

Lise Kimya Öğrencilerinin Maddenin Tanecikli Yapısı Kavramını Anlama Seviyelerine İlişkin Bir Çalışma

Alipaşa Ayas ve Haluk Özmen

Özet

Kimyanın ve fiziğin temel prensiplerinden biri olan tanecikli yapı kavramının anlaşılması daha ileri konuların öğrenciler tarafından anlaşılmasında temel teşkil edici bir niteliğe sahiptir. Bu çalışmada maddenin tanecikli yapısı ile ilgili, günlük olaylarla ilişkili beş sorudan oluşan bir test hazırlanmış ve Trabzon ilinde çeşitli okullardan seçilen toplam 150 lise 1 ve 100 lise 2 öğrencisine uygulanmıştır. Her bir soruda öğrencilere değişik durumlar verilmiş ve maddelerin tanecikli yapıya sahip oldukları fikrini de kullanarak cevaplandırmaları istenmiştir. Öğrenci cevapları anlama, yanlış anlama, anlamama ve cevap vermeme şeklinde dört kategoriye ayrılmıştır. Lise 1 öğrencilerinin anlama seviyesindeki cevaplarının oranları %17-35 arasında, lise 2 öğrencilerinininki ise %24-44 arasında değişmektedir. Öğrenci cevaplarının analizinden bu kavramın yeterince kavranmadığı anlaşılmıştır. Elde edilen verilere dayalı olarak bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Kimya eğitimi, maddenin tanecikli yapısı, anlama seviyesi, yanlış anlama

Bilimsel, özellikle fen bilimleri alanındaki gelişmeler ve bu gelişmelere dayalı olarak üretilen teknolojilerin ülkelerin gelişmesindeki öneminden dolayı, fen biliminin ve onun eğitiminin önemi gittikçe artmaktadır. Geleceğin teminatı olarak görülen gençlerin daha iyi yetiştirilmeleri kaliteli bir eğitim-öğretimden geçirilmelerine bağlıdır. Gençler bir yandan çağın gereklerine göre yetiştirilirken öte yandan yeni çağlara önderlik edebilecek bilgi birikimi ile de donatılmalıdır. Bu, gençlerin geniş bir ufka ve araştırmacı bir ruha sahip olmalarını sağlayacak yönde olmalıdır. Bunun yolu ise fen bilimleri eğitimi alanında yapılacak kapsamlı araştırmalardan geçmektedir. Bir alanda yeni bilgi üretmek veya yeni buluşlar yapmak (akademik bilim) kadar o bilginin genç nesillere aktarılması da (okul bilimi) önemlidir (Bodner, 1990).

1980'li yıllardan itibaren program geliştirme alanında dikkati çeken önemli gelişmelerden biri; programların artık bir bütün olarak değil tek tek konular olarak geliştirilmeye başlanmasıdır. Bu süreçte öncelikle bir konu ele alınıp bu konuyla ilgili ön araştırmalar yapılmaktadır. Bu ön araştırmalarda öğrencilerin anlamadıkları, yanlış anladıkları veya eksik anladıkları noktalar tesbit edilir. İkinci aşamada ise eksiklikleri giderici alternatif stratejiler geliştirilerek bir taslak program hazırlanır. Son aşamada

Ali Paşa Ayas Prof. Dr., OFMA Eğitimi Bölümü, Fatih Eğitim Fak., K.T.Ü., 61335 Söğütli, Akçaabat, Trabzon. ayas@ktu.edu.tr

Haluk Özmen, Yrd. Doç. Dr., OFMA Eğitimi Bölümü, Fatih Eğitim Fak., K.T.Ü., 61335 Söğütli, Akçaabat, Trabzon. hozmen@ktu.edu.tr

geliştirilen stratejiler sınıfta uygulanır. Uygulama sonuçlarına göre (öğrencilerdeki gelişmeler de dikkate alınarak) gerekli düzeltmeler yapılarak geliştirilen programa son şekli verilir (Osborne, Cosgrove & Schollum, 1982).

Fen bilimleri programları, özellikle kimya ile ilgili kısımları “*maddenin tanecikli yapısı*” ile ilgili bir veya birkaç üniteyi içermektedir. Bu temel kavramın birçok başka kavramın öğretilmesinde temel teşkil ettiği bilinmektedir (Brook, Briggs & Bell, 1983; Ayas ve Demirbaş, 1997; Ayas, 2002). Maddenin halleri ve ısıtma veya soğutma sonucu meydana gelen hal değişimleri (Gabel, Samuel & Hunn, 1987; Bar, 1989; de Vos & Verdonk, 1996), difüzyon, çözünme olayı ve çözelti kimyası (Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee, 1993; de Vos & Verdonk, 1996), kimyasal reaksiyonlar, basınç, hacim ve sıcaklığın gazlar üzerine etkisi, denge (Nakhleh, 1992), ısı, ısı transferi ve elektrik akımı (de Vos & Verdonk, 1996) kavramları bunlardan bazılarıdır. Ayrıca, temel kavramların iyi derecede öğrenilmesinin öğrencilerin daha ileri düzeydeki konuları öğrenebilmelerine yardımcı olduğu değişik araştırmacılar tarafından savunulmaktadır (Comber, 1983; Briggs & Holding, 1986; Griffiths & Preston, 1992).

Literatürde belirtildiğine göre, öğrencilerin çoğu maddenin tanecikli yapısı ile ilgili formal eğitimi almadan önce madde yapısının süreklilik arzettiğini düşünür. Böyle bir düşünce için genellikle sıvı ve katıların sıkıştırılmaması gerekçe gösterilmektedir (Novick & Nusbaum, 1978, 1981; Brook ve diğerleri, 1983). Öğrencinin böyle ilkel bir düşünceden, maddenin taneciklerden oluştuğu gerçeğini vurgulayan bilimsel düşünceye geçişi önemli bir zihinsel değişimdir. Öğrencilerin ilgili üniteler işlendikten sonra maddenin tanecikli yapısı ile ilgili bilimsel düşünceyi kazanmaları hedefe ulaştığını gösterir ve gerçekten önemlidir.

