

MADDENİN TANECİKLİ YAPISI İLE İLGİLİ ALTERNATİF KAVRAMALARIN TESPİTİNDE FARKLI VERİ TOPLAMA ARAÇLARININ BİRLİKTE KULLANIMI

Dr. Osman Kenan
Bener Cordan Ortaokulu
Trabzon
osman_kenan@hotmail.com

Prof. Dr. Haluk Özmen
KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü
Trabzon
hozmen61@hotmail.com

Özet

Bu çalışmanın amacı, farklı veri toplama araçları kullanarak öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı ile ilgili anlamalarının ve alternatif kavramaların belirlenmesidir. Çalışma, 82 adet 6. sınıf öğrencisi ile yürütülmüştür. Çalışmada veri toplama aracı olarak üç bölümden oluşan bir test ile çizim ve mülakatlar kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen testin birinci bölümü çoktan seçmeli sekiz adet sorudan, ikinci bölümü iki aşamalı çoktan seçmeli beş adet sorudan ve üçüncü bölümü ise kısa cevaplı 8 adet sorudan oluşmaktadır. Test öğrencilere konunun öğretimi tamamlandıktan sonra uygulanmış ve on iki öğrenci ile bireysel mülakatlar yapılmış ve onlara tanecikli modeli gösteren çizimler yaptırılmıştır. Sonuçlar öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı ile ilgili anlamalarının düşük olduğu ve birçok alternatif kavramaya sahip olduklarını göstermektedir. Ayrıca farklı veri toplama araçlarının kullanılmasının öğrencilerin farklı alternatif kavramalarının detaylı olarak ortaya çıkarılmasında etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Maddenin tanecikli yapısı, alternatif kavrama, farklı veri toplama araçları.

USING DIFFERENT DATA COLLECTION TOOLS TOGETHER FOR DIAGNOSING ALTERNATIVE CONCEPTIONS ON THE PARTICULATE NATURE OF MATTER

Abstract

The aim of this study is to determine students' conceptions and alternative conceptions on the particulate nature of matter by using different data collection tools. The sample consists of 82 grade 6 students. A test, which consists of three section, drawings and interviews were used as data collection tools. The first section of the test consists of 8 multiple-choice questions while the second section consists of 5 two-tier multiple choice questions and the third section consists of 8 short answer questions. The test was implemented after the particulate nature of matter concept was taught and interviews were made 12 students and they were asked to draw the particulate model. The results of the study show that understanding level of the students was low and they had several alternative conceptions. And also, it was seen that using different data collection tools was useful to diagnosing students' alternative conceptions in detail.

Key Words: The particulate nature of matter, alternative conception, different data collection tool.

GİRİŞ

Bilim ve teknolojiye paralel olarak mevcut bilgi birikiminin gün geçtikçe hızla artması, okul süresince, mevcut bilgileri aktarmaktan çok temel kavramlar öğretilmesini gerekli kılmıştır (Ayas, 1995). Bunun neticesinde tüm dünyada kavram öğretiminin önemi ve kavram öğretimi ile ilgili çalışmaların sayısı artmıştır. Buna bağlı olarak kavramlarla ilgili öğrencilerin sahip oldukları anlama düzeyi ve alternatif kavramların

belirlenmesi çalışmaları da hız kazanmıştır. Alternatif kavramların giderilebilmesi için öncelikle konu ile ilgili alternatif kavramlar mümkün olduğunca eksiksiz belirlenmelidir.

Literatüre bakıldığında alternatif kavramların belirlenmesinde açık uçlu ve çoktan seçmeli sorular ile mülakatlar daha sık kullanılmakla birlikte, kısa cevaplı soruların, çizimlerin, doküman analizinin, kavram haritalarının ve TGA yönteminin de kullanıldığı görülmektedir. Bu veri toplama araçlarından biri veya birkaçı birlikte kullanılarak öğrencilerin MTY ve ilişkili kavramlarla ilgili anlamalarının ve sahip oldukları alternatif kavramların belirlendiği literatürde görülmektedir. Sadece bir veri toplama aracının kullanıldığı çalışmalarda çoğunlukla yalnız açık uçlu soruların (Shepherd ve Renner; 1982; Abraham, Williamson ve Westbrook, 1994; Özmen, Ayas ve Coştu, 2002; Ayas, Özmen ve Çalık, 2010; Durmuş ve Bayraktar, 2010), örneklem büyükse çoktan seçmeli soruların (Gabel, 1993; Yeziarski, 2003; Othman, Treagust ve Chandrasegaran, 2008; Treagust ve diğ., 2010) ya da örneklem küçükse mülakatların (Osborne ve Cosgrove, 1983; Stavy, 1990; Griffiths ve Preston, 1992; Johnson, 1998a, 1998b, 1998c; Nakhleh ve Samarapungavan, 1999; Valanides, 2000; Nakhleh, Samarapungavan ve Sağlam, 2005; Papageorgiou, Johnson ve Fotiadis, 2008; Pierri, Karatrantou ve Panagiotakopoulos, 2008; Özmen, 2011b) kullanıldığı görülmektedir.

İki ya da daha fazla veri toplama aracının birlikte kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Özmen (2011a) çoktan seçmeli sorularla kısa cevaplı soruları, Boz (2006) ve Adadan, Irving ve Trundle (2009) açık uçlu sorularla mülakatları, Ayas ve Özmen (2002) açık uçlu sorularla çizimleri, Liu ve Lesniak (2005) açık uçlu sorularla çoktan seçmeli soruları, Boz and Boz (2008) mülakat ile doküman analizini kullanarak iki farklı veri toplama aracını birlikte kullanmışlardır. Novick ve Nussbaum (1981) açık uçlu ve çoktan seçmeli sorularla çizimleri, Bar ve Travis (1991) açık uçlu ve çoktan seçmeli sorularla mülakatları, Adadan (2006) ve Adadan, Trundle ve Irving (2010) açık uçlu sorular ile mülakat ve doküman incelemesini, Adadan (2013) açık uçlu sorular ile mülakat ve çizimleri kullanarak üç farklı veri toplama aracı kullanmıştır. Yaman (2012) kavram haritası, kelime ilişkilendirme testi, çizimler, mülakatlar ve TGA'nın yazılı cevap gerektiren kısımlarını, Kenan (2005) ise açık uçlu, çoktan seçmeli ve kısa cevaplı sorular ile mülakat ve çizimleri birlikte kullanmıştır. Zira test formatının kavramsal gelişim ile ilgili yapılan araştırmaların sonuçları üzerinde etkili olması (Bar ve Travis, 1991; Kenan 2005) alternatif kavramların belirlenmesinde farklı veri toplama araçlarının birlikte kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada öğrencilerin alternatif kavramlarının belirlenmesinde veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli, iki aşamalı, kısa cevaplı ve açık uçlu sorular ile mülakatlar ve çizimler kullanılmıştır.

