



Modelleme Destekli TaTGA Etkinliklerinin Organik Kimya Dersindeki Etkinliğinin İncelenmesi: Rezonans Konusu*

Gülten ŞENDUR¹, Tarık OTMAN², Furkan KAFADAR³, Ece AKTAŞ⁴, Merve KAYA⁵

¹Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir -Türkiye, gulten.sendur@deu.edu.tr

²Yüksek Lisans Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir -Türkiye,

³ Lisans Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir -Türkiye,

⁴Öğretmen, İzmir -Türkiye

⁵Öğretmen, Bursa-Türkiye

ÖZET

Rezonans konusu, Organik Kimyanın en temel ve soyut konularının başında gelmektedir. Bu araştırma ile modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin, fen bilgisi öğretmen adaylarının rezonans konusundaki akademik başarıları üzerine bir etkisinin olup olmadığını incelemek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, ön-test, son-test kontrol gruplu yarı deneysel desen olarak yürütülen araştırmada bir eğitim fakültesinin fen bilgisi eğitimindeki iki sınıf; deney (N=28) ve kontrol grubu (N=24) olarak rastgele seçilmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak 8 adet açık uçlu soru ve çalışma yaprakları uygulanmıştır. Ön-testlerin uygulanmasının ardından, rezonans konusu kontrol grubunda düz anlatım yöntemine göre, deney grubunda ise modelleme destekli TaTGA etkinlikleri ile işlenmiştir. Araştırmada, açık uçlu soruların Mann Whitney-U analiz sonuçları, deney ve kontrol gruplarının ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını, son-test puanları arasında ise deney grubu lehine bir farklılık olduğunu göstermektedir. Bu sonuç ışığında, rezonans konusunun öğretiminde modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin, fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarılarını arttırmada düz anlatım yöntemine göre daha etkili olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Modelleme, organik kimya, rezonans, TaTGA

Investigation of Effectiveness of Modelling Supported PDEODE Activities in Organic Chemistry Course: The Subject of Resonance

ABSTRACT

The subject of resonance is one of the most basic and abstract topics of Organic Chemistry. With this study, it was aimed to investigate whether modeling supported PDEODE activities have an effect on the academic success of pre-service science teachers in resonance. In this direction, in the study conducted as a pre-test, post-test control group quasi-experimental design, two classes in science education of an education faculty; randomly selected as experiment (N = 28) and control group (N = 24). In the research, 8 open-ended questions and worksheets were used as data collection tools. After the pre-tests were applied, the subject of resonance was treated with the method of lecturing in the control group and with modeling supported PDEODE activities in the experimental group. In the study, the

* Bu çalışmanın bir bölümü 2. Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresinde (FMGT 2020) sözlü sunum olarak sunulmuştur.

Mann Whitney-U analysis results of open-ended questions show that there is no significant difference between the pre-test scores of the experimental and control groups, and a difference in favor of the experimental group between the post-test scores. In the light of this result, it can be said that modeling supported PDEODE activities in teaching resonance subject are more effective than direct instruction method in increasing the academic success of pre-service science teachers.