Bu kavramla ilgili eski araştırmalar öğrencilerde kavramın gelişiminin yaşa bağlı bir süreç olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak, daha sonraki çalışmalardan elde edilen bulgular bunu ne ispat edebilmiş ne de tamamiyle reddetmiştir (Gilbert & Watts, 1983). Novick ve Nusbaum’un (1978) çalışmasında 13-14 yaşlarındaki öğrencilerden bir çoğunun maddenin tanecikli yapısı ile ilgili üniteyi işledikten sonra bile tanecikler arasında (gazlar da dahil olmak üzere) boşluklar bulunduğu fikrini kavrayamadıklarını bulmuşlardır. Bu öğrenciler tanecikler arasındaki toz, hava v.b gibi maddelerin boşlukları doldurduğunu belirtmişlerdir. Driver’in (1983) taneciklerle ilgili araştırmasından sonra elde ettiği öğrenci cevaplarıyla ilgili yorumu ilginçtir: *taneciklerin madde içerisinde dağılımı üzümlerinin kek içerisindeki dağılımı gibidir.*

Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein (1986) onuncu sınıf öğrencilerinin madde hakkındaki düşüncelerini almak üzere 300 öğrenci üzerinde yaptıkları bir çalışmada öğrencilerden, birisi bir parça bakır telden, diğeri bakır telin buharlaştırılması ile elde edilen gazdan izole edilen iki atomun özelliklerini karşılaştırmalarını istemişlerdir. Çalışma sonucunda öğrencilerin yaklaşık yarısının maddenin elektrik iletkenliği, renk ve bükülebilirlik gibi özelliklerinin tek bir atomun özelliği olduğuna inandığı ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca öğrencilerin atom ve molekül terimlerini kullanabilseler de, bu terimleri maddenin tanecikli modeli ile ilişkilendiremedikleri tespit edilmiştir.

Nakhleh ve Samarapungavan (1999) tarafından maddenin tanecikli yapısı hakkındaki düşüncelerini almak için 7-10 yaş grubu öğrenciler üzerinde yapılan bir çalışmada, 15 öğrenci ile maddenin hallerinin (katı, sıvı ve gaz) makroskobik ve mikroskobik özelliklerinin anlaşılmasıyla ilgili mülakatlar yapıldı. Çalışma sonucunda öğrencilerden 9'unun (%60) maddenin makroskobik taneciklerden (macroparticulate) oluşmuş bir yapıda olduğunu düşünüyorken, 3 öğrencinin (%20) maddenin mikroskobik tanecikli (microparticulate) yapıda olduğunu düşündüğü ortaya çıkarıldı. Geriye kalan 3 öğrenci ise (%20) makroskobik ve sürekli (macrocontinuous) bir madde yapısı fikrine sahiptirler.

Özmen, Ayas ve Coştu (2002) tarafından fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlamalarının tespit edilmesi amacıyla 190 öğretmen adayı üzerinde yapılan çalışmada, öğrencilerin anlama yüzdeleri %16-18, yanlış anlama yüzdelerinin ise %16-24 arasında değiştiği belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının özellikle bilgilerini günlük olayları açıklamada yeterince kullanamadıkları araştırma sonucunda ortaya çıkarılmıştır.

Maddenin tanecikli yapısı ile ilgili çalışmalara özellikle uluslar arası literatürde oldukça fazla rastlandığı halde ülkemizde bu konuya yönelik çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu çalışma lise öğrencilerinin *maddenin tanecikli yapısı* kavramını anlama derecelerini araştırmak için planlanmıştır. Araştırmada kullanmak amacıyla, özellikle güncel olaylardan seçilen sorular türetilmiş ve öğrencilerin bu olaylara getirdikleri yorumlar veri olarak toplanmıştır. Çalışma metodolojisi daha detaylı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır.

Araştırma Yöntemi

Araştırmada veri toplamak amacıyla maddenin tanecikli yapısı ile ilgili açık uçlu soruları içeren bir test kullanılmıştır.

Örnekleme

Çalışmanın örnekleme Trabzon il merkezinde bulunan düz liselerden seçilmiştir. Bu seçimde araştırma amacına uygun sağlıklı verilerin alınabileceği öğrencilerin bulunduğu düşünülen ve öğrenci potansiyeli en yüksek olan düz liseler tercih edilmiştir. Maddenin tanecikli yapısı kavramı ile ilgili hazırlanan test bu okullarda öğrenim gören lise 1 ve lise 2 öğrencileri arasından sınıf bazında rastgele seçilen 150 lise 1 ve 100 lise 2 olmak üzere toplam 250 öğrenciye 2000-2001 eğitim-öğretim yılı bahar yarıyılında uygulanmıştır. Lise 1 ve Lise 2 öğrencilerinin seçilme nedeni henüz ÖSS sınavının baskısını yoğun bir şekilde hissetmeyen bir öğrenci grubu ile çalışma isteğinden kaynaklanmaktadır. Lise 3 öğrencileri aynı zamanda dershaneye devam ettikleri için ilgili kavramı farklı bir şekilde tekrar etmiş olabilirler. Bu da çalışmada amaçlanan öğrencilerin okul sistemi içerisinde temel bir kavram olan maddenin tanecikli yapısı

kavramını ne ölçüde geliştirebildikleri konusunu aydınlatmada yeni değişkenlerin devreye girmesine neden olabilir.

Örneklemdaki öğrenciler maddenin tanecikli yapısı kavramı ile ilk kez ilköğretim birinci kademedeki karşılaşmakta ve ilköğretim ikinci kademe ile lise 1 de daha ileri düzeyde olmak üzere aynı kavramla yeniden karşılaşmaktadır. Test uygulandığında lise 1 öğrencileri konuyu güz yarıyılında başlarında yani 6 ay kadar önce, lise 2 öğrencileri ise 18 ay kadar önce işlemişlerdir.

Veri Toplama Aracı

Çalışmada veri toplamak amacıyla beş açık uçlu sorudan oluşan bir test geliştirilmiştir. Hazırlanan testte bulunan ve yazılı cevap gerektiren sorular aşağıdaki kategorilerde sınıflandırılabilirler: (a) Buharlaştırma, (b) kapalı bir ortamda sıcaklıkla basıncın değişmesi, (c) kondenzasyon veya yoğunlaşma (sıcaklıkla hal değişimi), (d) difüzyon veya yayılma (iki farklı maddenin birbiri içerisinde dağılımı) ve (e) maddenin hallerinin temsili resimle gösterimi.

