



## Development of Two-Tier Diagnostic Test Related to Concept Pairs in Chemistry

Lütfiye VAROĞLU <sup>1</sup>, Ayhan YILMAZ <sup>2</sup>, Şenol ŞEN <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe University, Graduate School of Educational Sciences,  
[lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr](mailto:lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr), [lutfiyevaroglu@gmail.com](mailto:lutfiyevaroglu@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-2595-5746>

<sup>2</sup> Hacettepe University, Faculty of Education, Mathematics and Science Education,  
[ayhany@hacettepe.edu.tr](mailto:ayhany@hacettepe.edu.tr), <http://orcid.org/0000-0003-4252-5510>

<sup>3</sup> Hacettepe University, Faculty of Education, Mathematics and Science Education,  
[schenolschen@gmail.com](mailto:schenolschen@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-3831-3953>

Received : 05.12.2019

Accepted : 15.06.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.655801

---

*Abstract* – The study aims to develop two-tier diagnostic test to determine the conceptual understanding of secondary school students about concept pairs related with the periodic table such as; metal-nonmetal, acid-base, ionic-covalent, proton number-electron number, anion-cation. Participants were 334 secondary school students aged between 13 and 17. Chemistry Concept Diagnostic Test (CCDT) consist of two-tiers and 30 questions was used. Expert opinion was obtained for content and face validity of CCDT. The bottom 27% and top 27% of student groups determined according to the total scores of the test. In order to item analyzes, item difficulty indices and item discrimination indices were determined and 13 questions were removed from the test Expert opinion for the content validity was obtained again for the final test. Statistical analyzes utilized for the reliability, and the reliability coefficient of 17 item was calculated as .857 for first tier; and .908 for both first and second tiers.

*Keywords:* concept pairs, periodic table, reliability, two tiers tests, validity.

-----

Corresponding author: Lütfiye VAROĞLU, Hacettepe University, Graduate School of Educational Sciences,  
[lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr](mailto:lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr)

This study is derived from the part of the doctoral dissertation of the first author co-supervised by the third author and supervised by the second author.

In order to carry out the study, the permission of Hacettepe University Ethics Commission was obtained from 05.02.2019 and numbered 35853172-300.

## Summary

### Introduction

The main goal of chemistry education is understanding the nature of chemistry, its applications and their relationship with life (Freire, Talanquer & Amaral, 2019). Misconceptions especially in the basic subjects of chemistry are the major barriers to meaningful learning by students (Griffiths & Preston, 1992; Lamichhane, Reck & Maltese, 2018). Therefore, several studies have been conducted in the field of chemistry education to determine students' level of understandings and misconceptions (Abraham, Williamson & Westbrook, 1994; Driver & Easley, 1978; Mintzes, Wandersee & Novak, 2001; Nakhleh, 1992; Şen & Yılmaz, 2013).

It can be concluded that understanding the properties of the elements by students through the periodic table has critical importance for chemistry education (Bierenstiel & Snow, 2019). In national and international literature, the number of studies that investigate students' misconceptions regarding the important concept pairs in relation to the periodic table limited (Schmidt, Baumgärtner, & Eybe, 2003).

Taber (1999) stated that many teachers have difficulties about to have sufficient time and ability to develop concept tests. From this point of view, this study has importance for chemistry and science education because it focuses on the concept pairs that are fundamental to the learning of chemistry, associating these concept pairs with the periodic table, and so provide the concept test that can be used to determine the students' misconceptions.

### Methodology

#### *Population and Sample*

The study was carried out at colleges, the educational establishment for secondary and high school levels and conducted to Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC) Ministry of National Education and Culture, General Secondary Education Department. Chemistry course included in the curriculum of the colleges from eighth grade. The sample of the study consisted of 334 college students from Guzelyurt Turk Maarif Koleji and 19 Mayıs Turk Maarif Koleji. The age of the students ranged between 13-17. The 57.5% part of the sample was female and 42.5% male.

#### *Data Collection Tool*

Chemistry Concept Diagnostic Test (CCDT) was initially prepared as 30 questions. Each question in CCDT has two tiers. The first tier of the question similar to multiple choice

tests with four choices. The second stage also has four options and asked to state the reason for their answer in the first stage. The distractors in the second stage generally consist of misconceptions.

In the evaluation of CCDT, the students who answered both stages of the test correctly received 1 point from that question, and the students who answered one or both stages of the test incorrect received 0 points. The maximum score can be obtained from CCDT is 30 (the maximum score in the final version of CCDT is 17) and the minimum score is 0. Each of the question in the test deals with the two concepts that make up the concept pair.

#### *Data Analysis*

Expert opinion was obtained for content and face validity of the CCDT. Statistical analyzes were utilized for the structure validity, and the Cronbach's Alpha coefficient that a measure of internal consistency was calculated. For the item analysis the bottom 27% and top 27% of student groups were determined according to the total scores.

#### **Findings**

For the content and face validity of CCDT, expert opinions were obtained from two instructors and two chemistry teachers in the field of chemistry education. The reliability study of the test was conducted with 334 students. The Cronbach's Alpha coefficients of the test were calculated as .821 for the first tier; and .879 for both first and second tiers. Items whose item total correlation and item discrimination indices were less than .30 (item 1., 2., 3., 5., 6., 7., 8., 10., 11.,12., 13., 15. and 22.) eliminated. Afterwards, reliability analyzes were re-utilized and the Cronbach's Alpha coefficients of the 17-item test were calculated as .857 for the first tier; and .908 for both first and second tiers of CCDT. The final version of CCDT consisted of 17 items and again the expert opinion was applied to ensure the content validity of the test. After that the final form of the test was established.

#### **Conclusion and Recommendation**

As a result of the study, the Chemistry Concept Diagnostic Test (CCDT) involved with concept pairs such as metal-nonmetal, acid-base, ionic-covalent, proton number-electron number, anion-cation, was considered as a reliable and valid test and can be used to evaluate the conceptual understanding of students related to the subject of periodic table.

Based on the findings obtained from the study, it can be said that Chemistry Concept Diagnostic Test, which was developed as a two-tier concept test, is a tool that can be used in

the examination of conceptual understandings and misconceptions of secondary school students about the subject of periodic table.

The CCDT prepared and developed by associating the periodic table which can be called as building block of chemistry and the concept pairs commonly used in chemistry, will help researchers and teachers to determine the misconceptions in the field of science and chemistry education. In addition, two-tier concept tests can be used to determine the conceptual development and the effectiveness of the methods and techniques used in the learning process. Afterwards, it is thought that using different concept pairs or dealing with other chemistry subjects will contribute to the field of studies about misconceptions.

## **Kimyada Kavram Çiftlerine İlişkin İki-Aşamalı Kavram Tanı Testinin Geliştirilmesi**

**Lütfiye VAROĞLU<sup>1</sup>, Ayhan YILMAZ<sup>2</sup>, Şenol ŞEN<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, [lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr](mailto:lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr), [lutfiyevaroglu@gmail.com](mailto:lutfiyevaroglu@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-2595-5746>

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, [ayhany@hacettepe.edu.tr](mailto:ayhany@hacettepe.edu.tr), <http://orcid.org/0000-0003-4252-5510>

<sup>3</sup> Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, [schenolschen@gmail.com](mailto:schenolschen@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-3831-3953>

Gönderme Tarihi: 05.12.2019

Kabul Tarihi: 15.06.2020

Doi: 10.17522/balikesirnef.655801

---

*Özet* – Çalışmada, periyodik tablo konusu için önem arz eden ve konu ile ilişkili metal-ametal, asit-baz, iyonik-kovalent, proton sayısı-elektron sayısı ve anyon-katyon kavram çiftlerine ilişkin ortaöğretim öğrencilerinin kavramsal anlamalarını belirlemek için iki aşamalı kavram testi geliştirilmiştir. Çalışmaya yaşları 13 ile 17 arasında değişen, 334 ortaöğretim öğrencisi katılmıştır. Çalışmada iki aşamadan oluşan 30 soruluk Kimya Kavram Tanı Testi (KKTT) kullanılmıştır. KKTT'nin kapsam ve görünüş geçerliği için uzman görüşü alınmıştır. Testin toplam puanlarına göre alt %27 ve üst %27'lik gruplar belirlenmiştir. Madde analizleri yapılarak madde güçlük ve madde ayırıcılık indeksleri tespit edilmiş ve 13 soru testten çıkarıldıktan sonra kapsam geçerliliği için tekrar uzman görüşü alınmıştır. Testin güvenilirlik analizleri için istatistiksel analizler yapılarak, 17 soruluk testin ilk aşaması için güvenilirlik katsayısı .857, birinci ve ikinci aşaması için .908 olarak hesaplanmıştır.

