

“Atom ve Molekül” Kavramlarına İlişkin Ortaokul Öğrencilerinin Zihinsel Modellerinin Karşılaştırılması: Üç Boyutlu Model Örneği

Hakan Şevki Ayvaci¹ 
Emine Bilge^{1*} 

¹Trabzon Üniversitesi, Matematik ve Fen Eğitimi Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye
hsayvaci@gmail.com

²Trabzon Üniversitesi, Matematik ve Fen Eğitimi Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye
eminebilge85@gmail.com

*Sorumlu Yazar

Geliş tarihi: 24.03.2024
Kabul tarihi: 30.12.2024
Yayın tarihi: 30.07.2025

Özet: Bu araştırmanın amacı; ortaokul öğrencilerinin atom ve molekül kavramlarıyla ilgili zihinsel modellerini belirlemek ve bu modelleri eğitim düzeylerine göre karşılaştırmaktır. Araştırmada betimsel araştırma yöntemleri içerisinde yer alan gelişimci araştırma yönteminin enlemesine araştırma modeli tercih edilmiştir. Araştırmanın katılımcı grubunu, toplamda 80 öğrenci olmak üzere ortaokul yedi ve sekizinci sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Öğrencilerin atom ve molekül kavramları ile ilgili zihinsel modellerinin belirlenmesi için üç boyutlu model oluşturmaları istenmiş ve bu sürecinde ürün oluşturmalarına yönelik yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülerek veri toplama süreci gerçekleştirilmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler içerik analizi tekniğine tabii tutularak çözüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın dikkat çeken sonuçlarına göre; yedinci sınıf öğrencilerinin atomun proton ve nötron parçacığını sekizinci sınıf öğrencilerinin ise elektron parçacığını zihinsel modeli bağlamında üç boyutlu modeline yansıtmadığı ortaya konulmuştur. Ayrıca molekül birimlerinin yakın ve uzak olmak üzere farklı konumlandırılmaları, sınıf düzeyi ilerledikçe uzamsal düşüncelerin farklılaştığını göstermiştir. Ortaokul seviyesinde öğrencilerin uzamsal, üç boyutlu düşünme ve model oluşturma becerilerini geliştirmeye yönelik ürün oluşturmalarını sağlayan ve yıl sonu bilim şenliklerinde sunma fırsatı veren etkinlikler ile desteklenmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelime: Model ve Modelleme, Zihinsel Model, Fen Bilimleri, Ortaokul Öğrencileri, Atom ve Molekül.

GİRİŞ

Geçmişe bir göz atıldığında filozof Democritus bilim insanı Feynman fark etmeksizin, tüm insanoğlunun doğa olaylarını algılayabilmesi ve zihinlerinde kavramsallaştırabilmesi adına gözlem ve deneylerin sonucuna yönelik fikirlerine değer biçilmiş ve bu fikirler farklı bakış açıları altında gelişime daima açık tutulmuştur. Bu durumun en güzel örneklerinden birisi de atom modellerinin gelişim sürecinin günümüze tanıklık etmesidir. Atom yapısının açıklanma arzusu ile bilim insanlarının fikir ve düşüncelerini açığa çıkarmak için model yolu ile sunuş şekli, atom modellerinin tarih cetvelinde yerini oluşturmuştur (Arslan, 2013). Atom modelinin tarihsel gelişim süreci, modelin özelliklerinin geliştirebilirliğini, sınırladığı alanları ve kavramlara açıklık getirerek sonraki çalışmalara yol göstermesi bakımından son derece önemli bir süreci nitelendirmektedir (Akyol, 2009). Günümüzde öğrenciler, atom kavramı ile sosyal ağlar aracılığıyla çok küçük yaşta karşılaşmaktadırlar (Johnstone, 1990) sonrasında ise fen bilimleri dersinde ortaokul seviyesinden itibaren yapısı, büyüklüğü, şekli, modelleri ve molekül gibi bileşenleri üzerinden öğrenme işlevselliğine devam etmektedirler (Mili Eğitim Bakanlığı, 2024). Ancak atomun yapısı, şekli ve büyüklüğü öğrencilerin anlamakta zorluk yaşadığı kavramlardan bir tanesidir (Harrison & Treagust, 1996). Bu bakımdan atom gibi anlaşılması zor olan kavramların öğrencilerin zihinsel süzgeçlerinden kolaylıkla aktarım yapılabilmesi adına, ilgili kavramların yapısal varlıklarının gözle görülür derecede somutlaştırılmasına gereksinim duyulmuştur. Bu sebepten ötürüdür ki fen bilimleri alanında kavram öğretimi esnasında, modellerin kullanım alanları ve görevleri daha fazla genişlemiştir (Demirhan, 2015). Modelin bu nitelik yönünden ele alınması, atom ve molekül yapısını içeren bağdaşık konularına yönelik, fen kavramlarının anlaşılabilirliğini artırma hususunda üstünlük sağlayacaktır.

Model, özellikleri itibarıyla soyut yapısına sahip olan tüm kavramların daha iyi algılanmasını sağlamak adına bireylerin zihinlerinde kurguladıkları ve zihinsel imajları sayesinde sorgulamaya tabi tuttukları bir bütünü simgelerken (Greca & Moreira, 2000) öğretim ortamında anlatılacak konunun daha rahat bir şekilde açıklanmasını ve açıklanan bilgilerin doğruluğunun ispatlanmasına fırsat sunmaktadır (Çelik, 2015).

Cite as (APA 7): Ayvaci, H. Ş. & Bilge, E. (2025). “Atom ve molekül” kavramlarına ilişkin ortaokul öğrencilerinin zihinsel modellerinin karşılaştırılması: Üç Boyutlu Model Örneği. *Trakya Eğitim Dergisi*, 15(3), 1142–1186. <https://doi.org/10.24315/tred.1457972>

Modellemede ise, hazır materyalin tercih edilmediği ya da boyutlarından dolayı sınıf ortamına getirilemeyen materyalin öğrenci tarafından bizzat dokunarak hazırlanıldığı ve hazırlanan modelin üzerinde yorumlar yaparak çıkarımlarda bulunduğu öğrencinin kendi fikrini bilimsel doğruya yaklaştırarak anlamlı öğrenmeleri gerçekleştiren adımlar yer almaktadır. Bu süreçte bilgi daha anlamlı ve kalıcı hale gelebilirken (Dündar-Koylahisar, 2012), öğrencilerin duyuşsal deneyimleri geniş alana yayılır, öğrencilere güven kazandırılır ve çalışmaları eğlenceli hale dönüşebilir (Boo & Watson, 2001). Ayrıca yorum, çıkarım, neden-sonuç ilişkisi gelişen öğrencilerde bilimsel süreç becerileri de derinleşebilir. Gözle görülemeyen bu doğrultuda da zihinde canlandırma gereksinimini doğuran atom ve yapısı, mikroskobik doğasından ötürü soyut özelliği ile tanılanmakta ve öğrenciler üzerinde en fazla algılama zorluğu yaşatan bir kavram olarak bilinmektedir (Demirci, Yılmaz & Şahin, 2016). Bu nedenledir ki fen bilimleri alanında öğrencilere uzamsal düşünme, üç boyutlu düşünme ve yaratıcılık becerilerini kazandırabilmek için öğretim ortamında modelleme etkinliklerinin yürütülmesi uygun görülmektedir (Güneş, Gülçiçek & Bağcı, 2004). Öğrencilerin modelleme sürecinde bizzat kendilerinin rol alması el ve göz organlarının birlikte çalışacağını gösterirken bu sayede beyinlerinin birden fazla yeri uyarılacak ve öğrenme işleminin kalıcılığı da sağlanacaktır. Öğrencilerin aktif katılımı ile öğrenme işlevi güçlenecek (Gürdal, Şahin & Çağlar, 2001) ve daha fazla etkinleşecektir (Flávia, Ferreira & Justi, 2007). Öğrenciler bakımından görme eylemi, atomun yapısından dolayı somut olup olmama konusunda karar kılmaları açısından zihinsel bir zorluktur (Akyol, 2009). Bu anlamda modelleme sürecine dair en önemli aşamalardan birinin zihinsel aşamalar olduğu açıkça ortadadır.

Dış dünyanın içe yansıyan bilgi gösterimi zihinsel modellerdir (Rapp, 2005). Bireyler dünya üzerinde süregelen olayları ve etrafında gelişen durumları açıklayabilme, yordayabilme ve algılayabilmesi için zihinsel modellerinden yardım alırlar. Aynı zamanda da var olan modellerden yararlanarak kendi bakış açılarına göre yeni bir zihinsel model oluştururlar (Kurnaz & Değirmenci, 2012). Ancak zihinsel model temsili bir bilgidir, spesifik özelliğe sahiptir, eksik ve dolaylıdır bu yüzden bilimsel bilgi olmadığı ve kişilerin inanışlarını savunduğu için (Günbatır & Sarı, 2005) öğrencilerin her bir kavram ile ilgili zihinsel modellerine ulaşabilmeli ve varsa yanlışlar/eksiklikler en uygun öğretim yöntem ve tekniği ile giderilmelidir. Literatürde konu kapsamında yürütülen araştırmalar incelendiğinde; kimya ve matematik alanı öğretmen adayları için çizim (Nakipoğlu, Karakoç & Benlikaya, 2002), kimya alanı öğretmen adayları için görüşme (Ulutaş, 2010), fen bilimleri alanı öğretmen adayları için çizim ve betimleme (Akyol, 2009) ve çizime yönelik açık uçlu sorular (Akıllı, 2011), lisans öğrencileri için görüşme (Park & Light, 2009) ortaöğretim ve lisans öğrencileri için tarama (Demirci vd., 2016), ortaöğretim öğrencileri için açık uçlu test (Polat, 2012; Yaseen & Akaygün, 2016), anket (Sarıdaş & Ünsal, 2019) ve görüşme (Zarkadis, Papageorgiou & Stamovlasis, 2017), ortaokul ve ortaöğretim düzeyindeki öğrenciler için çizim (Yıldız, 2006), farklı eğitim düzeyindeki öğrenciler için çizim (Kaymakçı, Orhan & Aycan, 2019) aracılığıyla zihinsel modellerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Literatürde ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin zihinsel modellerini açığa çıkarmak için üç boyutlu model çalışması yürüten az sayıda araştırma mevcuttur (Bilge, 2017; Bilge & Bahçeci, 2017; Demircioğlu, Aydın-Altundaş & Demircioğlu, 2012). Ancak var olan araştırmaların öğrenci öğrenim düzeyini tek sınıf üzerinden değerlendirmesi, araştırmaları bu yönüyle sınırlandırmıştır.

Fen bilimleri alanı (fizik, kimya ve biyoloji) fiziksel-kimyasal değişim, suyun elektrolizi, güneşin doğup batması, ayın evreleri, levha hareketleri, şimşek ve yıldırımdan kaynaklanan elektriksel yük boşalması gibi olay/olguları kapsamında barındırdığı için öğrencilerin eğitim-öğretime adım attığı yıllarda (ortaokul seviyesi gibi) güncel hayatla ilişkilendirilen örneklerle dikkat çekmesi bakımından multidisiplin alanlara göre öğrencilerin bakış açısında popüler bir bilim olarak yerini almaktadır (Bilge, 2023). Atom kavramı bu doğrultuda ele alındığında; fizik, kimya ve biyoloji alanı ile doğrudan ilişkili olan disiplinler arası bir kavramdır. Fen bilimleri öğretim programının (MEB, 2024) ilgili konu alanları dağılımında; maddenin tanecikli yapısı ve periyodik sistem (kimya), ampullerin bağlanma şekli ve elektrik yükleri/elektriklenme (fizik), enerji dönüşümlerine (biyoloji) dair öğrenci kazanımları içeriklerinde atomun temel parçaları olan proton, nötron ve elektrondan sıkça bahsedilmesi, bu kavramın öğretim programında büyük bir alana yayıldığını gösterirken, disiplinler arası bir kavram olduğunu da gözler önüne sermektedir. Bu bakış açısına göre araştırma kapsamında ele alınan konu bütününe ortaokul yedi ve sekizinci sınıf öğrenci kazanım düzeyinde yoğun şekilde bulunması dikkat çekmektedir. Literatürde bazı araştırmalar farklı yaş gruplarındaki öğrencilerin atom ve molekül kavramını zihinlerinde farklı canlandırdıklarını ve bunu zihinsel modellerine yansıttıklarını göstermektedir (Papageorgiou, Angelos & Zarkadis, 2016). Bu bağlamda ortaokul düzeyinde yer alan farklı sınıf seviyesindeki öğrencilerin zihinsel düşünceleri arasındaki farklılaşma literatür açısından önem kazanmaktadır. Öğrenciler sadece bulunduğu sınıf seviyesinde değil eğitim-öğretiminin ilerleyen dönemlerinde de atom ve molekül ile sıkça karşılaşma ihtimali yüksek olduğundan, öğrencilerin her sınıf

düzeyinde anlamlı öğrenme ile ilerlemesine ciddiyeyle yaklaşım gösterilmesi gerekebilir. Nitekim eğitim süreci bir trenin vagonları gibidir ve her lokomotifini birbirini çekme koşuluyla ilerlemektedir (Bilge & Ayvaci, 2018). Bu ölçüde önemli görülen atom ve yapısının öğrencilerin zihinlerinde nasıl şekillendiğini bilebilmek, yapılar arasındaki bağlantıların nasıl kurgulandığını öğrenebilmek ve tüm bu işlemleri yaparken algılama sürecindeki yaşanan zorlukları tespit etmek hem uluslararası ölçütlerde fen bilimleri eğitimi alanının başarısını artıracak hem de öğrencileri birçok beceri (üç boyutlu ve uzamsal düşünme gibi) konusunda geliştirecektir (Akyol, 2009). Bu doğrultuda öğrencilerin zihinsel modellerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için öğretmenlerin atomun, molekül gibi tüm bileşenleri konusunda sadece ders kitaplarında yer alan gösterimler, çizimler ve açıklamalar ile sınırlı kalmayıp, üç boyutlu gösterimler, arttırılmış gerçeklik, animasyon ve simülasyon gibi dijital ortam ve araçlara başvurmaları gerekmektedir (Yaseen & Akaygün 2016). Oysaki yürütülen araştırmaların çoğunluğu (Derman, Koçak & Eilks, 2019; Kaymakçı, Orhan & Aycan, 2019; Kılıçoğlu, 2019; Kiray, 2016; Sarıdaş & Ünsal, 2019; Polat, 2012) zihinsel modelleri incelerken çizim, anket, tarama, açık uçlu test veya soru gibi araçlarla değerlendirmeyi tercih etmişler ve bunun sonucunda da atom ve molekülün yapısı ile ilgili düşünceleri açığa çıkarırken tek boyut düzeyinde sınırlı kalmışlardır. Ayrıca bahsi geçen araştırmalar sadece atomun yapısını değerlendirirken molekülün yapısını değerlendirme konusunda geri planda kalmıştır. Literatürdeki araştırmaların bu bakış açısı; atom ve molekülün yapısını, zihinsel modelin ifade edilmesine ne kadar katkı sağlayabileceğini düşündürürken, öğrencilerin yaratıcılıklarını, bilimsel süreç becerilerini (model oluşturma), uzamsal ve üç boyutlu düşüncelerine yarar sağlaması noktasında şüphe uyandırmıştır. Yürütülen bu araştırmada ise öğrenme ortamında atom ve molekül kavramı ile ilgili temel kavram öğretimi anlamında ilk defa karşılaşan öğrenci gruplarının (ortaokul yedi ve sekizinci sınıf) zihinsel modelleri açığa çıkarılırken, üç boyutlu model çalışması ile desteklenmesi araştırma açısından kritik bir değere sahiptir. Daha da önemlisi güncellenmiş fen öğretim programında (MEB, 2024) öğretimin zenginleştirilmesi adına farklılaştırılmış öğretim uygulamalarının üzerinden model ile öğrenme çıktıları elde edilmesi eğitim politikası yürütücülerinin en nihai hedefleri arasında yer almaktadır. Bu bağlamda hem literatüre destekte bulunmak hem de eğitimin istenen doğrultuda sürdürebilirliğini sağlamak için bu araştırma önemli görülebilir. İlgili araştırma problemi doğrultusunda; ortaokul yedi ve sekizinci sınıf kademesinde yer alan öğrencilerin atom ve molekül kavramlarıyla ilgili zihinsel modellerini belirlemek ve bu modelleri eğitim düzeyi bağlamında karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde aşağıda yer verilen alt problemlere cevap aranmıştır;

1. Öğrencilerin zihninde nasıl bir atom modeli var? Öğrenciler üç boyutlu model çalışmasında atomun yapısı, şekli ve büyüklüğünü nasıl oluşturuyor?
2. Öğrencilerin zihninde nasıl bir molekül modeli var? Öğrenciler üç boyutlu model çalışmasında molekülün yapısı, şekli ve büyüklüğünü nasıl oluşturuyor?
3. “Atom ve molekül” kavramları ile ilgili öğrencilerin zihinsel modellerine dair nasıl bir farklılaşma vardır?

Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada, betimsel araştırma yöntemlerinden biri olan gelişimci araştırma yönteminin enlemesine araştırma türü benimsenerek çalışmalar yürütülmüştür. Araştırma kapsamında enlemesine araştırma türünün tercih edilmesindeki amaç; bir çalışma grubu üzerinden uzun zamanlı veri toplama işlemi zor olduğunda aynı anda farklı düzeyden değişik grupların incelenebilmesi ve bulguların bir araya getirilerek farklı düzeylerin özelliklerinin saptanabilmesidir (Fraenkel & Wallen, 2003). Yürütülen araştırmada yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin “atom ve molekül” olmak üzere aynı kavramlar üzerinde zihinsel modellerinin belirlenmesi hedeflendiğinden enlemesine araştırma metodu araştırmanın doğasına uygun bulunmuştur.

Çalışma Grubu

Araştırmanın katılımcı grubunu Giresun iline bağlı bir kurumda, ortaokul düzeyinde öğrenimine devam eden yedi ve sekizinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Yedinci sınıf seviyesinde 40 öğrenci olmak üzere 20 kadın ve 20 erkek öğrenci, sekizinci sınıf seviyesinde 40 öğrenci olmak üzere 20 kadın ve 20 erkek öğrenci ile toplamda 80 öğrenci ile araştırma gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin zihinsel modellerinin sınıf düzeyine bağlı olarak nasıl bir değişim sergileyeceğini görebilmek amacıyla yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin yer aldığı araştırmada amaçlı örnekleme yöntemi tercih edilmiştir (Şahin, 2009). Katılımcı grubunda yer alan öğrencilerin tümü gönüllülük esasına dayalı olarak belirlenmiş olup, araştırmanın etik kuralları çerçevesinde öğrencilere Ö₁, Ö₂, ... Ö₈₀ şeklinde kodlamalar verilmiştir.