Testte kullanılan soruların bazıları ve benzerleri daha önce yapılmış değişik araştırmalarda (APU, 1982; Brook, Briggs & Bell, 1983; Ayas, 1995; Özmen, Ayas & Coştu, 2002) bu çalışmanın amacına benzer amaçlarla kullanıldığı için geçerlik ve güvenilirlik konusunda yeni bir çalışma yapılmamıştır. Ancak, fen eğitimi alanında değişik akademik ünvanlara sahip 7 araştırmacı ile 3 deneyimli kimya öğretmeninden oluşturulan bir grup soruları inceleyerek çalışmanın amacına uygun ölçme yapılabileceği konusu değerlendirilmiş ve sorular üzerinde gerek görülen değişiklikler yapılmıştır. Ayrıca, bu grup sorularının kabul edilebilir cevapları ve alternatifleri üzerinde de görüş belirtmiştir. Bu yolla geçerlik ve güvenilirliğin artırılmasına katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

Test sorularının açık uçlu olması nedeniyle çoktan seçmeli testlerin geliştirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılan madde analizi yöntemi uygulanmamıştır.

Verilerin Analizi

Öğrencilerin teste verdikleri yazılı cevaplar analiz edilerek *maddenin tanecikli yapısı* kavramını anlama dereceleri tespit edilmiştir. Testteki sorulardan herbiri tanecikli yapı ile ilgili ayrı bir durumu belirtmektedir. Öğrencilerden verilen durum ile ilgili görüşlerini yazılı olarak ifade etmeleri istenmiştir. Bu tür testler çoktan seçmelilere göre çok daha fazla bilgi sağlama nedeniyle tercih edilmekte (White & Gunstone, 1992) ve özellikle kavramların anlaşılma düzeyini ve yanlış anlamaları tespit etmede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yazılı cevapların incelenmesinde *anlama*, *yanlış anlama*, *anlamama* ve *cevap vermeme* kategorileri kullanılmıştır. Ayrıca testin beşinci sorusunda öğrencilerden maddenin üç halini temsili olarak göstermeleri istenmiştir. Bu soru için öğrenci cevapları yaptıkları çizimlere göre *sürekli*, *tanecikli* ve *tanecikli ama hatalı* şeklinde üç kategoriye yerleştirilmiştir. Bu kategorilerle ilgili geniş bilgi daha önceki çalışmalarda

sunulmuştur (Abraham, Grzybowski, Renner & Marek, 1992; Ayas, 1993 ve 1995; Yıldırım, Demircioğlu, Özmen ve Ayas, 2000; Özmen, Ayas ve Coştu, 2002). Bu nedenle burada sadece özet bilgi verilecektir.

Anlama: Soru ile ilgili bilimsel fikirlerin bir kısmını veya hepsini içeren cevaplar bu kategoriye dahil edilmiştir.

Yanlış anlama: Kabul edilebilir bilimsel cevaplara alternatif olan öğrenci cevapları bu grupta toplanmıştır. Bu kategorideki öğrenci cevapları çok değişik olabilir. Bu cevaplar genellikle alternatif fikirleri (misconceptions) içerirler.

Anlamama: Sorulan soruyla alakası az olan ve bilimsel değerden yoksun öğrenci cevapları bu grupta toplanmıştır.

Cevap vermeme: Bu kategoriye öğrencilerin boş bıraktıkları veya soruyu aynen veya kısmen tekrarladıkları cevaplar dahil edilmiştir.

Testin beşinci sorusunda kullanılan üç kategori ise araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. Bu kategorilerin içeriği kısaca aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

Sürekli : Maddenin her üç halini tanecikli yapı yerine sürekli bir yapı olarak gösteren öğrencilerin cevapları bu kategoriye yerleştirilmiştir.

Tanecikli : Beklenen tanecikli gösterimi doğru şekilde yapan öğrencilerin cevapları bu kategoriye yerleştirilmiştir.

Tanecikli ama hatalı : Maddenin üç haliyle ilgili olarak tanecikli yapıda gösterim yapan, fakat tanecikli yapının gösterimi bilimsel gösterimden uzak ve hatalı olan öğrenci cevapları bu kategoriye yerleştirilmiştir.

Yukarıda belirtilen kategorilere uygun şekilde öğrenci cevapları araştırmacılar tarafından önce ayrı ayrı soru düzeyinde analiz edilerek kategorilere yerleştirilmiştir. İkinci aşamada her bir öğrencinin cevabının yerleştirildiği kategoriler karşılaştırılarak uyum derecesine bakılmıştır. Birbiri ile uyumlu olmayan kategorilere yerleştirme durumunda yeniden orjinal cevap kağıdı incelenerek ortak bir kategorilendirme sağlanmıştır. Böylece farklı kişilerin yaptığı değerlendirmeden kaynaklanabilecek subjektiflik en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Kategorilendirme işleminden sonra, her bir kategori için öğrenci cevapları yüzde olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kalitatif esaslı olduğu için daha ileri istatistiksel yöntemler kullanılmamıştır.

Bulgular

Bu çalışmada kullanılan testin analizinde öğrenci cevapları yukarıdaki kategoriler dikkate alınarak ayrı ayrı incelenmiştir. Kullanılan sorular ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Soru 1. Su ile dolu cam bir bardak pencerenin önüne bırakılmıştır. Aradan birkaç gün geçtikten sonra bardakta hiç su kalmadığı görülmüştür. Bilim adamlarının maddenin taneciklerden oluştuğu yönündeki fikrini de kullanarak bu olayı nasıl açıklarsınız?

Bu soru **buharlaştırma** olayı ile ilgili olup öğrencilerin cevaplarında bunu dile getirerek, tanecikli yapı ve sıcaklıkla ilişkilendirmeleri beklenmekte idi. Cevapların incelenmesi sonucu aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır :

1. Lise 1 öğrencilerinin % 35'i, lise 2 öğrencilerinin ise % 44'ü tam doğru olmasa bile kısmen doğru fikirler içeren cevaplar vermişlerdir. Örneğin, olayı buharlaştırma olarak niteleyen öğrencilerden birisi sebep olarak şunu önermektedir:

...sıcaklık moleküllerin hızını artırır ve moleküllerin birbirine uyguladıkları kuvvetler artar ve maddenin her yerinde bir buharlaştırma olur ve su sıvı halden gaz hale geçer.... evet madde taneciklerden oluşmuştur ve sıvı her sıcaklıkta buharlaşır. Yani sıcaklığın etkisiyle maddenin tanecikleri daha çabuk hareket eder ve buharlaşır.... su tanecikleri güneş ısı ile ısınıyor. Isı aldıkça daha hareketli hale geliyor ve gaz fazına dönüşerek buharlaşıyor....

