

FEN EĞİTİMİ ALAN ÖĞRENCİLERİN *s, p ve d* ORBİTALLERİNİ ANLAMA DÜZEYLERİ**UNDERSTANDING LEVELS OF THE STUDENTS RECEIVING SCIENCE EDUCATION ABOUT *s, p and d* ORBITALS****Kemal DOYMUŞ^{1*}, Yasemin KOÇ³, Adem AKKUŞ²,
Fulya BAŞARAN³ ve Yusuf ZORLU³**^{*1}*Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Erzurum*²*Muş Alparslan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Muş*³*Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.***Geliş Tarihi:** 31 Aralık 2011 **Kabul Tarihi:** 26 Nisan 2012**ÖZET**

Bu çalışmanın amacı; dört yıl boyunca (sekiz yarıyıl) fen alanında eğitim alan öğrencilerin sınıf bazında *s, p ve d* orbitallerini anlama düzeylerinin belirlenmesine yöneliktir. Araştırmanın örneklemi, üç farklı üniversitenin eğitim fakültesindeki Fen Bilgisi eğitiminde öğrenim gören birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Çalışma, 2010-2011 öğretim yılı ikinci yarıyıl sonunda toplam 367 öğrenciye uygulanmıştır. Çalışmada *s, p ve d* orbitallerin şekillerinin çizimiyle ilgili sorular sorulmuştur. Elde edilen veriler nicel ve nitel olarak değerlendirilmiştir. Nicel olarak veriler grafikler halinde verilmiştir. Nitelde ise öğrencilerin sınıflar bazında en fazla hata yapmış oldukları çizimler örnekler halinde verilmiştir. Bulgular sekiz dönem boyunca fen ve teknoloji eğitimi alan öğrencilerinin atom ünitesini iyi anlayamadıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atom, atomik orbitaller, fen eğitimi, anlama düzeyi**ABSTRACT**

The purpose of this study is to determine to understanding levels of the students taking science education about *s, p and d* orbitals on the basis grade level during four years (eight semesters). The sample of the research consists of the first, the second, the third and the fourth grade student teachers receiving the science education courses in faculty of Education of three different the university. The questionnaire was applied to 367 student

* Sorumlu Yazar: kdoymus@atauni.edu.tr

teachers at the end of the 2010-2011 second semester. This study was asked questions about drawing of the figures of s, p and d orbitals. The data obtained were evaluated quantitatively and qualitatively. Quantitative data were given in graphical forms. Qualitative data were given examples drawing the most error on the basis grade level of the students. As a result, the students who were training to Science Education the eight terms were observed that did not good understanding to the atomic unit.

Key words: Atom atomic orbitals, science education, understanding levels.

1. GİRİŞ

2000 li yıllara kadar kimya eğitimi araştırmaları, kimyanın nasıl öğretileceği üzerine yapılmıştır. Bu öğretim işlemi ise hazır kimya programı kullanılarak ve çoktan seçmeli sorularla öğrencilerin bilgi düzeylerini ortaya çıkartılarak sürdürmüşlerdir. Fakat son zamanlarda öğrencilerin mevcut programa göre başarılarında azalma olduğu görülmüştür. Bu nedenle kimya programlarının nasıl öğretileceği sorusu yerine öğrencilerin nasıl öğreneceği sorusu sorgulanmaya başlanmıştır. Bu sorunun cevabını verebilmek için yapılan araştırmalar öğretmen merkezli yaklaşımdan öğrenci merkezli yaklaşıma kaydırılmaya başlanmıştır (Coşkun ve Alkan, 2010). Fakat araştırmalarda; bu sistemin de yeterli olmadığı, yeni yöntemlere yönelim olduğu görülmektedir. Kimya eğitimi alan öğrencilerin genel kimya alanındaki başarılarını ölçmekle kimya eğitimini başardıkları anlamı çıkarılmamalıdır. Öğrencilerin kimyanın bazı ünitelerinde başarılı olmasına rağmen bazı ünitelerinde başarılı olamadığı görülmektedir(Özden,2007). Bu nedenle kimya bir bütün olarak öğretilmeli ve bir bütün olarak öğrenilmeli sloganıyla çalışmalar yapılmalıdır. Kimya üniteleri dikkate alındığında, öğrencilerin en fazla zorluk çektiği kimya konularından biri de atom ve atomla ilgili kavramlardır (Stefani and Tsaparlis, 2009; Tsaparlis and Papatotis, 2009).