YÖNTEM

Araştırmanın örneklemini, Trabzon il merkezinde bulunan bir ortaokulun iki farklı 6. sınıfında öğrenim gören toplam 82(41+41) kişilik bir grup oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak üç bölümden oluşan bir test ile çizim ve mülakatlar kullanılmıştır. Test literatürden alınan (Kenan, 2014) geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış testler içerisinde seçilen belirli test maddelerinden oluşmaktadır. Testin birinci bölümü maddenin hallerinin tanecikli yapısı ile tanecikli yapı fikrinin sıkıştırma, genişleme çözünme gibi olaylara uygulanması ile ilgilidir. Testin ikinci bölümü iki aşamalı beş adet sorudan oluşmaktadır. Soruların birinci kısmı doğru-yanlış türünde, ikinci gerekçe kısmı ise seçeneklerde alternatif kavramların yer aldığı çoktan seçmeli türündedir. Testin üçüncü bölümü ise tanecikli yapı ile ilgili verilen 8 özelliğin maddenin hangi hali ya da hallerine ait olduğunun tespit edilmesinin istendiği kısa cevap gerektiren test türündedir. Test öğrencilere konunun öğretimi tamamlandıktan sonra bir ders saatinde uygulanmıştır. Test sonucuna göre üst, orta ve alt gruptan seçilen toplam 12 (4+4+4) öğrenci ile bireysel mülakatlar yapılmış ve onlara tanecikli modeli gösteren çizimler yaptırılmıştır. Testten elde edilen veriler frekanslanarak yüzde dağılımı olarak verilmiştir. Mülakat ve çizimlerden elde edilen veriler ise kategorilere ayrılarak sunulmuştur. Çizimlerin analizinde literatürde kullanılan kategoriler kullanılmıştır (Ayas, 1995; Ayas ve Özmen, 2002; Özmen ve diğ., 2002). Bu kategoriler ve içerikleri ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Çizimlerin Analizinde Kullanılan Kategoriler ve İçerikleri

Kategoriler	İçerikleri
Tanecikli	Beklenen tanecikli gösterimi yapan öğrenci cevapları.
Tanecikli hatalı	Tanecikli yapıda gösterim yapan, fakat tanecikli yapının gösterimi bilimsel gösterimden uzak ve hatalı olan öğrenci cevapları.
Sürekli	Tanecikli yapı yerine sürekli yapının kullanıldığı öğrenci cevapları.
Cevapsız	Boş bırakma Bilmiyorum, anlamadım şeklinde cevaplama

Mülakatlarda kullanılan kategoriler ve bu kategorilere giren öğrenci cevaplarının içeriği ile ilgili bilgiler ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Mülakatların Analizinde Kullanılan Kategoriler ve İçerikleri

Kategoriler	İçerikleri
Anlama	Tanecikler düzeyinde bilimsel olarak doğru açıklamaları içeren cevaplar
Kısmi Anlama	Sadece makroskobik düzeyde bilimsel olarak doğru açıklamaları içeren cevaplar
Alternatif Kavrama	Bilimsel bilgilerle tutarlı olmayan, alternatif fikirler içeren cevaplar
Anlamama	Bilmiyorum" şeklinde cevaplama Açıklama yapmama

BULGULAR

Bu bölümde çalışmada veri toplama aracı olarak kullanılan farklı bölümden oluşan test ile çizim ve mülakatlardan elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

Çoktan Seçmeli Sorulardan Elde Edilen Bulgular

Maddenin tanecikli yapısı ile ilgili çoktan seçmeli sorulardan elde edilen bulgular Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Çoktan Seçmeli Sorulardan Elde Edilen Bulgular

Soru No	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
1	0,0	17,1	79,3*	3,7
2	46,3*	35,4	11,0	7,3
3	28,0	12,2	4,9	52,4*
4	6,1	8,5	69,5*	14,6
5	25,6	63,4*	2,4	8,5
6	7,3	11,0	34,1	47,6*
7	47,6*	8,5	6,1	32,9
8	3,7	43,9	45,1*	3,7

*: Doğru cevap veren öğrenci yüzdeleri

Tablo 3'te görüldüğü gibi çoktan seçmeli soruların birincisinde öğrencilerin %79,3'ü bütün maddelerin tanecikli ve boşluklu yapıda olduğunu doğru olarak belirtmiştir. Öğrencilerin %17,1'i ise sadece sıvı ve gazların tanecikli ve boşluklu yapıda olduğu alternatif kavramasına sahiptir. İkinci soruda ise öğrencilerin %46,3 havanın sıkıştırılabilmesinin nedeni olarak tanecikli ve boşluklu yapıda olmasını doğru olarak belirtmiştir. Öğrencilerin %35,4'ü ise sünger ve pamuğun sıkıştırılabilmesinin tanecikli yapısından kaynaklandığına inanmaktadır. Üçüncü soruda öğrencilerin ancak %52,4'ü gazların sıkıştırılabilmesi, genleşme ve çözünme olayları ile maddelerin boşluklu yapıda olması arasında ilişki kurabilmiştir. Öğrencilerin %28'i genleşme ve çözünme olaylarının boşluklu yapıyla ilgisinin olmadığına inanmaktadır. Dördüncü soruda öğrencilerin %69,5'i gazların özellikleri olarak genleşme, sıkışma, akıcı olma, taneciklerinin bağımsız hareket etmesi ve öteleme yapmasını doğru olarak

belirtmiştir. Beşinci soruda ise öğrencilerin %63,4'ü havanın taneciklerinin titreşim hareketi yaptığını, tanecikleri arasında fazla boşluk bulunduğunu, akıcı olduklarını ve sıkıştırılabildiklerini doğru olarak belirtmiştir. Öğrencilerin %25,6'sı ise bu özelliklerin tamamına suyun sahip olduğuna inanmaktadır. Altıncı soruda öğrencilerin ancak %47,6'sı gazların genleşme ve sıkışma özelliklerinin, sıvıların sıkıştırılamayışının ve sıvıların akıcılığının tanecikler arası boşluklarla ilgili olduğunu doğru olarak tespit edebilmiştir. Öğrencilerin %34,1'i ise akıcılığın tanecikler arası boşluklarla ilgili olmadığına inanmaktadır. Yedinci soruda ise öğrencilerin %47,6'sı soruyu doğru cevaplayarak "Buz tanecikleri hareket etmez" alternatif kavramasını taşımadıklarını ortaya koymuştur. Öğrencilerin %32,9'u kolonya taneciklerinin bağımsız olarak hareket edeceğine inanmaktadır. Sekizinci soruda ise öğrencilerden verilen tanecik modelleri içerisinde sıvı hali en doğru temsil eden modeli seçmeleri istenmiştir. Öğrencilerin ancak %45,1'i taneciklerin düzensiz fakat temas halinde bulunduğu modeli doğru olarak seçmiştir. Öğrencilerin %43,9'u ise tanecikler arası boşlukların az olduğu fakat taneciklerin temas halinde olmadığı modeli tercih etmiştir.

İki Aşamalı Sorulardan Elde Edilen Bulgular

Birinci kısmı doğru yanlış, ikinci kısmı çoktan seçmeli olarak hazırlanan iki aşamalı sorulardan elde edilen bulgular Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. İki Aşamalı Sorulardan Elde Edilen Bulgular

SORU	I. AŞAMA	II. AŞAMA (GEREKÇE)			
		A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
1. Bütün maddeler tanecikli yapıdadır.	Doğru	7,3	78,1*	6,1	3,7
	Yanlış	0,0	0,0	0,0	2,5
2. Katı ve sıvı maddeler sıkıştırılmaz, gazlar sıkıştırılabilir.	Doğru	19,5	4,9	3,7	63,4*
	Yanlış	0,0	1,2	1,2	6,1
3. Hava dolu şırınga içerisindeki havayı sıkıştırdığımızda, hava taneciklerinin şekli değişir.	Doğru	6,1	7,3	8,6	2,5
	Yanlış	7,4	6,1	57,3*	3,7
4. Isınan maddenin taneciklerinin büyüklüğünde meydana gelen değişimlerden dolayı, maddeler genleşir ve daha çok yer kaplar.	Doğru	7,3	42,7	2,5	23,2
	Yanlış	0,0	1,2	0,0	23,2*
5. Sıvılar donduğunda tanecikleri de donar.	Doğru	17,1	18,3	7,3	0,0
	Yanlış	9,8	9,8	34,2*	2,5

*:Her iki aşamayı da doğru cevaplayan öğrenci yüzdeleri

Tablo 4'te görüldüğü gibi birinci soruda, maddelerin gözle görülemeyecek kadar küçük taneciklerden oluştuğu gerekçesiyle bütün maddelerin taneciklerden meydana geldiğini doğru olarak belirten öğrencilerin oranı %78,1'dir. İki öğrenci hariç, tüm öğrenciler sorunun birinci kısmında bütün maddelerin tanecikli yapıda olduğunu belirtmiştir. İkinci soruda, bütün maddelerin tanecikli ve boşluklu yapıda olup, gaz tanecikleri arasındaki boşlukların fazla olduğunu belirterek, katı ve sıvı maddelerin sıkıştırılamayacağı fakat gazların sıkıştırılabileceği ifadesinin doğru olduğunu belirten öğrencilerin oranı %63,4'tür. Öğrencilerin % 19,5'i ise katı ve sıvıların bütünsel yapıda, gazların ise tanecikli ve boşluklu yapıda olduğu alternatif kavramasına sahiptir.