Bazı öğrenciler ise buharlaştırma kelimesini kullanmakla birlikte makroskopik cevaplar verip ayrıntılı bir sebep önermemişlerdir. Örneğin, sadece “su buharlaşmıştır... maddenin taneciklerden oluştuğunu biliyoruz bu normal birşeydir veya ...buharlaştırma sonucu bardakta su kalmamıştır” gibi cevaplar verdikleri görülmüştür.

2. Lise 1 öğrencilerinin % 37'sinin, lise 2 öğrencilerinin ise % 36'sının buharlaştırma kelimesini hiç kullanmadıkları görülmüştür. Bunlardan bazıları çok ilginç yanlış anlamalar göstermişlerdir. Örneğin, bazı öğrencilerin suyun “...molekül ve taneciklerinin bulunduğu ortamın sıcaklığı veya herhangi bir durum ve olaydan dolayı molekül ve tanecikler serbestliğini kaybederek birbirini tamamiyle sindirirler... bundan dolayı suyun azaldığı göze çarpar” şeklinde yanlış anlamalara sahip oldukları tesbit edilmiştir.

3. Lise 1 öğrencilerinin % 16'sı ve lise 2 öğrencilerinin % 14'ü ise cevaplarında kavramla bilimsel ilgisi tartışılan bilgiler vermişlerdir. Örnek olarak, öğrencilerden birisi “su havaya temas ederek yok olmuştur” cevabını vermiştir. Bir başka öğrenci “suyun içinde bulunan maddenin tanecikleri su kalmadığı zaman kayboluyor” gibi mantıksal olmayan bir sebep önermiştir. Bu türden cevaplar öğrencilerden bir kısmının kavramla ilgili bilimsel bir görüşten yoksun olduklarını göstermektedir.

4. Bu soruyu cevapsız bırakan lise 1 öğrencilerinin oranı % 12 iken, bu oran lise 2 öğrencileri için % 6 civarında idi.

Soru 2. Bir futbol topu gündüz hava sıcakken sertleşinceye kadar hava ile doldurulmuştur. Geceleyin balkonda bırakılan topun sabahın ilk saatlerinde hava serinken daha yumuşak olduğu görülmüştür. Topun hiç hava sızdırmadığını varsayarak sertliğinde gece-gündüz arasında meydana gelen bu değişikliği maddenin taneciklerden oluştuğu fikrini de kullanarak nasıl açıklarsınız?

Bu soru öğrencilerin kapalı bir ortamda **sıcaklıkla basıncın değişmesini** ve taneciklerin (moleküllerin) bu olayla ilgisini ne derece kavradıklarını ortaya çıkarmayı amaçlamakta idi.

Belirtilen kategorilerde öğrenci cevapları incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır :

1. Lise 1 öğrencilerinin % 18'i ve lise 2 öğrencilerinin % 27'sinin tam veya tama yakın cevaplar verdikleri tesbit edilmiştir. Bu gruptaki öğrenciler, sıcaklıkla tanecikler arası mesafelerin arttığını, taneciklerin hızlarının sıcaklıkla değiştiğini ve bu değişikliğin topun çeperlerine uygulanan basıncı değiştirdiğini vurgulayarak bilimsel değeri olan fikirler kullanmışlardır.

2. Lise 1 öğrencilerinin % 36'sı, lise 2 öğrencilerinin ise % 41'i verdikleri cevaplarla kavramla ilgili yanlış anlamalara sahip olduklarını göstermişlerdir. Sıcaklık değişimi ile taneciklerin büyüklüğünün değişmesi fikri bazı öğrencilerce ileri sürülmüştür. Örneğin, “..topun içindeki tanecikler güneşte genişler ve topu sertleştirirler... soğukta ise topun içindeki tanecikler büzülerek topun yumuşamasına neden olurlar” şeklinde açıklamalarda bulunan öğrenciler vardır. Bu düşünce ders kitaplarında kullanılan “ısınan cisimler genişler” fikrinin yeterince açıklanmamasından kaynaklanmış olabilir.

3. Lise 1 öğrencilerinin % 31'i, lise 2 öğrencilerinin ise % 14'ü verdikleri cevaplarla olayı anlamadıklarını ortaya koymuşlardır. Bu gruptaki cevaplardan bazılarında, öğrenciler futbol topunun yapıldığı madde veya malzeme cinsinden olayı değerlendirmektedir. Yani futbol topunun yapıldığı maddenin taneciklerinin genişmeleri ve büzüşmeleri sonucu bu olayın olduğunu savunmaktadırlar. Bunun nedeni öğrencinin futbol topu denince aklına sadece plastik topun gelmesi olabilir. Bu öğrencinin yaşadığı bölge veya bulunduğu sosyal çevre nedeniyle olayı anlayamamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, bazı öğrenciler top yere bırakıldığı için toprağın veya betonun çekmesi sonucu topun havasının azaldığını savunmaktadırlar. Halbuki soruda topun hiç hava sızdırmadığı ifade edilmektedir.

4. Lise 1 öğrencilerinin % 1'i, lise 2 öğrencilerinin ise % 18'i soruya cevap vermemiş veya verilen soruyu kısmen veya tamamen yeniden yazarak cevap vermiştir. Bu tür cevaplar cevap vermeme kategorisine yerleştirilmiştir.

Soru 3. İçerisinde buz bulunan ve kapağı sıkıca kapatılmış olan bir cam kavanoz etrafı iyice kurutularak laboratuarda masanın üzerine bırakılıyor. Bir süre sonra kavanozun dış yüzeyinin buğulandığı (nemlendiği) görülüyor. Bunu nasıl açıklarsınız? Kabın dışında oluşan su nereden gelmektedir? (Not: tanecikli yapı fikrini kullanınız).

Bu soru **kondenzasyon** veya **yoğunlaşma (sıcaklıkla hal değişimi)** kavramını öğrencilerin tanecikli yapı fikrini kullanarak günlük bir olaya uygulayıp uygulayamadıklarını ölçmek için teste dahil edilmiştir. Öğrenci cevaplarının incelenmesinden yukarıdaki kategorilere göre şu bulgular elde edilmiştir:

1. Lise 1 öğrencilerinin sadece % 17'si, lise 2 öğrencilerinin ise % 24'ü verdikleri cevaplarla bu olayı kavradıklarını göstermiştir. Örneğin, bu kategoriye dahil edilen cevaplardan birisi şu şekildedir:

...havada buhar halinde bulunan su tanecikleri soğukla karşılaşınca sıvı hale geçerler. Burada içi buz dolu olan kavanoz soğuktur. Havada buhar halinde bulunan su tanecikleri bu soğuk kütleyle değerek yoğunlaşır ve böylece kavanozun dış yüzeyinde buğulanma görülür.

