

Üstün Yetenekli Öğrencilerin Maddenin Tanecikli Yapısına İlişkin Kavram Yanılgıları

Gifted Students' Misconceptions About the Particulate Nature of Matter

Seda İHTİYAR ŞAHİN¹

Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, ORCID No: 0009-0008-1563-1952

Kaynak Gösterimi İçin (For cited in):

İhtiyar Şahin, S. (2026). Üstün Yetenekli Öğrencilerin Maddenin Tanecikli Yapısına İlişkin Kavram Yanılgıları. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 14 (2026), 338-372. DOI: <https://doi.org/10.56423/fbod.1551961>

Üstün Yetenekli Öğrencilerin Maddenin Tanecikli Yapısına İlişkin Kavram Yanılgıları

Seda İHTİYAR ŞAHİN*

Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, ORCID No: 0009-0008-1563-1952

Makale Bilgisi	Öz
Gönderilme Tarihi: 17, Eylül, 2024 Revizyon Tarihi: 12, Mayıs, 2026 Kabul Tarihi: 17, Ağustos, 2026	<i>Bu araştırmada, üstün yetenekli öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin sahip oldukları kavram yanılgılarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Maddenin tanecikli yapısı, atom kavramının anlaşılmasında temel bir yere sahip olup fizik, kimya ve biyoloji alanlarındaki birçok konunun kavramsal altyapısını oluşturmaktadır. Araştırma, Bilim ve Sanat Merkezlerinde öğrenim gören genel zihinsel yetenek alanına kayıtlı 217 öğrenci ile yürütülmüştür. Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen iki aşamalı tanılayıcı test kullanılmıştır. Testin geliştirilme sürecinde uzman görüşleri alınmış, pilot uygulama sonrasında gerekli düzenlemeler yapılarak nihai form oluşturulmuştur. Bulgular, öğrencilerin atom, tanecik, genleşme, büzülme, kütle, hacim ve yoğunluk kavramları arasındaki ilişkileri bilimsel olarak açıklamakta güçlük yaşadıklarını göstermiştir. Araştırma sonucunda, belirlenen kavram yanılgılarının giderilmesine yönelik öğretimsel düzenlemelerin yapılması önerilmiştir.</i>
Anahtar Kelimeler: Bilim ve sanat merkezi, kavram yanılgıları, fen bilimleri, üstün yetenekli öğrenci	

Gifted Students' Misconceptions About the Particulate Nature of Matter

Article Information	Abstract
Received: 17, September, 2024 Revised: 12, May, 2026 Accepted: 17, August, 2026	<i>This study aimed to identify the misconceptions held by gifted students regarding the particulate nature of matter. The particulate nature of matter has a fundamental role in understanding the concept of the atom and forms the conceptual basis for many topics in physics, chemistry, and biology. The study was conducted with 217 students enrolled in the general intellectual ability program at Science and Art Centers. A two-tier diagnostic test developed by the researcher was used as the data collection instrument. During the development process of the test, expert opinions were obtained, and the final form was created after necessary revisions based on the pilot implementation. The findings showed that students had difficulty scientifically explaining the relationships among the concepts of atom, particle, expansion, contraction, mass, volume, and density. As a result, it was recommended that instructional arrangements be made to address the identified misconceptions.</i>
Keywords: Science and art center, misconceptions, science teaching, gifted students	

*Sorumlu Yazar: E-mail: sedaihtiyarsahin@gmail.com

Giriş

Kavram; insan zihninde anamlanan, farklı obje ve olguların değişebilen ortak özelliklerini temsil eden bir bilgi yapısı olmakta, bir sözcükle ifade edilmekte ve insanların düşünceleri sonucu gelişmektedir (Çeliköz, 1998). Gemici (2012), kavramların somut varlıklar, nesneler ya da olaylar olmadığını; bunların belirli sınıflamalar altında bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan soyut düşünsel birimler olduğunu belirtir. Ayas (2011), kavramların fiziksel dünyada değil, zihinsel düzlemde varlık gösterdiğini; gerçek dünyada ancak bu kavramlara ilişkin örneklerin bulunabileceğini vurgular. Çepni vd., (2005), kavramları bir objeden söz edildiğinde bireyin zihninde o nesneye ilişkin beliren ilk çağrışımlar olarak tanımlar.

Bireyler doğumundan itibaren temel kavramları öğrenir ve kavramlar arası ilişki kurmaya başlar. Zihindeki bu öğrenme hayat boyu devam eder ve kavramlar arası ilişkiler daha da karmaşık şekilde kurulmaya başlar. Bu bağlamda kavram birçok durumda doğrudan ya da dolaylı olarak öznel gerçekliği içerir (Bozan ve Savaş, 2019). Kavramlar, birçok öğretim programının temel bileşenlerinden biridir. Fen bilimlerinde kavram öğretimi ise kritik bir öneme sahip olup öğretim sürecinin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir (Eggen ve Kauchak, 2004). Fen bilimleri ile ilişkili olgu ve süreçler, günlük yaşamın farklı alanlarında bireylerin karşısına çıkmakta ve çeşitli deneyimler yoluyla anlamlandırılmaktadır. Bununla birlikte, fen bilimlerine ait kavramların çoğunlukla soyut nitelikte olması hem öğretmenler hem de öğrenciler açısından çeşitli güçlükleri beraberinde getirmektedir (Uyanık, 2019). Fen bilimleri dersi, içerdiği soyut kavramlar nedeniyle öğrencilerin zorlandığı alanlardan biridir. Bayram, vd., (1997), nitelikli bir fen öğretimi için temel fen kavramlarının eğitim-öğretim sürecinin en başından itibaren doğru şekilde kazandırılmasının kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır. Ayrıca, bu temel kavramların, ilerleyen süreçte öğrenilecek fen konuları ve ilişkili kavramların anlaşılmasında belirleyici bir rol oynadığına dikkat çekmektedirler. Öğrencilerin ön bilgileri bazen bilimsel gerçeklerden farklılık gösterebilir, bu da yanlış kavramlara yol açar. Bu tür yanlış anlamalar literatürde "alternatif kavramlar", "yanlış anlamalar", "çocukların bilimi" gibi farklı terimlerle ifade edilse de (Nakiboğlu ve Özkılıç Arık, 2006; Skelly & Hall, 1993; Yağbasan & Gülçiçek, 2003), son yıllarda "kavram yanılgısı" terimi daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kavram yanılgısı ortaklaşa kabul edilen bilimsel anlamından ziyade bireyin zihninde deneyimleri sonucunda yapılandığı ve farklı anlamlar yüklediği şekliyle ortaya çıkabilmektedir. Yağbasan ve Gülçiçek'e (2003) göre kavram yanılgıları, öğrenciler için diğer açıklayıcı bilgilerden farklı değildir, benzer şekilde düzenlenir, bu nedenle dirençlidir. Öğrenme-öğretme ortamında kavram yanılgıları öğrencilerin öğrenmesine engel olan en önemli nedenlerden biridir (Şen & Yılmaz, 2012). Öğrenciler fen bilimleri dersine günlük hayatından, yaşam biçiminden, izlediği, gördüğü, yaşadığı çevreden fazlasıyla bilgi toplayarak gelmektedir. Dolayısıyla birçok temel fen kavramını önceden işitmekte ve kendisine göre zihninde yapılandırmaktadır.

Fen öğretimiyle hedeflenen; öğrencilerin bilimsel bilgilerin farkına varıp bilimsel düşünceyi hareketlendirmek ve bu bildiklerini günlük yaşamları ile ilişkilendirebilmeleri ve günlük yaşamlarında karşılarına çıkan problemlerin çözümünde bilimsel süreç becerilerini

kullanabilmeleridir (Armağan-Sancar, 2010). Bilimsel süreç becerileri, fen bilimleri eğitiminde öğrenmeyi kolaylaştıran temel yetkinliklerdir. Bu beceriler, öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif rol almalarını teşvik eder, kendi öğrenmelerine yönelik sorumluluk duygularını geliştirir ve edinilen bilgilerin kalıcılığını artırır. Ayrıca, araştırma yöntem ve tekniklerini kazandırma açısından da kritik bir öneme sahiptir (Çepni & Çil, 2009). Fen içeriğinin anlaşılmasını kolaylaştıran bilimsel süreç becerileri; sorgulama, soru sorma ve yanıt arama, keşfetme, problem üzerine düşünme ve problem çözmeyi destekleyen yetkinliklerdir. Bilim insanları, gözlem, sınıflandırma, karşılaştırma, tahmin, çıkarım yapma, deney gerçekleştirme ve verileri yorumlama gibi çeşitli becerilerle somut deneyimler üzerinden bilimsel bilgiyi oluşturur ve sistematize eder (Aslan vd.,2016). Fen öğretiminde bilimsel süreç becerileri; öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerilerini güçlendirirken, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin güncel ve kapsayıcı eğitim yaklaşımıyla da doğal bir uyum içindedir. Model, eğitimi hayat boyu erişilebilir bir hak olarak ele alır; fırsat eşitliğini önceleyen, çeşitliliği gözetken ve öğrencilerin ilgi-yeteneklerine duyarlı esnek öğrenme ortamlarını teşvik eder. Bilgiyi edinme ile sorumluluk almayı birlikte düşünmesi, öğrencilere bilimsel bilgiyi fark etme, bu bilgiyi harekete geçirme ve günlük yaşam problemlerini veri temelli yöntemlerle çözme yönünde güçlü bir zemin sunar. Böylece gözlem, sınıflama, karşılaştırma, tahmin, çıkarım, deney ve veri yorumlama gibi temel beceriler, eleştirel ve yaratıcı düşünmeyi destekleyen öğrenme ekosistemlerinde daha da derinleşir (MEB, 2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, bilgiyi pasif biçimde alan değil onu üreten, günlük yaşamda etkili biçimde kullanan, gerektiğinde sorgulayan ve eleştiren; bilim ve teknolojinin yalnızca tüketicisi değil üreticisi ve yöneticisi olan bireyler yetiştirmeyi hedefler (MEB, 2024). Bu bağlamda, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin sunduğu bu bütüncül ve yetkin birey yetiştirme vizyonu, özellikle üstün yetenekli öğrencilerin potansiyellerini en üst düzeyde gerçekleştirmeleri için özel bir zemin oluşturmaktadır.

Bu bağlamda Millî Eğitim Bakanlığı'nın yürüttüğü Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM), doğuştan getirdikleri bilişsel, yaratıcılık ve motivasyon özellikleriyle yaşitlarından anlamlı biçimde ayrışan öğrencilerin eğitime odaklanan, farklılaştırılmış ve zenginleştirilmiş öğrenme yaşantıları sunan kurumlardır. BİLSEM'lerde genel eğitim müfredat ve hedeflerinden ayrışan, öğrencinin ilgi ve yeteneklerine duyarlı, esnek ve bireyselleştirilmiş bir öğretim tasarımı benimsenmektedir. BİLSEM'ler, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin bütüncül eğitim felsefesi doğrultusunda özel yetenekli öğrencilere yönelik tasarlanmış kurumlardır. Bu merkezlerde, öğrencilerin potansiyellerini en üst düzeyde geliştirmeleri hedeflenirken, bilgi aktarımının ötesinde bilimsel süreç becerileri, eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık gibi üst düzey becerilerin kazandırılmasına odaklanılır. Programlar, öğrencilerin ilgi ve yetenekleri doğrultusunda farklılaştırılmış, zenginleştirilmiş ve hızlandırılmış bir yaklaşımla, proje tabanlı ve disiplinler arası öğrenme deneyimleri sunar. Bu sayede öğrenciler, gerçek yaşam problemlerine çözüm üretebilen, bilimsel düşünceye sahip ve kendini gerçekleştiren bireyler olarak yetişirler (MEB, 2024). Bu bütüncül ve farklılaştırılmış yapı güçlü bir temel sunsa da özellikle fen öğrenme süreçlerinde öğrencilerin önceki bilgileriyle yeni kavramları ilişkilendirme biçimlerinden kaynaklanan kavram yanılgıları oluşabilmekte; BİLSEM'de hedeflenen derin öğrenmenin sürdürülebilmesi için bu yanılgıların sistematik olarak belirlenmesi ve giderilmesi kritik önem taşımaktadır.

Kavram yanlışlarının belirlenmesi ve öğretim sürecinde dikkate alınması, özellikle bilim ve sanat merkezlerinde öğrenim gören öğrenciler açısından önem taşımaktadır (MEB, 2024; Demircioğlu vd., 2016). Öğrencilerin zekâ düzeyleri ve yorumlama becerileri kavram öğrenme süreçleriyle ilişkili değişkenler arasında yer almakta; üstün yetenekli öğrencilerin fen kavramlarını yapılandırma biçimleri ile bu süreçte ortaya çıkan bilişsel özellikler alan yazında üzerinde durulan konular arasında bulunmaktadır (Doğan, 2007). Fen eğitiminde bilimsel süreç becerileri, öğrencilerin yalnızca kavramları tanımlamalarını değil, kavramlar arasındaki ilişkileri açıklamalarını, yorumlamalarını ve anlamlandırmalarını da kapsamaktadır. Yerlikaya ve Kılıç (2021), bu becerilerin gelişim düzeyinin öğrencilerin fen kavramlarını anlamlandırma süreçleriyle ilişkili olduğunu belirtmektedir. Temel fen kavramlarının ilköğretim yıllarında doğru ve anlamlı biçimde öğrenilmesi sonraki öğrenmeler için bir temel oluştururken (Çiçek, 2008), kavram yanlışları ve yanlış anlamalar ilerleyen öğrenme süreçlerini etkileyebilmekte ve uzun süre varlığını sürdürebilmektedir (Nakhleh, 1992). Bozan ve Behsat (2019) tarafından yapılan çalışmada üstün yetenekli öğrencilerde ısı ve sıcaklık, erime ve çözünme ile kütle ve ağırlık kavramlarına ilişkin çeşitli kavram yanlışlarının belirlenmiş olması, bu öğrenci grubunda kavramsal yapıların incelenmesine yönelik araştırmaların alan yazındaki yerini desteklemektedir.

Temel fen kavramlarının ilköğretim sürecinde iyi derecede ve doğru olarak öğrenilmesi sonraki yıllarda gerçekleşecek öğrenmeler için oldukça önemlidir (Çiçek, 2008). Çünkü öğrencilerin sahip olduğu yanlış anlamalar ve kavram yanlışları, öğrencilerin sonraki öğrenmelerini etkilemekte ve değişime karşı direnç göstermektedir (Nakhleh, 1992). Altay ve Balım'a (2021), göre fen bilimlerinin en temel kavramları maddenin tanecikli yapısı konusunda yer almaktadır. Bu konuya ilişkin süreçlerin doğrudan gözlemlenememesi ve eğitim ortamlarında yeterli düzeyde somutlaştırılamaması, öğrencilerin kavramları anlamlandırma süreçlerini zorlaştırabilmektedir. Nitekim alan yazında, maddenin tanecikli yapısına ilişkin çeşitli kavram yanlışlarının yaygın olarak rapor edildiği görülmektedir (Ayas ve Özmen, 2002; Adadan vd.,2010).

