



İLKÖĞRETİM İKİNCİ KADEME ÖĞRENCİLERİNİN TANECİK KAVRAMI HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİ: BİLGİ DÖNÜŞÜMÜ

STUDENTS' (GRADE 7-9) IDEAS ON PARTICLE CONCEPT: DIDACTICAL TRANSPOSITION

Aytekin ÇÖKELEZ*

ÖZET: Bu çalışma, ilköğretim II. kademedeki öğrencilerin fen eğitiminin temel kavramlarından olan maddenin tanecikli yapısıyla ilgili olarak tanecik kavramı konusunda model oluşturma sürecinde karşılaştıkları zorluklar ve bu zorlukların zaman içinde nasıl değiştiğini incelemek amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca bu konudaki öğrenilmiş bilginin ortaya konulması ve öğretilecek bilgi ile aradaki sapmanın belirlenmesi, bunların tartışılması ve çözüm önerilerinde bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinden oluşan 163 öğrenciye 9 açık uçlu sorudan oluşan bir test uygulanmış ve toplanan veriler nitel olarak çözümlenmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin tanecik modelini hangi görüşler temelinde oluşturdukları belirlenmiştir. Diğer taraftan öğrenilen bilginin öğretilecek bilgi ile örtüşmediği ortaya konulmuştur. Ayrıca literatürde bulunmayan 8 kavram yanlılığı saptanmıştır.

Anahtar sözcükler: Bilgi dönüşümü, model, modelleme, kavram yanlılığı, tanecik.

ABSTRACT: This study has been designed to examine the difficulties grade 7-9 students encounter in the process of developing a model for understanding the concept of particles as part of their instruction in the particulate nature of matter. Seeking also to discover how these difficulties change over time, the study further sets out to establish what acquired knowledge by students about the subject and to determine the extent of the shift between assimilated knowledge and knowledge to be taught, attempting at the same time to discuss this shift and make recommendations for solutions. The instrument was administered to a total of 163 grade 7-9 students and the data collected was qualitatively analyzed. The study determined which ideas the students based their particle model on. It was seen that there was no overlap between assimilated knowledge and knowledge to be taught. In addition, the study revealed 8 misconceptions so far not covered in the literature.

Keywords: Science education, didactical transposition, model, misconception, particle.

1. GİRİŞ

Fen eğitimi semboller, eşitlikler ve hesaplamalarla ilgili olarak 3 temel seviyenin iyi anlaşılmasını zorunlu kılmaktadır (Johnstone, 2000). Bunlar; mikro seviye (microscopic register), temsili seviye (representational register) ve sonuncusu ise deney ve gözlemlerle ilgili olan ve Liu ve Lesniak (2004) tarafından “mevcut formlar” ve “özellikler” olarak tanımlanan makro seviye (macroscopic register)’dir. Ancak öğrencilerin bu seviyeler arasındaki geçişi kolay yapamadıklarını gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur (Adbo ve Taber, 2008; Çokelez, Dumon ve Taber, 2008; Laugier ve Dumon, 2000).

Bilgi dönüşümü kuramı, bilim insanlarının ürettiği *bilimsel bilginin* öğrenci tarafından *özümlenen bilgiye* dönüşmesi esnasında gerçekleşen değişimlerin tümü olarak tanımlanabilir. Bu kuram ilk olarak Yves Chevallard tarafından 1985 yılında matematik eğitimi alanında ortaya konulmuştur. Develay (1992) bilginin dönüşümü sürecini 3 aşamada özetlemiştir: (1) *Bilimsel bilgiden öğretilecek bilgiye*: Bu aşama, program geliştiricilerin işidir ve bilimsel bilgiden ne ölçüde faydalanılacağı belirlenmesiyle öğretim programının genel çerçevesinin belirlenmesini kapsar. (2) *Öğretilecek bilgiden öğretilen bilgiye/okul bilgisine*: Bu aşama öğretmenin işidir. Burada öğretmenin program ve ders kitaplarından yararlanarak ve bunları değişik sınıf etkinlikleri ile öğrencilere sunulacak bilgi haline getirmesini kapsar. (3) *Öğretilen bilgiden özümsemiş bilgiye*: Öğrenci tarafından gerçekleştirilen bu sonuncu aşamada ise, öğrenci öğretilen bilgiyi yorumlayarak değişik evreler sonunda kendi anlayabileceği şekle dönüştürür.

Fen bilgisinde soyut kavramların öğretilmesi model kullanımını gerekli kılmaktadır (Treagust, Chittleborough ve Mamila, 2002). Ancak öğrencilerin model kavramını anlamalarının oldukça zor olduğunu ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Gilbert, 1997; Groslight ve diğerleri, 1991; Stephens,

*Yrd. Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, SAMSUN, acokelez@omu.edu.tr.

McRobbie ve Lucas, 1999). En genel tanımıyla modeller, karmaşık görünen olayların insanlar tarafından anlaşılmasını kolaylaştırmak için kullanılan bilimsel ve zihinsel etkinliklerdir (Paton, 1996). Model, gerçek bir sistemin temsil aracı (Host, 1989), başka bir şeyin yerine kullanılan nesne (objet de substitution) (Drouin, 1988) ve bir iletişim aracı (Bissuel, 2001) olarak da tanımlanmıştır. Modellerin 3 ana fonksiyonu vardır. Bunlar: (1) modeller açıklanmak istenen gerçek bir olay veya bir sistemi temsil etmek için kullanılır (Martinand, 1990). (2) Model, bir olay, bir gözlem sonucunda, bir özellik veya bir özellik değişimi ve açıklanmak istenen sistemin çeşitli tanımlayıcıları arasında bağlantı kurabildiği durumlarda açıklayıcı bir özelliğe sahiptir (Genzling ve Pierrard, 1994). (3) Model mevcut duruma bakma ihtiyacı olmaksızın, gelişen bir süreç ve bir sistemin dönüşümünün değişik evreleri hakkında önceden yordama yapma imkanı verir (Drouin ve Astolfi, 1992). Justi ve Gilbert (2002), model oluşturabilmek için üç aşamalı kuramsal bilgi gelişiminin sağlanması gerektiğini vurgulamıştır. Bu gelişim, aşağıdaki aşamaları kapsamaktadır: (1) Olgu ile hedef arasındaki paylaşılan ve paylaşılmayan özelliklerin ayırt edilmesi. (2) Bir sistemin kendine özgü bileşenlerinin gelişimi ve korunumunun temsil edilmesi. (3) Basitleştirilmiş temsiller kullanarak tahmin edilebilir bir fikir ortaya konulması.

Öğrenciler fen derslerine gelmeden önce, bu derste öğretilen kavramlarla ilgili olarak bazı içgüdüsel inançlara sahiptirler. Bu inançlar Gilbert ve Swift (1985) tarafından “alternatif kavramlar” olarak, Fisher (1983) tarafından “kavram yanılgıları” ve hatalı fikirler” olarak, Osborne, Bell ve Gilbert (1986) tarafından “çocukların bilimi” olarak, McKloskey (1983) tarafından “sezgisel inanışlar” olarak ve Caramazza, McKloskey ve Green (1980) tarafından “nahif inanışlar” olarak tanımlanmıştır. Kavram yanılgıları ise öğrencilerin yanlış inançları ve deneyimleri sonucu ortaya çıkan davranışlar olarak (Baki, 1999) ve kişisel deneyimler sonucu oluşmuş bilimsel gerçeklere aykırı olan ve bilim tarafından gerçekliği kanıtlanmış kavramların öğretilmesini ve öğrenilmesini engelleyen bilgiler olarak (Çakır ve Yürük, 1999) tanımlanmaktadır.