Üçüncü soruda ise şırınga içerisinde sıkıştırılan hava taneciklerinin şeklinin değişmeyeceğini, sıkışma sırasında hava tanecikleri arasındaki uzaklık değişeceği gerekçesiyle doğru olarak belirten öğrencilerinin oranı %57,3'tür. Öğrencilerin % 24,5'i sıkıştırılan hava taneciklerinin şeklinin değişeceği alternatif kavramasına sahiptir. Dördüncü soruda, ısı etkisiyle tanecikler arasındaki boşluklar artacağı gerekçesiyle maddelerin genleşmesinin taneciklerinin büyüklüğündeki değişmeden kaynaklandığı ifadesinin yanlış olduğunu belirterek sorunun her iki aşamasını da doğru cevaplayan öğrencilerin oranı %23,2'dir. Aynı oranda öğrenci ise gerekçeyi doğru

belirtmesine karşın sorunun birinci aşamasının doğru olduğunu belirtmiştir. Isı etkisiyle taneciklerin genleşeceği alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı ise %42,7'dir.

Beşinci soruda sıvılar donduğunda taneciklerinin donmayacağını, sadece donma sırasında sıvı tanecikleri arasındaki uzaklıkların azalacağını doğru olarak belirten öğrencilerin oranı %34,2'dir. Öğrencilerin %42,7'si sıvılar donduğunda taneciklerinin de donacağı, %26,9'u donan sıvının taneciklerinin hareketsiz kalacağı ve %28,1'i de donan sıvının taneciklerinin birbirine yapışacağı ve aralarında boşluk kalmayacağı alternatif kavramasına sahiptir.

Kısa cevap Gerektiren Sorulardan Elde Edilen Bulgular

Öğrenciler tarafından katı, sıvı ve gaz haldeki maddelerin tanecikli yapıları ile ilgili kısa cevaplı sorulardan elde edilen öğrenci cevaplarının yüzde dağılımları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Kısa Cevaplı Sorulardan Elde Edilen Bulgular

	1. Tanecik- lerden meydana gelir	2. Tanecikleri arasında boşluk vardır	3. Tanecikleri arasında boşluklar çoktur	4. Tanecik- leri hareketli dir	5. Tanecikleri titreşim hareketi yapar	6. Tanecikleri öteleme hareketi yapar	7. Tanecikleri bağımsız hareket eder	8. Tanecikleri düzenli sıralanmıştır
Yalnız Katı (%)	7,4	4,9	3,7	4,9	25,6	9,8	7,3	89,1*
Yalnız Sıvı (%)	6,1	7,4	4,9	8,5	6,1	9,8	3,7	3,7
Yalnız Gaz (%)	1,2	4,9	83,0*	18,3	7,4	9,8	78,0*	2,4
Katı - Sıvı (%)	0,0	0,0	0,0	1,2	9,8	2,5	0,0	2,4
Katı -Gaz (%)	0,0	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Sıvı - Gaz (%)	1,2	36,6	7,4	37,8	8,6	63,5*	8,6	1,2
Katı -Sıvı -Gaz(%)	81,7*	46,4*	0,0	29,3*	41,5*	2,4	0,0	0,0

*: Doğru cevap veren öğrenci yüzdeleri

Tablo 5'te görüldüğü gibi birinci soruda öğrencilerin %81,7'si katı, sıvı ve gaz haldeki bütün maddelerin taneciklerden meydana geldiğini doğru olarak belirtmiştir. İkinci ve üçüncü sorular tanecikler arası boşluklarla ilgilidir. İkinci soruda bütün maddelerin tanecikleri arasında boşluk olduğunu öğrencilerin yalnız %46,4'ü doğru olarak belirtmiştir. Öğrencilerin %36,6'sı sadece sıvı ve gaz tanecikleri arasında boşluk olduğu alternatif kavramasına sahiptir. Üçüncü soruda ise öğrencilerin %83'ü yalnız gaz tanecikleri arasındaki boşlukların çok olduğunu belirtmiştir.

Dört, beş, altı ve yedinci sorular taneciklerin hareketi ile ilgilidir. Dördüncü soruda ancak öğrencilerin %29,3'ü her üç haldeki maddelerin de taneciklerinin hareketli olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin %37,8'i sadece sıvı ve gaz taneciklerinin, %18,3'ü de sadece gaz taneciklerinin hareketli olduğu alternatif kavramasına sahiptir. Beşinci soruda öğrencilerin ancak %41,5'i katı, sıvı ve gaz haldeki bütün maddelerin taneciklerinin titreşim hareketi yaptığını doğru olarak belirtmiştir. Öğrencilerin %25,6'sı yalnız katı taneciklerinin titreşim hareketi yaptığı alternatif kavramasına sahiptir. Altıncı soruda ise yalnız sıvı ve gaz haldeki maddelerin taneciklerinin öteleme hareketi yaptığını doğru olarak belirten öğrencilerin oranı %63,5'tir. Yedinci soruda öğrencilerin %78'i sadece gaz haldeki maddelerin taneciklerinin birbirinden tamamen bağımsız hareket ettiğini doğru olarak belirtmiştir. Sekizinci soruda ise sadece katı haldeki maddelerin taneciklerinin düzenli sıralanmış olduğunu öğrencilerin %89,1'i doğru olarak belirtmiştir.

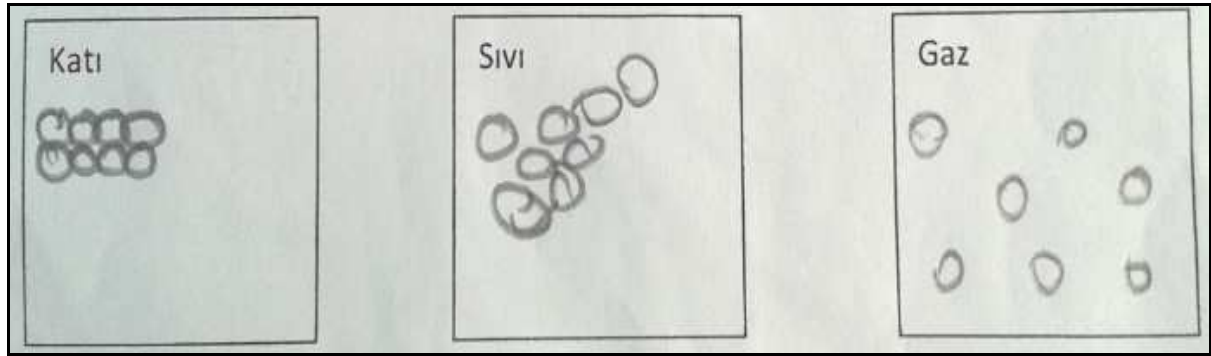
Mülakatlardan ve Çizimlerden Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerle maddenin hallerinin tanecikli yapısı ile ilgili mülakatlar yapılmıştır. Mülakatın birinci sorusunda, bir maddenin katı, sıvı ve gaz hali için gösterimde bulunmaları istenmiş ve çizimleri üzerine mülakatlar yürütülmüştür. Çizim ve açıklamalardan elde edilen bulgular kategorilere ayrılarak Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6: Mülakatın Birinci Sorusuna Ait Öğrencilerin Çizim ve Açıklamaları

