TURJE
www.turje.org
Volume 3 Issue 3
Turkish Journal of Education
Araştırma Makalesi

İlköğretim ve Ortaöğretim Öğrencilerinin Atom ve Moleküllerin Şekli Üzerine Bazı Fiziksel Etkenlerin Etkisini Anlamalarının Araştırılması

Mustafa Sarıkaya
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye sarikaya@gazi.edu.tr

Ayşegül Ergün
MEB Denizli Milli Eğitim Müdürlüğü, Denizli, Türkiye ergunaysegul@gmail.com

Received:06.05.2014; Reviewed:10.06.2014; Accepted: 20.07.2014

ÖZET
Bu çalışmanın amacı, öğrencilerin atom ve moleküllerin şekli üzerine bazı fiziksel etkenlerin etkilerini anlamalarının araştırılmasıdır. Çalışma, karşılaştırmalı nicel geriye dönük bir araştırmadır ve çalışmada tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 278'i ilköğretim (106 ilkokul, 172 ortaokul) ve 207'si ortaöğretim öğrencisi olmak üzere toplam 485 (223 kız, 262 erkek) öğrenci oluşturmaktadır. Evreni, araştırmanın yapıldığı ders yılında 4-12 sınıflarındaki toplam öğrenciler oluşturmaktadır. Veriler, Maddenin Parçacıklı Yapısı Kavram Testi (MPYKT, α = .86) ile toplanmıştır. Betimsel istatistik sonuçlarına göre, örneklemin sadece %16'sı (n = 77), fiziksel etkenlerin atom ve moleküllerin şekli üzerinde etkili olamayacağını ifade etmiştir. %84'ü (n = 308), örneğin, darbelerin atomları, molekülleri parçalayabileceğini ifade etmiştir. Öğretim düzeyi temelinde, ilkokul öğrencilerinin tamamı, ortaokul öğrencilerinin %97'si ve lise öğrencilerinin %65'i, fiziksel etkenlerin atom ve moleküllerin şeklini değiştirebileceğini belirtmişlerdir. Sonuçlar, atom ve molekül kavramlarının, lise seviyesinde bile yeterince anlaşılamadığını göstermektedir. Bu sonuçların ışığında, atom, molekül kavramlarının öğretimine daha fazla özen gösterilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atom ve molekül kavramı, fiziksel değişim

Investigating the Primary and Secondary School Students' Understanding of the Effects of Some Physical Elements on the Shape of the Atoms and Molecules

ABSTRACT
The purpose of this study is to research the students' understandings of the effects of some physical elements on the shape of the atoms and molecules. The study is a comparatively quantitative and retroactive research and the screening model was utilized for the study as well. The sampling population of the study is comprised of 485 students, (223 females and 262 males) including 278 students from primary education (106 primary school and 172 secondary school) and 207 students from secondary education. The population of the study is comprised of the total number of the students from 4^{th} to 12^{th} grades within the study term in which the study had been conducted. The data was obtained by the Conceptual Test "The Particle Based Structure of the Matter" (CT-PBSM α = .86). According to the descriptive analysis results; only 16% of the sampling population (n = 77) indicated that the physical elements would have no effect on the shapes of atoms and molecules. 84% of the population however, (n = 38) stated that the impacts may shatter the atoms and molecules. Within the scope of the level of education, all primary school students as well as 97% of the secondary school students and 65% of the high school students claimed that the physical elements may change the shape of the atoms and molecules. The results point out that the concepts of atoms and molecules are not totally grasped even at high school education levels. In the light of such results; it was underlined that the education and the teaching of the concepts of atoms and molecules should be given more care and importance.

Keywords:The concept of atoms and molecules, physical change

EXTENDED SUMMARY

The results of the researches on Science Education point out that a great number of students experience difficulties or fail to learn the science related concepts despite working hard (Griffits& Preston, 1992; Haidar & Abraham, 1991; Nakhleh, 1992; Novick & Nussbaum, 1978, 1981; Stavy, 1988). According to the experts, the most important reason of this case is that the students do not grasp the basic concepts of science properly (Adbo & Taber, 2009; Ayas, Ozmen & Calik, 2010; Boz, 2006; Griffths & Preston, 1992; Haidar, 1988; Harrison & Treagust, 2003; Nakhleh, Samarapungavan & Saglam, 2005; Novick & Nussbaum, 1978; Ozmen, Ayas & Costu, 2002; Sarikaya, 2007; Singer, Tal & Wu, 2003; Wu & Shah, 2003; Valadines, 2000; Yezierski, 2003). Therefore, other concepts that are established on top of the main and basic concepts are not grasped properly either. The two most important ones of those basic concepts are the "atoms" and "molecules". When those two concepts are not understood properly, the chemical bonds (Yılmaz & Morgil, 2001), ion (Canpolat, Pinarbasi, Bayrakceken & Geban, 2004), the states of the matter (Erdem, Yilmaz, Atav & Gucum, 2004), electricity (Pesman & Eryilmaz, 2010), chemical reactions (Kolomuc & Tekin, 2011), heat (Tanahoung, Chitaree & Soankwan, 2010), temperature (Pinarbasi, Sozbilir & Canpolat, 2009), expansion (Kramer & Myers, 2012), light (Sengoren, 2010), diffusion (Ayas, Ozmen & Calik, 2010), osmosis (Kottonau, 2011), elements (Dindar, Bektas, & Celik, 2010), compound (Al Balushi, Ambusaidi, Al-Shuaili & Taylor, 2012), mixture (Aydin & Altuk, 2013), dissolution (Smith & Nakhleh, 2011), chemical kinetic (Cakmakci, 2010), chemical balance (Kaya, 2013), volume of matter (Tsitsipis, Stamovlasis & Papageorgiou, 2012), nuclear energy (Wallquist, Visschers & Siegrist, 2010), the effect of the heat and pressure on the gases (Tsaparlis, Kolioulis & Pappa, 2010) and many more scientific items and subjects are failed to be understood accurately. The success of a science teacher and a science academician in the education heavily depends on their recognition of what the students have difficulty to learn on. Therefore conducting research on the students, understanding the basic elements such as atoms and molecules is vital for gathering the attention of the science academicians and teachers as well as the science curriculum developers onto the subject matter.

The purpose of this study is to research the student's understandings of the effects of some physical elements on the shape of the atoms and molecules. The study is a comparatively quantitative and retroactive research and the screening model was utilized for the study as well. The sampling population of the study is comprised of 485 students, (223 females and 262 males) including 278 students from primary education (106 primary school and 172 secondary school) and 207 students from secondary education. The population of the study is comprised of the total number of the students from 4^{th} to 12^{th} grades within the study term in which the study had been conducted. The data was obtained by the Conceptual Test "The Particle Based Structure of the Matter" (CT-PBSM α = .86). This test has been prepared by Sarikaya (1996) by considering the misconceptions within the literature regarding the topic, as a conceptual test, comprised of five questions including multiple choice and pattern based questions. The questions query the effects of some physical elements such as heat, impact and cutting on atoms and molecules.

The independent variables are the level of education (primary school, secondary school and high school), the stage of the education (primary school, middle school), grade (4,5,6,7,8,9,10,11,12) and gender. The dependent variable is the CT-PBSM score.

The assumptions of the study were tested by using SPSS 10.0 software via independent sample t - test and one way anova. The projected statistical results are presented with the additional support of the results of the descriptive analyses.

The assumption test results indicated that the more the level of education, the grade and the grade levels increase, the more the averages of the CT-PBSM scores increase as well while it also pointed out that there was no statistically significant difference between the averages of male and female students.

According to the descriptive analysis results; only 16% of the sampling population (n = 77) indicated that the physical elements would have no effect on the shapes of atoms and molecules. 84% of the population however, (n = 38) stated that the impacts may shatter the atoms and molecules. Within the scope of the level of education, all primary school students as well as 97% of the secondary school students and 65% of the high school students claimed that the physical elements may change the shape of the atoms and molecules.