Tablo 1*Katılımcı Grubunun Özellikleri*

Okul Türü	7. Sınıf	8. Sınıf
A Okulu	10 Kadın-10 Erkek	10 Kadın-10 Erkek
B Okulu	10 Kadın-10 Erkek	10 Kadın-10 Erkek
	N=40	N=40
Mülakata Katılım Sağlayan Öğrenci	3 Kadın-3 Erkek	3 Kadın-3 Erkek

Tablo 1 incelendiğinde katılımcı grubunda iki farklı sınıf kademesinin yer aldığı görülmektedir. Tabloya göre A okulunda yedinci sınıf seviyesinde 10 kadın ve 10 erkek öğrenci olmak üzere 20 öğrencinin, sekizinci sınıf seviyesinde 10 kadın ve 10 erkek öğrenci olmak üzere 20 öğrencinin yer aldığı anlaşılmaktadır. B okulunda ise yedinci sınıf seviyesinde 10 kadın ve 10 erkek öğrenci olmak üzere 20 öğrencinin, sekizinci sınıf seviyesinde ise 10 kadın ve 10 erkek öğrenci olmak üzere 20 öğrencinin yer aldığı görülmektedir. Üç boyutlu model çalışmasına katılım sağlayan toplamda 80 öğrenciden rastgele seçim sağlanarak her kademededen 6 öğrenci (3 Kadın-3 Erkek) seçilmek üzere 12 öğrenci ile mülakat yapılmıştır.

*Araştırmada A ve B okul kurumunun tercih edilme sebebi niteliğinde herhangi bir özel tutum bulunmamakla birlikte okul bünyesinde yeterli sayıda öğrenciye ulaşmak ve var olan öğrencilerin gönüllülük esaslı göz önünde tutulduğundan, her iki okulda kurumunda da uygulama yürütülmesi uygun bulunmuştur.

Veri Toplama Aracı

Araştırmadan elde edilen veriler, öğrencilerin üç boyutlu model çalışması ve mülakat sorularına verdikleri cevaplar aracılığıyla toplanmıştır. Veri toplama sürecinde üç boyutlu çalışma yapılması, öğrencilerin atom ve molekül kavramının yapısı, şekli ve büyüklüğünü boyutlandırması bakımından kolay olması ve kavramı somutlaştırırken inceleme fırsatı sunmasıdır (Güneş & Çelikler, 2010). Üç boyutlu model sürecini değerlendirmek için öğrencilerin sözel ifadelerini açığa çıkarmak ve süreci desteklemek için yarı yapılandırılmış mülakat soruları hazırlanmıştır. Yarı yapılandırılmış mülakat soruları araştırmacıların belirlediği anahtar sözcükler üzerinden hazırlanmıştır. Açık uçlu bir sorgulama süreci takip edilerek bilgi, öğrenme ve anlama düzeylerinin belirlenmesi için mülakat soruları önemli bir yere sahiptir (Karamustafaoğlu, Karamustafaoğlu & Yaman, 2005). Araştırmanın iç geçerliğini sağlamak adına üç fen bilimleri alan uzmanının görüşüne danışılmış ve mülakat soruları içeriğindeki 9 sorudan 4 soru çıkarılmıştır. Araştırma sorularının sınırlandırılmasındaki asıl sebep ise araştırma sürecinde sonda sorularına gerek duyulmamasıdır. Bu sebepten ötürü öğrencilerin atom ve molekül kavramını araştırma öncesinde bildiği varsayıldığından tanıma yönelik (Atom Nedir?, Molekül Nedir? gibi sorular) sorular akıştan çıkarılmıştır. Soruların uygulamaya hazır hale getirilmesi için 15 öğrenci ile pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma tamamlandıktan sonra yarı yapılandırılmış mülakat soruları değerlendirilmiştir ve son hali aşağıda sunulduğu gibi derlenmiştir:

1. Atomu zihninde nasıl canlandırıyorsun, neye benzetiyorsun? Atomun yapısına dair nasıl bir model kurguluyorsun?
2. Modelleme sürecinde atomun yapısı, şekli ve büyüklüğü ile ilgili hangi unsurlara dikkat ettin, nasıl bir model oluşturmak istedin? Neden bu modeli tercih ettin?
3. Molekülü zihninde nasıl canlandırıyorsun, neye benzetiyorsun? Molekülün yapısına dair nasıl bir model kurguluyorsun?
4. Modelleme sürecinde molekülün yapısı, şekli ve büyüklüğü ile ilgili hangi unsurlara dikkat ettin, nasıl bir model oluşturmak istedin? Neden bu modeli tercih ettin?

Verilerin Toplanması ve Analizi

Üç boyutlu model oluşturma sürecinde araştırmanın yürütücüleri (2 araştırmacı) yer alırken ayrıca süreci takip etme bakımından bir fen bilimleri alan uzmanı da araştırma sürecine dahil olmuştur. Model oluşturma süreci öncesinde malzeme seçimi yapılırken araştırmanın etik kuralları çerçevesinde birtakım sınırlandırmalar yapılmıştır (Malzemelerin kesici, yanıcı ve delici nitelikte olmaması hususunda uyarılarda bulunulmuştur).

Model oluşturma esnasında öğrencilere herhangi bir yönlendirme yapılmamakla birlikte öğrencilerin kendilerine özgü zihinsel imgeleri göz önünde bulundurulduğundan araştırma süreci yalnızca gözlenmiştir. Mülakat sürecinde ise her iki araştırmacı da farklı sınıf düzeylerinde veri toplanırken aynı anda bulunmuştur. Buna göre 2 haftalık süreç dahilinde model oluşturma sürecine dair yürütülen uygulama tamamlanırken bir haftalık süreç dahilinde ise mülakatlar yapılarak veri toplama işlemi tamamlanmıştır (Toplamda 12 ders saati).

Bu araştırmada elde edilen veriler içerik analizi tekniği ile çözümlenmiştir. İçerik analizinin temelinde toplanan verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşma amacı vardır (Yıldırım & Şimşek, 2011). Bu analiz tekniğinde ortaya çıkarılan kodlar ve kodlar arası benzerliklerin belirlenmesi ve kategorilendirilmesi söz konusudur. Analiz sürecinin başlangıç aşamasında ham veriler gözden geçirilmiştir ve araştırmacılar tarafından tek tek incelenerek sıralanmıştır. Bu işlemin etik kurallar dahilinde yapılmasının ardından alanında uzman olan kişilerin görüşleri dahilinde verilerin kodlama işlemi yapılmıştır. Son olarak her bir kodun kategori ve teması belirlenmiştir. Bu aşama farklı bir uzman tarafından yinelenerek kod-kategori ve temaların teyidi yapılmıştır ve araştırmacılar tarafından son bir değerlendirme yapılarak analiz süreci tamamlanmıştır.

Araştırmada geçerlik ve güvenilirliği sağlamak için inandırıcılık, aktarılabilirlik, tutarlık ve teyit edilebilirlik stratejileri kullanılmıştır (Shenton, 2004). İç geçerlilikle ilgili olan inandırıcılık için araştırma kapsamında öğrencilere sorulacak sorular için uzman görüşü esas alınmıştır. Aynı zamanda inandırıcılığı artırmak için öğrencilerden elde edilen görüşler bulgular kısmında doğrudan aktarılmıştır. Araştırmanın dış geçerliği ile ilgili olan aktarılabilirlik kapsamında veri toplama ve analiz süreci detaylı bir şekilde sunulmuştur. Araştırmanın tekrar edilebilirliği ve güvenilirliği ile ilgili olan tutarlılık (Lincoln & Guba, 2013) kapsamında elde edilen veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı yazıya dönüştürülmüş ve sonrasında ise araştırmacılar farklılık oluşan noktaları birlikte tartışarak ortak bir karar üzerinde uzlaşma sağlanmıştır. Güvenirliği hesaplamak için kodlayıcılar arası güvenirlilik formülü kullanılmaktadır ($\text{Güvenirlilik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}} \times 100$). Kodlayıcılar arası %80 ve üzeri güvenirlilik düzeyi iyi olarak kabul edilmektedir (Miles & Huberman, 1994). Araştırmada, her iki kodlayıcı arasındaki kodlamalar karşılaştırılmış ve iki kodlayıcı arasında 10 kod üzerinde görüş ayrılığı yaşanmıştır. Buna göre yapılan hesaplamada %82 oranında bir değer bulunmuştur. Hesaplama sonucunda kodlayıcılar arasında istenen güvenirlilik düzeyine ulaşıldığına karar verilmiştir.

Araştırmanın Etik İzinleri

Bu araştırmanın planlanması, uygulanması, verilerin toplanması ve verilerin analizine kadar gerçekleşen tüm süreçlerinde “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gereken tüm kurallarına titizlikle yaklaşım gösterilmiştir. Yönergenin ikinci bölümüne ait olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı adı altında belirtilen eylemlerin hiçbiri gerçekleştirilmemiştir (Öğrencilerin üç boyutlu model oluşturma sürecinde kesici, yanıcı, delici, patlayıcı hiçbir araç-gereç bulundurulmamıştır ve öğrencilerin, tehlike arz edecek durumlar ile karşı karşıya gelmesinden ciddiylet sakınılmıştır).

Bu araştırmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş olup, araştırma kapsamında elde edilen veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır ve bu araştırma herhangi bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Trabzon Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu

Etik değerlendirme karar tarihi: 15.03.2024

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: 2023-3/2.10

BULGULAR

Bu bölümde ortaokul yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin atom ve molekül kavramlarına ilişkin zihinsel modellerinin incelenmesi ve karşılaştırılması doğrultusunda her bir alt problemten elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

Ortaokul Öğrencilerinin Atom Kavramı ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Elde Edilen Bulgular

Ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin “Atom” kavramına yönelik üç boyutlu model çalışmasından ve yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen veriler tablo ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

Tablo 2

Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Atom Kavramına Yönelik Verileri

Kategoriler	Frekans	Frekans Yüzdesi	Katılımcı Kodları
Geometrik Şekil	9	%22,5	Ö ₁ Ö ₅ Ö ₁₅ Ö ₁₆ Ö ₂₀ Ö ₂₅ Ö ₂₉ Ö ₃₀ Ö ₃₄
Bilimsel Model	8	%20	Ö ₂ Ö ₄ Ö ₁₃ Ö ₁₇ Ö ₂₆ Ö ₂₇ Ö ₂₈ Ö ₃₈
Renkli Delikler	7	%17,5	Ö ₃ Ö ₁₄ Ö ₁₈ Ö ₁₉ Ö ₃₁ Ö ₃₅ Ö ₃₇
Halka	6	%15	Ö ₈ Ö ₉ Ö ₃₂ Ö ₃₃ Ö ₃₆ Ö ₃₉
Takım Yıldızları	4	%10	Ö ₆ Ö ₁₂ Ö ₂₄ Ö ₄₀
Bluetooth Ağları	3	%7,5	Ö ₇ Ö ₂₁ Ö ₂₂
Meyve Dilimi	2	%5	Ö ₁₁ Ö ₂₃
Örümcek Ağı	1	%2,5	Ö ₁₀

Tablo 2 incelendiğinde yedinci sınıf öğrencilerinin üç boyutlu model çalışmasından elde edilen verilere göre 8 farklı kategorinin oluştuğu görülmektedir. Kategoriler; geometrik şekil, bilimsel model, renkli delikler, halka, takım yıldızları, bluetooth ağları, meyve dilimi ve örümcek ağı şeklinde sıralanmıştır. Öğrencilere yöneltilen “Atomu zihninde nasıl canlandırıyorsun, neye benzetiyorsun? Atomun yapısına dair nasıl bir model kurguluyorsun? Modelleme sürecinde atomun yapısı, şekli ve büyüklüğü ile ilgili hangi unsurlara dikkat ettin, nasıl bir model oluşturmak istedin? Neden bu modeli tercih ettin?” sorularına yönelik elde edilen veri diyalogunun kısa bir kesiti sunulmuştur:

Ö₁: Zihnimde çekirdek etrafında elips şeklinde dönen elektronlar canlanıyor. Modelimde proton ve elektronların yerini belirleyebildim ancak nötronlar bunun neresinde kalıyor tam olarak ifade edemiyorum. Yanıldığımı model üzerinde görünce daha iyi algılayabildim. **(Geometrik Şekil)**

Ö₇: Zihnimde çekirdeği cevize benzettim. Çekirdek atomun beyni gibi. Cevizin yapısı da bir beyin gibi sonuçta. Çekirdeğin içerisinde proton ve nötron var. Dışında bluetooth dalgaları gibi katmanlar var. Bu yüzden modelimi dalgalara benzeyen azdan çoğa doğru genişleyen tellerden oluşturdum. **(Bluetooth Ağları)**

Ö₁₇: Bir tane bilim adamı vardı (+) ve (-) yüklü şeyleri üzümlü keke benzetmişti. O bilim adamının düşündüğü gibi canlandırıdım atomu. Elektronlar eksi yükli, protonlar ise artı yüklü birbirini eşitliyor. Ancak ne anlama geldiğini bilmiyorum. Modelimde renkli ponpon kullandım ve atom parçalarının ayırt edilmesini sağladım. **(Bilimsel Model)**

Ö₂₃: Atomu zihnimde meyveleri benzetiyorum. Mesela çileğin dışındaki tanecikler atom gibi. Veya limonu kestiğimizde içinde çekirdekleri var ayrıca dilimleri katman gibi duruyor. Üç boyutlu modelimi oluştururken çekirdeğin olmasına dikkat ettim. **(Meyve Dilimi)**

Ö₃₅: Atom kitaplarda renkli olduğundan atomun temel parçacıklarının renkli olduğunu düşünüyorum. Su gibi renksiz olmaz. Bu yüzden modelimi kendi etrafında sürekli dönen bir mekanizma olarak yapmaya çalıştım. Modelin üzerinde dönen elektronlar çok sayıda var. **(Renkli Delikler)**

Ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modellerine yönelik üç boyutlu model çalışmaları Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3’ te yer verilmiştir.

Şekil 1

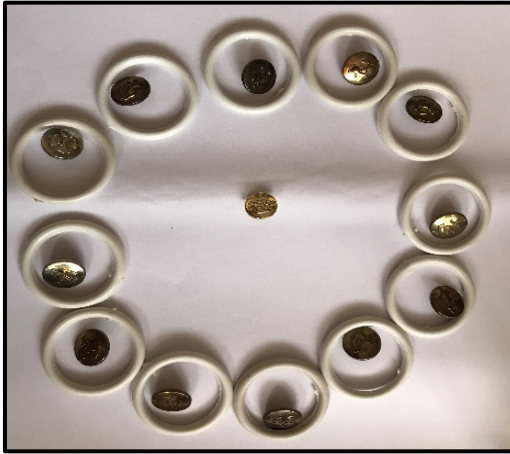
Renkli Delikler Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₃₅ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; mum ip, tahta boncuk, pul ve küçük plastik top kullandığı görülmektedir. Yedinci sınıf öğrencisi katmandan oluşan ve katman üzerinde elektronları olan bir model çalışması yapmıştır. Modelin ortasında pulların dağınık halde bulunduğu görülmektedir. Öğrenciye göre katmanların orta kısmında çekirdeği sembol eden bir yapı bulunmaktadır. Modele göre proton ve nötronun varlığının olup olmadığı belirsizdir.

Şekil 2

Halka Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₁₄ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; plastik halka ve metal düğmeler kullandığı anlaşılmaktadır. Yedinci sınıf öğrencisi zihninde canlandırdığı modelini; katmanların halka şeklinde dizildiği ve her bir halkanın içerisinde elektronlar yer alması şeklinde biçimlendirmiştir. Model ortasında ise çekirdek yer almıştır ancak proton ve nötrondan bahsedilmemiştir.

Şekil 3

Meyve Dilimi Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₂₃ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; oyun hamuru kullandığı görülmektedir. Yedinci sınıf öğrencisi zihninde limon dilimi ile atomun benzeştiğini modeline yansıtırken dilim halinde olan parçaların üzerindeki beyaz yuvarlakların çekirdeği temsil ettiği anlaşılmaktadır. Modelin üzerinde elektron, nötron ve proton parçacıkları yer almamıştır.

Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin “Atom” kavramına yönelik üç boyutlu model çalışmasından ve yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen veriler tablo ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

Tablo 3

Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Atom Kavramına Yönelik Verileri

Kategoriler	Frekans	Frekans Yüzdesi	Katılımcı Kodları
Geometrik Şekil	9	%22,5	Ö ₄₁ Ö ₄₄ Ö ₄₉ Ö ₅₅ Ö ₅₇ Ö ₆₄ Ö ₇₁ Ö ₇₅ Ö ₇₆
Bilimsel Model	8	%20	Ö ₄₅ Ö ₅₁ Ö ₅₈ Ö ₅₉ Ö ₆₅ Ö ₆₆ Ö ₇₂ Ö ₇₈
Bowling Topu	7	%17,5	Ö ₄₃ Ö ₄₆ Ö ₆₀ Ö ₆₇ Ö ₇₄ Ö ₇₇ Ö ₈₀
Renkli Küreseller	5	%12,5	Ö ₅₂ Ö ₄₇ Ö ₆₈ Ö ₇₀ Ö ₇₈
Gezegen Sistemi	4	%10	Ö ₅₀ Ö ₅₄ Ö ₆₃ Ö ₆₉
Ayçiçeği	3	%7,5	Ö ₅₃ Ö ₅₆ Ö ₇₃
Deniz Kabuğu	2	%5	Ö ₄₈ Ö ₆₂
Futbol Takım Amblemi	1	%2,5	Ö ₆₁
Omlet	1	%2,5	Ö ₄₂

Tablo 3 incelendiğinde sekizinci sınıf öğrencilerinin üç boyutlu model çalışmasından elde edilen verilerin 9 farklı kategori adı altında yer aldığı görülmektedir. Tabloya göre kategoriler; geometrik şekil, bilimsel model, bowling topu, renkli küreseller, gezegen sistemi, ayçiçeği, deniz kabuğu, futbol takım amblemi ve omlet şeklinde sıralanmıştır. Öğrencilere yöneltilen “Atomu zihninde nasıl canlandırıyorsun, neye benzetiyorsun? Atomun yapısına dair nasıl bir model kurguluyorsun? Modelleme sürecinde atomun yapısı, şekli ve büyüklüğü ile ilgili hangi unsurlara dikkat ettin, nasıl bir model oluşturmak istedin? Neden bu modeli tercih ettin?” sorularına yönelik elde edilen veri diyalogunun kısa bir kesiti sunulmuştur:

Ö₄₂: Atom yuvarlak küreseldir, pinpon topu da küresel o yüzden benzetmek için ideal bir araç. Atomun temel parçalarının farklı renkte olabileceği konusunda eminim. Ben elektronları yapmamıştım zihnimde yoktu, yani şimdi modele ekledim. Proton ve nötronlar farklı olduğu için ayrı renklerde yaptım. **(Renkli Küreseller)**

Ö₄₈: Atomu deniz kabuğu gibi düşünüyorum. Üç boyutlu model çalışmamda oyun hamurundan deniz kabuğu yaptım ve katmanlarında elektron dağılımını gösterdim. Çünkü ben ders kitaplarında anlatılan üç boyutlu modelle aynı olmasını istemiyorum. Ben de kendi kendime bir varsayım attım ortaya ve böyle bir model yaptım. **(Deniz Kabuğu)**

Ö₅₄: Zihnimde güneş sistemindeki gibi bir şey aklıma geldi ilk başta. Ama farklı renklerde. Atomun iç yapısında proton ve nötronlar yapışık halde bulunuyor ve bunlar hareketsiz. Modern atom teorisinde olduğu gibi elektronlar hareketli. **(Gezegen Sistemi)**

Ö₅₅: Elektronların sürekli hareket ettiği bir dairesel yapı diye kurguluyorum atomu. Çünkü gerçekte atomun zarı var. Oradan da esinlenerek bunu yaptım. Üç boyutlu model çalışmasında zihnimizde canlandırmak kolay ama modeli oluşturmak zor çünkü el becerisi gerektiriyor. **(Geometrik Şekil)**

Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modellerine yönelik üç boyutlu model çalışmaları Şekil 4 ve Şekil 5’ te yer verilmiştir.