Maddenin tanecikli yapısı ve taneciklerin özellikleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir: Maddenin katı, sıvı ve gaz hali için tanecik büyüklüğü aynıdır, farklı olan taneciklerin enerjileri ve bir arada bulunuş şekilleridir. Maddenin katı halinde taneciklerin kinetik enerjisi en fazladır, sadece titreşim hareketi yaparlar ve yerleri sabittir. Sıvı ve gaz halde ise tanecikler titreşim hareketi ile birlikte dönme ve öteleme hareketi yaparlar. Gazların kinetik enerjisi fazla olduğu için bu hareket sıvılara göre daha hızlıdır. Enerjiye bağlı olarak, hareketlilik artınca çekme kuvveti azalır ve tanecikler birbirlerinden uzaklaşır ve aralarındaki boşluklar artar. Ayrıca gazlarda tanecikler birbirine daha sık ve hızlı çarpar. Çekim kuvveti tamamen yenilince birbirinden bağımsız hareket eder (Atasoy, 2004).

Halihazırda uygulamada olan Fen ve Teknoloji dersleri yapılandırmacı öğrenme kuramına (Constructivist Theory) göre hazırlanmıştır. Bu model, öğrencilerin daha önceki deneyimlerinden ve ön bilgilerinden yararlanarak, karşılaştıkları yeni durumlara anlam verebileceklerini savunmaktadır. Daha ayrıntılı olarak ifade edilecek olursa burada öğrenci öğrenme olayında etkin bir şekilde rol oynar ve bilgiyi zihninde kendisi yapılandırır (Davis ve diğerleri, 1993). Bu kapsamda, maddenin tanecikli yapısı konusu, maddelerin sıkıştırılabilirlikleri ve hal değişimi konularındaki ön bilgilerden hareketle öğrencilere kavratılmaya çalışılmaktadır. Maddenin tanecikli yapısı konusunun anlaşılması, diğer temel kavramların anlaşılması açısından son derece önemlidir (Ayas, 2002; de Vos ve Verdonk, 1996; Griffiths ve Preston, 1992). Maddelerin tanecikli büyüklüğünün anlaşılması, insanların duyuşsal algılama yoluyla seçilebilecek büyüklüklere oranla son derece küçüktür.

Maddenin tanecikli yapısının öğrenilmesi diğer kimya kavramlarının öğrenilmesi açısından merkezi bir konuma sahiptir. Ancak farklı kademedeki öğrencilerin maddenin tanecikli yapısını anlamada karşılaştıkları zorluklar ve sahip oldukları kavram yanılgıları ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Adbo ve Taber, 2008; Ayas ve Özmen, 2002; Johnson, 1998; Kokkotas, Vlachos ve Koulaidis, 1998; Nakhleh ve Samarapungavan, 1999; Özmen, Ayas ve Coştu, 2002; Stains ve Talanquer, 2007; Yılmaz ve Alp, 2006). Buna karşılık öğrencilerin tanecik kavramı konusunda model oluşturma sürecinde karşılaştıkları zorlukları ve bunların zaman içerisinde nasıl değiştiğini inceleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, ilköğretim II. kademedeki öğrencilerin tanecik kavramıyla ilgili oluşturdukları modellerin, bunların 2 yıllık süreçteki değişiminin belirlenmesi, bu konudaki öğrenilmiş bilginin ortaya konulması ve öğretilen bilgi ile aradaki sapmanın belirlenmesi, bunların tartışılması ve çözüm önerilerinde bulunmaktır.

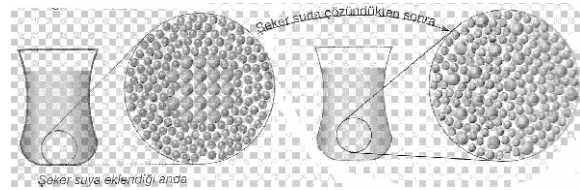
1.1. Öğretilecek bilgi

4 ve 5. sınıf Fen ve Teknoloji dersinde maddenin tanecikli yapısı konusuna giriş yapılmamış, ancak maddenin katı, sıvı ve gaz olarak üç farklı halinin bulunduğu öğretilmiştir. Ayrıca bu sınıflarda katıların belirli şekillerinin olduğu, sıvıların buldukları kabın şeklini aldığı ve gazların ise serbest halde bulunduğu gösterilmiştir (Özbek, 2007; Sökmen, Ekmekçi ve Güler, 2007).

6.sınıfta ise; maddenin sıkışma ve genişleme özellikleri ve ayrıca maddenin hal değişimi konularından faydalanılarak öğrencilere; maddenin küçük, görünmez, hareketli ve boşluklu taneciklerden oluştuğunun kavratılması ve bunu atom ve molekül kavramlarıyla ilişkilendirebilmeleri hedeflenmiştir (MEB., 2006).

Ayrıca sıvının içindeki boşluklar, şekerin suda çözünmesi olayı örnek gösterilerek şekil 1 yardımıyla kavratılmaya çalışılmaktadır: “Şeker suda çözününce göremeyeceğimiz kadar küçük taneciklere ayrılır. Bu tanecikler suyu oluşturan taneciklerin arasındaki boşluklara girdiği için ...”(MEB 6.sınıf ders kitabı, s.91).

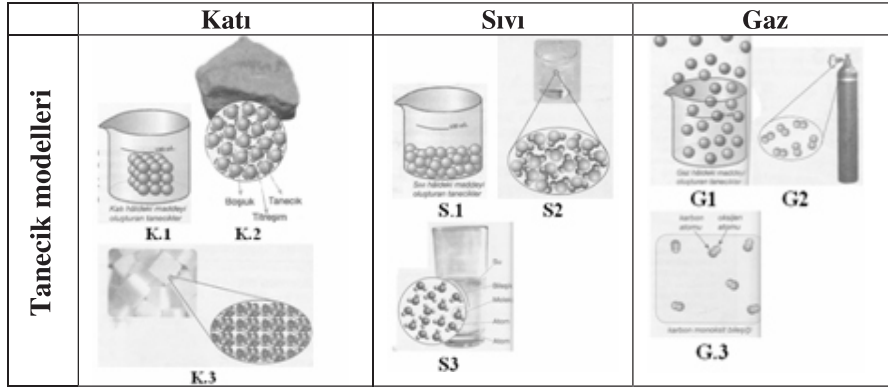
Şekil 1: MEB 6. Sınıf Ders Kitabı, (s. 91)



