayede, soyut ve çok küçük boyuttaki sistemleri somutlaştırmaya yardımcı olmaktadır. Doğal olayları açıklama ve tahmin etme konusunda fayda sağlamaktadır, bu sebeple kimya eğitimindeki araştırma ve uygulamaların merkezinde yer almaktadır (Schwarz, Passmore ve Reiser, 2016). Altmikroskopik seviyenin gözle görülemeyen tanecikler ve bunlar arasındaki etkileşimleri içermesi; kimya eğitiminde modellerin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Kimyacılar, altmikroskopik özellikleri açıklarken bilimsel modelleri kullanmaktadırlar (Erduran vd., 2007). Öğrencilerin zihinlerinde altmikroskopik seviyeye dair oluşturdukları kimyasal modeller, onların kimya konularına ilişkin görüşlerini de ortaya

koymaktadır. Farklı seviyelerdeki öğrencilerle yapılan araştırmalar, kimya kavramlarına ilişkin yanılgıların temelinde; öğrencilerin zihinsel model kullanamamaları, eksik veya yanlış zihinsel modellere sahip olmaları ve kimyanın farklı gösterim düzeyleri arasında geçiş yapamamaları olduğunu göstermektedir (Akaygun, 2016; Allred ve Bretz, 2019; Harrison ve Treagust, 1998; Özmen, 2004; Stefani ve Tsaparis, 2009; Zarkadis, Papageorgiou ve Stamovalis, 2017). Oysa bilimsel okuryazarlığın amaçlarında (NRC, 1996, s.22) yer alan “günlük yaşamdaki olayları bilimsel bilgi aracılığıyla açıklayabilmek için” öğrencilerin kimya derslerinde çoklu gösterimler arasında ilişki kurması ve geçiş yapabilmesi gerekmektedir. Kimyadaki çoklu gösterimler üç şekilde ifade edilmektedir (Johnstone, 1991):

Makroskopik gösterim: Duyularla (genellikle gözle görülen) veya duyu uzantılarıyla (cihazlarla, örneğin termometre) fark edilen alandır. Günlük hayatta, doğada veya laboratuvar ortamında karşılaşılan katı, sıvı, gaz, çözelti, kolloidlerin deneysel özellikleri, makroskopik gösterim seviyesinde ele alınmaktadır. Laboratuvarda, asit-baz titrasyonu sırasında renk değişiminin gözlemlenmesi, bir reaksiyon sırasında beherin sıcaklığının arttığının fark edilmesi, paslanmış bir demir parçasının incelenmesi; öğrencilerin makroskopik gösterim seviyesinde fark edebilecekleri örnekler arasında yer almaktadır.

Altmikroskopik gösterim: Optik mikroskoplarla görülemeyecek kadar küçük tanecikleri içermektedir. Atom, molekül, iyon gibi taneciklerin modelleri; altmikroskopik gösterimde ele alınmaktadır. Makroskopik seviye, deneyim ve duyularla fark edilirken; altmikroskopik seviye, öğrencilerin hayal gücüne dayanmaktadır. Altmikroskopik gösterimde; uzay-dolgu ve top-çubuk gibi 3 boyutlu modeller kullanılabilir. Demir atomlarının veya su molekülünün modelleri, gaz taneciklerinin hareketlerinin gösterimi bu seviyeye örnek olarak verilebilir.

Sembolik gösterim: Atom, molekül, kimyasal reaksiyonlar ve kimyasalların fiziksel hallerinin kısaltılmış bir gösterimidir. Element sembolleri, sembolik gösterimin en önemli örnekleri arasında yer almaktadır (Gilbert ve Treagust, 2009; Johnstone, 1991). Taber’e (2009) göre, kütle hacim, sıcaklık gibi ölçülebilir nicelikler ve bunlara ait birimler; sembolik gösterim seviyesinde yer almaktadır. Ayrıca semboller, formüller, denklemler ve grafikler de sembolik gösterimde değerlendirilmektedir (Demirdöğen, 2017; Johnstone, 2000).

Kimya alanına ilişkin bilimsel bir anlayış geliştirmek için, öğrencilerin çoklu gösterimleri birbirleriyle ilişkilendirmeleri gerekmektedir (Adadan, 2013; Gilbert ve Treagust, 2009). Böylece gözlemledikleri kimyasal bir olaya ilişkin, altmikroskopik ve sembolik seviyelerde neler gerçekleştiğini zihinlerinde doğru şekilde anlamlandırabilirler. Altmikroskopik seviye, hayal gücü aracılığıyla erişilebilir olan, gözlenemeyen bir dünyayı yansıtmaktadır (Bucat ve Mocerino, 2009). Yapılan araştırmalarda, lise öğrencilerinin altmikroskopik seviyeye ilişkin yeterli derecede bir anlayışa sahip olmadığı veya makroskopik ve altmikroskopik seviyelerin özelliklerini birbirlerine atfettiklerine ilişkin sonuçları ortaya konmuştur (Adadan, 2013; Ayas ve Özmen, 2002; Chandrasegaran, Treagust, ve Mocerino, 2007; Devetak, Vogrinc ve Glazar, 2009; Gkitzia, Salta ve Tzougraki, 2020; Jaber ve BouJaoude, 2012; Margel, Eylon ve Scherz, 2008). Ayas ve Özmen (2002), lise öğrencilerinin tanecik boyutunda yaptıkları çizimlerde maddenin katı, sıvı ve gaz hali arasındaki farkı; bağ uzunluklarını farklı çizerek gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Chandrasegaran ve diğerleri (2007) çalışmalarında, 9. ve 10. sınıf öğrencilerinin gaz çıkışı, renk değişimi ile gözlenebilen çeşitli kimyasal reaksiyonlara ilişkin görüşlerini inceledikleri çalışmalarında; altmikroskopik ve sembolik seviyede çeşitli kavram yanılgılarını tespit etmişlerdir. Öğrencilerin çoklu gösterim düzeyleri arasında ilişki kuramadıkları, makroskopik ve altmikroskopik seviyeyi birbirine karıştırdıkları ve sembolik gösterim seviyesine ilişkin kısıtlı anlayışlara sahip olduklarını bulmuşlardır. Margel ve diğerleri (2008) çalışmalarında, öğrencilerin maddenin sıcaklık, renk ve ağırlık gibi özelliklerinin aynı maddelerin atomları için de geçerli olduğunu düşündüklerini tespit etmişlerdir. Nitekim bu çalışmada öğrenciler, maddelerin makroskopik seviyeye ilişkin özelliklerini, altmikroskopik seviyeye atfetmişlerdir. Devetak ve diğerleri (2009) çalışmalarında, lise öğrencilerinin çözelti derişimi, iyonik çözünme ve moleküler çözünme kavramlarına dair altmikroskopik seviyedeki anlamalarını kimya bilgi testi aracılığıyla incelemişlerdir. Konuya ilişkin uygulanan kimya bilgi testinde ortalama öğrenci başarısının %43 oranında olduğunu ortaya koymuşlardır. Jaber ve BouJaoude (2012) çalışmalarında, 10. sınıf öğrencilerinin kimyasal reaksiyonların çoklu gösterimleri noktasında sadece makroskopik ve sembolik seviyeleri kullandıklarını ve üç düzey arasında ilişki kuramadıklarını ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca çalışmaya katılan öğrencilerin altmikroskopik ve makroskopik seviyeleri birbirine

karıştırdıkları da belirlenmiştir. Gkitzia ve diğerleri (2020) çalışmalarında, 11. sınıf öğrencilerinin kimyasal element, bileşik, sulu çözelti gibi kavramların çoklu gösterimleri arasındaki geçişlerde zorluk çektiklerini tespit etmişlerdir. Öğrenciler, öğrendikleri kavramlar ve makroskopik seviyede yer alan günlük hayatta karşılaştıkları durumlar arasında bağlantı kurabilmektedirler fakat kimyayı sadece makroskopik açıdan düşünmek, yanlış öğrenmelere sebep olabilmektedir (Wu, 2003). Nitekim, yanlışlar sadece lise öğrencilerinde mevcut değildir, çoklu gösterimlere ilişkin çeşitli yanlışlara ve eksik anlayışlara, fen bilgisi ve kimya öğretmen adaylarında da rastlanmaktadır (Derman ve Ebenezer, 2018; Nakiboğlu, 2019; Nakiboğlu ve Nakiboğlu, 2019; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yalçın-Çelik, Turan-Oluk, Üner, Ulutaş ve Akkuş, 2017). Yalçın-Çelik ve diğerleri (2017) çalışmalarında, kimya öğretmen adaylarının asitlik kavramına ilişkin iyonlaşma, hidratlaşma, stokiyometri, derişim, derişik/seyretilik gibi çeşitli kavramlarda bilimsel görüşe uymayan imajlara sahip olduklarını belirlemişlerdir. Tarkin Çelikkıran ve Gökçe (2019) çalışmalarında kimya öğretmen adaylarının çözünürlük ve çözünürlüğü etkileyen etkenlere ilişkin molekül, iyon ve tanecikleri altmikroskopik seviyede göstermede zorlandıklarını ortaya koymuşlardır. Nakiboğlu (2019) çalışmasında, kimya öğretmen adaylarının metalik bağ konusundaki zihinsel modellerinin sadece atomların bir arada durduğunun belirtildiği “basit parçacık” modelinde olduğu ve çizimlerinde üst düzey modellerin yer almadığı sonucuna ulaşmıştır. Başka bir çalışmada Nakiboğlu ve Nakiboğlu (2019), kimya öğretmen adaylarının çökme reaksiyonlarına ilişkin sembolik ve altmikroskopik seviyedeki anlayışlarını araştırmışlardır. Öğretmen adaylarının yarısı, çökme reaksiyonlarına ilişkin denklemlerinde hal durumu belirten sembollerini kullanmamış ve yarıdan fazlası altmikroskopik seviyedeki çizimlerinde yanlış olarak moleküler çözünme özelliklerini kullanmışlardır. Alanyazında yer alan çalışmalarda da görüleceği üzere; hem lise öğrencilerinde hem de öğretmen adaylarında, kimyada çoklu gösterimlere ilişkin benzer tipte yanlışlar vardır. Bu doğrultuda kimyanın farklı konularının ele alınarak çoklu gösterimlere ilişkin daha derin anlayışlar edinilmesi; kimya eğitimi alanında yapılan çalışmalara, öğretim programlarına ve öğretmenlere yol gösterecektir. Bunun yanı sıra, kimya öğretiminde çoklu gösterimlerin koordineli bir şekilde bir arada ele alınması; öğrencilerin soyut ve gözle görülemeyen kimya konularını ve çeşitli kimyasal mekanizmaları bütüncül olarak anlamalarına yardımcı olabilir. Böylece öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilen modellere ve fikirlere sahip olmalarını sağlamak mümkün olabilir (Talanquer, 2011). Hatta konuya ilişkin görsel temsilleri sunmanın yanı sıra, öğrencilerin kendi görsel modellerini oluşturmalarına izin vermek, onların anlayışlarını daha da geliştirebilir (Gobert ve Clement, 1999). Ayrıca, öğrencilere altmikroskopik seviyede çizim yaptırılması konuyla ilgili bilgilerini ve kavram yanlışlarını açığa çıkarabilir (Akkuş, Tüzün ve Eyceyurt, 2013; Devetak ve Glazar, 2010; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019). Alanyazındaki çalışmalarda, kimyanın farklı konularında çoklu gösterimlerle alakalı çalışmalar yapılmıştır, bu konular arasında; maddenin tanecikli yapısı (Adadan, 2013; Adadan, 2014b; Ayas ve Özmen, 2002; Çökelez, 2009), atomik yapı (Akaygun, 2016; Allred ve Bretz, 2019; Zarkadis vd., 2017), kimyasal reaksiyon türleri (Chandrasegaran vd., 2007; Nakiboğlu ve Nakiboğlu, 2019), asitlik kavramı (Yalçın-Çelik vd., 2017), sulu çözeltiler (Devetak vd., 2009) ve çözünürlük (Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019) konuları yer almaktadır. Bu çalışmalarda, özellikle maddenin tanecikli yapısı ve atomik yapılarla ilgili çoklu gösterimlerin incelendiği görülmektedir. Sıvılar konusu ise; maddenin tanecikli yapısının incelenebileceği bir konu olup, bunun yanı sıra günlük yaşamla ilintili birçok durumu barındırmaktadır. Örneğin yüzey gerilimi ile su üzerinde durabilen bir böceğin veya suda yüzen bir iğnenin davranışı, suyun yapısı, suyun moleküler etkileşimleri ile göllerin neden yukarıdan aşağıya doğru donduğu veya motorlu araçlarda yazın daha çok viskoz yağ kullanılması gerektiği; bilimsel olarak açıklanabilir (Chang ve Goldsby; 2018). Bu günlük hayattan örneklere ilişkin bilimsel açıklamalar oluşturmak için, öğretim sürecinde her üç seviyenin birbiriyle ilişkili olarak ele alınması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, sıvılar konusu lise ve üniversite seviyesinde genel kimya ve fizikokimya derslerinde yer alan önemli bir konudur. Sıvılar konusunda ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalar incelendiğinde (Demircioğlu, Bektaş ve Demircioğlu, 2018; Merhametli, 2013; Tetik, 2019) viskozite, yüzey gerilimi gibi kavramların yer aldığı çoklu gösterimlere ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu gerekçeyle çalışmamızda sıvılar konusu çoklu gösterimler açısından ele alınmıştır. Bu çalışma kapsamında oluşturulan ölçeğin; lise ve üniversite seviyesindeki öğrencilerin sıvılar konusundaki anlayışlarını belirlemeye yardımcı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmayla; öğretmen, öğretmen adayı ve araştırmacılara kimya eğitiminde çoklu gösterimlerin incelenmesine ilişkin önemli noktalar sunulacak ve öğretim programı geliştirenler ve kitap yazarları için çoklu