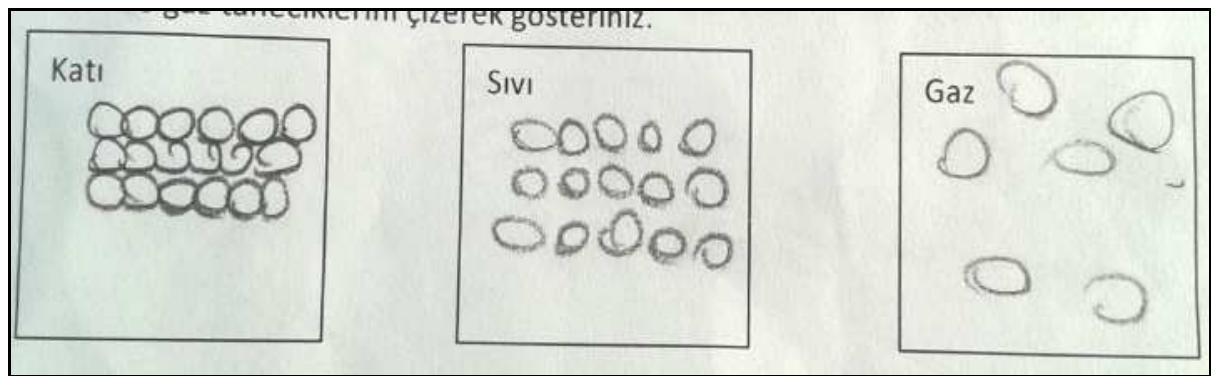
İçerik	Kategoriler	Öğrenciler
Çizim	Tanecikli	O1, O2, A1, A2
	Tanecikli hatalı	Ü1, Ü2, Ü3, Ü4, O3, O4, A3, A4
	Sürekli	
	Cevapsız	
Açıklama	Anlama	Ü1, Ü2, Ü3, O1, O2, O4, A1, A2
	Kısmi Anlama	
	Alternatif Kavrama	Ü4, O3, A3, A4
	Anlamama	

O1, O2, A1 ve A2'nin katı taneciklerini düzenli ve temas halinde, sıvı taneciklerini düzensiz ve temas halinde, gaz taneciklerinin birbirinden uzak halde gösterimi "Tanecikli" kategorisine dahil edilmiştir. O2'nin çizimi Şekil 1'de verilmiştir.



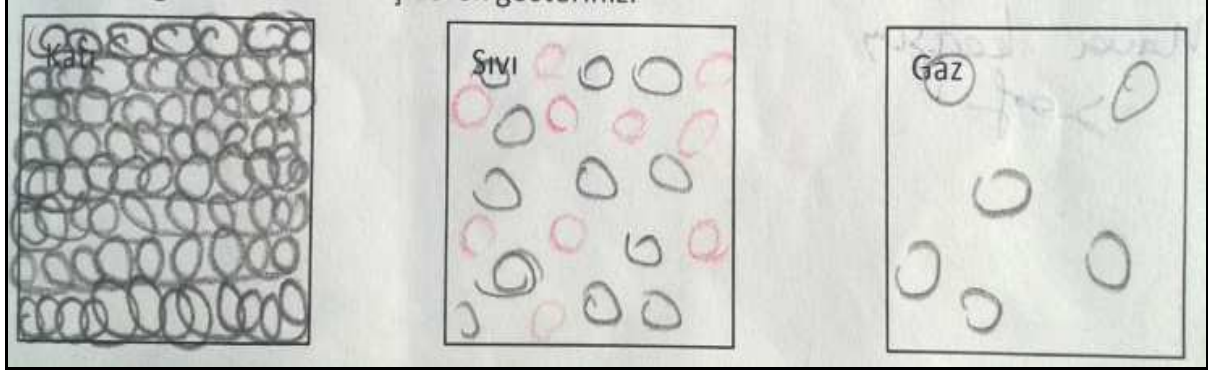
Şekil 1: O2'nin mülakatın yaptığı çizim

Sıvı taneciklerini temas halinde göstermeyen Ü1, Ü2, Ü3, Ü4, O3, O4, A3, A4'nin çizimleri "Tanecikli Hatalı" kategorisine dahil edilmiştir. Bunlardan Ü1, Ü2, Ü3 ve O4 sorulduğunda dikkatsizlik sonucu hatalı çizdiğini aslında sıvı taneciklerinin temas halinde olması gerektiğini belirtmiştir. Ü2'nin çizimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Ü2'nin yaptığı çizim

Ü4, O3, A3, A4 ise sıvı taneciklerinin temas halinde olmayacağını belirtmiştir. Örneğin Ü4, tanecikler arası fazla boşluk bıraktığını belirterek çizimini düzeltmek istediğinde yaptığı çizimde tanecikler arası boşlukları daha az çizmekle birlikte yine de temas halinde çizmemiş ve temas halinde olmadıklarını belirtmiştir. Ü4'ün çizimi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: Ü4'ün yaptığı çizim

Öğrencilerin tamamı tanecik sayısındaki ve büyüklüğündeki farklılığın dikkatsizlikten kaynaklandığını belirtmiştir.

Ü1, Ü2, Ü3, O1, O2, A1, A2 ve O4'ün katı taneciklerinin düzenli ve temas halinde, sıvı taneciklerinin düzensiz ve temas halinde, gaz taneciklerinin boşluklu ve serbest halde olduğunu belirttiği açıklamaları "Anlama" kategorisine dahil edilmiştir.

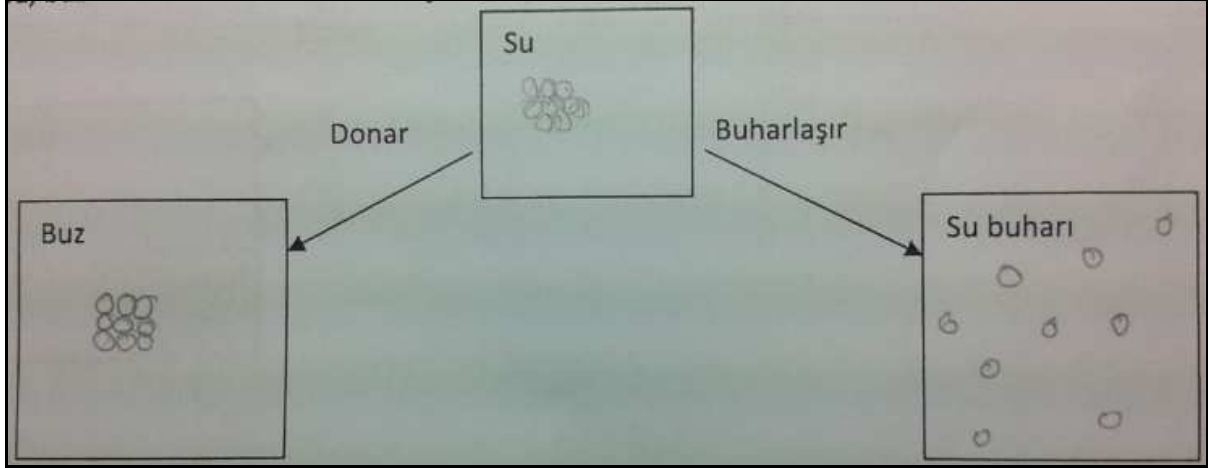
Ü4, O3, A3 ve A4'ün sıvıları temas halinde olmadığı açıklamaları "Alternatif Kavrama" kategorisine dahil edilmiştir. Örneğin Ü4 sıvıların az da olsa sıkıştırıldığını belirtmiş ve bunun nedeni olarak taneciklerinin temas halinde olmamasını belirtmiştir.