Şekil 4*Deniz Kabuğu Modeli*

Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₄₈ kodlu öğrenci üç boyutlu model çalışmasında; oyun hamuru, plastik top ve boncuk kullanmıştır. Sekizinci sınıf öğrencisi hamurun üzerine dikey çizgiler ile katman şeklini vermiş ve modelin üst kısmına boncuklar ekleyerek elektronları göstermiştir. Modelin içinde duran plastik top ise çekirdek görevini almıştır. Çekirdeğin içerisinde proton ve nötron parçacığı yer almıştır (Çekirdeği temsil eden top dıştan bakıldığında tümsek şeklinde görülüyor).

Şekil 5*Takım Amblemi Modeli*

Yanda yer verilen görsel incelendiğinde Ö₆₁ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; oyun hamuru kullandığı görülmektedir. Öğrenci modelinde bir futbol takımının amblemini atomun iç yapısına benzettiğini, dışta duran yıldızların elektron olduğunu belirtmiştir. Modelin merkez kısmından içeriye doğru büyüyerek ilerleyen çemberlerin katman olduğu, ortada duran yaprağın ise çekirdeği temsil ettiği modele yansıtılmıştır.

Ortaokul Öğrencilerinin Molekül Kavramı ile İlgili Zihinsel Modellerine Yönelik Elde Edilen Bulgular

Ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin “Molekül” kavramına yönelik üç boyutlu model çalışmasından ve yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen veriler tablo ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

Tablo 4*Yedinci Sınıf Öğrencilerinin Molekül Kavramına Yönelik Verileri*

Kategoriler	Frekans	Frekans Yüzdesi	Katılımcı Kodları
Geometrik Şekil	9	%22,5	Ö ₂ Ö ₈ Ö ₁₀ Ö ₁₃ Ö ₁₆ Ö ₁₇ Ö ₁₉ Ö ₂₄ Ö ₃₀
Su Maymunu	7	%17,5	Ö ₃ Ö ₇ Ö ₁₅ Ö ₂₀ Ö ₂₉ Ö ₃₂ Ö ₃₆
Havai Fişek	7	%1,5	Ö ₉ Ö ₁₂ Ö ₁₄ Ö ₂₈ Ö ₂₁ Ö ₃₅ Ö ₄₀
Kozalak	6	%15	Ö ₁ Ö ₁₈ Ö ₂₃ Ö ₃₃ Ö ₃₇ Ö ₃₉
Sabun Köpüğü	4	%10	Ö ₆ Ö ₂₁ Ö ₂₂ Ö ₃₄
Çıngırak	3	%7,5	Ö ₄ Ö ₂₅ Ö ₃₈
Akciğer Alveolleri	2	%5	Ö ₁₁ Ö ₂₇
Ahtapot	2	%5	Ö ₅ Ö ₂₆

Tablo 4 incelendiğinde yedinci sınıf öğrencilerinin üç boyutlu model çalışmasından elde edilen verilerin 9 farklı kategori adı altında toplandığı görülmektedir. Tabloya göre kategoriler; geometrik şekil, su maymunu, havai fişek, kozalak, sabun köpüğü, çingirak, akciğer alveolleri ve ahtapot şeklinde sıralanmıştır. Öğrencilere yöneltilen “Molekülü zihninde nasıl canlandırıyorsun, neye benzetiyorsun? Molekülün yapısına dair nasıl bir model kurguluyorsun? Modelleme sürecinde molekülün yapısı, şekli ve büyüklüğü ile ilgili hangi unsurlara dikkat ettin, nasıl bir model oluşturmak istedin? Neden bu modeli tercih ettin?” sorusuna yönelik elde edilen veri diyalogunun kısa bir kesiti sunulmuştur:

Ö₇: Ben atomu su maymunu gibi çoğalan yuvarlaklar gibi düşündüm. Modelimde yumuşak içi dolu kürelerin bir araya gelmesiyle birlikte moleküller oluşturdum. Aynı cins atomlardan oluşanlar element molekülü, farklı cins atomlardan oluşanlar bileşik molekülünü temsil ediyor. Moleküllerin arasında boşluk bırakmadım, yapışık olduğunu düşünüyorum. **(Su Maymunu)**

Ö₁₇: Tek bir şey nasıl desem, şekilde gördüğünüz gibi çekirdeğe bağlı gibi böyle ... burada da elektronlar var. Şu an gazı yaptım. Gaz da mesafe birbirinden uzak ve kıvrımlı. Katıda birbirine çok yakın ve dik bir şekilde oluyordu. Yani aklımdakine göre sıvı da biraz ayrı yani böyle biraz açıklık var aralarında. Ortada bir çekirdek var. **(Geometrik Şekil)**

Ö₃₃: Molekül bir şeyin atomlardan oluşan bütünlüğüdür. Eğer üç boyutlu yaparsak katmanlarını ayarlayabiliriz. Ben kozalağın parçalarını gövde olarak düşündüm ve üzerine atoma benzeyen led ışığı koydum. **(Kozalak)**

Ö₃₅: Nötrler dönerken buradan hayali bir çizgi ile çekirdeğe doğru ilerliyor ve çekirdek ikiye ayrılıp proton ve elektrona dönüşüyor. Nötrler buradan döndükçe çoğalıyorlar ve hiç tükenmiyorlar. Moleküller tıpkı havai fişek gibi askıda kalıyor. ... Co elementinin molekülü CO dur. İki büyük harf yan yana geldiğinde ilgili elementin molekülünü oluşturuyor. **(Havai Fişek)**

Ortaokul yedinci sınıf öğrencilerinin molekül kavramı ile ilgili zihinsel modellerine yönelik üç boyutlu model çalışmaları Şekil 6 ve Şekil 7’ de yer verilmiştir.

Şekil 6

Kozalak Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₃₃ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; bir kozalak ve kablolu led ışık kullandığı görülmektedir. Yedinci sınıf öğrencisi element molekülünü modellerken led ışıkların üzerinde sarmal şekilde dolanan hasırların katman olduğunu ve içindeki ışığın çekirdek olduğunu belirtmiştir. Gövde görevinde yer alan kozalak ile atomların bitişik halde olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 7

Su Maymunu Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₇ kodlu öğrenci üç boyutlu model çalışmasında; ince kum ve suya konulunca hacimleri şişen bir kimyasal yapı kullanmıştır. Kimyasal yapılar kaygan olduğundan dolayı alt zeminde kum kullanılarak yuvarlak yapılar sabitlenmiştir. Yedinci sınıf öğrencisinin modelinde atomik ve moleküler yapı bileşiklerin modellendiği, element molekülünün aynı renkli yapıdan oluştuğu, bileşik molekülünün ise farklı renklerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Moleküllerin büyüklüğü eşit boyuttadır ve bitişik halde bulunmaktadır.

Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin “Molekül” kavramına yönelik üç boyutlu model çalışmasından ve mülakatlardan elde edilen veriler tablo ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

Tablo 5

Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Molekül Kavramına Yönelik Verileri

Kategoriler	Frekans	Frekans Yüzdesi	Katılımcı Kodları
Geometrik Şekil	10	%25	Ö ₄₂ Ö ₄₆ Ö ₄₉ Ö ₅₂ Ö ₅₄ Ö ₅₆ Ö ₅₈ Ö ₅₉ Ö ₆₄ Ö ₆₆
Turuncgil Ağacı	9	%22,5	Ö ₄₇ Ö ₄₈ Ö ₅₃ Ö ₅₇ Ö ₆₅ Ö ₆₇ Ö ₇₁ Ö ₇₂ Ö ₇₈
Emoji	8	%20	Ö ₄₃ Ö ₅₅ Ö ₆₀ Ö ₆₈ Ö ₇₀ Ö ₇₃ Ö ₇₄ Ö ₇₉
Damar Tabaka	6	%15	Ö ₄₁ Ö ₅₀ Ö ₆₃ Ö ₆₉ Ö ₇₅ Ö ₈₀
Üzüm Bağı	4	%10	Ö ₄₄ Ö ₆₂ Ö ₇₆ Ö ₇₇
Brokoli	2	%5	Ö ₅₁ Ö ₆₁
Halter	1	%2,5	Ö ₄₅

Tablo 5 incelendiğinde sekizinci sınıf öğrencilerinin üç boyutlu model çalışmasından elde edilen verilerin 7 farklı kategori adı altında toplandığı görülmektedir. Tabloya göre kategoriler; geometrik şekil, turuncgil ağacı, emoji, damar tabaka, üzüm bağı, brokoli ve halter şeklinde sıralanmıştır. Öğrencilere yöneltilen “Molekülü zihninde nasıl canlandırırıyorsun, neye benzetiyorsun? Molekülün yapısına dair nasıl bir model kurguluyorsun? Modelleme sürecinde molekülün yapısı, şekli ve büyüklüğü ile ilgili hangi unsurlara dikkat ettin, nasıl bir model oluşturmak istedin? Neden bu modeli tercih ettin?” sorusuna yönelik elde edilen veri diyalogunun kısa bir kesiti sunulmuştur:

Ö₄₂: Zihnimde pinpon topunu atom olarak düşündüm bunları birleştireceğiz ortaya molekül çıkacak. Molekülün yapısı dikdörtgen olmak zorunda değil her şekil olabilir üçgen de olabilir. Molekülleri bir arada tutabilsin diye aralarında uzantılar var. **(Geometrik Şekil)**

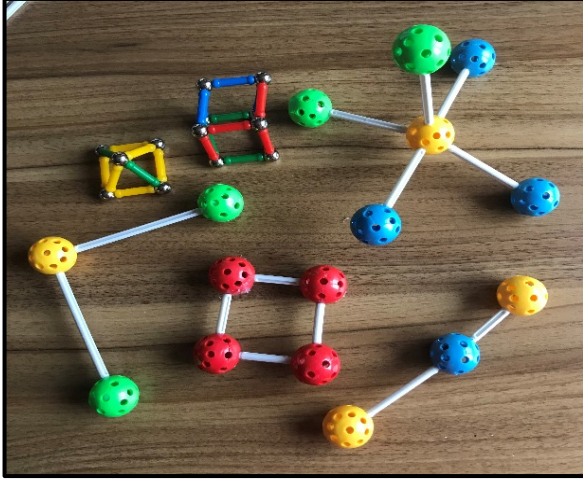
Ö₄₈: Molekül bir arada bulunan dairesel şekiller olarak geliyor aklıma. Portakal ağacı gibi mesela dallar ile portakallar bir arada duruyor tıpkı atomların bir araya gelince moleküller oluşturması gibi. **(Turuncgil Ağacı)**

Ö₅₅: Günlük hayatta telefon klavyelerinde kullandığımız emojielerin bir arada durması gibi geliyor aklıma. Emojiler halay çeken insanlar gibi birbirine tutunuyor, belirli bir grubu oluşturuyor bunlarda molekülü oluşturuyor. **(Emoji)**

Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin molekül kavramı ile ilgili zihinsel modellerine yönelik üç boyutlu model çalışmaları Şekil 8 ve Şekil 9’ da yer verilmiştir.

Şekil 8

Geometrik Şekil Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₄₂ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; renkli küresel toplar, plastik çubuk, demir bilye ve mıknatıslı plastik çubuk kullandığı görülmektedir. Sekizinci sınıf öğrencisi element molekülü ve bileşik molekülünü temsil eden modeller oluşturmuştur. Modeller kare, üçgen gibi şekillerden oluşmuştur. Modeller üzerinde renkli topların birleşiminde çubuklar kullanılmıştır. Atomu temsil eden demir bilyelerin arasında da mıknatıslı çubuklar yer almıştır.

Şekil 9

Emoji Modeli



Yanda sunulan görsel incelendiğinde Ö₅₅ kodlu öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında; tahta çubuk ve yuvarlak yapışkanlar kullandığı anlaşılmaktadır. Sekizinci sınıf öğrencisi molekülü oluşturan atom yapılarının yuvarlak olduğunu modeline yansıtırken atomları bir arada tutan uzunlukların olduğunu model üzerinde belirtmiştir. Molekül modellerinin bileşik ya da elementi temsil ettiği hakkında yorumsuz kalmıştır. Ayrıca molekülü oluşturan atomların büyüklüğü aynı ebattadır.

Ortaokul Öğrencilerinin Atom ve Molekül Kavramına Yönelik Zihinsel Modellerinin Karşılaştırılması

Araştırma grubu içerisinde yer alan öğrencilerin atom kavramına yönelik görüşlerinin sınıf düzeyi değişkenine göre kavramsal açıdan karşılaştırılması aşağıda yer verilen Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6

Atom Kavramına Yönelik Tüm Sınıflara Ait Veriler

Yedinci Sınıf		Sekizinci Sınıf	
Kategori	Frekans	Kategori	Frekans
Geometrik Şekil	%22,5	Geometrik şekil	%22,5
Bilimsel Model	%20	Bilimsel model	%20
Renkli Delikler	%17,5	Bowling topu	%17,5
Halka	%15	Renkli küreseller	%12,5

Tablo 6 (Devam)

Yedinci Sınıf		Sekizinci Sınıf	
Kategori	Frekans	Kategori	Frekans
Takım Yıldızları	%10	Gezegen sistemi	%10
Bluetooth Ağları	%7,5	Ayçiçeği	%7,5
Meyve Dilimi	%5	Deniz Kabuğu	%5
Örümcek Ağı	%2,5	Futbol takım amblemi	%2,5
		Omlet	%2,5

Tablo 6 incelendiğinde atom kavramına ait zihinsel modellerin gelişimsel olarak incelenmesinde her iki sınıf düzeyinden toplamda 17 kategori elde edildiği görülmektedir. Tabloya göre yedinci sınıf düzeyinde 8 kategori, sekizinci sınıf düzeyinde 9 kategori yer alırken, geometrik şekil ve bilimsel model kategorisinin her iki sınıf düzeyinde ortak kategoride yer aldığı anlaşılmaktadır. Tabloda her iki ortak kategorinin diğer kategorilere göre yüksek ve aynı frekans ($f=42,5$) değerinde olduğu görülmektedir.

Araştırma grubu içerisinde yer alan öğrencilerin molekül kavramına yönelik görüşlerinin sınıf düzeyi değişkenine göre kavramsal açıdan karşılaştırılması aşağıda yer verilen Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7

Molekül Kavramına Yönelik Tüm Sınıflara Ait Veriler

Yedinci Sınıf		Sekizinci Sınıf	
Kategori	Frekans	Kategori	Frekans
Geometrik Şekil	%22,5	Geometrik Şekil	%25
Su Maymunu	%17,5	Turuncgil Ağacı	%22,5
Havai Fişek	%1,5	Emoji	%20
Kozalak	%15	Damar Tabaka	%15
Sabun Köpüğü	%10	Üzüm Bağı	%10
Çıngırak	%7,5	Brokoli	%5
Akciğer Alveolleri	%5	Halter	%2,5
Ahtapot	%5		

Tablo 7 incelendiğinde molekül kavramına ait zihinsel modellerin gelişimsel olarak incelenmesinde her iki sınıf düzeyinden 15 tane kategori elde edildiği görülmektedir. Tabloya göre yedinci sınıf düzeyinde 8 kategori, sekizinci sınıf düzeyinde 7 kategori yer alırken, geometrik şekil kategorisi her iki sınıf düzeyinde ortak kategoride yer almaktadır. Tabloda molekül kavramına ilişkin geometrik şekil kategorisine yönelik zihinsel modele sahip olan öğrencilerin daha fazla olduğu görülürken, sekizinci sınıf öğrencilerinin frekans değerinin ($f=25$) yedinci sınıf frekans değerine ($f=22,5$) göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmanın tartışma ve sonuç bölümü; araştırma kapsamında sınıf düzeyi faktörüyle ele alınan ortaokul yedi ve sekizinci sınıf öğrencileri ile atom ve molekül kavramlarına yönelik zihinsel modelleri dikkate alınarak ilgili başlıklar halinde literatür çalışmaları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Yedinci sınıf öğrencilerinin atom kavramına dair elde edilen üç boyutlu model çalışmalarından anlaşıldığı üzere, öğrencilerin zihinlerinde canlandırdıkları modellerin içeriğinde elektron parçacığının özellikle vurgulandığı ve mülakat sürecinde sıklıkla bahsedildiği tespit edilirken bilhassa da nötron parçacığı hakkında yorumsuz kalındığına tanık olunmuştur. Bu tespit edilen durum aynı zamanda çelişkili bir hususu ortaya koymuştur. Bazı öğrencilerin mülakat sürecinde atoma dair kullandıkları ifadelerde nötron ve proton parçacıklarından az da olsa bahsetmesi ile model üzerinde gösterme eğilimine yönelik çekimser davranması tezatlık oluşturmıştır. Bu bulgu zihinsel model belirleme sürecinde sözel ifadelerin öğrenme üzerindeki yetersizliğini ortaya koyarken, üç boyutlu modellerin öğrencileri gerçek durum ile karşılaştırma hususunda daha somut çıktı sunduğunu kanıtlar nitelikte olmuştur. Bir diğer yandan atomun temel parçacıklarının yerinin karıştırılması bazı öğrencilerde kavram yanılgısı olduğu yönünde şüphe uyandırmıştır. Üç boyutlu model oluşturma sürecinde atomun temel parçacıklarına dair kavram yanılgısı yaşayan Ö₁ kodlu öğrencinin yanılgısını model aracılığıyla algılaması modeli, bu yanılgılardan kurtarabilen bir araç olarak benimsediğini