Tablo 1: Maddenin Tanecikli Yapısı ve Taneciklerin Özellikleri

	Katı	Sıvı	Gaz
Maddenin genel özellikleri	Hal değiştirerek sıvı hale geçebilir.	Hal değiştirerek katı veya gaz hale geçebilir.	Hal değiştirerek sıvı hale geçebilir.
	Şekle ve hacme sahiptir.	Buldukları kabın şeklini alırlar	Akma özelliğine sahiptir.
	Bütünsel bir yapıya sahip olmayıp görünmeyen taneciklerden oluşur.	Bütünsel bir yapıya sahip olmayıp görünmeyen taneciklerden oluşur.	Bütünsel bir yapıya sahip olmayıp görünmeyen taneciklerden oluşur.
	Taneciklerin hepsi aynı büyüklüğe sahiptir.	Taneciklerin hepsi aynı büyüklüğe sahiptir.	Taneciklerin hepsi aynı büyüklüğe sahiptir.
	Taneciklerin hepsi aynı şekle sahiptir.	Taneciklerin hepsi aynı şekle sahiptir.	Taneciklerin hepsi aynı şekle sahiptir.
		Sıvılar akışkandır.	Gazlar akışkandır.
Tanecikler arası boşluk	Tanecikler arasında çok az boşluk vardır.	Tanecikler arasında katıya göre daha fazla boşluk vardır.	Tanecikler arasında oldukça fazla boşluk vardır.
	Tanecikler birbirleriyle sürekli temas halindedir.	Tanecikler birbirleriyle sürekli temas halindedir.	
	Taneciklerin aralarındaki boşluk değişmez.		
Tanecik hareketi	Tanecikler hareketlidir.	Tanecikler hareketlidir.	Tanecikler hareketlidir.
	Tanecikler olduğu yerde titreşim yapar.	Titreşimin yanı sıra kendi etrafında döner, öteleme hareketi yapar ve birbiri üzerinden kayar.	Titreşim ve öteleme hareketi yapar.
	Tanecikler yer değiştirmez.	Tanecikler yer değiştirir.	Tanecikler birbirinden bağımsız hareket eder.
Sebep-sonuç ilişkisi	Tanecikler yer değiştirmediği için aralarındaki boşluk değişmez ve bu sebeple belli şekle ve hacme sahiptir.	Taneciklerin öteleme hareketi yapması sıvılara akma özelliği kazandırır. Bu sayede sıvılar kabın şeklini alır.	Titreşim ve öteleme hareketi gazlara akma özelliği kazandırır.
	Tanecikler arasında boşluk fazla olmadığı için kolayca sıkıştırılmaz.	Sıvı tanecikleri temas halinde bulunur, bundan dolayı sıvılar sıkıştırılmaz.	Tanecikler arasında oldukça fazla boşluk olduğundan dolayı sıkışabilme özelliğine sahiptir.
		Tanecikler arasında boşluk fazla olmadığı için kolayca sıkıştırılmaz.	

6. sınıf ders kitabında (Tunç ve diğerleri, 2007) verilen maddenin genel özellikleri ve tanecikli yapısı ile taneciklerin genel özellikleri belli kategorilere göre tablolaştırılarak Tablo 1’de verilmiştir. Diğer taraftan bu kitapta yer alan maddenin tanecikli yapısına ait gösterimler maddenin katı, sıvı ve gaz haline göre Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: Ders Kitabında Kullanılan Tanecik Modelleri (MEB. 6. Sınıf Ders Kitabı)

2. YÖNTEM

Bu çalışma, ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin tanecik kavramı konusundaki öğrenilmiş bilgilerinin ortaya çıkarılması ve zihinlerinde oluşturdukları modellerin saptanması amacıyla yapılmıştır.

2.1. Katılımcılar

Bu araştırma 2007-2008 eğitim-öğretim yılı bahar yarıyılı sonunda Samsun ilinde rastgele seçilmiş 2 ilköğretim okulundan, 6. sınıftan 37, 7. sınıftan 60 ve 8. sınıftan 66 olmak üzere toplam 163 öğrenciyi kapsamaktadır.

2.1. Veri Toplama Araçları

İlk aşamada 4-8. sınıfların fen ve teknoloji dersi programı incelenmiş ayrıca ulusal ve uluslar arası ölçekte literatür taraması yapılmıştır. Sonraki aşamada, tecrübeli 3 fen ve teknoloji öğretmeni ile yapılan görüşmeler doğrultusunda, öğretim programı ve literatür araştırması sonuçları göz önünde bulundurularak, öğrencilerin tanecik kavramı ile ilgili bilgilerini sorgulayan 9 açık uçlu sorudan oluşan bir test (bkz. Ek-1) hazırlanmıştır. Bu tür testler çoktan seçmeli testlere göre çok daha fazla bilgi sağladığı için tercih edilmektedir (White ve Gustone, 1992). Hazırlanan testin önce bir sınıfta pilot uygulaması gerçekleştirilmiş ve gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra uygulamaya hazır hale getirilmiştir.

2.2. Verilerin analizi

Verilerin çözümlenmesi sürecinde aşağıdaki adımlar izlenmiştir. (1) Öğrencilerden toplanan anket formları numaralandırılmış ve bulgular bölümünde öğrenci cevapları bu numaralar eşliğinde gösterilmiştir. (2) Öğrencilerin cevapları, ifadelerdeki ortak özelliklere ve ana fikre göre araştırmacı tarafından oluşturulan kategorilere ve alt kategorilere yerleştirilerek frekansları ve yüzdeleri hesaplanmıştır, ayrıca diğer öğrencilerle ortak kategorilerin tespiti amacıyla sürekli karşılaştırılmıştır (Creswell, 1988). (3) Elde edilen alt ve ana temalara göre ayrıştırılan veriler, öğrenci cevaplarından doğrudan alıntılarla desteklenmiştir. Bu alıntılar italik yazıyla yazılmış ve alıntının yapıldığı sınıf ve anket numarası parantez içinde verilmiştir. Yapılan bu doğrudan alıntılar katılımcı görüşlerini ve deneyimlerini çarpıcı bir biçimde yansıtır (Yıldırım ve Şimşek, 2005). (4) Bulgular araştırmacı tarafından açıklanmış, ilişkilendirilmiş ve yorumlanmıştır. Bir öğrenci aynı zamanda birkaç özellik tanımladığı için tablolardaki toplam özellik sayısı öğrenci sayılarından fazladır.

3. BULGULAR

3.1. Tanecik Çizimleri ve açıklamaları

Öğrencilerin maddenin katı, sıvı ve gaz halini taneciklerle ifade eden çizimlerine ait sayısal veriler 6, 7 ve 8. sınıf için karşılaştırmalı olarak Tablo 2'de verilmiştir. Öğrenciler maddenin üç halini genel olarak dört farklı model kullanarak ifade etmektedirler. Bu model tipleri ile ilgili öğrenci çizimlerinden alınan örnekler Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 2: Öğrenciler Tarafından Kullanılan Tanecik Modelleri

Tanecik modelleri	6. sınıf		7. sınıf		8. sınıf	
	N	%	N	%	N	%
DBT.	21	48,8	21	34,4	17	25,8
DKT	5	11,6	1	1,6	5	7,6
DBAT.	10	23,3	26	42,6	23	34,8
MAT.	2	4,7	3	4,9	4	6,1
Diğer	1	2,3	6	9,8	7	10,6
Cevapsız	4	9,3	4	6,6	10	15,2
Toplam	43		61		66	