Mülakatın ikinci sorusunda suyun buharlaşması ve donması sırasında taneciklerinde meydana gelen değişimleri açıklayarak suyun, buzun ve su buharının taneciklerini çizerek göstermeleri istenmiştir. Mülakatın ikinci sorusundan elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir. Öğrencilerinin çizimlerine ve açıklamalarına ait kategoriler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Mülakatın 2. Sorusuna Ait Öğrencilerin Çizim ve Açıklamaları

İçerik	Kategoriler	Öğrenciler
Çizim	Tanecikli	O1, A1, A2
	Tanecikli hatalı	Ü1, Ü2, Ü3, Ü4, O3, O2, O4, A3, A4
	Sürekli	
	Cevapsız	
Açıklama	Anlama	Ü1, Ü2, O1, O2, O4, A1, A2
	Kısmi Anlama	
	Alternatif Kavrama	Ü3, Ü4, O3, A3, A4
	Anlamama	

Ü2, O1, A1, A2 çiziminde su taneciklerini birbiriyle temas halinde ve düzensiz olarak çizerek doğru gösterimde bulunmuş ve "Tanecikli" kategorisine dahil edilen gösterimde bulunmuştur. A2'nin çizimi ise Şekil 4'te örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4: A2'nin mülakatın 2. sorusuna yaptığı çizim

Ü1, Ü3, Ü4, O3, O2, O4, A3, A4 yaptığı çizimde su taneciklerini boşluklu ve birbiriyle temas etmeyen bir şekilde göstermiştir. Ü1, O2, O4, çizimiyle ilgili yaptığı açıklamasında sıvı halde taneciklerin temas halinde olduklarını ve çiziminde buna dikkat etmediğini belirtmiştir. Ü3, Ü4, O3, A3, A4 ise yaptığı açıklamalarında bu gösterimin doğru olduğunu, sıvı taneciklerinin temas halinde olmadığını, bazı kaynaklarda bu şekilde ve suyun sıkıştırılabilir olarak verildiğini belirtmiştir. Ü1 ve Ü3'ün açıklamalarından bir bölüm aşağıda verilmiştir.

A : Su tanecikleri arasındaki boşlukların gösterimi doğru mu sence?

Ü1 : Boşluklar çok olmuş. Yanlış çizmişim. Dikkat etmemişim.

A : Tanecikler temas halinde midir?

Ü1 : Evet, temas halindedir.

A : Su, buz haline geçince üçlü molekül yapıda değişme olur mu?

Ü1 : Hayır değişmez de çizmeyi unuttum. Yoksa, atomlarda değişme olmaz. Olsaydı, kimyasal değişim olurdu.

A : Su buharlaşınca?

Ü1 : Yine aynı olmalı.

A : Oksijen ve hidrojene ayrılmaz mı?

Ü1 : Hayır ayrılmaz. Hal değişimi bu, hal değişimi fiziksel olaydır. Sadece boşluklar artar.

A : Nasıl çizmen gerekirdi?

Ü1 : 2 Hidrojen 1 oksijen olmalıydı

...

A : Su tanecikleri çizimindeki gibi boşluklu ve temas halinde değil midir?

Ü3 : Biraz boşluk var.

A : Boşluklu yapıda ise su sıkışır mı?

Ü3 : Su donar, buz haline gelir. Buharlaşınca boşluklar açılır.

A : Su halinde yani sıvı halde iken?

Ü : Sıvı iken boşlukludur.

A : Peki o halde sıkışmaz mı?

Ü3 : Bazı kaynaklar diyor ki sıkışmaz. Bazı kaynaklar da gözle görülemeyecek kadar sıkışır. Orada biraz tereddütlüyüm, sıkıştırılabilir mi yoksa sıkıştırılamaz mı diye.

A : Hangi kaynaklar sıkıştırılabilir diyor?

Ü3 : Hatırlamıyorum ama test çözerken tereddütte kalıyorum. Ama yaptığımız deneyde sıkışmadı.

Ü1, Ü2, O1, O2, O4, A1, A2 açıklamasında donma ve buharlaşma sırasında taneciklerin aynı kaldığını, sadece tanecikler arası boşlukların değiştiğini, suyun kimliğinde herhangi bir değişme olmadığını, bu değişimin fiziksel bir değişim olduğunu belirterek "Anlama" kategorisinde açıklamada bulunmuştur.

Ü3, Ü4, O3, A3 ve A4'ün su taneciklerinin temas halinde olmadığını belirttiği, A4'ün hal değişiminde maddenin kimliğinin değişeceği ve kimyasal değişim olduğunu belirttiği açıklaması, O3'ün titreşimi bir hareket olarak kabul

etmediği, taneciklerin kütesinin hal değişimi ile değişeceğini, buz taneciklerinin en büyük kütleyle, sonra su ve en küçük kütleyle de su buharı taneciklerinin sahip olacağını ifade ettiği açıklaması “Alternatif Kavrama” kategorisine dahil edilmiştir. O3’ün açıklamalarından bir bölüm aşağıda sunulmuştur.

- A :*Su tanecikleri birbiri ile temas halinde midir?*
O3 :*Yani çok az. Öteleme hareketi yapar. Akışkandırlar.*
A :*O halde nasıl göstermek lazım?*
O3 :*Katıdan daha fazla ama gazdan daha az olması gerekiyor aralarındaki boşluklar.*
A :*suyun tanecikli yapısı ile buzun arasında ne fark var?*
O3 :*Su hareket edebilir, buz hareket edemez.*
A :*Buz tanecikleri hiç hareket etmez mi?*
O3 :*Etmez, titreşim yapar.*
A :*Taneciklerin büyüklüklerinde bir fark var mıdır?*
O3 :*yok*
A :*Kütle ve ağırlıklarında?*
O3 :*Olabilir.*
A :*Nasıl bir farklılık olabilir? Kütle ve ağırlığı en büyük olan hangisidir?*
O3 :*Buz*
A :*Daha sonra?*
O3 :*Sudur. En son da su buharı.*
A :*Suyun kimliği değişiyor mu?*
O3 :*Değişmiyor. Fiziksel bir değişim bu.*

TARTIŞMA VE SONUÇ

Testin her üç bölümünün birinci sorusundan elde edilen bulgular bazı öğrencilerin yapılan öğretimden sonra bile bütün maddelerin tanecikli yapıya sahip olmadığına inanmakta olduğunu göstermektedir. Bu sonuç öğrencilerin yaklaşık beşte birinin bütün maddelerin tanecikli ve boşluklu yapıda olmadığı fikrini koruduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, literatürde yapılan bir çok çalışmada öğrencilerin maddeleri tanecikli ve boşluklu yapıda değil de sürekli (bütünsel) bir yapıda düşündüklerini ortaya koymaktadır (Adadan ve diğ., 2009, 2010; Ayas ve diğ., 2010; Ayas ve Özmen, 2002; Benson ve diğ., 1993; Flores-Camacho, 2007; Griffiths ve Preston, 1992; Hatzinikita ve diğ., 2005; Jimenez Gomez ve diğ., 2006; Johnson, 1998a, 1998b; Johnson ve Papageorgiou, 2010; Kenan, 2005; Lee ve diğ., 1993; Liu ve Lesniak, 2006; Margel ve diğ., 2008; Nakhleh ve diğ., 2005; Nakhleh ve Samarapungavan, 1999; Papageorgiou ve diğ., 2008; Snir ve diğ., 2003; Treagust ve diğ., 2010).