Based on the results of the descriptive statistics, belonging to the answers of the questions;
66,22% of the students pointed out that when a piece of coal is hit by a hammer, the shape of the carbon atoms that form the very same coal would also be changed and 32,78% of the students reported that no such change would occur.
56,29% of the students expressed that the shape of the iron atoms that form a needle would be altered when such a needle is hit by a hammer while 43,71% stated that no changes in the shape of the iron atoms would occur.
75,88% of the students claimed that when the mothball is heated up and liquefied in a tube, the molecules that form the mothball would also undergo changes. However, 24,12% of the students asserted that in case the solid mothball is liquefied, no changes in mothball molecules would occur.
59,18% of the students reported that the shape of the azoth molecules would change if a vehicle such as a plane, car or train rams into that molecule along with other molecules in the air while 40,82% of the students indicated that no changes in the shape of the azoth molecules would occur.
66,60% of the students think that if mercury in solid state is heated up and consequently melted then evaporated, the shape of the mercury atoms inside the mercury in both liquid and gaseous state would change. On the other hand, 33,40% of the students indicated that no changes would occur in mercury atoms.
The misconception that was obtained as the result of this study which dictates that the changes in the macroscopic structure of matters would affect the particles that form that matter is also encountered in the results of other studies within the literature (Andersson, 1990; Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1986; Boz, 2006; Gabel, Samuel & Hunn, 1987; Griffths & Preston, 1992; Henriques, 2002; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee, 1993; Miller, 2008; Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Treagust, Chandrasegaran, Crowley, Yung, Cheong & Othman, 2010).
The results point out that the concepts of atoms and molecules are not totally grasped even at high school education levels. In addition, the results suggest that the knowledge of "the smallest unit of the matter is atom" which has roots that date back to 2300 – 2400 years has not been fully formed.
As an educational deduction, in light of the results, disclosed here; it is advised that the science teachers and educators should give more importance to the teaching of the concepts of "atoms and molecules" and should spend more time on this matter as well.

GİRİŞ

Fen eğitimi araştırma sonuçları, çok sayıda öğrencinin, çok çalışmasına rağmen, fen kavramlarını öğrenmede zorlandıklarını veya başarısız olduklarını göstermektedir (Griffits & Preston, 1992; Haidar & Abraham, 1991; Nakhleh, 1992; Novick & Nussbaum, 1978, 1981; Stavy, 1988). Bu başarısızlığın sonucu olarak öğrencilerde kavram yanılgıları ortaya çıkar. Kimyanın temeli olan maddenin parçacıklı yapısıyla ilgili, ilköğretimden üniversiteye kadar öğrencilerin önemli bir oranı kavram yanılgılarına sahiptir. Uzmanlara göre, bu durumun en önemli sebebi, öğrencilerin temel fen kavramlarını tam olarak anlamamış olmalarıdır (Adbo & Taber, 2009; Ayas, Ozmen & Calik, 2010; Boz, 2006; Harrison & Treagust, 2003; Nakhleh, Samarapungavan & Saglam, 2005; Özmen, Ayas ve Coştu, 2002; Singer, Tal & Wu, 2003; Wu & Shah, 2003; Valadines, 2000). Böylece bu temel kavramlar üzerine kurulmuş olan diğer kavramlar da tam olarak anlaşılamamaktadır.

Bu temel kavramların en önemli ikisi atom ve molekül kavramlarıdır. Bu iki kavram tam olarak anlaşılamadığı zaman, kimyasal bağ (Yılmaz ve Morgil, 2001), iyon (Canpolat, Pınarbaşı, Bayrakçeken ve Geban, 2004), maddenin halleri (Erdem, Yılmaz, Atav ve Gücüm, 2004), elektrik (Pesman & Eryilmaz, 2010), kimyasal reaksiyon (Kolomuc & Tekin, 2011), ısı (Tanahoung, Chitaree & Soankwan, 2010), sıcaklık (Pinarbasi, Sozbilir & Canpolat,2009), genleşme (Kramer & Myers, 2012), ışık (Şengören, 2010), difüzyon (Ayas et all., 2010), osmoz (Kottonau, 2011), element (Dindar, Bektas, & Celik, 2010), bileşik (Al Balushi, Ambusaidi, Al-Shuaili & Taylor, 2012), karışım (Aydin & Altuk, 2013), çözünme (Smith & Nakhleh, 2011), kimyasal kinetik (Cakmakci, 2010), kimyasal denge (Kaya, 2013), madde miktarı (Tsitsipis, Stamovlasis & Papageorgiou,2012), nükleer enerji (Wallquist, Visschers & Siegrist, 2010), gazlara sıcaklık ve basıncın etkisi (Tsaparlis, Kolioulis & Pappa, 2010) ve daha pek çok fen kavramı, fen konusu tam olarak anlaşılamamaktadır.

Parçacıklı yapıyla ilgili öğrencilerde en sık karşılaşılan kavram yanılgılarından birisi maddeye ait makroskopik özelliklerin, taneciklerde de olduğu düşüncesidir. Bu konu araştırmacılar tarafından geniş olarak ele alınmıştır (Andersson, 1990; Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1986; Boz, 2006; Griffths & Preston, 1992; Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee, 1993; Miller, 2008).

Konuyla ilgili yapılan araştırmalarda karşılaşılan kavram yanılgılarından biri, öğrencilerin madde hal değiştirdiği zaman aslında bu değişimlerin taneciklerde olduğu düşüncesidir. Örneğin, bir madde ısıtılınca o maddenin moleküllerinin de ısınacağı (Boz, 2006; Lee et al., 1993), moleküllerinin genleşeceği (Griffths & Preston, 1992; Kind, 2004; Kokkotas, Vlachos, & Koulaidis, 1998; Lee et al., 1993; Stepans, 2003), moleküllerin buharlaştığı ve kaynadığı (Griffths & Preston, 1992), eridiği (Boz, 2006), yoğunlaştığı (Lee et al., 1993; Novick & Nussbaum, 1981) düşünceleri öğrencilerdeki kavram yanılgılarındandır. Bu kavram yanılgılarının nedeni, öğrencilerin atomun bir elementin en küçük parçası olduğunu düşünmeleri ve elementle aynı özellikte olması gerektiğine inanmaları olabilir.

Yapılan diğer çalışmalarda öğrenciler, altın atomlarının aynı altın gibi sert ve parlak olduklarını (Stepans, 2003) parçacıklar arasındaki boşluklarda havanın bulunduğunu (Kind, 2004) düşünmektedirler. Boz (2006) tarafından yapılan araştırmada, öğrenciler suyun parçacıklarının su molekülleri yerine su damlaları olduğunu düşünürken, bazıları parçacıkların katı olduğunu düşünmektedir.

Makroskopik özelliklerin mikroskopik taneciklere verilmesinin diğer örnekleri, suyun sıcak- soğuk olması dolayısıyla taneciklerinin de sıcak- soğuk olması; naftalinin kokması gibi moleküllerinin de kokması; alkolün sıvı olması gibi moleküllerinin de sıvı olması yani küçük damlalar olabileceği şeklindeki yanlış kavramalardır (Andersson, 1990; Lee et al., 1993).

Başka bir çalışmada, öğrencilerin maddeyi oluşturan en küçük birimin hücre olduğunu düşündükleri, atom kavramını neredeyse hiç bilmedikleri bulunmuştur. Öğrenciler maddeler cansız ise hücrelerden oluşmadığını, taneciklerden oluştuğunu ifade etmişler ama taneciği atom anlamında ifade edememişlerdir. Ayrıca öğrenciler atomu katı, esnek ve renkli olarak tanımlamışlardır. Öğrencilerin maddelerin görülür özelliklerini, taneciklerin özelliği olarak düşündükleri, bu araştırmada da ortaya konmuştur (Liu, Lai & Chiu, 1997).

Ben-Zvi ve çalışma arkadaşları (1986), geliştirdikleri anketle 10. sınıf öğrencilerinin madde ile ilgili kavramalarını belirlemişlerdir. Öğrencilerden bir parça bakır telle, bakır buharlaştırıldığında elde edilen bir bakır atomunun özelliklerini karşılaştırmaları istenmiştir. Öğrencilerin %50'si, bakır telin elektrik iletkenliği, renk, kırılganlık gibi özelliklerinin tek bir bakır atomunun da özellikleri olduğunu ifade etmişlerdir (Ben-Zvi et all., 1986).

Amaç

Bu çalışmanın amacı, ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atom ve moleküllerin şekli üzerine ısı, darbe ve kesme gibi bazı fiziksel etkenlerin etkilerini anlamalarının araştırılmasıdır.

Maddenin parçacıklı yapısını oluşturan atom ve moleküller ile ilgili kavram yanılgılarının aşılması, Fen Bilimleri öğretiminin sağlıklı olarak yapılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Kimya biliminde maddenin parçacıklı yapısıyla ilgili kavram yanılgılarının varlığı literatürde yer alan çok sayıda araştırmadan görülmektedir (Albanese & Vicentini, 1997; Griffths & Preston, 1992; Haidar, 1988; Lee et al., 1993; Novick & Nussbaum, 1978; Pideci, 2002; Sarikaya, 2007; Stavy, 1990; Tezcan ve Salmaz, 2005; Yezierski, 2003).