*Anahtar kelimeler:* geçerlik, güvenilirlik, iki aşamalı testler, kavram çiftleri, periyodik tablo.

-----  
Sorumlu yazar: Lütfiye VAROĞLU, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, [lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr](mailto:lutfiyevaroglu@hacettepe.edu.tr)

Bu çalışma üçüncü yazar yardımcı danışmanlığı ve ikinci yazar danışmanlığında yürütülen, birinci yazara ait doktora tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır.

Çalışmanın yürütebilmesi için 05.02.2019 tarihli ve 35853172-300 sayılı Hacettepe Üniversitesi Etik Komisyon izni alınmıştır.

## GiriŐ

Kimyanın dođasını, uygulamalarını ve bunların yaŐamla iliŐkisinin anlaŐılması kimya eđitiminin temel hedefi olmalıdır (Freire, Talanquer, & Amaral, 2019). Fakat kimya, soyut kavramlar iŐermesinden dolayı ođrenciler tarafından anlaŐılması zor bir disiplin olarak kabul edilmektedir (Demirciođlu, Demirciođlu, & Ayas, 2006; Reid, 2000). Bu sebeple temel kimya konularının anlamlı bir Őekilde ođrenilememesi daha sonra ođrenilecek konuların ođrenilmesini etkilemekte ve her dűzeyden ođrencilerin kimya ođrenimini gűŐleŐtirmektedir (Nakhleh, 1992). Őzellikle de kimyanın temel konularındaki kavram yanılıđları, ođrencilerin anlamlı ođrenmelerinin  nűndeki en bűyűk engellerdir (Griffiths & Preston, 1992; Lamichhane, Reck, & Maltese, 2018). Bundan dolayı da kimya eđitimi alanında ođrencilerin kavramları anlama dűzeyleri ve kavram yanılıđlarının belirlenmesine yönelik birŐok ŐalıŐma yűrűtűlműŐtűr (Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994; Driver & Easley, 1978; Mintzes, Wandersee, & Novak, 2001; Nakhleh, 1992; Pikoli, 2020; Prodjosantoso & Hertina, 2019; Ően & Yılmaz, 2013; Talbert ve diđ, 2020; Tűmay, 2016; Yıldıırım, Tepe, KuŐ & Biberodđlu, 2016). KarŐlı ve Ayas (2013), kimya eđitimi alanında; ilkokđretim, ortaokđretim ve  niversite gibi farklı dűzeylerde, özellikle ođretmen ve ođretmen adaylarının kavram yanılıđlarını inceleyen ŐalıŐmalar yapıldıđına dikkat Őekerek, kavram yanılıđlarının belirlenmesinin kavramsal deđiŐim ŐalıŐmaları iŐin önemli olduđunu vurgulamıŐlardır.

Eđitim ođretimde ođrencilerin kavramları dođru ođrenmeleri ve tam olarak anlamaları Őok  nemlidir. Bu sűreŐte  lŐme ve deđerlendirme, ođretim sűrecinin temel ögelerinden biridir. GeŐerlik ve gűvenirliđi sađlanmış  lŐme araŐları kullanılarak ođrenenlerin hazırbulunuŐluk dűzeyleri, bilgiyi ne  lŐűde kazandıkları ve ođretim etkinliklerinin ne dűzeyde amacına ulaŐtıđı belirlenebilmektedir (Gönen, Kocakaya, & Kocakaya, 2011).  lŐme ve deđerlendirme amacıyla ođrencilerin kavram yanılıđlarını belirlemek iŐin műlakatlar (Nakhleh, Samarapungavan, & Sađlam, 2005; Valanides, 2000), aŐık uŐlu sorular (Aydođan, GűneŐ, & GűlŐiŐek, 2003; KolomuŐ & Tekin, 2011), kavram haritaları (Burrows & Mooring, 2015; Novak & Gowin, 1984), kelime iliŐkilendirme testleri (Ően, Varođlu, & Yılmaz, 2019; Yűcel &  zkan, 2015), Őizimler ve gösterimler (Berg, Orraryd, Pettersson, & Hulten, 2019; Smith & Metz, 1996) ve Őoktan ŐeŐmeli testler ( zmen, 2008; Schmidt, 1997) gibi ŐeŐitli teknikler kullanılmaktadır. Őoktan ŐeŐmeli testlerin, hedef ve davranıŐlar aŐısından iyi planlandıkları zaman yűksek kapsam geŐerliđine sahip olmalarının yanı sıra, fazla soru sorulabilme olanađı dikkate alındıđında, soruların aŐık ve anlaŐılır olması durumunda

güvenirliklerinin de yüksek olduğu ve ayrıca puanlamalarının objektifliği açısından da avantajlı oldukları söylenebilmektedir (Karataş, Köse, & Coştu, 2003; Turgut, 1995). Buna karşın, çoktan seçmeli testler öğrencilerin verdiği yanıtların nedeni hakkında bilgi sağlamadıklarından dolayı dezavantaj oluşturmaktadırlar (Odom & Barrow, 1995). Bu sebeple çoktan seçmeli testlerin olumsuz yönlerini azaltmaya yönelik iki aşamalı kavram tanı testleri geliştirilmiştir (Çakır & Aldemir, 2011; Griffard & Wandersee, 2001). Kavram yanlışlarının belirlenmesi için özellikle fen ve kimya öğretiminde kavram testleri kullanılmaktadır (Treagust, 1988; Peterson, Treagust, & Garnett, 1986). Çünkü kavram testlerinin, kavram yanlışlarını teşhis etme ve öğrencileri doğru yanıt bulmaya yönelik motive etme gibi iki işlevi bulunmaktadır (Taber, 1999).

Literatür incelendiğinde de öğrenenlerin kavram yanlışlarının incelenmesi amacıyla genellikle iki aşamalı testlerin geliştirildiği ve kullanıldığı görülmektedir (Ghalkhani & Mirzaei, 2018; Ortiz, 2019; Othman, Treagust, & Chandrasegaran, 2008; Tan, Taber, Goh, & Chia, 2005). İki-aşamalı testlerin ilk aşamasında öğrencilerden ilgili içerik için bir yanıt vermeleri, ikinci aşamasında bu yanıtın nedenini belirtmeleri istenmektedir (Treagust, 1986). İki-aşamalı testlerdeki ikinci aşama daha çok öğrencilerin yanıtlarının nedenini yorumlamaya olanak sağlamaktadır (Kaltakeci Gurel, Eryılmaz, & McDermott, 2015). Yapılan çalışmalarda, kimyanın; madde (Othman ve diğ., 2008), kimyasal reaksiyonlar (Chandrasegaran, Treagust, & Mocerino, 2007), iyonlaşma enerjisi (Tan ve diğ., 2005), kimyasal bağlanma (Ortiz, 2019), çözeltiler (Adadan & Savasci, 2012), asit-baz (Bayrak, 2013; Ghalkhani & Mirzaei, 2018) gibi önemli konularındaki kavram yanlışlarını belirlemek için iki-aşamalı testler kullanılmıştır. Mutlu ve Sesen (2015), iki aşamalı kavram testi kullanarak termokimya, kimyasal kinetik, kimyasal denge, asit-baz ve elektrokimya gibi kimya kavramları ile ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarını tespit etmişlerdir. Özbayrak ve Kartal (2012), iki aşamalı kavram testi kullanarak ortaöğretim öğrencilerinin kimyasal bileşikler ile ilgili kavram yanlışlarını araştırmışlardır. Bunun yanında, Tüysüz (2009), lise öğrencileri ile yaptığı çalışmasında maddenin ayrılması ile ilgili kavram yanlışlarını iki aşamalı kavram tanı testi aracılığı ile incelemiştir. Ayrıca, Uyulgan, Akkuzu ve Alpat (2014), üniversite öğrencilerinin molekül geometrisi ile ilgili kavram yanlışlarını iki aşamalı kavram tanı testi ile belirlemişlerdir.