Keywords: Modelling, organic chemistry, PDEODE, resonance,

GİRİŞ

Rezonans, lisans öğrencilerinin öncelikle genel kimya dersleri içeriğinde karşılaştıkları, bazı moleküllerin bir Lewis yapısı ile gösteriminin mümkün olmadığı durumlarda, doğru gösterimin nasıl yapılacağına ele alındığı temel bir konudur (Kim, Wright & Miller, 2019). Bununla birlikte, rezonans konusunun en ağırlıklı olduğu ders organik kimya dersleridir. Bunun başlıca nedeni ise, moleküllerin reaktivitesinden, yapılarına, fiziksel özelliklerinden, tepkime mekanizmalarına, aromatiklikten, ürünlerin yüzdeleri ve spektroskopiye kadar oldukça geniş kapsamda pek çok konunun rezonans ile ilişkili olması gösterilebilir. Bu durum, rezonans konusunun organik kimyanın en temel ve en önemli konularından biri olmasını sağlamıştır. Buna karşın, rezonans konusu, lisans öğrencilerinin organik kimya derslerinde algılamakta zorlandıkları konuların başında gelmektedir (Betancourt-Perez, Olivera & Rodriguez, 2010; Duis, 2011). Özellikle bu kapsamda yürütülen araştırmalar “rezonans kavramı” ve “rezonans yapıların oluşturulması” başlıklarında öğrencilerin öğrenme zorluklarının olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu araştırmalardan biri Taber (2002) tarafından lisans düzeyinde öğrenim gören öğrenciler üzerinde yürütülmüş olup, araştırmada öğrencilerin rezonans kavramını kavramsallaştırmada zorlandıkları belirlenmiştir. Araştırmacı, öğrencilerin özellikle benzen molekülünün gösterimindeki halkaya “elektron rezervi” gibi bir anlam yüklediklerini saptamıştır. Araştırmada aynı zamanda, öğrencilerin rezonans olayını, sadece tekli ve çiftli bağların yerini göstermede bir araç gibi gördükleri ve rezonans formları arasında çizilen oku da, bu formlarının birbirlerine dönüşümlerinin bir göstergesi olarak algıladıkları ortaya çıkmıştır.

Betancourt-Perez, Olivera ve Rodriguez (2010) tarafından yürütülen bir araştırmada ise, öğrencilerin özellikle rezonans yapılarını oluşturmada zorlandıkları ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar, bu çalışmalarında “elektron hareketlerini temsil eden eğri okların çizimi”, “bir molekül ya da iyonu temsil edecek alternatif ve en kararlı Lewis yapılarının çizimi” ve “rezonans hibridin çizilmesi” konularında öğrencilerin öğrenme düzeylerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırma sonunda, öğrencilerin “delokalize π sistemlerini tanımlayamamaları” ve “oktet kuralı ihlalleri” rezonans yapılarını oluşturmalarında başlıca hata kaynakları olarak belirlenmiştir.

Benzer bir şekilde, Winter (2016), öğrencilerin rezonans yapılarının oluşturulurken “atom yükleri ve oktet kuralının unutulması”, “sigma bağlarının kopartılması” ve “kıvrık oklar ile gösterilen elektron hareket yönünün takip edilememesi” gibi noktalarda hata yaptıklarını belirtmiştir.

Widarti, Retnosari ve Marfu’ah’ın (2017) yürüttüğü araştırmada ise kimya öğretmen adaylarının rezonans yapılarını “hem atom hem de elektronların farklı düzenlendiği iki ya da daha fazla Lewis yapıları” olarak tanımladıkları belirlenmiştir. Araştırmada öğretmen

adaylarının “birbiri ile denge halinde olan rezonans yapılarında sadece yüklü atomların yer alacağı”, “rezonans yapılarının kararlılıklarının sadece atom yüklerinin konumu ile belirlenebileceği” ve “formal yük ile rezonans yapıları arasında bir ilişki olmadığı” şeklinde bilimsel olmayan kavramalara sahip oldukları belirlenmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda, kimya öğretmen adaylarının elektron çiftlerinin hareketini gösteren kıvrık okları tam olarak anlamlandıramadıklarını da belirtmişlerdir.

Kim, Wright ve Miller (2019) tarafından yürütülen bir başka araştırmada da, genel kimya dersini alan öğrencilerin benzenin rezonans formlarını birbirinden ayrı bir yapı olarak değerlendirdikleri yani tek bir yapının tamamlayıcıları olarak görmedikleri ortaya çıkmıştır. Xue ve Stains’ce (2020) yürütülen bir araştırmada da, organik kimya dersini alan lisans öğrencilerinin rezonans kavramını açıklamakta ve rezonans yapıları ile rezonans melezi arasındaki ilişkiyi anlamakta zorlandıkları belirlenmiştir. Bir başka araştırma ise Nedungadi (2020) tarafından organik kimya dersini alan öğrenciler üzerinde yürütülmüş ve araştırmada, öğrencilerin rezonans konusunda alternatif kavramalara sahip olduğu, özellikle de rezonans hibritine katkı sağlayan yapıların belirlenmesinde zorlandıkları ortaya çıkmıştır.