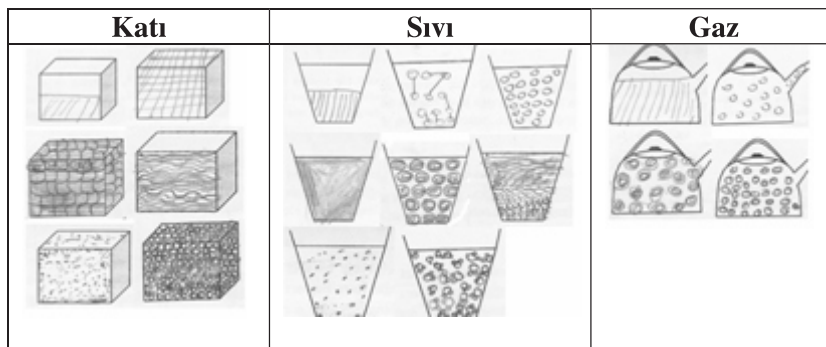
DBT: Dairesel ve katı halden gaz hale doğru büyüyen tanecik modeli

DKT: Dairesel ve katı halden gaz hale doğru küçülen tanecik modeli

DBAT: Dairesel ve katı halden gaz hale doğru büyüyen ve artan boşluklu tanecik modeli

MAT: Moleküler ve katı halden gaz hale doğru artan boşluklu tanecik modeli

Tablo 2 incelendiğinde, öğrencilerin bazıları maddenin tanecikli yapısını ifade etmek için bir tanecik modeli kullanmamıştır (bu oranlar 6. 7 ve 8. sınıf için sırasıyla, %9,3, %6,6 ve %15,2). Yaklaşık her 5 öğrencinin 4'ü (%83,7; %78,6; %83,3) tanecikleri yuvarlak olarak düşünmektedir: “Çünkü atomlar da yuvarlaktır” (22,38). Tanecikler arası boşlukların sabit olduğu ve katıdan gaza doğru gidildikçe tanecik boyutunun büyüdüğü tanecik modelini (DBT.) kullanan öğrencilerin oranının yıldan yıla azaldığı görülmektedir (%48,8; %34,4; %25,8): “Katılarda tanecikler titreşim halinde oldukları için küçüktür” (65). Bu öğrenci, sadece titreşim yapan taneciklerin titreşim, dönme ve öteleme yapanlara göre daha küçük olduğunu düşünmektedir. Öğrencilerin öğretilen tanecik modeline göre (K1, S1 ve G1, bkz. Şekil 2), hal değişimi esnasında tanecikler arasındaki boşluğun değiştiği konusuna dikkat etmedikleri görülmektedir. Buna karşılık özellikle 6.sınıf öğrencilerinin bazıları (%11,6; %1,6; %7,6), madde katı halden gaz haline doğru giderken tanecik büyüklüğünün azaldığı, tanecik modelini (DKT) benimsedikleri görülmektedir. Buna karşılık, DBAT modelini kullanan öğrencilerin oranlarında ise 6. sınıftan 7. sınıfa bir artış olduğu görülmektedir (%27,0, %42,6), sonraki yılda ise öğrenci oranında bir azalma olduğu görülmektedir (8. sınıfta %34,8). Diğer taraftan, öğretilmek istenenin tam aksine tabloda “diğer” bölümünde bulunan öğrenci çizimlerinden bazılarında ise 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin moleküler ve katıdan sıvıya artan boşluklu tanecik modelini kullandıkları görülmektedir (%9,8 ve %10,6). 6. sınıf öğrencilerinin bazıları ise (%7) katı taneciklerini üçgen, sıvı taneciklerini kare ve gaz taneciklerini çokgen olarak tanımladıkları görülmektedir.

**Şekil 3: Öğrencilerin Tanecik Çizim Örnekleri**

3.2. Taneciklerin Pozisyonu

Tanecikler arasında ne olduğu ve taneciklerin temas edip etmedikleri konusundaki öğrenci görüşlerinin verildiği Tablo 3 incelendiğinde, öğrencilerin bazıları (%16,3; %6,6; 7,6%) ne katı, ne sıvı ne de gaz tanecikleri arasında hiçbir şey olmadığını düşünmektedirler. Bu öğrenciler katı, sıvı ve gaz taneciklerinin sürekli temas ettiğini ve birbirlerine yapışık olduğunu düşünmektedirler. Buna karşılık sadece katı tanecikleri arasında hiçbir şey olmadığını düşünenlerin oranları ise ihmal edilemeyecek durumdadır (%21; %33; 8%). Bu öğrencilerin bir kısmı (%7; %11,5; %1,5), Novick ve Nusbaum,

(1978)'un çalışmalarında rapor ettikleri gibi sıvı ve gaz tanecikleri arasında sadece hava olduğunu düşünmektedirler: “Çünkü katıların tanecikleri sıkışıktır, gazlar da etrafa yayılırlar” (118). Diğer bir kısmı (%14; %21,3; %6,1) ise Griffiths ve Preston (1992)'un belirttiğinin aksine sıvı ve gaz tanecikleri arasında sadece boşluk olduğunu düşünmektedirler: “Katılar sert olduğu için, sıvılar akışkan olduğu için, gazlar buhar olduğu için” (101). Katı, sıvı ve gaz tanecikleri arasında boşluk olduğunu düşünen öğrencilerin (11,6%; 27,9%; 31,8%) açıklamaları aşağıdaki gibidir: “Katılar sıkışık, diğerleri akıcı ve uçucu olduğu için” (61). “Çünkü her şeyin arasında boşluk olur” (78). “Taneciklerin arasında genelde boşluk vardır” (82). Buna karşılık katı, sıvı ve gaz tanecikleri arasında hava olduğunu düşünen öğrencilerin oranı az olmasına karşın artış eğilimindedir (%7; %8,2; %13,6). Ayrıca 8. sınıf öğrencilerinden bazıları (%4,5) maddenin 3 halinde de tanecikler arasında molekül bulunduğunu, bazıları ise (%3) kimyasal bağ bulunduğunu düşünmektedir. Bu durum öğrencilerin atom-molekül ve kimyasal bağ kavramlarını 7. sınıfta öğrenmeleri ile açıklanabilir.