ortaya koyarken bulguya yapılan yorumu da ayrıca güçlendirmiştir. Literatürde yer alan bazı çalışmalar, atomun temel parçacıklarına dair çarpıcı sonuçlar elde etmiştir. Cokelez ve Dumon (2005) öğrencilerin atom ve molekül konusunda kavram yanlışlarını inceleyen bir çalışmada, öğrenciler atom ve molekül kavramlarını, temel parçacıkları olan proton-nötron, nötron-elektron, iyon-yüklü parçacık gibi betimlediklerinden, araştırmada bu parçacıkların birbiri ile karıştırıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Literatür çalışmasında tespit edilen durum yürütülen bu araştırmanın bulgusu ile benzerlik gösterirken, atomun her üç parçacığından birinin bahsedilmemesi üç boyutlu model çalışmalarında belirgin bir şekilde göze çarpmıştır. Literatürde yürütülen diğer çalışmalarda ise üç boyutlu modelin kavram yanlışlarını tespit etme ve bu yanlışların giderilmesinde yardımcı bir araç olduğundan bahsedilmesi (Demircioğlu, Altuntaş-Aydın & Demircioğlu, 2012; Ergün, 2013) bu araştırmanın ilgili bulgusunu destekler niteliktedir. Literatürde atomun yapısını çizim tekniği gibi tek boyutta ele alan çalışmaların, öğrencilerin gözünden atomun yapısını ortaya çıkarabilme sürecinde verimli bir sonuca ulaşamadıkları aşikardır (Ormancı & Balım, 2014; Şahin, 2016). Bu bağlamda hem bu çalışmanın bulguları hem de ilgili literatür çalışmaları atom kavramına dair zihinsel model belirleme sürecinde, zihinsel modelin atomun temel parçacıkları ile ilgili kavram yanlışlarını belirlediği sonucuna ulaşırken, bu çalışmanın bulguları zihinsel modeli sözel olarak ifade etme veya çizim tekniği gibi tek boyutta ele alan yöntem-tekniklerin yerine zihinsel modelleri simgeleyen üç boyutlu model çalışmalarına gerek olduğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Yedinci sınıf öğrencilerinin atoma dair üç boyutlu modellerinden elde edilen bir diğer kategoride ise dikkat çeken bir bulguya rastlanmıştır. Atom kavramını zihninde renkli delikler şeklinde canlandıran bir öğrencinin üç boyutlu model çalışmasında (Bkz Şekil 1) atomun temel parçacıklarını ayrı renkler ile şekillendirdiğine tanık olunmuştur. Ayrıca ilgili tabloda atomun yapısının renkli olabileceğini ifade eden farklı öğrencilerin olduğu da bulgular arasındadır. Bu tespit edilen bulgu atomun gösterimindeki bazı olumsuz durumların varlığını ortaya koyarken; öğrenci iletişimi sağlanırken tercih edilen akademik dil, görsel kaynaklar ve sosyal ağlarda kavram yanlışını oluşturacak video içerikleri gibi faktörler durumun kaynağına etken olabileceği yönünde çıkarım sağlamıştır. Atom denildiğinde üstünkörü bir elips çizilmesi zihinde dairesel bir yapının oluşması ve internet ağlarında yıllardır değişmeyen atom örneklerinin öğrencilere öğretici niteliğinde sunulması, öğrencilere standart bir bakış açısı sunarken yanlış öğrenmelerine sebebiyet oluşturan durumun kartopu gibi ilerlemesini de maalesef ki negatif yönde ivmelendirmektedir. Literatürde yer alan bir çalışmada (Bilge, 2017) yedinci sınıf öğrencilerinin atom ve molekül kavramına dair zihinsel model belirlenmesi sürecinde üç boyutlu model çalışması yürütülmüş ve öğrencilerin renk unsuru ile ilgili kavram yanlışları içerisinde oldukları tespit edilmiştir. Literatür çalışmasında elde edilen sonuç, bu çalışmanın bulgusunu destekler niteliktedir. Ayrıca geçmişten günümüze yürütülen bazı araştırma sonuçları da atoma dair ifadelerde, renk unsurunun kavram yanlışına yol açtığından önemle bahsetmektedir (Bilge & Bahçeci, 2017; Harrison & Treagust, 2000b; Yalçın, 2011; Yeğnidemir, 2000). Bu anlamda elde edilen bulgular doğrultusunda kavram öğretimi sürecinde zihinsel model belirlenmesinin eksik öğrenmelere engel olabileceği gerçeği apaçık ortadadır.

Atoma dair zihinsel modelini bilimsel model çerçevesinde ele alan bir yedinci sınıf öğrencisinin, Thomson atom modelinden etkilendiği saptanmıştır. Bahsi geçen öğrenci, zihinsel modelini üzümlü kek şeklinde dile getirdiğinden, modern atom teorisinden uzaklaştığını bu bulgu ile göstermiştir. Bu durumun ortaya çıkmasındaki temel sebebi, ders ortamında edinilen bilgilere yordamak pek de zor olmayacaktır. Nihayetinde atom modeli cetvelinde her bir modelin güncellenerek bilimsel modellere son halinin verildiği, diğer modellerin ise geçerliliğini yitirdiğinin vurgulanması gerekirken maalesef ki öğrencilerin zihinlerinde bilgi kirliliğinden öteye gidilememiştir. İlgili durumu simgeleyen benzer bulgulara literatürde rastlamak mümkün görünmektedir. Öyle ki; ortaokul öğrencilerinin atomik yapı ile ilgili zihinsel modellerinin belirlenmesi üzerine yürütülen bir araştırmada, öğrencilerin zihinsel modellerinin tutarlı olmadığı ve en fazla tutarsızlığın Bohr atom modelinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Zarkadis, Papageorgiou & Stamovlasis, 2017) başka bir çalışmada ise ortaöğretim seviyesindeki öğrencilerin atoma dair zihinsel modelini Rutherford atom modeline göre tanımladıkları saptanmıştır (Sarıdaş & Ünsal, 2020). Geçmişte eğitimcilerin, ortaokul seviyesinde bulunan öğrencilere atomun yapısı ile ilgili ilk ifadelerinde basitçe “*Güneş sistemi modeli*” ya da “*Medyatik model*” gibi ifadelerle yer vermesi, öğrencilerin zihinsel modellerinde gerçek atomdan farklı bir yapılanma oluşturmalarının sebebi niteliğindedir (Yıldız, 2006). Araştırma bulgusu doğrultusunda güncelini koruyan bu sorun, öğretmenlerin yanlış ifadelerinin sorgulanmasının ihtiyaçtan daha çok zorunluluk olduğunu ortaya koymuştur. Üstelik hem ortaokul hem de ortaöğretim seviyesinde atom ve molekül yapısının usulüne uygun şekilde öğretilmesine yönelik henüz yanıtlanamayan sayısız sorular ve eleştirilerin var olduğu gündemini korurken, geçmişte de benzer sorunların literatüre yansması (Gillespie, 1991; Hawkes, 1992;

Shiland, 1995; Tsaparlis, 2002) fen bilimleri alan bilgisine yönelik öğretim yetersizliği ile ilgili tespit edilen problemin her dönem aynı olmasını ve değişmezliğini kaçınılmaz kılmaktadır.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modellerini simgeleyen kategorilerin arasında yer alan renkli küresel kategorisi, araştırma kapsamında tespit edilen benzer durumların ispatı niteliğindedir. Öyle ki; model üzerinde atomun temel parçacıkları arasındaki farkın renkten kaynaklanabileceğini ifade eden öğrencilerin olması zihinsel model belirleme sürecinde kavram yanlışlarının ortaya çıkabileceğini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Hem öğrenci ifadeleri hem de oluşturulan üç boyutlu model örneği atomun temel parçacıklarının eksik öğrenildiğini gösterirken öğrencileri yanılgıya düşüren faktörlerin okul ders araç gereçleri gibi yardımcı kaynakların olabileceği ihtimalini güçlendirmiştir. Nihayetinde LGS'ye hazırlanan öğrencilerin bulundukları döneme bakıldığında; atomun yapısının renkli olabileceğini test usulü kitaplarda yer alan görsellerden dolayı zihinsel düşüncelerine kodlayabilecekleri, rahatlıkla ifade edilebilir. Ayrıca yedinci sınıf kademesinden bir üst sınıf kademeye geçildiği süreçte atoma dair tespit edilen yanlışların benzerliğini koruması, sınıf seviyesi ilerledikçe öğrencilerin ön öğrenmelerindeki bilgi kirliliğinin düzeltilmediği sürece üst kademelerde de yerini koruduğunu göstermektedir. Literatür çalışmasında, öğrencilerin atom ve moleküle dair kavram yanlışsı içerisinde oldukları dile getirilirken (Kılıçoğlu, 2019) özellikle ortaokul çağındaki öğrencilerin soyut özelliğinden dolayı kavramları algılayıp öğrenmekte ve somut hale getirmekte zorlandıklarından, ileriki öğrenimlerinde de devam edecek bu durumun ve ilgili fen bilimleri konularını da etkileyebileceği, fen bilimleri eğitiminde öğrenilecek olan kavramların öğrencilerin doğru şekilde anlamlandırmaları için doğru yöntem, teknik ve öğretim araçları kullanılmasının gerekliliğinden bahsedilmiştir (İnce & Çelikler, 2021). Literatür çalışmaları yürütülen araştırmanın bulgularını bu yönüyle desteklemektedir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin bulguları arasında, üç boyutlu model çalışma sürecinde atomun boyutu ile ilgili yapılandırma sorunu yaşamaları göze çarpmıştır. Zihinsel düşüncelerinde elektronun varlığını düzlemsel olarak ele alan bazı öğrenciler üç boyut oluşturma sürecinde zorlandıkları tespit edilmiştir. Bu zorlanmaları elektronların yörüngedeki gelişigüzel şekilde yer almalarına bağlamak mümkündür. Ayrıca aynı bulgu, Ö₅₅ kodlu öğrencinin -üç boyutu canlandırmak kolay fakat oluşturmak zor- ifadesi ile zihinsel model oluşturma sürecinde üç boyutlu düşünme yeteneğini pratiğe dökmenin sınırlayıcı bir faktör olabileceğini gözler önüne sermiştir. Hatırda tutulan bilgiler ile yeni bilgiyi yorumlayabilmek, ezber ile bilginin zihinde kalıcılığını sağlamanın ardından algılanan bilgi doğrultusunda zihinsel modelini oluşturmak (Güneş, vd. 2004) her ne kadar kolay gibi görünse de üç boyutlu düşünme yeteneğini geliştirebilmek ve öğrenme üzerine katkısını sağlamak adına fen bilimleri dersinde model oluşturma etkinliklerinin sıklığının artırılması gerekmektedir. Nitekim son güncellenen fen bilimleri öğretim programına göre (MEB, 2024) doğrudan gözlemlenemeyen olayların uygun görsel, model, animasyon ve simülasyon gibi dijital içeriklerin öğrenme ortamlarına dâhil edilmesinin sağlanması ve kavramsal içerikle bütünleştirilen model oluşturma sürecinin bilimsel sorgulama ve mühendislik tasarım döngüsü dikkate alınarak, güncel öğretim yaklaşım ve yöntemleri ile zenginleştirilmesi öğrencilerin farklılaştırılmış öğretim ihtiyaçlarını giderecektir. Alana özgü beceriler arasında yer alan -model oluşturma becerileri- ifadesinin öğrenci kazanımları içeriğinde üç boyutlu modele dönüştürülme yeteneğinin gelişimine özellikle yedi ve sekizinci sınıf düzeyinde vurgulandığı göze çarparken (MEB, 2018) bu hususların üçüncü sınıf düzeyinde de gereksinim doğurması (MEB, 2024) ve yeniden ele alınması model yoluyla öğretimin önemini korumuştur.

Yedinci sınıf öğrencilerinin molekül kavramına yönelik zihinsel modellerinden elde edilen bulguların genelinde öğrencilerin atomların bir araya gelmesiyle oluşan bir yapıyı moleküle benzettikleri tespit edilmiştir. Ancak mülakat sürecinde molekül kavramını geometrik şekil olarak canlandıran bir öğrencinin molekülü maddenin üç hali (katı, sıvı ve gaz) şeklinde betimlediği, atom taneciklerinin hal değişim sırasındaki konumlarını moleküle benzettiği saptanmıştır. Bir başka bulgu da ise molekülü su maymunu şekline benzeten öğrencinin (Bkz Şekil 7), üç boyutlu model çalışmasında atomik yapılı bileşik ve moleküler yapılı bileşiği karıştırdığına tanık olunurken, ilgili molekülü oluşturan atom cinsinin büyüklüğünü dikkate almadığı ve ortaya konan modellerde farklılaşmaya gitmediği görülmüştür. Elde edilen bulgular öğrencilerin tanım düzeyinde edindikleri bilgileri uygulama sürecine gelişigüzel aktardıklarını göstermiştir. Öyle ki zihinsel modelini havai fişeğe benzeten Ö₃₅ kodlu öğrenci üç boyutlu modeli için CO (Karbonmonoksit) bileşiği ve Co (Kobalt) elementine yönelik ifadesinde -iki büyük harf yan yana gelmesiyle birlikte ilgili elementin molekülü oluşuyor- şeklinde açıklaması, yapılan bu yorumu güçlendirmektedir. Oysaki CO bir bileşik molekül türüdür ancak Co elementinin molekülü değildir. Araştırmanın bulgularına dayanarak zihinsel modellerin alan bilgisi konusunda öğrencilerin anlamlı öğrenmesini perdeleyen yönlerini ortaya çıkarmada ve zihinsel süreçlerinde beliren yanlış

öğrenmeleri tespit etme de yardımcı olabileceğini söylemek pek de yanlış olmayacaktır. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda zihinsel modelin öğretilen konunun azlık/çokluk miktarı hakkında ölçüt sunabileceğinden bahsedilmesi (Çiltaş & Işık, 2012; Kurnaz & Değirmenci, 2012; Yüzbaşıoğlu, 2015) araştırma bulgusunu bu yönüyle desteklemektedir.

Sekizinci sınıf öğrencilerinin molekül kavramına yönelik zihinsel model örneklerinden (turuncgil ağacı, üzüm bağı, damar tabaka) anlaşılacağı üzere araştırma kapsamında yer alan çoğu öğrenci molekülün yapısını atomların arasındaki bağların varlığına göre gruplandırıyor olabileceği yönünde çıkarım yaptırmıştır. Öğrencilerin oluşturdukları üç boyutlu model örneklerinde kürdan, çubuk, tel gibi bağlamsal materyallerin yuvarlak bir yapıya entegre edilmesi, araştırmacılara bu yorumu yaptırmıştır. Öğrenci bulgularında tespit edilen bu durum öğrencilerin moleküler ve atomik yapıyı ayırt edemedikleri sonucunu doğurmuştur. Oysaki basit şeker gibi atomik yapıyla bileşiklerin arasında da bağ yapısının olabileceği söz konusu iken, 9. sınıf öğretim programına dahil edilen kimyasal bağ türlerini (2013 yılı öğretim programında 7 ve 8. sınıf düzeyinde yer almaktadır) bu yaş seviyesinde farklı şekilde yorumlamalarını, öğretim programı içeriğindeki konuların hafifletilmesine bağlamak mümkündür. Araştırma kapsamında tespit edilen bu durum literatür çalışmalarında ciddi sonuçlar vermiştir. Öyle ki; zihinsel modellerin geçmiş öğrenmelerin etkisi altında kaldığını öne süren bazı çalışmalar (Nakipoğlu, 2019; Nakipoğlu & Yıldırım, 2020) her ne kadar öğrenmenin öğretim ile değişebileceği gerçeği yadsınamaz bir unsur olsa da ilk öğrenmeler zihinsel modeller üzerinde önemli bir etkidir ve kimi zaman değişime direnç gösterebilir, şeklinde açıklık getirmiştir (Taber, 2003). İlgili çalışmalar (Nakipoğlu, 2019; Nakipoğlu & Yıldırım, 2020) öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki öğrenme eksikliklerinin ortaöğretim düzeyinde devam edeceğini hatta üniversite düzeyine gelindiğinde ise bu eksikliklerin kolay yolla giderilemeyeceğini önemle vurgulamıştır. Bu bağlamda kimyasal bağlar konusunda yaşanan öğrenme ihtiyacının öğrenciler üzerinde gözle görülür derecede hissedilmesi, fen bilimleri öğretim programının bu bakış açısı altında gözden geçirilmesini kaçınılmaz kılmaktadır.

Tablo 6 incelendiğinde yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin atom kavramına dair zihinsel modellerinin sadece geometrik şekil ve bilimsel model kodunda farklılaşması göze çarpmıştır. Ancak her iki sınıf düzeyinin zihinsel modelini temsil eden geometrik şekil modeli incelendiğinde; sekizinci sınıf öğrencilerinin proton parçacığından daha fazla bahsettiği, yedinci sınıf öğrencilerinin ise elektron parçacığını daha fazla dile getirdiği fark edilmiştir. Sekizinci sınıf öğrencilerinin “Periyodik sistemde, grup ve periyotların nasıl oluşturulduğunu açıkla” (MEB, 2018) kazanımında atom numarası ile periyot grup bulma durumlarını benimsediğinden proton parçacığını ön plana çıkardığı, yedinci sınıf öğrencilerinin ise elektron bulutu ve katman kavramlarından etkilenmesi sonucu model üzerinde elektronun yerini ve varlığını gösterme eğiliminde olabilecekleri çıkarımı yapılmıştır. Yedinci sınıf öğrencilerinin elektron parçacığını daha fazla dile getirmelerinin altında yatan diğer önemli sebebin; ders ortamında geçmişten günümüze bilimsel modellerin dönüşümlerine değinirken, elektronların yeri ve olup/olmamasına göre değişim evresinin sıklıkla tekrar edilmesine bağlamak mümkün gibi durmaktadır. Tespit edilen durumlar öğrenci gelişiminin öğretim programındaki kazanımlarına göre şekillenebileceğinin sonucunu doğurmaktadır.

Tablo 7 incelendiğinde yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin molekül kavramına dair zihinsel modelini simgeleyen geometrik şekil kategorisine göre ortak kodda birleştiği görülmesine rağmen; yedinci sınıf öğrencilerinin üç boyutlu model çalışmasında molekül parçalarını, kendisini oluşturan yapıya bitişik halde iç içe yapılandırması, sekizinci sınıf öğrencilerinin ise molekülü oluşturan kısımlarda belirli uzunlukları simgeleyen malzemeleri tercih etmesi dikkat çekmiştir. İki öğrenci kademesi arasındaki bu farklılaşma sınıf seviyesi ilerledikçe uzamsal düşünme yeteneklerinin gelişim düzeylerine göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymuştur. Bu farklılaşma araştırmanın seyri açısından olumlu gibi görülmeye yedinci sınıf düzeyinde atom ve molekülü oluşturan bağların varlığının yok sayılması, sekizinci sınıf seviyesinde ise atomların arasındaki bağın yok sayılması ve sadece molekülü oluşturan bağların varlığının modellere yansıtılması, eksik öğrenmelere sebebiyet oluşturmaktadır. Öyle ki Bilge (2017) tarafından yürütülen bir çalışmada, yedinci sınıf öğrencilerinin atom ve molekül kavramına dair zihinsel modellerini üç boyutlu modellerine yansıtırken, öğrencilerin atom ve molekül arasındaki bağlardan bahsettiği bulgularda yerini almıştır. Literatür çalışmasındaki bahsi geçen bulgular, öğrencilerin zihinsel modellerini daha zengin içerikli ifadelerle betimlediğini ve üç boyutlu modellerin temsili olan nesneye daha yakın gerçek olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda yedinci sınıftaki eksik öğrenmelerin sekizinci sınıf düzeyini derinden etkilediğini göstermiştir. Bu bağlamda araştırma kapsamında sıkça dile getirildiği üzere öğretim programının hafifletilmesinin bir diğer sınıf düzeyini olumsuz etkileyeceğini öngörmek çok zor bir durum değildir.