gösterimlerin materyallerde vurgulanmasına ilişkin önerilerde bulunulacaktır. Bu doğrultuda araştırmanın amacı; lise öğrencilerinin Kimya dersi “Maddenin Halleri” ünitesinde yer alan “Sıvılar” konusu ile ilgili makroskopik, altmikroskopik ve sembolik düzeydeki düşünce biçimlerini araştırmaktır. Çalışma kapsamında lise öğrencilerinin su, gliserin ve kolonyada yer alan moleküllerin çoklu gösterimlerine ve moleküller arası etkileşimlerine dair bilgilerini belirlemek hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra; su molekülleri, yüzey gerilimi ve viskozitenin sıcaklık değişkenine göre altmikroskopik gösterimine ilişkin anlayışları belirlenmiştir.

Yöntem

Bu araştırma; farklı seviyelerden lise öğrencilerinin sıvılar konusunda çoklu gösterimlere dair bilgilerini ortaya koymak amacıyla tasarlanmış betimsel bir araştırmadır. Bu araştırmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Yin’e (2003) göre, durum çalışması; güncel bir durumu kendi yaşam ortamında araştıran, durum ve içerik arasındaki sınırların kesin hatlarıyla belli olmadığı nitel bir araştırma yöntemidir. Bu çalışmada araştırılan durum, lise öğrencilerinin sıvılar konusu ile ilgili makroskopik, altmikroskopik ve sembolik düzeydeki düşünme biçimleridir.

Çalışma Grubu

İstanbul ilinde üç farklı devlet lisesinde öğrenim gören 9., 10., 11. ve 12. sınıf öğrencileri çalışma grubunu oluşturmaktadır. Çalışma grubu kolay ulaşılabilir durum örnekleme ile belirlenmiştir. Kolay ulaşılabilir durum örnekleme, araştırmaya hız ve pratiklik kazandıran, yakın olan ve erişilmesi kolay olan bir durumun seçildiği örnekleme yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Çalışmaya 96 kız ve 64 erkek olmak üzere toplam 160 lise öğrencisi katılmıştır. Her sınıf seviyesinden toplam 40 öğrenci çalışmada yer almıştır. Lise öğrencilerinin yaş aralığı 14-17’dir. Öğrenciler maddenin halleri ünitesindeki sıvılar konusunu 9. sınıf kimya öğretim programı kapsamında görmektedir (MEB, 2018). Çalışmada yer alan tüm öğrenciler 9. sınıf seviyesindeki bu konuyu derslerinde işlemiştir.

Veri Toplama Aracı

Kimya dersi öğretim programında maddenin halleri ünitesinde yer alan sıvılar konusuna ilişkin kazanımlardan bazıları;

-“Sıvılarda viskozite kavramını açıklar”,

“Sıvılarda viskoziteyi etkileyen faktörleri açıklar.”

-“Viskozitenin moleküller arası etkileşim ile ilişkilendirilmesi sağlanır.”

-“Farklı sıvıların viskoziteleri sıcaklıkla ilişkilendirilir” şeklindedir (MEB, 2018, s. 19). Bahsi geçen bu kazanımlar da dikkate alınarak, aynı kavramla ilgili farklı düşünce biçimlerinin belirlenmesine olanak tanıyan, ancak kimyanın farklı gösterim biçimlerini bulunduran açık uçlu sorular kullanılmıştır. Sorular öğrencilerin; çeşitli sıvıların moleküler gösterimi, yüzey gerilimi, viskozite, sıvılarda sıcaklık etkisi konularına dair düşünce biçimlerini araştırmayı amaçlamıştır. Anket sorularının bir bölümü literatürdeki bir çalışmadan (Kabapınar, 1998) alınmıştır, diğer sorular ise yazarlar tarafından ortak olarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda sıvılar konusu ile ilgili çoklu gösterimleri içeren 11 açık uçlu sorudan oluşan bir anket hazırlanmıştır. Araştırmada kullanılan soruların; öğrencilerin makroskopik, altmikroskopik ve sembolik seviyeleri düşüncelerini incelemeye yönelik olmasına özen gösterilmiştir. Öğrencilerden altmikroskopik seviyede sorular sorularını çizerek yanıtlamaları istenirken, makroskopik ve sembolik seviyedeki soruları yazarak açıklamaları istenmiştir. Anket ilk olarak, bu çalışmanın katılımcıları dışında bir grup lise öğrencisine, daha sonra üniversite düzeyindeki öğrencilere uygulanmış ve bu uygulama pilot çalışma olarak değerlendirilmiştir. Pilot çalışma sonrası anlaşılmayan, ikileme düşülen ya da veri üretmeyen sorular düzeltilerek ankete son hali verilmiştir. Anketin uygulanması 40 dakika (1 ders saati) kadar sürmüştür. Katılımcılar ankette yer alan soruları yanıtlarken araştırmacılar herhangi bir açıklama yapmamış ve müdahalede bulunmamıştır. Veriler, 2017-2018 akademik yılı bahar döneminde kimya dersi kapsamında toplanmıştır.

Verilerin Analizi

Nitel veri analizinde uzman kişi verileri düzenler, kategorilere ayırır, kayda değer bilgileri anlamlı bir şekilde rapora yansıtır (Bogdan ve Biklen, 1998). Bu çalışmada veriler, açık uçlu sorularla toplanmıştır ve öğrencilerin cevapları; sözel açıklamalar ve görsel çizimler olarak elde edilmiştir. Cevapların analizinde içerik analizi kullanılmıştır. İçerik analizinde temel amaç toplanan verileri açıklamak için birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya

getirmektir. İçerik analizinin ilk aşaması verilerin kodlanmasıdır. Bu bağlamda her bölüm kavramsal anlamda bir bütün oluşturacak şekilde kodlanır. Bu kodlama bir veya birkaç sözcükten oluşabilir. Verilerin kodlanmasının nitel verilerin düzenlenmesinde önemli bir işlevi vardır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu doğrultuda, öğrencilerin her bir soruya vermiş olduğu cevap bilimsel açıdan doğru olarak yeterince açıklanmışsa ve altmikroskopik seviyede çizimleri açısından yanlışlar içermiyorsa; doğru olarak kodlanmıştır. Eğer bilimsel açıdan yanlış bir açıklama veya yanlış bir gösterimi temsil ediyorsa cevap yanlış olarak kodlanmıştır. Belli bir cevap verilmemişse ise cevap kodlamanın boş kategorisinde yer almıştır. Kodlamaları araştırmacılar ayrı olarak yapmışlar ve sonrasında bir araya gelerek kodlamalarını karşılaştırmışlardır. Üzerinde hemfikir olmadıkları kodları tekrar inceleyerek %100 fikir birliğine varmışlardır. Öğrencilerin sorulara verdikleri doğru ve yanlış cevaplar ile boş bıraktıkları soruların frekansları ve yüzdelik dilimleri hesaplanmış ve araştırmanın bulguları oluşturulmuştur.

Etik Değerler

Öğrencilerin çalışmaya katılımı, gönüllülükleri esas alınarak belirlenmiştir. Çalışmanın amacı ve yapılacaklar hakkında bilgi verildikten sonra, çeşitli gerekçelerle katılmak istemeyen öğrenciler çalışmadan çıkarılmıştır. Katılımcıların gizliliği ön planda tutulmuş ve veri analizinde isimleri yerine rastgele verilen numaralar kullanılmıştır. Katılımcıların seçildiği okul bilgileri de gizli tutulmuştur.

Bulgular

Suyun sembolik olarak gösterimi sorusuna ilişkin cevapların analizi Tablo 1’de verilmiştir. Bu soruda makroskopik boyutta gözlenebilir olan bir görsel kullanılmıştır (kap içerisinde su) ve öğrencilerden suyun formülünü yazmaları istenmiştir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu (%87,5 ile %100 arası) suyun sembolik gösterimini doğru biçimde yazmıştır (H_2O). Bu soruya 160 öğrenci arasından toplam 152 öğrenci (%95) doğru cevap vermiştir. Öte yandan su molekülünün çizimine (altmikroskopik gösterimi) dair bulgular incelendiğinde (Bkz. Tablo 2) toplamda 160 öğrenciden sadece 39 öğrenci (%24,4) bilimsel açıdan doğru kabul edilebilecek yanıtlar vermiştir. Suyun altmikroskopik gösterimini doğru biçimde yapabilen öğrencilerin sayısı alt sınıflarda düşüken, 12. sınıf seviyesindeki öğrencilerde oldukça yüksektir.