Bir atomun yapısı hakkında öğretme ve öğrenme fen eğitiminde önemli bir konu olmuştur. Atom konusunun en önemli kısımlardan biri atomda bulunan elektronun yeridir. Elektronlar çekirdek çevresinde belirli dairesel yörüngelerde değil orbital adı verilen belirli enerji seviyelerinde bulunur (Petrucci and Hardwood, 1993). Yörünge yerine elektron ya da elektronların çekirdek etrafında

bulunma ihtimalinden söz etmek gerekir. Bu nedenle elektronun zamanın çoğunu geçirdiği bölgeye orbital adı verilir. Elektronlar bu orbitallerde bulunurlar. Diğer bir ifadeyle orbital, elektronun çekirdek çevresinde bulunma ihtimalinin maksimum olduğu bir uzay parçası olarak tanımlanabilir. Bu tanıma göre orbitaller; s, p, d ve f olarak isimlendirilmişlerdir. p, d ve f orbitallerinde bulunan elektronlar bu orbitallerin alt kabuklarında bulunurlar (Liu and Liu, 2011).

Özellikle öğrencilerin atomik yörünge, elektron dağılımı, orbital, orbital türleri, atomun yapısı gibi kavramları yanlış anladıkları ve bu kavramları öğrenme de güçlük çektikleri bilinmektedir (Griffiths ve Preston, 1992; Harrison ve Treagust, 1996; Park ve Işık, 2009; Scharwz, 2010; Tsaparlis and Papatotis, 2009). Ayrıca, ders kitapları ve müfredat materyalleri bu kritik kavramların öğrencilerin anlama düzeylerine göre hazırlanmadığını (Harrison ve Treagust, 2002; Niaz, 1998; Shiland, 1995 ve 1997) göstermektedir. Atom orbitallerinin, Türkiye'de ilköğretim son kademesinden üniversite bitirilmesine kadar tüm kimya dallarında, fizik ve biyoloji derslerinde işlenmesine rağmen yinede öğrencilerin bu konuyu anlamada zorluk çektikleri görülmektedir (Bent, 1984; Berry, 1986; Dicks, 2011; Gillespie, 1991a; Grushow, 2011; Hawkes, 1992; Ogilvie, 1990).

Atomu ve atomla ilgili konuların iyi öğretilmesi için öğretim metotlarının uygulanmasında ve ders kitaplarının hazırlanmasında öğreticiler ile öğrencilerin birlikte hareket edecek bütünlük içinde bulunması gerekmektedir. Bu konunun daha iyi öğrenilmesi için maddenin tanecikli yapıda iyi öğretilmesi ve öğrenilmesi gerekir (Jacopy, 1999; Scerri, 2000; Schwarz, 2010; Zurer, 1999). Öğrencilere; orbital üzerinde elektronun yerini gösterirken elektronları bulut şeklinde göstermemekteler. Eyer öğretmen ders anlatırken elektronu bulut şeklinde değil de e harfiyle veya nokta şeklinde gösterirse, öğrencileri doğru anlama yerine yanlış öğrenmelere sevk etmektedir. Bunun için öğretici; konuyu ders kaynaklarında verilen gösterme şekliyle öğretmelidir. Şayet ders kaynaklarındaki göstermeler yanlışsa, öğretici doğruyu vermelidir, kaynaktaki yanlış gösterimleri de söylemelidir. Ayrıca, internet üzerinden bilgi toplayan öğrenciler de

sıklıkla yanılığara düşmektedir. Bu yanılığlar konuyu öğrenmede öğrencilerin zorlanmalarına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; dört yıl boyunca (sekiz yarıyıl) fen alanında eğitim alan öğrencilerin sınıf bazında *s*, *p* ve *d* orbitallerini anlama düzeylerini belirlemektir.