Öğrencilerdeki kavram yanılgılarının çoğu, maddenin bugünkü anladığımız ve kabul ettiğimiz bilimsel anlamıyla algılanmamasından kaynaklanmaktadır. Genellikle ders kitaplarında maddenin tanımı "çevremizde gördüğümüz her şey maddedir" şeklinde basit bir ifadeyle yapılmakta, maddenin parçacıklı, hareketli ve boşluklu yapısı ise tarife dayalı bir bilgi olarak verilmektedir. Dolayısıyla maddeyi günlük hayatta gördükleri bütünsel şekliyle algılayan öğrenciler, maddenin parçacıklı, hareketli ve boşluklu yapısını anlamada zorluk çekmekte, öğrendiklerini zihinlerinde anlamlandıramamaktadırlar. Bunun sonucunda da anlamlandıramadıkları bilgiyi ezberleme yoluna gitmektedirler.

Öğrencilerin kimyayı tam olarak anlayabilmeleri için maddenin parçacıklı yapısı ve kinetik moleküler teoriyi anlamaları zorunludur. Maddenin parçacıklı yapısının kavranması, okuldaki kimya derslerinin içeriğinde bulunan atomik yapı, kimyasal değişim, kimyasal bağlar ve bunlar gibi pek çok konunun anlaşılmasını elbette kolaylaştıracaktır. Fakat maddenin parçacıklı yapısının kavranması, sadece kimya dersinin tümünün kavranması ile sınırlı değildir.

Öğrencilerin dünyayı oluşturan biyolojik sistemleri, fiziksel sistemleri anlayabilmek için evrendeki her şeyin taneciklerden oluştuğunu düşünmeleri zorunludur. Tanecikler arasındaki etkileşimin varlığı, yukarıda sayılan sistemler arasındaki bütün olayların anlaşılmasında çok önemlidir (Meyer, 2005).

Bir fen öğretmeninin, bir fen eğitimcisinin öğretimde başarılı olabilmesi, büyük ölçüde, öğrencilerinin neleri öğrenmekte zorluk çektiğinin farkında olmasına bağlıdır. Bu nedenle, öğrencilerin atom ve molekül kavramları gibi temel kavramları anlamalarının araştırılması, konuya fen eğitimcilerinin, fen öğretmenlerinin ve fen program geliştiricilerinin dikkatlerinin çekilmesi bakımından önemlidir.

YÖNTEM

Çalışma, karşılaştırmalı nicel geriye dönük bir araştırmadır, bu tür araştırmalarda bağımlı değişkenin değişim düzeyi, bağımsız değişkenler açısından karşılaştırılır ve karşılaştırma sonuçları sayısal olarak verilir (Karasar, 2005). Çalışmada tarama modeli kullanılmıştır. Tarama tipi araştırma modelleri, geçmişte ya da halen var olan bir durumu var olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımlarıdır. Araştırmaya konu olan olay, birey ya da nesne, kendi koşulları içinde ve olduğu gibi tanımlanmaya çalışılır. Onları herhangi bir şekilde değiştirme, etkileme çabası gösterilmez (Karasar, 2005).

Örneklem

Araştırmanın örneklemini 2009-2010 eğitim öğretim yılının ikinci döneminde Denizli'deki okullardan rastgele seçilmiş 278'i ilköğretim (106 ilkokul, 172 ortaokul) ve 207'si ortaöğretim öğrencisi olmak üzere toplam 485 (223 kız, 262 erkek) öğrenci oluşturmaktadır. Evreni, araştırmanın yapıldığı ders yılında 4-12 sınıflarındaki toplam öğrenciler oluşturmaktadır.

Verilerin Toplanması

Araştırma verilerinin toplanması için öncelikli olarak konuya ilişkin bir literatür taraması yapılmıştır. Öğrencilerde maddenin tanecikli yapısı ile ilgili var olan kavram yanılgılarını belirlemek üzere araştırma grubuna Sarıkaya (1996) tarafından geliştirilmiş, geçerlik ve güvenirlik çalışması yapılmış olan Maddenin Parçacıklı Yapısı Kavram Testi (MPYKT) uygulanmıştır.

Veri Toplama Aracı

Veriler, Maddenin Parçacıklı Yapısı Kavram Testi (MPYKT, α = .86) ile toplanmıştır. Bu test Sarıkaya (1996) tarafından, konuyla ilgili literatürlerde yer alan kavram yanılgıları göz önünde

bulundurularak, konuyla ilgili araştırmalarda yer alan soru örneklerinden yararlanılarak, üniversitede okuyan öğretmen adaylarına araştırma konusu ile ilgili olarak uygulanan ve birçoğunda belirgin olarak tespit edilen bazı kavram yanılgılarından yararlanılarak, çoktan seçmeli ve şekilsel soruların yer aldığı, beş soruluk bir kavram testi niteliğinde hazırlanmıştır. Sorularda fiziksel etkenlerin atom ve molekül üzerindeki etkileri sorgulanmaktadır. Bu test, günlük hayattan tanıdığımız ve öğrencilerin çoğunun evinde bir şekilde mevcut olan iğne, kömür, naftalin, civa gibi maddeler kullanılarak hazırlanmıştır. Böylece öğrencilerin günlük hayatlarında karşılaştıkları maddelerle ilgili olayları, atomik ve moleküler seviyede düşünüp yorumlamaları sağlanmıştır (Sarıkaya, 1996).
Maddenin Parçacıklı Yapısı Kavram Testini oluşturan soruların ölçtüğü kavramlar Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. MPYKT'nin ölçtüğü kavramlar

Soru	Sorunun ölçtüğü kavram
1	Kömüre (katı bir maddeye) çekiçle vurulduğunda, kömürü oluşturan karbon atomlarının değişime uğrayıp uğramayacağı kavramı
2	Toplu iğneye (katı bir maddeye) çekiçle vurulduğunda, toplu iğneyi oluşturan demir atomlarının değişime uğrayıp uğramayacağı kavramı
3	Naftalinin mum alevinde ısıtılıp eritilmesi durumunda, naftalini oluşturan moleküllerin değişime uğrayıp uğramayacağı kavramı
4	Havadaki bir azot molekülüne uçağın çarpması ile, azot molekülünün değişime uğrayıp uğramayacağı kavramı
5	Katı halde bulunan civadaki bir civa atomunun, civa sıvı ya da gaz hale geçtiğinde değişime uğrayıp uğramayacağı kavramı

Test soruları hazırlanırken göz önünde bulundurulan düşünceleri şöyle özetleyebiliriz;

Öğrenciler madde kavramını biliyor mu?
Maddenin parçacıklı yapısı hakkında nasıl bir kavrama sahipler?
Atom ve molekül kavramlarını kullanabiliyorlar mı?
Bir maddenin sürekli olarak bölünmesiyle ulaşılan, en küçük yapının ne olduğunu biliyorlar mı?
Maddenin ısıtılmasıyla yapısındaki atom ve moleküllerin genleşebileceğini düşünebilirler mi?
Atom ve moleküllerin darbe, çarpma gibi etkilerle delinebileceğini, kesilebileceğini düşünebilirler mi?
Atom ve moleküllerin buharlaşabileceğini düşünebilirler mi?

Testin güvenirliği Denizli il merkezinden seçilen bir ortaöğretim okulunun 9, 10, 11 ve 12. sınıflarında öğrenim görmekte olan "120" lise öğrencisi ile bir ilköğretim okulunun 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflarında öğrenim görmekte olan "150" ilköğretim öğrencisinden oluşan, toplam "270" öğrenciye uygulanarak Cronbach α güvenirlik katsayısı α = .86 olarak bulunmuştur. Cronbach α güvenirlik katsayısının .70'den yüksek olması testin güvenirliğinin yeterli düzeyde olduğunu gösterir (Büyüköztürk, 2004). Bu testin güvenirliği bu değerden büyük olduğu için test güvenilirdir.

Verilerin Analizi
Araştırmadaki bağımsız değişkenler, öğretim düzeyi (ilkokul, ortaokul ve lise), öğretim kademesi (ilköğretim, ortaöğretim), sınıf (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) ve cinsiyettir. Bağımlı değişken, MPYKT başarı puanıdır. Araştırmanın hipotezleri, SPSS 10.0 programı kullanılarak ilişkisiz örneklem t-testi ve tek faktörlü ANOVA ile test edilmiştir. Kestirisel istatistik sonuçları, betimsel analiz sonuçları ile de desteklenerek sunulmuştur.
Öğrencilerin MPYKT'den elde ettikleri puanlar 0-100 skalasında değerlendirilerek Milli Eğitim Bakanlığı İlköğretim Kurumları Yönetmeliği'ne (2003) göre, aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır:

0- 44 puan: düşük
45-69 puan: orta
70-100 puan: yüksek

BULGULAR

Araştırmanın birinci alt probleminin ifadesi aşağıdaki gibidir:
Öğrencilerin bulundukları öğretim düzeyine bağlı olarak MPYKT başarıları değişmekte midir?
Bu soruya cevap bulabilmek için aşağıda ifadesi verilen null hipotezi 1 tek faktörlü varyans analizi ile test edilmiş, analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.
Null hipotezi 1: H_0 : Öğrencilerin MPYKT başarıları arasında bulundukları öğretim düzeyine göre istatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur.