Tablo 1

Suyun Sembolik Gösterimi

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	39	%97,5	1	%2,5	0	%0
10. sınıf	40	%100	0	%0	0	%0
11. sınıf	38	%95	1	%2,5	1	%2,5
12. sınıf	35	%87,5	4	%10	1	%2,5

Tablo 2

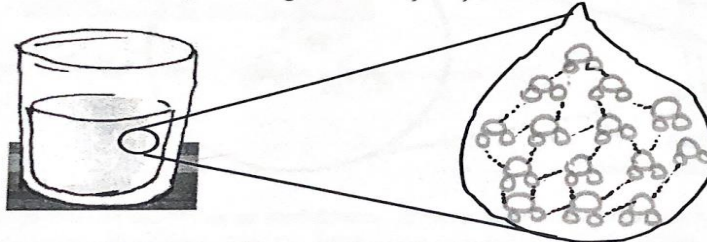
Suyun Altmikroskopik Gösterimi (Su Molekülünün Çizimi)

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	2	%5	37	%92,5	1	%2,5
10. sınıf	3	%7,5	34	%85	3	%7,5
11. sınıf	5	%12,5	30	%75	5	%12,5
12. sınıf	29	%72,5	8	%20	3	%7,5

Bu soruda sıklıkla karşılaşılan yanlış gösterimler, öğrencilerin su moleküllerini tek bir atom (tek bir küre) veya tek bir molekül olarak çizimleridir. İki öğrencinin suyun altmikroskopik gösterimine ilişkin yanıtlarından örnekler Şekil 1 ve Şekil 2’de sunulmaktadır. Örneklerde de görüldüğü gibi, bu soruda makroskopik boyutta gözlenebilir olan bir görsel kullanılmıştır (kap içerisinde su). Bu görselden yola çıkarak öğrencilerin su moleküllerinin altmikroskopik boyuttaki görünümünü çizmeleri istenmiştir. Bu soru, makroskopik ve altmikroskopik seviyeler arasındaki ilişkiyi de inceleyen bir sorudur. Şekil 1’de, su moleküllerinin hidrojen ve oksijen atomları arasındaki bağları doğru olarak gösterilmiştir. Aynı zamanda öğrenci su moleküllerini uzay dolgu modeli kullanarak göstermiştir. Şekil 2’de ise öğrenci su

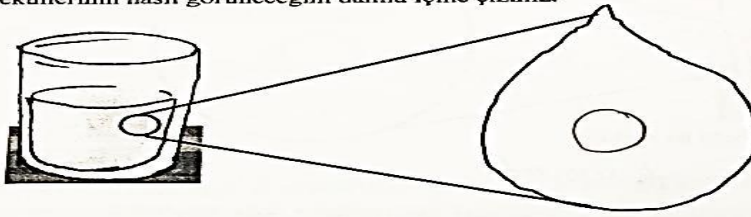
molekülünü tek bir atom şeklinde göstermiştir. Su moleküllerini sadece bir adet göstermesi ve çizimin suyun moleküler yapısını içermemesi sebebiyle yanlış bir gösterimdir.

- b) Kap içerisindeki su molekülleri milyonlarca kez büyütüldü. Artık su damlasının moleküllerini görebiliyorsunuz. Beherden aldığınız bir damla suyun nasıl görürsünüz? Damlanın içindeki su moleküllerinin nasıl görüneceğini damla içine çiziniz.



Şekil 1. Su moleküllerinin altmikroskopik seviyede doğru bir gösterimi (68 kodlu öğrenci)

- b) Kap içerisindeki su molekülleri milyonlarca kez büyütüldü. Artık su damlasının moleküllerini görebiliyorsunuz. Beherden aldığınız bir damla suyun nasıl görürsünüz? Damlanın içindeki su moleküllerinin nasıl görüneceğini damla içine çiziniz.



Şekil 2. Su moleküllerinin altmikroskopik seviyede yanlış bir gösterimi (166 kodlu öğrenci)

Öğrencilere sorulan altmikroskopik seviye düzeyinde bir başka soru da ‘Suyun moleküler etkileşimlerini gösteriniz’ sorusu olmuştur. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 3’te görülmektedir.

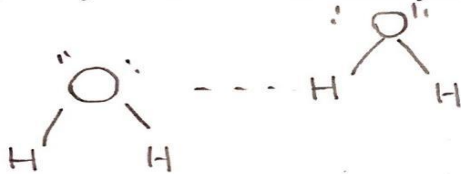
Tablo 3

Su Molekülleri Arasındaki Etkileşimler Nasıldır?

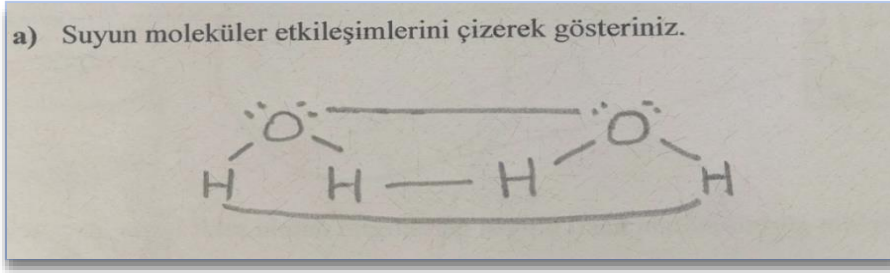
Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	2	%5	8	%20	30	%75
10. sınıf	1	%2,5	22	%55	17	%42,5
11. sınıf	7	%17,5	15	%37,5	18	%45
12. sınıf	2	%5	11	%27,5	27	%67,5

Tablo 3’te görüldüğü üzere, öğrencilerin büyük bir çoğunluğu bu soruyu cevaplayamamıştır. Toplam 160 öğrenciden sadece 12’si (%7,5) soruya doğru yanıt verebilmiştir. Öğrenciler %42,5 ile %75 arasında değişen yüzdelerle soruyu yanıtsız bırakmıştır. Tüm sınıf seviyelerinde doğru cevaplayanların yüzdesi, yanlış cevaplayanlara göre oldukça düşüktür. Soruya yanlış cevap veren öğrencilerin bir kısmı, su molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını yanlış göstermiştir. Bu durum, öğrencilerin hidrojen bağlarını altmikroskopik seviyede doğru olarak anlamadıklarını göstermektedir. Bunun yanı sıra, moleküller arası etkileşimleri belirtmeyen öğrenci cevapları da bulunmaktadır. Soruya verilen doğru yanıtlardan birisi Şekil 3’te görülmektedir. Bu çizimde öğrenci iki su molekülü arasındaki etkileşimi doğru şekilde göstermiştir. Şekil 4’te ise yanlış bir gösterim örneği sunulmaktadır. Bu yanlış gösterimde öğrenci, moleküller arası etkileşimleri benzer atomları birbirine bağlayan bir etkileşim olarak göstermiştir.

- a) Suyun moleküler etkileşimlerini çizerek gösteriniz.



Şekil 3. Su molekülünde moleküller arası etkileşimlerin doğru bir gösterimi (120 kodlu öğrenci)



Şekil 4. Su molekülünde moleküller arası etkileşimlerin yanlış bir gösterimi (122 kodlu öğrenci)

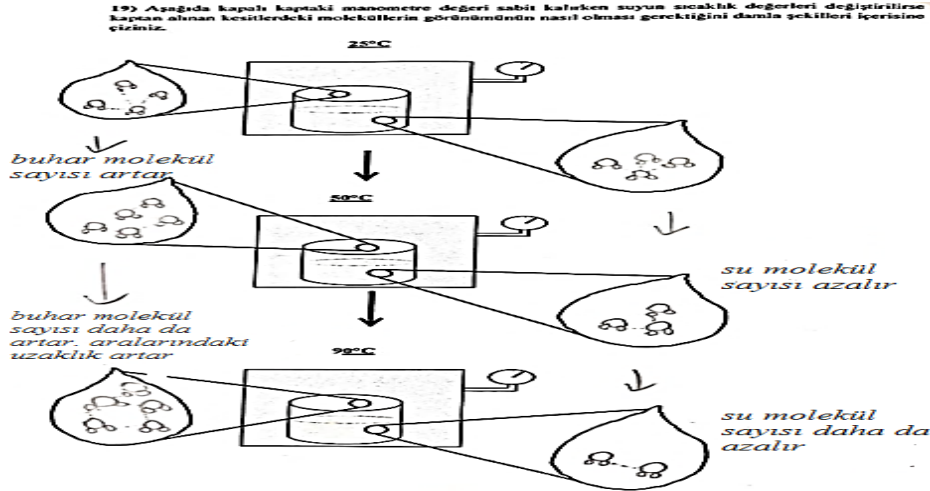
Bunun yanı sıra, öğrencilere “Sıcaklık değişkenine bağlı olarak (sıcaklık artışına göre) su moleküllerinin görünüşleri” sorulmuştur. Bu soru, altmikroskopik seviyeye beraber, sıcaklıkla ilişkili sayısal değerleri yorumlamayı gerektirdiği için sembolik seviyeyi de içeren bir sorudur. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 4’te görülmektedir.

Tablo 4

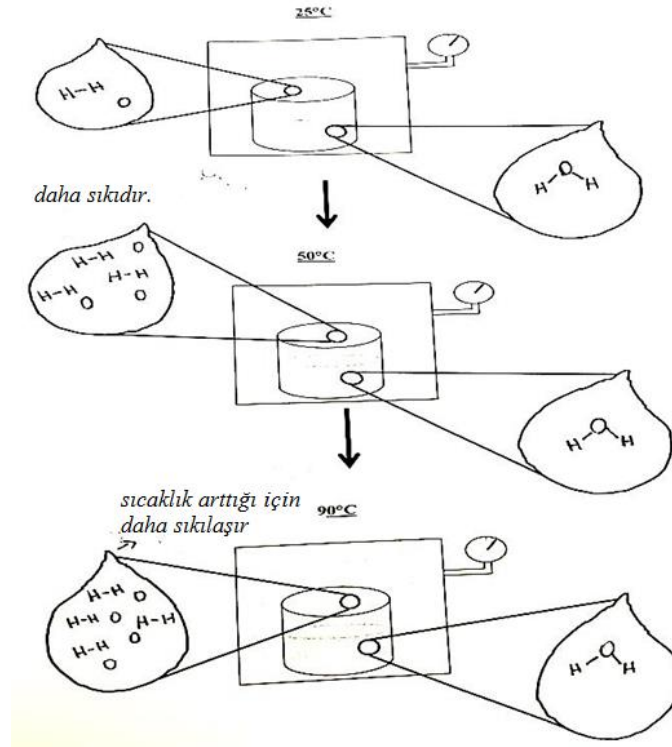
Sıcaklık Değişkenine Göre Su Moleküllerinin (Altmikroskopik) Görünüşleri Nasıl Olur?

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	22	%55	13	%32,5	5	%12,5
10. sınıf	8	%20	30	%75	2	%5
11. sınıf	5	%12,5	35	%87,5	0	%0
12. sınıf	17	%42,5	17	%42,5	6	%15

Soruya toplamda 160 öğrenci arasından 52 öğrenci (%32,5) doğru cevap vermiştir. Bu soruyu doğru cevaplayanların büyük çoğunluğu 9. sınıf öğrencileridir. Soruya en fazla oranda yanlış cevap veren öğrenciler ise 11. sınıf öğrencileridir. Bu soruya verilen yanlış cevaplarda genellikle suyun sadece sembolik olarak gösterilmesi, su moleküllerinin birbirinden çok uzak çizilmesi, atomik gösterim kullanılması gibi cevaplar yer almıştır. Öğrencilerin bazıları, sıcaklık arttıkça gaz taneciklerine benzer şekilde çizim yapmışlardır. Bu soruya verilen cevapların bazıları Şekil 5 ve Şekil 6’da görülmektedir. Şekil 5’te, su molekülleri arasındaki hidrojen bağları ve su buharlaştıkça moleküllerin düzensiz bir şekil alması bilimsel açıdan doğru kabul edilebilir biçimde gösterilmiştir. Şekil 6’da ise, su molekülleri tek olarak ve sembolik şekilde gösterilmiştir. Bu çizim, bilimsel açıdan yanlış kabul edilmiştir.



Şekil 5. Su moleküllerinin sıcaklık değişkenine göre altmikroskopik seviyede doğru bir gösterimi (32 kodlu öğrenci)



Şekil 6. Su moleküllerinin sıcaklık değişkenine göre altmikroskopik seviyede yanlış bir gösterimi (13 kodlu öğrenci)

Anketteki bir başka soruda öğrencilere ‘Pipetin ucundaki su damlasının neden damla şeklinde olduğu’ sorusu yöneltilmiştir. Su damlasının şekli, gözle görülebilir ve soru makroskopik düzeye ilişkin bir olayı sorgulamaktadır. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 5’te görülmektedir.