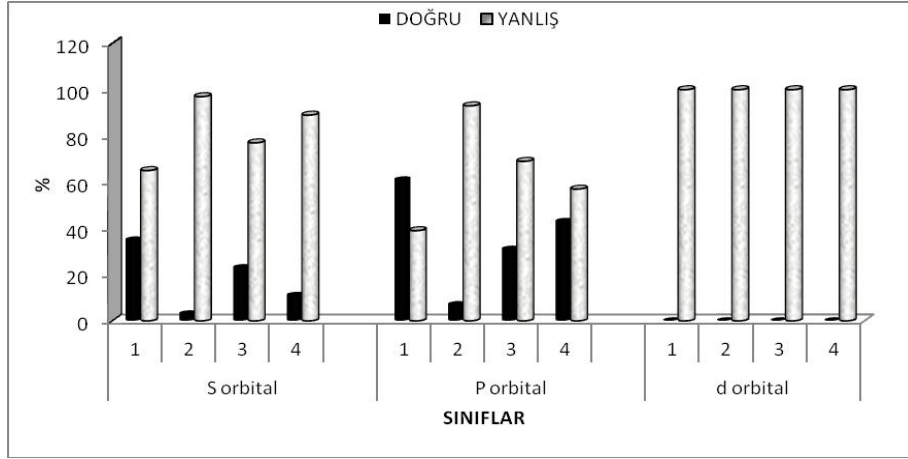
2. METOD

Örnekleme

Bu çalışma örnekleme, Türkiye'de üç farklı üniversitenin eğitim fakültelerinin, fen bilgisi eğitiminin birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflarında öğrenim gören öğrencilerden oluşmaktadır. Çalışmaya; A Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalının; birinci sınıfından 26, ikinci sınıfından 29, üçüncü sınıfından 35 ve dördüncü sınıfından 28; B Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalının; birinci sınıfından 30, ikinci sınıfından 37, üçüncü sınıfından 27 ve dördüncü sınıfından 30 ve C Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalının; birinci sınıfından 32, ikinci sınıfından 34, üçüncü sınıfından 34 ve dördüncü sınıfından 25 olmak üzere toplam 367 öğrenci katılmıştır. Çalışmada açık uçlu soru kullanılmıştır. Sorunun örneği EK1 de verilmiştir.

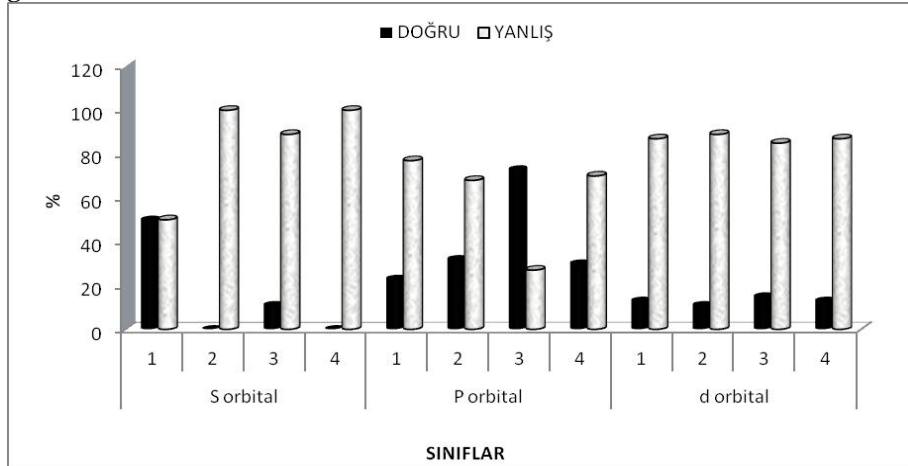
3. BULGULAR

Bu çalışmada; üç farklı üniversitenin eğitim fakülteleri fen bilgisi eğitiminde öğrenim gören öğrencilere *s*, *p* ve *d* orbitallerin çizimiyle ilgili sorular sorulmuştur. Elde edilen veriler nicel ve nitel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda; nicel verileri grafik haline getirilmiş, nitel verilerde ise öğrenci çizimlerinin örnekleri verilmeye çalışılmıştır. Nicel veriler üniversite ve sınıf bazında Şekil 1, 2 ve 3'te, nitel veriler ise Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.