Tablo 2. MPYKT'nin Puan Ortalamalarının Öğretim Düzeyine Göre Tek Faktörlü Varyans Analizi ile Karşılaştırılması

Test	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
MPYKT	Gruplararası	734.46	2	367.23	197.80	.00
	Grup içi	894.85	482	1.86		
		1629.31	484			

Tablo 2'de görüldüğü gibi analiz sonuçları, öğrencilerin MPYKT'den aldıkları puanların ortalaması arasında bulundukları öğretim düzeyi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir [$F_{(2\text{-}482)} = 197.80$, $p < .05$]. Tablo 2'den elde edilen hipotez testi sonuçları göz önünde bulundurularak Null hipotezi 1 reddedilmiştir. Buna göre öğrencilerin maddenin parçacıklı yapısı ile ilgili kavramlara ilişkin MPYKT puan ortalamaları, bulundukları öğretim düzeyine göre değişmektedir.
Öğretim düzeylerine göre öğrencilerin MPYKT başarı puanları 0-100 skalasında değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur

Tablo 3. Öğretim Düzeylerine Göre 0 - 100 Skalasında MPYKT Puanları

Test	Düzeyler	0-100 skalasında başarı puanı
MPYKT	İlkokul	10.20 (düşük)
	Ortaokul	16.05 (düşük)
	Lise	63.38 (orta)
	Genel	35.00 (düşük)

Tablo 3'teki analiz sonuçlarına göre, ilkokul ve ortaokul öğrencilerinin MPYKT başarı puanı düşük, lise öğrencilerinin MPYKT başarı puanı ise orta düzeydedir.
Araştırmanın ikinci alt probleminin ifadesi aşağıdaki gibidir:
Öğrencilerin bulundukları öğretim kademesine bağlı olarak MPYKT başarıları değişmekte midir?
Bu soruya cevap bulabilmek için aşağıda ifadesi verilen null hipotezi 2 ilişkisiz örneklem t- testi ile test edilmiş, analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.
Null hipotezi 2: H_0 : Öğrencilerin MPYKT başarıları arasında bulundukları öğretim kademesine göre istatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur.

Tablo 4. MPYKT'nin Puan Ortalamalarının Öğretim Kademesine Göre İlişkisiz Örneklem t- Testi ile Karşılaştırılması

Test	Öğretim Kademesi	N	$\bar{X}$	s	sd	t	p
MPYKT	İlköğretim	278	0.69	0.97	483	19.77	.00
	Ortaöğretim	207	3.17	1.76			

Tablo 4'teki analiz sonuçlarına göre öğrencilerin MPYKT başarıları bulundukları öğretim kademesine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir [$t_{(483)} = 19.77$, $p < .05$]. Ortaöğretim öğrencilerinin başarısı, ilköğretim öğrencilerine göre daha yüksektir. Tablo 4'den elde edilen hipotez testi sonuçları göz önünde bulundurularak Null hipotezi 2 reddedilmiştir. Buna göre öğrencilerin maddenin parçacıklı yapısı ile ilgili kavramlara ilişkin MPYKT puan ortalamaları , bulundukları öğretim kademesine göre değişmektedir.
Öğretim kademelerine göre öğrencilerin MPYKT başarı puanları 0-100 skalasında değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Öğretim Kademelerine Göre 0-100 Skalasında MPYKT Puanları

Test	Kademeler	0-100 skalasında başarı puanı
MPYKT	İlköğretim	13.81 (düşük)
	Ortaöğretim	63.38 (orta)
	Genel	34.97 (düşük)

Tablo 5'teki analiz sonuçlarına göre ilköğretim öğrencilerinin MPYKT başarı puanının düşük, ortaöğretim öğrencilerinin MPYKT başarı puanının orta, örneklemin MPYKT başarı puanının ise düşük olduğu görülmektedir.

Araştırmanın üçüncü alt probleminin ifadesi aşağıdaki gibidir:

Öğrencilerin bulundukları sınıfa bağlı olarak MPYKT başarıları değişmekte midir?

Bu soruya cevap bulabilmek için aşağıda ifadesi verilen null hipotezi 3tek faktörlü varyans analizi ile test edilmiş, analiz sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Null hipotezi 3: H_0 : Öğrencilerin MPYKT başarıları arasında bulundukları sınıf bakımından istatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur.

Tablo 6. MPYKT'nin Puan Ortalamalarının Sınıflara Göre Tek Faktörlü Varyans Analizi ile Karşılaştırılması

Test	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Karelerin Ortalaması	F	p
MPYKT	Gruplar arası	761.63	8	95.20	52.23	.00
	Grup içi	867.68	476	1.82		
	Toplam	1629.31	484			

Tablo 6'da görüldüğü gibi analiz sonuçları, öğrencilerin MPYKT'den aldıkları puanların ortalaması arasında bulundukları sınıf bakımından anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir [$F_{(8-476)} = 52.23$, $p < .05$]. Tablo 6'dan elde edilen hipotez testi sonuçları göz önünde bulundurularak **Null hipotezi 3** reddedilmiştir. Buna göre öğrencilerin maddenin parçacıklı yapısı ile ilgili kavramlara ilişkin MPYKT puan ortalamaları , bulundukları sınıfa göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

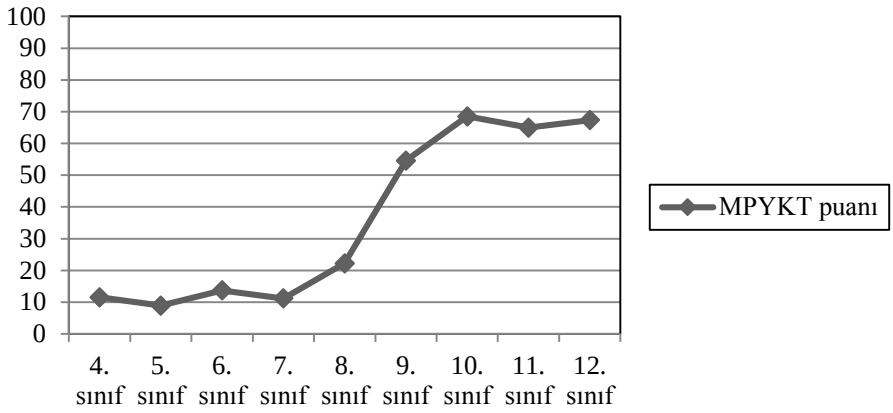
Sınıflarına göre öğrencilerin MPYKT başarı puanları 0-100 skalasında değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7.Sınıflara Göre 0-100 Skalasında MPYKT Puanları

Test	Sınıflar	0-100 skalasında başarı puanı
MPYKT	4. sınıf	11.54 (düşük)
	5. sınıf	8.89 (düşük)
	6. sınıf	13.68 (düşük)
	7. sınıf	11.15 (düşük)
	8. sınıf	22.22 (düşük)
	9. sınıf	54.58 (orta)
	10. sınıf	68.51 (orta)
	11. sınıf	65.00 (orta)
	12. sınıf	67.35 (orta)
	Genel	34.97 (düşük)

Tablo 7'de görüldüğü gibi 4-8. sınıfların MPYKT başarı puanları düşük, 9-12. sınıfların MPYKT başarı puanları orta düzeydedir. Örneklemin MPYKT başarı puanı ise düşük düzeydedir.

Sınıfların MPYKT'den elde ettikleri başarı puanları Şekil 1'de çizgi grafiği olarak verilmiştir.



Şekil 1. Sınıfların ortalamalarının grafiksel karşılaştırılması

Şekil 1'deki grafiğe göre öğrencilerin bulundukları sınıf seviyesi arttıkça, MPYKT başarı puanları da yükselmektedir.

Araştırmanın dördüncü alt probleminin ifadesi aşağıdaki gibidir:

Öğrencilerin cinsiyetlerine bağlı olarak MPYKT başarıları değişmekte midir?

Bu soruya cevap bulabilmek için aşağıda ifadesi verilen **null hipotezi 4** ilişkisiz örneklem t- testi ile ile test edilmiş, analiz sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur.

Null hipotezi 4: H_0 : Öğrencilerin cinsiyetlerine bağlı olarak MPYKT başarıları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur.