Tablo 5

Pipetten Damlatılan Su Damlasının Şekli Neden Damla Şekindedir?

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	3	%7,5	21	%52,5	16	%40
10. sınıf	0	%0	24	%60	16	%40
11. sınıf	5	%12,5	24	%60	11	%27,5
12. sınıf	0	%0	15	%37,5	25	%62,5

Pipetten damlatılan su ile ilgili sorulan soruda verilmesi istenen cevap ‘yüzey geriliminden kaynaklı olarak damla şeklinde görünmesi’ şeklinde olmalıdır. Moleküller arası kuvvetler, sıvıdaki molekülleri tüm yönlerde eşit olarak çeker. Yüzeyde bulunan moleküller, diğer moleküller tarafından aşağı ve yanlara doğru çekilir, fakat yukarıya çekim kuvveti bulunmamaktadır. Yüzeydeki sıvı molekülleri sıvının içine doğru çekilir ve yüzey elastik bir zar şeklinde büzülür. Sıvının yüzeyindeki esnek kuvvetin ölçüsü yüzey gerilimidir ve su damlalarının bu şekilde olmasının sebebi küre formunda yüzey alanını küçültmesinden ötürüdür (Chang ve Goldsby, 2018, s.475). Bu soruya 160 öğrenci arasından sadece 8 öğrenci (%5) doğru cevap vermiştir. Tablo 5’ten de görüldüğü üzere, her sınıf seviyesinde yanlış ve boş bırakılan cevap yüzdesi doğru yüzdesinden daha fazladır. 9.sınıftan 3, 11. sınıftan ise 5 öğrenci doğru cevap vermiştir. Diğer sınıf seviyelerinde ise doğru cevap veren yoktur.

Ankette yer alan bir başka soruda, su yüzeyine bırakılan demir iğnenin suyun üstünde yüzdüğü ifade edilmiştir; su ve iğne moleküllerinin görüntüsünün nasıl olması gerektiği sorulmuştur. Bu soruda, öğrencilerin makroskopik boyutta gözlemleyebilecekleri; demir bir iğnenin suda yüzmesi olayı ele alınmıştır. Makroskopik seviyeye ilişkin bu olayın altmikroskopik açıklaması sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerin altmikroskopik seviyedeki görüşleri araştırılmıştır. Soruya verilen yanıtların analizi Tablo 6’da görülmektedir.

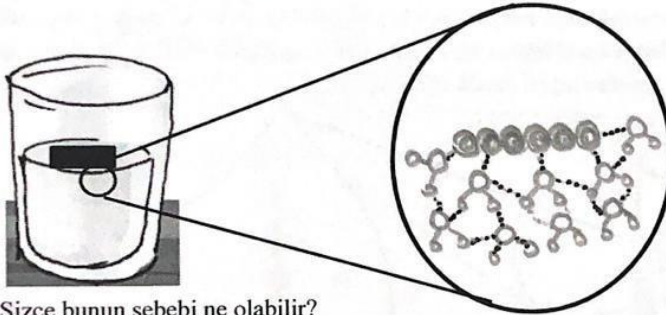
Tablo 6

Suda Yüzen Demir İğne ve Su Moleküllerinin Görünümü

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	8	%20	20	%50	12	%30
10. sınıf	0	%0	40	%100	0	%0
11. sınıf	0	%0	40	%100	0	%0
12. sınıf	1	%2,5	32	%80	7	%17,5

Yüzey geriliminin altmikroskopik gösterimine ilişkin bu soruya 160 öğrenci arasından sadece 9 öğrenci (%5,6) doğru cevap vermiştir. Soruya 10. ve 11. sınıf seviyelerindeki öğrencilerin tamamı yanlış cevaplar vermiştir. 9. sınıflardan 8 öğrenci ve 12. sınıflardan ise 1 öğrenci soruyu doğru cevaplamıştır. Soruya verilen cevaplardan bazı örnekler Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir. Şekil 7’de öğrenci demir atomlarını ve su moleküllerini ve aralarındaki etkileşimleri doğru olarak göstermiştir. Şekil 8’de, metal iğne ve su molekülleri arasında metalik bağ olduğu belirtilmiştir. Su molekülleri arasındaki bağlar nedeniyle yüzeydeki su molekülleri içteki su molekülleri tarafından çekilmektedir ve bu durum yüzey gerilimi kuvvetini oluşturur. Oluşan yüzey gerilimi demir iğneyi su üzerinde tutar ve batmasına engel olur. Öğrenci cevabında yüzey geriliminden kaynaklandığını yazmıştır, fakat çiziminde metalik bağı göstermesi yanlış bir açıklama olmuştur. Şekil 9’da su molekülleri birbirine hiç değmeyecek şekilde çizilmiş ve demir atomları su molekülleri ile etkileşimsiz biçimde gösterilmiştir. Ayrıca çizime ilişkin açıklama da yanlıştır.

- 5) Su dolu bir kap içerisindeki demir iğne suyun içine bırakıldığında suyun üstünde yüzdüğü görülür. Su ve iğnenin moleküllerinin görüntüsünün nasıl olması gerektiğini yuvarlak içine çiziniz.

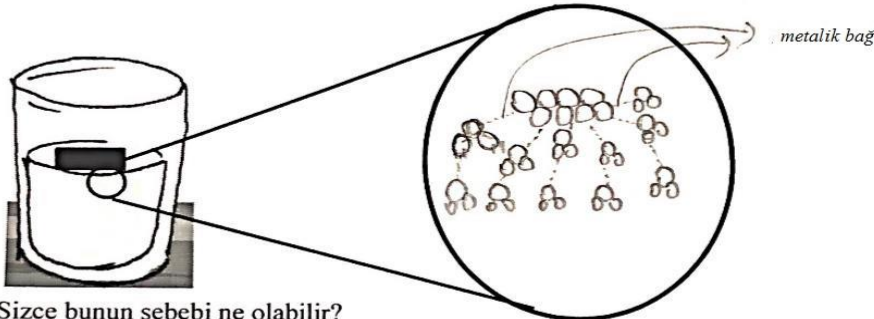


- a) Sizce bunun sebebi ne olabilir?

..... yüzey gerilimi

Şekil 7. Su üzerinde yüzen demir iğne ve suyun altmikroskopik seviyede doğru bir gösterimi (35 kodlu öğrenci)

- 5) Su dolu bir kap içerisindeki demir iğne suyun içine bırakıldığında suyun üstünde yüzdüğü görülür. Su ve iğnenin moleküllerinin görüntüsünün nasıl olması gerektiğini yuvarlak içine çiziniz.

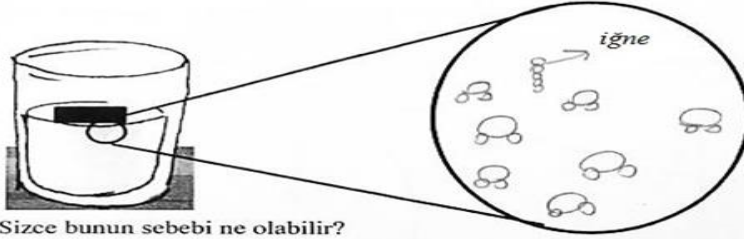


- a) Sizce bunun sebebi ne olabilir?

..... yüzey gerilimi

Şekil 8. Su üzerinde yüzen demir iğne ve suyun altmikroskopik seviyede yanlış bir gösterimi (66 kodlu öğrenci)

5) Su dolu bir kap içerisindeki demir iğne suyun içine bırakıldığında suyun üstünde yüzdüğü görülür. Su ve iğnenin moleküllerinin görüntüsünün nasıl olması gerektiğini yuvarlak içine çiziniz.



a) Sizce bunun sebebi ne olabilir?

çünkü iğnenin yoğunluğu suyun yoğunluğundan azdır.

Şekil 9. Su üzerinde yüzen demir iğne ve suyun altmikroskopik seviyede yanlış bir gösterimi (197 kodlu öğrenci)

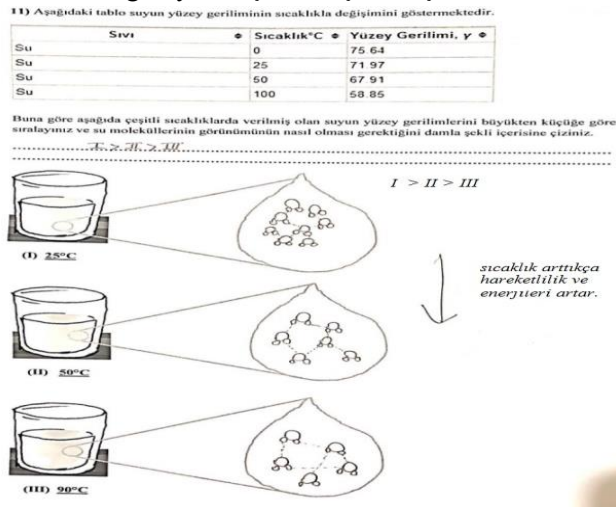
Anketin bir diğer sorusunda öğrencilere “sıcaklık ve yüzey gerilimi arasındaki ilişki” sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerin bir tabloyu inceleyerek yüzey gerilimlerini karşılaştırmaları (sembolik seviye) ve sonrasında ise moleküllerin görünümünü çizmeleri istenmiştir (altmikroskopik seviye). Öğrencilerden beklenen cevap sıcaklık arttıkça akışkanlık artacağı için yüzey geriliminin azalacağı açıklamasıdır. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 7’de görülmektedir.

Tablo 7

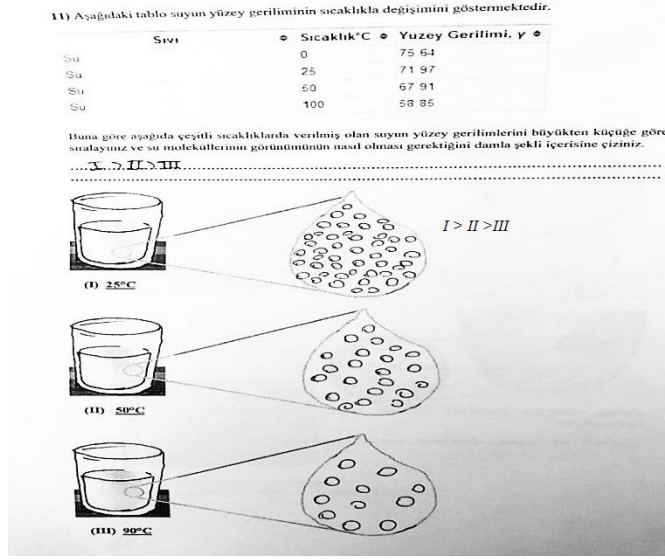
Sıcaklıkla Suyun Yüzey Gerilimi Nasıl Değişir?

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	17	%42,5	13	%32,5	10	%25
10. sınıf	14	%35	18	%45	8	%20
11. sınıf	11	%27,5	27	%67,5	2	%5
12. sınıf	22	%55	15	%37,5	3	%7,5

Sıcaklıkla yüzey gerilimi değişimine ilişkin soruya, öğrencilerin %40’ı (n=64) doğru cevap vermiştir. 12. sınıf öğrencileri diğer sınıflara göre daha yüksek bir oranda soruyu doğru cevaplanmıştır. Soruya en fazla yanlış cevap veren sınıf seviyesi ise 11. sınıftır. Yanlış olarak kodlanan cevaplarda öğrenciler genellikle yüzey gerilimlerini yanlış sıralamıştır. Bunun yanı sıra, yüzey gerilimleri doğru şekilde sıralansa bile çizimlerinde atomik gösterim kullananlar yanlış olarak kodlanmıştır. Şekil 10 ve Şekil 11’de bazı öğrencilerin soruya vermiş oldukları yanıtlar örnek olarak sunulmuştur. Şekil 10’da sıcaklık değişimine karşı viskozite değişimi doğru sıralanmış, su moleküllerinin arasındaki düzensizliğin sıcaklık arttıkça artacağını belirtilmiştir. Şekil 11’de ise öğrenci su moleküllerini atomik olarak gösterilmiştir. Sıcaklık artışına bağlı olarak moleküller arasındaki boşluğun arttığı gösterilmiş olsa da su tanecikleri birbirine değmeyecek şekilde çizilmiştir.