Literatürdeki çalışmalar, kimyanın temel konularından olan periyodik tablo konusu ile ilişkili; metal-ametal, asit-baz, iyonik-kovalent, proton sayısı-elektron sayısı ve anyon-katyon kavram çiftleri ile ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermektedir

(Avcı, Şeşen, & Kırbaşlar, 2018; Dönmez, 2011; Geçgel & Şekerci, 2018; Harman, 2018; Karamustafaoğlu & Ayas, 2002; Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Bar-Dov, 2004; Nicoll, 2001; Salame, Sarowar, Begum, & Krauss, 2011; Satılmış, 2014; Sesen & Tarhan, 2011; Taber, 2011; Ünal, 2002; Ünal, Coştu & Ayas, 2010). Öğrencilerin kimyanın temel konularından sayılan bu kavramlar ile ilişkili çeşitli kavram yanılgılarına sahip olmaları bu çalışmanın temel çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu kavramlar ile ilişkili kavram yanılgılarının belirlenmesi için hazırlanacak olan kavram testi hem alan eğitimcilerine hem de öğretmenlere önemli katkıları olacaktır.

Kimyanın önemli konularından biri olan periyodik tablo konusu aracılığı ile elementlerin özelliklerinin öğrenciler tarafından anlaşılmasının kimya eğitimi için kritik önem taşıdığı söylenebilir (Bierenstiel & Snow, 2019). Ulusal ve uluslararası alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, periyodik tablo konusu ile ilişkilendirilerek önemli kavram çiftlerine ilişkin öğrencilerin kavram yanılgılarını araştıran çalışmaların sayısı sınırlıdır (Schmidt, Baumgärtner, & Eybe, 2003). Taber (1999), birçok öğretmenin kavram testi geliştirmek için yeterli zaman ve donanımına sahip olma açısından sıkıntı yaşadığını ifade etmiştir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada; kimyanın öğrenilmesinde temel olan kavram çiftlerine odaklanmak, bu kavram çiftlerini periyodik tablo ile ilişkilendirmek ve öğrencilerin kavram yanılgılarını tespit etmek için kullanılacak kavram testinin kimya ve fen eğitimi açısından önem taşıdığı düşünülmektedir.

## Yöntem

Yapılan çalışma iki aşamalı kavram tanı testi geliştirme çalışması olup, bu bölümde çalışmanın örnekleme, araştırmada kullanılan veri toplama aracının geliştirilmesi, Kimya Kavram Tanı Testi (KKTT) ve veri analiz yöntemi ile ilgili bilgi sunulmaktadır. Çalışmanın yürütülebilmesi için 05.02.2019 tarihli ve 35853172-300 sayılı Hacettepe Üniversitesi Etik Komisyon izni alınmıştır.

## Çalışma Grubu

Çalışma, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) Milli Eğitim ve Kültür Bakanlığı, Genel Ortaöğretim Dairesi'ne bağlı ortaokul ve lise düzeyinde eğitim veren kolejlerde yürütülmüştür. KKTC'de kolejler, modern standartları ve kaliteleri açısından eğitimin önemli



bir parçası haline gelmişlerdir. Bu nedenle, kolejlerin çalışmanın amacına uygun olduğu düşünülmüştür. Kolej müfredatlarında sekizinci sınıftan itibaren kimya dersi yer almaktadır. KKTT'nin güvenilirlik çalışmasına Güzelyurt Türk Maarif Koleji ve 19 Mayıs Türk Maarif Koleji'nde öğrenim görmekte olan 334 kolej öğrencisi katılmıştır. Öğrencilerin yaşları 13-17 arasında değişmektedir. Öğrencilerin % 57.5'i kız, %42.5'i erkek öğrencilerden oluşmaktadır.

Çalışmaya katılan öğrencilerden testin birinci aşamasını cevaplayıp, ikinci aşamasını cevaplamayan, ya da birinci ve ikinci aşamalar için sadece bir seçeneği işaretleyen öğrenciler değerlendirmeye alınmamıştır.

### *Kimya Kavram Tanı Testinin Geliştirilmesi*

Çalışmada kullanılan Kimya Kavram Tanı Testi (KKTT) araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. KKTT'nin amacı öğrencilerin metal-ametal, asit-baz, iyonik-kovalent, proton sayısı-elektron sayısı ve anyon-katyon kavram çiftleri ile ilgili kavramsal anlamalarını ortaya çıkarmaktır. KKTT geliştirilmeden önce literatürde bu kavramlarla ilgili yapılmış araştırmalar incelenmiş ve testte yer alan çeldiriciler bu kavram yanlışlarından oluşturulmuştur (Avcı ve diğ., 2018; Dönmez, 2011; Geçgel & Şekerci, 2018; Harman, 2018; Karamustafaoğlu & Ayas, 2002; Nahum ve diğ., 2004; Nicoll, 2001; Salame ve diğ., 2011; Satılmış, 2014; Sesen & Tarhan, 2011; Taber, 2011; Ünal, 2002; Ünal ve diğ., 2010).

### *Kimya Kavram Tanı Testi*

KKTT başlangıçta 30 soru olarak hazırlanmıştır. Her soru iki aşamadan oluşmaktadır. Sorunun ilk aşaması çoktan seçmeli testlere benzemekte olup, dört seçeneklidir. İkinci aşama yine dört seçenekli olup öğrencilerden ilk aşamada verdikleri cevabın nedenini belirtmeleri istenilmektedir. İkinci aşamada yer alan çeldiriciler genellikle kavram yanlışlarından oluşmaktadır.

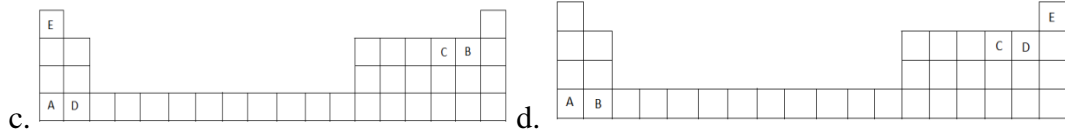
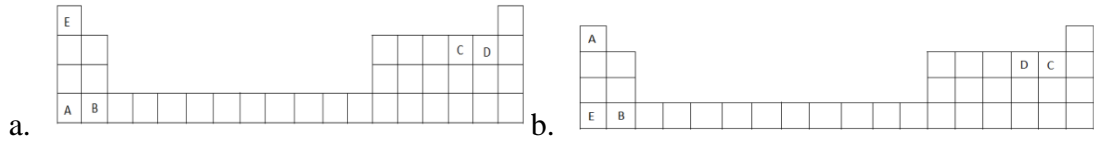
KKTT'nin değerlendirilmesinde; testin her iki aşamasını da doğru yanıtlayan öğrenciler o sorudan 1 puan, testin birinci ya da ikinci aşamalarından birini ya da her ikisini yanlış yanıtlayan öğrenciler 0 puan almışlardır. KKTT'nden alınabilecek maksimum puan 30 ve minimum puan ise 0'dır.