Rezonans konusunun kavramsal olarak zorluğu bu araştırma sonuçları ile ortaya konulsa da, konunun öğretimi ile ilgili araştırmalar daha çok analogilerle sınırlı kalmıştır (Silverstein, 1999; Lin, 2007). Carle ve Flynn’ın (2020) da ifade ettiği gibi bu araştırmalarda öğrencilerin kavramsal olarak hangi nokta da zorlandıkları, öğrencilerin neleri öğrenmeleri gerektiği ve uygulanan yöntemin öğrencilerin öğrenmeleri üzerindeki etkisinin ne olduğu ele alınmamıştır. Nitekim, Graulich (2015), kimya eğitiminde yürütülen araştırmaların, rezonans, aromatiklik ve hiperkonjugasyon gibi daha çok alana özgü kavramlar üzerinde yürütülmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu açıdan, öğrencilerin analogiler yerine başka modeller üzerinden rezonans konusunu anlamalarına yardımcı olacak öğrenme ortamlarının oluşturulmasının ve bu öğrenme ortamlarının öğrencilerin öğrenmeleri üzerindeki etkisinin araştırılmasının bir ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır.

Modeller, soyut kavramların somutlaştırılmasında sıklıkla başvurulan yöntemlerden biri olup, bir sistemin temsili araçları olarak tanımlanırken; modellerinin oluşturulduğu, değerlendirildiği süreç ise modelleme olarak ifade edilmektedir (Clement, 1989; Harrison, 2001; Treagust, 2002). Nitekim organik kimyada özellikle moleküllerin gösteriminde, top-çubuk, bağ-çizgi gibi farklı modellerden yararlanılmaktadır. Bu açıdan, rezonans gibi öğrencileri için oldukça soyut olan bir konunun anlamlı bir şekilde öğrenilmesinde modellemeye dayalı bir öğrenme ortamının oluşturulması yararlı olabilecektir. Aynı zamanda, oluşturulacak öğrenme ortamının, öğrencilerin var olan ön bilgilerini açığa çıkarıp, sorgulama yapmalarına olanak tanıyacak şekilde hazırlanması öğrencilerin anlamlı öğrenmelerine katkı sağlayacaktır.

Bu amaçla, kullanılabilir yöntemlerden biri de tahmin-gözlem-açıklama (TGA)’dır. TGA ile ilgili alan yazında yürütülen araştırmalar hem öğrencilerin akademik başarılarının arttırdığını, hem de kavram yanlışlarını gidermede etkili olduğunu ortaya koymuştur (Acar-Şeşen & Mutlu, 2016; İpek, Kala, Yaman & Ayas, 2010; Sreerekha, Arun Raj & Sankar, 2016; Yavuz & Çelik, 2013). TGA yöntemi, grup tartışmaları ile desteklenerek tahmin-tartışma-açıklama-gözlem-tartışma-açıklama (TaTGA) olarak yeniden düzenlenmiştir. TaTGA’da TGA’dan farklı olarak tahmin ve gözlem basamaklarının ardından öğrenciler grup arkadaşları ile düşüncelerini paylaşıp, tartışmaları sağlanmakta ve sonrasında vardıkları

sonuçları açıklamaları istenmektedir. Bu açıdan TaTGA, öğrencilerin hem bireysel olarak önbilgilerini fark etmelerini sağlamakta hem de akranları ile tartışarak ortak bir anlam oluşturmalarına da katkı sağlayabilmektedir (Coştu & Karataş, 2017). Nitekim TaTGA ile ilgili yürütülen araştırma sonuçları da bu yöntemin, öğrencilerde kavramsal değişimi sağlamada ve kavramsal anlamının gelişmesinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Coştu, 2008; Coştu, Ayas & Niaz, 2010; Coştu, Ayas & Niaz, 2012). Hem TGA hem de TaTGA ile ilgili olarak yürütülen araştırmalar genel olarak incelendiğinde çoğunun genel kimya konuları ve laboratuvarında uygulamaya dönük olduğu anlaşılmaktadır.

Bu açıdan TaTGA'nın organik kimyada uygulandığı ve gözlem aşamasının model üzerinden yürütüldüğü ve bu tarz etkinliklerin öğretmen adaylarının öğrenmeleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışma ile modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin, fen bilgisi öğretmen adaylarının rezonans konusundaki akademik başarıları üzerinde etkili olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, araştırmada şu problemlere cevap aranmıştır:

- 1) Modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin, düz anlatım yöntemine kıyasla fen bilgisi öğretmen adaylarının rezonans konusundaki akademik başarılarına etkisi nedir?
- 2) Deney ve kontrol grubundaki öğretmen adayları rezonans konusunun hangi noktalarında öğrenme zorluğu yaşamaktadırlar?