Şekil 10. Sıcaklıkla suyun yüzey gerilimi değişimine ilişkin doğru bir gösterim (56 kodlu öğrenci)



Şekil 11. Sıcaklıkla suyun yüzey gerilimi değişimine ilişkin yanlış bir gösterim (33 kodlu öğrenci)

Başka bir soruda, öğrencilerden ağız kapalı kaptaki kolonya moleküllerinin gösterimini çizmeleri istenmiştir. Soru, makroskopik seviyede gözlenebilen kaptaki kolonya moleküllerine ilişkin altmikroskopik seviyede bir açıklama beklemektedir fakat öğrencilerin kolonyada yer alan etil alkol molekülünün formülünü (sembolik seviye) bilmesini gerektirmektedir. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 8’de görülmektedir.

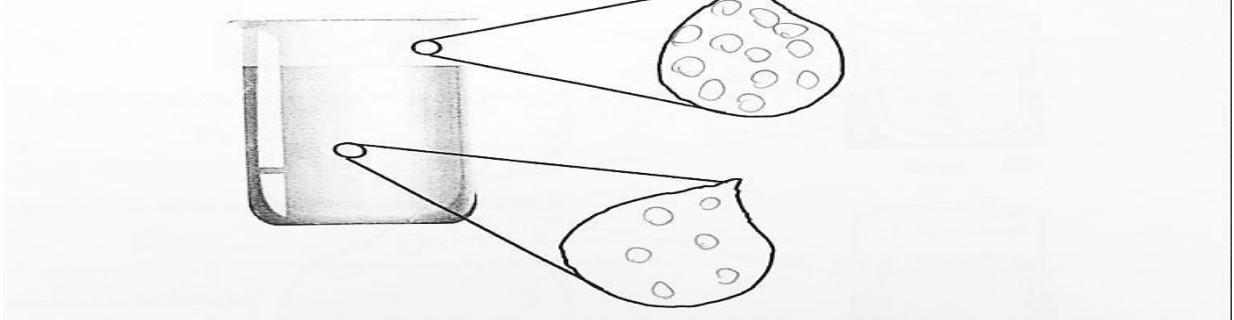
Tablo 8

Kapalı Kaptaki Kolonyanın Altmikroskopik Gösterimi

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız(f)	Cevapsız %
9. sınıf	0	%0	28	%70	12	%30
10. sınıf	0	%0	34	%85	6	%15
11. sınıf	0	%0	29	%72,5	11	%27,5
12. sınıf	5	%12,5	11	%27,5	24	%60

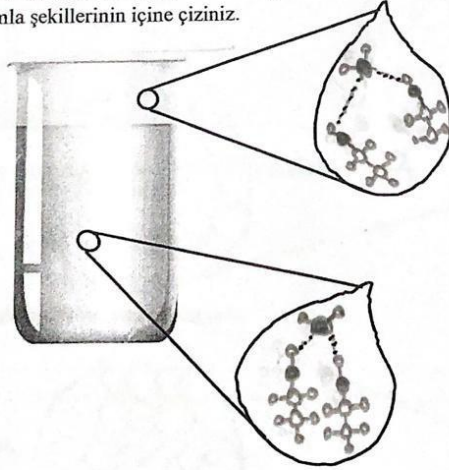
Tablo 8’de görüldüğü gibi ağız kapalı kaptaki kolonyanın altmikroskopik gösterimini 160 öğrenci arasından sadece 12. sınıf seviyesindeki 5 öğrenci (%3,1) doğru biçimde yapabilmıştır. Diğer sınıf seviyelerindeki öğrenciler soruyu ya cevaplamamış ya da yanlış cevaplamıştır. Bu soruyu yanlış cevaplayan öğrenciler, genellikle tek bir tanecik kullanmışlardır. Şekil 12 ve Şekil 13’te öğrenci yanıtları görülmektedir. Şekil 12’de öğrenci, kolonya moleküllerini atomik şekilde göstermiş ve sıvı moleküllerini birbirlerine değmeyecek şekilde çizmiştir.

17) a) Ağız kapalı bir behere kolonya konulduğunda bir müddet sonra kolonya moleküllerinin nasıl görüneceğini damla şekillerinin içine çiziniz.



Şekil 12. Kolonyadaki moleküllerin altmikroskopik seviyede yanlış bir gösterimi (16 kodlu öğrenci)

17) a) Ağızı kapalı bir behere kolonya konulduğunda bir müddet sonra kolonyaya moleküllerinin nasıl görüneceğini damla şekillerinin içine çiziniz.



Şekil 13. Kolonyadaki moleküllerin altmikroskopik seviyede doğru bir gösterimi (20 kodlu öğrenci)

Şekil 13'te ise öğrenci kolonyayı oluşturan etil alkol moleküllerini ve su moleküllerini bir arada göstermiştir, bu çizim doğru olarak kabul edilmiştir.

Başka bir soruda, öğrencilerden gliserinin moleküler etkileşimini çizerek göstermeleri istenmiştir. Soru altmikroskopik seviyede bir çizim yapmayı ve gliserinin formülünü (sembolik seviye) bilmeyi gerektirmektedir. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 9

Gliserinin Moleküler Etkileşimi

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	0	%0	6	%15	34	%85
10. sınıf	0	%0	11	%27,5	29	%72,5
11. sınıf	0	%0	16	%40	24	%60
12. sınıf	0	%0	4	%10	36	%90

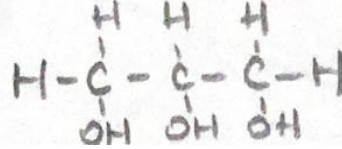
Gliserinin moleküler etkileşimi ile ilgili sorulan soruya hiçbir öğrenci doğru cevap verememiştir. Tüm sınıf seviyelerinde çoğunluk soruyu cevaplamamıştır (%60 ile %90 arası). Çizimleri incelendiğinde, öğrencilerin genellikle gliserinin moleküler yapısını çizemedikleri, bunun yerine her bir molekülü bir atom şeklinde gösterdikleri görülmektedir. Bu durumun sebeplerinden birinin öğrencilerin gliserinin formülünü bilmemelerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Şekil 14 ve Şekil 15'te öğrencilerin yanlış çizimlerden örneklere yer verilmiştir. Şekil 14'de öğrenci her bir gliserin molekülünü atomik yapıda göstermiştir. Şekil 15'te ise, gliserin sembolik seviyede göstermiş ve moleküler arası etkileşimlerini belirtmemiştir.

c) Gliserinin moleküler etkileşimlerini çizip gösteriniz.



Şekil 14. Gliserinin moleküler etkileşimlerinin yanlış bir gösterimi (37 kodlu öğrenci)

c) Gliserinin moleküler etkileşimlerini çizip gösteriniz.



Şekil 15. Gliserinin moleküler etkileşimlerinin yanlış bir gösterimi (93 kodlu öğrenci)

Anket sorularından birisi su ve gliserinin akışkanlıklarının karşılaştırılması hakkındadır. Bu soruda öğrencilerin gözlemleyebilecekleri bir olay sorulmaktadır. Akışkanlıkların karşılaştırılmasına yönelik cevapları makroskopik düzeydedir. Nedenine dair açıklamaları ise altmikroskopik seviyedeki gerekçelendirmelerini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle bu soru, öğrencilerin makroskopik ve altmikroskopik seviyelerdeki düşünme biçimlerini ortaya çıkarmaya yöneliktir. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 10'da görülmektedir.

Tablo 10

Su ve Gliserinin Akışkanlıklarının Karşılaştırılması

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	15	%37,5	6	%15	19	%47,5
10. sınıf	22	%55	14	%35	4	%10
11. sınıf	31	%77,5	6	%15	3	%7,5
12. sınıf	27	%67,5	7	%17,5	6	%15

Gliserinin hidrojen bağı sayısı suyun hidrojen bağı sayısından fazla olduğu için gliserin suya göre daha viskozdur. Gliserinin moleküler etkileşimlerine dair bulgularda da görüleceği gibi, öğrenciler çoğunlukla altmikroskopik seviyede doğru şekilde çizememiştir veya yanlış şekilde çizmiştir. Su ve gliserinin akışkanlıklarının karşılaştırılması noktasında, 160 öğrenci arasından 95 öğrenci (%59,4) doğru cevap vermiştir. Bu sebeple karşılaştırma sorusunda Bu noktada 11. sınıf seviyesindeki öğrenciler bu soruya, diğer sınıflara kıyasla daha yüksek oranda doğru vermiştir.

Ankette öğrencilerden suyun sıcaklığa bağlı olarak viskozite değişimini karşılaştırmaları da istenmiştir. Bu soruda öğrencilerin bir tabloyu inceleyerek viskoziteleri karşılaştırmaları (sembolik seviye) ve sonrasında ise moleküllerin görünümelerini çizmeleri istenmiştir (altmikroskopik seviye). Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 11'de görülmektedir.