Öğrencilerin çok sınırlı bir kısmı bu olayı kışın camların buğulanmasını örnek göstererek açıklamışlardır.

2. Lise 1 öğrencilerinin % 45'i, lise 2 öğrencilerinin ise % 36'sı kavramla ilgili yanlış anlamalara sahip olduklarını verdikleri cevaplarla göstermişlerdir. Bu öğrencilerden bazıları kavanoz içindeki buzun eridikten sonra cam tanecikleri arasından geçerek dış yüzeyi buğulandırdıklarını savunmaktadırlar. Bazı öğrenciler ise havada bulunan su buharından söz etmemekle birlikte, havanın soğuk olan kavanoz yüzeyine çarparak yoğunlaştığını ileri sürmektedirler. Bu gruba dahil edilen cevaplara bir diğer örnek ise, "...kabin dışında oluşan su buzun soğukluğundan yararlanarak oluşuyor" gibi tam açık olmayan bir cevap niteliğindedir.

3. Hem lise 1, hem de lise 2 öğrencilerinin % 23'ü konuyu anlamadıklarını değişik cevaplar vererek göstermişlerdir. Örneğin, "cam hem sıcaklığı hem soğukluğu geçirdiği için nemlenme oluyor", "kavanozda bir sıcaklık ve nemlilik oluşmaktadır. En önemli etkenlerden bir tanesi de ortam, sıcaklık ve zamandır" gibi cevaplar bu kategoriye dahil edilmiştir.

4. Lise 1 öğrencilerinin % 15'i, lise 2 öğrencilerinin ise % 17'si soruyu cevapsız bırakmışlardır.

Soru 4. Bir cam bardak içerisinde bulunan saf suyun üzerine bir damla renkli sıvı (örneğin mürekkep) damlatılmış ve zamanla bu rengin suyun her tarafına yayıldığı görülmüştür. Maddenin taneciklerden oluştuğu fikrini kullanarak bu olayı nasıl açıklarsınız?

Bu soru **difüzyon** veya **yayılma** olayı ile ilgili olup öğrencilerin tanecikli yapı ve tanecikler arası boşluklar kavramlarını kullanarak bu olayı açıklayabilme derecelerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Öğrenci cevapları kategorilere ayrılarak aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

1. Lise 1 öğrencilerinin % 23'ü, lise 2 öğrencilerinin ise % 33'ü bu soruya bilimsel olarak kabul edilebilen tam doğru veya doğruya en yakın cevaplar vermişlerdir. Bu öğrencilerden hiçbiri difüzyon kavramından açıkça söz etmemiştir. Sadece bir öğrenci bu olayı odanın bir köşesine bırakılan kapağı açık kolonya şişesinden kokunun bütün odaya yayılmasına benzetmiştir. Örneğin, bu gruba dahil edilen cevaplardan birisi şöyledir. "...sıvılar taneciklerden oluşmuştur ama bu tanecikler fazla sık değildir. Birbirleri üzerinden kayarlar. Mürekkep de suya döküldüğü zaman kaygan yapıda olan su ve mürekkep tanecikleri birbiri üzerinde kayarak kaynaşırlar ve mürekkep yayılır."

2. Lise 1 öğrencilerinin % 29'u, lise 2 öğrencilerinin ise % 38'i bu soruya verdikleri cevaplarla kavram konusunda yanlış anlamalara sahip olduklarını göstermişlerdir. Örneğin, öğrencilerden birisi "suyun bir bölümünde bulunan renkli sıvı zamanla suyun

tüm taneciklerine etki ederek taneciklere kendi rengini veriyor” cevabını vermiştir. Bu gruptaki ilginç cevaplardan bir diğeri ise, “suyun ve mürekkebin içinde bulunan atom yapılı molekül ve tanecikler birbiriyle temas halindedir ... yani konumları gereği serbestçe hareket edebilirler. Bu nedenle mürekkep her tarafa yayılır” şeklindedir.

3. Lise 1 öğrencilerinin % 40’ının, lise 2 öğrencilerinin ise % 19’unun soruda verilen olayı ve ilgili kavramı anlamadıkları tesbit edilmiştir. Bu öğrenciler cevaplarında bilimsel olarak bir değer taşımayan ifadeler kullanmışlardır. Ayrıca cevaplarında soruda verilen ifadeleri tekrarlamaktan ileri gidememişlerdir. Bir örnek olarak aşağıdaki öğrenci cevabı verilebilir: “çünkü mürekkep yapıcıları bir yapıya sahiptir, su ise bir yapısı olmadığından mürekkebin yapısı suya yayılıyor”. Öğrencinin burada kullandığı “yapı” kelimesi renk anlamında kullanılmış olabilir.

4. Lise 1 öğrencilerinin % 8’i, lise 2 öğrencilerinin ise % 10’u bu soruya hiç cevap vermemiştir.

Çalışmaya katılan lise 1 ve lise 2 öğrencilerinin testte yer alan ilk dört soruya her bir kategoride verdikleri cevapların oranları Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Lise 1 ve lise 2 öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramı ile ilgili sorulara verdikleri cevaplar

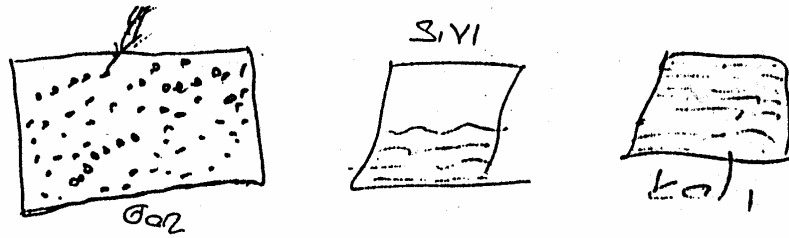
Soru No	Anlama (%)		Yanlış Anlama (%)		Anlamama (%)		Cevapsız (%)	
	Lise 1	Lise 2	Lise 1	Lise 2	Lise 1	Lise 2	Lise 1	Lise 2
1	35	44	37	36	16	14	12	6
2	18	27	36	41	31	14	15	18
3	17	24	45	36	23	23	15	17
4	23	33	29	38	40	19	8	10

Soru 5. Maddenin üç halinin (katı, sıvı ve gaz) molekül veya atomlarının dizilişini, maddenin taneciklerden oluştuğu fikrini kullanarak temsili resimlerle (maddenin herbir hali için bir resim) gösteriniz.