Fen bilimleri alanı (fizik, kimya ve biyoloji), suyun hâl değişimlerinden güneşin doğup batmasına, ayın evrelerinden levha hareketlerine ve şimşek-yıldırım gibi doğa olaylarına kadar pek çok olguyu kapsayan geniş bir yapıya sahiptir. Bu yönüyle, öğrenciler ortaokul yıllarında fen bilimleri ile karşılaştıklarında, ders içeriğini günlük yaşamla kolayca ilişkilendirebilmekte ve bilimsel olaylara yönelik merak geliştirmektedir. Günlük hayattan alınan örneklerle desteklenen bu öğretim süreci, fenin öğrenciler için daha ilgi çekici ve anlamlı bir öğrenme alanı haline gelmesini sağlamaktadır (Bilge, 2023). Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı ile ilgili farklı fakat birbiriyle ilişkili kavram yanlışlarına sahip olmalarının en önemli nedeni günlük hayat deneyimleridir (Kirman-Bilgin & Yiğit, 2017). Günümüzde atom kavramı, çocukların karşısına çoğu zaman sosyal medya ve çeşitli dijital içerikler aracılığıyla erken yaşlarda çıkmaktadır. Ortaokul düzeyinden itibaren ise atomun yapısı, büyüklüğü, modelleri ve moleküllerle ilişkisine yönelik kavramlar fen bilimleri dersi kapsamında daha sistematik bir biçimde ele alınmaktadır (MEB, 2024). Öğrencilerin okul öncesinde ve günlük yaşamda edindikleri bilgiler ile formal öğretim sürecinde sunulan bilimsel açıklamalar arasındaki ilişki, atom kavramına yönelik zihinsel yapıların oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu

nedenle öğrencilerin atom kavramına ilişkin mevcut bilgi ve düşüncelerinin incelenmesi, kavramsal öğrenme süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlayabilmektedir.

Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavramları günlük yaşam olaylarıyla ilişkilendirmekte ve açıklamakta güçlük yaşayabildikleri belirtilmektedir (Özmen vd., 2002). Maddenin tanecikli yapısı ile ilişkili kavramlar arasında yer alan hâl değişimi konusu, günlük yaşamda sıklıkla karşılaşılan olayların açıklanmasında kullanılmasının yanı sıra birçok fen kavramının öğrenilmesine de temel oluşturmaktadır. Bu nedenle hâl değişimine ilişkin kavramların doğru biçimde yapılandırılması, fen öğrenme sürecinin önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Öğrencilerin bu kavramlara ilişkin sahip oldukları bilgi yapılarının ve olası kavram yanlışlarının belirlenmesi, öğrenme süreçlerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu durum, özellikle üstün yetenekli öğrenciler açısından da önem taşımaktadır. Üstün yetenekli öğrenciler akranlarıyla benzer gelişim süreçlerinden geçmekle birlikte, kavramsal ve soyut düşünme becerileri bakımından farklı özellikler gösterebilmektedirler (Bozan & Savaş, 2019). Bu nedenle üstün yetenekli öğrencilerin kavram yanlışlarının, anlama düzeylerinin ve fen kavramlarını yapılandırma biçimlerinin incelenmesi, öğretim sürecinin planlanması ve geliştirilmesi açısından alan yazında üzerinde durulan konular arasında yer almaktadır (Demircioğlu vd., 2016). Bu çalışma, Türkiye’de BİLSEM öğrencilerinin atom kavramına ilişkin zihinsel temsillerini ve kavram yanlışlarını incelemeyi amaçlamıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmada, üstün yetenekli öğrencilerin çeşitli fen kavramlarına ilişkin kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak alan yazın incelendiğinde, atom kavramına ilişkin zihinsel temsiller ve kavram yanlışlarının özel olarak ele alındığı araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, iki aşamalı tanılayıcı testten elde edilen öğrenci yanıtlarına dayanarak öğrencilerin atom kavramını nasıl anlamlandırdıklarına ışık tutmakta ve model–gerçeklik ayrımı, parçacıklılık–süreklilik anlayışı ile yük, boyut ve enerji ilişkileri gibi temel alt boyutlarda belirginleşen kavram yanlışlarını sistematik biçimde ortaya koymaktadır. Böylece, uluslararası alanyazında kavramsal değişim ve tanılama yaklaşımlarıyla ortaya konan bulguları (Treagust, 1988; Harrison & Treagust, 1996; Taber, 2002) özel yetenekli öğrenciler bağlamında sınamakta; Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli’nin bilimsel akıl yürütme ve kavramsal derinlik hedefleriyle uyumlu, kanıta dayalı zenginleştirme önerileri üretmektedir. Bu bağlamda araştırmada aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

Bilim ve sanat merkezinde öğrenim gören öğrencilerin:

1.Bir madde ısıtıldığında ve soğutulduğunda maddenin taneciklerinde meydana gelen değişimlere ilişkin kavram yanlışları nelerdir?

2.Maddenin hâl değişimi sırasında kütle, hacim ve yoğunluk kavramları ile maddenin tanecikli yapısı arasında kurdukları ilişkiler nelerdir?

3.Bir maddenin ezilmesi durumunda atomlarda meydana gelen değişimlere ilişkin açıklamaları nelerdir?

Yöntem

Bu bölümde araştırmanın deseni, çalışma grubu, veri toplama araçları ile verilerin toplanması ve analizine ilişkin süreçler sunulmaktadır. Yöntemsel yapı, araştırma amaçları doğrultusunda geçerlik ve güvenilirlik ilkeleri temel alınarak düzenlenmiştir.

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nicel yaklaşımda ve betimsel tarama türünde planlanmıştır. Amaç, BİLSEM’de öğrenim gören özel yetenekli öğrencilerinin “Maddenin Tanecikli Yapısı” konusundaki kavram yanlışlarını, mevcut durumlarıyla ortaya koymaktır. Bu tür çalışmalar, bir konunun öğrenciler arasında ne kadar yaygın doğru ya da yanlış anlaşıldığını sayılarla göstermeye uygundur (Çepni ve Çil, 2009). Araştırmada veri toplama aracı olarak iki aşamalı tanılayıcı test kullanılmıştır. Testin ilk aşaması çoktan seçmeli sorulardan, ikinci aşaması ise öğrencilerin seçtikleri yanıtların gerekçelerini açıklamalarını gerektiren açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Bu yapı, öğrencilerin yanıtlarının altında yatan düşünme süreçlerinin ve kavramsal yapılarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum, “doğru seçenek ama yanlış gerekçe” gibi öğretim açısından çok önemli durumları ayırt edilmesini sağlar (Mann ve Treagust, 1998; Gödek vd.,2018; Çepni & Çil, 2009). Fen eğitiminde özellikle maddenin tanecikli yapısı, ısı alışverişi, kütle–hacim–yoğunluk ilişkileri gibi soyut konularda öğrenciler günlük yaşamdan getirdikleri düşüncelerle kalıcı yanlışlar geliştirebilir. İki aşamalı testler, bu yanlışları güvenilir biçimde saptamada etkili bir araçtır (Kind, 2004; Nakhleh, 1992; Adadan vd., 2010). Bu çalışmada ölçme aracı, alan yazın incelenerek hazırlandı; dört uzmandan görüş alınarak kapsamı güçlendirildi, küçük bir öğrenci grubuyla pilot uygulama yapılarak soruların dili ve anlaşılabilirliği iyileştirildi. Açık uçlu gerekçeler iki bağımsız kodlayıcı tarafından değerlendirildi ve yüksek uyum sağlanarak güvenilirlik desteklendi. Seçilen yöntem, neden–sonuç ilişkisi kurmaktan çok mevcut tabloyu açıkça göstermeyi ve sınıf düzeyine göre farklılaşmaları karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Böylece BİLSEM bağlamında görülen kavram yanlışlarının türleri ve yaygınlığı netleşmekte, öğretim sürecine yönelik kanıta dayalı öneriler geliştirilebilmektedir (Driver ve Easley, 1978; Greca & Moreira, 2000; Kind, 2004).

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu Ankara İli’ne bağlı bir Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören 217 ortaokul öğrencisi oluşturmaktadır. Araştırmanın örnekleme amaçlı örnekleme yöntemi kapsamında uygun durum örnekleme kullanılarak belirlenmiştir. Amaçlı örneklemede araştırmacı, araştırmanın amacı doğrultusunda belirli özelliklere sahip bireyleri seçerken; uygun durum örneklemesinde erişimi kolay ve araştırmaya katılımı mümkün olan bireyler tercih edilmektedir (Patton, 2015). Bu araştırmada katılımcılar, bilim ve sanat merkezlerinde öğrenim görüyor olmaları ve araştırmanın odaklandığı özellikleri taşımaları nedeniyle amaçlı olarak seçilmiş; aynı zamanda araştırmacının erişebildiği çalışma grubundan belirlenmeleri nedeniyle uygun durum örnekleme kapsamında değerlendirilmiştir (Yıldırım & Şimşek, 2021). Ankara İli’ ne bağlı bir Bilim ve Sanat Merkezi’nde 5–8. sınıflarda aktif kayıtlı öğrenciler evren olarak tanımlandı. Tüm düzeylerde aynı içerikte duyuru yapıldı, katılım gönüllülük esasına göre yürütüldü. Veli aydınlatılmış onamı olan öğrenciler çalışmaya dahil

edildi. Uygulamalar sınıf düzeyleri için benzer gün/saat ve aynı yönergelerle yapıldı. Çalışma grubuna ilişkin istatistikler Tablo 1’ de yer almaktadır.

Tablo 1. Genel zihinsel yetenek alanı öğrencilerinin sınıf düzeyi ve cinsiyete göre dağılımı

Sınıf Düzeyi	Kız	Erkek	N	%
5. Sınıf	28	27	55	25,3
6. Sınıf	27	30	57	26,3
7. Sınıf	27	25	52	23,9
8. Sınıf	28	25	53	24,5
TOPLAM	110	107	217	100

Araştırmaya katılan 217 öğrencinin 110’u (%50,7) kız, 107’si (%49,3) erkek olup öğrencilerin 55’i (%25,3) 5. sınıfta, 57’si (%26,3) 6. sınıfta, 52’si (%23,9) 7. sınıfta ve 53’ü (%24,5) 8. sınıfta öğrenim görmekte; katılımcıların tamamı Millî Eğitim Bakanlığı tanılama süreci sonucunda genel zihinsel yetenek alanında özel yetenekli olarak belirlenmiş öğrencilerden oluşmaktadır.

Veri Toplama Aracı ve Süreci

Araştırmada kavram yanlışlarının belirlenmesinde iki aşamalı çoktan seçmeli sorular kullanılmıştır. Çoktan seçmeli testlere ikinci bir aşamanın ilave edildiği iki aşamalı teşhis testleri, öğrencilerin muhtemel yanlışlarına veri elde edilmesini sağlamaktadır. Öğrencilerin birinci aşamada kendilerine verilen seçeneklerden en uygun olanını işaretlemeleri, ikinci aşamada da verdikleri cevabı gerekçeleri ile açıklamaları beklenmektedir (Gödek vd.,2018).

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak, maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavram yanlışlarını belirlemeyi amaçlayan iki aşamalı tanılayıcı test araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Testin tasarım sürecinde fen bilimleri alanında kavram yanlışları üzerine çalışan iki öğretmenden görüş alınmış; bu geri bildirimler doğrultusunda yapılan düzenlemelerin ardından fen bilimleri alanında görev yapan bir akademisyenin uzman görüşüyle içerik ve ifade netliği yeniden gözden geçirilmiştir. Pilot uygulama (n=50) sonrasında maddeler; araştırmanın amacıyla uyumu, ölçtüğü kavramsal yapı, madde istatistikleri ve uzman görüşleri doğrultusunda yeniden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sürecinde bazı maddelerin madde ve atom kavramlarıyla ilişkili olmakla birlikte araştırmanın odaklandığı atomun yapısı, maddenin tanecikli yapısı ve tanecik davranışlarına ilişkin kavramsal yapıların belirlenmesine doğrudan hizmet etmediği belirlenmiştir. Örneğin fiziksel ve kimyasal değişimlerin sınıflandırılmasına ya da kimyasal olaylardaki enerji değişimlerine yönelik maddeler, öğrencilerin atom kavramına ilişkin zihinsel temsillerinden çok kimyasal değişim ve enerji dönüşümlerine ilişkin bilgilerini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, iki alan uzmanının görüşleri doğrultusunda veri toplama aracının kapsamı atom kavramı ve maddenin tanecikli yapısı ile sınırlandırılmış; araştırma amacını doğrudan desteklemeyen maddeler testten çıkarılmıştır. Sonuç olarak veri toplama aracı, taneciklerin ısıtılma ve soğutulma durumundaki davranışları, hâl değişimi sırasında kütlelenin korunumu ve fiziksel değişimlerde atomların durumu gibi birbiriyle ilişkili kavramsal yapıların değerlendirilmesine olanak sağlayan dört maddeden oluşturulmuştur. Araştırmada kullanılan iki aşamalı tanılayıcı test formu Ek 1’de sunulmuştur.

Tablo 2. İki aşamalı tanılayıcı testte yer alan soruların hedeflediği kavram yanlışları

Soru No	Konu/Kavramsal Alan	Doğru Seçenek	Kavram Yanılgısını Yansıtan Çeldiriciler	Belirlenmesi Amaçlanan Kavram Yanılgısı
1	Gaz taneciklerinin soğutulması	A	B, C, D	Soğutma sonucunda taneciklerin küçüldüğü, büyüdüğü veya birbirine yapıştığı; tanecik boyutu ile tanecikler arası mesafenin karıştırılması
2	Katı bir maddenin ısıtılması	C	A, B, D	Isı alındığında taneciklerin büyüdüğü veya küçüldüğü; genleşmenin tanecik boyutundaki değişimden kaynaklandığı düşüncesi
3	Hâl değişimi ve kütlenin korunumu	C	A, B	Donma sırasında kütlenin arttığı ya da azaldığı; hâl değişiminin kütle değişimine neden olduğu düşüncesi
4	Fiziksel değişim ve atomun yapısı	C	A, B, D	Ezilme gibi fiziksel değişimlerde atomların ezildiği, küçüldüğü, parçalandığı veya birbirine yaklaştığı düşüncesi

Tablo 2’de sunulan maddeler, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin zihinsel temsillerini ve kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik olarak yapılandırılmıştır. Alan yazında genleşme-büzülme, hâl değişimi ve fiziksel değişim süreçlerinin tanecik boyutu, tanecik sayısı ve kütle kavramlarıyla ilişkilendirilen çeşitli kavram yanlışlarına konu olduğu belirtilmektedir (Nakhleh, 1992; Driver vd., 1994; Taber, 2002; Tokgöz ve Sarıkaya, 2025).

Verilerin Analizi

Bu çalışmada analiz süreci, veri toplama aracının iki aşamalı yapısına uygun biçimde nicel ve nitel çözümlemeler birlikte yürütülerek gerçekleştirilmiştir. İlk olarak dört maddelik nihai formun birinci aşamasındaki çoktan seçmeli yanıtlar madde düzeyinde doğru/yanlış olarak kodlanmış; her madde için doğru yanıt oranları ve çeldirici tercih dağılımları hesaplanarak öğrencilerin yanıt örüntüleri nicel olarak ortaya konulmuştur. Bunu izleyen aşamada ise ikinci bölümde yer alan yazılı gerekçeler içerik analiziyle çözümlenmiştir. Kod şeması, alan yazın ve pilot uygulama bulguları temel alınarak yapılandırılmış; tanecik boyutu–tanecikler arası mesafe–tanecik sayısı ayrımı, hâl değişiminde kütlenin korunumu ve makro (ezilme)–mikro (atomik) düzey ilişkisindeki tipik hatalar için alt kodlar tanımlanmıştır. Bu kapsamda test yanıtlarından türetilen kavram yanlışları (örneğin “ısı aldığında tanecik büyür/küçülür”, “donarken kütle değişir”, “ezilince atomlar ezilir/küçülür”) alan yazınla eşleştirilerek kavramsal dayanak güçlendirilmiştir.