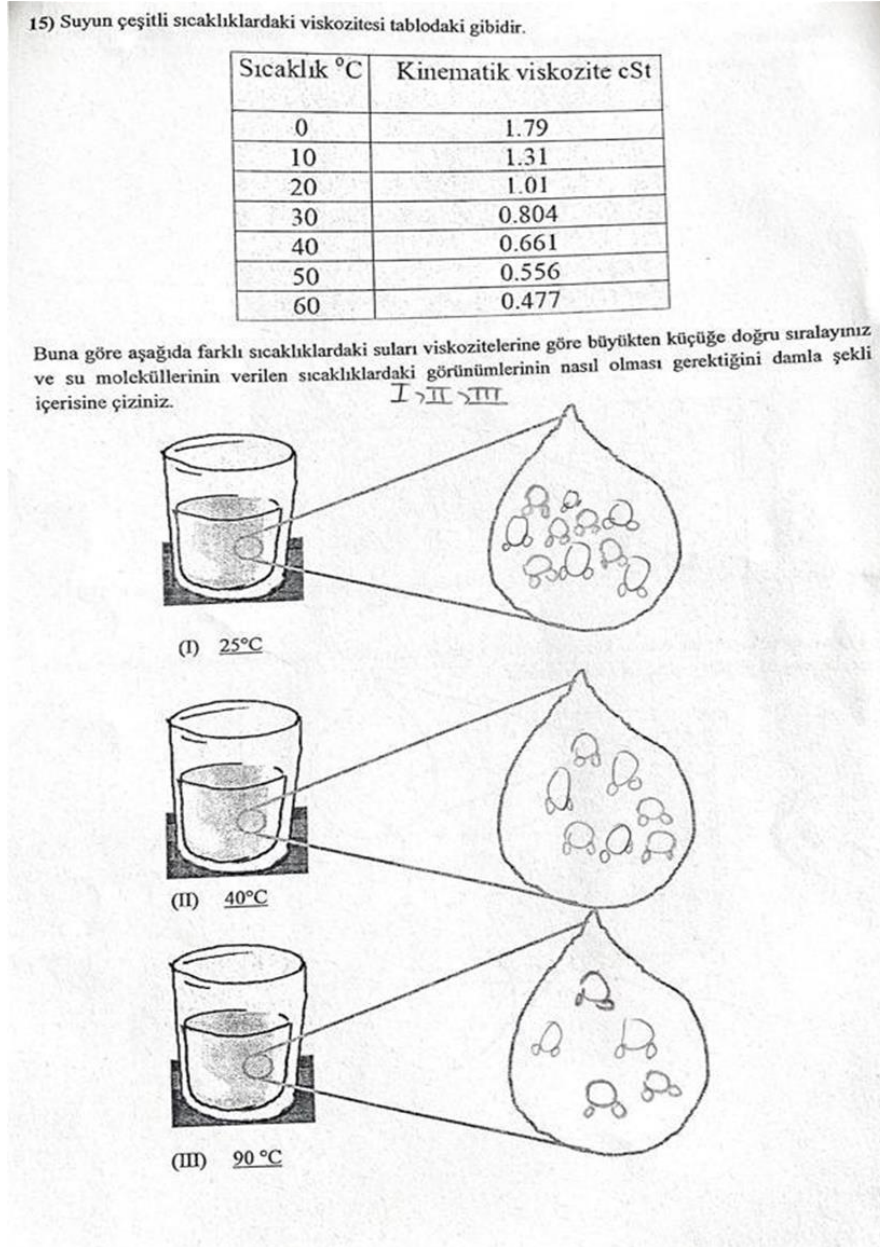
Tablo 11

Suyun Sıcaklık-Viskozite Karşılaştırılması

Sınıf Seviyesi	Doğru (f)	Doğru %	Yanlış (f)	Yanlış %	Cevapsız (f)	Cevapsız %
9. sınıf	15	%37,5	9	%22,5	16	%40
10. sınıf	16	%40	5	%12,5	19	%47,5
11. sınıf	18	%45	3	%7,5	19	%47,5
12. sınıf	11	%27,5	12	%30	17	%42,5

Bu soruya öğrencilerin %37,5'ı (n=60) doğru cevap vermiştir. Soruya en fazla doğru cevabı %45'lik bir doğru cevaplama yüzdesi ile 11. sınıf öğrencileri vermiştir. 12. sınıf öğrencileri ise bu soruyu diğer

sınıflara kıyasla daha fazla yanlış şekilde cevaplamıştır (%30). Şekil 16'da öğrenci, 3. sıcaklık değerinde su moleküllerinin birbirine değecek şekilde göstermemesine karşılık, su moleküllerini doğru biçimde moleküler olarak göstermiştir. Viskozitenin nasıl sıralanacağını da doğru olarak cevaplamıştır. Şekil 17'de bu soruya ilişkin yanlış bir çizim yer almaktadır. Öğrenci, su moleküllerini moleküler düzeyde göstermiştir ancak bu gösterim tam olarak suyun moleküler yapısını doğru şekilde sunmamaktadır ve moleküller arasındaki uzaklık oldukça fazladır. Öğrenci sıcaklık artışına bağlı olarak viskozitenin nasıl sıralanacağını da göstermemiştir.

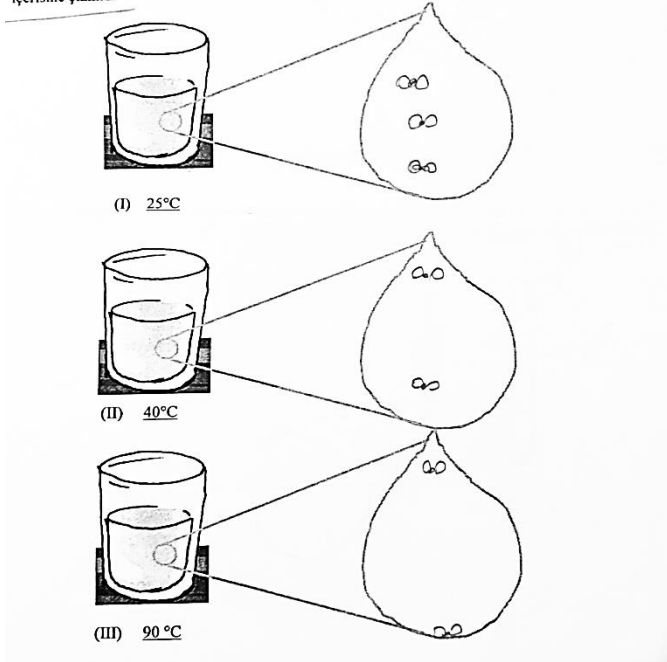


Şekil 16. Sıcaklıkla suyun viskozite değişiminin altmikroskopik seviyede doğru bir gösterimi (15 kodlu öğrenci)

15) Suyun çeşitli sıcaklıklardaki viskozitesi tablodaki gibidir.

Sıcaklık °C	Kinematik viskozite cSt
0	1.79
10	1.31
20	1.01
30	0.804
40	0.661
50	0.556
60	0.477

Buna göre aşağıda farklı sıcaklıklardaki suları viskozitelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralayınız ve su moleküllerinin verilen sıcaklıklardaki görünümünün nasıl olması gerektiğini damla şekli içerisinde çiziniz.



Şekil 17. Sıcaklıkla suyun viskozite değişiminin altmikroskopik seviyede yanlış bir gösterimi (32 kodlu öğrenci)

Sonuç ve Tartışma

Öğrencilerin sıvılar konusuna ilişkin fikirlerini ve makroskopik, altmikroskopik ve sembolik düzeyler arasında geçiş yapıp yapamadıklarını belirlemeyi hedefleyen bu çalışmanın sonuçları; öğrencilerin çoklu gösterimlere dair eksik ve yanlış öğrenmeleri bulunduğunu ortaya koymuştur. Suyun sembolik olarak gösterimine ilişkin soruya birçok öğrenci (toplam %95) doğru cevap vermişken, altmikroskopik seviyenin incelendiği suyun moleküler görünümüne dair soruyu öğrencilerin %24,4'ü doğru şekilde cevaplamıştır. Su moleküllerinin sıcaklık değişkenine göre altmikroskopik görünümünün sorulduğu soruya ise öğrencilerin %32,5'i doğru cevap verebilmiştir. Su molekülleri arasındaki etkileşimleri içeren altmikroskopik seviyeye ilişkin bir başka soruyu ise öğrencilerin çok az bir oranı (%7,5) doğru olarak cevaplamıştır. Kolonyayı oluşturan moleküllerin ve gliserinin altmikroskopik seviyedeki gösterimine ilişkin sorularda da benzer bulgular elde edilmiş ve kolonyaya ilişkin soruya çok az sayıda öğrenci doğru bir cevap vermiştir (toplam %3,1), gliserine dair soruya ise doğru bir cevap alamamıştır. Bu doğrultuda öğrencilerin su molekülünü sembolik seviyede gösterebildiklerini fakat su, gliserin ve kolonyada yer alan moleküllerin altmikroskopik seviyedeki gösterimine ilişkin yanlışlara ve eksik anlamalara sahip olduklarını söylemek mümkündür. Yüzey gerilimine ilişkin bulgular incelendiğinde, öğrencilerin hem makroskopik açıklamalar çerçevesinde (suyun damla şeklinde olması sorusu) hem de altmikroskopik seviyede yer alan soruları çoğunlukla yanlış şekilde cevapladığı görülmektedir. "Pipetten damlatılan su damlasının neden damla şeklinde olduğu" sorusu %5 oranında ve demir iğnenin suda yüzmesi olayının altmikroskopik seviyedeki gösterimine ilişkin soru ise %5,6 oranında doğru olarak cevaplanmıştır. Altmikroskopik seviyelerde açıklamaları ve çizimleri gerektiren yüzey gerilimi ile ilgili sorulardaki doğru cevaplama yüzdeleri, su molekülünün

altmikroskopik seviyedeki gösterimine ilişkin doğru cevap yüzdelerinden daha düşüktür. Sıcaklıkla yüzey gerilimi değişimine ilişkin soruya ise öğrencilerin %40'ı doğru cevap vermiştir. Öğrencilerden su ve gliserinin akışkanlıklarını karşılaştırmalarının istendiği soruya öğrencilerin %59,4'ü doğru cevap vermiştir. Bu öğrenciler, gliserinin moleküler etkileşimlerini çizememelerine karşın su ile akışkanlık karşılaştırmasını yapabilmişlerdir. Suyun sıcaklıkla viskozite değişimini inceleyen soruyu ise öğrencilerin %37,5'i doğru olarak cevaplamıştır. Çalışmanın bulguları sınıf seviyeleri açısından değerlendirildiğinde, seviyeler arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. Çalışmaya katılan öğrencilerin tamamı "Sıvılar" konusunu görmüşlerdir, fakat tüm sınıflar genelinde benzer yanılgıların var olduğu ortaya konmuştur. Bu yanılgılar arasında; çeşitli sıvıların moleküler etkileşimlerini altmikroskopik seviyede doğru şekilde anlamlandıramamaları, makroskopik seviyede inceleyebildikleri bir olaya ilişkin (örneğin iğnenin suda yüzmesi) altmikroskopik seviyede bir açıklama getirememeleri, gliserin veya kolonyada bulunan etil alkol gibi bazı moleküllerin altmikroskopik gösterimlerini yapamamaları gibi çeşitli yanlış ve eksik anlamalar yer almaktadır.

Öğrencilerin, suya ilişkin sorularda görüleceği gibi, sembolik seviye sorusunu doğru cevaplayıp altmikroskopik seviyeyi aynı oranlarda doğru çizememelerinin sebepleri arasında; daha çok kimyanın sembolik alanına odaklı düşündükleri, makroskopik seviye ile altmikroskopik seviyeyi ayırt edememeleri (moleküler gösterimi su damlası şeklinde çizen cevaplar) ve altmikroskopik seviyenin soyut gelmesi gibi sebeplerin yer aldığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, öğretileri esnasında genellikle kimyanın hesaplama kısmına yani sembolik boyutuna önem verilmesinden kaynaklı bir sebep de olabileceği düşünülmektedir. Suyu ilişkin gösterimlerde öğrenciler arasında molekül yerine atomik yapının kullananlar olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, farklı sorulara ilişkin altmikroskopik çizimlerinde moleküler gösterimler yerine tek bir atom (tanecik) şeklinde de çizimler olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, öğrencilerin suyun ve çalışmada incelenen diğer sıvıların moleküler gösteriminde basit tanecik modeli kullanma eğilimlerini göstermektedir. Nitekim Çökelez (2009) çalışmasında öğrencilerin dairesel tanecik modelini kullandıklarını belirtmiştir. Ders kitaplarında suyun bazen moleküler gösterimi bazen ise yuvarlaklar şeklinde bir alt model ile gösterimi söz konusudur. Bu gösterim öğrencilerin bir alt modeli kullanmalarına neden olabilmektedir. Benzer şekilde, Nakiboğlu (2019) çalışmasında, öğretmen adaylarının metal yapılarında basit tanecik modelini kullandıklarını tespit etmiştir. Bu doğrultuda çalışmamızın katılımcılarında da bu gösterim şeklini kullananlar olmuştur.