Tablo 3: Tanecikler Arası Boşluklar ve Temas

	Katı	-	sıvı	-	gaz	6.sınıf		7.sınıf		8.sınıf	
						N	%	N	%	N	%
Tanecikler arası boşluk	Hiçbir şey	-	Hiçbir şey	-	Hiçbir şey	7	16,3	4	6,6	5	7,6
	Hiçbir şey	-	az hava	-	çok hava	3	7,0	7	11,5	1	1,5
	Hiçbir şey	-	az boşluk	-	çok boşluk	6	14,0	13	21,3	4	6,1
	Az boşluk	-	biraz çok boşluk	-	çok boşluk	5	11,6	17	27,9	21	31,8
	Az hava	-	biraz çok hava	-	çok hava	3	7,0	5	8,2	9	13,6
	Molekül	-	molekül	-	molekül	-	-	-	-	3	4,5
	Kimyasal bağ	-	kimyasal bağ	-	kimyasal bağ	-	-	-	-	2	3,0
	Diğer					7	16,3	4	6,6	2	3,0
Taneciklerin Teması	Temas eder	-	Az temas	-	çok az temas eder	4	9,3	8	13,1	20	30,3
	Temas eder	-	az temas	-	temas etmez	15	34,9	24	39,3	22	33,3
	Temas eder	-	temas etmez	-	temas etmez	7	16,3	19	31,1	10	15,2
	Temas etmez	-	temas etmez	-	temas etmez	1	2,3	3	4,9	1	1,5
	Diğer					2	4,7	-	-	-	-

Taneciklerin birbiriyle temasıyla ilgili olarak, öğrencilerin yaklaşık 3'te 1'i (34,1%; %39,3; %33,3) katı ve sıvı taneciklerinin temas ettiğini buna karşılık gaz taneciklerinin ise hiç temas etmediklerini düşünmektedirler. Bu durumu bazı öğrenciler tanecikler arasındaki boşluklarla açıklamaktadırlar: “Katılar birbirlerinin arasında mesafe olmadığı için temas ederler. Sıvılar birbirlerine aralıkları az olduğu için çok hafif temas ederler, gazların birbirlerine aralıkları fazla olduğu için temas yoktur” (10, 12, 19, 63, 64, 77). Bazı öğrenciler ise titreşim ve öteleme hareketi temelinde açıklamaya çalışmaktadırlar: “Katılarda tanecikler çok yakındır, titreşim ve öteleme hareketi yaparlar. Sıvı tanecikleri biraz yakındır ve öteleme ve titreşim hareketi yapar. Gazlar çok hareketlidir, uçarlar.” (45, 78). Bazı öğrenciler ise taneciklerin birbirine yakınlığı ve çarpışmalarıyla açıklamaya çalışmaktadır: “Katılarda birbirlerine çok yakın oldukları için temas ederler. Sıvılarda da fazla uzak olmadıkları için temas ederler. Gazlarda uzak olduğu için temas edemezler” (121). “Katılarda birbirlerine çarpar, sıvılarda çok az çarpar gazlarda temas etmez” (131).

3.3. Taneciklerin Hızı, Enerjisi ve Tanecikler Arası Kuvvetler

Öğrencilerin taneciklerin hızları, enerjileri ve tanecikleri bir arada tutan kuvvetlerle ilgili görüşleri Tablo 4'te verilmiştir

Tablo 4 incelendiğinde, 6. ve 7. sınıf öğrencilerinin yaklaşık yarısı ve 8. sınıf öğrencilerinin 3'te 1'i, katı, sıvı ve gaz taneciklerinin hızlarının görece olarak daha hızlı olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Öğrencilerden bazıları bu görüşlerini maddenin hareket kabiliyeti temeline göre açıklamaya çalışmışlardır: “Katılar hareket etmediği için azdır. Sıvılar akabildiği için ortadır, gazlar uçabildiği için fazladır” (39, 51, 57, 58, 111). “Katılar sıkışık olduğu için hızlı hareket edemez, sıvılar sıkışık olmadığı için orta hızlıdır. Gazlar ayrık olduğu için hareket eder” (111). Bazı öğrenciler ise tanecik sayılarının katı, sıvı ve gazda farklı olduğu görüşüne sahiptir: “Katılarda tanecikler fazla olduğu

ve diğerlerinde olmadığı için” (61). Bazı öğrenciler ise bunu tanecikler arası boşlukla ilişkilendirmişlerdir: “Taneciklerin hızları aralarındaki boşluklarla doğru orantılıdır” (5, 50, 57, 63, 64, 78, 76, 151, 126). Bazı öğrenciler ise görüşlerini enerji temelinde açıklamaya çalışmaktadırlar: “Sıcaklık arttıkça kinetik enerji artar” (130, 132, 123). Bazıları ise taneciklerin titreşim hızlarına göre bu durumu açıklamaya çalışmaktadır: “Katılar birbirlerinden ayrılmadığı için titremezler, sıvılar biraz ayırırlar ve titrerler, gazlar birbirinden ayrı olduğu için çok titrerler” (77). Bazıları ise bunu akışkanlığa bağlı olarak açıklamaya çalışmaktadır: “Katılar akışkan değildir, diğerleri akışkandır” (12).

Tablo 4: Taneciklerin Hızı, Enerjisi ve Tanecikler Arası Kuvvet

Kati - sıvı - gaz			6.sınıf		7.sınıf		8.sınıf	
			N	%	N	%	N	%
Hız	Yavaş - orta hızlı - çok hızlı		20	46,5	32	52,5	44	66,7
	Yoktur - yavaş - hızlı		4	9,3	9	14,8	1	1,5
	En hızlı - orta - yavaş		1	2,3	4	6,6	5	7,6
	Aynı - aynı - aynı		2	4,7	1	1,6	2	3,0
	Diğer		5	11,6	7	11,5	8	12,1
Enerji	Çok - orta - az		2	4,7	6	9,8	9	13,6
	Az - orta - çok		13	30,2	28	45,9	32	48,5
	Yok - az - çok		-	-	4	6,6	-	-
Kuvvet	Makro seviye		-	-	5	8,2	2	3,0
	Mikro seviye	Atom - molekül	3	7,0	-	-	2	3,0
		Çekim kuvveti	-	-	14	23,0	11	16,7
		Kimyasal bağ	-	-	11	18,0	1	1,5
		Diğer	1	2,3	4	6,6	2	3,0

Buna karşılık, 6 ve 7. sınıf öğrencilerinin bir kısmı (9,3% ve %14,8) ise tanecik hareketlerinin katıdan sıvıya doğru gidildikçe azalacağını düşünmektedirler. Ancak bu görüşte olan 8. sınıf öğrencilerinin oranı oldukça düşüktür (%1,5). Diğer taraftan az da olsa bazı öğrenciler (%4,7; %1,6; %3) tüm taneciklerin hızlarının aynı olduğunu düşünmektedir.

Taneciklerin enerjileri konusunda ilgili olarak, 6. sınıf öğrencilerinin yaklaşık 3'te 1'i ile 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin yaklaşık yarısı, katı, sıvı ve gaz taneciklerinin enerjilerinin görece olarak daha fazla olduğunu düşünmektedir. Bu konudaki öğrenci görüşleri aşağıdaki gibidir: “Katılarda tanecikler bir arada tutulduğu için enerjileri azdır ve çok yavaştır” (61). “Sıcak arttıkça kinetik enerji artar” (132, 130). “Çünkü hareketleri de böyle bir sıralamaya sahiptir” (63, 64). “Boşluklara bakılarak, çünkü gazlarda aralık daha fazla” (76, 143). Buna karşılık, bu görüşün tam tersini benimseyen öğrencilerin oranı az olmakla birlikte yıldan yıla artma göstermektedir (%4,7; %9,8; %15,2): “Çünkü bitişik olanların daha fazla enerjisi olur” (52, 59, 107). 7. sınıf öğrencilerinden bir kısmı (%6,6) katıların hiç enerjisi olmadığı, sıvı ve gazların enerjisinin ise görece olarak fazla olduğu görüşüne sahiptirler: “Katılar hareket edemez, sıvılar akabilir, gazlar uçabilir” (39).