Şekil 1. A Üniversitesi Öğrencilerin Başarı Durumu

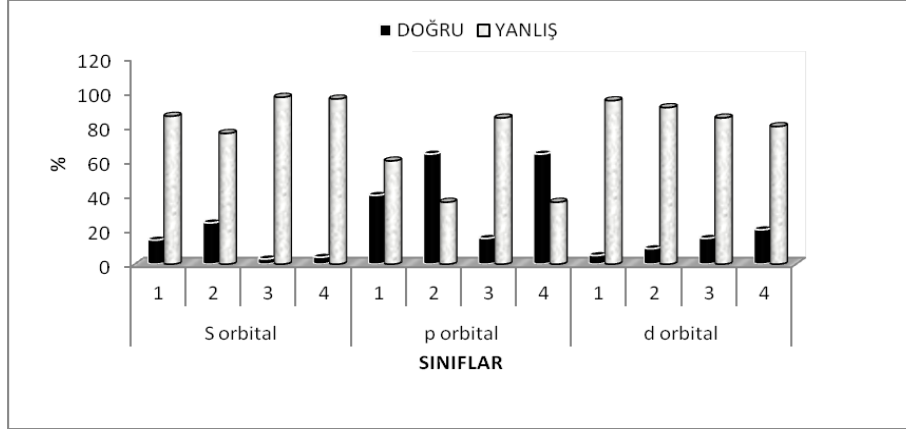
Şekil 1'de ki grafik incelendiğinde; s orbitali doğru çizimi yapan öğrencilerin tüm sınıflarda genel başarının % 40 civarında olduğu, birinci sınıftan dördüncü sınıfa doğru gidildiğinde s orbitali doğru çiziminde başarının düştüğü görülmektedir. p orbitalinde tüm sınıflarda başarının % 40 yakın olduğu ve d orbitalinde ise bütün sınıflarda başarının % 2 oranında olduğu Şekil 1 de belirtilmiştir. Tüm sınıfların d orbitalini çizemedikleri ve bu hususta zorluk çektikleri görülmektedir.



Şekil 2. B Üniversitesi Öğrencilerin Başarı Durumu

Şekildeki 2'deki grafik incelendiğinde; s orbitali için tüm sınıflarda genel başarının %20 civarında olduğu, birinci sınıftan dördüncü sınıfa doğru gidildiğinde başarının düştüğü, p orbitali için

başarının % 50 yakın olduğu ve d orbitalı için ise başarının % 10 oranında olduğu görülmektedir. Tüm sınıflar; p orbitalı hariç, s ve d orbitalini çizemedikleri ve bu hususta zorluk çektikleri görülmüştür.



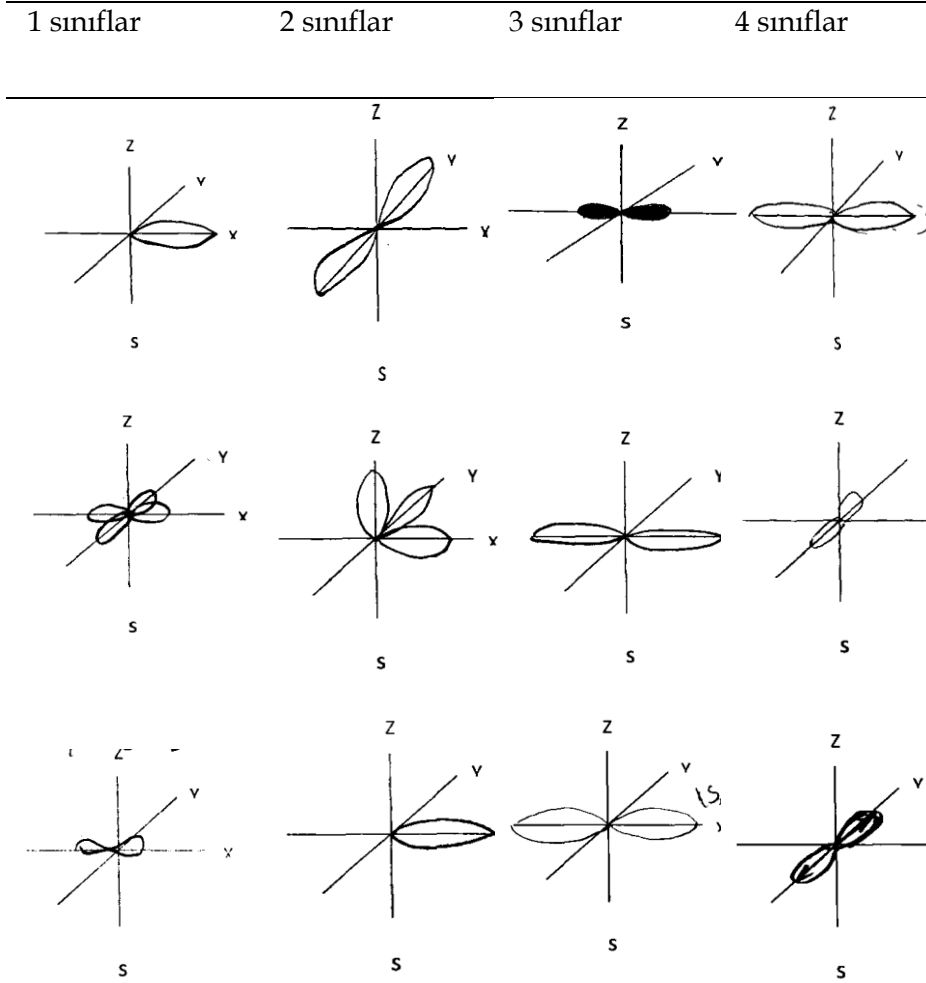
Şekil 3. C Üniversitesi Öğrencilerin Başarı Durumu