Literatürdeki çalışmalarda da, çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde, farklı seviyelerden lise öğrencilerinin ve öğretmen adaylarının, kimyanın üç seviyesini anlamalarında ve kullanmalarında bazı eksiklikler olduğu tespit edilmiştir (Adadan, 2013; Adadan, 2014a; Ayas ve Özmen, 2002; Chandrasegaran vd., 2007; Derman ve Ebenezer, 2018; Devetak vd., 2009; Gkitzia vd., 2020; Jaber ve BouJaoude, 2012; Nakiboğlu, 2019; Nakiboğlu ve Nakiboğlu, 2019; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yalçın-Çelik vd., 2017). Treagust, Chittleborough ve Mamiala (2003), öğretmen ve öğrenci açısından iki farklı durumu inceledikleri çalışmalarında, öğretmenlerin çabasına rağmen, öğrencilerin bazen kimyanın altmikroskopik seviyesini anlayamayacaklarını ortaya koymuşlardır. Bu sebeple, üç seviyenin de öğrenciler tarafından anlaşılması ve ilişkilendirilmesi gerekliliğini ifade etmişlerdir. Jaber ve BouJaoude (2012), 10. sınıf öğrencilerinin çoklu gösterimlere ilişkin anlayışlarını bir öğretimle geliştirdikleri araştırmalarında, öğrencilerin öntestle belirlenen anlayışlarının yetersiz olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunun yanı sıra, Ayas ve Özmen (2002), lise öğrencilerinin tanecik boyutunda yaptıkları çizimlerde maddenin katı, sıvı ve gaz hali arasındaki farkı; bağ uzunluklarını farklı çizerek gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Benzer şekilde çalışmamızda da öğrencilerin sıcaklık arttıkça sıvı moleküllerinin birbirinden uzaklaştığını gösteren çizimleri yer almaktadır. Becker, Stanford, Towns ve Cole (2015) çalışmalarında, üniversite öğrencilerinin grup olarak yaptıkları sınıf tartışmalarında kavramsal konulara ve sembolik seviyeye ilişkin açıklamalar yapabildiklerini fakat kendi başlarına makroskopik, altmikroskopik ve sembolik seviyeyi ilişkilendiremediklerini ortaya koymuşlardır. Çalışmada öğrenciler bir öğretmenin yönlendirmesiyle bu seviyeler arasında ilişkiler kurabilmişlerdir. Benzer bir sonuç çalışmamızdaki anket aracılığıyla tespit edilmiştir; çalışmamızda yer alan öğrenciler veri toplama sürecinde öğretmenleri tarafından yönlendirilmemiştir. Bu durum öğretim sürecinde öğretmenlerin de en az ders kitaplarındaki görseller kadar önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Hatta, öğrencilerin yetersiz anlayışlarının, öğretmenlerin çoklu gösterimlere ilişkin anlayışlarından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim, öğrencilerde karşılaşılan çeşitli yanılgıların benzer şekilde öğretmen adaylarında da var olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur

(Nakiboğlu, 2019; Nakiboğlu ve Nakiboğlu, 2019; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yalçın-Çelik vd., 2017). Tarkin Çelikkıran ve Gökçe (2019) çalışmalarında kimya öğretmen adaylarının molekül, iyon ve tanecikleri altmikroskopik seviyede göstermede zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Bazı katılımcılar tuzu iyonlarına ayırıştırılmadan tek tanecik olarak göstererek yanlış çizimler yapmışlardır. Çalışmamızda da öğrencilerin moleküler yapıları tek tanecik olarak gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, lise öğrencileri ve öğretmen adaylarının moleküler yapıları veya çözünen bir bileşiğin iyonlarını, tek bir tanecik olarak düşündükleri söylenebilir. Yalçın-Çelik ve diğerleri (2017) çalışmalarında asitlik kavramı ile ilgili iyonlaşma, stokiyometri, derişim, derişik/seyrelik asit gibi kavramlarda öğretmen adaylarının bilimsel modele uygun anlayışlar geliştiremedikleri ortaya konmuştur. Bilimsel anlayışa uygun olmayan görüşlerin, çalışmamızın katılımcılarında da mevcut olduğu tespit edilmiştir. Araştırılan kimya konularının ve katılımcı seviyelerinin farkına rağmen, benzer sonuçların elde edilmesi; kimya eğitimi alanında dikkate alınması gereken bir durum olarak düşünülmektedir.

Sonuç olarak çalışmamızın bulguları; öğrencilerin kimyanın farklı temsil edilme biçimleri arasında geçiş yapmakta zorlandıklarını, özellikle altmikroskopik seviyede eksik veya yanlış zihinsel model kullandıklarını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Nakhleh (1992) öğrencilerin altmikroskopik seviyesini zihinlerinde canlandıramadıkları için zorluk çektiklerini vurgulamaktadır. Harrison ve Treagust (1998) çalışmasında öğrencilerin soyut kavramlar ve sembolik gösterim arasında geçiş yapamadıklarını belirtmiştir. Çoklu gösterimlerin kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalar, öğrencilerin gözlemlenen doğal bir süreci veya bilimsel olguyu üç farklı seviyede (makroskopik, altmikroskopik, sembolik) aktarabilmelerinin ve bu seviyeler arasında bağlantılar kurabilmelerinin kimya öğretimi açısından önemli olduğunu göstermektedir (Adadan, 2014a; Bradley, 2014; Devetak ve Glazar, 2010; Taber, 2009). Ainsworth (2008) çoklu gösterimlerin anlaşılması güç kavramların daha açık hale getirilmesine yardım edeceğini belirtmiştir. Öğretilmek istenen kavram üç ayrı boyutta (makroskopik, mikroskopik ve sembolik) öğretilmediğinde eksik anlamalar meydana gelebilir ve bu durum anlamlı öğrenmenin önünde bir engel oluşturabilir. Nitekim Pekdağ (2010) kimya öğreniminde animasyon ve benzetim kullanımının öğretime etkisini incelediği çalışmasında; makroskopik, sembolik ve altmikroskopik seviyeler arası geçişleri kullanan öğrencilerin kimya kavramlarını daha kapsamlı öğrendiği sonucuna varmıştır.

Kimya alanında kavram yanlışlarının sebepleri arasında, kimyanın üç seviyesinin birbiriyle ilişkilendirilmemesi ve çoklu gösterimlerin yeterince kullanılmaması yer almaktadır. Çalışmanın bulguları ışığında, ortaöğretim kimya derslerinin kimyanın üç seviyesini de içerecek şekilde tasarlanması ve öğretim programı ve ders kitaplarında da makroskopik, altmikroskopik ve sembolik seviye arasındaki ilişkinin vurgulanması önerilmektedir. Bunun yanı sıra, çoklu gösterimlere eşlik eden enerji boyutunun vurgulanması da önemli bir nokta olacaktır. Enerji; soyut bir kavramdır ve doğrudan gözlenebilir ve ölçülebilir olmamasından ötürü tanımının yapılması zordur (Lancor, 2014). Tıpkı çoklu gösterimler gibi kimyanın yanı sıra, biyoloji ve fizik alanlarında da karşımıza çıkan ortak bir kavramdır. Bu doğrultuda, enerji boyutu çoklu gösterimlerle koordineli olarak sunulabilir. Kimyada sadece makroskopik seviyeye veya kimyasal hesaplamalara odaklanması, soyut bir içeriği olan kimyanın anlaşılmasını zorlaştırabilir. ‘Sıvılar’ konusunda öğrenciler, günlük yaşantılarında gözlemledikleri (örneğin suyun damla şeklinde yapısı veya göllerin yüzeyden donması) birçok konunun bilimsel açıklamasını öğrenmektedir. Bu doğrultuda derslerde sadece yüzey gerilimi, viskozite gibi çeşitli kavramların tanımlarının verilmesi ve altmikroskopik seviyenin yeterince açıklanmaması, ‘Sıvılar’ konusunun anlaşılmasını zorlaştırabilir. Ders kitaplarında altmikroskopik seviyeyi doğru şekilde yansıtan görsellerin kullanımı ve kimyada modellerin doğasının doğru şekilde betimlenmesi; öğrencilerin olası kavram yanlışlarının giderilmesinde yardımcı olacaktır. Demirdöğen (2017) çalışmasında, ülkemizdeki kimya ders kitaplarında daha çok makroskopik, sembolik ve hibrit gösterimlere ilişkin görsellerin yer aldığını ortaya koymuştur. Ayrıca farklı yayınevlerine ait kitaplardaki görsel sayıları ve içerikleri de birbirlerinden farklılaşmaktadır. Demirdöğen’in (2017) belirttiğine göre, ders kitaplarındaki görsellerde çoklu gösterimlerin hangi şekilde yer alması gerektiğine ilişkin özel düzenlemeler yapılmamıştır. Bu doğrultuda düşünülürse, yazar/yazarlar bir ders kitabında makroskopik veya sembolik seviyeye ilişkin görselleri daha sıklıkla kullanmayı tercih edebilir. Başka bir sınıf seviyesinde ise, daha çok altmikroskopik seviyenin vurgulandığı görseller tercih edilebilir. Bu doğrultuda kimya ders kitaplarındaki görsellere ilişkin çeşitli kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Lise öğrencilerine benzer biçimde, öğretmen adayları da çoklu gösterimlere ilişkin çeşitli yanılgılara sahiptir (Nakiboğlu, 2019; Nakiboğlu ve Nakiboğlu, 2019; Tarkın Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yalçın-Çelik vd., 2017). Bu konudaki yanılgıları, ileriki yıllarda kendi öğrencilerine de aktarılabilir. Bu doğrultuda kimya ve fen eğitimi programlarındaki derslerde, çoklu gösterimlerin vurgulanması önerilmektedir. Çalışmamızın bulgularında da görüleceği gibi, daha çok altmikroskopik seviyeye odaklanılmıştır. Bu doğrultuda, bu konuyu araştıran araştırmacılara her üç boyutun eşit şekilde vurgulandığı soruları hazırlamaları ve kullanmaları önerilebilir. Aynı zamanda, çalışmamızın sınırlılıklarından biri, öğrencilerin sadece yazılı cevaplarının alınmasıdır. Öğrencilerle yapılan görüşmeler, özellikle altmikroskopik seviyeye ilişkin görüşlerini daha ayrıntılı şekilde ortaya koyabilir. Aynı zamanda, ders kitaplarında veya başka kaynaklarda yer alan görselleri nasıl algıladıkları incelenebilir. Öğrencilerin kimyanın farklı seviyelerini kavrayabilmeleri için üç seviye arasındaki ilişkinin hem öğretim materyallerinde hem de öğretim süresince vurgulanması önemli olacaktır. Derman ve Ebenezer'in (2018) çalışmasında, çoklu gösterimlere dayalı bir laboratuvar dersi uygulamasında, katılımcıların fiziksel ve kimyasal değişimler konusuna ilişkin bilişsel yapıları gelişim göstermiştir. Bu çalışmada, öğrenciler fiziksel ve kimyasal reaksiyonlara ilişkin standart deneyler yapmışlardır, bunun yanı sıra altmikroskopik açıklamaları içeren simülasyonları ve videoları izlemişlerdir. Bu çalışmadan yola çıkarak, özellikle altmikroskopik seviyenin anlamlandırılması için farklı kimyasal olaylara ilişkin animasyonlar izlenmesi, kimya dersleri için çok faydalı olacaktır. Ayrıca, top çubuk, uzay dolgu modelleri gibi üç boyutlu moleküler modelleri kullanmak önemlidir. Ancak asıl önemli olan öğrencilerin öğrenilecek olan kavrama ilişkin çoklu gösterimleri kullanmaları noktasında teşvik edilmesidir. Bu çerçevede öğretim sırasında öğrenciler için hazırlanacak olan çalışma yapıları veya farklı materyaller ile çoklu gösterimler yapmaları sağlanabilir. Çoklu gösterimleri içerin materyallerin; öğrencilerin kavram yanılgılarını giderme ve kavramsal anlamayı sağlama üzerine etkileri de belirlenebilir.