Tanecikler arası kuvvetlerle ilgili öğrenci görüşleri makro ve mikro seviye kategorilerine yerleştirilmiştir. 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin önemli bir kısmı tanecikler arasında çekim kuvveti olduğu görüşüne sahiptir (23% ve 16,7%): “Çekim kuvveti katıdan gaza doğru azalır” (92). Buna karşılık, 7. sınıf öğrencilerinin önemli bir kısmı (%18) ve 8. sınıf öğrencilerinin küçük bir kısmı (%1,5) tanecikler arasında kimyasal bağ olduğu görüşünü benimsemişlerdir. 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin küçük bir kısmının (8,2% ve %3) cevapları makroskopik seviyededir ve sertlik, şekil ve akışkanlık temelinde dayalıdır. 6 ve 8. sınıf öğrencilerinin çok az bir kısmı ise cevaplarını mikro seviyede formüle etmişlerdir ve tanecikler arasında atom ve moleküllerin olduğu fikrine sahip oldukları görülmüştür: “Tanecikler atomlardan oluşmuştur” (12). Diğerleri kategorisine ise, tanecikler arasında titreşim ve öteleme ile ilgili cevaplar yerleştirilmiştir (%2,3; %1,6; %3). Ayrıca 7. sınıf öğrencilerinin çok az bir kısmı (%3,3) tanecikleri bir arada tutan kuvvetin hava olduğunu düşünmektedirler: “Tanecikleri birlikte tutan kuvvet, havadır” (52).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öğrencilerin kendi tanecik modellerini maddenin düşünülen halinin hareket edebilme kabiliyeti, sertliği ve akışkanlığı temeline dayalı olarak oluşturdukları gözlenmiştir. Öğrenciler taneciklerin hızlarını, enerjilerini, tanecikler arası boşlukları ve taneciklerin birbirlerine temasını zihinlerinde maddenin en hareketli halinden (gaz) en durağan haline (katı) doğru sıraladıkları görülmektedir. Aynı zamanda bu çalışma, öğrencilerin maddenin tanecikli modelini taneciklerin titreşimleri, enerjileri, çarpışmaları, yaptıkları öteleme hareketi, aralarındaki boşluk ve birbirine olan uzaklık değişkenleri doğrultusunda tanımladıklarını ve maddenin katı, sıvı ve gaz halinin temel özelliklerini de bu değişkenlere dayalı olarak yorumlamaya çalıştıklarını ortaya koymaktadır. Bu noktada, öğrencilerin özellikle ısı, enerji ve enerjiye bağlı hareket değişimi konularındaki ön bilgilerinin yoklanması ve olası yanlış öğrenmeler düzeltildikten sonra maddenin tanecikli yapısı konularına girilmesi gibi bir düzenlemeyle öğrencilere tanecik modelini geliştirmede yardımcı olunabileceği düşünülmektedir.

Geliştirilen tanecik modeli ile ilgili olarak, 6. sınıftan 8. sınıfa doğru gidildikçe, oran düşmesine karşın öğrencilerin tercih ettikleri tanecik modeli, dairesel tanecik modelidir. Buna karşılık, yıldan yıla artmasına karşın az sayıda öğrenci ise moleküler tanecik modelini tercih etmektedir. Bu durum ders kitabında suyu oluşturan tanecikler bazen moleküller şeklinde bazen ise basit yuvarlaklar halinde verilmiş olmasıyla açıklanabilir. Bu noktada ders kitabı yazarlarının ders kitaplarının ilgili yerlerinde hangi modeli ne zaman ve neyi açıklamak için kullandıklarını belirtmeleri öğrencilerin bu konuda karşılaşacakları zorlukları azaltacağı düşünülmektedir. Ayrıca program ve ders kitabının daha önceki derslerde öğrencilere sunulmuş olan modellerden bahsederek, bir modelin ne olduğunu, özelliklerini ve bilim insanının modelleri hangi durumlarda ve neleri açıklamak için kullandıklarını anlamalarını sağlayacak şekilde hazırlanması yararlı olacaktır.

Fen eğitiminde kullanılan Nanoskopik modellerin öğrenciler tarafından kavramsallaştırılması büyük bir zorluk oluşturmaktadır. Barlet ve Plouin (1997) ve Tsapalis (1997) bu zorluğun temel sebeplerini aşağıdaki gibi açıklamaya çalışılmışlardır: (1) Soyut kavramlar öğrencilerin gerçek hayatlarındaki deneyimleriyle ilişkilendirilmelidir. Bunun için öğrencilerin yüksek bir soyutlaştırma seviyesine sahip olması gerekmektedir. Bu seviye üniversite öncesindeki öğrencilerde %50'nin altındadır. (2) Gerçek öğrenme sadece öğrencilere sunulan yeni bilgilerin anlamlandırılabilmesiyle gerçekleşir. Bunu ise öğrenciler sadece uzun süreli bellekteki bilgileri temel alarak yapabilirler. Bu bilgiler yetersiz olduğunda ise öğrenme mekanik ve yüzeysel olmaktan öteye gidemez. Bu bilgiler ışığında öğrencilerin hem modelleri anlamasında karşılaştıkları zorluk hem de maddenin tanecikli yapısı modeliyle ilk defa karşılaşmış olmaları tanecik modelini kavramsallaştırmalarını zorlaştırmaktadır. Ayrıca sonuçlar öğrencilerin makro ve mikro seviyeler arasında bağlantı kurmada zorluk yaşadıklarını da açıkça göstermektedir. Program geliştiriciler programda öğrencilerin model geliştirmesi için uygun modelleme etkinlik örneklerine yer verilmesinin altını çizmelidirler. Ayrıca öğrencilerin katılacağı modelleme etkinlikleri gözlemlenerek klasik yöntemlere göre farklılıkları nitel çalışmalarla ortaya konulabilir.

Sonuçlar, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı konusundaki öğrenme seviyeleri istenenden daha düşük olduğunu ve öğrenilmiş bilginin öğretilecek bilgi ile tam örtüşmediğini ortaya koymaktadır. Öğretmenin öğrencilere sunacağı sınıf etkinliklerini bu konuda hazırlanmış değişik analogilerle, görsel materyallerle ve özellikle değişik simülasyonlarla zenginleştirmeleri bu konunun öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılması ve daha kalıcı öğrenilmesine yardım edeceği düşünülmektedir.

4. sınıf öğretim programı maddenin taneli yapısının öğretilmesi konusunda aşağıdaki kazanıma yer vermektedir: “*Katıların, sıvıların ve gazların temel özellikleriyle ilgili olarak öğrenciler; küçük taneli katıların sıvılara benzer hareket ettiğini fark eder*” (s. 76). 6. sınıfta ise maddenin tanecikli yapısına giriş yapılırken taneli yapıdan bahsedilmektedir. Burada öğrencilerin “taneli yapı” ve “tanecikli yapı” kavramlarını karıştırmamaları için gerekli açıklamaları yapması ve bu konunun üzerinde duyarlılıkla durulması önerilmektedir.