Şekildeki 3'deki grafik incelendiğinde; s orbitalı için tüm sınıflarda genel başarının %10 civarında olduğu, birinci sınıftan dördüncü sınıfa doğru gidildiğinde başarının düştüğü, p orbitalı için başarının % 40 yakın olduğu ve d orbitalı için ise başarının % 10 oranında olduğu belirtilmiştir (Şekil 3). Her üç üniversitedeki öğrencilerin en düşük başarının göstermiş olduğu orbitaller s ve d orbitalleridir. Bu orbitallerin öğrencilere ait yanlış çizimlerden bazı örnekler sınıflar bazında Şekil 4 ve 5 de verilmiştir.

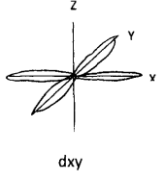
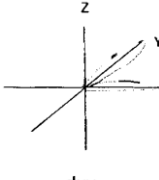
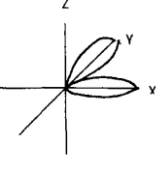
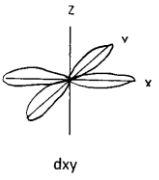
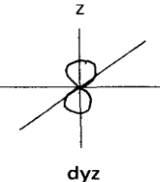
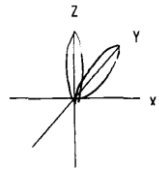
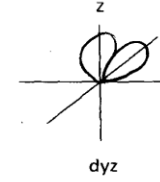
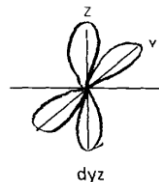
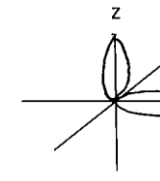
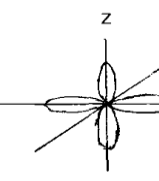
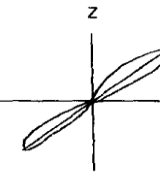
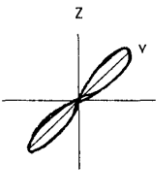

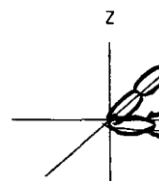
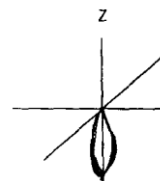
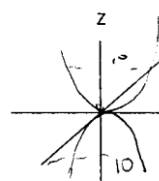
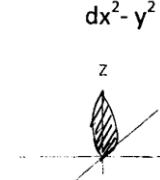
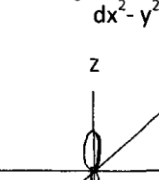
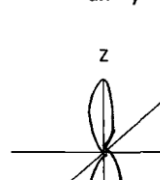
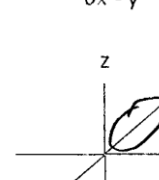
Şekil 4. A, B ve C üniversitelerine ait öğrencilerin s orbitalını çizerken yapmış oldukları hatalardan örnekler.