Açık uçlu gerekçelerin değerlendirilmesinde dereceli bir değerlendirme anahtarı kullanılmıştır. Bu doğrultuda Abraham vd. (1992) ile Karakaya’nın (2022) çalışmalarında

önerilen kavramsal anlama düzeylerinden yararlanılarak mevcut araştırmaya uygun bir sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur. Öğrenci yanıtları; “kavram yanlışlığı”, “doğru fakat açıklama yok”, “kısmi doğru” ve “tam doğru” kategorileri altında değerlendirilmiştir. Bilimsel olarak hatalı açıklamalar kavram yanlışlığı kategorisinde ele alınırken, doğru seçeneğin işaretlenmesine rağmen yeterli bilimsel gerekçe sunulmayan yanıtlar “doğru fakat açıklama yok” kategorisinde değerlendirilmiştir. Bilimsel açıklamanın bazı boyutlarını içeren ancak kavramsal açıdan eksik veya sınırlı kalan ifadeler “kısmi doğru”, bilimsel olarak tutarlı ve yeterli açıklamalar ise “tam doğru” kategorisi altında sınıflandırılmıştır. Bu süreçte yalnızca doğru seçeneğin işaretlenmesi yeterli kabul edilmemiş, öğrencilerin yazılı gerekçeleri de birlikte değerlendirilmiştir.

Tablo 3. İki aşamalı tanılayıcı test yanıtlarının değerlendirilmesinde kullanılan karar kuralları

1. Aşama (Çoktan Seçmeli Yanıt)	2. Aşama (Gerekçe)	Karar
Doğru	Doğru	Bilimsel bilgi
Doğru	Kısmi doğru	Kısmi bilimsel bilgi
Doğru	Açıklama yok	Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt
Doğru	Yanlış	Kavram yanlışlığı
Yanlış	Yanlış	Kavram yanlışlığı
Yanlış	Açıklama yok	Bilgi yok

İki aşamalı tanılayıcı testten elde edilen verilerin analizinde, birinci aşamadaki çoktan seçmeli yanıtlar ile ikinci aşamadaki yazılı gerekçeler birlikte değerlendirilmiştir. Tablo 3’te sunulan karar kuralları doğrultusunda öğrenci yanıtları bilimsel bilgi, kısmi bilimsel bilgi, gerekçelendirilmemiş doğru yanıt, kavram yanlışlığı ve bilgi eksikliği kategorileri altında sınıflandırılmıştır.

Güvenirlik ve Geçerlik

Kapsam geçerliği, hazırlanan maddelerin araştırma amacına uygunluğu açısından iki fen bilimleri öğretmeni ve bir alan akademisyeninin görüşleri doğrultusunda sağlanmıştır. Yapı geçerliğine ilişkin kanıtlar, pilot uygulamadan elde edilen veriler kullanılarak desteklenmiştir. Pilot uygulama, Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören ve genel zihinsel yetenek alanında tanılanmış 50 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların 26’sı kız (%52), 24’ü erkek (%48) olup; 11’i (%22) 5. sınıf, 12’si (%24) 6. sınıf, 14’ü (%28) 7. sınıf ve 13’ü (%26) 8. sınıf öğrencisidir. Pilot uygulama verileri üzerinden madde güclüğü ve ayırt edicilik indeksleri incelenmiş, çeldirici işlevselliği değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular uzman görüşleriyle birlikte ele alınarak ölçme aracının son hâli oluşturulmuştur. Görünüş ve dil geçerliği, öğrenci geri bildirimleri ve pilot bulgulara dayalı dil-görsel düzenlemelerle güçlendirilmiştir. Açık uçlu gerekçelerin değerlendirilmesinde puanlayıcı kaynaklı farklılıkların en aza indirilmesi amacıyla dereceli bir değerlendirme anahtarı kullanılmıştır. Değerlendirme ölçütleri Abraham vd. (1992) ile Karakaya’nın (2022) çalışmalarında önerilen kavramsal anlama düzeyleri temel alınarak oluşturulmuştur. Bu doğrultuda öğrenci yanıtlarının değerlendirilmesinde ortak bir kodlama çerçevesi kullanılmış ve puanlama sürecinin standartlaştırılması amaçlanmıştır.

Kodlamanın güvenilirliğini sağlamak amacıyla veriler, fen eğitimi alanında uzmanlık sahibi iki değerlendirici tarafından bağımsız olarak analiz edilmiştir. Değerlendiricilerden biri araştırmacı, diğeri ise fen eğitimi alanında görev yapan bir öğretim üyesidir. Kodlama çerçevesi, alan yazın ve pilot uygulamadan elde edilen öğrenci yanıtları temel alınarak geliştirilmiş ve ana çalışma verilerinin analizinde kullanılmıştır. Değerlendiriciler arası uyum önce yüzde uyum, ardından Cohen's kappa katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre değerlendiriciler arası yüzde uyum %91,2, Cohen's kappa (κ) değeri ise 0,87 olarak bulunmuştur. Kodlamalar arasındaki görüş ayrılıkları yapılandırılmış uzlaş oturumlarında değerlendirilmiş ve kodlama çerçevesi son hâline getirilmiştir. Bu süreç, nitel verilerin tutarlı biçimde sınıflandırılmasını desteklemiştir.

Bulgular ve Yorum

Bu bölümde veri toplama aracında bulunan sorulara ilişkin analizlerden elde edilen bulgular sırasıyla verilmiştir.

Araştırmanın Birinci Amacına Yönelik Bulgular

Araştırmanın birinci amacı doğrultusunda bu bölümde, öğrencilerin madde ısı aldığında ve ısı verdiğinde tanecik düzeyinde gerçekleşen değişimlere ilişkin kavramsal anlayışları incelenmiştir. Öğrencilerin tanecik boyutu, tanecikler arası mesafe ve tanecik sayısına yönelik açıklamaları sınıf düzeylerine göre analiz edilerek belirlenen kavram yanılgıları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4. Madde ısıtıldığında tanecik değişimine ilişkin değerlendirme sonuçları

Karar Kategorisi	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)
Bilimsel bilgi	10 (18)	13 (22)	18 (37)	20 (38)
Kısmi bilimsel bilgi	5 (9)	4 (7)	4 (8)	10 (19)
Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt	4 (7)	10 (18)	4 (8)	8 (15)
Kavram yanılgısı	36 (66)	30 (53)	26 (50)	15 (28)
Bilgi eksikliği	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Toplam	55 (100)	57 (100)	52 (100)	53 (100)

Tablo 4'de öğrencilerin madde ısıtıldığında taneciklerde meydana gelen değişimlere ilişkin yanıtlarının iki aşamalı değerlendirme sonuçları yer almaktadır. Tüm sınıf düzeylerinde en yüksek oran kavram yanılgısı kategorisinde belirlenmiştir. Kavram yanılgısı oranı 5. sınıfta %66 (n=36), 6. sınıfta %53 (n=30), 7. sınıfta %50 (n=26) ve 8. sınıfta %28 (n=15) olarak hesaplanmıştır. Bilimsel bilgi kategorisindeki oranlar ise sırasıyla %18 (n=10), %22 (n=13), %37 (n=18) ve %38 (n=20) düzeyindedir. Kısmi bilimsel bilgi kategorisindeki oranlar %7–19, gerekçelendirilmemiş doğru yanıt kategorisindeki oranlar %7–18 aralığında değişmektedir. Bilgi eksikliği kategorisinde herhangi bir öğrenci yanıtı bulunmamıştır. Kavram yanılgısı kategorisinde yer alan öğrenci yanıtlarında belirlenen kavram yanılgılarının dağılımı Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Madde ısıtıldığında tanecik değişimine ilişkin belirlenen kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)
Madde genleştiğinde tanecik boyutu artar, sıcaklık arttıkça tanecikler büyür.	19 (35)	18 (32)	14 (27)	10 (20)
Madde ısıtıldığında tanecikler küçülür; büzülme ve erime sonucunda tanecik boyutu azalır.	17 (31)	12 (21)	12 (23)	5 (10)

Tablo 5’te öğrencilerin madde ısıtıldığında taneciklerde meydana gelen değişime ilişkin kavram yanlışlarının dağılımı sunulmuştur. Bulgular, tüm sınıf düzeylerinde tanecik davranışlarının tanecik boyutundaki değişimlerle ilişkilendirildiğini göstermektedir. En yaygın kavram yanılgısı, maddenin ısıtılmasıyla birlikte taneciklerin büyüdüğü yönündedir. Bu yanlışın görülme oranı 5. sınıfta %35 (n=19), 6. sınıfta %32 (n=18), 7. sınıfta %27 (n=14) ve 8. sınıfta %20 (n=10) olarak belirlenmiştir. İkinci kavram yanılgısı ise ısıtma sonucunda taneciklerin küçüldüğü düşüncesidir. Bu yanlış 5. sınıfta %31 (n=17), 6. sınıfta %21 (n=12), 7. sınıfta %23 (n=12) ve 8. sınıfta %10 (n=5) oranında gözlenmiştir. Her iki kavram yanlışısının da üst sınıf düzeylerinde daha düşük oranlarda görülmesi, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin bilimsel açıklamalara kademeli olarak yaklaştıklarını göstermektedir. Öğrenci gerekçeleri incelendiğinde, söz konusu kavram yanlışlarının büyük ölçüde genleşme olgusunun tanecikler arası mesafedeki değişim yerine tanecik boyutundaki değişim olarak yorumlanmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Tablo 5’te raporlanan kavram yanlışlarının niteliğini ortaya koymak amacıyla öğrencilerin iki aşamalı tanılayıcı testin ikinci bölümünde yer alan yazılı açıklamalarından örnek kesitler sunulmuştur.

Araştırmada birinci soruda birinci seçenekte tanecikler aynı sayıda fakat daha büyük verilmiştir. Öğrenciler bu seçeneği işaretleyip açıklamalarında şu şekilde ifadelere yer vermişlerdir:

“Bir madde ısı alırsa tanecikleri büyür çünkü tanecikler genleşir” Ö15- 5.sınıf.
“Maddeler ısı aldığı anda tanecikleri büyür, bunu tıpkı bir demirin yazın genleşmesi ile açıklayabiliriz. Mesela yazın demiryolları büyür denilir ya bu da onun gibi bir şey. Yani madde ısı alırsa hacmi artar diyebiliriz” Ö82-6.Sınıf.

“Maddeler ısı aldığı anda genleşir, bu genleşmenin asıl sebebi taneciklerin hacminin artmasıdır. Tanecik ve hacim ilişkisi gibi. Bir kaşık ısıtıldığında eğrilmesinin sebebi taneciklerin boyutunun artması ve böylece genişlemesidir” Ö165, 7. Sınıf.

“Tanecikler yani atomlar ısı ile değişir, Tanecikler arası mesafe artar madde genleşir bununla birlikte taneciklerin boyutu da artar. Atomların büyüklüğü yani hacmi ısı aldıkça artar. Bu bütün maddeler için geçerli değildir. Örneğin su için tam tersini söyleyebiliriz. Su ısı aldıkça tanecikleri küçülür böylece kütle azalır ve hacmi artar.” Ö.198, 8. Sınıf.

Öğrenci açıklamalarına bakıldığında genel olarak kavram yanlışlarına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Öğrencilerin bir kısmı genleşme kavramını taneciklerin fiziksel olarak büyümesi şeklinde yorumlamakta ve maddenin genleşmesi ile tanecik boyutunun artması arasında yanlış bir ilişki kurmaktadır. Özellikle “tanecikler genişler”, “atomların hacmi artar” ve “tanecikler büyür” gibi ifadeler, öğrencilerin makroskobik düzeyde gözlemledikleri

genleşme olayını doğrudan tanecik boyutuna aktardıklarını göstermektedir. Bunun yanında bazı öğrencilerin hacim artışı ile kütle azalmasını birlikte açıklamaya çalıştıkları ve bu süreçte bilimsel olarak tutarsız ilişkiler kurdukları dikkat çekmektedir. Ö198'in ifadesinde de genleşme kavramına değinilmesine rağmen, genleşmenin kütle azalmasına neden olacağı yönünde hatalı bir anlayışın bulunduğu görülmektedir.

İkinci seçenekte tanecikler daha küçük ve tanecik arasındaki boşluk aynıdır. 5. Sınıf öğrencileri %31, 6. Sınıf %21, 7. Sınıf %23 ve 8. Sınıf öğrencileri %10 oranında maddenin ısıtıldığında taneciklerin küçüleceğini ve açıklamalarında (%92) maddelerin ısı aldığı maddeyi oluşturan taneciklerin büzülüp küçüleceğini ifade etmiştir.

“Madde ısı alırsa tanecikleri küçülür o yüzden büzülür. Mesela plastik ısı aldıkça büzülmeye başlar ve neredeyse küçücük kalır. Yani maddenin ısı alması taneciklerinin küçülmesi demektir” (Ö5, 5. Sınıf)

“Maddeler ısındıkça büzülür, büzülme ile tanecikler de küçülür” (Ö22, 5. Sınıf).

“Isı alan maddenin tanecikleri ısı ile büzülmeye başlar, yani yanma gibi hatta yüksek ısı ile öyle büzülür ki küçücük olur” (Ö72, 6. Sınıf).

“Bir madde ısıtılırsa tanecikleri küçülür, taneciklerin küçülmesi ile maddenin hacmi de küçülür ve büzülür” (Ö102, 7. Sınıf).

“Bir maddeyi oluşturan atomlar ısı ile etkileştiğinde küçülür, çünkü ısı atomların bir araya gelmesini sağlar ve madde küçülür. Küçülen tanecikler ile maddenin içe çöktüğünü gözlemleyebiliriz” (Ö202, 8. Sınıf).

Tablo 2'nin ikinci seçeneğine ilişkin öğrenci açıklamaları, ısıtma durumunu makro ölçekte gözlenen “büzülme/şekil değişimi” ile karıştırarak mikrodüzeyde “tanecikler küçülür” biçiminde yorumlama eğilimini ortaya koymaktadır. 5. sınıfta %31, 6. sınıfta %21, 7. sınıfta %23 ve 8. sınıfta %10 oranında bu seçeneğin işaretlenmesi, yanlışlığın üst sınıflarda zayıfladığını gösterse de açıklamaların %92'sinde “ısı alan madde büzülür, dolayısıyla tanecikler küçülür” ifadesinin yinelenmesi, bu düşüncenin dirençli olduğunu göstermektedir. Öğrenciler plastik örneği gibi makro düzeydeki ısıl şekil değişimlerini tanecik/atom boyutundaki bir küçülme olarak ele almakta (Ö5, Ö22), kimi zaman ısıtmayı “yanma” gibi kimyasal süreçlerle karıştırmakta ve aşırı genellemeler yapmaktadır (Ö72). Bazı ifadelerde “tanecik küçülmesi → hacim küçülmesi” şeklinde hatalı bir nedensellik kurulmakta (Ö102) ve “ısı atomları bir araya getirir, içe çöker” gibi ısıl genleşmeyle çelişen açıklamalar görülmektedir (Ö202). Oysa bilimsel olarak ısıtma, taneciklerin kinetik enerjisini artırır; tanecik boyutu değişmez, artan enerji tanecikler arası ortalama mesafeyi büyütür. Bu nedenle öğretimde, “boyut sabit–mesafe değişir” ilkesini net görseller, parçacık temsilleri ve kısa kanıt temelli açıklamalarla pekiştirmek; makro gözlemlerin mikrodüzeydeki doğru karşılığını özellikle vurgulamak, söz konusu yanlışlığın giderilmesinde kritik görünmektedir.