Tablo 8. MPYKT'nin Puan Ortalamalarının Cinsiyete Göre İlişkisiz Örneklem t- Testi ile Karşılaştırılması

Test	Cinsiyet	N	$\bar{X}$	s	sd	t	p
MPYKT	Kız	223	1.82	1.80	483	0.80	0.42
	Erkek	262	1.69	1.86			

Tablo 8'deki sonuçlara göre öğrencilerin MPYKT başarıları cinsiyetlerine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir [$t_{(483)} = 0.80$, $p > .05$]. Analiz sonuçlarına göre **null hipotezi 4** reddedilmemiştir.

Öğrencilerin MPYKT'ye yönelik verdikleri cevaplar her soru bazında betimsel olarak değerlendirilmiş, istatistiksel analiz sonuçları sunulmuştur.

Öğrencilerin 1. soruya verdikleri yanıtların betimsel istatistik analiz sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. Birinci Soruya Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Sınıf	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
4 (n=52)	%17.30	%23.10	%15.40	%17.30	%7.70	%3.80	%13,50	%1,90
5 (n=54)	%18.50	%22.20	%14.80	%9.30	%9.30	%7.40	%11.10	%7.40
6 (n=57)	%17.50	%29.80	%21.10	%8.80	%5.30	%5.30	%7.00	%5.30
7 (n=52)	%21.20	%17.30	%13.50	%9.60	%11.50	%0.00	%17.30	%9.60
8 (n=63)	%28.60	%27.00	%20.60	%7.90	%4.80	%6.30	%1.60	%3.20
9 (n=59)	%13.60	%8.50	%5.10	%3.40	%1.70	%59.30	%3.40	%5.10
10 (n=47)	%4.30	%4.30	%4.30	%4.30	%2.10	%76.60	%2.10	%2.10
11 (n=52)	%7.70	%3.80	%3.80	%5.80	%1.90	%71.20	%3.80	%1.90
12 (n=49)	%8.20	%8.20	%4.10	%2.00	%0.00	%77.60	%0.00	%0.00
Toplam(n=485)	%15.67	%16.49	%11.75	%7.63	%4.95	%32.78	%6.60	%4.12

Birinci soruda öğrencilerden kömür parçasına bir çekiç ile vurulduğunda, kömürü oluşturan karbon atomlarından birinin son durumunu, verilen şekiller içerisinden seçmeleri istenmiştir. Öğrencilere verilen seçeneklerdeki şekiller:

K1: Karbon atomu, irili ufaklı yuvarlaklar parçalara ayrılır.
K2: Karbon atomu, bazıları yuvarlak bazıları şekilsiz parçalara ayrılır.
K3: Karbon atomu ezilir.
K4: Karbon atomu, cam kırıkları gibi şekilsiz parçalara ayrılır.
K5: Karbon atomu, çekiçle vurulunca ısınır ve genleşir.
K6: Karbon atomunda herhangi bir değişiklik olmaz.
K7: Karbon atomundan bazı parçalar kopar ve karbon atomu küçülür.
K8: Karbon atomunun önce şekli bozulur. Sonra futbol topu gibi esneyerek ilk halini alır.

Tablo 9'da görüldüğü üzere örneklemin %32.78'i soruya doğru yanıt verebilmiştir. Örneklemin %67.22'si ise kömüre çekiç ile vurulduğunda, karbon atomunun şeklinde değişiklik olacağı yönünde bir yanlış kavrama içerisindedir. Sınıf düzeyinde 4. sınıf öğrencilerinin %3.80'i, 5. sınıf öğrencilerinin %7.40'ı, 6. sınıf öğrencilerinin %5.30'u, 8. sınıf öğrencilerinin %6.30'u, 9. sınıf öğrencilerinin %59.30'u, 10. sınıf öğrencilerinin %76.60'ı, 11. sınıf öğrencilerinin %71.20'si, 12. sınıf öğrencilerinin %77.60'ı soruyu doğru yanıtlarken 7. sınıf öğrencilerinin hepsi soruyu yanlış yanıtlamıştır.
Öğrencilerin 2. soruya verdikleri yanıtların betimsel istatistik analiz sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10. İkinci Soruya Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Sınıf	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
4 (n=52)	%13.50	%23.10	%17.30	%11.50	%11.50	%13.50	%9.60	%0.00
5 (n=54)	%20.40	%24.10	%20.40	%14.80	%7.40	%5.60	%7.40	%0.00
6 (n=57)	%8.80	%22.80	%29.80	%12.30	%17.50	%5.30	%1.80	%1.80
7 (n=52)	%7.70	%5.80	%17.30	%15.40	%34.60	%11.50	%7.70	%0.00
8 (n=63)	%15.90	%17.50	%17.50	%12.70	%25.40	%4.80	%6.30	%0.00
9 (n=59)	%6.80	%3.40	%5.10	%5.10	%74.60	%3.40	%0.00	%1.70
10 (n=47)	%4.30	%10.60	%2.10	%2.10	%76.60	%4.30	%0.00	%0.00
11 (n=52)	%5.80	%3.80	%3.80	%0.00	%78.80	%3.80	%1.80	%1.80
12 (n=49)	%4.10	%4.10	%4.10	%2.00	%75.50	%4.10	%4.10	%2.00
Toplam (n=485)	%9.90	%12.99	%13.40	%8.66	%43.71	%6.19	%4.33	%0.82

İkinci soruda öğrencilerden toplu iğneye çekiç ile vurulduğunda, toplu iğneyi oluşturan demir atomlarından birinin son durumunu seçeneklerdeki şekillerden seçmeleri istenmiştir. Öğrencilere verilen seçeneklerdeki şekiller:

D1: Çekiçle vurulunca demir atomu ısınır ve genleşir.
D2: Demir atomu irili ufaklı yuvarlak parçalara ayrılır.
D3: Demir atomu ezilir ve yassılaşır.
D4: Demir atomu cam kırıkları gibi şekilsiz parçalara ayrılır.
D5: Demir atomunda herhangi bir değişiklik olmaz.
D6: Demir atomu, bazıları yuvarlak bazıları şekilsiz parçalara ayrılır.
D7: Demir atomunun şekli önce bozulur sonra esneyerek ilk halini alır.
D8: Demir atomundan bazı parçalar kopar ve demir atomu küçülür.

Tablo 10'daki analiz sonuçlarına göre örneklemin %43.71'i soruya doğru yanıt verebilirken, örneklemin %56,29'u yanlış bir kavrama içindedir. Sınıf düzeyinde 4. sınıf öğrencilerinin %11.50'si, 5. sınıf öğrencilerinin %7.40'ı, 6. sınıf öğrencilerinin %17.50'si, 7. sınıf öğrencilerinin %34.60'ı,8. sınıf öğrencilerinin %25.40'ı, 9. sınıf öğrencilerinin %74.60'ı, 10. sınıf öğrencilerinin %76.60'ı, 11. sınıf öğrencilerinin %78.80'i, 12. sınıf öğrencilerinin %75.50'si soruyu doğru yanıtlamıştır.
Öğrencilerin 3. soruya verdikleri yanıtların betimsel istatistik analiz sonuçları Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. Üçüncü Soruya Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Sınıf	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
4 (n=52)	%21.20	%13.50	%28.80	%11.50	%11.50	%9.60	%3.80
5 (n=54)	%22.20	%20.40	%22.20	%11.10	%5.60	%9.30	%9.30
6 (n=57)	%7.00	%24.60	%22.80	%17.50	%10.50	%10.50	%7.00
7 (n=52)	%13.50	%19.20	%23.10	%19.20	%3.80	%11.50	%9.60
8 (n=63)	%6.30	%27.00	%15.90	%14.30	%19.00	%11.10	%6.30
9 (n=59)	%13.60	%15.30	%15.30	%11.90	%28.80	%8.50	%6.80
10 (n=47)	%10.60	%14.90	%6.40	%6.40	%48.90	%6.40	%6.40
11 (n=52)	%7.70	%11.50	%5.80	%11.50	%46.20	%9.60	%7.70
12 (n=49)	%6.10	%8.20	%14.30	%12.2	%49.00	%6.10	%4.10
Toplam (n=485)	%11.96	%17.53	%17.32	%12.99	%24.12	%9.28	%6.80

Üçüncü soruda öğrencilerden naftalinin tüp içerisinde ısıtılıp eritilmesi durumunda, naftalini oluşturan moleküllerden birinin son durumunu şekiller içerisinden seçmeleri istenmiştir. Öğrencilere verilen seçeneklerdeki şekiller:

N1: Naftalin molekülü erir, akar.
N2: Naftalin molekülü irili ufaklı yuvarlaklara bölünür.
N3: Naftalin molekülü cam kırıkları gibi irili ufaklı şekilsiz parçalara ayrılır.
N4: Naftalin molekülü ısının etkisiyle genleşir, büyür.
N5: Naftalin molekülünde herhangi bir değişiklik olmaz.
N6: Naftalin molekülü bazıları yuvarlak bazıları şekilsiz parçalara ayrılır.
N7: Naftalin molekülünün üzerinden ısının etkisiyle bazı parçalar uçar, molekül küçülür.