Bu soru öğrencilerin maddelerin taneciklerden oluştuğu fikrini kullanarak **maddenin üç halini** temsili olarak nasıl gösterdiklerini tesbit edebilmek için teste dahil edilmiştir. Bu öğrencilerde tanecikli yapı kavramının zihinsel yapılaşmasını (imajını) ortaya çıkarmaya yardımcı olabilecek en önemli sorulardan birisidir. Öğrencilerin bu soruya yönelik olarak yaptıkları çizimler sürekli, tanecikli ve tanecikli ama hatalı şeklindeki kategorilere yerleştirilmiştir.

Bu soruya öğrenciler şekiller çizerek cevap vermişlerdir. Öğrencilerin çizdikleri şekiller değişik gruplara ayrılarak incelenebilir. Örneğin tanecikli yapı olarak gösterim dikkate alındığında, lise 1 öğrencilerinin katılar için % 30, sıvılar için % 24 ve gazlar için % 15’i sürekli yapılar önerirken, bu oranlar lise 2 öğrencileri için katılar için % 34, sıvılar için % 28 ve gazlar için % 21 şeklindedir. Halbuki soruda tanecikli gösterim

istenmekte idi. Katıdan gaza doğru görülen düşüşün nedeni maddelerin dış görünüşlerinden ve kitaplarda kullanılan şekillerden olabilir. Ayrıca yanlış anlama gösteren şekiller cinsinden cevaplar incelendiğinde, öğrenci şekillerinin, lise 1 öğrencileri dikkate alındığında, katılar için % 5, sıvılar için % 8 ve gazlar için % 10'u, lise 2 öğrencileri dikkate alındığında, katılar için % 10, sıvılar için % 12 ve gazlar için % 15'i bu gruba girmektedir. Bu soruda öğrencilerin bir kısmı yaptıkları çizimlerde maddeyi sürekli bir yapıya sahip olarak düşünmüş ve çizimlerini de bu şekilde yapmışlardır. Öğrencilerin yaptıkları sürekli gösterimlere ait bir örnek Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Öğrencilerin sürekli kategorisine yerleştirilen çizimlerine ait bir örnek

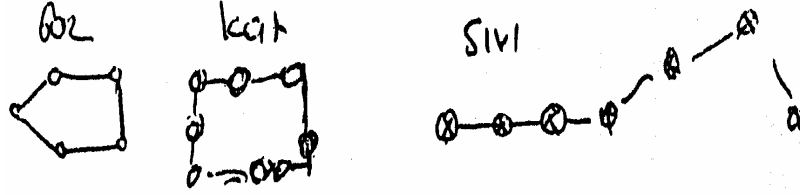
Maddenin üç halini tanecikli yapılarla doğru gösteren öğrencilerin yüzdesi ise, lise 1 öğrencilerinde, katılar için % 65, sıvılar için % 68 ve gazlar için % 75, lise 2 öğrencilerinde, katılar için % 55, sıvılar için % 60 ve gazlar için % 64 olarak bulunmuştur. Bu öğrencilerin çizimleri genellikle kabul edilebilir bir nitelikte idi. Çizimlerde özellikle katı, sıvı ve gaz moleküller arasındaki uzaklıkların dikkate alındığı göze çarpmaktadır. Öğrenciler genellikle katı, sıvı ve gaz taneciklerini yuvarlaklar şeklinde göstermişler ve farklı hallerdeki gösterimler için bu tanecikler arasındaki mesafeleri arttırmışlardır. Tanecikli gösterim oranının yüksek çıkmasının nedeni soruda verilen bilgilerden kaynaklanmış olabilir. Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısını doğru ifade eden çizimleri ile ilgili bir örnek Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Öğrencilerin tanecikli kategorisine yerleştirilen çizimlerine ait bir örnek

Öğrencilerden bazıları temsili resimlerinde birbirine bağlı tanecikler (yuvarlaklar) çizmişler ve katı, sıvı ve gazlar arasındaki ayrımı bağ uzunluklarını farklı boylarda çizerek göstermişlerdir. Yani, öğrencilerin bir kısmı hal değişimlerinde taneciklerarası

mesafeler yerine molekül içi bağ uzunluklarının değiştiğini düşünmektedirler. Bu öğrencilerin çizimleri her ne kadar tanecikli halde olsa da, tanecikleri özellikle bağlarla birbirine bağlamaları dikkate değerdir. Özellikle bu öğrencilerin bazıları maddeyi tanecikli ama sürekli bir gösterimle çizme yoluna gitmişlerdir. Öğrencilerin örnek bir çizimi Şekil 3’de verilmektedir.



Şekil 3. Öğrencilerin tanecikli ama hatalı kategorisine yerleştirilen çizimlerine ait bir örnek

Bu soruya hem lise 1, hem de lise 2 düzeyinde cevap vermeyen öğrenci olmamıştır.

Testi cevaplayan lise 1 ve lise 2 öğrencilerinin bu soruya üç kategoride verdikleri cevapların oranları Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Lise 1 ve lise 2 öğrencilerinin maddenin üç halinin temsili olarak gösterilmesine ilişkin soruya verdikleri cevaplar

	Sürekli (%)		Tanecikli (%)		Tanecikli Ama Hatalı (%)	
	Lise 1	Lise 2	Lise 1	Lise 2	Lise 1	Lise 2
Katı	30	34	65	55	5	10
Sıvı	24	28	68	60	8	12
Gaz	15	21	75	64	10	15

Elde edilen bu bulgular, testin uygulanması sırasındaki gözlemler ve literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak aşağıdaki sonuç ve öneriler sıralanmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, yapıldığı okullardaki lise 1 ve lise 2 öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerinin oldukça düşük olduğunu göstermiştir. Tablo 1’de görüldüğü gibi, lise 1 öğrencileri % 17-35 arasında, lise 2 öğrencileri ise % 24-44 arasında değişen oranlarda anlama seviyesinde kabul edilebilir (bilimsel veya bilimsele en yakın) düzeyde cevaplar verirken, yanlış anlama kategorisindeki cevap oranları lise 1 ve lise 2 öğrencileri için sırasıyla %29-45 ve %36-41 arasında değişmektedir. Anlamama kategorisine giren cevapların oranları ise lise 1 öğrencileri için %16-40 arasında, lise 2 öğrencileri için ise %14-23 arasında değişmektedir.