Tablo 4' e göre sınıf düzeyi arttıkça soruyu tam doğru cevaplama oranı artmıştır. Doğru seçenekte tanecik boyutu aynı kalmış ve tanecikler arası boşluğun arttığı görsel verilmiştir. Öğrenciler doğru olan seçeneği işaretleyip açıklamalarında maddeler ısı aldığı tanecik boyutunun değişmeyeceğini vurgulamıştır.

“Madde ısı aldığıında tanecik boyutu değişmez, tanecikler uzaklaşıp yakınlaşır” (Ö44, 5.Sınıf).

“Madde ısı alıp verdiğiinde tanecik boyutu değil atomlar arası boşluk değişir” (Ö93, 6. Sınıf).

Madde ısı aldığıında atom boyutu değil atomlar arasındaki boşluk değişir, bu durumda enerjiyle ilgilidir (Ö132, 7. Sınıf).

“Bir maddenin ısı alıp vermesi tanecik, atomların yapısında bir değişiklik meydana getirmez. Bir madde ısı aldığıında taneciklerin enerjisi artar ve tanecikler arası boşluk artar, tanecik büyüklüğü değişmez” (Ö200, 8. Sınıf).

“Enerji değişimi maddelerin tanecik büyüklüğünde değil tanecik arasında değişime neden olur...” (Ö188, 8. Sınıf).

Sınıf düzeyi yükseldikçe tam doğru yanıtlama oranının artması, öğrencilerin ısıtma durumunu mikrodüzeyde doğru modelle daha tutarlı ilişkilendirdiğini göstermektedir. Öğrenci açıklamaları, doğru seçeneğin temel ilkesini net biçimde yansıtmaktadır: Isı alma-verme tanecik/atom boyutunu değiştirmez; artan enerji, taneciklerin (atomların) hareketini ve aralarındaki ortalama mesafeyi artırır. 5. sınıftan 8. sınıfa doğru ifadelerde “boyut sabit–mesafe değişir” vurgusunun belirginleştiği, “enerji–tanecikler arası uzaklık” bağlantısının özellikle üst sınıflarda daha açık biçimde kurulduğu görülmektedir. Bu örüntü, kavramsal ilerlemenin gerek şık seçimi gerekse gerekçelendirme dilinde güçlendiğine işaret etmektedir.

Tablo 6. Bir madde soğutulduğunda tanecik değişimine ilişkin iki aşamalı değerlendirme sonuçları

Karar Kategorisi	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)
Bilimsel bilgi	8 (14)	20 (35)	13 (25)	25 (47)
Kısmi bilimsel bilgi	0	0	0	0
Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt	0	3 (5)	2 (4)	2 (4)
Kavram yanılgısı	47 (86)	34 (60)	37 (71)	26 (49)
Bilgi eksikliği	0	0	0	0
Toplam	55 (100)	57 (100)	52 (100)	53 (100)

Tablo 6’da öğrencilerin madde soğutulduğunda taneciklerde meydana gelen değişime ilişkin yanıtlarının iki aşamalı değerlendirme sonuçları sunulmuştur. Tüm sınıf düzeylerinde en yüksek oran kavram yanılgısı kategorisinde belirlenmiştir. Kavram yanılgısı kategorisindeki öğrenci oranları 5. sınıfta %86 (n=47), 6. sınıfta %60 (n=34), 7. sınıfta %71 (n=37) ve 8. sınıfta %49 (n=26) olarak hesaplanmıştır. Bilimsel bilgi kategorisindeki oranlar ise sırasıyla %14 (n=8), %35 (n=20), %25 (n=13) ve %47 (n=25) düzeyindedir. Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt kategorisinde sınırlı sayıda öğrenci yer almış olup bu oran 6., 7. ve 8. sınıflarda %4 ile %5 arasında değişmektedir. Bulgular, tüm sınıf düzeylerinde kavram yanılgısı kategorisindeki öğrenci oranlarının bilimsel bilgi kategorisindeki oranlardan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kavram yanılgısı kategorisinde sınıflandırılan öğrenci yanıtlarında belirlenen kavram yanılgılarının dağılımı Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Bir madde soğutulduğunda tanecik değişimine ilişkin belirlenen kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)
Madde soğutulduğunda tanecikler küçülür / taneciklerin hacmi azalır	14 (26)	12 (21)	9 (17)	8 (15)
Tanecik sayısı artar	6 (11)	6 (10.5)	11 (21)	5 (9.5)
Madde soğutulduğunda taneciklerin boyutu artar ve madde ağırlaşır	15 (27)	9 (16)	8 (15)	8 (15)
Tanecik sayısı artar ve madde ağırlaşır	12 (22)	7 (12)	9 (17)	5 (9.5)

Tablo 7’de öğrencilerin madde soğutulduğunda taneciklerde meydana gelen değişime ilişkin kavram yanılgılarının dağılımı sunulmuştur. En yaygın kavram yanılgıları, tanecik boyutunun değiştiği ve maddenin ağırlaştığı yönündeki açıklamalarda yoğunlaşmıştır. Taneciklerin küçüldüğü veya hacimlerinin azaldığı düşüncesi 5. sınıfta %26 (n=14) iken 8. sınıfta %15’e (n=8) düşmüştür. Taneciklerin büyüdüğü ve maddenin ağırlaştığı yönündeki kavram yanılgısı ise 5. sınıfta %27 (n=15), 8. sınıfta %15 (n=8) oranında belirlenmiştir. Tanecik sayısının arttığı yönündeki kavram yanılgıları %9,5 ile %22 arasında değişen oranlarda görülmüştür. Bulgular, öğrencilerin soğutma sürecini tanecik boyutu, tanecik sayısı ve madde kütleindeki değişimlerle ilişkilendirdiklerini göstermektedir.

Öğrenciler açıklamalarında maddeler soğutulduğunda tanecikleri küçülür açıklamasını yapmıştır:

“Madde soğutulduğunda tanecikleri küçülür, nasıl ısıtıldığında tanecikleri büyürse soğutulduğunda küçülür” (Ö22, 5. Sınıf)

“Madde soğutulduğunda tanecikleri büzülür ve dolayısıyla tanecikler küçülür; Ö66, 6.Sınıf Soğuk ortamda tanecikler bir araya gelir bu arada tanecikleri küçülür Ö86, 6. Sınıf”.

“Maddenin soğuması demek taneciklerin küçülmesi demektir” (Ö121, 7. sınıf).

“Tanecikler ısı değişimi ile değişir. Bir madde soğutulduğunda tanecikleri büzülür ve küçülür. Isı kaybı taneciklerin büzülüp küçülmesine neden olur” (Ö169, Ö184, Ö205, 8.Sınıf).

Öğrenci ifadeleri incelendiğinde, soğuma olayının çoğunlukla taneciklerin fiziksel olarak küçülmesi veya büzülmesi şeklinde yorumlandığı görülmektedir. Özellikle “tanecikler küçülür”, “büzülür” ve “hacmi azalır” gibi ifadeler, öğrencilerin makroskobik düzeyde gözlemledikleri hacim değişimini doğrudan tanecik boyutuna aktardıklarını göstermektedir. Bazı öğrencilerin ise soğuma ile taneciklerin birbirine yaklaşmasını aynı zamanda taneciklerin küçülmesi olarak değerlendirdiği dikkat çekmektedir. Bununla birlikte az sayıda öğrencinin tanecik boyutunun değişmediğini, yalnızca tanecikler arası mesafenin değiştiğini ifade ederek bilimsel açıklamaya daha yakın gerekçeler sunduğu görülmektedir.

İlgili soruda öğrencilere maddenin hal değişimi esnasında birinci sorudan farklı olarak tanecik sayısına ilişkin kavram yanılgılarını belirlemek amaçlanmıştır. 5. sınıf öğrencileri %11, 6. sınıf öğrencileri %10,5, 7. sınıf öğrencileri %21, 8. sınıf öğrencileri %9,4 oranında B seçeneğini işaretleyip açıklamalarında madde soğutulduğunda tanecik sayısı artar ifadesine yer vermiştir.

“Madde soğuyunca tanecik sayısı artar” (Ö2, 5. sınıf).

“Madde soğuk ortamda tanecik sayısı artar, çünkü ısı kaybettiğinde tanecikler donar, ağırlaşır, tanecik sayısı da artar” (Ö94, 6.Sınıf).

“Bir madde soğuk bir ortamda ağırlaşır, bunun nedeni tanecik sayısının artmasıdır” (Ö111, 7. sınıf).

“Bir madde ısı verdiğinde tanecik sayısı artar, bu seçenekte tanecik sayısının arttığı için işaretledim. Çünkü madde donunca ağırlaşıyor” (Ö212, 8. Sınıf).

Öğrenciler ifadelerinde soğuma ve donma süreçlerini tanecik sayısındaki artışla ilişkilendirmektedir. Özellikle “madde ağırlaşır”, “donar” ve “ısı kaybedince tanecik sayısı artar” biçimindeki açıklamalar, öğrencilerin kütle, yoğunluk ve tanecik sayısı kavramlarını birbiriyle karıştırdıklarını göstermektedir. Bu durum, hâl değişimi sırasında tanecik sayısının korunumu kavramının yeterince yapılandırılmadığını ortaya koymaktadır.

Üçüncü seçenekte öğrencilerin tanecik boyutuna ilişkin kavram yanılgılarının ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. 5. Sınıf öğrencileri %27, 6. Sınıf öğrencileri %16, 7. Sınıf öğrencileri %15 ve 8. Sınıf öğrencileri %15 oranında C seçeneğini işaretleyip açıklamalarında madde soğutulduğunda taneciklerin boyutunun artacağını ifade etmiştir.

“Madde soğursa tanecikleri büyür ve madde bu yüzden ağırlaşır” (Ö1, 5. Sınıf).

“Madde soğuk ortamda tanecikleri şişerek büyür, mesela su gibi” (Ö71, 6. Sınıf).

“Kutuyu oluşturan tanecikler soğuk ortamda büyür, bu yüzden madde donar ve ağır olur” (Ö129, 7. Sınıf).

“Mesela su donarken tanecikleri büyür, bu yüzden hacim artar ve ağırlaşır” (Ö207, 8. Sınıf).

Soruyu 8. sınıf öğrencileri diğer sınıflara göre daha yüksek oranda (%47) doğru yanıtlamıştır. 6. sınıf öğrencileri %38, 7. sınıf öğrencileri %25 oranında doğru yanıtlarken en düşük 5.sınıf öğrencileri (%14) tam doğru olarak yanıtlamıştır. Öğrenciler doğru seçeneği işaretlerken açıklamalarında madde soğuk ortamda tanecik boyutu sayısı değişmez, tanecikler birbirine yaklaşır, tanecikler arası mesafe azalır ifadelerini kullanmıştır.

“Madde soğutulduğunda tanecikler değişmez, mesafe artar” Ö54, 5. Sınıf.

“Bir madde soğuk ortama konulursa tanecikleri yaklaşır, tanecikler büyümeyiz, ya da küçülmez” Ö77, 6. Sınıf.

“Maddelerin farklı ortama konulması taneciklerin büyüklüğünü değil mesafesini değiştirir, bu yüzden bu seçeneği işaretledim” Ö133, 7. sınıf.

“Madde hal değiştirirken tanecik sayısı ya da tanecik boyutu değişmez, tabi kapalı kapta ise, soğuk ortama bırakıldığında atomlar enerji kaybeder ve yakınlaşır...” Ö200, 8. Sınıf.

Bu açıklamalar, öğrencilerin önemli bir bölümünün soğuma ve donma olayını taneciklerin fiziksel olarak büyümesiyle ilişkilendirdiğini göstermektedir. Özellikle “tanecikler şişer”, “büyür” ve “madde ağırlaşır” biçimindeki ifadeler, öğrencilerin makroskobik düzeyde gözlemledikleri hacim ve yoğunluk değişimlerini doğrudan tanecik boyutuna aktardıklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, tanecik boyutu ile tanecikler arası mesafe kavramlarının birbirine karıştırıldığını düşündürmektedir. Doğru açıklama yapan öğrencilerde ise sınıf düzeyi

arttıkça bilimsel anlayışın güçlendiği görülmektedir. Özellikle üst sınıf öğrencilerinin açıklamalarında tanecik boyutunun ve tanecik sayısının değişmediği, yalnızca tanecikler arası mesafenin değiştiği yönünde daha bilimsel gerekçelere yer verildiği dikkat çekmektedir. İki soruda da öğrencilere madde ısı aldığında ya da ısı verdiğinde taneciklerinin değişimi sorulmuştur. Bu bağlamda kavram yanılgıları her sınıf düzeyinde ortaya çıkmıştır. Öğrenciler bir maddenin ısı değişiminde tanecik büyüklüğünün de değiştiğini ifade ederken genleşme ve büzülme kavramlarını kullanmıştır. Araştırmanın ikinci amacının birinci alt amacı kapsamında öğrencilerin suyun donma sürecinde kütlenin değişimine ilişkin yanıtları Tablo 4’te sunulmuştur. Bulgulara göre öğrencilerin önemli bir bölümünün su donarken kütlenin değiştiği yönünde yanılığa sahip olduğu görülmektedir. “Su donduğunda kütlesi artar” yanılığı 5. sınıf düzeyinde %53, 6. sınıfta %54, 7. sınıfta %51 ve 8. sınıfta %28 oranında saptanmıştır. “Su donarken yoğunluğu artar ve kütlesi de artar” yanılığının ise tüm sınıf düzeylerinde %15–21 aralığında dağıldığı belirlenmiştir. Kütlenin azaldığını düşünen öğrencilerin oranı 5. sınıfta %33, 6. sınıfta %24, 7. sınıfta %20 e 8. sınıfta %22 olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık kütlenin korunduğunu doğru biçimde ifade eden öğrencilerin oranı sınıf düzeyi arttıkça düzenli bir artış göstermiş; 5. sınıfta %11 olan bu oran 6. sınıfta %15, 7. sınıfta %21 ve 8. sınıfta %33’e yükselmiştir. Doğru seçeneği işaretleyip açıklama yapmayan öğrenci oranı toplamda %8 olarak belirlenmiştir. Genel bulgular, tüm sınıf düzeylerinde kütlenin korunumu ilkesine ilişkin doğru kavrayışın görece düşük düzeyde olduğunu ve kütle değişiminin yoğunluk, hacim ve tanecik sayısı kavramlarıyla birlikte ele alındığını göstermektedir.