Hiçbir öğretim materyalinde bulunmamasına karşın, öğrencilerin katıdan gaza doğru gidildikçe düşündürücü bir şekilde taneciklerin boyutunun değiştiğini düşünmeleri ilginçtir. Bu düşünce genelde

tanecik boyutunun büyüdüğü yönündedir. Bu yanlış Brook ve diğerleri (1984) tarafından daha önce yapılan bir çalışmada ortaya konulmuştur. Ayrıca, öğrencilerin maddenin hal değiştirirken hacminin artmasını taneciklere de aynen yansıttıkları görülmektedir. Bu konuda, maddenin makroskopik özelliklerinin taneciğe yüklediklerini ortaya koyan bazı çalışmalar literatürde mevcuttur (Albanese ve Vicentini, 1997; Cokelez ve Dumon, 2005; Harrison ve Treagust, 2002).

Bu çalışmada ilk defa belirlenen ve literatürde bulunmayan kavram yanlışları aşağıda verilmiştir: (1) “Katı ve sıvı tanecikleri temas eder, gaz tanecikleri ise temas etmez”. (2) “Tanecikler hiçbir durumda temas etmezler”. (3) “Maddeler akışkanlık özelliğini taneciklerin teması sonucu kazanırlar”. (4) “Katı taneciklerin belli bir hızı vardır ve öteleme hareketi yaparlar”. (5) “Katıdan gaza doğru gidildikçe taneciklerin hızları, enerjileri ve hareketleri azalmaktadır”. (6) “Katı taneciklerinin hiç enerjisi olmadığı için titreşim yapmamaktadırlar”. (7) “Taneciklerin bir arada tutan kuvvet havadır”. (8) “Tanecikleri bir arada tutan kuvvet tanecikler arasında bulunan atom, moleküller ve kimyasal bağlardır”.

Öğrencilerde ilk defa karşılaşılan bu kavram yanlışlarının daha geniş katılımlı bir örneklem üzerinde yapılacak nicel bir araştırmayla doğrulanması, çalışmanın geçerliliğini artıracaktır.

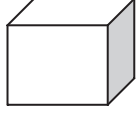
KAYNAKLAR

- Adbo, K. ve Taber, K. S. (2008). Learners' mental models of the particulate nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 1-30 (i-first article). DOI: 10.1080/09500690701799383.
- Albanese, A. ve Vicentini, M. (1997). Why do we believe that an atom is colourless ? Reflections about the teaching of the particle model. *Science & Education*, 6, 251-261.
- Atasoy, B. (2004). *Temel kimya kavramları*, (2.Baskı). Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Ayas, A. (2002) Students' level of understanding of five basic chemistry concepts. *Boğaziçi University Journal of Education*, 18, 19-32.
- Ayas, A. ve Özmen, H. (2002). Lise kimya öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı kavramını anlama seviyelerine ilişkin bir çalışma, *Boğaziçi University Journal of Education*, 19(2), 45-60.
- Baki, A. (1999). *Cebirle İlgili İşlem Yanlışlarının Değerlendirilmesi*. III. Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, M.E.B. ÖYGM.
- Barlet, R. ve Plouin, D. (1994). La dualité microscopique-macroscopique un obstacle sous-jacent aux difficultés en chimie dans l'enseignement universitaire. *Aster*, 25, 142-173.
- Bissuel, G. (2001). *Et si la physique était symbolique ?*, Paris : PUFC,
- Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Children's learning in science project, Centre for studies in science and mathematics education, University of Leeds, Leeds.
- Caramazza, A., McCloskey, M. ve Green, B. (1980). “Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects”. *Science*, 210, 1139-1141.
- Cokelez, A. ve Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 6(3), 119-135.
- Cokelez, A. Dumon, A. & Taber, K.S. (2008). Uper secondary French students, the chemical transformation and the models register. *International Journal of Science Education*, 30(6), 807-836.
- Creswell, J. V. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Çakır, S. Ö. ve Yürük, N. (1999). *Oksijenli ve oksijensiz solunum konusunda kavram yanlışları teşhis testinin geliştirilmesi ve uygulanması*. III. Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu. 23-25 Eylül 1998. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon. M.E.B. ÖYGM. 193-198
- Davis, N. T., McCarty, B. J., Shaw, K.L. & Tappa, A. S. (1993). Transitions from objectivism to constructivism in science education. *International Journal of Science Education*, 15(6), 627-636.
- De Vos W. ve Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(6), 657-664.
- Develay, M. (1992) *De l'apprentissage à l'enseignement, pour une épistémologie scolaire*. Collection Pédagogies. E.S.F. éditeurs, Paris
- Drouin, A. -M. (1988). Le modèle en questions. *Aster*, 7, 1-20.
- Drouin, A. -M. ve Astolfi, J.-P. (1992). *La modélisation à l'école élémentaire, in. Enseignement et apprentissage de la modélisation en science*. Paris: INRP,
- Fisher, K. ve Lipson, J. (1986) “Twenty questions about student errors”. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 783-803.
- Genzling, J. -C. ve Pierrard, M. -A. (1994). La modélisation, la description, la conceptualisation, l'explication et la prédiction, in *Nouveau regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*, Paris: INRP.

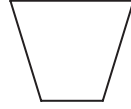
- Gilbert, J. K. (1997). *Exploring models and modeling in science and technology education* (Reading: New Bulmershe Papers).
- Gilbert, J. ve Swift, D. (1985) "Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs". *Science Education*, 69, 681-696.
- Griffiths, K. A. ve Preston, R. K. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Grosslight, K., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conception of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 799-822.
- Harrison, A. G. ve Treagust, D. F. (2002). *The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world*. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemistry education: Towards a research-based practice* (pp. 189-212). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Host, V. (1989). Système et modèles: quelques repères bibliographiques, *Aster*, 8, 187-209.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study, *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Johnstone, A. H. (2000). The presentation of chemistry – logical or psycholocial ? *Chemistry Education : Research and Practice in Europe*, 1, 9-15.
- Justi, S. R. ve Gilbert, K. J. (2002). "Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers." *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kokkotas, P., Vlachos, I. & Koulaidis, V. (1998). Teaching the topic of the particulate nature of matter in prospective teachers' training courses. *International Journal of Science Education*, 20(3), 291-303.
- Laugier, A. ve Dumon, A. (2000). Practical works and representation of chemical reaction in the macroscopic and microscopic level. *Chemistry Education : Research and Practice in Europe*, 1(1), 61-75.
- Liu, X. ve Lesniak, K. M. (2004). Students' progression of understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89, 433-450.
- Martinand, J. -L. (1990). In J. Colomb et J.-L. Martinand : *Enseignement et apprentissage de la modélisation*, Rapport RCP INRP-LIREST. (p.116) Document multigraphié, Lirest. Paris, Université Paris 7.
- MEB. (2006). 6. sınıf fen ve teknoloji programı. Ankara: MEB. Yayınları.
- McKloskey, M. (1983). "Naive theories of motion". In D. Gentner & A Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299-324). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Nakhleh, M. B. ve Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's belief about matter. *Journal of Research in Science Education*, 36(7), 777-805.
- Novick, S. ve Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 63, 273-281.
- Osborne, R. J., Bell, B. F. ve Gilbert, J. K. (1986) "*Science teaching and children's views of the world*". In J. Brown, A. Cooper, F. Toates, and D. Zeldin, (Eds.), *Exploring the curriculum: Science in Schools* (pp. 317-332). Milton Keynes & Philadelphia: Open Univ. Press
- Özbek, N. K. (2007). İlköğretim 5 fen ve teknoloji ders kitabı. Ankara: Ada Yayıncılık.
- Özmen, H., Ayas, A. & Coştu, B. (2002). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlama seviyelerinin ve yanılgılarının belirlenmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 2(2), 507-529.
- Paton, R. C. (1996). On a apparently simple modeling problem in biology. *International Journal of Science Education*, 18(1), 55-64.
- Sökmen, H. T., Ekmekçi, M. & Güler, O. F. (2007). İlköğretim fen ve teknoloji 4. sınıf ders kitabı. Ankara: Gün Yayınları.
- Stains, M. ve Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education*. 29(5), 643-665.
- Stephens, S. -A., McRobbie, C. & Lucas, K. B. (1999). Model-based reasoning in a year 10 classroom. *Research in Science Education*, 29, 189-208.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamila, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Tsaparlis, G. (1997). Molecules and atoms at the centre stage. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(2), 57-65.
- Tunç, T., Ağalday, M., Akçam, H. K., Altunoğlu, Ü. Ç., Bağcı, N., Bakar, E., ve diğer. (2007). İlköğretim fen ve teknoloji 6. sınıf ders kitabı. Ankara: MEB. Yayınları.
- White, R. ve Gustone, R. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Yıldırım A. ve Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, A. ve Alp, E. (2006). Students' understanding of matter: the effect of reasoning ability and grade level. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 22-31.