Testin her sorusunda vurgulanmasına rağmen bazı öğrenciler tanecikli yapıdan hiç söz etmemişlerdir. Özellikle testin beşinci sorusunda lise 1 öğrencilerinin % 30'u, lise 2 öğrencilerinin ise %34'ü katılar için çizdikleri şekillerde sürekli bir gösterim yapmışlardır. Bu sonuç literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir (Novick and Nusbaum, 1978 ve 1981). Çalışmadan elde edilen sonuçlar hem lise 1, hem de lise 2 öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramı ile ilgili yüksek oranlarda ya yanlış anlamaya sahip olduklarını, ya da kavramı hiç anlamadıklarını göstermektedir.

Öğrencilerden tanecikli yapı fikrinin bütün sorularda kullanılması istenmesine rağmen, bazı cevaplarda tanecikli yapı fikrine hiç değinilmemiştir. Öğrenciler tanecikli yapı kavramı ile daha ilköğretim 4. sınıf fen bilgisi müfredatında karşılaşmaktadır. Daha sonra ise fizik ve kimya ile ilgili ilköğretim (6-8) fen bilgisi ünitelerinde bu kavram değişik şekillerde işlenmektedir. Bu nedenle ders öğretmeni tarafından da eğitim-öğretim sırasında gündeme getirilmiş olması gerekmektedir. Ancak öğrencilerde görülen yüksek orandaki yanlış anlamalar bu kavramın öğretilmesinde problemler olduğunu göstermektedir. Bu problemlerin kaynakları çok değişik olabilir. Örneğin, müfredatta yeterince aydınlatıcı ve örnekleyici bilgiler olmaması yanında, öğretmenin konuyu öğretmede kullandığı metodların yetersizliği de önemli olabilir. Kavram soyut olduğu için öğrencinin direkt olarak bir gözlem yapması mümkün değildir. Çünkü söz konusu tanecikler gözle görülebilecek olandan çok daha küçüktür. Bu nedenle, fen bilgisi dersini veren öğretmenler buharlaşma, yoğunlaşma, yayılma gibi olaylarla ilgili olarak özellikle laboratuvar yöntemini de kullanarak öğrencilerine deneyim kazandırmalıdır. Bu süreçte, tanecikler arası boşluklardan da ayrıca söz edilmelidir, çünkü bu yayılma olayını kolaylaştıran bir durumdur.

Tanecikli yapıyla ilgili yukarıda rapor edilen sonuçlar hiç de memnuniyet verici değildir. Bunun sebeplerinden birisi de, çocukların okul öncesinden getirdikleri ve bilimsel düşünceyle uyum sağlamayan fikirleridir. Öğrencilerin bu fikirleri ile onlara formal eğitim sırasında öğretilenler (eğer öğretmen tarafından ustaca değinilemezse) öğrencinin zihninde yanlış anlamalara sebep olabilir. Buna delil olarak öğrencilerin bazılarının maddeyi tanecikli olarak kabul etmekle birlikte, özellikle ikinci soruda (sıcaklık-basınç ilişkisi), taneciklerin genişleme veya büzümeye uğradıklarını iddia etmeleri gösterilebilir. Öğretmenin öğrencilerdeki bu ön fikrin varlığını bilmesi ve ona uygun stratejiler geliştirmesi kavramın öğretilmesinde yararlı olabilir. Fakat burada şu da akıldan çıkarılmamalıdır; “constructivistlere” göre öğrenme aktif bir süreçtir ve öğrenci istekli olmadıkça ve bir çaba sarfetmedikçe ona birşey öğretmek oldukça zordur (Bodner, 1986 ve 1990).

Öğrencilerin tanecikli yapıyla ilgili fikirleri değişik yöntemlerle ortaya çıkarılabilir. Bu çalışmada kullanılan yöntem bunlardan sadece birisidir. Öğretmenler bunu öğrencilere grup tartışması veya daha geniş olarak sınıf tartışması yaptırarak ortaya çıkarabilirler. Bu ve benzeri yöntemler, madde hakkında öğrenci fikirlerini ortaya çıkarmayı, öğrencileri kendi fikirlerinden haberdar etmeyi ve arkadaşlarının aynı konu hakkında sahip oldukları farklı düşünceleri görmelerini sağlaması açısından çok önemlidir. Buradan elde edilen sonuçlar öğretmenlere birkaç şekilde yardımcı olabilir. Örneğin, bu sonuçlar öğretmenlerin eğitim-öğretim etkinliklerini uygun şekilde

hazırlamasına olanak sağlar. Bunun dışında öğrencilere bir kavram öğretildikten sonra onunla ilgili uygulamalar yaptırılmalıdır. Bu uygulamalarda günümüz ders kitaplarının sağladığı teorik problemlerden ziyade günlük olaylardan seçilmiş örnekler kullanılmalıdır. Bu, öğrencilerin öğrendikleri bilgilerin kendi günlük yaşantıları ile ilişkisini görmeleri açısından önemlidir ve öğrencilerde bilgilerine ve dolayısıyla kendilerine güven duygusunu geliştirir. Günlük yaşantıdan ne kadar çok örnek sağlanırsa öğrencide o kavramın gelişmesi ve yerleşmesi o oranda kolaylaşır. Bu çalışmada kullanılan sorular günlük yaşantıdan seçildikleri halde öğrencilerin anlama seviyeleri çok düşük bulunmuştur. Burada önerilen yaklaşımla bunun üstesinden gelinbilir.