Araştırmanın İkinci Amacına Yönelik Bulgular

Bu bölümde araştırmanın ikinci amacı doğrultusunda, öğrencilerin hâl değişimi sürecinde kütle, hacim ve yoğunluk kavramları ile maddenin tanecikli yapısı arasındaki ilişkiye yönelik kavram yanılgıları incelenmiştir. Özellikle suyun donma sürecinde kütlenin korunumu ilkesine yönelik öğrenci açıklamaları analiz edilerek belirlenen kavram yanılgıları sınıf düzeylerine göre karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 8. Su donduğunda kütlenin değişimine ilişkin iki aşamalı değerlendirme sonuçları

Karar Kategorisi	5. Sınıf	6. Sınıf	7. Sınıf	8. Sınıf	Toplam
Bilimsel bilgi	6 (11)	8 (15)	11 (21)	13 (25)	41 (18)
Kısmi bilimsel bilgi	-	-	-	-	-
Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt	2 (3)	5 (9)	3 (5)	8 (15)	18 (8)
Kavram yanılgısı	45 (82)	42 (74)	38 (73)	32 (60)	157 (72)
Bilgi eksikliği	2 (3)	2 (4)	0	0	4 (2)
Toplam	55	57	52	53	217

Tablo 8’de öğrencilerin su donduğunda kütlede meydana gelen değişime ilişkin yanıtlarının iki aşamalı değerlendirme sonuçları sunulmuştur. Tüm sınıf düzeylerinde en yüksek oran kavram yanılgısı kategorisinde belirlenmiştir. Kavram yanılgısı kategorisindeki oranlar 5. sınıfta %82 (n=45), 6. sınıfta %74 (n=42), 7. sınıfta %73 (n=38) ve 8. sınıfta %60 (n=32) olarak hesaplanmıştır. Bilimsel bilgi kategorisindeki oranlar ise sırasıyla %11 (n=6), %15 (n=8), %21 (n=11) ve %25 (n=13) düzeyindedir. Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt

kategorisindeki öğrenci oranları %3 ile %15 arasında değişirken, bilgi eksikliği kategorisinde yer alan öğrenci oranı 5. ve 6. sınıflarda sırasıyla %3 ve %4 olarak belirlenmiş, 7. ve 8. sınıflarda bu kategoriye giren öğrenciye rastlanmamıştır. Toplam dağılım incelendiğinde öğrencilerin %72'sinin (n=157) kavram yanılgısı kategorisinde, %18'inin (n=41) bilimsel bilgi kategorisinde ve %8'inin (n=18) gerekçelendirilmemiş doğru yanıt kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir. Kavram yanılgısı kategorisinde sınıflandırılan öğrenci yanıtlarında belirlenen kavram yanılgılarının dağılımı Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. Su donduğunda kütlenin değişimine ilişkin belirlenen kavram yanılgıları

Tespit edilen kavram yanılgıları	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)	Toplam f (%)
Su donduğunda ağırlaşır, kütlesi artar.	8 (15)	11 (19)	11 (21)	6 (11)	36 (16,5)
Su donarken yoğunluğu artar ve kütlesi de artar.	8 (15)	9 (16)	11 (21)	6 (11)	34 (15,5)
Madde soğuduğunda genişler ve kütlesi artar.	7 (13)	3 (5)	5 (10)	4 (7,5)	19 (8)
Su donarken yoğunluğu azalır ve kütlesi azalır.	4 (7)	7 (12)	5 (10)	4 (7,5)	20 (9)
Su donduğunda tanecikler büzüşür ve kütlesi azalır.	14 (26)	12 (22)	6 (12)	4 (7,5)	38 (18)
Suyun yoğunluğu buzun yoğunluğundan fazladır çünkü su donarken kütlesi azalır.	4 (7)	0 (0)	0 (0)	4 (7,5)	8 (4)

Tablo 9'da öğrencilerin suyun donması sürecinde kütlenin değişimine ilişkin kavram yanılgılarının dağılımı sunulmuştur. En yüksek orana sahip kavram yanılgısı, su donduğunda taneciklerin büzüşeceği ve buna bağlı olarak kütlenin azalacağı yönündedir (%18, n=38). Bunu, su donduğunda kütlenin artacağı (%16,5, n=36) ve yoğunluğun artmasının küttelede de artışa neden olacağı (%15,5, n=34) yönündeki kavram yanılgıları izlemektedir. Su donarken yoğunluğun azaldığı ve buna bağlı olarak kütlenin de azaldığı yönündeki kavram yanılgısı %9 (n=20), maddenin soğuduğunda genişler ve kütlesinin arttığı yönündeki kavram yanılgısı ise %8 (n=19) oranında belirlenmiştir. En düşük frekansa sahip kavram yanılgısı, suyun yoğunluğunun buzun yoğunluğundan fazla olduğu ve su donarken kütlesinin azaldığı yönündeki açıklamalardır (%4, n=8). Bulgular, öğrencilerin suyun donması sürecini yoğunluk, kütle ve tanecik davranışları arasındaki ilişkiler üzerinden açıklamaya çalıştıklarını, ancak bu kavramlar arasındaki ilişkileri bilimsel çerçevede kurmakta güçlük yaşadıklarını göstermektedir. Belirlenen kavram yanılgılarının altında yatan düşünme biçimlerini daha ayrıntılı ortaya koyabilmek amacıyla öğrencilerin yazılı açıklamaları incelenmiş ve temsil gücü yüksek örnek ifadelere aşağıda yer verilmiştir.

“Su donarken kütlesi de artar, bunu taşımak zordur. Çünkü katılaşır ve ağırlaşır” (Ö25, 5. sınıf).

“200 gr su donduğunda artık 200 gr değildir. Tanecikleri arttığı için kütlesi de artar” (Ö94, 6. Sınıf).

“Su donarken yoğunluğu artar ve kütlesi de artar” (Ö160, 7.Sınıf).

“Su donarken yoğunluğu artar, yoğunluk artarsa kütlesi de artar yani ağırlaşır” (Ö202, 8. Sınıf).

Öğrencilerin açıklamalarına göre, suyun donma sürecinde kütle artışını yoğunluk ve tanecik sayısındaki değişimle ilişkilendirdiklerini göstermektedir. Öğrenciler, katılaşma ve ağırlaşma gibi makroskobik gözlemleri doğrudan kütle artışıyla eşleştirerek, kütle–hacim–yoğunluk ilişkisini bilimsel olarak doğru kuramamışlardır. Bu durum, kapalı bir sistemde kütlenin sabit kaldığı gerçeğinin yeterince içselleştirilmediğine işaret etmektedir. Bununla birlikte öğrenciler açıklamalarında genel olarak yoğunluk, büzülme kavramlarını kullanarak su donduğunda kütlesinin azalacağını ifade etmiştir.

“Su donarken kütlesi azalır, çünkü suyun tanecikleri büzülür” (Ö11, 5. sınıf).

“Su donarken suyun tanecikleri büzülür, su küçülür yani kütlesi de azalır” (Ö86, 6. Sınıf).

“Su donarken yoğunluğu azalır ve kütlesi de azalır. Çünkü tanecikler büzülür, yoğunluk azalır ve kütle de azalır” (Ö179, 7. sınıf).

“Su donarken hacim artar, yoğunluk azalır, çünkü su buz olunca tanecikleri büzülür ve kütle azalır” (Ö188, 8. sınıf).

Öğrencilerin açıklamalarına göre, kütle–hacim–yoğunluk ilişkileri sistematik biçimde karıştırılmaktadır. Öğrenciler “büzülme” ve “yoğunluk azalması/artması” söylemlerini kütle değişimiyle eşleştirerek, kapalı bir sistemde kütlenin korunumu ilkesini göz ardı etmektedir. Su donarken kütle sabit kalır; faz değişimi hacmi ve dolayısıyla yoğunluğu etkiler, ancak tanecik sayısı ya da kütle değişmez. Alıntılarda “büzülme → kütle azalır” ve “yoğunluk azalır → kütle azalır” şeklindeki hatalı nedensellik zinciri, makro gözlemlerin (hacim değişimi) mikrodüzey ve temel büyüklüklerle (kütle) yanlış ilişkilendirildiğini ortaya koymaktadır. Bu yanılgının giderilmesi için kütlenin korunumu, hacim ve yoğunluk değişimlerinin ayrı ayrı modellenmesi ve nicel örneklerle (aynı kütlerde su–buz karşılaştırmaları) pekiştirilmesi gereklidir.

Araştırmanın Üçüncü Amacına Yönelik Bulgular

Araştırmanın üçüncü amacı doğrultusunda bu bölümde, öğrencilerin bir maddenin ezilmesi durumunda atom düzeyinde meydana gelen değişimlere ilişkin kavramsal anlayışları incelenmiştir. Bu kapsamda öğrencilere “Bir madde ezildiğinde atomları nasıl değişir?” sorusu yöneltilmiş; atomların birbirine yaklaşması, atomların küçülmesi, atomların ezilmesi ve atomların değişmeden kalması seçeneklerine verdikleri yanıtlar sınıf düzeylerine göre analiz edilmiştir. Öğrenci yanıtları, iki aşamalı tanılayıcı test yaklaşımına uygun olarak değerlendirilmiş ve belirlenen karar kategorilerine göre sınıflandırılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular Tablo 10’da sunulmuştur

Tablo 10. Bir maddenin ezilmesi durumunda atom düzeyindeki değişime ilişkin iki aşamalı değerlendirme sonuçları

Karar Kategorisi	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)
Bilimsel bilgi	4 (7)	11 (19)	7 (13)	30 (47)
Kısmi bilimsel bilgi	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Gerekçelendirilmemiş doğru yanıt	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Kavram yanılgısı	51 (93)	46 (81)	45 (87)	23 (43)
Bilgi eksikliği	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Toplam	55 (100)	57 (100)	52 (100)	53 (100)

Tablo 10’da bir maddenin ezilmesi durumunda atom düzeyinde meydana gelen değişimlere ilişkin açıklamaların iki aşamalı değerlendirme sonuçları sunulmuştur. Kavram yanılgısı kategorisindeki oranlar 5. sınıfta %93 (n=51), 6. sınıfta %81 (n=46), 7. sınıfta %87 (n=45) ve 8. sınıfta %43 (n=23) olarak hesaplanmıştır. Bilimsel bilgi kategorisindeki oranlar sırasıyla %7 (n=4), %19 (n=11), %13 (n=7) ve %47 (n=30) düzeyindedir. Toplamda açıklamaların %72’si (n=157) kavram yanılgısı, %19’u (n=41) bilimsel bilgi kategorisinde sınıflandırılmıştır. Kısmi bilimsel bilgi, gerekçelendirilmemiş doğru yanıt ve bilgi eksikliği kategorilerinde herhangi bir açıklama yer almamıştır. Kavram yanılgısı kategorisinde belirlenen yanılgıların dağılımı Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11. Bir maddenin ezilmesi durumunda atom düzeyine ilişkin belirlenen kavram yanılgıları

Belirlenen kavram yanılgıları	5. Sınıf f (%)	6. Sınıf f (%)	7. Sınıf f (%)	8. Sınıf f (%)
Bir cisim ezilirse atomlar birbirine yaklaşır.	20 (36)	19 (33)	19 (37)	8 (15)
Atomlar küçülür.	15 (27)	15 (26)	17 (33)	7 (13)
Atomlar ezilir.	16 (29)	12 (21)	9 (17)	8 (15)

Tablo 11’de öğrencilerin bir maddenin ezilmesi durumunda atom düzeyinde meydana gelen değişimlere ilişkin kavram yanılgılarının dağılımı sunulmuştur. En yaygın kavram yanılgısı, bir cismin ezilmesi durumunda atomların birbirine yaklaşacağı yönündedir. Bu kavram yanılgısı 5. sınıfta %36 (n=20), 6. sınıfta %33 (n=19), 7. sınıfta %37 (n=19) ve 8. sınıfta %15 (n=8) oranında belirlenmiştir. Atomların küçüleceği yönündeki kavram yanılgısı %13 ile %33 arasında değişirken, atomların ezileceği yönündeki kavram yanılgısı %15 ile %29 arasında değişmiştir. Bulgular, öğrencilerin makroskobik düzeyde gözlenen şekil değişimini atomların yapısında meydana gelen bir değişim olarak yorumladıklarını göstermektedir. Kavram yanılgılarının altında yatan düşüncelerin daha ayrıntılı incelenebilmesi amacıyla öğrencilerin yazılı açıklamalarından elde edilen örnek ifadeler aşağıda yer verilmiştir.

Bir madde ezildiğinde atomlarının nasıl değiştiğine ilişkin soruda 5. Sınıf öğrencileri %36, 6. Sınıf öğrencileri %33, 7. Sınıf öğrencileri %37, 8. Sınıf öğrencileri %15 oranında “atomları birbirine yaklaşır” olarak cevaplamıştır. Açıklamalarında genel olarak cisim ezilirse atomlar arasındaki boşluk azalır, madde küçülürse atomları da küçülür ifadelerini yazmışlardır.

“Madde ezilirse atomlar arasında bulunan boşluk azalır, atomlar birbirine yaklaşır” (Ö1, 5. sınıf).

“Madde ezilirse atomlar arasında bulunan hava gider ve atomlar birbirine yaklaşır” (Ö49, 5. Sınıf).

“Madde ezilirse atomları sıkışır ve aralarındaki boşluklar azalır” (Ö89, 6. Sınıf).

“Madde ezilirse atomlar doğrudan sıkışır ve aralarındaki boşluk da yok olur” (Ö177, 7. sınıf).

“Madde ezilirse atomlar ezilir, çünkü maddeyi oluşturan atomlardır” (Ö188, 8. Sınıf).

Bu açıklamalar, öğrencilerin ezilme olayını atomların yapısında meydana gelen fiziksel bir değişim olarak yorumladıklarını göstermektedir. Özellikle “atomlar sıkışır”, “yaklaşır”, “ezilir” ve “küçülür” biçimindeki ifadeler, öğrencilerin makroskobik düzeyde gözlemledikleri şekil değişimini atom düzeyine doğrudan aktardıklarını ortaya koymaktadır. Bazı öğrencilerin atomlar arasındaki boşluğun azalmasını bilimsel açıklamaya yakın biçimde ifade etmelerine rağmen, bunu atomların küçülmesi veya ezilmesi ile birlikte açıklamaları makro–mikro düzey ayrımının tam olarak yapılandırılmadığını göstermektedir. Bununla birlikte üst sınıf öğrencilerinde atomların yapısının değişmediğine yönelik bilimsel açıklamaların daha fazla yer aldığı dikkat çekmektedir.

Öğrenciler bu soruda ikinci olarak en çok “Atomları küçülür” yanıtını vermiştir. 5. Sınıf öğrencileri %27, 6. Sınıf öğrencileri %26, 7. Sınıf öğrencileri %33 ve 8. Sınıf öğrencileri %15 oranında bir madde ezilirse atomları küçülür cevabını vermiştir. Açıklamalarda madde ezildiğinde küçülür ve atomları da küçülür ifadelerine sıklıkla yer vermişlerdir.

“Maddeler ezilirse atomları da ezilir” (Ö15, 5. Sınıf; Ö70, 6. Sınıf; Ö132, 7. Sınıf; Ö201, 8. Sınıf).