Çoktan seçmeli sorularla, kısa cevaplı sorulardan elde edilen bulgular benzerlik göstermesine karşın, iki aşamalı soruların doğru-yanlış türündeki birinci aşamasına verilen cevaplarda iki öğrenci haricindeki tüm öğrenciler bütün maddelerin tanecikli yapıda olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde mülakatlarda ve yaptıkları çizimlerde de öğrencilerin tamamı tanecikli gösterimi kullanmıştır. Çoktan seçmeli sorularda bazı öğrenciler (%17,1) sadece sıvı ve gazların tanecikli ve boşluklu yapıda olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde öğrencilerin katı maddeler için daha çok sürekli gösterimleri kullandıkları çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Ayas 1995; Ayas ve Özmen, 2002; Kenan 2005; Novick ve Nusbaum, 1978, 1981). Yalnız sıvı ve gazların tanecikli yapıda olduğunu kısa cevap gerektiren sorularda yalnızca bir öğrenci belirtmiştir. Bu testte bazı öğrenciler (%7,4) yalnız katıların, bazıları ise (%6,1) yalnız sıvıların taneciklerden meydana geldiğine inanmaktadır. Testin ikinci bölümündeki, ikinci sorunun ikinci aşamasında ise bazı öğrenciler (%19,5) katı ve sıvıların sıkıştırılmazken, gazların sıkıştırılabilmesinin nedeni olarak katı ve sıvıların bütünsel yapıda, gazların ise tanecikli ve boşluklu yapıda olmasını gerekçe göstermiştir. Testin farklı bölümlerinden elde edilen bulgular arasındaki bu farklılık test türlerinin farklı olması ile açıklanabilir. Zira test formatının kavramsal gelişim ile ilgili yapılan araştırmaların sonuçları üzerinde etkili olduğu çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Bar ve Travis, 1991; Kenan 2005). Bu sonuç alternatif kavramaların belirlenmesinde farklı veri toplama araçlarının birlikte kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Test sonuçları üzerine öğrencilerin kullanılan soru tiplerine alışkın olup olmadığı ve sorularda kullanılan ifadelerinde etkili olduğu söylenebilir. Öğrenciler iki aşamalı sorularda doğru dahi olsa ikinci aşamadaki ifadelerin birinci aşamadaki ifadeyi desteklemesi gerektiğini göz ardı etmiştir. Benzer şekilde kısa cevap gerektiren sorularda verilen yargının birden fazla durum için geçerli olabileceği yani maddenin iki ya da üç hali içinde doğru olabileceği göz ardı edilmiştir. Sorularda kullanılan ifadelerinde sonuçlar üzerine etkili olduğuna ise çoktan seçmeli birinci soru ile iki aşamalı bir ve ikinci sorular örnek gösterilebilir. Çoktan seçmeli birinci soruda doğru seçenek olarak “Bütün maddeler tanecikli ve boşluklu yapıdadır.” ifadesine (%79,3), iki aşamalı birinci sorunun ilk aşamasında ise “Bütün maddeler tanecikli yapıdadır.” ifadesine (%95,2) yer verilmiştir. İki aşamalı ikinci sorunun ikinci aşamasındaki “Bütün maddeler tanecikli ve boşluklu yapıda olup gaz tanecikleri arasındaki boşluk fazladır.” ifadesinin de çoktan seçmeli birinci soruda olduğu gibi doğru cevaplanma oranı düşüktür (%69,5). Bu oranların düşük olmasının sorudaki “tanecikli ve boşluklu yapı” ifadesinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Öğrenciler katı, sıvı ve gaz tanecikleri arasındaki boşluklar ile ilgili çeşitli alternatif kavramalara ve anlama güçlüklerine sahiptir. Testin III. bölümünün 2. yargısında hem katı, hem sıvı, hem de gaz haldeki maddelerin tanecikleri arasında boşluk bulunduğunu öğrencilerin yaklaşık olarak yarısı doğru olarak cevaplamıştır. İki aşamalı ikinci soruda bu oran daha yüksektir (%69,5). Tsai (1999)’nin aktardığına göre, öğrencilerin maddenin üç hali için tanecikler arası uzaklıklar hakkında sorun yaşadıkları sonucu Pereira ve Pestana (1991) tarafından yapılan çalışmada da ortaya konmuştur. Öğrenciler, katı tanecikleri arasında boşluk bulunmadığına, sadece sıvı ve gaz tanecikleri arasında boşluk bulunduğuna dair alternatif kavramaya sahiptir (%36,6). Öğrencilerin, maddelerin tanecikleri (Kenan, 2005; Kind, 2004) özellikle katı tanecikleri arasında (Demircioğlu ve diğ., 2004; Griffiths ve Preston, 1992; Kenan, 2005) boşluk olmadığı yönünde alternatif kavramalara sahip oldukları literatürde de ifade edilmektedir. Bu alternatif kavramanın bu denli yüksek olmasının nedeni olarak kitaplarda ve dersin öğretimi sırasında katıların tanecikli yapısı anlatılırken katıların tanecikleri arasındaki boşlukların “çok az” yerine “yok denecek kadar az” ya da “yoktur” gibi ifadelerle açıklanmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Zira, bazı alternatif kavramaların öğretmen ve materyallerden kaynaklandığı sonucu Novick ve Nusbaum (1981) tarafından yapılan çalışmada da ortaya konulmuştur.

Elde edilen bulgular öğrencilerin, taneciklerin düzenlenişi ile ilgili olarak ta anlama gücünün çektığını ve alternatif kavramalara sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Testin üçüncü bölümünün 8. yargısından elde edilen bulgular öğrencilerin yalnız katı taneciklerinin düzenli sıralanmış olduğunu bildiklerini göstermektedir (%89,1). Öğrenciler sıvı taneciklerinin dizilimi ve tanecikler arası boşluklarla ilgili sorunlar yaşamaktadır. Testin birinci bölümündeki çoktan seçmeli sekizinci soruda maddenin sıvı halinin en doğru gösterildiği tanecik modeli olan, taneciklerin düzensiz fakat temas halinde gösterildiği modeli öğrencilerin yarısından daha azı doğru olarak belirtebilmiştir. Benzer şekilde suyun her üç halinin tanecikli gösteriminin çizilmesinin istendiği mülakatın ikinci sorusunda öğrenciler (Ü1, Ü3, Ü4, O3, O2, O4, A3, A4) su taneciklerini boşluklu ve birbiriyle temas etmeyen bir şekilde göstermiştir. Bazı öğrenciler (Ü1, O2, O4) çizimiyle ilgili yaptığı açıklamasında sıvı halde taneciklerin temas halinde olduklarını ve çiziminde buna dikkat etmediğini belirtirken bazıları ise (Ü3, Ü4, O3, A3, A4) bu gösterimin doğru olduğunu, sıvı taneciklerinin temas halinde olmadığını, bazı kaynaklarda bu şekilde ve suyun sıkıştırılabilir olarak verildiğini belirtmiştir. Mülakatın birinci sorusunda, maddenin her üç halinin tanecikli gösteriminde öğrencilerin çoğunluğu (Ü1, Ü2, Ü3, Ü4, O3, O4, A3, A4) sıvı taneciklerini temas halinde göstermemiştir. Bu öğrencilerden bazıları (Ü1, Ü2, Ü3 ve O4) sorulduğunda dikkatsizlik sonucu hatalı çizdiğini, aslında sıvı taneciklerinin temas halinde olması gerektiğini belirtirken, bazı öğrenciler ise (Ü4, O3, A3, A4) sıvı taneciklerinin temas halinde olmayacağını belirtmiştir. Örneğin Ü4, tanecikler arası fazla boşluk bıraktığını belirterek çizimini düzeltmek istediğinde yaptığı çizimde tanecikler arası boşlukları daha az çizmekle birlikte yine de temas halinde çizmemiş ve temas halinde olmadıklarını belirtmiştir (Şekil 3). Sıvılarla ilgili bu alternatif kavramanın, sıvıların tanecikleri arasındaki boşluklar ve diğer özellikleri açıklanırken katıların gazlar arasında olduğunun belirtilmesi etkili olabilir. Zira mülakatın birinci sorusunda O3’ün “Katıdan daha fazla ama gazdan daha az olması gerekiyor aralarındaki boşlukların.” şeklinde açıklaması da bu düşüncüyü desteklemektedir. Benzer şekilde literatürde öğrencilerin, sıvı tanecikleri arasındaki boşlukların katıların gazlar arasında olduğuna dair alternatif kavramalara sahip oldukları belirtilmektedir (Adadan, 2006).