s orbitalı, küresel simetrik bir yapı gösterir, yani elektronlar çekirdekte her yönde aynı mesafededir. Bu veriler göz önüne alındığında her üç üniversite tüm sınıflar bazında s orbitalını şeklini doğru yapan öğrencilerin oranının % 20'yi geçmediği görülmektedir (Şekil 1,2 ve 3). Şekil 4' de görüldüğü gibi 1. Sınıf, 2.sınıf, 3. sınıf ve 4. sınıf öğrencileri çizimlerde hep eksenleri kullanarak cevap vermeye çalışmışlardır. Bu da gösteriyor ki; öğrenciler, üç boyutlu düşünemiyorlar ve elektronların atom çekirdeği etrafındaki dağılımını.... anlamadıkları bu nedenle orbital kavramını da tam

bilemedikleri ve orbital türlerini çizmede zorlandıkları görülmektedir.



Şekil 4. A, B ve C üniversitelerine ait öğrencilerin s orbitalini çizerken yapmış oldukları hatalardan örnekler.

d orbital	1 sınıflar	2 sınıflar	3 sınıflar	4 sınıflar
d_{xy}				
d_{yz}				
d_{xz}				
$d_{x^2-y^2}$				
d_{z^2}				

Şekil 5. A, B ve C üniversitelerine ait öğrencilerin d orbitalını çizerken yapmış oldukları hatalardan örnekler

Şekil 5'te verilen d alt orbital şekillerine (dz^2 , dxy , dxz , dyz ve dx^2-y^2) bakıldığında öğrencilerin bu orbital türlerini tüm sınıflar bazında anlayamadıkları, hatta bazı öğrencilerin olayı bir matematik türevi olarak algıladıkları görülmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Şekil 1, 2 ve 3'teki grafikler incelendiğinde öğrencilerin birinci sınıftan dördüncü sınıfa doğru başarılarına bakıldığında başarının artma yerine düştüğü görülmektedir. Orbital açısından bakıldığında kısmen de olsa p orbitalerin çizimlerinde doğru cevapların olduğu görülmektedir. Bu durum öğrencilerin; atom, orbital, elektron dağılımı ve benzeri konularda yeterince bilgi sahibi olmadığını göstermektedir. Ders kitaplarına da bakıldığında orbital şekillerin öğrencilerin anlayacağı şekilde çizilmediği, bu nedenle bu kaynaklardan öğrencilerin yeterli düzeyde faydalanamadığı ortaya çıkmaktadır. p orbitallerini eksenler üzerinde gösteren öğrencilerin s ve d orbitallerinin yerlerini belirleyemedikleri, bu orbital çizimlerinde de hep eksenleri kullandıkları görülmektedir (Şekil. 4 ve 5). Bu çalışmada elde edilen veriler yapılan diğer çalışmalardan farkı s, p ve d orbitalerin öğrenci çizimleri ve çizimlerden elde edilen yanlışların belirlenmesidir (Nakipoğlu, 2003; Scerri, 2000; Tsaparlis, 1997; Schwarz, 2006; Spence, O'Keefe and Zuo, 2001; Tsaparlis and Papaphotis, 2002).

Bu konuları anlamayan öğrencilerin; atom ünitesi ve bu üniteyle bağlantılı olan diğer konuları anlamaları zorluk çekecekleri ve hatta anlasalar bile yanlış anlayacakları düşünülmektedir. Ayrıca bu öğrenciler mezun olup öğretmenlik hayatına atıldığı zamanda bu yanlış anlama ile mesleki hayatında devam edecekleri, hata kimya fizik ve biyoloji öğretmenlerin yetersiz olduğu liselerde fen ve teknoloji öğretmenlerin derslere gönderildiği bu durumda bu öğretmenlerin atom ve atomun yapısı konulara üniversite düzeyde daha fazla önem verilmesi gerektiği düşünmekteyiz. Yine Şekil 5'te verilen d alt orbitalerin çizimlerine bakıldığında öğrencilerin hep eksenleri kullandığı görülmektedir. Bu da öğrencilerin üç boyutlu görüntüleri anlayamadıklarını göstermektedir.