Testteki soruların her biri ilgili olduğu kavram çiftini oluşturan kavramların ikisini birlikte ele almaktadır. Testte yer alan iki soru örnek olarak aşağıda verilmektedir. Birinci soru, iyonik-kovalent kavram çifti ile ilgilidir ve sorunun ilk aşamasında A seçeneği doğru

olup, diğer seçeneklerin yanıt olarak verilmesinin nedeni kavram yanılgısıdır. Sorunun ikinci aşamasında ise öğrencilerden ilk aşamada verdikleri yanıtın nedenini belirtmeleri istenmektedir. Bu aşamadaki seçeneklerden D seçeneği doğru yanıt ve diğer seçenekler kavram yanılgısıdır. İkinci soru, anyon-kasyon kavram çifti ile ilgilidir. Bu sorunun ilk aşamasında doğru yanıt D seçeneği, ikinci aşamasında ise doğru yanıt A seçeneğidir ve her iki aşamadaki diğer seçenekler kavram yanılgısı içermektedir.

Örnek soru 1a) Aşağıda verilenlere göre, hangi seçenekte A, B, C, D ve E doğru yerde gösterilmektedir?

- A ve D iyonik bağ oluşturur.
- E ve C kovalent bağ oluşturur.
- A ve D kovalent bağ oluşturur.
- B ve C iyonik bağ oluşturur.



1b) Aşağıdakilerden hangisi yanıtınızı en iyi şekilde açıklamaktadır?

- Kovalent bağ ametaller arasında oluşmaz.
- İyonik bağ ametaller arasında elektron ortaklaşması ile oluşur.
- Ametaller (hidrojen hariç) periyodik tablonun sağ tarafında bulunmaz.
- Kovalent bağ, ametaller arasında elektron ortaklaşmasıyla ve iyonik bağ metal ve ametaller arasında elektron alış-verişi ile oluşur.

Örnek soru 2a)

1 H									2 He
3 Li	4 Be			5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg			13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

Aşağıdaki çiftlerden hangi ikisinin oluşması mümkündür?

- a.  $K^+$  ve  $Ca^{2-}$     b.  $Na^+$  ve  $O^-$     c.  $Ar^+$  ve  $Ne^-$     d.  $K^+$  ve  $O^{2-}$

2b) Aşağıdakilerden hangisi yanıtınızı en iyi şekilde açıklamaktadır?

a. 1A grubu metalleri +1 yüklü katyonlar, ve 6A grubu ametalleri 2- yüklü anyonlar oluşturabilirler.

b. 1A grubu metalleri +1 yüklü katyonlar, ve 2A grubu elementleri 2- yüklü anyonlar oluşturabilirler.

c. 8A grubu (soy gaz) elementleri hem pozitif hem negatif yük alabilirler ve çok reaktiftirler.

d. 1A grubu metalleri +1 yüklü katyonlar, ve 6A grubu elementleri 1- yüklü anyonlar oluşturabilirler.

#### *Veri Toplama Süreci*

Öğrencilerin daha önce karşılaşmadıkları düşünülerek, iki aşamalı kavram tanı testi ile ilgili ön bilgiler verilmiştir. Öğrencilere testin her bir aşamasında nasıl cevap vermeleri gerektiği aktarılmıştır. KKTT için öğrencilere bir ders saati süre verilmiştir. Öğrencilerin gönüllü katılımı sağlanmıştır.

#### *Veri Analizi*

KKTT'nin kapsam ve görünüş geçerliği için uzman görüşü alınmıştır. Testin güvenilirlik analizleri için istatistiksel işlemler yapılarak Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısı hesaplanmıştır. Madde analizinde öğrenci sayısının 300-400 veya daha fazla olduğu durumlarda, grubun test puanı en yüksek alan grubun %27'si ile en düşük puanı alan %27'sinin analize dahil edilmesi tavsiye edilir (Wiersma & Jurs, 1990). Testin toplam puanlarına göre %27'lik alt ve %27'lik üst gruplar belirlenerek madde analizleri yapılmıştır. Öğrencilerin bilişsel alandaki başarılarının ölçülmesinde kullanılan en önemli yaklaşım olarak kabul gören Bloom taksonomisi (Bloom, Engelhart, Furst, Hill, & Krathwohl, 1956), bir grup psikolog tarafından güncellenerek Revised Bloom Taksonomisi şeklinde kabul görmüştür (Anderson ve diğ., 2001). Testin son halinde yer alan maddeler Revised Bloom Taksonomisi'ne göre sınıflandırılırken iki öğretim üyesinin görüşüne başvurulmuştur.

## Bulgular

KKTT'nin kapsam ve görünüş geçerlikleri için, kimya eğitimi alanında iki öğretim elemanı ve iki uzman kimya öğretmeni tarafından uzman görüşü alınmıştır. Testin güvenilirlik çalışması 334 öğrenci ile yürütülmüştür. Testin birinci aşaması için güvenilirlik katsayısı .821; birinci ve ikinci aşaması için .879 olarak bulunmuştur. Madde analizi sonuçları doğrultusunda hazırlanan Şekil 1'de, testte yer alan maddelerin ayırıcılık indeksleri belirtilmektedir.

ayırıcılık indeksi	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
madde 1	*									
madde 2		*								
madde 3			*							
madde 4				*						
madde 5		*								
madde 6	*									
madde 7		*								
madde 8	*									
madde 9				*						
madde 10			*							
madde 11		*								
madde 12		*								
madde 13		*								
madde 14				*						
madde 15			*							
madde 16				*						
madde 17					*					
madde 18			*							
madde 19			*							
madde 20				*						
madde 21				*						
madde 22		*								
madde 23				*						
madde 24				*						
madde 25			*							
madde 26				*						
madde 27			*							
madde 28				*						
madde 29				*						
madde 30				*						

Şekil 1 Testteki 30 Madde için Madde Ayırıcılık İndeksleri

Şekil 1 incelendiğinde 1.,2.,3.,5.,6.,7.,8.,10.,11.,12.,13.,15. ve 22. maddelerin ayırıcılık indekslerinin .30 değerinden daha küçük olduğu belirlenmiştir. Diğer maddelerin ise ayırıcılık indekslerinin .30 ve daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayırıcılık indeksi .40 ve daha büyük madde çok iyi madde, .30 ve .39 arasında olan madde oldukça iyi madde, .20 ve .29 arasında olan madde düzeltilmesi ve geliştirilmesi gereken madde ve .19 ve daha küçük madde ise

düzeltilmelerle geliştirilemediği takdirde testten atılması gereken çok zayıf madde olarak yorumlanmaktadır (Büyüköztürk, 2009; Crocker & Algina, 2006; Güler, 2017; Tekin, 2009). 0 ile 1 arasında değer alabilen madde güçlük indeksi, öğrencilerin maddeyi doğru cevaplama yüzdesini yansıtmaktadır (Haladyna, 1997). Madde doğru cevaplama yüzdesi arttıkça kolay, azaldıkça zor olarak değerlendirilebilir (Özguven, 2007). Madde güçlük indekslerinin .50 civarında olması beklenmektedir. Ancak, testte göreceli kolay ve zor maddelere yer verilebileceğinden dolayı güçlük indeksi .50'den düşük veya yüksek olan maddeler testte tutulmuştur. Tablo 1'de test maddelerinin güçlük ve ayırıcılık indeksleri belirtilmektedir.