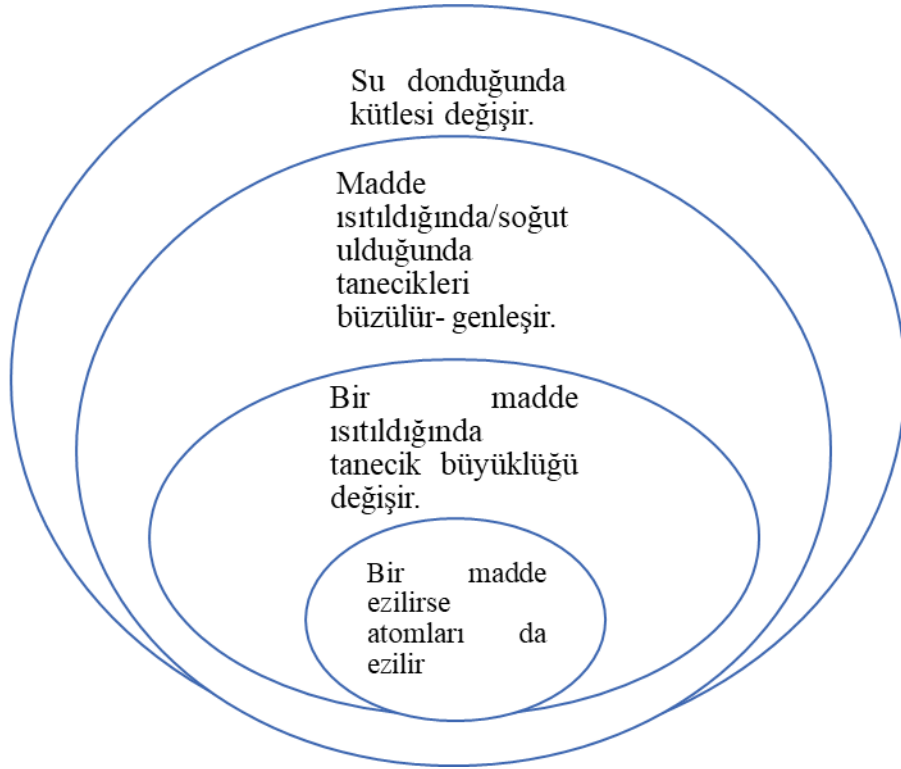
“Bir madde ezilirse atomları nasıl değişir?” maddesinde en başarılı sınıf düzeyi 8. Sınıf öğrencileridir (%47). Bu maddede tam doğru cevap oranı en düşük 5. Sınıf öğrencilerinde iken (%7), 7. Sınıf öğrencilerinin başarı oranı %13’tür.

Bu bulgular, öğrencilerin önemli bir bölümünün madde ezildiğinde atomların birbirine yaklaştığını ya da atomların küçüldüğünü düşündüğünü göstermektedir. Bu durum, tanecik modelinin temel ilkelerinden biri olan “atomların boyutunun değişmediği, yalnızca tanecikler arası boşluk ve düzenin değişebileceği” bilgisinin yeterince yerleşmediğine işaret eder. Sınıf düzeyi arttıkça doğru yanıt oranının yükselmesi (8. sınıfta %47) kavramsal gelişime işaret etse de, 5–7. sınıflarda yanlış anlamaların yaygınlığı dikkate değerdir. Özellikle “atomlar küçülür/ezilir” yönündeki açıklamalar, öğrencilerin makro ölçekteki sıkışma deneyimini mikro düzeye doğrudan aktardıklarını düşündürmektedir. Öğretimde, atom boyutunun sabitliği ile tanecikler arası boşluk ve düzen değişimini somut modeller, etkileşimli etkinlikler ve görsel temsillerle vurgulamak kavramsal hataları azaltabilir.

Araştırma bulgularında öğrenciler bir maddenin taneciklerinde meydana gelen değişimi kütle, yoğunluk ve hacim kavramını kullanarak açıklamıştır. Bu bağlamda maddenin tanecik sayısı ile kütle, yoğunluk ve hacim kavramlarının ilişkilendirilmesinde öğrencilerin kavram

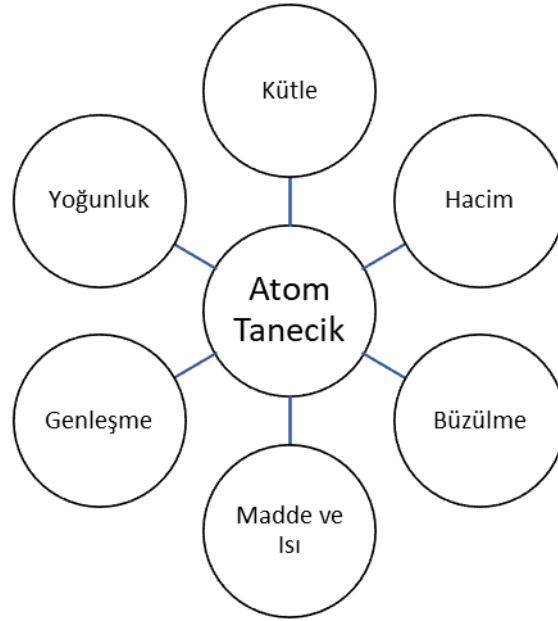
yanılgılarına sahip olduğu belirlenmiştir. Kavram yanılgılarının temelinde tanecik kavramının tam olarak anlaşılamaması ve buna bağlı olarak farklı konularda da benzer kavram yanılgılarının ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Araştırma sonucunda belirlenen kavram yanılgıları arasında belirlenen ilişki Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Birbirinin temelinde belirlenen kavram yanılgıları

Şekil 1, öğrencilerde maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavram yanılgılarının birbirini nasıl besleyen ve zincirleme biçimde ortaya çıkan bir yapıda oluştuğunu göstermektedir. Öğrencilerin ısı alıp veren maddelerde tanecik boyutunun değiştiğini düşünmeleri, genleşme ve büzülme olaylarını tanecik büyümesi ya da küçülmesi ile açıklamalarına; bu yanlış yapılandırmanın ise hâl değişimi sürecinde kütle değiştiği yönündeki yanılgılara temel oluşturduğu görülmektedir. Benzer biçimde tanecik sayısının değiştiği düşüncesi, yoğunluk, hacim ve kütle kavramlarının da hatalı biçimde ilişkilendirilmesine yol açmaktadır. Bu bütüncül yapı, kavram yanılgılarının tekil değil; atom–tanecik modeli merkezinde, birbirini tetikleyen ve pekiştiren bir ağ şeklinde ortaya çıktığını göstermektedir. Madde ısı alıp verdiğinde maddenin tanecik büyüklüğünün değişeceğini ifade eden öğrenciler maddenin genleşip büzülmesini de tanecik büyüklüğü olarak açıklamış ve madde hal değiştirdiğinde kütle değiştiğini ifade etmiştir.



Şekil 2. Atom-tanecik kavramı ile ilişkili kavramlar

Şekil 2, atom–tanecik kavramının kütle, hacim, yoğunluk, genleşme, büzülme ve hâl değişimi gibi temel fen kavramlarıyla kurduğu çok boyutlu ilişkiyi göstermektedir. Öğrencilerin atom–tanecik kavramını hatalı ya da eksik yapılandırmaları, bu kavramlarla ilişkili diğer fiziksel büyüklüklerin de yanlış anlaşılmasına yol açmakta; böylece kavram yanlışları farklı konulara sistematik biçimde aktarılmaktadır. Bu yapı, atom–tanecik kavramının fen öğretiminde merkezî bir rol üstlendiğini ve kavramsal bütünlüğün bu temel üzerinden inşa edildiğini ortaya koymaktadır.

Atom-tanecik kavramına ilişkin kavram yanlışları farklı konularda benzer olarak ortaya çıkmıştır. Şekil 2’de verilen kavramlar arası ilişkilerin öğrenciler tarafından doğru olarak anlamlandırılması ve kavramların atom-tanecik temelinde açıklanması önemlidir. Öğrenciler tanecik kelimesini tam olarak anlamamakta ve onu bir maddenin küçük parçaları olarak algılamaktadırlar. Bu da öğrencilerin günlük dildeki kelimelerle bilimsel dildeki kelimelerin farklı anlamlarda olduğunu düşünememelerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin bazı öğrenciler suyun taneciklerinin su damlaları olduğunu düşünmektedirler (Boz, 2006).

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada elde edilen bulgular, öğrencilerin madde ve atom kavramlarını anlamada çeşitli güçlükler yaşadığını ve bu konularda kavram yanlışlarının yaygın olduğunu göstermektedir. Özellikle maddenin tanecikli yapısı ve atomun temel özellikleriyle ilgili olarak, öğrencilerin günlük yaşantılarından edindikleri bilgiler ile bilimsel gerçekleri zaman zaman karıştırdıkları gözlemlenmiştir. Bu durum, madde ve atom kavramlarının öğretiminde kavramsal değişim yaklaşımlarının ve yapılandırmacı öğrenme ortamlarının önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli’nin anlamlı öğrenme, bütüncül gelişim ve değer-merkezli bilim okuryazarlığı ilkeleriyle doğrudan örtüştüğünü göstermektedir. Özellikle maddenin tanecikli yapısı ve atomun temel özelliklerine ilişkin günlük yaşantıdan türetilen sezgisel

açıklamaların bilimsel gerçeklerle karıştırılması, modelin önerdiği şekilde kavramsal değişimi destekleyen yapılandırmacı öğrenme ortamlarının kurulmasını, öğrencinin aktif akıl yürütmesini ve kanıt temelli düşünmesini güçlendiren deney–gözlem döngülerinin kullanılmasını ve yerel-kültürel bağlamlarla ilişkilendirilmiş anlamlı görevler üzerinden bilginin içselleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Nitekim Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli’nin öğrenmeyi zihinsel, duyuşsal ve ahlaki boyutlarıyla birlikte ele alan bütüncül yaklaşımı, madde ve atom öğretiminde kavram yanlışlarını gidermek için önceki bilgilerin ortaya çıkarılması, bilişsel çelişki yaratacak deneysel kanıtların sunulması, öğrenci söylemlerinin bilimsel dil ile yeniden yapılandırılması ve yaşamla bağ kuran otantik değerlendirmelerle izleme yapılması gerektiğini temellendirmekte; bu çerçevede bulgular, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli’nin önerdiği etkinlik temelli, kanıt odaklı ve değer-merkezli pedagojik tasarımların madde ve atom kavramlarının kalıcı ve doğru yapılandırılmasına güçlü bir dayanak sunduğunu ortaya koymaktadır.

Bu genel çerçeve, madde ve atom öğretiminde karşılaşılan kavram yanlışlarının yalnızca tanecikli yapı düzeyinde değil, ısının madde üzerindeki etkileri, genleşme–büzülme ve hal değişimleri gibi süreç odaklı konularda da belirgin biçimde ortaya çıktığını göstermektedir. Nitekim öğrencilerin ısı alan maddede gözlenen genleşmeyi “taneciklerin/atom–moleküllerin büyümesi” şeklinde yorumlamaları ya da soğuma durumunu “taneciklerin küçülmesi” olarak betimlemeleri, mikro (tanecik araları ve hareketi) ile makro (hacim, yoğunluk, kütle) düzeyler arasındaki ilişkiyi kurmada yaşanan süregelen güçlüğü işaret etmektedir. Aşağıda sunulan bulgular, bu yanlış anlamaların nasıl çeşitlenip kalıcılaştığını; genleşme, büzülme ve hal değişimi bağlamlarında tanecik boyutu, tanecik sayısı, kütle ve yoğunluk kavramlarının birbirine karıştırılabildiğini örnekleriyle ortaya koymaktadır. Bu durum, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli’nin önerdiği kanıt temelli etkinlikler ve çoklu temsil kullanımıyla, öğrencilerin sezgisel açıklamalarını bilimsel açıklamalara dönüştürmeyi hedefleyen sistematik bir kavramsal değişim sürecini zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Bilim ve Sanat Merkezinde öğrenim gören öğrencilerin suyun donma sürecinde kütlenin korunumu ilkesini mikroskobik düzeyde yeterince yapılandıramadıklarını ve hâl değişimini yoğunluk, hacim ve tanecik sayısı kavramlarıyla sistematik biçimde karıştırdıklarını göstermektedir. Özellikle “su donduğunda kütlesi artar” ve “yoğunluk arttığı için kütle de artar” biçimindeki açıklamaların tüm sınıf düzeylerinde yaygın biçimde görülmesi, öğrencilerin makroskobik düzeyde gözlenen sertleşme ve hacim değişimini doğrudan kütle değişimiyle ilişkilendirdiklerini düşündürmektedir. Nitekim Nakhleh (1992), öğrencilerin faz değişimleri sırasında hacim ve şekil gibi gözlenebilir değişimleri kütle değişiminin kanıtı olarak yorumlama eğiliminde olduklarını ve bu nedenle kütlenin korunumu ilkesine yönelik dirençli kavram yanlışları geliştirdiklerini vurgulamaktadır. Benzer biçimde, Tokgöz ve Sarıkaya (2025) üstün yetenekli öğrencilerle yürüttükleri güncel deneysel çalışmada, kütlenin korunumu kanununa ilişkin kavram yanlışlarının geleneksel anlatım temelli öğretimle yeterince giderilemediğini; buna karşılık tanecik modeliyle bütünleştirilmiş deney temelli öğretim uygulamalarının doğru kavrayışı anlamlı düzeyde artırdığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda mevcut çalışmada üst sınıf düzeylerinde doğru yanıt oranının artmasına karşın, 8. sınıf düzeyinde dahi öğrencilerin önemli bir bölümünün kütlenin korunumu ilkesini tam olarak içselleştirememiş olması, hâl değişimi

öğretiminde makroskobik gözlemler ile mikroskobik tanecik modeli arasındaki bağın yeterince kurulamadığını düşündürmektedir. Öğrenci gerekçelerinde yoğunluk değişiminin doğrudan kütle değişimi olarak ifade edilmesi, kütle–hacim–yoğunluk kavramlarının zihinsel modellerde tek bir fiziksel büyüklük gibi temsil edildiğini göstermekte; bu durum, hâl değişimi öğretiminde çoklu temsillerin, tanecik düzeyi görselleştirmelerin ve bilişsel çelişki oluşturacak deneysel etkinliklerin sistematik biçimde kullanılmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Bu araştırmada öğrencilerin bir kısmı bir maddeye ısı verildiğinde maddenin genleştiğini ifade etmiş ve taneciklerin büyüdüğünü vurgulamıştır. Maddenin ısı aldığıda genleştiğini ifade eden öğrenciler genleşme kavramını taneciklerin boyutunun büyümesi olarak açıklamıştır. Öğrencilerin “ısı alan maddede tanecik sayısı artar” yönündeki ifadeleri, genleşme olgusunun mikrodüzeyde tanecik sayısı ve tanecik boyutuyla yanlış eşleştirildiğini; özünde ise tanecikler arası mesafenin artışıyla ilgili bir süreç olduğunu gözden kaçırdıklarını göstermektedir. Bilimsel modele göre ısı alma, taneciklerin kinetik enerjisini yükseltir; tanecik boyutu ve tanecik sayısı sabit kalırken ortalama tanecikler arası uzaklık artar ve bu durum makro ölçekte genleşme olarak gözlenir. Söz konusu yanlış eşleştirme, kütle–hacim–yoğunluk ilişkilerinde “tanecik sayısı artışı → kütle artışı” gibi zincirleme hatalara da zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle, öğretimde genleşmenin “boyut/sayı değil, mesafe değişimi” olduğunun çoklu temsiller, parçacık düzeyi görselleştirmeler ve sabit kütle koşullarında nicel karşılaştırmalarla sistematik biçimde yapılandırılması gereklidir.