YÖNTEM

a) Araştırmanın Deseni

Araştırma, ön-test-son-test kontrol gruplu yarı-deneysel desen olarak yürütülmüştür. Bu araştırma deseni, katılımcıların deney ve kontrol gruplarına rastgele atanmasının imkan olmadığı ancak deneysel işlemin gruplara rastgele atanabileceği çalışmalarda uygun olmaktadır (Cohen, Manion & Marrison, 2000). Nitekim bu araştırmada da Fen Bilgisi Öğretmenliği 2. sınıflarının bulunduğu iki şubeden, bir şube rastgele olarak deney (N=28), diğeri ise kontrol grubu olarak (N=24) atanmıştır. Deney grubunda dersler, modelleme destekli TaTGA etkinlikleri ile işlenirken, kontrol grubunda ise düz anlatım yöntemine göre işlenmiştir.

b) Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu Ege bölgesindeki bir devlet üniversitesinin Fen Bilgisi Eğitimi bölümünde 2017-2018 bahar döneminde 2. Sınıflarda öğrenim gören ve Genel Kimya IV (Organik Kimya) dersine kayıtlı 52 öğretmen adayı oluşturmaktadır. İki farklı şubede öğrenim gören öğretmen adaylarının tamamı, araştırmaya gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmaya katılan öğretmen adayları üniversiteye giriş sınavından yakın puanlar alarak sınıflara yerleştirilmiş olup, 2. sınıf seviyesine gelinceye kadar ortak dersleri almışlardır. Öğretmen adayları önceki dönemlerde Genel Kimya I, II ve III derslerini almışlardır. Rezonans konusu, Genel Kimya I dersi içeriğinde yer alan kimyasal bağlara giriş konusundaki Lewis gösterimleri ve formal yük hesaplamalarında da ele alınmıştır. Bu açıdan, öğretmen adaylarının rezonans konusuna ilişkin temel düzeyde ön bilgilere, eğitim açısından da benzer deneyim geçmişine sahip olduğu söylenebilir.

c) Veri Toplama Araçları

Araştırmada, açık uçlu sorular ve çalışma yaprakları olmak üzere iki veri toplama aracı kullanılmıştır.

Açık Uçlu Sorular

Araştırmada, öğretmen adaylarının rezonans kavramını nasıl anlamlandırdıkları ve moleküllerin rezonans sınır formüllerini nasıl oluşturduklarını ortaya koymak için 1. araştırmacı tarafından geliştirilen 8 adet açık uçlu soru kullanılmıştır. Bu sorulardan 1. soru, 5 alt soruyu içermekte olup bu alt soruların her birinde molekül üzerinde belirtilen elektronların hareketleri sonucu oluşacak moleküllerin yapı formülünün yazılması istenmiştir. 2. açık uçlu soru da ise, 2 alt soru bulunmaktadır. Bu alt soruların birinde tiyoanisol diğeri ise benzamid moleküllerinin rezonans sınır formüllerinin yazılması istenmiştir. 3. ve son soruda ise rezonans olayının ne olduğunun molekül üzerinden açıklanması istenmiştir. Araştırmada kullanılan bu açık uçlu sorular ve cevapları Ek-1'de sunulmuştur.

Araştırmada kullanılan açık uçlu sorular hazırlanırken, önceden belirlenen kazanımlar temel alınmış ve soruların bu kazanımlara uygunluğu için organik kimya ve kimya eğitiminde uzman iki öğretim üyesinin görüşüne başvurulmuştur. Tablo 1'de soruların ilgili olduğu kazanımlar gösterilmiştir.