**Tablo 1** KKTT Madde Analizi Sonuçları

Soru	Üst Grup Doğru Yanıtlayanların Sayısı	Alt Grup Doğru Yanıtlayanların Sayısı	Madde Güçlük İndeksi (Pj)	Madde Ayırıcılık İndeksi (Rj)	Madde Varyansı	Madde Standart Sapması
•1	83	73	.87	.06	.82	.90
•2	33	5	.21	.16	.18	.42
•3	75	25	.56	.28	.40	.63
4	80	16	.53	.36	.34	.59
•5	32	11	.24	.12	.21	.46
•6	32	17	.27	.08	.25	.50
•7	27	7	.19	.11	.17	.41
•8	10	3	.07	.04	.07	.26
9	69	4	.41	.36	.26	.51
•10	70	31	.56	.22	.44	.66
•11	41	15	.31	.14	.27	.52
•12	58	29	.48	.16	.41	.64
•13	46	10	.31	.20	.25	.50
14	74	3	.43	.39	.26	.51
•15	60	9	.38	.28	.27	.52
16	81	14	.53	.37	.33	.58
17	82	5	.48	.43	.28	.53
18	75	5	.44	.39	.27	.52
19	66	10	.42	.31	.29	.54
20	66	6	.40	.33	.27	.52
21	70	4	.41	.37	.26	.51
•22	52	15	.37	.21	.30	.54
23	84	10	.52	.41	.31	.55
24	76	21	.54	.31	.37	.61
25	64	6	.39	.32	.26	.51
26	85	13	.54	.40	.33	.57
27	70	16	.48	.30	.33	.58
28	82	19	.56	.35	.36	.60
29	70	5	.42	.36	.27	.52
30	62	3	.36	.33	.24	.49
		Ortalama	.42	.27		

Testteki her bir maddenin testin tamamı ile tutarlılığının bir ölçütü olan madde toplam korelasyon değerleri incelendiğinde, 1., 5., 6., 7., 8., 10., 11., ve 12. maddeler dışındaki diğer maddelerin toplam korelasyonunun .30 değerinden büyük olduğu görülmektedir.

Madde toplam korelasyon değerleri .30 değerinden küçük ve ayırıcılık indeksi değerleri .30 değerinin altında olan maddeler (1., 2., 3., 5., 6., 7., 8., 10., 11.,12., 13., 15. ve 22. Maddeler) testten çıkarıldıktan sonra KKTT için Cronbach Alpha değerleri yeniden hesaplanmıştır. Yapılan güvenilirlik analizleri sonucunda 17 maddeden oluşan testin ilk aşaması için güvenilirlik katsayısı .857, KKTT'nin iki basamağı için ise güvenilirlik katsayısı .908 olarak hesaplanmıştır. Son hali 17 maddeden oluşan testin kapsam geğerliğini sağlamak için tekrar uzman gürüşüne başvurulmuştur ve testin son şekli oluşturulmuştur.

KKTT'de yer alan maddelerin kavram çiftlerine göre dağılımı Tablo 2'de belirtilmektedir.

**Tablo 2** Testte Kalan Maddelerin Kavram Çiftlerine Göre Dağılımı

Kavram Çifti	İlgili Madde
Metal-Ametal	4,17,18,20,21,30
Asit-Baz	4, 9
İyonik-Kovalent	14,16,17,18,19,20,21
Proton Sayısı-Elektron Sayısı	23, 24, 25,27
Anyon-Katyon	25, 26, 27,28,29,30

KKTT'nde yer alan maddelerden bazıları (örneğin 18, 20 ve 21 gibi) birden fazla kavram çiftine ilişkin ders kazanımı değerlendirmeye yönelik hazırlanmıştır. Testlerin kapsam geğerliğini arttırmak için kullanılabilcek yöntemlerden biri de belirtke tablosu hazırlamaktır (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz, & Demirel, 2012). Çalışmada bu amaçla hazırlanan belirtke tablosu Tablo 3'de verilmektedir. Belirtke tablosu hazırlanması sürecinde, kimya eğitimi alanında uzman iki öğretim üyesi ve bir kimya öğretmeni ile çalışılmıştır. Kazanımlar bilişsel süreç boyutlarına göre sınıflandırılırken uzmanlardan geri dönütler alınarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

**Tablo 3** KKTT Belirtke Tablosu

Kavram Çifti	Kazanımlar	Bilişsel Süreç Boyutu						
		Hatırlama	Anlama	Uygulama	Analiz	Değerlendirme	Yaratma	Toplam
Metal- Ametal	-Periyodik tablodaki yerleri ile elementlerin metal, ametal ve soy gaz olarak ilişkilendirir. -Metallerin elektron verme, ametallerin elektron alma eğilimlerini periyodik tablodaki yerleri ile ilişkilendirir.			4, 18	30	17, 20	19, 21	7
Asit-Baz	-Elementleri metal ve ametal olarak tanımlanması ile oksitlerinin asit-baz karakteri ve elektriksel iletkenliği arasında bağlantı kurarak, metal ve ametalleri birbirinden ayırt eder.			4	9			2
İyonik- Kovalent	-Bazı iyonların yüklerini belirler: 1) 1, 2 ve 3. gruptaki metallerin 2) 5, 6 ve 7. gruptaki ametallerin -İyonik bağı elektrostatik çekim bağlamında anlar. -Kovalent bağı elektronların ortaklanmasıyla oluştuğunu açıklar. -İyonik bağı metal ve ametaller arasında, kovalent bağı ametaller arasında olduğunu irdeler.	14	16, 18			17, 20	19, 21	7
Proton Sayısı- Elektron Sayısı	-Elementlerin periyodik tablodaki düzenini irdeler:1) atom numarasına göre 2) grup ve periyotlarda -Atomların katman-elektron dağılımlarıyla periyodik sistemdeki yerleri arasındaki ilişkiyi kurar.	24	23	25, 27				4
Anyon- Kation	-Elektron alma veya vermeye dayanarak nasıl iyon oluştuğunu açıklar. -Periyodik tablodaki yerler ile yük değerleri arasında ilişki kurar. -Atomların elektron alıp vermesini proton ve elektron sayıları bağlamında irdeler.	26		25, 27	30	28	29	6

KKTT'nin içerik geçerliğini belirlemek için Revised Bloom Taksonomisi'ne göre hazırlanan belirtke tablosu Tablo 3'de sunulmaktadır. Testte yer alan maddelerden ikişer tanesi bilişsel alanın hatırlama (remember) ve anlama (understand), beşi uygulama (apply), ikisi analiz (analyze), üçer tanesi değerlendirme (evaluate) ve yaratma (create) basamaklarına karşılık gelmektedir.

## Sonuç ve Tartışma

Yapılan çalışmada, belirlenen kavram çiftleri çerçevesinde periyodik tablo konusu ile ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarını tespit etmek amacıyla kullanılacak geçerli ve güvenilir iki aşamalı kavram testi geliştirilmiştir. Kimya için önemli bir başlık olan periyodik tablo konusu, tüm ortaöğretim kimya konuları ile ilişkili olması bakımından, periyodik tablo konusu ile ilgili kavram yanlışlarının veya eksik öğrenmelerin ileriki kimya konularını da etkileyeceği düşünülmektedir. Bu nedenle, çalışmada fen ve kimyada sıklıkla kullanılan kavram çiftleri belirlenerek, periyodik tablo çatısı altında incelenmesi önem taşımaktadır. Çalışmada; metal-ametal, asit-baz, iyonik-kovalent, proton sayısı-elektron sayısı, anyon-kation gibi kimyanın temel konularında geçen kavram çiftleri ile birlikte periyodik tablo konusu ilişkilendirilerek, mevcut kavram yanlışlarını ortaya çıkarmaya yönelik olarak kullanılacak iki aşamalı kavram testi sunulmaktadır. İki aşamalı kavram tanı testleri, çoktan seçmeli testlerdeki şans başarısını azaltarak ölçmenin geçerlik ve güvenilirliğini artırır ve böylece ölçmedeki olası hataları en aza indirir (Çakır & Aldemir, 2011; Griffard & Wandersee, 2001).