Tablo 11'deki istatistiksel analiz sonuçlarına göre örneklemin %24.12'si soruya doğru yanıt verirken, örneklemin %75.88'i naftalinin erimesi ile naftalini oluşturan moleküllerin de değişime uğrayacağını düşünmektedir.Sınıf düzeyinde 4. sınıf öğrencilerinin %11.50'si, 5. sınıf öğrencilerinin %5.60'ı, 6. sınıf öğrencilerinin %10.50'si, 7. sınıf öğrencilerinin %3.80'i, 8. sınıf öğrencilerinin %19.00'ı, 9. sınıf öğrencilerinin %28.80'i, 10. sınıf öğrencilerinin %48.90'ı, 11. sınıf öğrencilerinin %46.20'si, 12. sınıf öğrencilerinin %49.00'ı soruyu doğru yanıtlamıştır.
Öğrencilerin 4. soruya verdikleri yanıtların betimsel istatistik analiz sonuçları Tablo 12'de sunulmuştur.

Tablo 12. Dördüncü Soruya Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Sınıf	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
4 (n=52)	%13.50	%7.70	%15.40	%13.50	%13.50	%7.70	%11.50	%5.80	%7.70	%3,80
5 (n=54)	%18.50	%11.10	%13.00	%9.30	%7.40	%5.60	%7.40	%3.70	%20.40	%3.70
6 (n=57)	%3.50	%5.30	%12.30	%14.00	%15.80	%12.30	%15.80	%5.30	%10.50	%5.30
7 (n=52)	%7.70	%9.60	%11.50	%9.60	%1.90	%9.60	%11.50	%9.60	%19.20	%9.60
8 (n=63)	%6.30	%4.80	%6.30	%1.60	%3.20	%0.00	%36.50	%3.20	%27.00	%11.10
9 (n=59)	%3.40	%1.70	%3.40	%1.70	%3.40	%0.00	%64.40	%0.00	%13.60	%8.50
10 (n=47)	%4.30	%0.00	%2.10	%2.10	%2.10	%2.10	%80.90	%2.10	%4.30	%0.00
11 (n=52)	%1.90	%1.90	%3.80	%0.00	%0.00	%0.00	%76.90	%0.00	%9.60	%5.80
12 (n=49)	%0.00	%0.00	%2.00	%0.00	%2.00	%4.10	%69.40	%4.10	%10.20	%8.20
Toplam (n=485)	%6.60	%4.74	%7.84	%5.77	%5.57	%4.54	%40.82	%3.71	%14.02	%6.40

Dördüncü soruda öğrencilerden hızla giden bir uçak, otomobil, tren gibi araçların havadaki bir azot molekülüne, diğer moleküllerle birlikte çarpması durumunda, azot molekülünün son durumunu seçeneklerdeki şekiller arasından seçmeleri istenmiştir. Öğrencilere verilen seçeneklerdeki şekiller:

H1: Uçağın azot molekülüne sürtünmesi sonucu, molekül ısınır ve genleşir, yani büyür.
H2: Azot molekülünden bazı parçalar kopar ve azot molekülü küçülür.
H3: Azot molekülü irili ufaklı küresel parçalara ayrılır.
H4: Azot molekülü cam kırıkları gibi şekilsiz parçalara ayrılır.
H5: Azot molekülü bazıları yuvarlak, bazıları da şekilsiz parçalara ayrılır.
H6: Azot molekülü ezilir.
H7: Azot molekülü uçağın çarpmasından etkilenmez. Azot molekülünde herhangi bir değişiklik olmaz.
H8: Uçak çarpınca azot molekülünün önce şekli bozulur, sonra futbol topu gibi esneyerek eski halini alır.
H9: Azot molekülüne uçağın keskin yeri, örneğin kanatları, pervanesi çarparsa, azot molekülü kesilerek dilimlere ayrılır.
H10: Azot molekülüne, uçağın sivri yeri çarparsa molekül delinir.

Tablo 12'deki istatistiksel analiz sonuçlarına göre örneklemin %40.82'si soruya doğru yanıt verirken, örneklemin %59.18'i ise uçağın azot molekülüne çarpması sonucu, molekülün şeklinin değişeceği şeklindeki bir yanlış kavrama içindedir. Sınıf düzeyinde 4. sınıf öğrencilerinin %11.50'si, 5. sınıf öğrencilerinin %7.40'ı, 6. sınıf öğrencilerinin %15.80'i, 7. sınıf öğrencilerinin %11.50'si, 8. sınıf öğrencilerinin %36.50'si, 9. sınıf öğrencilerinin %64.40'ı, 10. sınıf öğrencilerinin %80.90'ı, 11. sınıf öğrencilerinin %76.90'ı, 12. sınıf öğrencilerinin %69.40'ı soruyu doğru yanıtlamıştır.
Öğrencilerin 5. soruya verdikleri yanıtların betimsel istatistik analiz sonuçları Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13. Beşinci Soruya Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Sınıf	C1	C2	C3	C4	C5
4 (n=52)	%21.20	%32.70	%13.50	%21.20	%11.50
5 (n=54)	%24.10	%27.80	%16.70	%16.70	%14.80
6 (n=57)	%12.30	%29.80	%21.10	%19.30	%17.50
7 (n=52)	%21.20	%26.90	%21.20	%5.80	%25.00
8 (n=63)	%25.40	%20.60	%14.30	%22.20	%17.50
9 (n=59)	%20.30	%11.90	%5.10	%45.80	%16.90
10 (n=47)	%17.00	%6.40	%6.40	%59.60	%10.60
11 (n=52)	%15.40	%11.50	%7.70	%51.90	%13.50
12 (n=49)	%12.20	%10.20	%2.00	%65.30	%10.20
Toplam(n=485)	%18.97	%20	%12.16	%33.40	%15.46

Beşinci soruda öğrencilerden, katı halde bulunan civanın önce ısıtılarak eritilmesi ardından ise buharlaştırılması durumunda, civayı oluşturan atomlardan birinin son durumunu, verilen seçeneklerdeki şekillerin arasından seçmeleri istenmiştir. Öğrencilere verilen seçeneklerdeki şekiller:

C1: Sıvı hali oluşturan atom eriyerek şekli değişir, gaz hali oluşturan atomun şekli ise daha da bozulur.
C2: Sıvı hali oluşturan atom küçük parçalara ayrılır, gaz hali oluşturan atom ise daha da küçük parçalara ayrılır.
C3: Sıvı hali oluşturan atom küçülür, gaz hali oluşturan atom ise daha da küçülür.
C4: Sıvı ve gaz halini oluşturan atom, katı halini oluşturan atomla aynı büyüklüktedir.
C5: Sıvı civa içindeki atom büyür, gaz civa içindeki atom daha da büyür.

Tablo 13'teki analiz sonuçlarına göre örneklemin %33.40'ı soruya doğru yanıt verirken, örneklemin %66.60'ı sıvı ve gaz haldeki civa içindeki bir civa atomunun şeklinin değişeceğini düşünmektedir.
Sınıf düzeyinde 4. sınıf öğrencilerinin %21.20'si, 5. sınıf öğrencilerinin %16.70'i, 6. sınıf öğrencilerinin %19.30'u, 7. sınıf öğrencilerinin %5.80'i,8. sınıf öğrencilerinin %22.20'si, 9. sınıf öğrencilerinin %45.80'i, 10. sınıf öğrencilerinin %59.60'ı, 11. sınıf öğrencilerinin %51.90'ı, 12. sınıf öğrencilerinin %65.30'u soruyu doğru yanıtlamıştır.
Öğrencilerin MPYKT'deki tüm sorulara verdikleri yanıtlara yönelik yapılan betimsel analiz sonuçları Tablo 14'te sunulmuştur.