Ortaokul yedi ve sekizinci sınıf kademe öğrencilerinin atom ve molekül kavramlarıyla ilgili zihinsel modellerinin belirlenmesi ve sınıf düzeyi bağlamında bu modellerin karşılaştırılması amacıyla üç boyutlu modeller üzerinden değerlendirmeler yapılan çalışmada; zihinsel model belirlenmesinin kavram öğretimi sürecinde belirleyici faktör olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca öğrencilerin zihinsel modellerinin üç boyutlu modele aktarımında geçirilen sürecin öğrenci deneyimine katkısı ve öğrenci düzeylerinin gelişimi üzerinden değerlendirme olanağı sunması açısından model ve modelleme sürecine dair yürütülen tüm etkinliklerin fen bilimleri alanına katkıda bulunacağına inanılmaktadır. İçeriği gereği soyut özellik gösteren kavramların somutlaştırılması için kullanılan modellerin öğrenme sürecini kolaylaştıracağı muhakkaktır (Güneş & Çelikler, 2010). Son olarak modeller; karmaşık yapı ve fikirleri sadeleştirerek anlaşılır kılması, duyu organları ile algılanmayan cisim, araç ve eylemleri algılanabilir hale büründürmesi, sınıf ortamına taşınamayan olguları inceleme şansı sunması, öğretmenlerin soyut düşüncüyü açıklamasına yardım ederek kavramın anlaşılabilirliğini artırması, zaman ve sözcük grubundan azami derecede yararlanılmasına olanak yaratması, eğitime canlılık katması, üzerinde çalışılacak olayların fikir, işlem ve süreçlerin sıralı bir şekilde gözlenmesini sağlaması, öğrencilerin ilgisini çekerek konunun öğretilmek istenen kısmına yoğunlaştırması, öğrenme isteğini güdülemesi, öğretilen konu üzerinde uygulama şansı sunarak öğrencilerin sürece dahil olmalarına katkı sağladığından, fen bilimleri eğitiminde rolünün ve öneminin büyük olduğu bir gerçektir (Düşkün & İnal, 2015).

ÖNERİLER

1. Araştırma kapsamında öğrencileri atomun temel parçacıklarına yönelik kavram yanlışlarına sürükleyen faktörlerin arasında akademik dil, görsel kaynaklar ve sosyal ağlardaki video içerikleri gibi yardımcı kaynakların yer alması, kavram öğretimi öncesinde yardımcı kaynakların yeterliliğinin araştırılması ve kontrolünün sağlanmasını gerekli kılmaktadır.

2. Sekizinci sınıf öğrencilerinin atom kavramının yapısını modellediği süreç öğrencilerin üç boyutlu düşünme ve uzamsal becerilerinin gelişimine kolaylık sağladığından, fen bilimleri öğretim programında üç boyutlu modele dönüştürme niteliğindeki tüm öğrenci kazanımlarına uygun etkinliklerin artırılması önerilebilir.

3. Yedi ve sekizinci sınıf öğrencilerinin molekül kavramına dair zihinsel modellerini temsil eden üç boyutlu modelleri molekül kavramını eksik ya da yanlış öğrendiklerini açığa çıkardığından, bir üst sınıfa bağlam kurulan kavram ve konuların daha iyi anlaşılabilmesi adına öğretmenlerin dönem başında öğrencilerin hazırbulunuşluklarını ve ön öğrenmelerini tespit etmek için tanıma amaçlı ölçme değerlendirme araçlarını kullanmaları tavsiye edilebilir.

4. Araştırma kapsamında öğrencilerin alan bilgisinin azlık çokluk miktarını belirleme sürecinde zihinsel model belirleyici unsur görevini üstlendiğinden öğretmenler, öğrencilere süreç (biçimlendirici) değerlendirmesi yaparken test, yazılı ya da sözel bilgilerine başvurmak yerine zihinsel modellerini açığa çıkaran etkinlikler yürütmeleri öğrenciler açısından yarar sağlayacaktır.

5. Atom ve molekül kavramlarının alt-üst sınıf seviyesi bağlamında öğrencilerin öğrenmesi üzerindeki rolünü derinden etkilemesi araştırmaya yön verdiğinden, öğretim programındaki revize etme çalışmalarının sadece belirlenen sınıf düzeyine odaklanmalarının gerekliliğini ve öğrenci kazanımlarının alt-üst sınıf seviyesine uygun olacak şekilde biçimlendirmelerini önemli kılmaktadır.

6. Ortaokul seviyesi öğrencileri akran grubu niteliğinin iletişimsel yönüne olumlu aktarım sağladığı için öğrencilerin eksikliklerini gidererek birbiri üzerinden öğrenme becerisinin gelişimine katkı sağlayan ortamların yaratılması, yürütülen bu araştırmaya nazaran grup çalışması şeklinde uygulanması, araştırmacılara farklı bir bakış açısı kazandırma bakımından önemli görülebilir.

7. Literatüre katkı sağlayacak ileriye yönelik olan araştırmalar için; güncel fen bilimleri öğretim programında “Bir kavramın modelini oluşturur” ilişkili kazanımlar üzerinden yıl sonu bilim şenliği sürecinde sunum yapılması koşuluyla modelleme çalışmalarının sıklığının artırılması önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Akıllı, M. (2011). *Fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğrencilerine "Atomun yapısı" konusunun 3D modelleri yardımıyla öğretimi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Akyol, D. (2009). *Fen alanlarında öğrenim gören üniversite öğrencilerinin zihinlerindeki atom modellerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Alkan, İ. (2015). *Mitoz bölünme öğretimi için kavramsal değişim odaklı bir modelin (materyal) geliştirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Arslan, A. (2013). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin ilköğretim öğrencilerinin anlama, hatırlama, tutma, yaratıcılık düzeyleri ile zihinsel modelleri üzerine etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Aydın, G. (2011). *Öğrencilerin "Hücre bölünmesi ve kalıtım" konularındaki kavram yanlışlarının giderilmesinde ve zihinsel modelleri üzerinde yapılandırmacı yaklaşımın etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ayvacı, H. Ş., Ültay, E. & Mert, Y. (2012). 9. sınıf fizik öğretim programında yer alan teknoloji tasarım kazanımlarının uygulanabilirliğine yönelik öğretmen görüşlerinin belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(1), 20-43.
- Bilen, N. (2015). *Ortaokul matematik dersi beşinci sınıf öğretim programının öğretmen görüşlerine göre matematiksel model ve modelleme açısından incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bilge, E. (2017). *7. sınıf öğrencilerinin atom ve molekül konusunda sahip oldukları zihinsel modellerin belirlenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bilge, E., & Bahçeci, Ş. (2017). Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin atom ve molekül modelini oluşturma sürecinde izledikleri yolların değerlendirilmesi. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 6(1), 21-35.
- Bilge, E. & Ayvacı, H. Ş. (Ekim, 2018). *Fen bilimleri öğretmen adaylarının soru hazırlama becerilerinin yenilenmiş bloom taksonomisine göre incelenmesi*. II. Uluslararası Öğretmen Eğitimi ve Akreditasyon Kongresi'nde sunulmuş sözlü bildiri. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Bilge, E. (2023). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının kapsayıcı eğitim çerçevesinde öğretim yapabilmesine yönelik öğretim modülü tasarlanması ve değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Trabzon Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Trabzon.
- Boo, H. K. & Watson, J. R., (2001). Progression in high school students' (aged 16-18) conceptualizations about chemical reactions in solution. *Science Education*, 85, 568-585.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri [Scientific research methods]* (22. baskı). Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Cokelez, A. & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: Upper secondary school french students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3). 119-135.
- Çökelez, A. & Yalçın, S. (2012). İlköğretim 7.sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modellerinin incelenmesi. *Elementary Education Online*, 11(2), 452-471.

- Çelik, B. (2015). *Beşinci sınıf kesirler konusunun öğretim sürecinin matematiksel modeller açısından incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çepni, S. (2009). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş (geliştirilmiş 4. baskı)*. Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Çiltaş, A. & Işık, A. (2012). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının dizi ve serilerle ilgili zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 167-182.
- Demirci, S., Yılmaz, A. & Şahin, E. (2016). Lise ve üniversite öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modellerine genel bir bakış. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi, Kısım C: Kimya Eğitimi*, 1(1), 87-106.
- Demircioğlu, G., Altuntaş-Aydın, M., & Demircioğlu, H. (2012). Kavramsal değişim metninin ve üç boyutlu modelin 7. sınıf öğrencilerinin atomun yapısını anlamalarına etkisi. *Bayburt eğitim fakültesi dergisi*, 7(2), 70-96.
- Demirhan, E. (2015). *3D model tasarlanmanın fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarıları, problem çözme becerileri, bilimsel yaratıcılıkları ve sürece yönelik algılarına etkisinin incelenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deniz, D. & Akgün, L. (2014). Ortaöğretim öğrencilerinin matematiksel modelleme yönteminin sınıf içi uygulamalarına yönelik görüşleri. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 103-116.
- Derman, A., Koçak, N., & Eilks, I. (2019). Insights into components of prospective science teachers' mental models and their preferred visual representations of atoms. *Education Sciences*, 9(2), 154.
- Dündar-Koylahisar, T. (2012). *İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinde özdeşlikleri modelleme becerilerinin incelenmesi: Origami ile modellenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Düşkün, İ. & Ünal, İ. (2015). Modelle öğretim yönteminin fen eğitimindeki yeri ve önemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4(6), 1-18.
- Ergün, A. (2013). *Atom ve molekül konusunda kavram yanlışları ve bunları iyileştirmek için örnek etkinlikler* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Flávia, P., Ferreira, M. & Justi, R. (2007). Teachers' role in planning and conducting modelling activities in science teaching. [Electronic version]. *Journal of Science Education*. 8(2), 66-70.
- Fraenkel, J.R., & Wallen, N. E. (2003). How to design and evaluate research in education (5th Ed.). New York: McGraw-Hill Publishing.
- Gillespie, R.J. (1991). What is wrong with the general chemistry course?. *Journal of Chemical Education*, 68(3), 192-194.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Günbatır, S. & Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konularında anlaşılması zor kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 185-197.
- Güneş, M. H. & Çelikler, D. (2010). The Investigation of Effects of Modelling and Computer Assisted Instruction on Academic Achievement. *The International Journal of Educational Researchers*, 1(1), 20-27.

- Güneş, B., Gülçiçek, Ç. & Bağcı, N. (2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(1), 35-48.
- Gürdal, A., Şahin, F. & Çağlar, A. (2001). *Fen eğitimi ilkeler, stratejiler ve yöntemler*. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Berber, N. C. & Güzel, H. (2009). Fen ve matematik öğretmen adaylarının modellerin bilim ve fende rolüne ve amacına ilişkin algıları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 87-97.
- Hacısalıhoğlu, M. (2013). *6. sınıf öğrencilerinin proje ve performans görevleriyle ilgili görüşleri ve karşılaştıkları güçlükler* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Harrison, A. G. & Treagust D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry, *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000b). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Hawkes, S. J. (1992). Why should they know that?. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 178-181.
- İnce, N. & Çelikler, D. (2021). 7. sınıf "Maddenin Tanecikli Yapısı" konusunda kullanılan eğitsel oyunların öğrencilerin farkındalıklarına etkisi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51, 495-519.
- Karamustafaoğlu, S., Karamustafaoğlu, O. & Yaman, S. (2005). Fen ve teknoloji eğitiminde kavram öğretimi. M. Aydoğdu & T. Kesercioğlu (Eds.). *İlköğretimde Fen ve Teknoloji Öğretimi* (ss. 25-54). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Karagöz, Ö. & Sağlam-Arslan, A. (2012). İlköğretim öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerinin analizi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 132-142.
- Kaymakcı, G., Orhan, T.Y. & Aycan, H.Ş. (2019). Mental models of the students from different levels of education about the structure of atom, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(1), 14-27.
- Kılıçoğlu, F. (2019). "Maddenin Tanecikli Yapısı" Konusunun Model ve Modellemelerle Öğretiminin Öğrencilerin Başarısı ve Atomla İlgili Zihinsel Modelleri Üzerine Etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trabzon Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Trabzon.
- Kiray, S. A. (2016). The Pre-Service Science Teachers' Mental Models for Concept of Atoms and Learning Difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147-162.
- Koçak, E. (2006). İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinde "sindirim ve görevli yapılar", "boşaltım ve görevli yapılar" ve "Çiçekli bir bitkiyi tanıyalım" konularının modelle öğretiminin öğrenci başarısına etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (2013). *The constructivist credo*. California, CA: Left Coast Press.
- Kurnaz, M. A. & Değirmenci, A. (2012). 7. sınıf öğrencilerinin güneş, dünya ve ay ile ilgili zihinsel modelleri. *İlköğretim Online* 11(1), 137-150.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *An expanded sourcebook: Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mili Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

- Mili Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- 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.
- Nakiboğlu, C., Karakoç, Ö. & Benlikaya, R. (2002). Öğretmen adaylarının atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(2), 88-98.
- Nakiboğlu, C. & Yıldırım, Ş. (2020). Ortaöğretim öğrencilerinin metalik bağ ile ilgili algıları, metalik bağ tanımlamada kullandıkları metaforlar ve yaptıkları benzeşimler. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [MSKU Journal of Education]*, 7(1), 1-11.
- Olkun, S. & Toluk, Z. (2003). *İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Ormancı, Ü. & Balım, A. G. (2014). Ortaokul öğrencilerinin madde konusuna yönelik fikirleri: Çizim yöntemi. *Elementary Education Online*, 13(3), 827-846.
- Özdamar K. (2001). Örneklem Yöntemleri. SPSS ile Biyoistatistik. (4. Baskı).
- Papageorgiou, G., Angelos, M., & Zarkadis, N. (2016). Students' representations of the atomic structure – the effect of some individual differences in particular task contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 209-219.
- Park, E.J. & Light, G. (2009). Identifying atomic structure as a threshold concept: Student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31(2), 233-258.
- Polat, Z. (2012). *Öğrencilerin atom konusundaki zihinsel modelleri ile ders kitaplarındaki atom görsellerinin karşılaştırılması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. John K. Gilbert (Ed.), In *Visualization in science education* (pp. 43-60). Springer Netherlands.
- Sarıdaş, N. & Ünsal, Y. (Haziran, 2020). *Ortaöğretim 12. sınıf öğrencilerinin atom kavramına yönelik zihinsel modellerinin incelenmesi*. 5th International EMI Entrepreneurship & Social Sciences Congress sunulan bildirisi, Gostivar/N. Macedonia.
- Shenton, A. K. (2004). Strategies for ensuring trustworthiness in qualitative research projects. *Education for Information*, 22, 63-75.
- Şahin, B. (2009). Metodoloji. A. Tanrıöğen (Eds.). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (ss. 109-130). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Şahin, Y. (2016). *Drama tekniği ile zenginleştirilmiş 5E öğretim modelinin öğrenci başarı ve tutumlarına yönelik etkileri: Maddenin tanecikli yapısı ve karışımlar*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Giresun Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Giresun.
- Shiland, T.W. (1995). What's the use of all this theory? The role of quantum mechanics in high school chemistry textbooks. *Journal of Chemical Education*, 72(3), 215-219.
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learners' Prior learning. *Science Education*, 87, 732-758.
- Tarciso-Borges, A. & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.

- Tsaparlis, G. (2002). Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students?. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 129-144.
- Ulutaş, B. (2010). *Kimya eğitimi öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki zihinsel modelleri ve bilişsel haritaları* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ankara.
- Yalçın, S. (2011). *İlköğretim 7. Sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modelleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Yaseen, Z. & Akaygün, S. (2016). Lise öğrencilerinin atom ile ilgili zihinsel modellerinin ders kitaplarındaki görseller ile karşılaştırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40, 469-490.
- Yeğnidemir, D. (2000). *Temel eğitim 8. sınıf öğrencilerinde madde ve maddenin tanecikli boşluklu hareketli yapısı ile ilgili yanlış kavramların tespiti ve giderilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (6. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, H. T. (2006). *İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Yüzbaşıoğlu, M. K. (2015). *Ses konusuyla ilgili öğrenci zihinsel modellerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- 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.

Comparison of Mental Models of Secondary School Students on the Concepts of "Atom and Molecule": An Example of a Three-Dimensional Model

Hakan Şevki Ayvaci¹ 
Emine Bilge^{1*} 

¹Trabzon University, Department of
Mathematics and Science Education,
Trabzon, Turkey
hsayvaci@gmail.com

²Trabzon University, Department of
Mathematics and Science Education,
Trabzon, Turkey
eminebilge85@gmail.com

*Corresponding Author

Received: 24.03.2025
Accepted: 30.12.2025
Available Online: 30.07.2025

Abstract: This study aims to determine the mental models of secondary school students about the concepts of atoms and molecules and to compare these models according to their education levels. In the study, the transverse research model of the developmental research method, a type of descriptive research, was employed. The study's participant group consisted of secondary school students in seventh and eighth grade, totalling 80 students. Students were asked to create three-dimensional models to determine their mental models related to the concepts of atoms and molecules. In this process, semi-structured interviews were conducted to gather data and inform the development of the product. The data obtained from the research were subjected to content analysis, and the solution process was carried out. According to the remarkable results of the research, it has been revealed that seventh-grade students do not accurately represent the proton and neutron particles of the atom, and eighth-grade students do not accurately represent the electron particle in the context of their mental model. In addition, the different positioning of the molecular units, near and far, showed that spatial thinking differed as the grade level progressed. At the secondary school level, it is recommended to support students with activities that enable them to create products that improve their spatial, three-dimensional thinking and model-building skills, and provide them with the opportunity to present their work at end-of-year science festivals.

Keywords: Model and Modeling, Mental Model, Science, Middle School Students, Atom and Molecule.

INTRODUCTION

When we examined the past, philosophers such as Democritus and Feynman, regardless of their differing philosophical perspectives, valued the ideas that emerged from observations and experiments, enabling all human beings to perceive natural phenomena and conceptualize them in their minds. These ideas were always kept open to development from different perspectives. One of the best examples of this situation is that the development process of atomic models is witnessing the present day. The desire to explain the atomic structure and the way scientists present their ideas and thoughts through models to reveal them has created a place for atomic models in the history of science (Arslan, 2009). The historical development process of the atomic model is a critical step in guiding subsequent studies by clarifying the evolution of the model's features, the areas and concepts it encompasses (Akyol, 2009). Today, students are exposed to the concept of atoms at a very young age through social networks (Johnstone, 1990). Afterwards, they continue to learn through components such as structure, size, shape, models, and molecules from the middle school level in the science course (Ministry of National Education, 2024). However, the structure, shape, and size of the atom are concepts that students often struggle to understand (Harrison & Treagust, 1996). In this respect, to easily transfer concepts that are difficult to understand, such as atoms, through the mental filters of the students, it was necessary to concretize the structural aspects of the relevant concepts visually. For this reason, during the teaching of concepts in the field of science, the usage areas and tasks of the models have expanded more (Demirhan, 2015). Considering the model in terms of this quality will provide superiority in increasing the comprehensibility of science concepts for compatible issues, including atomic and molecular structure.