İki aşamalı kavram tanı testleri, öğrencilerin verdikleri yanıtların nedenlerini de irdelemeye olanak sağladıkları için kavram yanlışlarının tespit edilmesinde çoktan seçmeli testlere göre daha çok katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada başlangıçta 30 sorudan oluşan testin birinci aşaması öğrencilerin ne bildiklerini ortaya çıkarırken, ikinci aşaması verdikleri yanıtın nedenini belirlemeye yönelik olarak literatürde yaygın olan kavram yanlışlarından yola çıkılarak hazırlanan çeldiricileri içermektedir. Testin kapsam ve görünüş geçerliği için uzman görüşü alınmıştır. Test, güvenilirlik analizleri için 334 ortaöğretim öğrencisine uygulanmıştır. Madde analizlerini yapmak için en başarısız %27'lik alt grup ve en başarılı %27'lik üst gruplar belirlenmiştir. Madde güçlük indeksleri, testte göreceli olarak kolay ve zor sorulara yer verildiğini ifade etmektedir. Yapılan analizler sonucunda, madde toplam korelasyonları ve ayıricılık indeksleri .30 değerinden küçük olan maddeler başarılı ve başarısız öğrencileri birbirinden ayırt etmemesi nedeniyle testten çıkarılmıştır. Maddeler testten çıkarıldıktan sonra tekrardan güvenilirlik analizi için Cronbach's Alpha değerleri hesaplanmıştır. Güvenirlik analizi sonucunda 17 maddeden oluşan testin birinci aşaması için güvenilirlik katsayısı .857, birinci ve ikinci aşaması için .908 olarak bulunmuştur. 17 sorudan oluşan testin son şeklinin kapsam geçerliğini sağlamak için tekrardan uzman görüşü alınmıştır.



Çalışmadan elde edilen bulgulardan yola çıkarak, geçerliği ve güvenilirliği yapılmış, iki aşamalı kavram testi olarak geliştirilen Kimya Kavram Tanı Testinin ortaöğretim öğrencilerinin periyodik tablo konusu ile ilgili kavram yanlışlarının ve kavramsal anlamalarının incelenmesinde kullanılacak bir araç olduğu söylenebilmektedir. Kimyanın yapı taşı denilebilecek periyodik tablo konusu ile kimyada yaygın kullanılan kavram çiftleri eşleştirilerek hazırlanan ve geliştirilen KKTT, fen ve kimya eğitimi alanında çalışan araştırmacılar ve öğretmenlere kavram yanlışlarını belirlemede yardımcı olacaktır. Ayrıca iki aşamalı kavram testleri, öğrenme sürecinde kullanılan yöntem ve tekniklerin etkililiğinin ve kavramsal gelişimin izlenmesinde kullanılabilir. Bundan sonra kavram yanlışları ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda, farklı kavram çiftleri kullanılması veya diğer kimya konularının ele alınmasının alana önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### **Kaynakça**

- Abraham, M. R., Williamson, V.M., & Westbrook, S.L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Adadan, E., & Savasci, F. (2012). An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 34(4), 513-544.
- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C. (eds.) (2001). *A taxonomy for learning and teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Addison Wesley Longman.
- Avcı, F., Şeşen, B. A., & Kırbaşlar, F. G. (2018). Maddenin yapısı ve özellikleri ünitesine yönelik iki aşamalı teşhis testinin geliştirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(4), 1007-1019.
- Aydoğan, S., Güneş, B., & Gülçiçek, Ç. (2003). Isı ve sıcaklık konusunda kavram yanlışları. *G. Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(2), 111-124.
- Bayrak, B. K. (2013). Using two-tier test to identify primary students' conceptual understanding and alternative conceptions in acid base. *Mevlana International Journal of Education (MIJE)*, 3(2), 19-26.

- Berg, A., Orraryd, D., Pettersson, A. J., & Hultén, M. (2019). Representational challenges in animated chemistry: self-generated animations as a means to encourage students' reflections on sub-micro processes in laboratory exercises. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 710-737.
- Bierenstiel, M., & Snow, K. (2019). Periodic universe: A teaching model for understanding the periodic table of the elements. *Journal of Chemical Education*, 96(7), 1367-1376.
- Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives Handbook 1: Cognitive domain*. London: Longman Group Ltd.
- Burrows, N. L., & Mooring, S. R. (2015). Using concept mapping to uncover students' knowledge structures of chemical bonding concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 53-66.
- Büyüköztürk, Ő. (2009). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (10. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ő., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ő., & Demirel, F. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (13. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307.
- Crocker, L., & Algina, J. (2006). *Introduction to classical and modern test theory*. Fort Worth, TX: Harcourt College.
- Çakır, M., & Aldemir, B. (2011). İki aşamalı genetik kavramlar tanı testi geliştirme ve geçerlik çalışması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(16), 335-353.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., & Ayas, A. (2006). Hikayeler ve kimya öğretimi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30, 110-119.
- Dönmez, Y. (2011). *Sınıf öğretmen adaylarının bazı kimya kavramlarını anlama seviyelerinin ve kavram yanlışlarının belirlenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya. (Tez no: 294164).
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

- Freire, M., Talanquer, V., & Amaral, E. (2019). Conceptual profile of chemistry: A framework for enriching thinking and action in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 41(5), 674-692.
- Geçgel, G., & Şekerci, A. R. (2018). Bazı kimya konularındaki alternatif kavramların tanılayıcı dallanmış ağaç tekniği kullanarak belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1-18.
- Ghalkhani, M., & Mirzaei, A. (2018). Using two-tier test to assess the fourth year students' learning and alternative conceptions in acid-base. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 8(2), 122-128.
- Gönen, S., Kocakaya, S., & Kocakaya, F. (2011). Dinamik konusunda geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış bir başarı testi geliştirme çalışması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 40-57.
- Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose?. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039-1052.
- 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.
- Güler, N. (2017). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (10. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking*. London: Allyn & Bacon.
- Harman, G. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının asit, baz ve tuz çözeltilerinin elektriksel iletkenliği ile ilgili hazırbulunuşlukları. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (55), 73-83.
- Kaltakci Gurel, D., Eryılmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 989-1008.
- Karamustafaoğlu, S., & Ayas, A. (2002). Farklı öğrenim seviyelerindeki öğrencilerin “metal, ametal, yarımetal ve alaşım” kavramlarını anlama düzeyleri ve kavram yanlışları. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 15, 151-162.

- Karataş, F. Ö., Köse, A. G. S., & Coştu, A. G. B. (2003). Öğrenci yanlışlarını ve anlama düzeylerini belirlemede kullanılan iki aşamalı testler. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(13), 54-69.
- Karslı, F., & Ayas, A. (2013). Prospective Science Teachers' Alternative Conceptions about the Chemistry Issues. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science & Mathematics Education*, 7(2), 284-313).
- Kolomuç, A., & Tekin, S. (2011). Chemistry teachers' misconceptions concerning concept of chemical reaction rate. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(2), 84-101.
- Lamichhane, R., Reck, C., & Maltese, A. V. (2018). Undergraduate chemistry students' misconceptions about reaction coordinate diagrams. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 834-845.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education*, 35(3), 118-124.
- Mutlu, A., & Sesen, B. A. (2015). Development of a two-tier diagnostic test to assess undergraduates' understanding of some chemistry concepts. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 629-635.
- Nahum, T. L., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Bar-Dov, Z. (2004). Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry?. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 301-325.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581-612.
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.