5. ÖNERİLER

Kimya eğitimi bir makine olarak düşünülmelidir. Bir makinenin bir parçası arıza verirse makine çalışmaz veya o makinede verim elde edilemez. Kimyada da bir ünitenin alt konularının birini öğrenci bilmiyorsa veya anlamamışsa üniteyi anlamış sayılmaz. Bu ünite bütün alt konularıyla öğretilmeli veya öğrenciler tarafında öğrenilmelidir. Şekillerdeki grafikler ve öğrenci çizimleri incelendiğinde mezun durumuna gelmiş öğrencilerin başarısının daha düşük olduğu, bu konuyu öğrenmeden mezun oldukları görülmektedir. Bu konuyu öğrencilerin daha iyi öğrenebilmesi için ders kaynaklarında verilen bilginin öğrenci öğrenmelerine katkı sağlayamadıkları, yada öğretim metodunun öğrencilerinin anlamalarına katkı sağlamadığı düşünülebilir. Bu tür konuların üç boyutlu modellerle öğretilmesi daha iyi olacağı kanaatindeyiz. İlköğretim ikinci kademedeki, lisede atom modeli güneş sistemine benzetilerek verilmektedir. Bu modellerle atomu öğrenen öğrenciler (Dicks, 2011; Grushow, 2011; Nakipoğlu, 2003; Smith et al., 2006), lisans düzeyinde ise tamamen kuantum sayılarına göre ve orbital türleri öğrenmeye başlayınca önceki öğrendikleri bilgi üzerine yeni bilgiyi inşa etme yerine tamamen karışık bir bilgi kirliliği ile yüz yüze kalmaktadır. Bu bilgi kirliliğini ortadan kaldırmak için orta öğretim düzeyinde verilen atom şekillerinin lisans düzeyindekilerle benzer olması daha iyi olacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Amann, A. (1992). Must a molecule have a shape?, *South African Journal of Chemistry*, 45, 29-38.
- Brion, C.E., Cooper, G., Zheng, Y., Litvinyuk, L.V., & McCarthy, I.E. (2001). Imaging of orbital electron densities by electron momentum spectroscopy – a chemical interpretation of the binary (e, 2e) reaction, *Chemical Physics*, 70, 13-30.
- Coskun, E. & Alkan, M. (2010). Evaluation of learning and teaching process in Turkish courses, *International Electronic Journal of Elementary Education*, 2, 3, 387-407.
- Dicks, A. P. (2011). Shake For Sigma, Pray For Pi: Classroom Orbital Overlap Analogies, *Journal of Chemical Education*, 88, 4, 426-427.

- French, S., Krause, D. (2006). *Identity in Physics: A Historical, Philosophical and Formal Analysis*. Oxford University Press, Oxford.
- Georgios, T. and Georgios, P. (2002). Quantum-Chemical Concepts: Are They Suitable For Secondary Students?, *Chemistry Education: Research and Practice In Europe*, 3, 2, 129-144.
- Grushow, A. (2011). Is it Time to Retire the Hybrid Atomic Orbital?, *Journal of Chemical Education*, 88, 7, 860-862.
- Humphreys, C. J. (1999). Electron seen in orbit, *Nature*, 401, 49-52.
- Itatani, J., Levesque, J., Zeidler, D., Niikura, H., Pe'pin, H., Kieffer, J.C., Corkum, P.B., Villeneuve, D.M. (2004). Tomographic imaging of molecular orbitals, *Nature*, 432, 867-871.
- Jacoby, M. (1999). Picture-perfect orbitals, *Chemical & Engineering News*, 77, 36, 8-10.
- Jenkins, Z. (2003). Do you need to believe in orbitals to use them?: realism and the autonomy of chemistry, *Philosophy of Science*, 70, 1052-1062.
- Laurikainen, K.V., Montonen, C., Sunnarborg, K. (1994). *Symposium on the Foundations of Modern Physics*, Editions Frontieres.
- Kochen, S., Specker, E. (1967). The problem of hidden variables in quantum mechanics, *Journal of Mathematics and Mechanics*, 17, 59-87.
- Labarca, M., Lombardi O. (2005). The ontological autonomy of the chemical world, *Foundations of Chemistry*, 7, 125-48.
- Liegener, C.M., Del Re, G. (1987a). The relation of chemistry to other fields of science: atomism, reductionism, and inversion of reduction, *Epistemologia*, 10, 269-284.
- Liegener, C. M., Del Re, G. (1987b). Chemistry versus physics, the reduction myth, and the unity of science, [Journal for General Philosophy of Science](#), 18, 1-2, 165-174.
- Litvinyuk, I.V., Zheng, Y., Brion, C. E. (2000). Valence shell orbital imaging in adamantane by electron momentum spectroscopy and quantum chemical calculations, *Chemical Physics*, 253, 41-50.
- Lombardi, O., Labarca, M. (2005). The ontological autonomy of the chemical world, *Foundations of Chemistry*, 7, 125-148.
- Lombardi, O., Labarca, M. (2006). The ontological autonomy of the chemical world: a response to Needham, *Foundations of Chemistry*, 8, 81-92.
- Matta, C.F., Gillespie, R.J. (2002). Understanding and interpreting molecular electron density distributions, *Journal of Chemical Education*, 79, 1141-1152.