Aynı şekilde maddenin ısı alması ile maddenin taneciklerinin küçüleceğini ifade eden öğrenciler bu durumu büzülme kavramı ile açıklamıştır. Benzer kavram yanılgısı ısıнын madde üzerindeki etkisine ilişkin konularda da ortaya çıkmaktadır. Isı alan maddenin taneciklerinin büyüyeceğini düşünen öğrenci genleşen maddenin atom-moleküllerinin de genleştiğini ifade etmektedir (Adadan, vd., 2010). Kirman Bilgin ve Yiğit (2017) araştırmasında altıncı sınıf öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı konusunda yaptığı araştırmada öğrencilerin bir madde ısıtıldıktan sonra tanecik sayısını arttıran, tanecik sayısını azaltan, tanecik büyüklüğünü azaltan, tanecik sayısını arttıran çizimlerin olduğunu ortaya çıkarmış ve aynı şekilde hava sıcaklığı arttığında cıva taneciklerini daha büyük, hava sıcaklığı düştüğünde cıva taneciklerini daha küçük boyutta çizmiştir. İkinci soruda da madde soğutulduğunda taneciklerin boyutunun değişeceğini ifade eden öğrenciler bu durumda maddenin ağırlaşacağını ifade etmiştir. Bu durumda her iki madde sonucunda temel fen kavramlarına ilişkin kavram yanılgılarının varlığı tespit edilmiştir. Maddenin hâl değişimi esnasında tanecik boyutunun değişeceğini ifade eden öğrenciler, bu durumda maddenin yoğunluk, hacim ve kütle değişimini de tanecik boyutunun değişmesi ile açıklamıştır. Hâl değişimi esnasında maddenin moleküllerinin büyüklüğünün değiştiği kavram yanılgısı kütle bağlamında da ortaya çıkmaktadır. “Su gazdan katıya ya da sıvıya dönüştüğünde taneciklerinin büyüklüğü azalır” (Haidar, 1997) kavram yanılgısına sahip öğrencide “bir madde ısıtıldığında kütlesi azalır” (Pideci, 2002) kavram yanılgısı oluşabilir. Griffiths ve Preston (1992), öğrencilerin hâl değişimleri sırasında maddenin kütlesinin değiştiği ve bu yüzden de molekül büyüklüklerinin de değiştiğini ifade ettiklerini belirtmiştir. Bu anlamda kavramlar arasındaki ilişki öğrencinin zihninde yapılanmadığı sürece birbirini takip eden ve sonraki konularda da farklı şekillerde kavram yanılgılarına sebebiyet verebilir.

Kind (2004), araştırmasında öğrencilerin taneciklerin erime, donma, çözünme, genleşme, yanma, şekil değiştirme, patlama gibi durumlarda madde erirken ya da donarken

maddenin taneciklerinin eridiğini ya da taneciklerinin donduğunu düşünmektedirler. Yine benzer olarak Lee (1993), tarafından yapılan araştırmada 6. sınıf öğrencilerinin su buz halindeyken moleküllerin daha soğuk olduğunu ve buz katı olduğu için moleküllerinin de katı ve sert olduğunu düşündükleri görülmüştür. Aynı araştırmada öğrencilerin bir kısmı metal bir top ısıtılırsa moleküllerinin genleşeceğini bu nedenle topun daha büyük olacağını belirtirken bazı öğrencileri ise hava ısıtılırsa moleküllerinin de ısınacağını belirtmişlerdir. Tunç, Akçam ve Dökme (2011) çalışmalarında ısıtılan maddenin genleşmesi hakkında “Maddeyi oluşturan atom ya da moleküllerin hacmi artar” şeklinde yaygın bir kavram yanlışlığını belirlemiştir. Aynı şekilde Kirman Bilgin ve Yiğit (2017) araştırmasında öğrencilerde maddenin değil, taneciklerinin genleştiğini veya büzüldüğü kavram yanlışlığının hâkim olduğunu vurgulamışlardır. Canpolat vd., (2004) tarafından gerçekleştirilen araştırmada da araştırma sonucunu destekleyen “*Madde ısıtıldığında, atomlar genleşir.*” kavram yanlışlığını tespit etmiştir.

Atom konusu fen bilimlerinin temelini oluşturur. Atom o kadar küçük ki gözle görülemez, hacmi ölçülemez ve tartılamaz. Bu yüzden bilim adamları atomu doğrudan inceleyemezler. Dolaylı yoldan elde edilen bilgiler atomun yapısının öğrenilmesinde oldukça etkili olmuştur. Evreni oluşturan boşluk ve maddedir. Madde de atomlardan meydana gelmiştir (Cox ve Parsonage, 1999). Mikroskobik doğası itibarıyla atom soyut bir kavramdır ve öğrencilerde de öğrenme güçlüğüne en çok yaşandığı konu olarak karşımıza çıkar (Nakhleh, 1992). Bununla birlikte, atom ve atomun yapısı fen bilimlerindeki elektrik, nükleer enerji gibi diğer konuların anlaşılabilmesi sürecinde de önemli bir yapı taşıdır. Bu nedenle öğrencilerin atom konusundaki öğrenme güçlüklerinin giderilip anlamlı öğrenmenin sağlanması, üst düzeyde ve daha geniş kapsamda fen bilimleri konularının anlaşılmasına katkı sağlayacaktır (Greca ve Moreira, 2000).

Öğrenciler bir madde ezilirse atomları da ezilir, birbirine yaklaşır, atomları parçalanır, atomlar arasındaki boşluk azalır cevaplarını vermiştir. Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı ile ilgili öğrenme güçlükleri arasında makroskobik düzeyden mikroskobik düzeye geçerken yeterince anlamadıkları, ders esnasında öğretmenlerin bu konuyla ilgili öğretimi mikroskobik (tanecikli) seviyeden daha ziyade sembolik seviyede yapmaları ve günlük yaşam becerileri ile birlikte kullanımları kavram yanlışlarına sebebiyet vermektedir. Bozoğlu (2007), yedinci sınıf öğrencilerine yönelik araştırmasında madde ezilirse atomlar da ezilir, atomları yassılaşır, atomlar yok olur olası kavram yanlışlarını belirlemiş ve bu kavram yanlışlarını gidermede rol oynama yönteminin etkisini araştırmıştır.

Özalp ve Kahveci (2011), öğrencilerin atomun dışarıdan yapılan değişikliklerden doğrudan etkilendiği hatta parçalara ayrıldığında güçsüz kalıp madde özelliği gösteremeyeceği yanlışlığında olduğunu tespit etmişlerdir (ısınma, şekil değiştirme, hal değişimi vb.). Tezcan ve Salmaz (2005), maddenin ezilmesi durumunda atomun da ezileceği yanlışlığını gözlemlemişlerdir. Canpolat vd. (2004) çalışmasında ise maddenin hal değişimi sırasında gerçekleşen olayların atomda da aynı şekilde ortaya çıkacağı kavram yanlışlığını tespit etmiştir.

Araştırma bulgularında öğrenciler bir maddenin taneciklerinde meydana gelen değişimi kütle, yoğunluk ve hacim kavramını kullanarak açıklamıştır. Bu bağlamda maddenin tanecik sayısı ile kütle, yoğunluk ve hacim kavramlarının ilişkilendirilmesinde öğrencilerin kavram

yanılgılarına sahip olduğu belirlenmiştir. Kavram yanılgılarının temelinde tanecik kavramının tam olarak anlaşılabilmesi ve buna bağlı olarak farklı konularda da benzer kavram yanılgılarının ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Belirlenen kavram yanılgıları bağlamında maddenin tanecikli yapısında atom-tanecik kavramlarının madde ve ısı ünitesinde, kütlenin korunumu konularında yer verilmesi önemlidir. Demircioğlu vd. (2013), üstün yetenekli öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı konusunda zihinsel modellerini ortaya çıkardığı araştırmasında maddenin hal değişimi esnasında tanecik sayısını azalan şekilde çizmişlerdir. Bu kavram yanılgısı maddenin tanecikli yapısı ve madde ve ısı konularının sıkı ilişki içinde olması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte bu araştırmada öğrencilerin madde hal değiştirirken kütle değişimine ilişkin kavram yanılgısına sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Erdem vd., (2004), araştırmasında “Buz küpleri içeren kapalı bir kap teraziye konuluyor, buz eridiğinde ne gözlersiniz?” sorusunda terazinin ibresi daha az olan yönü gösterir, terazinin ibresi fazla olan yönü gösterir, şeklinde kavram yanılgılarını tespit etmiştir. Öğrenciler bu araştırmada maddenin eridiğinde kütle değişimini ifade etmiştir. Bu araştırma sonucunun geçerliğini koruyor olması önemlidir. Yine Demirkol (2017), altıncı sınıf öğrencileri üzerinde yaptığı araştırmasında tanecikler arası mesafenin artması ile maddenin kütlelerinin artacağına ilişkin kavram yanılgılarını tespit etmiştir.

Tespit edilen kavram yanılgılarının sınıf seviyesi arttıkça azaldığı bulgularına ulaşılmıştır. Bununla birlikte maddenin hal değişimi esnasında taneciklerin değişimine ilişkin kavram yanılgıları sınıf düzeyi artsa da devam etmektedir. Özellikle “su donduğunda ağırlaşır, su donarsa yoğunluğu azalır ve kütlesi azalır; Su donduğunda büzülür ve kütlesi azalır, suyun yoğunluğu buzdan fazla olduğu için kütlesi azalır” açıklamalarının yapılması sekizinci sınıf öğrencilerinin temel fen kavramları arasında ilişki kuramamalarından kaynaklı kavram yanılgılarına sahip olduklarını göstermektedir.

Alan yazında var olan çalışmalardan yola çıkarak öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgılarını ortaya çıkarmak önemlidir. Özellikle fen bilimlerinde her konunun temelinde tanecik kavramına ulaşmak mümkündür. Ülkemizin geleceği için ayrı bir öneme sahip olan üstün yetenekli öğrencilere Bilim ve Sanat Merkezi kurumlarında özel eğitim verilmesi ve bu öğrencilere düzenlenecek etkinliklerde rehber olması bağlamında araştırmanın katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Öneriler

Bu araştırmada, üstün yetenekli öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı, hâl değişimi, genleşme-büzülme, kütle, hacim ve yoğunluk kavramları arasındaki ilişkileri açıklarken çeşitli kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlenmiştir. Kavram yanılgılarının özellikle tanecik boyutu ile tanecikler arası mesafenin karıştırılması, hâl değişimi sırasında kütlenin korunumu ilkesinin yeterince yapılandırılmaması ve fiziksel değişimlerin atomik düzeyde hatalı yorumlanması üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Araştırma bulguları doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Bu araştırmada belirlenen tanecik boyutu-tanecikler arası mesafe, genleşme-büzülme, hâl değişiminde kütlenin korunumu ve fiziksel değişimlerde atomun yapısına ilişkin kavram

yanılgılarının farklı sınıf düzeylerinde ve farklı öğrenci gruplarında görülme durumları karşılaştırmalı olarak incelenebilir.

- Üstün yetenekli öğrencilerde belirlenen bu kavram yanılgılarının, üstün yetenekli olmayan öğrencilerdeki kavramsal yapılarla benzerlik ve farklılıkları araştırılabilir. Böylece söz konusu yanılgıların öğrenci grubuna özgü olup olmadığı ya da genel öğrenme süreçleriyle ilişkili olup olmadığı daha açık biçimde ortaya konulabilir.

- Bu çalışmada ortaya çıkan yanılgılarla ilişkili olabilecek ısı-sıcaklık, yoğunluk-kütle ayrımı, hâl değişimi, genleşme-büzülme ve fiziksel değişim-kimyasal değişim ayrımı gibi sınırlı ve doğrudan ilişkili konu alanlarında öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgıları ayrıca incelenebilir.

- Öğrencilerin “tanecikler büyür”, “tanecikler küçülür”, “madde ağırlaşır”, “atomlar ezilir” gibi ifadeleri hangi düşünme biçimleriyle kullandıkları nitel araştırmalarla ayrıntılı olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda görüşme, çizim, model açıklama ve düşünme-aloud gibi tekniklerle öğrencilerin mikroskobik ve makroskobik düzeyler arasında nasıl ilişki kurdukları incelenebilir.

- Bu çalışmada belirlenen kavram yanılgılarının giderilmesine yönelik olarak, doğrudan bu yanılgıları hedef alan kavramsal değişim temelli öğretim uygulamalarının etkililiği deneysel araştırmalarla değerlendirilebilir. Bu uygulamalarda özellikle tanecik boyutunun değişmediği, tanecikler arası mesafenin değişebildiği ve hâl değişimi sırasında kütlenin korunduğu vurgulanmalıdır.

- Öğretim sürecinde maddenin tanecikli yapısı ele alınırken makroskobik gözlemler ile mikroskobik açıklamalar arasındaki geçiş açık biçimde kurulmalıdır. Özellikle genleşme, büzülme, donma ve ezilme gibi günlük yaşamda gözlenebilen olayların atom ve tanecik düzeyinde ne anlama geldiği model, görsel ve karşılaştırmalı açıklamalarla desteklenmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, öğrencilerin aynı kavramlara ilişkin düşüncelerinin zaman içinde nasıl değiştiği boylamsal olarak izlenebilir. Böylece tanecikli yapı, hâl değişimi ve kütlenin korunumu konularındaki kavram yanılgılarının hangi sınıf düzeylerinde azaldığı, hangilerinin dirençli biçimde sürdüğü daha ayrıntılı biçimde belirlenebilir.

Çıkar Beyanı

Bu çalışmanın yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

Destek Beyanı

Bu çalışma herhangi bir kurum veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

Yapay Zekâ Kullanım Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanması sürecinde üretken yapay zekâ araçlarından yalnızca dil, anlatım ve metin akışının iyileştirilmesi amacıyla yararlanılmıştır. Araştırmanın tasarımı, veri toplama ve analiz süreçleri, bulguların yorumlanması ve bilimsel içeriğin oluşturulması yazar tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapay zekâ desteğiyle düzenlenen içerikler yazar tarafından

kontrol edilmiş olup çalışmanın bilimsel doğruluğu ve nihai içeriğine ilişkin tüm sorumluluk yazara aittir.

Etik ile İlgili Hususlar

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı	: Milli Eğitim Bakanlığı
Etik değerlendirme kararının tarihi	: 12/03/2024
Etik değerlendirme belgesi sayı numarası	: E-78520003-605.99-98603554

- Ortaokul öğrencileriyle yürütülen bu çalışmada veli onayı alınmıştır.
- Katılımcıların seçiminde gönüllülük esası dikkate alınmıştır.
- Çalışmaya katılan öğrencilere bilimsel bir çalışma yapılacağı hususunda bilgilendirme yapılarak çalışmaya katılmaları halinde isimlerinin gizli kalacağı hakkında güvence verilmiştir.