- Ortiz, C. B. (2019). Students' understanding of pre-organic chemistry concepts: Chemical bonding. *International Journal on Language, Research and Education Studies*, 3(1), 33-42.
- Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). An investigation into the relationship between students' conceptions of the particulate nature of matter and their understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531-1550.
- Özbayrak, Ö., & Kartal, M. (2012). Ortaöğretim 9. sınıf kimya dersi "bileşikler" ünitesi ile ilgili kavram yanlışlarının iki aşamalı kavramsal anlama testi ile tayini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (32), 144-156.
- Özgüven, E. (2007). *Psikolojik testlerde güvenilirlik ve geçerlik*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 225-233.
- Peterson, R., Treagust, D., & Garnett, P. (1986). Identification of secondary students' misconceptions of covalent bonding and structure concepts using a diagnostic instrument. *Research in Science Education*, 16(1), 40-48.
- Pikoli, M. (2020). Using guided inquiry learning with multiple representations to reduce misconceptions of chemistry teacher candidates on acid-base concept. *International Journal of Active Learning*, 5(1), 1-10.
- Prodjosantoso, A. K., & Hertina, A. M. (2019). The misconception diagnosis on ionic and covalent bonds concepts with three tier diagnostic test. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1477-1488.
- Reid, N. (2000). The presentation of chemistry logically driven or applications-led?. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(3), 381-392.
- Salame, I. I., Sarowar, S., Begum, S., & Krauss, D. (2011). Students' alternative conceptions about atomic properties and the periodic table. *The Chemical Educator*, 16, 190-194.
- Satilmis, Y. (2014). Misconceptions about periodicity in secondary chemistry education: The case of Kazakhstan. *International online Journal of Primary Education*, 3(2), 53-58.
- Schmidt, H. J. (1997). Students' misconceptions—Looking for a pattern. *Science Education*, 81(2), 123-135.

- Schmidt, H. J., Baumgärtner, T., & Eybe, H. (2003). Changing ideas about the periodic table of elements and students' alternative concepts of isotopes and allotropes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 257-277.
- Sesen, B. A., & Tarhan, L. (2011). Active-learning versus teacher-centered instruction for learning acids and bases. *Research in Science & Technological Education*, 29(2), 205-226.
- Smith, K. J., & Metz, P. A. (1996). Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. *Journal of Chemical Education*, 73(3), 233-235.
- Şen, Ő., Varoğlu, L., & Yılmaz, A. (2019). Examination of undergraduates' cognitive structures on reaction rates and chemical equilibrium. *Pamukkale University Journal of Education*, 45, 335-352.
- Şen, Ő., & Yılmaz, A. (2013). Kimya öğretmen adaylarına göre kavram yanlışlarının nedenleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35, 59-95.
- Taber, K. S. (1999). Ideas about ionisation energy: A diagnostic instrument. *School Science Review*, 81, 97-104.
- Taber, K. S. (2011). Models, molecules and misconceptions: A commentary on "secondary school students' misconceptions of covalent bonding". *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 3-18.
- Talbert, L. E., Bonner, J., Mortezaei, K., Guregyan, C., Henbest, G., & Eichler, J. F. (2020). Revisiting the use of concept maps in a large enrollment general chemistry course: implementation and assessment. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 37-50.
- Tan, K. C. D., Taber, K. S., Goh, N. K., & Chia, L. S. (2005). The ionisation energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionisation energy. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(4), 180-197.
- Tekin, H. (2009). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Yargı Yayınları.
- Treagust, D. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science education*, 16(1), 199-207.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Turgut, M. F. (1995). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme metotları*. Ankara: Yargıcı Matbaası.

- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229-245.
- Tüysüz, C. (2009). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essays*, 4(6), 626-631.
- Uyulgan, M. A., Akkuzu, N., & Alpat, Ş. (2014). Assessing the students' understanding related to molecular geometry using a two-tier diagnostic test. *Journal of Baltic Science Education*, 13(6), 839-855.
- Ünal, S. (2002). *Lise 1 ve lise 3 öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavramları anlama seviyelerinin karşılaştırılması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon. (Tez no: 127405)
- Ünal S., Coştu B. & Ayas A. (2010). Secondary school students' misconceptions of covalent bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 3–29.
- Valanides, 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.
- Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1990). *Educational measurement and testing* (2nd. Ed.). Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Yıldırım, N., Tepe, M., Kuş, S., & Biberöğlü, B. (2016). Kimyasal denge konusundaki kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik kavram karikatürü destekli iki aşamalı test geliştirilmesi ve uygulanması. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 534-547.
- Yücel, E. Ö., & Özkan, M. (2015). Determination of secondary school students' cognitive structure, and misconception in ecological concepts through word association test. *Educational Research and Reviews*, 10(5), 660-674.

## Ekler

## Chemistry Concept Diagnostic Test

				5	6				
11				B	C				
Na									

1. Which of the following statement is **true** about elements Na, B and C?
- Na and B are good conductors of electricity at room temperature.
  - The solution of CO<sub>2</sub> is basic.
  - The graphite allotrop of carbon conducts electricity and the diamond allotrop conducts heat.
  - Na form covalent bonds.
- Which of the following statement can best explain your answer?
- Carbon, in the form of graphite conduct electricity, and in the form of diamond is the best conductor of heat.
  - Metals are good conductors of electricity.
  - Nonmetals forms covalent bonds.
  - Metals generally forms acidic oxides.

1										2							
H										He							
3	4					5	6	7	8	9	10						
Li	Be					B	C	N	O	F	Ne						
11	12					13	14	15	16	17	18						
Na	Mg					Al	Si	P	S	Cl	Ar						
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

2. Which one of the following pairs have **both** an **acid** and a **base**?
- NH<sub>3</sub> and HCl
  - NH<sub>3</sub> and NaOH
  - Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and NaOH
  - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and HCl
- Which of the following statement can best explain your answer?
- All matters that have hydrogen are acidic, and that have hydroxide are basic.
  - Ammonium is basic and hydrogen chlorine is acidic.
  - Oxides of metals are acidic, and that have hydroxide are basic.
  - Acids donate and bases accept protons.



3. Which one of the following option has pairs of compounds that have **both ionic and covalent** bonding?

- a. HCl and F<sub>2</sub>   b. HCl and MgCl<sub>2</sub>   c. F<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub>   d. NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>

• **Which of the following can best explain your answer?**

- a. Ionic bonding forms atoms that are both nonmetals, and covalent bonding forms between metal and nonmetals.  
b. Ionic bonding forms between metal and nonmetals, and covalent bonding forms between metals.  
c. Ionic bonding forms by sharing electrons, and covalent bonding forms by transferring electrons.  
d. Ionic bonding forms between metal and nonmetals by means of the attraction between oppositely charged ions, and covalent bonding forms between nonmetals by sharing their electrons.

4. What **kind of** bonding is formed in H<sub>2</sub>O molecule?

- a. Ionic bonding   b. Covalent bonding   c. Hydrogen bonding   d. Metallic bonding

• **Which of the following statement can best explain your answer?**

- a. The covalent bond forms because of oxygen and hydrogen are non-metal.  
b. The covalent bond forms by the transferring of one electron from the hydrogen to the oxygen.  
c. The covalent bond forms with the hydrogen which is a metal and oxygen which is a nonmetal.  
d. The covalent bond forms by the transferring of one electron from the oxygen to the hydrogen.

1 H																				
						6 C		8 O	9 F											
11 Na																			17 Cl	
		20 Ca																		



5. Which one of the following pairs consist of a **covalent and ionic** compound?

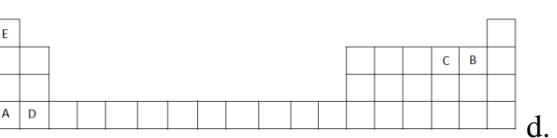
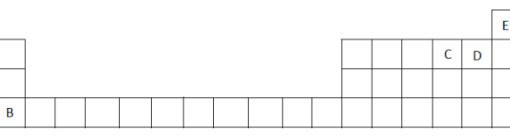
- a. CH<sub>4</sub> and NaCl   b. H<sub>2</sub>O and HCl   c. NaCl and CaF<sub>2</sub>   d. CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>

• **Which of the following statement can best explain your answer?**



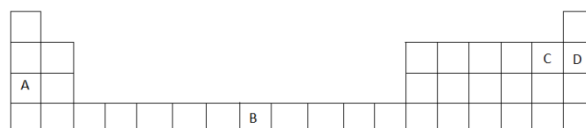
iv. B and C form ionic bond.

a.  b. 

c.  d. 