- Nakıpoğlu, C. (2003). Instructional Misconceptions Of Turkish Prospective Chemistry Teachers About Atomic Orbitals And Hybridization Chemistry Education, *Research And Practice*, 4, 2, 171-188.
- Ostrosky, V. N. (2005). Towards a philosophy of approximations in the 'exact' sciences. Hyle-Int, *Journal of Chemical Education*, 11, 101-126.
- Özden, M., (2007). Kimya Öğretmenlerinin Kimya Öğretiminde Karşılaştıkları Sorunların Nitel ve Nicel Yönden Değerlendirilmesi: Adıyaman ve Malatya İleri Örneği, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22,2, 40-53.
- Pascual, J. I., Gómez-Herrero, J., Rogero, C., Baro', A. M., Sa'nchez-Portal, D., Artacho, E., Ordejo'n, P., Soler, J. M. (2000). Seeing molecular orbitals, *Chemical Physics Letters*, 321, 78-82.
- Petrucci, H. R., Harwood, W. S. (1993). *Genel Kimya: Prensipler ve Modern Uygulamalar*. (Uyar, T. ve Aksoy, S., Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Primas, H. (1983). *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*, Springer, Berlin.
- Primas, H. (1998). Emergence in exact natural sciences, *Acta Polytech Scand*, 91, 83-98.
- Scerri, E. R. (2000). Have orbitals really been observed?, *Journal of Chemical Education*, 77, 1492-1494.
- Scerri, E. R. (2001). The recently claimed observation of atomic orbitals and some related philosophical issues, *Philosophy of Science*, 68, 76-88.
- Schwarz, W. H. E. (2006). Measuring orbitals: provocation or reality?, *Angewandte Chemie International Edition*, 45, 1508-1517.
- Schwarz, W. H. E. (2006). Measuring orbitals: provocation or reality?, *Angewandte Chemie International Edition*, 45, 1508-1517.
- Spence, J. C., O'Keefe, M., Zuo, J. M. (2001). Have orbitals really been observed?, *Journal of Chemical Education*, 78, 877.
- Stefani, C., Tsaparlis, G. (2009). Students' Levels of Explanations, Models, and Misconceptions in Basic Quantum Chemistry: A Phenomenographic Study, *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 520-536.
- Tsaparlis, G., Papaphotis, G. (2009). High school students' conceptual difficulties and attempts at conceptual change: The case of basic quantum chemical concepts, *International Journal of Science Education*, 31, 895-930.
- Vemulapalli, G. K., Byerly, H. (1999). Remnants of reductionism, *Foundations of Chemistry*, 1, 17-41.

- Wang, S. G., Schwarz, W. H. E. (2000). On closed-shell interactions, polar covalences, d shell holes, and direct images of orbitals: the case of cuprite, *Angewandte Chemie International Edition*, 39, 1757-1762.
- Wooley, R. G. (1978). Must a molecule have a shape?, *Journal of American Chemical Society*, 100, 1073-1078.
- Wooley, R.G. (1982). Natural optical activity and the molecular hypothesis, *Structure Bonding*, 52, 1-35.
- Yam, P. (1999). Seeing the bonds, *Scientific American*, 281, 28.
- Zuo, J.M., Kim, M., O'Keefe, M., Spence, J.C.H. (1999). Direct observation of d-orbital holes and Cu-Cu bonding in Cu₂O, *Nature*, 401, 49-52.
- Zurer, P. (1999). Chemistry's top five achievements, *Chemical & Engineering News*, 77, 38-40.

EK1:

Aşağıda verilen eksenleri kullanarak 1s, 2p ve 3d orbitalerinin şekillerini çiziniz.