Tablo 14. MPYKT'nin Tamamına Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Doğru Cevap Sayısı	Öğrenci sayısı (n)	Yüzde Değeri
0	173	35.70
1	110	22.70
2	53	10.90
3	41	8.50
4	31	6.40
5	77	15.90

Tablo 14'teki analiz sonuçlarına göre örneklemin %16'sı tüm sorulara doğru yanıt verebilmiştir. Geriye kalan %84'ü ise maddedeki fiziksel değişimlerin, atom ve molekülleri parçalayarak değişime uğratacağını düşünmektedir.
Öğretim düzeyi temelinde öğrencilerin MPYKT'deki sorulara verdikleri yanıtlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15. Öğretim Düzeyi Temelinde MPYKT'ye Verilen Yanıtların Betimsel Analiz Sonuçları

Öğretim Düzeyi	Doğru Cevap Sayısı	Öğrenci Sayısı (n)	Yüzde Değeri
İlkokul (n=106)	0	64	60.40
	1	30	28.30
	2	12	11.30
Ortaokul (n=172)	0	85	49.40
	1	58	33.70
	2	18	10.50
	3	5	2.90
	4	1	0.60
	5	5	2.90
Lise (n= 207)	0	24	11.60
	1	22	10.60
	2	23	11.10
	3	36	17.40
	4	30	14.50
	5	72	34.80

Tablo 15'teki analiz sonuçlarına göre öğretim düzeyi temelinde ilkokul öğrencilerinin tamamı, ortaokul öğrencilerinin %97'si ve lise öğrencilerinin %65'i fiziksel etkenlerin atom ve moleküllerin şeklini değiştirebileceğini düşünmektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atom ve moleküllerin şekli üzerine ısı, darbe ve kesme gibi bazı fiziksel etkenlerin etkilerini anlamalarının araştırılmasının amaçlandığı bu çalışmada; hipotez testi sonuçları, öğretim düzeyi, öğretim kademesi ve sınıf düzeyi arttıkça, MPYKT ortalamalarının anlamlı olarak arttığına işaret ederken, kız ve erkek öğrencilerin ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermiştir.

Betimsel istatistik sonuçlarına göre, örneklemin sadece %16'sı (n = 77), fiziksel etkenlerin atom ve moleküllerin şekli üzerinde etkili olamayacağını ifade etmiştir. %84'ü (n = 308), örneğin, darbelerin atomları, molekülleri parçalayabileceğini ifade etmiştir. Öğretim düzeyi temelinde, ilkokul öğrencilerinin tamamı, ortaokul öğrencilerinin %97'si ve lise öğrencilerinin %65'i, fiziksel etkenlerin atom ve moleküllerin şeklini değiştirebileceğini belirtmişlerdir. Araştırma sonuçları öğrencilerin maddenin dış yapısında meydana gelen makroskopik değişimlerin, maddeyi oluşturan atom ve molekülleri yani mikroskopik yapıyı da değiştireceği şeklinde yanlış bir kavrama içinde olduklarını göstermiştir. Literatürde yer alan çok sayıda araştırmada da benzer sonuçlara rastlanmıştır (Andersson, 1990; Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1986; Boz, 2006; Griffths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 2003; Hinton & Nakhleh, 1999; Johnson & Papageorgiou, 2010; Lee et al., 1993; Miller, 2008; Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Ozmen & Kenan, 2007; Treagust, Chandrasegaran, Crowley, Yung, Cheong & Othman, 2010; Tsai, 1999; Yezierski, 2003).

0-100 skalasında, MPYKT ortalamaları, örneklem, ilkokul, ortaokul ve lise öğrencileri için, sırası ile, 35.00, 10.20, 16.05 ve 63.38'dir. Görüldüğü gibi, lise öğrencileri bile, eğitimde iyi bir ortalamanın alt sınırı olarak kabul edilen %70'lik ortalamaya erişememişlerdir. Bu sonuçlar, atom ve molekül gibi temel kavramların, maddenin parçacıklı doğasının lise seviyesinde bile öğrenciler tarafından yeterince anlaşılamadığını göstermektedir. Yine sonuçlar, öğrencilerde, temelleri 2300-2400 yıl önce atılmış olan 'maddenin en küçük birimi atomdur' bilgisinin oluşmadığını işaret etmektedir. Eğitimsel bir çıkarım olarak, bu sonuçların ışığında, bu çalışmada, program geliştiricilerinin, fen öğretmen ve eğitimcilerinin atom ve molekül kavramlarının öğretimine daha fazla özen göstermeleri, daha fazla zaman ayırmaları gerektiği vurgusuna yer verilmiştir.

Öneriler

Bu araştırmada elde edilen verilere dayanarak geliştirilen öneriler aşağıda yer almaktadır.

Araştırma sonuçları incelendiğinde, öğrencilerde maddenin parçacıklı yapısı ile ilgili pek çok kavram yanılgısının olduğu görülmüştür. Maddenin parçacıklı yapısı ilköğretimdeki fen dersi ve ortaöğretimdeki kimya dersinin temel taşlarından biridir.

Öğrenciler madde konusundaki kavram yanılgıları düzeltilmeden, diğer konuları (örn. hal değişimi, kimyasal tepkimeler, fiziksel-kimyasal değişme, vb.) öğrenmeye çalıştığında, başka sorunlarla karşılaşabilecek ve daha farklı kavram yanılgıları oluşabilecektir (Meyer, 2005). Bu nedenle öğretmenler, öğrencilerde maddenin parçacıklı yapısı ile ilgili hangi kavram yanılgılarının bulunduğunu öğrenmeli ve kendi öğretimlerini de bu kavram yanılgılarını önleyecek şekilde düzenlemelidirler.

Çoğu öğrenci öğrenime başladığı zaman bazı kavramları bilimsel anlamının dışında, günlük hayatta kullandığı gibi kavrayarak sınıfa getirebilir. Bu nedenle öğrencilere bir kavramın günlük hayattaki kullanış biçimi ile bilimsel anlamı arasındaki fark mutlaka açıklanmalıdır.

Öğrencilerin bir kavramla ilgili sahip olduğu ilk fikirler, öğretimde oldukça etkilidir ve onlar için kendilerine mantıklı gelen bir fikri yanlış da olsa değiştirmek oldukça zordur. Çünkü onlar dünyayı kendi gördükleri gibi algılamaktadırlar. Bu nedenle yeni öğrenilen bilgilerin, daha önce zihinde oluşturulan fikirlere uyum sağlaması gerekmektedir, aksi takdirde zihindeki uyuşmazlıklar öğrenmeyi engelleyecektir.

Öğrenciler genellikle kavram yanılgılarında inatla ısrar etme eğilimindedirler. Onlara önceden öğrendikleri bir şey farklı bir biçimde sunulursa daha önceden gördüğü için konuya yeterli önemi vermez, böylelikle kavram yanılgısını düzeltmesi güçleşir. Bu nedenle değişik öğretim yöntem ve teknikleri kullanılarak, bu kavram yanılgılarının giderilmesi için gerekli önlemler en kısa sürede alınmalıdır (Nakhleh, 1992).

Faydalı ve verimli bir eğitim için sınav soruları öğrencilerdeki kavram yanılgılarını ortaya çıkaracak şekilde hazırlanmalıdır. Böylelikle öğrenciler kavramları anlamak için daha ciddi bir gayret sarf ederler. Ayrıca bazı sınav sorularını öğrenciler, kavram yanılgısı içinde olsalar bile doğru yanıtlayabilmektedirler. Sorular kavram yanılgılarını ödüllendirecek şekilde değil, kavram yanılgılarını tespit edecek nitelikte hazırlanmalıdır. Örneğin iki aşamadan oluşan sorular, kavram yanılgılarının ortaya çıkarılmasında etkili olabilir.

Öğrencilerde bulunan bazı kavram yanılgıları, kullanılan ders kitaplarından da kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle kullanılmakta olan kitaplar, bilimsel bilgiye uygun, maddenin parçacıklı yapısına yönelik kavram yanılgılarının oluşmasını engelleyecek şekilde düzenlenmeli, maddenin makroskopik ve mikroskopik ve sembolik boyutu ilişkilendirilerek, mikroskopik boyuttaki gösterimlere daha çok yer verilmelidir (Gabel, 1993). Okullarda da öğretmenler kavram yanılgısına neden olacak ifadelerden kaçınmalıdırlar.

Maddenin parçacıklı yapısına yönelik kavram yanılgılarının, ilköğretimden üniversite seviyesine kadar bütün öğrencilerde var olabileceği göz önünde bulundurulmalı ve kavram yanılgılarının ortaya çıkış sebepleri araştırılmalıdır (Miller, 2008).

Maddenin parçacıklı yapısı soyut bir kavram olduğundan öğretiminde kavramları somutlaştıracak yöntem ve tekniklere yer verilmelidir.

Fen Bilimleri program geliştiricileri, müfredat pragramlarında maddenin parçacıklı yapısına yönelik kavram yanılgılarının giderilmesine yönelik aktivitelere yer vermelidir.

Müfredat programlarında maddenin parçacıklı yapısı ile ilgili konulara daha fazla zaman ayrılmalıdır.