• Which of the following statement can best explain your answer?

- Covalent bonding is not form between nonmetals.
  - Ionic bonding form between nonmetals by sharing electrons.
  - Nonmetals (except hydrogen) are not at the right side of the periodic table.
  - Covalent bonding is form with nonmetals by sharing electrons, and ionic bonding forms between metals and nonmetals by transferring electrons.
8. Through the following table, which one of the given elements can form both ionic and covalent compounds?

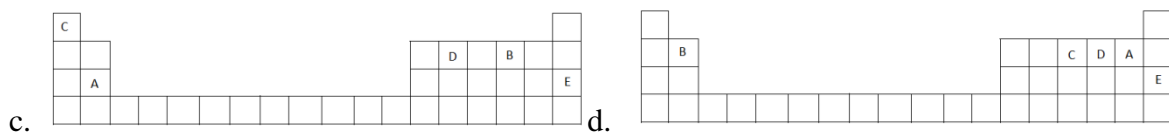
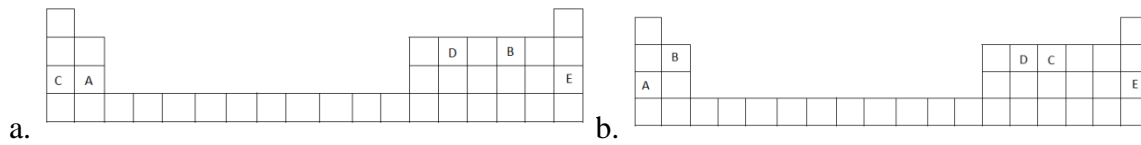


- a. A   b. B   c. C   d. D

• Which of the following statement can best explain your answer?

- Non-metals tend to form both ionic and covalent compounds.
  - Metals tend to form both ionic and covalent compounds.
  - Noble gases tend to form both ionic and covalent compounds.
  - Transition metal group elements tend to form both ionic and covalent compounds.
9. Through the following which one of the given tables represent the true location for A, B, C, D and E?
- A and B held together by ionic bonding.
  - D has covalent bonding with C.
  - D has covalent bonding with B.

iv. E has no bonding.



- Which of the following statement can best explain your answer?

- Metal and non-metals have ionic bonding while non-metals have covalent bonding and noble gases have no bonding.
- Metal and non-metals have covalent bonding while non-metals have ionic bonding and noble gases have no bonding.
- Non-metals have both ionic and covalent bonding.
- Noble gases have both ionic and covalent bonding.

10. Which of the following particulars is the **same for the same group** of elements in the periodic table?

- Number of neutrons
- Number of valance electrons
- Number of protons
- Number of electrons

- Which of the following statement can best explain your answer?

- Valance electron number is the group number and the number of electrons in an atoms' outermost energy level.
- Valance electron number is the number of neutrons, and equal with the electron number for the atoms which are neutral.

- c. While the number of electrons characterize the chemical properties of the elements, the number of protons do not.
- d. The number of protons always equal to the number of electrons for the same element.
11. Which one of the following properties **increase** both from **left to right** and **above to below** in the periodic table?
- Electron and proton numbers
  - Atomic mass and volume
  - Electronegativity and electropozitivity
  - Metallic and nonmetallic properties
- **Which of the following statement can best explain your answer?**
- The electron and protons number increase from left to right and above to below in the periodic table, because of increasing atomic number.
  - The atomic mass and volume increase from left to right and above to below in the periodic table because of increasing shell number.
  - The electronegativity and electropozitivity increase from left to right and above to below in the periodic table because of increasing attraction.
  - The metallic and nonmetallic properties increase from left to right and above to below in the periodic table because of increasing electron number.

1																	2				
H																	He				
3	4															5	6	7	8	9	10
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
11	12															13	14	15	16	17	18
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				

12. According to the following table, which one of the following statements is **true**?

	Element or Ion	Number of protons	Number of electrons
a.	Ca	20	18
b.	Br	35	36
c.	Ca <sup>2+</sup>	18	18
d.	Br <sup>-</sup>	35	36

- Which of the following statement can best explain your answer?

- The loss of an electron from a neutral atom gives a positively charged, and the gain of an electron by a neutral atom gives a negatively charged.
- The gain of an electron by a neutral atom gives a positively charged, and the loss of an electron from a neutral atom gives a negatively charged.
- Group 1A elements on the periodic table has one more electron number than proton number.
- Group 7A elements on the periodic table has one more electron number than proton number.

13. What does it become when an atom **loss** an electron?

- The ion with negative charge form.
- The ion with positive charge form.
- The electron number increases.
- The proton number increases.

- Which of the following statement can best explain your answer?

- The ion that has positive charge called cation.
- If an electron loses, it will be a negative charge.
- The ion that has negative charge called anion.
- The electron will turn into a proton.

14. According to the following table, which one of the following statements is **true**?

(Sodium has atomic number as 11 and chlorine has 17)

	Element or Ion	Number of protons	Number of electrons
a.	Na	11	10
b.	Cl	17	18
c.	Na <sup>+</sup>	10	11
d.	Cl <sup>-</sup>	17	18

- Which of the following statement can best explain your answer?

- The loss an electron from a neutral atom gives a negatively charged.

- b. The gain an electron by a neutral atom gives positively charged.
- c. Alkali metal atoms have a single electron in their valence shell and by losing this electron the alkali metal converted to a cation.
- d. Halogen atoms have 7 valence electrons in their valence shell and by gaining an electron the halogen converted to an anion.

					8A
					2 He
3A	4A	5A	6A	7A	
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne

15. How many electron/electrons must oxygen (Z:8) gain/lose to attain **noble gas** electronic configuration?

- a. Loss 2 electrons
  - b. Gain 2 electrons
  - c. Loss 3 electrons
  - d. Gain 3 electrons
- **Which of the following statement can best explain your answer?**
- a. Oxygen, a group 3A element, has the electron configuration  $1s^22s^22p^4$  and needs to loss 3 electrons to reach an octet.
  - b. Oxygen, a group 6A element, has the electron configuration  $1s^22s^22p^4$  and needs 2 more electrons to reach an octet.
  - c. Oxygen, a group 6A element, has the electron configuration  $1s^22s^22p^4$  and needs to loss 2 electrons to reach an octet.
  - d. Oxygen, a group 6A element, has the electron configuration  $1s^22s^22p^4$  and needs to gain 3 electrons to reach an octet.

1 H									2 He		
3 Li	4 Be										
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne						
11 Na	12 Mg					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

16. Which one of the following pairs both are likely to exist?

- a.  $K^+$  and  $Ca^{2-}$
  - b.  $Na^+$  and  $O^-$
  - c.  $Ar^+$  and  $Ne^-$
  - d.  $K^+$  and  $O^{2-}$
- **Which of the following statement can best explain your answer?**

- Group 1A metals form +1 charged cations, and group 6A nonmetals form 2-charged anions.
- Group 1A metals form +1 charged cations, and group 2A elements form 2-charged anions.
- Group 8A elements (the noble gases) are very reactive that they can have both positively and negatively charged.
- Group 1A metals form +1 charged cations, and group 6A elements form 1-charged anions.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr

17. Which one of the following statement is **true** about **anions** and **cations**?

- Iron can form both  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  ions.
  - Group 1A and 2A metals form 1- and 2- charged ions to achieve a noble gas configuration.
  - Lithium can form  $\text{Li}^-$ .
  - Fluorine can form  $\text{F}^+$ .
- **Which of the following statement can best explain your answer?**
    - The metals form anions by losing one or more of their electrons.
    - Transition metals form cations that can have more than one charge.
    - For nonmetals in groups 5A, 6A and 7A, cation charge = 8 – (group number)
    - For 1A and 2A metals, anion charge = group number