Çoktan seçmeli 2, 3 ve 6. sorular tanecikler arası boşluklarla ilgilidir. Maddenin sıkıştırılabilirliği ile tanecikler arası boşlukların ilişkisinin sorgulandığı 2. soruyu (46,3) ve maddenin boşluklu yapısından yola çıkılarak

açıklanabilecek değişimlerin sorulduğu 3. (%52,4) ve 6. (%47,6) soruları öğrencilerin ancak yaklaşık yarısının doğru cevaplama anlamı gücünü göstermektedir. Ayrıca bu sonuç öğrencilerin tanecikli yapı fikrini sıkışma, genişleme, çözünme gibi günlük hayattan olayları açıklamakta daha başarısız olduklarını ortaya koymaktadır. Benzer sonuçlar Ayas (1995), Ayas ve Özmen (2002), Demircioğlu, Akdeniz ve Demircioğlu (2004) ve Özmen, Ayas ve Coştu (2002) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya konulmuştur. Benzer şekilde testin üçüncü bölümünde öğrencilerin çoğunluğunun (%83) gaz tanecikleri arasındaki boşlukların çok olduğunu bilmelerine karşın, çoktan seçmeli ve iki aşamalı sorularda bu bilgi kullanılarak olayların yeterince açıklanamadığı görülmektedir. Bunun öğrencilerdeki çeşitli alternatif kavramalardan kaynaklandığı görülmektedir. Bazı öğrenciler (%13,5) gazların sıkıştırılması esnasında taneciklerin küçüleceği ya da yapışarak birleşeceği alternatif kavramasına sahiptir. Bazı öğrenciler ise (%28,1) donma sırasında taneciklerin birbirine yapışacağı ve aralarında boşluk kalmayacağına dair alternatif kavramaya sahiptir. Bu alternatif kavramaya literatürde de “Buzdaki moleküller birbirine hiç boşluk bırakmadan dokunur.” şeklinde rastlanmaktadır (Griffits ve Preston, 1992). Öğrencilerin Hal değişimi sırasında tanecikler arası mesafelerin değişimi ile ilgili olarak anlamı gücünü çektikleri ve alternatif kavramalara sahip oldukları literatürde çeşitli çalışmalarda belirtilmektedir (Benson ve diğ., 1993; Kenan, 2005; Osborne ve Cosgrove, 1983; Özmen ve Kenan, 2007; Özmen, 2011b; Valanides, 2000).

Buz, su, su buharı ve kolonya taneciklerin hareketleriyle ilgili yargıların yer aldığı çoktan seçmeli yedinci soruyu doğru cevaplayanların oranının düşük olması (%47,6) öğrencilerin taneciklerin hareketi ile ilgili anlamı gücünü çektikleri ve alternatif kavramalara sahip olduklarını göstermektedir. Testin ikinci bölümündeki iki aşamalı beşinci soruda ise öğrencilerin donan sıvının taneciklerinin hareketsiz kalacağına yönelik alternatif kavramaya sahip oldukları belirlenmiştir (%26,9). Benzer şekilde öğrencilerin su, buz halinde iken moleküllerinin donacağı (Lee ve diğ., 1993) ve katı taneciklerinin hareketsiz olduğu (Adadan ve diğ., 2009; Adadan ve diğ., 2010; Adadan, 2013; Boz, 2006; Boz ve Boz, 2008; Kenan, 2005; Lee ve diğ., 1993; Osborne ve Cosgrove, 1983; Valanides, 2000) yönünde alternatif kavramalara sahip oldukları yapılan bir çok çalışmada ortaya konmuştur.

Testin III. Bölümündeki 4,5,6,7. yargılar taneciklerin hareketi ile ilgilidir. 4. Yargıda katı, sıvı ve gaz haldeki bütün maddelerin taneciklerinin hareketli olduğunu belirterek soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin oranı oldukça düşüktür (%29,3). Yalnız sıvı ve gazların taneciklerinin hareketli olduğuna dair alternatif kavramaya sahip öğrencilerin oranı da oldukça yüksektir (%37,8). Bazı öğrencilerde sadece gazların taneciklerinin hareketli olduğuna inanılmaktadır (%18,3). Bu sonuç, Tsai (1999)'nin aktardığı Dow, Auld ve Wilson (1978) tarafından yapılan çalışmada elde edilen “Öğrenciler sıvı ya da gaz haldeki taneciklerin sabit hareketli oldukları ve katı haldeki taneciklerin ise hareketsiz olduklarına inanmaktadırlar” sonucu ile benzerdir. Ayrıca öğrencilerin katı halde taneciklerinin hareketsiz olduğuna inandıkları belirtilmektedir (Boz, 2006; Lee ve diğ., 1993). Bu alternatif kavramanın sebebi olarak katı taneciklerinin yapmış olduğu titreşim hareketinin öğrenciler tarafından hareket olarak kabul edilmemesi olabilir. Zira mülakatlar esnasında, mülakatın 2. Sorusunda kullandığı “buz tanecikleri hareket etmez, titreşim yapar” ifadesi bu düşünceyi desteklemektedir. Bu durumun ders kitaplarında ve dersin öğretiminde kullanılan “katı tanecikleri serbest hareket edemez” vb. ifadelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Testin üçüncü bölümündeki 5,6 ve 7. yargılarda katı, sıvı ve gaz haldeki bütün maddelerin taneciklerinin titreşim hareketi yaptığını (%41), sadece sıvı ve gazların öteleme hareketi yaptığını (%63) ve sadece gazların bağımsız hareket ettiğini (%78) doğru olarak bilen öğrencilerin oranı git gide arttığı görülmektedir. Bu durumun titreşim hareketi ile ilgili anlamı gücünden kaynaklandığına inanılmaktadır. Zira bazı öğrenciler sadece katı taneciklerinin titreşim hareketi yaptığını inanmaktadır (%25,6).

Sonuç olarak yapılan öğretime rağmen anlamı gücünün ve alternatif kavramaların yüksek oranda devam etmesi öğrencilerin sahip olduğu alternatif kavramaların değişime karşı direnç göstermesi, öğrencilerin yeni verilen bilgileri zihinlerinde tam olarak yerleştirememiş olabilmeleri ve öğrencilerin kökleşmiş düşüncelerini değiştirmenin oldukça zor olması (Thorley, 1990; Duit ve Treagust, 2003) ile yorumlanabilir. Ayrıca bu durum Bodner (1990)'ın ne kadar kaliteli bir öğretim yapılırsa yapılsın, öğrencilerin kavramı kendi algıladığı şekilde yapılandıracağı yönündeki açıklaması ile de açıklanabilir.