Fen Bilimleri, fizik, kimya kitaplarında ilk konuyu oluşturan ve öğretmenler tarafından "kütlesi ve hacmi olan her şey maddedir", "bir elementin bütün özelliklerini taşıyan en küçük yapı taşına atom denir" tarifiyle verilen madde ve atom kavramları öğrencilerin bu konuları kavramasına yetmemektedir. Bu nedenle madde kavramı öğrencilere hem makroskopik hem de mikroskopik seviyede anlatılmalı, öğrencilerde atom, molekül, iyon ve kimyasal bağ imajları oluşturulmalıdır. Öğrencilere günlük hayatta karşılaştıkları erime, buharlaşma, donma, kaynama, yoğunlaşma gibi kavramlar çeşitli somut örnekler ve maddeler kullanılarak açıklanmalı ve bizzat uygulamalar yapılarak tartışılmalıdır. Ayrıca öğrenciler bir kavramı atomik veya moleküler seviyede açıklayamıyorlarsa o kavramı tam olarak öğrenmemiş oldukları düşünülerek, kimyadaki temel kavramları en etkili öğrenebilecekleri öğretim ortamları sağlanmalıdır.

Yazar Notları: Bu çalışma Doç. Dr. Mustafa Sarıkaya danışmanlığında Ayşegül Ergün tarafından hazırlanmış olan "Atom ve Molekül Konusunda Kavram Yanılgıları ve Bunları İyileştirmek İçin Örnek Etkinlikler" adlı doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, *31*(6), 757-786.

Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Shuaili, A. H., & Taylor, N. (2012). Omani twelfth grade students' most common misconceptions in chemistry. *Science Education International*, *23*(3).

Albanese, A., & 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.

Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation (age 12 -16). *Studies in Science Education*, *18*(1), 53-85.

Ayas, A., Özmen, H., & Calik, M. (2010). Students'conceptions of the particulate nature of matter at secondary secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *8*(1), 165-184.

Aydin, A., & Altuk, Y. G. (2013). Turkish science student teachers' conceptions on the states of matter. *International Education Studies*, *6*(5).

Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, *63*(1), 64-66.

Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, *15*(2), 203-213.

Büyüköztürk, Ş. (2004). *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı (4. Baskı)*. Pegem A Yayıncılık, Ankara.

Cakmakci, G. (2010). Identifying alternative conceptions of chemical kinetics among secondary school and undergraduate students in Turkey. *Journal of Chemical Education*, *87*(4), 449-455.

Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken, S. ve Geban, Ö. (2004). Kimyadaki bazı yaygın yanlış kavramalar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24* (1), 135-146.

Dindar, A., Bektas, O., & Celik, A. Y. (2010). What are the pre-service chemistry teachers' explanations on chemistry topics?. *The International Journal of Research in Teacher Education*, *1*, 32-41.

Erdem, E., Yılmaz, A., Atav, E. ve Gücüm, B. (2004). Öğrencilerin madde konusunu anlama düzeyleri, kavram yanılgıları, fen bilgisine karşı tutumları ve mantıksal düşünme düzeylerinin araştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27*, (74-82).

Gabel, D. L., Samuel, K.V. & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education, 64*(8), 695

Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education, 60,* 193-194

Griffiths, A. K., & Preston K. R. (1992). Grade 12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(6), 611-628.

Haidar, A. H. (1988). *A comparasion of applied and theoritical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter*. Phd Thesis, The University of Oklahoma. Oklahoma, USA.

Haidar, A. H., & Abraham M. R. (1991). A comparasion of applied and theoritical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(10), 919-938.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2003). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. *Chemical education: Towards research-based practice*, 189-212.

Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, *102*(5), 202-215.

Hinton, M. E., & Nakhleh, M. B. (1999). Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. *The Chemical Educator*, *4*(5), 158-167.

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

Karasar, N. (2005). *Bilimsel Araştırma Yöntemi (15. Baskı)*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Kaya, E. (2013). Argumentation Practices in Classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, *35*(7), 1139-1158.

Kind, V. (2004). *Beyond apperances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* (2nd edition). Durham: Royal Society of Chemistry.

Kokkotas, P. & Vlachos, I., Koulaidis, V. (1998). Teaching the topic of theparticulate nature of matter in prospective teachers' trainnig courses. *International Journal of Science Education, 20(3), 291-303.*

Kolomuç, A. & Tekin, S. (2011). Chemistry teachers' misconceptions concerning concept of chemical reaction rate. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education, 3*(2), 84-101.

Kottonau, J. (2011). An interactive computer model for improved student understanding of random particle motion and osmosis. *Journal of Chemical Education*, *88*(6), 772-775.

Kramer, E. M., & Myers, D. R. (2012). Five popular misconceptions about osmosis. *American Journal of Physics*, *80*(8), 694-699.

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

Liu , C. K., Lai C. W., & Chiu, M. H. (1997). *Teaching and learning the conception of material in chemistry education.* http://www.ntnu.edu.tw/acad/docmeet/97/a11/ a1101-1.pdf adresinden 27.08.2010 tarihinde alınmıştır.

Meyer, H. (2005). Is it molecules? Again! A review of students' learning about particle theory. *The Chemical Education Journal, 9*(2) http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrnlE.html adresinden 24.10.2010 tarihinde alınmıştır.

Miller, L. S. (2008). *Prospective elementary school teachers' understanding of the particulate nature of matter*. Phd Thesis, Purdue University, USA.

Milli Eğitim Bakanlığı İlköğretim Kurumları Yönetmeliği [MEB]. (27.08.2003). Resmi Gazete, Sayı: 28360

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education, 69*(3), 191-196.

Nakhleh, M. B. & 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., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(5), 581-612.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education, 62*(3), 273-281.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education, 65*(2), 187-196.

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.

Özmen, H., & 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.

Peşman, H. & Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research, 103* (3), 208-222.

Pideci, N. (2002). *Öğrencilerin atom-molekül kavramlarına ilişkin yanılgıları. Yanılgıları gidermek üzere özel bir öğretim yönteminin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi.* Yüksek lisans tezi. Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Pinarbasi, T., Sozbilir, M., & Canpolat, N. (2009). Prospective chemistry teachers' misconceptions about colligative properties: boiling point elevation and freezing point depression. *Chemistry Education Research and Practice, 10*(4), 273-280.

Sarıkaya, M. (1996). Maddenin Parçacıklı Yapısı Kavram Testi. Ankara: Gazi Üniversitesi.

Sarikaya, M. (2007). Prospective teachers' misconceptions about the atomic structure in the context of electrification by friction and an activity in order to remedy them. *International Education Journal, 8*(1), 40-63.

Singer, J. E., Tal, R. T., & Wu, H. K. (2003). Students' understanding of the particulate nature of matter. *School Science and Mathematics, 103*(1), 28-44.

Smith, K. C., & Nakhleh, M. B. (2011). University students' conceptions of bonding in melting and dissolving phenomena. *Chemistry Education Research and Practice, 12*(4), 398-408.

Stavy, R. (1988). Children's conceptions of gas. *Journal of Science Education, 10*(5), 533-560.

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

Stepans, J. (2003). Targeting students' science misconceptions. *Physical science concepts using the conceptual change model*. Tampa, FL: Showboard.

Şengören, S. K. (2010). Turkısh students' mental models of lıght to explain the single slit diffraction and double slit interference light: a cross-sectional study. *Journal of Baltic Science Education, 9*(1).

Tanahoung, C., Chitaree R. & Soankwan, C. (2010). Probing thai freshmen science students' conceptions of heat and temperature using open-ended questions: a case study. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education, 2*(2), 82-94.

Tezcan, H., ve Salmaz, Ç. (2005). Atomun yapısının kavratılmasında ve yanlış kavramaların giderilmesinde bütünleştirici ve geleneksel öğretim yöntemlerinin etkileri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25*(1), 41-54.

Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Crowley, J., Yung, B. H., Cheong, I. P. A., & Othman, J. (2010). Evaluating students'understanding of the 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*(1), 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.

Tsaparlis, G., Kolioulis, D., & Pappa, E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: a novel approach based on science-education theories, with emphasis on the macroscopic approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, *11*(2), 107-117.

Tsitsipis, G., Stamovlasis, D., & Papageorgiou, G. (2012). A probabilistic model for students' errors and misconceptions on the structure of matter in relation to three cognitive variables. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *10*(4), 777-802.

Wallquist, L., Visschers, V. H., & Siegrist, M. (2010). Impact of knowledge and misconceptions on benefit and risk perception of CCS. *Environmental Science & Technology*, *44*(17), 6557-6562.

Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, *88*(3), 465-492.

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

Yezierski, E. J. (2003). *The particulate nature of matter and conceptual change: a cross-age study*. Phd Thesis, The Arizona State University, USA.

Yılmaz, A. ve Morgil, İ. (2001). Üniversite öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, *20*, 172-178.