Kaynakça

- Adadan, E. (2013). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9299-9>
- Adadan, E. (2014a). Investigating the influence of preservice chemistry teachers' understanding of the particle nature of matter on their conceptual understandings of solution chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 219–238. DOI: <https://doi.org/10.1039/C4RP00002A>
- Adadan, E. (2014b). Model-tabanlı öğrenme ortamının kimya öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı kavramını ve bilimsel modellerin doğasını anlamaları üzerine etkisinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(2), 378-403. DOI: 10.7822/omuefd.33.2.5
- Ağlarıcı Özdemir, O. (2020). Güncellenen ortaöğretim kimya dersi öğretim programlarının farklı lise türleri açısından incelenmesi . *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* , 34 , 1-11. DOI: 10.19171/uefad.687511
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. *Visualization: Theory and practice in science education* içinde (s. 191-208). Dordrecht, Springer
- Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 788-807. DOI: 10.1039/C6RP00067C
- Akkuş, H., Tüzün, Ü. N., & Eyceyurt, G. (2013). Kovalent bağlar konusunda öğrenci imaj ve yanlış kavramlarının belirlenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 14(1), 287-303. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kefad/issue/59473/854649> adresinden erişilmiştir.

- Allred, Z. D. R., & Bretz, S. L. (2019). University chemistry students' interpretations of multiple representations of the helium atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(2), 358-368. DOI: 10.1039/C8RP00296G
- Anılan, B., Atalay, N., & Kiliç, Z. (2018). Teacher candidates' levels of relating the scientific knowledge to their daily lives. *International Journal of Instruction*, 11(4), 733-748. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1191612.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Ayas, A., & Özmen, H. (2002). Lise kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 19(2), 45-60. http://chemistrynetwork.pixel-online.org/data/SMO_db/doc/57_2.pdf adresinden erişilmiştir.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: the role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769-785. DOI: 10.1039/C5RP00064E
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1998). *Qualitative research in education: An introduction to theory and methods (3rd ed.)*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Bradley, J. D. (2014). The chemist's triangle and a general systemic approach to teaching, learning and research in chemistry education. *African Journal of Chemical Education*, 4(2), 64-79. <https://www.ajol.info/index.php/ajce/article/view/104073> adresinden erişilmiştir.
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations, J. K. Gilbert, & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* içinde (s. 11-29). Dordrecht, Springer
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school student's ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307. DOI: 10.1039/B7RP90006F
- Chang, R., & Goldsby, K.A. (2018). *Genel kimya*. (R. İnam, & S. Aksoy, Çev. Ed.). (11. Baskı). Palme Yayıncılık.
- Çökelez, A. (2009). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin tanecik kavramı hakkındaki görüşleri: bilgi dönüşümü. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(36), 64-75.
- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry education research—From personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. *Chemical Reviews*, 118(12), 6053-6087. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>
- Demircioğlu, H., Bektaş, F., & Demircioğlu, G. (2018). Sıvıların özellikleri konusunun bağlam temelli yaklaşımla öğretiminin öğrenci başarısı üzerindeki etkisi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (33), 13-25. <https://dergipark.org.tr/en/pub/zgefd/issue/47926/606265> adresinden erişilmiştir.
- Demirdögen, B. (2017). Examination of chemical representations in Turkish high school chemistry textbooks. *Journal of Baltic Science Education*, 16(4), 472-499. http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol16/472-499.Demirdogen_JBSE_Vol.16_No.4.pdf adresinden erişilmiştir.
- Derman, A., & Ebenezer, J. (2018). The effect of multiple representations of physical and chemical changes on the development of primary pre-service teachers cognitive structures. *Research in Science Education*, 50, 1575-1601. DOI: 10.1007/s11165-018-9744-5
- Devetak, I., & Glazar, S. A. (2010). The influence of 16-year-old students' gender, mental abilities, and motivation on their reading and drawing submicro representations achievements. *International Journal of Science Education*, 32, 1561-1593. DOI: 10.1080/09500690903150609

- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glazar, S. A. (2009). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Research in Science Education*, 39, 157-179. DOI: 10.1007/s11165-007-9077-2
- Erduran, S., Bravo, A. A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). Developing epistemology empowered teachers: Examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, 16(9-10), 975-989. DOI: 10.1007/s11191-006-9072-4
- Gilbert J. K., & Treagust D. F. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education, J. K. Gilbert, & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* içinde, (s. 1-8). Dordecht: Springer
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 307-330. DOI: 10.1039/C8RP00301G
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894. DOI: 10.1080/095006900416839
- Gobert, J. D., & Clement, J. J. (1999). Effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 39-53. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199901\)36:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-I)
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models?. *School Science and Mathematics*, 98(8), 420-429. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17434.x>
- 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. DOI: 10.1080/09500693.2011.569959
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. DOI: 10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 9-15. DOI: 10.1039/A9RP90001B
- Kabapınar, F. (1998). Teaching for conceptual understanding: developing and evaluating Turkish students' understanding of the solubility concept through a specific teaching intervention. (Yayımlanmamış doktora tezi). The University of Leeds.
- Lancor, R. (2014). Using metaphor theory to examine conceptions of energy in biology, chemistry, and physics. *Science & Education*, 23(6), 1245-1267. DOI 10.1007/s11191-012-9535-8
- Margel, H., Eylon, B., & Scherz, Z. (2008). A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 132-152. DOI: 10.1002/tea.20214
- Merhametli R. (2013). Probleme dayalı öğretim modelinin "yüzey gerilimi" konusunun öğretime uygulanması: Deneysel bir çalışma. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Mete, P., & Yıldırım, A. (2016). Yaşam temelli öğrenme yaklaşımının kimya derslerindeki uygulamaları hakkında öğretim elemanlarının görüşleri. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11 (1), 100-116. <https://dergipark.org.tr/en/pub/befdergi/issue/23129/247047> adresinden erişilmiştir.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2004). *İlköğretim fen ve teknoloji programı (4-5. sınıf)*. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.

- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2018). *Ortaöğretim kimya dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed069p191>
- Nakiboğlu, C. (2019). Kimya öğretmen adaylarının metalik yapı ile ilgili zihinsel modelleri ve metalik bağ ile ilgili kavramaları. *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 133-144. <http://ebd.beun.edu.tr/index.php/KEBD/article/view/211> adresinden erişilmiştir.
- Nakiboğlu, C., & Nakiboğlu, N. (2019). Exploring prospective chemistry teachers' perceptions of precipitation, conception of precipitation reactions and visualization of the sub-microscopic level of precipitation reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 873-889. DOI: 10.1039/C9RP00109C
- National Research Council [NRC] (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press.
- Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159. DOI: doi.org/10.1023/B:JOST.0000031255.92943.6d
- Pekdağ, B. (2010). Kimya öğreniminde alternatif yollar: animasyon, simülasyon, video ve multimedya ile öğrenme. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 2 (7), 79-110. <http://dSPACE.balikesir.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12462/9523#sthash.r8HoWuMf.dpbs> adresinden erişilmiştir.
- Petrucci, R. H., Harwood, W. S., & Herring, F. G. (2010). *Genel kimya 1: İlkeler ve modern uygulamalar* (T. Uyar, & S. Aksoy, Çev. Ed.). (8. Baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843-1866. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>
- Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. J. (2016). *Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices*. Arlington, VA: National Science Teachers' Association Press.
- Stefani, C., & Tsaparlis, G. (2009). Students' levels of explanations, models, and misconceptions in basic quantum chemistry: A phenomenographic study. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(5), 520-536. DOI: 10.1002/tea.20279
- Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. J. K. Gilbert, & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* içinde, (s. 75–108). Dordrecht:Springer.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179–195. DOI: 10.1080/09500690903386435
- Tarkın Çelikkıran, A. , & Gökçe, C. (2019). Kimya öğretmen adaylarının çözünürlük konusuna ilişkin submikroskopik seviyedeki anlama düzeylerinin çizimlerle belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 46(46), 57-87. DOI: 10.9779/pauefd.457845
- Tetik, S. (2019). 9. sınıf kimya dersi sıvılar konusunun 5E modeli ve TGA tekniği (tahmin-gözlem-açıklama) ile öğretiminin öğrencilerin başarısına etkisi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368. DOI: 10.1080/0950069032000070306

- Wu, H. K. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87(6), 868-891. DOI: 10.1002/sce.10090.
- Yalçın-Çelik, A., Turan-Oluk, N., Üner, S., Ulutaş, B. & Akkuş, H. (2017). Kimya öğretmen adaylarının asitlik kavramı ile ilgili anlamalarının çizimlerle değerlendirilmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 11(18), 103-124. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kefad/issue/59263/851395> adresinden erişilmiştir.
- Yıldırım A, & Şimşek H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (9. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods (3rd Edition)*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Zarkadis, N., Papageorgiou, G., & Stamovlasis, D. (2017). Studying the consistency between and within the student mental models for atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 893-902. DOI: 10.1039/C7RP00135E

Extended Abstract

Introduction

Scientific and technological studies are rapidly developing in the era we live in and people try to make sense of the universe and nature in the light of scientific knowledge. There is always a change and transformation in nature, and whether it's observable or not, they are involved with chemical reactions. Chemistry is considered as a compelling discipline for high school students because it includes mostly abstract concepts which are not observed or "seen" at a molecular level. Chemistry includes observable phenomena and materials related to daily life. Also, chemistry examines these observable phenomena at submicroscopic and symbolic levels. Multiple representations can help students understand abstract and invisible chemistry topics and various chemical mechanisms. Therefore, the aim of this study is to investigate the knowledge of high school students on the subject of "Liquids" which is a part of the "States of Matter" unit of the chemistry course by using multiple representations.

Methodology

The research was conducted as a case study. The data was collected with a questionnaire developed by the researchers. It consists of open-ended questions that require the use of multiple representations about liquids. In this questionnaire, there are questions that allow the determination of ways of thinking about the same concept, but involve different representation levels of chemistry (macroscopic, submicroscopic and symbolic levels). The questions aimed to investigate students' thinking on the molecular representation of various liquids, surface tension, viscosity, and the effects of temperature on the properties of liquids. Written responses to the questions were evaluated with content analysis; frequency and percentage calculations were made. 160 high school students from 9th, 10th, 11th and 12th grades participated in the study voluntarily.

Findings

The research findings reveal that the multiple representation levels of high school students are not scientifically correct, especially at the submicroscopic level. The majority of students have misunderstandings on submicroscopic representations of water, glycerin and cologne molecules, submicroscopic explanations of surface tension and viscosity, and submicroscopic representation of intermolecular interactions. The majority of the students used atomic structures instead of molecular representation in their drawings of molecules and molecular interactions. However, they answered correctly to the questions which required the use of symbolic level. The reasons behind why students can answer symbolic level questions correctly and cannot draw the submicroscopic level can be students' focus on the symbolic level of chemistry, their inability to distinguish between the macroscopic level and the submicroscopic level and the abstract nature of the submicroscopic level. Similar to the results of our study, researches on multiple representations levels of chemistry have shown that students from different levels have some deficiencies in understanding and using the three levels of chemistry.

Discussion

In conclusion, the findings of our study revealed that students had difficulty in moving between different representation levels of chemistry, and they used incomplete or incorrect mental models, especially at the submicroscopic level. Therefore, one of the reasons for misconceptions in chemistry is that the three levels of chemistry are not associated with each other and that multiple representations are not used adequately.

Based on the findings of the study, it is suggested that secondary school chemistry courses should be designed to include all three levels of chemistry and to emphasize the relationship between macroscopic, submicroscopic and symbolic levels in the curriculum and textbooks. Especially in chemistry subjects that include abstract concepts such as 'Liquids', the submicroscopic level may be difficult to understand. It is suggested that the use of animations, visuals and three-dimensional models containing the representations of multiple models, and the relationships between the levels should be emphasized by teachers and chemistry curricula.

* Bu makaleye yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.