Uygulanan testin farklı bölümlerinden elde edilen bulgular ile mülakat ve çizimlerden elde edilen bulgular arasındaki farklılık veri toplama araçlarının farklı olması ile açıklanabilir. Ayrıca öğrencilerin kullanılan soru tiplerine alışkın olup olmaması ve sorularda kullanılan ifadelerin de etkili olduğu söylenebilir. Bu durum test türlerinin kavramsal gelişim ile ilgili yapılan araştırmaların sonuçları üzerinde etkili olduğu sonucu (Bar ve Travis, 1991; Kenan 2005) ile açıklanabilir. Bu sonuç alternatif kavramaların belirlenmesinde farklı veri toplama araçlarının birlikte kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Not: Bu çalışma 24-26 Nisan 2014 tarihlerinde Antalya’da 21 Ülkenin katılımıyla düzenlenen 5th International Conference on New Trends in Education and Their Implications – ICONTE’ de sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

Abraham, M. R., Williamson, V. M. and Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.

Adadan, E. (2006). Promoting high school students’ conceptual understandings of the particulate nature of matter through multiple representations. Doctoral dissertation, The Ohio State University, USA.

Adadan, E., Irving, K. E. and Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students’ conceptual understandings of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education*, 31(13), 1743-1775.

Adadan, E., Trundle, K. C. and 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.

Adadan, E. (2013). Using multiple representations to promote grade 11 students’ scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105.

Ayas, A. (1995). Lise I kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma. II. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, ODTÜ Eğitim Fakültesi, Ankara.

Ayas, A. ve Özmen, H. (2002). Lise öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(2), 45-60.

Ayas, A., Özmen, H. and Çalık, M. (2010). Students’ conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science Education*, 8, 165-184.

Bar, V. and Travis, A. S. (1991). Children’s views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 363-382.

Benson, D. L., Wittrock, M. C. and Baur, M. E. (1993). Students’ preconceptions on the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 587-597.

Bodner, G. M. (1990). Why good teaching fails and hard-working students don’t always succeed. *Spectrum*, 28 (1), 27-32.

Boz, Y. (2006). Turkish pupils’ conception of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 203-213.

Boz, N. and Boz, Y. (2008). A qualitative case study of prospective chemistry teachers’ knowledge about instructional strategies: introducing particulate theory. *Journal of Science Teacher Education*, 19, 135-156.

Demircioğlu, H., Akdeniz, A. R. ve Demircioğlu, G. (2004). Maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavram yanlışlarının giderilmesinde çalışma yapraklarının etkisi. XII. Eğitim Bilimleri Kongresi içinde (s. 2137-2160), Ankara: Gazi Üniversitesi.

Duit, R. and Treagust, F. D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671- 688.

Durmuş, J. and Bayraktar, Ş. (2010). Effect of conceptual change texts and laboratory experiments on fourth grade students' understanding of matter and change concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 498-504.

Flores-Camacho, F., Gallegos-Cazares, L., Garritz, A. and Garcia-Franco, A. (2007). Incommensurability and multiple models: Representations of the structure of matter in undergraduate chemistry students. *Science Education*, 16, 775-800.

Gabel, D.L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.

Griffiths, A.K. and 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.

Hatzinikita, V., Koulaidis, V. and Hatzinikitas, A. (2005). Modeling pupils' understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35, 471-495.

Johnson, P. (1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state, part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, 20(5), 567-583.

Johnson, P. (1998c). Children's understanding of changes of state involving the gas state, part 2: evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695-709.

Johnson, P. and Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introductory of particle theory: A substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130-150.

Jimenez Gomez, E. J., Benarroch, A. and Marin, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577-598.

Johnson, P. (1998a). Progression in children's understanding of a basic particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.

Kenan, O. (2005). İlköğretim farklı seviyelerindeki öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerinin ve yanlış anlamalarının belirlenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, KTÜ, Trabzon.

Kenan, O. (2014). "Maddenin Tanecikli Yapısı" Ünitesine Yönelik Zenginleştirilmiş Bilgisayar Destekli Öğretim Materyalinin Geliştirilmesi ve Etkililiğinin Araştırılması. Yayınlanmamış doktora tezi, KTÜ, Trabzon.

Krnel, D., Glazar, S. A. and Watson, R. (2003). The development of the concept of "matter": A cross age study how children classify materials. *Science Education*, 87(5), 621-639.

Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. and Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.

- Liu, X. and Lesniak, K. M. (2005). Students' progression of understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89, 433-450.
- Margel, H., Eylon, B. S. and Scherz, Z. (2008). A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 132-152.
- Nakhleh, M. B. and Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A. and Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581-612.
- Novick, S. and Nussbaum, J. (1978). Junior high school students' understanding of particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281.
- Novick, S. and Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education* 65(2), 187-196.
- Osborne, R. J. and Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Othman, J., Treagust, D. F. and Chandrasegaran, A. L. (2008). An investigation into the relationship between students' conceptions of the particulate nature of matter and their understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531-1550.
- Özmen, H., Ayas, A. ve Coştu, B. (2002). Determination of the science student teachers' understanding level and misunderstandings about the particulate nature of the matter. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 2(2), 507-529.
- Özmen, H. and Kenan, O. (2007). Determination of the turkish primary students' views about the particulate nature of matter. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8(1), 1-15.
- Özmen, H. (2011a). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*, 57(1), 1114-1126.
- Özmen, H. (2011b). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 99-121.
- Papageorgiou, G., Johnson, P. and Fotiades, F. (2008). Explaining melting and evaporation below boiling point. Can software help with particle ideas? *Research in Science and Technology Education*, 26(2), 165-183.
- Pereira, M. P. and Pestana, M. E. (1991). Pupils' representations of water. *International Journal of Science Education*, 13, 313-319.
- Pierrri, E., Karatrantou, A. and Panagiotakopoulos, C. (2008). Exploring the phenomenon of "change of phase" of pure substances using the microcomputer-based-laboratory (MBL) system. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 234-239.
- Shepherd, D. L. and Renner, J. W. (1982). Student understandings and misunderstandings of states of matter and density changes. *School Science and Mathematics*, 82(8), 650-665.
- Snir, J., Smith, C. L. and Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: a software tool for introducing students to the particulate model of matter. *Science Education*, 87(6), 794-830.

Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.

Thorley, N. R., 1990. The Role of the Conceptual Change Model in the Interpretation of Classroom Interactions, Submitted to the Graduate School of the University of Wisconsin- Madison in Partial Fulfillment of the Requirements for the degree of Doctor of Philosophy, August.

Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Crowley, J., Yung, B. H. W., Cheong, I. P. and Othman, J. (2010). Evaluating students' understanding of kinetic particle theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: A cross-national study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 141-164.

Tsai, C.-C. (1999). Overcoming junior high school students' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 83-91.

Valanides, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 1(2), 249-262.

Yaman, F. (2012). Bilgisayara dayalı tahmin-gözlem-açıklama (TGA) etkinliklerinin öğrencilerin asit-baz kimyasına yönelik kavramsal anlamalarına etkisi: Türkiye ve ABD örneği. Yayınlanmamış doktora tezi, KTÜ, Trabzon.

Yeziarski, E. J. (2003). The particulate nature of matter and conceptual change: A cross-age study. Doctoral dissertation, Arizona State University.