The model symbolizes a whole that individuals construct in their minds and are subject to questioning through their mental images, thereby providing a better understanding of abstract concepts in terms of their characteristics (Greca & Moreira, 2000). Additionally, it facilitates the explanation of the subject in the teaching environment more easily and provides evidence of the accuracy of the information disclosed (Celik, 2015). In modeling, on the other hand, materials that are not preferred or cannot be brought into the classroom environment due to their size are prepared by the student by touching them personally. The student makes

inferences by commenting on the prepared model, and some steps bring his idea closer to scientific truth, facilitating meaningful learning. In this process, information can become more meaningful and permanent (Dundar-Koylahisar, 2012). In addition, students' sensory experiences are widespread, and as a result, they gain confidence, making their work more enjoyable (Boo & Watson, 2001). In addition, scientific process skills can be further developed in students who acquire the ability to interpret, infer, and understand cause-and-effect relationships. In this direction, which cannot be seen with the naked eye, the atom and its structure, which creates the need for visualization in the mind, are diagnosed with their abstract feature due to their microscopic nature and are known as a concept that causes the most difficulty in perception on students (Demirci, Yilmaz & Sahin, 2016). For this reason, it is considered appropriate to conduct modeling activities in the teaching environment to provide students with spatial thinking, three-dimensional thinking, and creativity skills in the field of science (Gunes, Gulcicek, & Bagci, 2004). The fact that students participate in the modeling process themselves demonstrates that the hand and eye organs work together effectively. At the same time, multiple parts of their brain will be stimulated, ensuring the permanence of the learning process. With the active participation of students, the learning function will be strengthened (Gurdal, Sahin & Caglar, 2001). It will also become more active (Flávia, Ferreira & Justi, 2007). For students, seeing is a mental challenge in terms of deciding whether an object is concrete or not, due to the structure of the atom (Akyol, 2009). In this sense, one of the most important stages of the modeling process is the mental stage.

The inward representation of information of the external world is mental models (Rapp, 2005). Individuals draw on their mental models to explain, predict, and perceive the ongoing events in the world and the situations around them. At the same time, they utilize existing models to create a new mental model from their perspective (Kurnaz & Degirmenci, 2012). However, the mental model is a representative piece of information; it has specific features, is incomplete and indirect, and since it is not scientific knowledge, it defends people's beliefs (Gunbatar & Sari, 2005). Therefore, students should be able to develop their mental models about each concept. If there are any misconceptions or deficiencies, they should be addressed using the most appropriate teaching method and technique. When the researches carried out within the scope of the subject in the literature are examined; drawing for pre-service teachers in the field of chemistry and mathematics (Nakipoglu, Karakoc & Benlikaya, 2002), interview for pre-service teachers in the field of chemistry (Ulutas, 2010), drawing and description for pre-service teachers in the field of science (Akyol, 2009) and open-ended questions for drawing (Akilli, 2011), interview for undergraduate students (Park & Light, 2009), screening for secondary and undergraduate students (Demirci et al., 2016), open-ended test for secondary school students (Polat, 2012; Yaseen & Akaygun, 2016), questionnaire (Saridas & Unsal, 2019) and interview (Zarkadis, Papageorgiou & Stamovlasis, 2017), drawing for secondary and secondary school students (Yildiz, 2006), drawing for students at different education levels (Kaymakci, Orhan & Aycan, 2019) that researches was. Few studies in the literature have conducted three-dimensional model studies to reveal the mental models of secondary school seventh-grade students (Bilge, 2017; Bilge & Bahceci, 2017; Demircioglu, Aydin-Altundas, & Demircioglu, 2012). However, the fact that existing research evaluates the level of student education over a single class has limited the research in this aspect.

Since the field of science (physics, chemistry and biology) includes when students step into education events/phenomena such as physical-chemical change, electrolysis of water, rising and setting of the sun, phases of the moon, plate movements, electrical charge discharge caused by lightning and lightning, it takes its place as a popular science in the perspective of students compared to multidisciplinary fields in terms of attracting attention with examples associated with daily life (such as secondary school level) (Bilge, 2023). When the concept of an atom is considered in this context, it is an interdisciplinary concept directly related to the fields of physics, chemistry, and biology. In the distribution of the relevant subject areas of the science curriculum (MEB, 2024); the frequent mention of protons, neutrons and electrons, which are the basic parts of the atom, in the contents of student achievements on the granular structure of matter and the periodic system (chemistry), the way light bulbs are connected and electric charges/electrification (physics), energy conversions (biology), shows that this concept is spread over a large area in the curriculum and reveals that it is an interdisciplinary concept. From this perspective, it is noteworthy that the entire subject discussed within the scope of the research is intensely explored in terms of achievement among secondary school seventh- and eighth-grade students. Some studies in the literature indicate that students from different age groups visualize the concepts of atoms and molecules differently in their minds and reflect this in their mental models (Papageorgiou, Angelos, & Zarkadis, 2016). In this context, the differentiation between the thoughts of students at different grade levels at the secondary school level gains importance in terms of the literature. Since students are likely to encounter atoms and molecules frequently, not only at their current grade level but also in later stages of

education, it may be necessary to take a serious approach to student progress and meaningful learning at each grade level. The training process is akin to the wagons of a train, where each locomotive proceeds on the condition that it attracts the others (Bilge & Ayvaci, 2018). Knowing how the atom and its structure, which is considered so important, is shaped in the minds of students, learning how the connections between structures are constructed, and identifying the difficulties in the perception process while doing all these operations will both increase the success of the field of science education in international standards and develop students in many skills (such as three-dimensional and spatial thinking) (Akyol, 2009). In this direction, there is a need to determine the mental models of the students. For this reason, teachers should not only be limited to the representations, drawings, and explanations in textbooks about all components of the atom, such as molecules, but also apply these concepts to digital media and tools, including three-dimensional representations, augmented reality, animation, and simulation (Yaseen & Akaygun, 2016). However, the majority of the researchers (Derman, Kocak & Eilks, 2019; Kaymakci, Orhan & Aycan, 2019; Kilicoglu, 2019; Kiray, 2016; Saridas & Unsal, 2019; Polat, 2012) preferred to evaluate mental models with tools such as drawings, questionnaires, scans, open-ended tests or questions, and as a result, they were limited to a single-dimensional level while revealing ideas about the structure of atoms and molecules. In addition, while the research evaluates only the structure of the atom, it has remained in the background when evaluating the structure of the molecule. While this point of view, as presented in the literature, suggests the structure of the atom and molecule and how much it can contribute to the expression of the mental model, it has raised doubts about the usefulness of students' creativity, scientific process skills (model building), and spatial and three-dimensional thinking. In this research, while revealing the mental models of student groups (seventh and eighth grades of secondary school) who encounter the concept of atoms and molecules for the first time in terms of teaching the basic concept of atoms and molecules in the learning environment, it has a critical value in terms of research to support them with three-dimensional model work. More importantly, to enrich teaching in the updated science curriculum (MEB, 2024), one of the ultimate goals of education policymakers is to achieve learning outcomes through a model that incorporates differentiated teaching practices. In this context, this research is considered important for both supporting the existing literature and ensuring the sustainability of education in the desired direction. In line with the relevant research problem, it aimed to determine the mental models of students in the seventh and eighth grades of secondary school regarding the concepts of atoms and molecules, and to compare these models in the context of educational level. Within the framework of this purpose, answers to the following sub-problems were sought:

1. What kind of atomic model do students have in their minds? How do students create the structure, shape, and size of the atom in their three-dimensional model work?
2. What kind of molecule model do students have in mind? How do students construct the structure, shape, and size of the molecule in the three-dimensional model study?
3. What is the difference between the concepts of "atom and molecule" in terms of students' mental models?

METHOD

In this study, research was conducted using the transverse research type of developmental research method, a type of descriptive research method. The purpose of choosing the type of transverse research within the scope of the research; when long-term data collection through a study group is difficult, it is possible to examine different groups at different levels at the same time and to combine the findings to determine the characteristics of different levels (Fraenkel & Wallen, 2003). In the research, since it was aimed to determine the mental models of seventh and eighth grade students on the same concepts, namely "atom and molecule", the transverse research method was found to be suitable for the nature of the research.

Participant Group

The study's participant group consists of seventh- and eighth-grade students who continue their education at the secondary school level in Giresun Province. There are 20 female and 20 male students, with 40 students at the seventh-grade level. There are 20 female and 20 male students, including 40 eighth-grade students. The research was carried out with a total of 80 students. To investigate how the mental models of students change with increasing grade level, the purposeful sampling method was employed in the study involving seventh- and eighth-grade students (Sahin, 2009). All students in the participant group were selected

voluntarily, and coding was assigned to them within the framework of the research's ethical guidelines (S1, S2, ... S80).

Table 1

Characteristics of the Participant Group

School Type	Class 7	Class 8
School A	10 Female-10 Male	10 Female-10 Male
School B	10 Female-10 Male	10 Female-10 Male
	S=40	S=40
Student Participating in the Interview	3 Female-3 Male	3 Female-3 Male

Upon examining Table 1, it becomes apparent that the participant group comprises two distinct grade levels. According to the table, there are a total of 20 students, 10 female and 10 male students, at the seventh-grade level in school A. It is understood that there are 20 students at the eighth-grade level, 10 female and 10 male students. School B has 20 students, consisting of 10 females and 10 males, at the seventh-grade level. At the eighth-grade level, there are 20 students, consisting of 10 female and 10 male students. A total of 80 students who participated in the three-dimensional model study were randomly selected, and 12 students were interviewed, with six students selected from each level (three female and three male).

* Although there is no special attitude in the reason for choosing A and B school types in the research, it was found appropriate to carry out the practice in both schools, since it is necessary to reach enough students within the school and to consider the voluntary principle of the existing students.

Data Collection Tool

The data of the study were obtained through the three-dimensional model study and the answers given by the students to the interview questions. A three-dimensional study in the data collection process enables students to visualize the structure, shape, and size of the concepts of an atom and molecule, providing an opportunity to examine these concepts while embodying them (Gunes & Celikler, 2010). To evaluate the three-dimensional model process, semi-structured interview questions were prepared to elicit the verbal expressions of the students and to support the process. Semi-structured interview questions were prepared based on the keywords determined by the researchers. Interview questions play a crucial role in assessing the level of knowledge, learning, and understanding through an open-ended inquiry process. (Karamustafaoglu, Karamustafaoglu & Yaman, 2005). To ensure the internal validity of the research, the opinions of three science field experts were consulted, and four questions were removed from the original nine questions in the interview. The main reason for limiting the research questions is that there is no need for probe questions in the research process. For this reason, since it is assumed that students know the concepts of atom and molecule before the research, questions about definitions are removed from the flow. A pilot application was conducted with 15 students to prepare the questions for practice. After the pilot study was completed, semi-structured interview questions were evaluated, and the final version was compiled as follows:

1. How do you visualize the atom in your mind, what do you compare it to? What kind of model do you build about the structure of the atom?
2. What elements did you pay attention to regarding the structure, shape and size of the atom during the modeling process, and what kind of model did you want to create? Why did you choose this model?
3. How do you visualize the molecule in your mind, what do you make it look like? What kind of model do you build about the structure of the molecule?
4. What factors did you pay attention to regarding the structure, shape and size of the molecule during the modeling process, and what kind of model did you want to create? Why did you choose this model?

Data Collection and Analysis

While two researchers participated in creating a three-dimensional model, a science field expert was also involved in the research process, closely following it. While choosing materials before the model creation process, some limitations were imposed within the framework of the research's ethical rules (warnings were

issued that the materials should not be sharp, flammable, or piercing). Although no guidance was provided to the students during model creation, the research process was observed, taking into consideration the students' unique mental images. During the interview process, both researchers were present simultaneously, collecting data at different grade levels. Accordingly, while the application carried out on the model creation process was completed within 2 weeks, the data collection process was completed by conducting interviews within one week (12 lessons in total).

The content analysis technique was used to analyze the data obtained in this study. The basis of content analysis is to reach concepts and relationships that can explain the collected data (Yıldırım & Simsek, 2011). This analysis technique enables the determination and categorization of codes and their similarities. At the beginning of the analysis process, the researchers individually reviewed and sorted the raw data. After this process was carried out by the ethical rules, the data coding process was conducted in consultation with experts in the field. Finally, the category and theme of each code were determined. A different expert repeated this stage, and the code categories and themes were confirmed. The analysis process was completed by making a final evaluation by the researchers.

In the research, credibility, transferability, consistency, and verifiability strategies were used to ensure validity and reliability (Shenton, 2004). For the credibility related to internal validity, expert opinion served as the basis for the questions asked of the students within the scope of the research. At the same time, to increase credibility, the opinions obtained from the students were directly conveyed in the findings section. Within the scope of transferability, which relates to the external validity of the research, the data collection and analysis process are presented in detail. The data obtained within the scope of consistency regarding the reproducibility and reliability of the research were written separately (Lincoln & Guba, 2013) by the two researchers. Then, the researchers discussed the points of difference together and reached a consensus on a common decision. The inter-coder reliability formula is used to calculate reliability, where reliability is defined as $\text{Consensus} / (\text{Consensus} + \text{Disagreement}) \times 100$. A reliability level of 80% or more between coders is considered good (Miles & Huberman, 1994). In the study, the encodings between the two coders were compared, and a difference of opinion was found on 10 codes. Accordingly, a value of 82% was found in the calculation. As a result of the calculation, it was determined that the desired level of reliability among the coders had been achieved.

Ethical Permissions of Research

Throughout all stages of this research, from planning and implementation to data collection and analysis, all rules outlined in the "Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive" have been strictly adhered to within the scope of this Directive. None of the actions specified under the heading "Actions Against Scientific Research and Publication Ethics", which belongs to the second part of the Directive, have been carried out (In the process of creating three-dimensional models of the students, no sharp, flammable, piercing, explosive tools and equipment were kept, and the students were seriously avoided from encountering dangerous situations).

During the writing process of this research, scientific, ethical, and citation rules were followed. No falsification was made of the data obtained within the scope of the research, and this research was not submitted to any academic publication for evaluation.

Ethics committee permission information

Name of the committee that made the ethical evaluation: Trabzon University Social Sciences and Humanities Scientific Research and Publication Ethics Committee
Ethical evaluation decision date: 15.03.2024
Ethics review issue number: 2023-3/2.10

FINDINGS

. In this section, the findings obtained from each sub-problem, in line with the examination and comparison of the mental models of secondary school seventh and eighth-grade students regarding the concepts of atoms and molecules, are included.

Findings on Secondary School Students' Mental Models of the Concept of Atom

The data obtained from the three-dimensional model study of the concept of "Atom" and semi-structured interviews with seventh-grade students at a secondary school were presented in tables and figures.

Table 2

Seventh Grade Students' Data on the Concept of Atom

Categories	Frequency	Frequency Percentage	Participant Codes
Geometric Shape	9	%22,5	S ₁ S ₅ S ₁₅ S ₁₆ S ₂₀ S ₂₅ S ₂₉ S ₃₀ S ₃₄
Scientific Model	8	%20	S ₂ S ₄ S ₁₃ S ₁₇ S ₂₆ S ₂₇ S ₂₈ S ₃₈
Colored Holes	7	%17,5	S ₃ S ₁₄ S ₁₈ S ₁₉ S ₃₁ S ₃₅ S ₃₇
Ring	6	%15	S ₈ S ₉ S ₃₂ S ₃₃ S ₃₆ S ₃₉
Constellations	4	%10	S ₆ S ₁₂ S ₂₄ S ₄₀
Bluetooth Networks	3	%7,5	S ₇ S ₂₁ S ₂₂
Fruit Slice	2	%5	S ₁₁ S ₂₃
Spider	1	%2,5	S ₁₀

When Table 2 is examined, it is evident that eight distinct categories are formed based on the data obtained from the three-dimensional model study of seventh-grade students. Categories include geometric shapes, scientific models, colored holes, rings, constellations, Bluetooth networks, fruit slices, and spiders. "How do you visualize the atom in your mind? What do you make it look like? What kind of model do you build about the structure of the atom? What elements did you pay attention to regarding the structure, shape, and size of the atom during the modeling process, and what kind of model did you want to create? Why did you choose this model?" was asked of the students. Below is a brief section of the data dialogue obtained:

S₁: *In my mind, electrons come to life spinning around the nucleus in an elliptical shape. I've been able to locate protons and electrons in my model, but I can't really articulate where the neutrons fit into that. When I saw on the model that I was wrong, I was able to perceive it better.* **(Geometric Shape)**

S₇: *In my mind, I likened the kernel to a walnut. The nucleus is like the brain of the atom. After all, the structure of the walnut is like a brain. There are protons and neutrons in the nucleus. On the outside there are layers like bluetooth waves. So, I built my model out of wires that expand from less to more, which look like waves.* **(Bluetooth Networks)**

S₁₇: *There was one scientist who likened things loaded with (+) and (-) to raisins. I visualized the atom as that scientist thought. Electrons are negatively charged, while protons are positively charged, equalizing each other. But I don't know what it means. In my model, I used colored pompoms and allowed the atomic particles to be distinguished.* **(Scientific Model)**

S₂₃: *I liken the atom to fruits in my mind. For example, the particles outside the strawberry are like atoms. Or when we cut the lemon, it has seeds in it, and the slices look like layers. When I created my three-dimensional model, I paid attention to the presence of a core.* **(Fruit Slice)**

S₃₅: *Since the atom is colored in books, I think the elementary particles of the atom are colored. It will not be colorless like water. That's why I tried to make my model as a mechanism that constantly rotates around itself. There are a large number of electrons rotating on the model.* **(Colored Holes)**

Three-dimensional model studies of secondary school seventh grade students' mental models related to the concept of atom are given in Figure 1, Figure 2 and Figure 3.

Figure 1*Colored Holes Model*

When the image presented on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code S₃₅, it is seen that he used wax rope, wooden beads, stamps, and small plastic balls. A seventh grader worked on a model consisting of layers with electrons on each layer. In the middle of the model, it is seen that the scales are scattered. According to the student, there is a structure in the middle of the layers that symbolizes the core. According to the model, it is unclear whether protons and neutrons are present.

Figure 2*Ring Model*

When the image presented on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code S₁₄, it is understood that he used plastic rings and metal buttons. The seventh grader envisioned his model in such a way that the layers are arranged in a ring, with electrons located in each ring. In the middle of the model is the nucleus, but there is no mention of protons and neutrons.

Figure 3*Fruit Slice Model*

When the image presented on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code S₂₃, it is seen that he uses playdough. While the seventh-grade student reflects the similarity of the lemon slice and the atom in his mind, it is understood that the white circles on the sliced pieces represent the nucleus. There are no electron, neutron, or proton particles in the model.

The data obtained from the three-dimensional model study of the "Atom" concept of secondary school eighth grade students and semi-structured interviews were presented through tables and figures.