Tanecikli yapı fikri, kimyacılar ve fizikçiler için kimyasal ve fiziksel olayların karmaşık iç dünyasını anlaşılabilir ve yorumlanabilir hale getirmede çok kullanışlıdır. Fakat, öğrenciler için durum oldukça farklıdır, çünkü öğrenciler soyut olan bu olayı zihinlerinde canlandırmakta güçlük çekmektedir (Osborne, Cosgrove and Schollum, 1982). Hatta öğrencilerden bazıları maddenin sürekli yapıya sahip oluşu fikrini tanecikli yapı ile birlikte zihinlerinde tutmaktadır (Schollum and Osborne, 1985). İki fikri bir arada bulundurmakla öğrenci hem kendisini hem de ona soru yönelten kişiyi memnun etmektedir. Yani, öğrenci gerçekte inandığı gibi değil öyle öğretildiği için yöneltilen soruya o şekilde cevap vermektedir (ezbere dayalı eğitimden dolayı). Değerlendirme açısından düşünürsek öğrencilerden bazıları not için başka, kendi günlük yaşantısı için başka fikirleri aynı anda zihinlerinde tutmaktadırlar. Öğretmenler bu durumu eğitim-öğretim faaliyetleri sırasında dikkate alarak alternatif stratejiler geliştirmeye çalışmalıdır. Çünkü yapılandırmacılara göre öğretmenler sadece öğrencilere verecekleri bilgilerden değil, aynı zamanda öğrencilerin sahip oldukları ön bilgilerden ve yanlış anlamalardan da sorumludur. Ayrıca öğrenci öğretmenin kendi bilgilerine değer verdiğinin farkına varırsa, öğretmenin verdiği bilgilerle kendi bilgilerini birleştirme konusunda daha istekli davranır.

Özet olarak, bu çalışmada geliştirilen test kullanılarak öğrencilerin tanecikli yapı hakkındaki fikirleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sınırlı sayıda bir örneklem üzerinde gerçekleştirildiği için, çalışmadan elde edilen sonuçların genellenebilmesi mümkün değildir. Sonuçların genellenebilmesi için daha geniş ve rast gele bir örneklem seçilip çalışma tekrarlanmalıdır. Ayrıca, her ne kadar öğrencilerin yazılı cevapları ile geniş bilgi sağlanmakta ise de bir mülakat tekniği kullanılarak öğrenci cevapları daha da detaylandırılmalıdır. Çünkü cevapların bazılarında öğrencilerin ne demek istedikleri tam anlaşılmamaktadır. Bunun tam anlaşılabilmesi için değişik soruların öğrencilere yöneltilmesi gerekmektedir. Bu da ancak görüşme tekniği ile mümkündür.

Belirtilen sınırlılıklara rağmen, burada rapor edilen sonuçlar program geliştirmede, öğretmen eğitiminde ve bu alanda çalışmakta olan ve çalışmayı planlayan araştırmacılara yararlı bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen bulgular doğrultusunda tanecikli yapı kavramı ile ilgili bir ünite ve öğretme stratejileri geliştirilip pilot çalışmalarda uygulanarak etkililiği araştırılabilir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan soruların bir yandan psikometrik özelliklerine ilişkin analizler yapılırken öte yandan

maddenin tanecikli yapısını ve diğer fen kavramlarının gelişim ve yapılanmasını ortaya çıkarmada kullanılabilir benzer sorular geliştirilerek araştırmalarda kullanılabilir. Bu türden çalışmalar çoğaldıkça yeni müfredatların geliştirilmesi sırasında kullanılabilir bilimsel veriler biriktirilmiş olacaktır.

Kaynaklar

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- APU. (1982). *Science in Schools: Age 15*. (Rep. No. 1). London: HMSO, Department of Education and Science.
- Ayas, A. (1993). *A study of teachers' and students' view of the upper secondary curriculum and students' understanding of introductory chemistry concepts in the East Black-sea region of Turkey*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Southampton, U.K.
- Ayas, A. (1995, Eylül). *Lise 1 kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma*. II. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu'nda sunulan bildiri, ODTÜ Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Ayas, A. & Demirbaş, A. (1997). Turkish secondary students' conceptions of introductory chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(5), 518-521.
- Ayas, A. (2002). Students' level of understanding of five basic chemistry concepts. *Boğaziçi University Journal of Education*, 18, 19-32.
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73, 481-500.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. ve Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64-66.
- Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.
- Bodner, G. M. (1990). Why good teaching fails and hard-working students don't always succeed. *Spectrum*, 28(1), 27-32.
- Briggs, H., & Holding, B. (1986). *Aspects of Secondary Students' Understanding of Elementary Ideas in Chemistry: Full Report*. CLIS: Children Learning in Science Project. University of Leeds, Center for Studies in Science and Mathematics Education.
- Brook, A., Briggs, H., & Bell, B. (1983). *Secondary students' ideas about particles*. Published by University of Leeds, U.K.
- Comber, M. (1983). Concept development in relation to particulate theory of matter in the middle school. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 27-39.
- de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist*. Milton Keynes: Open University.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.

- Gilbert, J.K., & Watts, D.M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Griffiths, A.K., & Preston, K.R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 249-270.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
- Nakhleh, M. B. ve Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
- Novick, S., & Nusbaum, J. (1978). Junior high school students' understanding of particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281.
- Novick, S., & Nusbaum, J. (1981). Pupils' understanding of particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Osborne, R., Cosgrove, M., & Schollum, B. (1982). Chemistry and the learning in science project. *Chemistry in New Zealand*, 10, 104-106 (October).
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. London: Heinemann.
- Özmen, H., Ayas, A. ve Coştu, B. (2002). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlama seviyelerinin ve yanlışlarının belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 2(2), 507-529.
- Schollum, B., & Osborne, R. (1985). Relating the new to the familiar. In R. Osborne et al. (ed.) *Learning in science: The implications of children's science* London: Heinemann.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Yıldırım, A., Demircioğlu, G., Özmen, H., ve Ayas, A. (2000). Kimyasal denge konusunun öğrenciler tarafından anlaşılma düzeyi ve karşılaşılan yanlışlar. *IV. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi bildiriler kitabı*. (s. 427-432) Ankara: Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları.

A STUDY OF STUDENTS' LEVEL OF UNDERSTANDING OF THE PARTICULATE NATURE OF MATTER AT SECONDARY SCHOOL LEVEL

Abstract

The particulate nature of matter is one of the most fundamental principles of chemistry and physics. An understanding of this concept is very important for students to grasp related concepts well. In this study, a test with five open-ended questions related to daily phenomena about the particulate nature of matter was developed and used to collect data. The test was implemented to 150 lycee 1 and 100 lycee 2 students selected from different schools in the city of Trabzon. Students' responses were classified into understanding, misconception, no understanding, and no response categories. The ratio of lycee 1 and lycee 2 students' responses in the understanding category are 17-35% and 24-44%, respectively. Results indicated that this concept was not understood adequately. Based on the results some suggestions were made.

Key-words: Chemistry education, the particulate nature of matter, level of understanding, misconception