Kaynakça

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290203>
- Adadan, E., Trundle, K. C., & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 1004–1035.
- Altay, E., & Balım, A. G. (2021). Maddenin tanecikli yapısı ile ilgili kavram yanlışlarının tespiti. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(2), 576–592. <https://doi.org/10.51460/baebd.956631>
- Armağan Sancar, N. (2010). *İlköğretim birinci kademede fen ve teknoloji dersi öğretiminde kullanılan örnek olay yönteminin etkililiği* (Yüksek lisans tezi). Beykent Üniversitesi, Türkiye.
- Aslan, S., Ertay Kılıç, H., & Kılıç, D. (2016). Bilimsel süreç becerileri. Pegem Akademi
- Ayas, A. (2011). Kavram öğrenimi. İçinde S. Çepni (Ed.), Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi (9. baskı, ss. 126–151). Pegem Akademi.
- Ayas, A., & Özmen, H. (2002). Lise kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma. Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi, 19(2), 45–60.
- Bayram, H., Sökmen, N., & Savcı, H. (1997). Temel fen kavramlarının anlaşılma düzeyinin saptanması. Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 9(9), 89–100.
- Bilge, E. (2023). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının kapsayıcı eğitim çerçevesinde öğretim yapabilmesine yönelik öğretim modülü tasarlanması ve değerlendirilmesi* (Doktora tezi). Trabzon Üniversitesi, Türkiye.

- Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203–213.
- Bozan, İ., & Savaş, B. (2019). Üstün yetenekli öğrencilerde sık görülen kavram yanlışlarının öğretmen görüşlerine göre incelenmesi. *Disiplinlerarası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(6), 87–98.
- Bozoğlu, M. (2007). *İlköğretim 7. sınıf öğrencilerinde atom kavramı hakkında imaj oluşturmada rol oynama yönteminin etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Türkiye.
- Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçıken, S., & Geban, Ö. (2004). Kimyadaki bazı yaygın yanlış kavramalar. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gefad/issue/6760/90936>
- Cox, P. R., & Parsonage, M. (1999). *Atom ve molekül* (F. Halatçı, Çev.). Nuray Matbaacılık.
- Çeliköz, N. (1998). Kavram öğrenme ve öğretme ilkeleri. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 69–76.
- Çepni, S., Ayas, A., Akdeniz, A.R., Özmen, H., Yiğit, N. ve Ayvaci, H.Ş. (2005). Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi. Dördüncü Baskı Pegem A Yayıncılık, Ankara.
- Çepni, S., & Çil, E. (2009). *Fen ve teknoloji programı (Tanıma, planlama, uygulama ve SBS'yle ilişkilendirme) öğretmen el kitabı*. Pegem Akademi.
- Çiçek, Ş. (2008). Lise 2 Öğrencilerinin Kimya dersinde başarıları ve tutumları üzerine bilim şenliklerinin etkisinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi
- Demircioğlu, G., Demircioğlu, H., & Vural, S. (2016). 5E öğretim modelinin üstün yetenekli öğrencilerin buharlaşma ve yoğunlaşma kavramlarını anlamaları üzerine etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 24(2), 821–838.
- Demirkol, H. (2017). *6. sınıf öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişimler konusundaki zihinsel modellerinin ve bilişsel yapılarının belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Türkiye.
- Doğan, Z. (2007). İlköğretim düzeyindeki öğrencilerde ve üstün yeteneklilerde kavram gelişimi: Buharlaşma, yoğunlaşma ve kaynama kavramları [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupil and paradigms: A review of the literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61–84.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). Making sense of secondary science: Research into children's ideas. Routledge.
- Eggen, P., & Kauchak, D. (2004). Educational psychology: Windows on classrooms. Pearson Prentice Hall.
- Erdem, E., Yılmaz, A., & Gücüm, B. (2004). Öğrencilerin madde konusunu anlama düzeyleri, kavram yanlışları ve fen bilgisine karşı tutumları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 74–82.
- Gemici, Ö. (2012). Fen ve teknoloji eğitiminde kavram öğretimi. İçinde Ö. Taşkın (Ed.), *Fen ve teknoloji öğretiminde yeni yaklaşımlar* (2. baskı, ss. 125–148). Pegem Akademi.

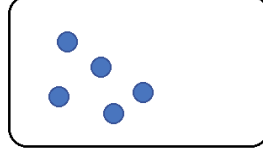
- Gödek, Y., Polat, D., & Kaya, V. H. (2018). Fen bilgisi öğretiminde kavram yanlışları: Kavram yanlışlarının tespiti-giderilmesi ve uygulamalı örnekler. Pegem Akademi.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade 12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611–628.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 181–197. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199702\)34:2<181::AID-TEA5>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199702)34:2<181::AID-TEA5>3.0.CO;2-P)
- 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. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F)
- Karakaya, İ. (Ed.). (2022). *Açık uçlu soruların hazırlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi*. Pegem Akademi.
- Kind, V. (2004). *Beyond appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* (2nd ed.). Royal Society of Chemistry.
- Kirman Bilgin, A., & Yiğit, N. (2017). Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı konusu ile bağlamları ilişkilendirme durumlarının incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 303–322.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249–270. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300304>
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: Öğretim programları ortak metni. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Mann, M., & Treagust, D. F. (1998). A pencil and paper instrument to diagnose students' conceptions of breathing, gas exchange and respiration. *Australian Science Teachers Journal*, 44(2), 55–59.
- Nakiboğlu, C., & Özkılıç Arık, R. (2006). 4. sınıf öğrencilerinin gazlar ile ilgili kavram yanlışlarının V-diyagramı kullanılarak belirlenmesi. *Yeditepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(2), 31–46.
- Özalp, D., & Kahveci, A. (2011). Maddenin tanecikli yapısı ile ilgili iki aşamalı tanılayıcı soruların ontoloji temelinde geliştirilmesi. *Eğitim ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 40(91), 135–156.
- Özmen, H., Ayas, A., & Coştu, B. (2002). Determination of the science student teachers' understanding level and misunderstandings about the particulate nature of the matter. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 2(2), 507–529.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.

- Pideci, N. (2002). *Derecelendirme atom–molekül kavramlarına yönelik kavram yanlışları ve bu yanlışların giderilmesine yönelik yöntemlerin etkililiğinin değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Skelly, K. M., & Hall, D. (1993, August). The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry [Paper presentation]. Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, NY, United States.
- Şen, Ş., & Yılmaz, A. (2012). Erime ve çözünmeyle ilgili kavram yanlışlarının ontoloji temelinde incelenmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1), 54–72.
- Taber, K. S. (2002). Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure: Theoretical background (Vol. 1). Royal Society of Chemistry.
- Tezcan, H., & Salmaz, Ç. (2005). Atomun yapısının kavratılmasında bütünleştirici ve geleneksel öğretim yöntemlerinin etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1), 41–54.
- Tokgöz, E. Ö., & Sarıkaya, M. (2025). Experimental study on eliminating misconceptions regarding the law of conservation of mass in chemical reactions in gifted students. *Journal of Chemical Education*, 102(6), 2268–2282.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Tunç, T., Akçam, H., & Dökme, İ. (2011). Üç aşamalı sorularla sınıf öğretmeni adaylarının bazı temel fen kavramları hakkında sahip oldukları kavram yanlışları. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 817–842
- Uyanık, G. (2019). İlkokul öğrencilerinin fen bilimleri kavramlarına ilişkin kavram yanlışlarının belirlenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 12(4), 45-54.
- Yağbasan, R., & Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 102–120.
- Yerlikaya, Z., & Kılıç, M. S. (2021). Örnek etkinliklerle fen eğitiminde bilimsel süreç becerileri. In *Eğitim & Bilim 2021*. Efe Akademi.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (12. baskı). Seçkin Yayıncılık.

Ek 1. İki Aşamalı Tanılayıcı Test Formu

Not: Bu ekte yer alan maddeler, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla düzenlenmiştir. Tanecik modelleri araştırmacılar tarafından yeniden ve özgün olarak çizilmiştir; herhangi bir basılı ya da dijital kaynaktan doğrudan alınmamıştır.

1. Yandaki kapta oda sıcaklığında bulunan bir gazın tanecik modeli verilmiştir. Kap daha soğuk bir ortama konulduğunda gaz taneciklerinin son durumu aşağıdaki modellerden hangisiyle en doğru biçimde gösterilebilir? İlgili seçeneği işaretleyiniz ve nedenini açıklayınız.



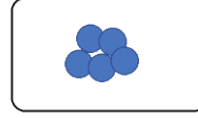
Başlangıç durumu



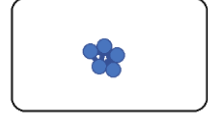
A



B



C



D

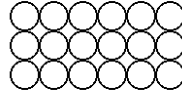
Cevabım:

Çünkü:

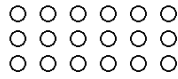
.....

...

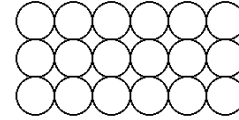
2. Bir demir çubuk ısıtılmaktadır. Demir çubuğun ısıtılmadan önceki tanecik dizilimi aşağıda verilmiştir. Isıtma sonrasında tanecik dizilimi aşağıdaki modellerden hangisiyle en doğru biçimde gösterilebilir?



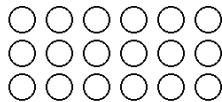
Isıtılmadan önceki tanecik dizilimi



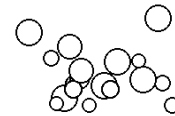
A



B



C



D

Cevabım:

Çünkü:

3. Ağız kapalı bir şişenin içinde 500 gram su bulunmaktadır. Şişe derin dondurucuya konulmuş ve içindeki su tamamen donmuştur. Donma işlemi tamamlandıktan sonra şişedeki buzun kütlesi ne kadardır?

- A) 500 gramdan fazladır.
- B) 500 gramdan azdır.
- C) 500 gramdır.

Cevabım:

Çünkü:

.....

...

4. Bir öğrenci, geri dönüşüm kutusuna atmak üzere boş bir alüminyum kutuyu eliyle ezerek şekil değiştirmesini sağlamıştır. Bu olaydan sonra alüminyum kutuyu oluşturan atomlarla ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi en doğrudur?

- A) Atomlar ezilir.
- B) Atomlar küçük parçalara ayrılır.
- C) Atomların yapısı ve büyüklüğü değişmez.
- D) Atomlar birbirine yaklaşarak küçülür.

Cevabım:

Çünkü:

.....

EXTENDED SUMMARY

Problem Statement

The particulate nature of matter is one of the fundamental concepts in science education, providing a conceptual basis for understanding atoms, phase changes, expansion and contraction, and the relationships among mass, volume, and density. However, because particulate processes occur at the microscopic level and cannot be directly observed, students may have difficulty connecting observable changes in matter with their underlying particle-level explanations. In this process, everyday experiences and macroscopic observations may shape students' interpretations and lead to misconceptions that differ from scientifically accepted explanations.

Such misconceptions are not necessarily limited to students with lower levels of academic achievement. Gifted students may also develop alternative explanations for abstract science concepts despite their advanced cognitive and reasoning abilities. This is particularly relevant in Science and Art Centers (BİLSEM), where instructional practices are expected to support deeper conceptual understanding and higher-order thinking. Identifying how gifted students conceptualize the particulate nature of matter may therefore provide useful evidence for planning science instruction that addresses their specific learning needs.

Accordingly, this study examined gifted students' misconceptions about the particulate nature of matter across different grade levels. The study focused on students' explanations of particle-level changes during heating and cooling, the relationships they established among mass, volume, density, and particulate structure during phase changes, and their interpretations of what happens to atoms when a material is crushed. Both students' selected responses and

their written justifications were examined to reveal the conceptual reasoning underlying their answers.

Method

The study was designed as a quantitative descriptive survey. The study group consisted of 217 students enrolled in grades 5–8 at a Science and Art Center in Ankara, Türkiye. All participants had been identified by the Ministry of National Education as gifted in the field of general intellectual ability. The sample included 110 girls and 107 boys; 55 students were in grade 5, 57 in grade 6, 52 in grade 7, and 53 in grade 8. Participants were selected through purposive sampling using convenience criteria, and participation was voluntary with parental informed consent. Data were collected using a two-tier diagnostic test developed by the researcher to identify misconceptions concerning the particulate nature of matter. The first tier consisted of multiple-choice items, while the second required students to explain the reasoning underlying their selected answers. Following literature review, expert evaluation, and a pilot study with 50 gifted students, the final instrument was limited to four items addressing heating, cooling, conservation of mass during phase change, and atomic-level interpretations of physical change. Multiple-choice responses were coded at the item level, while written explanations were analyzed through content analysis. Responses were classified as scientific knowledge, partial scientific knowledge, unjustified correct response, misconception, or lack of knowledge. Two independent raters coded the open-ended explanations. Inter-rater agreement was 91.2%, and Cohen's kappa was .87.

Findings

Misconceptions were identified across all grade levels, although their frequency generally decreased in the upper grades. When students explained what happens to particles during heating, misconceptions were observed in 66% of fifth graders, 53% of sixth graders, 50% of seventh graders, and 28% of eighth graders. A common explanation was that particles become larger as matter expands; another group stated that particles become smaller when matter is heated. In the cooling item, misconception rates were 86%, 60%, 71%, and 49% from grades 5 to 8, respectively. Students frequently associated cooling with changes in particle size, particle number, or mass. Misconceptions were also prominent in the phase-change item concerning conservation of mass. The proportion classified in the misconception category was 82% in grade 5, 74% in grade 6, 73% in grade 7, and 60% in grade 8. Many students stated that water becomes heavier or lighter when it freezes and linked changes in mass to changes in density, volume, or particle number. Similar difficulties appeared in the item on crushing a material. Misconception rates were 93%, 81%, 87%, and 43% across grades 5–8. Students commonly stated that atoms move closer together, become smaller, or are themselves crushed. Overall, the findings indicate that students often transferred observable macroscopic changes directly to the microscopic level and did not consistently distinguish particle size, interparticle distance, particle number, mass, volume, and density.

Conclusion and Discussion

The findings show that gifted students may retain substantial misconceptions about the particulate nature of matter despite their advanced learning profile. The central difficulty was the transition between macroscopic observations and microscopic explanations. Students often

treated particles as miniature versions of the material itself: matter expands because particles grow, matter contracts because particles shrink, frozen water changes mass because its density or volume changes, and a crushed object is assumed to contain crushed or smaller atoms. This pattern suggests that the particle concept was not fully differentiated from everyday meanings of size, weight, compression, and expansion. The findings are consistent with studies cited in the manuscript reporting similar misconceptions about particle size during heating and cooling, conservation of mass during phase changes, and changes in atoms during physical transformations. Although misconceptions generally decreased with increasing grade level, they did not disappear. Even eighth-grade students continued to provide explanations in which mass, density, volume, particle number, and particle size were incorrectly linked. The persistence of these explanations indicates that grade progression alone may not be sufficient for conceptual change. The results therefore support instruction that explicitly connects macroscopic observations with microscopic particle models and requires students to justify their explanations. In the BİLSEM context, conceptual depth should accompany enrichment activities so that advanced students do not build later science learning on unresolved misconceptions. The study also shows the value of two-tier diagnostic assessment because correct options alone may conceal scientifically inconsistent reasoning.

Recommendations

Future studies may compare the identified misconceptions across different grade levels, schools, and student groups, including gifted and non-gifted learners. Qualitative studies using interviews, drawings, model explanations, or think-aloud procedures could examine how students construct links between macroscopic events and microscopic representations. Experimental studies may also test conceptual-change interventions designed specifically to address confusion between particle size and interparticle distance, conservation of mass during phase changes, and atomic interpretations of physical change. In classroom practice, heating, cooling, freezing, expansion, contraction, and crushing should be represented simultaneously at macroscopic and particle levels through models, visuals, and evidence-based explanations. Longitudinal studies could further determine which misconceptions decrease with grade level and which remain resistant over time.