Table 3

Eighth Grade Students' Data on the Concept of Atom

Categories	Frequency	Frequency Percentage	Participant Codes
Geometric Shape	9	%22,5	S41S44S49S55S57S64S71S75S76
Scientific Model	8	%20	S45S51S58S59S65S66S72S78
Bowling Ball	7	%17,5	S43S46S60S67S74S77S80
Colorful Sphericals	5	%12,5	S52S47S68S70S78
Planetary System	4	%10	S50S54S63S69
Sunflower	3	%7,5	S53S56S73
Seashell	2	%5	S48S62
Football Team Emblem	1	%2,5	S61
Omelette	1	%2,5	S42

When Table 3 is examined, it is evident that the data obtained from the three-dimensional model study of eighth-grade students are categorized under nine different headings. Categories are based on the table's geometric shapes, scientific models, bowling balls, colorful spheres, planetary systems, sunflowers, seashells, football team emblems, and omelets. "How do you visualize the atom in your mind? What do you make it look like? What kind of model do you build about the structure of the atom? What elements did you pay attention to regarding the structure, shape, and size of the atom during the modeling process, and what kind of model did you want to create? Why did you choose this model?" was asked of the students. Below is a brief section of the data dialogue obtained:

S₄₂: *The atom is round spherical, and the ping-pong ball is spherical so it's an ideal tool for analogy. I am sure that the elementary parts of the atom can be of a different color. I didn't make the electrons. I didn't have them in my mind, so now I've added them to the model. Since protons and neutrons are different, I made them in separate colors.* **(Color Sphericals)**

S₄₈: *I imagine the atom as a seashell. In my three-dimensional model work, I made a seashell out of play dough and showed the distribution of electrons in its layers. Because I don't want it to be the same as the three-dimensional model described in textbooks. So, I came up with an assumption and made such a model.* **(Seashell)**

S₅₄: *At first, I thought of something like the solar system in my mind. But in different colors. Protons and neutrons are attached to the internal structure of the atom and they are motionless. As in modern atomic theory, electrons are mobile.* **(Planetary System)**

S₅₅: *I construct the atom as a circular structure in which electrons are constantly moving. Because, in reality, the atom has a membrane. Inspired by that, I did it. In three-dimensional model work, it is easy to visualize in our minds, but it is difficult to create the model because it requires manual dexterity.* **(Geometric Shape)**

Three-dimensional model studies of secondary school eighth grade students' mental models related to the concept of atom are given in Figure 4 and Figure 5.

Figure 4*Seashell Model*

When the image is presented on the side, the student with code S₄₈ in the three-dimensional model study used playdough, plastic balls, and beads. The eighth grader layered the dough with vertical lines and added beads to the top of the model to show the electrons. The plastic ball inside the model has taken the role of the core. There are proton and neutron particles in the nucleus (The ball, which represents the core, appears to be a bump when viewed from the outside).

Figure 5*Team Emblem Model*

When the image on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code S₆₁, it is seen that he uses playdough. In his model, the student likened the emblem of a football team to the internal structure of an atom, stating that the stars standing outside represent electrons. The model reflects that the circles growing inward from the central part represent layers, and the leaf in the middle represents the core.

Findings on Secondary School Students' Mental Models of the Concept of Molecules

The data obtained from the three-dimensional model study of the concept of "Molecule" and semi-structured interviews of the seventh grade students of secondary school were presented through tables and figures.

Table 4*Seventh Grade Students' Data on the Concept of Molecules*

Categories	Frequency	Frequency Percentage	Participant Codes
Geometric Shape	9	%22,5	S ₂ S ₈ S ₀ S ₁₃ S ₁₆ S ₁₇ S ₁₉ S ₂₄ S ₃₀
Water Monkey	7	%17,5	S ₃ S ₇ S ₁₅ S ₂₀ S ₂₉ S ₃₂ S ₃₆
Firework	7	%1,5	S ₉ S ₁₂ S ₁₄ S ₂₈ S ₂₁ S ₃₅ S ₄₀
Cones	6	%15	S ₁ S ₁₈ S ₂₃ S ₃₃ S ₃₇ S ₃₉
Soap Bubbles	4	%10	S ₆ S ₂₁ S ₂₂ S ₃₄
Rattle	3	%7,5	S ₄ S ₂₅ S ₃₈
Lung Alveoli	2	%5	S ₁₁ S ₂₇
Octopus	2	%5	S ₅ S ₂₆

When Table 4 is examined, it is seen that the data obtained from the three-dimensional model study of seventh grade students are collected under 9 different categories. Categories are with according to the table he geometric shape is listed in the form of a water monkey, fireworks, cones, soap bubbles, rattles, lung alveoli and octopus. "How do you visualize the molecule in your mind, what do you make it look like? What kind of model do you build about the structure of the molecule? What factors did you pay attention to regarding the structure, shape and size of the molecule during the modeling process, and what kind of model did you want to create? Why did you choose this model?" the students were asked. Below is a short section of the data dialogue obtained for the question is presented:

S₇: *I thought of the atom as a round multiplying like a water monkey. In my model, I created molecules with a combination of soft filled spheres. Those consisting of atoms of the same type represent the element molecule, and those consisting of atoms of different types represent the compound molecule. I didn't leave a gap between the molecules and I think they were adherent. (Water Monkey)*

S₁₇: *As we can see in the figure, it seems to depend on the core. There are electrons here as well. I've done the gas right now. The gas is also distant and meandering in distance. It was very close to each other and perpendicular to each other on the floor. So, according to what I have in mind, the liquid is also a little bit separate, so there is a little bit of an opening between them. There is a core in the middle. (Geometric Shape)*

S₃₃: *A molecule is the totality of something made up of atoms. If we make it three-dimensional, we can adjust its layers. I thought of the parts of the cone as the body and put an atom-like LED light on it. (Cone)*

S₃₅: *As the neutrals rotate, they move towards the nucleus with an imaginary line, and the nucleus splits into two and turns into protons and electrons. Neutrals multiply as they return from here and never run out. The molecules are suspended like fireworks. ... The molecule of the element Co is CO. When two capital letters are next to each other, they form the molecule of the relevant element. (Fireworks)*

Three-dimensional model studies for the mental models of the seventh-grade students related to the concept of molecules are given in Figure 6 and Figure 7.

Figure 6

Cone Model



When the image presented on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code Ö₃₃ it is seen using a cone and wired LED light. While modeling the element molecule, the seventh-grade student stated that the mats coiled around the LED lights are layers and the light inside is the core. It is understood that the atoms are adjacent to the cone in the shape function.

Figure 7*Water Monkey Model*

When the image presented on the side is examined, the student with the code S7 in the three-dimensional model study used fine sand and a chemical structure that swelled in volume when placed in water. Since the chemical structures are slippery, round structures are fixed using sand on the subfloor. In the seventh-grade student's model, it is understood that atomic and molecular structured compounds are modeled. The element molecule consists of a structure with the same color, and the compound molecule consists of a structure with different colors. The molecules are equal in size and are adjacent in size.

The data obtained from the three-dimensional model study of the concept of "Molecule" of the eighth grade students of secondary school and the interviews were presented through tables and figures.

Table 5*Eighth Grade Students' Data on the Concept of Molecules*

Categories	Frequency	Frequency Percentage	Participant Codes
Geometric Shape	10	%25	S ₄₂ S ₄₆ S ₄₉ S ₅₂ S ₅₄ S ₅₆ S ₅₈ S ₅₉ S ₆₄ S ₆₆
Citrus Tree	9	%22,5	S ₄₇ S ₄₈ S ₅₃ S ₅₇ S ₆₅ S ₆₇ S ₇₁ S ₇₂ S ₇₈
Emoji	8	%20	S ₄₃ S ₅₅ S ₆₀ S ₆₈ S ₇₀ S ₇₃ S ₇₄ S ₇₉
Vein Layer	6	%15	S ₄₁ S ₅₀ S ₆₃ S ₆₉ S ₇₅ S ₈₀
Vineyard	4	%10	S ₄₄ S ₆₂ S ₇₆ S ₇₇
Broccoli	2	%5	S ₅₁ S ₆₁
Barbell	1	%2,5	S ₄₅

When Table 5 is examined, it is seen that the data obtained from the three-dimensional model study of eighth grade students are collected under 7 different categories. Categories are with according to the table geometric shape, citrus tree, emoji, vein layer, vineyard, broccoli and barbell. "How do you visualize the molecule in your mind, what do you make it look like? What kind of model do you build about the structure of the molecule? What factors did you pay attention to regarding the structure, shape and size of the molecule during the modeling process, and what kind of model did you want to create? Why did you choose this model?" the students were asked. Below is a short section of the data dialogue obtained for the question is presented:

S₄₂: *In my mind, I thought of the ping-pong ball as an atom, and we will combine them, and the molecule will emerge. The structure of the molecule does not have to be rectangular. It can be any shape. It can also be triangular. There are extensions between them so that it can hold the molecules together. (Geometric Shape)*

S₄₈: *Molecules come to mind as circular shapes that coexist. Like an orange tree, for example, branches and oranges stand together, just as atoms come together to form molecules. (Citrus Tree)*

S₅₅: *It comes to my mind that the emojis we use on phone keyboards in daily life stand together. Emojis cling to each other like people pulling a halay, forming a certain group and forming a molecule in them. (Emoji)*

Three-dimensional model studies for the mental models of secondary school eighth-grade students related to the concept of molecules are given in Figure 8 and Figure 9.

Figure 8*Geometric Shape Model*

When the image presented on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code Ö₄₂ it is seen that he uses colored spherical balls, plastic rods, iron balls and magnetic plastic rods. The eighth-grader created models representing the element molecule and the compound molecule. The models are made up of shapes such as squares and triangles. Rods are used in the combination of colored balls on the models. Between the iron balls representing the atom, there is also magnetic rods.

Figure 9*Emoji Model*

When the image presented on the side is examined, in the three-dimensional model study of the student with the code Ö₅₅ it is understood that he used wooden sticks and round adhesives. While the eighth-grade student reflected in his model that the atomic structures that make up the molecule are round, he stated on the model that there are lengths that hold the atoms together. There is no comment on whether molecular models represent compounds or elements. In addition, the size of the atoms that make up the molecule is the same size.

Comparison of Secondary School Students' Mental Models of the Concept of Atom and Molecule

The conceptual comparison of the views of the students in the research group on the concept of atom according to the grade level variable is shown in Table 6 below.

Table 6*Data For All Classes of Atoms*

Seventh Grade		Eighth Grade	
Categories	Frequency	Categories	Frequency
Geometric Shape	%22,5	Geometric Shape	%22,5
Scientific Model	%20	Scientific Model	%20
Colored Holes	%17,5	Bowling Ball	%17,5
Ring	%15	Renkli küreseller	%12,5
Constellations	%10	Planetary System	%10
Bluetooth Networks	%7,5	Sunflower	%7,5
Fruit Slice	%5	Seashell	%5
Spider	%2,5	Football Team Emblem	%2,5
		Omelette	%2,5

When Table 6 is examined, it is seen that a total of 17 categories were obtained from both class levels in the developmental examination of mental models of the concept of atom. According to the table, there are 8 categories at the seventh-grade level and 9 categories at the eighth-grade level, while the geometric shape and scientific model category are in the common category at both grade levels. In the table, it is seen that both common categories are higher than the other categories and have the same frequency value ($f=42,5$).

The conceptual comparison of the views of the students in the research group on the concept of molecule according to the grade level variable is shown in Table 7 below.

Table 7

Data for All Classes of Molecular Concept

Seventh Grade		Eighth Grade	
Categories	Frequency	Categories	Frequency
Geometric Shape	%22,5	Geometric Shape	%25
Water Monkey	%17,5	Citrus Tree	%22,5
Firework	%1,5	Emoji	%20
Cones	%15	Vein Layer	%15
Soap Bubbles	%10	Vineyard	%10
Rattle	%7,5	Broccoli	%5
Lung Alveoli	%5	Barbell	%2,5
Octopus	%5		

When Table 7 is examined, it is seen that 15 categories are obtained from both grade levels in the developmental examination of mental models of the concept of molecules. According to the table, there are 8 categories at the seventh-grade level, 7 categories at the eighth-grade level, while the geometric shape category is in the common category at both grade levels. In the table, it is seen that there are more students who have a mental model for the geometric shape category related to the concept of molecule, while it is understood that the frequency value of the eighth-grade students is higher than ($f=25$) the seventh-grade frequency value ($f=22,5$).

DISCUSSION AND CONCLUSION

The discussion and conclusion part of the research was evaluated by comparing it with relevant literature studies under the same headings, considering the mental models of middle school seventh- and eighth-grade students, who were considered within the scope of the grade level factor. As understood from the three-dimensional model studies conducted by seventh-grade students on the concept of atoms, it was determined that the electron particle was especially emphasized in the content of the models they envisioned in their minds and was frequently mentioned during the interview process. At the same time, it was witnessed that there was no comment about the neutron particle. This situation also revealed a contradictory issue. It was a contradiction that some students mentioned neutron and proton particles briefly in the expressions they used about atoms during the interview process yet abstained from showing them on the model. While this finding revealed the inadequacy of verbal expressions in learning for the mental model determination process, it proved that three-dimensional models offer more concrete outputs when comparing students with real-life situations. On the other hand, the confusion about the location of the elementary particles within the atom has raised suspicions among some students that there may be a misconception. In the process of creating a three-dimensional model, the perception of the error of the student with the code Ö1 who had a misconception about the elementary particles of the atom, through the model, revealed that he adopted the model as a tool that can save from these misconceptions, and strengthened the interpretation of the finding. Several studies in the literature have yielded striking results regarding the elementary particles that comprise the atom. In a study by Cokelez and Dumon (2005) examining students' misconceptions about atoms and molecules, it was concluded that these particles were confused with each other in the study, as the students described the concepts of atoms and molecules as proton-neutron, neutron-electron, and ion-charged particle, which are not elementary particles. While the situation identified in the literature study is like the findings of this research, the fact that one out of every three

particles of the atom is not mentioned has been striking in three-dimensional model studies. In other studies, as mentioned in the literature, the three-dimensional model is identified as a helpful tool in detecting and eliminating misconceptions, which supports the relevant finding of this research (Demircioglu, Altuntas-Aydin, & Demircioglu, 2012; Ergun, 2013). It is evident that studies that deal with the structure of the atom in a single dimension, such as the drawing technique used in literature, cannot yield an efficient result in revealing the structure of the atom from the students' perspective. (Ormanci & Balim, 2014; Sahin, 2016). In this context, both the findings of this study and the related literature studies have concluded that the mental model of the concept of an atom influences misconceptions about its elementary particles. In addition, the findings of this study have once again demonstrated the need for three-dimensional model studies that represent mental models, rather than methods or techniques that address the mental model in one dimension, such as verbal expression or drawing techniques.

In another category, which was derived from the three-dimensional models of the atom created by seventh-grade students, a striking finding was observed. It was observed that a student, who visualized the concept of an atom as colored holes in his mind, represented the elementary particles of the atom with different colors in his three-dimensional model work. Additionally, it is one of the findings that different students state that the structure of the atom can be represented in the relevant table. While this finding reveals the existence of some negative situations in the representation of atom factors, such as the academic language preferred in student communication, visual resources, and video content that may create misconceptions on social networks, it has led to the inference that this may be a factor in the source of the situation. When it comes to atoms, the cursory drawing of an ellipse, the formation of a circular structure in the mind, and the presentation of atom examples that have not changed for years on the internet networks to the students as an instructive, while providing a standard perspective to the students, unfortunately accelerates the snowballing progress of the situation that causes them to learn wrong. In a study in the literature (Bilge, 2017), a three-dimensional model study was conducted to determine the mental model of seventh-grade students regarding the concepts of atoms and molecules. The study revealed that the students held misconceptions about the color element. The results obtained in the literature study support the findings of this study. Some research results from the past to the present also mention that the color element leads to misconceptions in expressions about the atom (Bilge & Bahceci, 2017; Harrison & Treagust, 2000b; Yalcin, 2011; Yegnidemir, 2000). In line with the findings obtained, determining a mental model in the concept teaching process can prevent incomplete learning. It was determined that a seventh-grade student who handled his mental model of the atom within the framework of the scientific model was influenced by the Thomson atomic model. With this finding, the student in question showed that he had moved away from modern atomic theory, as he expressed his mental model in the form of a grape cake. The primary reason for this situation's emergence can be attributed to the knowledge gained in the course environment. Finally, while it should be emphasized that each model in the atomic model table was updated and the scientific models were finalized, the other models lost their validity. Unfortunately, information pollution cannot be avoided in the minds of students. It seems possible to come across similar findings symbolizing the relevant situation in literature. In a study conducted to determine the mental models of secondary school students related to atomic structure, it was concluded that the students' mental models were inconsistent, with the most incredible inconsistency observed in the Bohr atomic model (Zarkadis, Papageorgiou, & Stamovlasis, 2017). In another study, it was found that secondary school students defined their mental model of the atom based on the Rutherford atomic model (Saridas & Unsal, 2020). In the past, educators included expressions such as "Solar system model" or "Mediatic model" in their first statements about the structure of the atom to students at the secondary school level, which is the reason why students created a different structure in their mental models than the real atom (Yıldız, 2006). This problem, which remains current considering the research findings, has revealed that questioning teachers' false statements is more of a necessity than a luxury. Moreover, while maintaining the agenda that there are numerous unanswered questions and criticisms regarding the proper teaching of atomic and molecular structure at both secondary and secondary school levels, similar problems have been included in the literature in the past (Gillespie, 1991;

Hawkes, 1992; Shiland, 1995; Tsaparlis, 2002). This situation makes it inevitable that the problem identified regarding the inadequacy of teaching in the field of science is the same and unchanging every semester.

The colorful spherical category, which is among the categories that symbolize the mental models of eighth-grade students about the concept of atoms, is evidence of similar situations identified within the scope of the research. The fact that some students believe the difference between elementary particles in the atomic model may be due to color has once again revealed that misconceptions can arise in the process of developing a mental model. While both the student statements and the three-dimensional model example showed that the elementary particles of the atom were incompletely learned, they strengthened the possibility that the factors that misled the students could be auxiliary resources, such as school course materials. Finally, when we examine the period of students preparing for the "High School Entrance Exam," it can be easily stated that the structure of the atom can be visualized and encoded in their thoughts due to the visuals in the test-style books. In addition, the similarity of misconceptions about the atom in the transition from the seventh-grade level to the next grade level indicates that the information pollution in the pre-learning of students, as the grade level progresses, persists in the upper levels unless corrected. In the literature study (Kilicoglu, 2019), it is stated that students are misconceived about atoms and molecules, especially secondary school students have difficulty in perceiving, learning and making concepts concrete due to their abstract nature, and this situation that will continue in their future education and may affect related science subjects, the correct method, technique and teaching for students to make sense of the concepts to be learned in science education correctly (Ince & Celikler, 2021). Literature studies support the findings of the research in this respect.

Among the findings for the eighth-grade students was a noted configuration problem with the size of the atom during the process of working on a three-dimensional model. It has been determined that some students who consider the presence of the electron plane in their thoughts have trouble in the process of creating three-dimensional objects. This difficulty can be attributed to the random placement of electrons in their orbits. In addition, the same finding presented a result with this expression because the student with the code Ö55 said that it is easy to animate three dimensions, but challenging to create them. In this situation, it has been shown that incorporating the ability to think in three dimensions into practice can be a limiting factor in the process of creating a mental model. It is stated that to interpret new information effectively, one must keep the existing information in mind, ensure its permanence through memorization, and then create a mental model aligned with the perceived information (Gunes et al., 2004). However, although it may seem straightforward, it is essential to increase the frequency of model-building activities in science lessons to develop three-dimensional thinking skills and enhance learning. As a matter of fact, according to the recently updated science curriculum (MEB, 2024), ensuring that digital content such as appropriate visuals, models, animations and simulations of events that cannot be directly observed is included in learning environments, and enriching the model creation process integrated with conceptual content with up-to-date teaching approaches and methods, taking into account the scientific inquiry and engineering design cycle, will meet the differentiated teaching needs of students. While it is striking that the expression "-model creation skills", which is among the field-specific skills, is emphasized especially at the seventh and eighth grade levels in the context of student outcomes, the fact that these issues also create a need at the third-grade level (MEB, 2024) and their reconsideration have shown the importance of teaching through modeling.