EK-1: Anket soruları

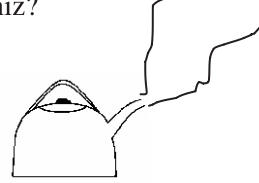
1. Maddenin tanecikli yapısını düşünerek bir buz küresi, bir bardak su ve bir çaydanlığın ağzından çıkan buharı aşağıdaki şekillerin içini doldurarak gösterirsiniz?



Buz parçası



su



su buharı

Aşağıdaki sorularda, katı sıvı ve gaz taneciklerinin özelliklerini düşünerek katı, sıvı ve gazla ilgili kıyaslamaları yaparak sebebini açıklayınız.

2. Taneciklerin şekilleri nasıldır?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

3. Taneciklerin büyüklükleri nasıldır?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

4. Taneciklerin aralarındaki mesafeler ne kadardır?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

5. Taneciklerin aralarında ne vardır?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

6. Taneciklerin hızları nasıldır?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

7. Taneciklerin enerjileri nasıldır?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

8. Tanecikleri birlikte tutan kuvvet nedir?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

9. Tanecikler birbirleriyle temas ederler mi?

Katılarda Sıvılarda: Gazlarda: Sebebini açıklayınız.

EXTENDED ABSTRACT

Johnstone (2000) asserts that science education necessitates the clear understanding of three fundamental levels of learning about symbols, equations and calculations. These are the microscopic register, the representational register and lastly, the macroscopic register, which is related to experimentation and observation and defined by Liu and Nesniak (2004) as “existing forms” and “properties”. There are many studies, however, show that students find it difficult to make the transition between these levels (Adbo and Taber, 2008; Cökelez *et al.*, 2008; Laugier and Dumon, 2000).

The theory of *didactic transposition* may be defined as relating to all the changes that come about during the student’s transformation of the *reference knowledge* produced by scientists into *acquired knowledge*. This theory was first set forth by Yves Chevallard in 1985 in mathematics education. Develay (1992) has summarized the process of knowledge transformation in three phases: (1) The transition from *reference knowledge* into *knowledge to be taught*. (2) The transition from knowledge to be taught into *school knowledge*. (3) The transition from school knowledge into *acquired knowledge*.

The teaching of abstract concepts in science education necessitates the use of models (Treagust *et al.*, 2002). Many studies, however, show that students have difficulty in understanding the concept of a model (Gilbert, 1997; Groslight *et al.*, 1991; Stephens *et al.*, 1999). The models are scientific and mental activities used to facilitate people’s comprehension of seemingly complex events (Paton, 1999). Models

have also been defined as representations of real systems (Host, 1989), objects of substitution (Drouin, 1988) and as communication instruments (Bissuel, 2001).

Learning about the particle nature of matter is a pivotal topic in terms of learning other concepts of chemistry. Many studies, however, show that students in different stages of their education encounter difficulties in understanding the particulate nature of matter (Adbo and Taber, 2008; Ayas and Özmen, 2002; Johnson, 1998; Kokkotas *et al.*, 1998; Nakhleh and Samarapungavan, 1999; Özmen *et al.*, 2002; Stains and Talanquer, 2007). There is no study that examines the difficulties students encounter in developing a model for understanding the concept of particles nor one that investigates how these difficulties change over time. The purpose of this study were to establish what models have been developed by students in the second grade of primary education in connection with the concept of particles, to discover the changes in these models over a period of two years, to ascertain the scope of acquired knowledge on the subject and establish the deviation between this knowledge and the knowledge to be taught, and to present a discussion and recommendations for needed solutions. The test containing 9 open-ended questions was administered to a total of 163 students from two primary schools in Samsun at the end of the semester. The written responses of the students were analyzed qualitatively.

The results of the study showed that students were forming their particle models on the basis of perceived motion capabilities and qualities of hardness and fluidity. It was seen that students thought of the speed, energy, spaces between and contact of particles in an order ranging from the fastest moving particle form (gas) of matter to its most inert state (solids). At the same time, it was found that the students defined the model of the particle nature of matter in terms of the variables of vibration, energy, collision, shifting, the empty spaces in between and the distance between the particles and that they tried to interpret the basic qualities of the solid, liquid and gas states of matter on the basis of these variables.

Students have great difficulty conceptualizing the nanoscopic models used in science education. Barlet and Plouin (1997) as well as Tsaparlis (1997) have explained the main reasons for this difficulty as follow: Abstract concepts should be associated with students' everyday life experiences. For this, students must be capable of exhibiting a high level of abstract thinking. This level is below 50% in pre-university students. The results of the study also showed clearly that students have difficulty in making the connection between macro and micro levels of learning. Program developers should emphasize the inclusion of appropriate modeling exercises in their model development programs for students. In addition, student modeling activities should be observed so that qualitative studies can be conducted to determine the differences seen in these activities as opposed to classical methods of learning.

The results indicated that the students' learning levels concerning the particulate nature of matter were lower than desired and that prior knowledge did not completely overlap with knowledge to be transmitted. It is believed that students would better understand concepts and more permanent learning could be achieved if teachers were to prepare different classroom activities that would employ analogies and visual materials and in which qualities would be enhanced by different simulations.

Misconceptions discovered in this study for the first time and which have not been mentioned in the literature up until now are the following: (1) "Solid and liquid particles touch each other but gas particles do not." (2) "Particles never touch each other." (3) "Matter takes on a fluid quality when particles come into contact with each other." (4) "Solid particles have a certain speed and intrinsic motion." (5) "Speeds, energies and motion of particles decrease as matter moves from solid to gas." (6) "There is no vibration because solid particles have no energy." (7) "The force holding particles together is air." (8) "The forces holding particles together are atoms, molecules and chemical bonds."

The study would be further validated if quantitative research on a large sample could be conducted in order to verify the existence of the misconceptions which have thus been encountered in students for the first time.