The findings obtained from the mental models of seventh-grade students regarding the concept of molecules revealed that the students likened a structure formed by the combination of atoms to a molecule. However, during the interview process, it was determined that a student who simulated the concept of a molecule as a geometric shape described the molecule as three states of matter (solid, liquid, and gas) and compared the positions of atomic particles during state changes to those of molecules. In another finding, it was determined that a student who likened the molecule to the shape of a water monkey (See Figure 7) confused the compound's atomic structure with its molecular structure in the three-dimensional model study. It was observed that the student did not consider the size of the type of atom that makes up the relevant

molecule and did not choose to differentiate in the models presented. The findings showed that the students randomly transferred the knowledge they acquired at the definition level to the application process. So much so that in the three-dimensional model of the student with the code Ö35, who compares his mental model to fireworks, his explanation for the CO (Carbon Monoxide) compound and the Co (Cobalt) element is as follows: The molecule of the relevant element is formed when two capital letters come together. This statement reinforces the interpretation made. However, CO is a type of compound molecule. However, it is not a molecule of the element Co. Based on the research findings, it would not be incorrect to say that mental models can help reveal aspects of students' meaningful learning in terms of field knowledge and detect false learning that appears in their mental processes. In some studies, the literature mentions that the mental model can provide a criterion for assessing the amount of scarcity or abundance of the subject taught, which supports the research findings in this respect (Ciltas & Işık, 2012; Kurnaz & Degirmenci, 2012; Yuzbasioglu, 2015).

As can be seen from the examples of mental models of eighth-grade students for the concept of molecules (citrus tree, vineyard, vascular layer), most of the students involved in the research group structure the molecule according to the presence of bonds between atoms. The integration of contextual materials, such as toothpicks, sticks, and wires, into a round structure in the three-dimensional model examples created by the students led the researchers to this interpretation. This situation, as determined in the student findings, led to the conclusion that the students were unable to distinguish between molecular and atomic structure. However, while there may be a bond structure between atomic compounds such as simple sugar, it is possible to attribute the different interpretations of the types of chemical bonds included in the 9th grade curriculum (which are included in the 2013 curriculum at the 7th and 8th grade levels) to the mitigation of the subjects in the curriculum at this age level. This situation, as determined within the scope of the research, has yielded significant results in the literature studies. Although some studies suggest that mental models are influenced by past learning, the fact that learning can change with teaching is an undeniable factor. Initial learning is a crucial factor in shaping mental models (Nakipoğlu, 2019; Nakipoğlu & Yıldırım, 2020). He also clarified that it can sometimes resist change (Taber, 2003). Relevant studies have emphasized that students' learning deficiencies in chemical bonds persist at the secondary education level, and even at the university level, these deficiencies cannot be easily eliminated (Nakipoğlu, 2019). The fact that students visibly feel the need to learn about chemical bonds makes it inevitable to review the science curriculum from this perspective.

Upon examining Table 6, it is striking that the mental models of seventh- and eighth-grade students regarding the concept of an atom differ only in terms of geometric shape and scientific model code. However, when the geometric shape model, which represents the mental model of both grade levels, is examined, it is noticed that eighth-grade students discussed the proton particle more, while seventh-grade students discussed the electron particle more. It was inferred that eighth-grade students in the achievement of "Explain how groups and periods are formed in the periodic system" (MEB, 2018) brought the proton particle to the fore as they adopted the atomic number and period group finding situations. Seventh-grade students were introduced to the concepts of electron clouds and atomic layers. They may show the location and presence of the electron on the model because of being affected by the concepts of electron cloud and layer. Another important reason why seventh-grade students express the electron particle more when referring to the transformations of scientific models from the past to the present in the classroom is that it seems possible to attribute this to the frequent repetition of the change phase, according to the location and presence of electrons. The identified situations lead to the conclusion that achievements in the curriculum can shape student development.

When Table 7 is examined, it is evident that seventh- and eighth-grade students are united in a standard code according to the geometric shape category that symbolizes the mental model of the concept of molecules. It was noteworthy that seventh-grade students structured the parts of the molecule in a way that was intertwined with the adjacent structure formed in the three-dimensional model study. In contrast, the eighth-grade students preferred materials that symbolize specific lengths. This differentiation between the two levels of students

revealed that spatial thinking abilities may differ according to their developmental levels as the grade level progresses. Although this differentiation seems to be positive in terms of the course of the research, ignoring the existence of the bonds that make up the atom and molecule at the seventh-grade level, ignoring the bond between atoms at the eighth-grade level and reflecting the existence of only the bonds that make up the molecule in the models causes incomplete learning. To such an extent that, in a study conducted by Bilge (2017), seventh-grade students reflected on their mental models of the concepts of atoms and molecules using three-dimensional models while discussing the bonds between atoms and molecules. The literature study revealed that students described their mental models with richer expressions, and that the three-dimensional models were closer to the representative object and more representative of reality. In line with the findings of this study, it has been revealed that incomplete learning in the seventh grade has a profound impact on the eighth-grade level. In this context, as frequently stated within the scope of the research, it is not difficult to predict that easing the curriculum will adversely affect another level.

In the research, evaluations were made on three-dimensional models to determine the mental models of secondary school seventh and eighth grade students about the concepts of atoms and molecules and to compare these models in the context of grade level, it has been revealed that the determination of the mental model is the determining factor in the concept teaching process. In addition, it is believed that all activities carried out on the model and the modeling process will contribute to the field of science, particularly through the transfer of students' mental models to the three-dimensional model and the opportunity to evaluate them, thereby enhancing student development. Indeed, the models used to concretize concepts that have abstract properties due to their content will facilitate the learning process (Gunes & Celikler, 2010). Additionally, the models have the feature of simplifying complex structures and ideas, making them more understandable. This enables objects, tools, and actions that are not perceived by the sense organs to become perceptible, providing the opportunity to examine phenomena that cannot be replicated in the classroom environment, and helping teachers explain abstract concepts. After all, the models that is a fact that it has a significant role and importance in science education as it increases the comprehensibility of the concept, allows maximum use of time and word group, adds vitality to education, attracts the attention of students and concentrates on the part of the subject to be taught, motivates the desire to learn, and contributes to the inclusion of students in the process by offering the chance to apply on the subject taught (Duskun & Inal, 2015).

SUGGESTIONS

1. Within the scope of the research, the inclusion of auxiliary resources such as academic language, visual resources, and video content on social networks among the factors that lead students to misconceptions about the elementary particles of the atom necessitates investigating and controlling the adequacy of auxiliary resources before teaching the concept.

2. Since the process in which eighth-grade students model the structure of the atomic concept facilitates the development of students' three-dimensional thinking and spatial skills, it can be recommended to increase activities suitable for all student outcomes in the science curriculum that are converted into three-dimensional models.

3. Since the three-dimensional models of seventh and eighth grade students' mental models of the concept of molecules reveal that they have learned the concept of molecules incompletely or incorrectly, it may be recommended that teachers use recognition assessment tools to determine students' readiness and pre-learning at the beginning of the semester in order to understand better the concepts and topics that are contextualized for the next grade.

4. Within the scope of the research, since the mental model acts as a determining factor in the process of determining the amount of scarcity and abundance of students' domain knowledge, it will be beneficial for students to carry out activities that reveal their mental models instead of resorting to test, written or verbal information while evaluating the process (formative) of the students.

5. Since the fact that the concepts of atoms and molecules deeply affect the role of the concepts of atoms and molecules on students' learning in the context of lower-upper grade level directs the

research, it is important that the revision studies in the curriculum should not focus only on the determined grade level and that the lower-upper grade level should shape student outcomes.

6. Since secondary school students provide a positive transfer to the communicative aspect of peer group quality, creating environments that contribute to the development of students' learning skills by eliminating their deficiencies, and applying them in the form of group work according to this research, can be seen as important in terms of giving researchers a different perspective.

7. For the subsequent research that will contribute to the literature, in the current science curriculum, it may be suggested to increase the frequency of modelling studies, provided that a presentation is made during the year-end science festival process through the achievements related to "Creates a model of a concept".

REFERENCES

- Akıllı, M. (2011). *Fen bilgisi eğitimi 2. sınıf öğrencilerine "Atomun yapısı" konusunun 3D modelleri yardımıyla öğretimi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Akyol, D. (2009). *Fen alanlarında öğrenim gören üniversite öğrencilerinin zihinlerindeki atom modellerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Alkan, İ. (2015). *Mitoz bölünme öğretimi için kavramsal değişim odaklı bir modelin (materyal) geliştirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Arslan, A. (2013). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin ilköğretim öğrencilerinin anlama, hatırlama, tutma, yaratıcılık düzeyleri ile zihinsel modelleri üzerine etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Aydın, G. (2011). *Öğrencilerin "Hücre bölünmesi ve kalıtım" konularındaki kavram yanlışlarının giderilmesinde ve zihinsel modelleri üzerinde yapılandırmacı yaklaşımın etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ayvacı, H. Ş., Ültay, E. & Mert, Y. (2012). 9. sınıf fizik öğretim programında yer alan teknoloji tasarım kazanımlarının uygulanabilirliğine yönelik öğretmen görüşlerinin belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(1), 20-43.
- Bilen, N. (2015). *Ortaokul matematik dersi beşinci sınıf öğretim programının öğretmen görüşlerine göre matematiksel model ve modelleme açısından incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bilge, E. (2017). *7. sınıf öğrencilerinin atom ve molekül konusunda sahip oldukları zihinsel modellerin belirlenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bilge, E., & Bahçeci, Ş. (2017). Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin atom ve molekül modelini oluşturma sürecinde izledikleri yolların değerlendirilmesi. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 6(1), 21-35.
- Bilge, E. & Ayvacı, H. Ş. (Ekim, 2018). *Fen bilimleri öğretmen adaylarının soru hazırlama becerilerinin yenilenmiş bloom taksonomisine göre incelenmesi*. II. Uluslararası Öğretmen Eğitimi ve Akreditasyon Kongresi'nde sunulmuş sözlü bildiri. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Bilge, E. (2023). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının kapsayıcı eğitim çerçevesinde öğretim yapabilmesine yönelik öğretim modülü tasarlanması ve değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Trabzon Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Trabzon.
- Boo, H. K. & Watson, J. R., (2001). Progression in high school students' (aged 16-18) conceptualizations about chemical reactions in solution. *Science Education*, 85, 568-585.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri [Scientific research methods]* (22. baskı). Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Cokelez, A. & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: Upper secondary school french students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3). 119-135.
- Çökelez, A. & Yalçın, S. (2012). İlköğretim 7.sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modellerinin incelenmesi. *Elementary Education Online*, 11(2), 452-471.

- Çelik, B. (2015). *Beşinci sınıf kesirler konusunun öğretim sürecinin matematiksel modeller açısından incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çepni, S. (2009). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş (geliştirilmiş 4. baskı)*. Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Çiltaş, A. & Işık, A. (2012). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının dizi ve serilerle ilgili zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 167-182.
- Demirci, S., Yılmaz, A. & Şahin, E. (2016). Lise ve üniversite öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modellerine genel bir bakış. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi, Kısım C: Kimya Eğitimi*, 1(1), 87-106.
- Demircioğlu, G., Altuntaş-Aydın, M., & Demircioğlu, H. (2012). Kavramsal değişim metninin ve üç boyutlu modelin 7. sınıf öğrencilerinin atomun yapısını anlamalarına etkisi. *Bayburt eğitim fakültesi dergisi*, 7(2), 70-96.
- Demirhan, E. (2015). *3D model tasarlayanın fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarıları, problem çözme becerileri, bilimsel yaratıcılıkları ve sürece yönelik algılarına etkisinin incelenmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deniz, D. & Akgün, L. (2014). Ortaöğretim öğrencilerinin matematiksel modelleme yönteminin sınıf içi uygulamalarına yönelik görüşleri. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 103-116.
- Derman, A., Koçak, N., & Eilks, I. (2019). Insights into components of prospective science teachers' mental models and their preferred visual representations of atoms. *Education Sciences*, 9(2), 154.
- Dündar-Koylahisar, T. (2012). *İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinde özdeşlikleri modelleme becerilerinin incelenmesi: Origami ile modellenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Düşkün, İ. & Ünal, İ. (2015). Modelle öğretim yönteminin fen eğitimindeki yeri ve önemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4(6), 1-18.
- Ergün, A. (2013). *Atom ve molekül konusunda kavram yanlışlıkları ve bunları iyileştirmek için örnek etkinlikler* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Flávia, P., Ferreira, M. & Justi, R. (2007). Teachers' role in planning and conducting modelling activities in science teaching. [Electronic version]. *Journal of Science Education*. 8(2), 66-70.
- Fraenkel, J.R., & Wallen, N. E. (2003). How to design and evaluate research in education (5th Ed.). New York: Mcgraw-Hill Publishing.
- Gillespie, R.J. (1991). What is wrong with the general chemistry course?. *Journal of Chemical Education*, 68(3), 192-194.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Günbatar, S. & Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konularında anlaşılması zor kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 185-197.
- Güneş, M. H. & Çelikler, D. (2010). The Investigation of Effects of Modelling and Computer Assisted Instruction on Academic Achievement. *The International Journal of Educational Researchers*, 1(1), 20-27.

- Güneş, B., Gülçiçek, Ç. & Bağcı, N. (2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(1), 35-48.
- Gürdal, A., Şahin, F. & Çağlar, A. (2001). *Fen eğitimi ilkeler, stratejiler ve yöntemler*. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Berber, N. C. & Güzel, H. (2009). Fen ve matematik öğretmen adaylarının modellerin bilim ve fende rolüne ve amacına ilişkin algıları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 87-97.
- Hacısalıhoğlu, M. (2013). *6. sınıf öğrencilerinin proje ve performans görevleriyle ilgili görüşleri ve karşılaştıkları güçlükler* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Harrison, A. G. & Treagust D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry, *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000b). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Hawkes, S. J. (1992). Why should they know that?. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 178-181.
- İnce, N. & Çelikler, D. (2021). 7. sınıf "Maddenin Tanecikli Yapısı" konusunda kullanılan eğitsel oyunların öğrencilerin farkındalıklarına etkisi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51, 495-519.
- Karamustafaoğlu, S., Karamustafaoğlu, O. & Yaman, S. (2005). Fen ve teknoloji eğitiminde kavram öğretimi. M. Aydoğdu & T. Kesercioğlu (Eds.). *İlköğretimde Fen ve Teknoloji Öğretimi* (ss. 25-54). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Karagöz, Ö. & Sağlam-Arslan, A. (2012). İlköğretim öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerinin analizi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 132-142.
- Kaymakcı, G., Orhan, T.Y. & Aycan, H.Ş. (2019). Mental models of the students from different levels of education about the structure of atom, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(1), 14-27.
- Kılıçoğlu, F. (2019). "Maddenin Tanecikli Yapısı" Konusunun Model ve Modellemelerle Öğretiminin Öğrencilerin Başarısı ve Atomla İlgili Zihinsel Modelleri Üzerine Etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trabzon Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Trabzon.
- Kiray, S. A. (2016). The Pre-Service Science Teachers' Mental Models for Concept of Atoms and Learning Difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147-162.
- Koçak, E. (2006). İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinde "sindirim ve görevli yapılar", "boşaltım ve görevli yapılar" ve "Çiçekli bir bitkiyi tanıyalım" konularının modelle öğretiminin öğrenci başarısına etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (2013). *The constructivist credo*. California, CA: Left Coast Press.
- Kurnaz, M. A. & Değirmenci, A. (2012). 7. sınıf öğrencilerinin güneş, dünya ve ay ile ilgili zihinsel modelleri. *İlköğretim Online* 11(1), 137-150.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *An expanded sourcebook: Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mili Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

- Mili Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- 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.
- Nakiboğlu, C., Karakoç, Ö. & Benlikaya, R. (2002). Öğretmen adaylarının atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(2), 88-98.
- Nakiboğlu, C. & Yıldırım, Ş. (2020). Ortaöğretim öğrencilerinin metalik bağ ile ilgili algıları, metalik bağ tanımlamada kullandıkları metaforlar ve yaptıkları benzeşimler. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [MSKU Journal of Education]*, 7(1), 1-11.
- Olkun, S. & Toluk, Z. (2003). *İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Ormancı, Ü. & Balım, A. G. (2014). Ortaokul öğrencilerinin madde konusuna yönelik fikirleri: Çizim yöntemi. *Elementary Education Online*, 13(3), 827-846.
- Özdamar K. (2001). Örneklem Yöntemleri. SPSS ile Biyoistatistik. (4. Baskı).
- Papageorgiou, G., Angelos, M., & Zarkadis, N. (2016). Students' representations of the atomic structure – the effect of some individual differences in particular task contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 209-219.
- Park, E.J. & Light, G. (2009). Identifying atomic structure as a threshold concept: Student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31(2), 233-258.
- Polat, Z. (2012). *Öğrencilerin atom konusundaki zihinsel modelleri ile ders kitaplarındaki atom görsellerinin karşılaştırılması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. John K. Gilbert (Ed.), In *Visualization in science education* (pp. 43-60). Springer Netherlands.
- Sarıdaş, N. & Ünsal, Y. (Haziran, 2020). *Ortaöğretim 12. sınıf öğrencilerinin atom kavramına yönelik zihinsel modellerinin incelenmesi*. 5th International EMI Entrepreneurship & Social Sciences Congress sunulan bildiri, Gostivar/N. Macedonia.
- Shenton, A. K. (2004). Strategies for ensuring trustworthiness in qualitative research projects. *Education for Information*, 22, 63-75.
- Şahin, B. (2009). Metodoloji. A. Tanrıöğen (Eds.). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (ss. 109-130). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Şahin, Y. (2016). *Drama tekniği ile zenginleştirilmiş 5E öğretim modelinin öğrenci başarı ve tutumlarına yönelik etkileri: Maddenin tanecikli yapısı ve karışımlar*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Giresun Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Giresun.
- Shiland, T.W. (1995). What's the use of all this theory? The role of quantum mechanics in high school chemistry textbooks. *Journal of Chemical Education*, 72(3), 215-219.
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learners' Prior learning. *Science Education*, 87, 732-758.
- Tarciso-Borges, A. & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.

- Tsaparlis, G. (2002). Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students?. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 129-144.
- Ulutaş, B. (2010). *Kimya eğitimi öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki zihinsel modelleri ve bilişsel haritaları* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ankara.
- Yalçın, S. (2011). *İlköğretim 7. Sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili zihinsel modelleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Yaseen, Z. & Akaygün, S. (2016). Lise öğrencilerinin atom ile ilgili zihinsel modellerinin ders kitaplarındaki görseller ile karşılaştırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40, 469-490.
- Yeğnidemir, D. (2000). *Temel eğitim 8. sınıf öğrencilerinde madde ve maddenin tanecikli boşluklu hareketli yapısı ile ilgili yanlış kavramların tespiti ve giderilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (6. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, H. T. (2006). *İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Yüzbaşıoğlu, M. K. (2015). *Ses konusuyla ilgili öğrenci zihinsel modellerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- 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.