Tablo 1. Açık Uçlu Sorular ve İlgili Oldukları Kazanımlar

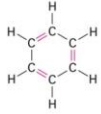
Soru	Kazanım
Soru 1a	Karbosiklik bir molekülde, elektron hareketleri sonucu oluşan rezonans sınır formülünü gösterir (Disüstitüe benzen için).
Soru 1b	Karbosiklik bir molekülde, molekülünde, elektron hareketleri sonucu oluşan rezonans sınır formülünü gösterir (Monosüstitüe benzen için)
Soru 1c	Heterosiklik bir molekülde elektron hareketleri sonucu oluşan rezonans sınır formülünü gösterir (Piridin-N-oksit için).
Soru 1d	Heterosiklik bir molekülde elektron hareketleri sonucu oluşan rezonans sınır formülünü gösterir (1-metilpiridinyum türevi için).
Soru 1e	Heterosiklik bir molekülde, elektron hareketleri sonucu oluşan rezonans sınır formülünü gösterir (Piröl için).
Soru 2a	Elektron verici bir grubun bağlandığı aromatik molekülün rezonans sınır formüllerini oluşturur.
Soru 2b	Elektron çekici bir grubun bağlandığı aromatik molekülün rezonans sınır formüllerini oluşturur.
Soru 3	Rezonans kavramını açıklar.

Ayrıca bu açık uçlu sorular, rezonans konusunu görmüş 15 kişilik bir başka öğretmen adayı grubunda uygulanarak pilot çalışması yapılmıştır. Pilot çalışmadaki temel amaç, hem süre açısından soruların test edilmesi hem de öğretmen adaylarının sorularda anlamakta zorluk çektikleri ifadelerin olup olmadığının belirlenmesidir. Pilot çalışma sonucunda, 1. sorunun anlaşılabilirliğini arttırmak için sorunun ifadesinde değişikliğe gidilmiş ve son şekli verilmiştir. Tüm bu uygulamalar sonunda son şekli verilen sorular, deney ve kontrol gruplarına öğretimden 2 hafta önce ön-test, öğretimden 1 hafta sonra ise son-test olarak eş zamanlı bir şekilde uygulanmıştır.

Çalışma Yaprakları

Öğretmen adaylarının uygulama sürecinde tahmin-gözlem-açıklama basamaklarını sıra ile takip edebilmeleri ve derse daha aktif katılımlarının sağlanabilmesi amacı ile araştırmacılar tarafından çalışma yaprakları hazırlanmıştır. Bu çalışma yaprakları, rezonans yapıları incelenen tüm moleküller için tahmin, gözlem ve açıklama basamakları için ayrı ayrı yapılmış ve öğrencilere dağıtılmıştır. Şekil 1 ve 2’de tahmin-gözlem ve açıklama aşamalarında kullanılan çalışma yapraklarından örneklere yer verilmiştir.

BENZEN MOLEKÜLÜNDEKİ KARBON ATOMLARI ARASINDAKİ BAĞ UZUNLUKLARINI KIYASLAYALIM




Benzen molekülündeki Karbon atomları arasındaki tüm bağların (tüm C=C ve C-C bağları) uzunluklarını kıyaslarsanız, sizce nasıl bir ilişki vardır?



Tahmininiz ve nedenini aşağıdaki kutucuğa yazınız?

çünkü

Aromatik halkaya bir grup bağlandığında, delokalizasyon olabilir mi? Örneğin: Fenol molekülünde Oksijen atomunun ortaklanmamış elektron çifti delokalizasyona katılır mı? Katılırsa rezonans sınır formülleri nasıl olur?



Tahmininiz ve nedenini aşağıdaki kutucuğa yazınız?

çünkü

Şekil 1. Araştırmada Tahmin Aşamasında Öğretmen Adaylarına Verilen Çalışma Yapraklarından Örnekler



Model üzerindeki gözlemlerinizi aşağıdaki kutucuğa yazınız/çiziniz?

Gözlem ve tahminlerinizin karşılaştırınız. Aralarında tutarlılık veya tutarsızlık var mı? Nedenleri ile açıklayınız



Şekil 2. Araştırmada Gözlem ve Açıklama Aşamasında Öğretmen Adaylarına Verilen Çalışma Yapraklarından Örnekler

c) Öğretim Süreci

Araştırma sürecinde, öncelikli olarak deney grubundaki fen bilgisi öğretmen adaylarına uygulanacak yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Bu aşamanın tamamlanması ile birlikte sınıf ortamında 6 basamakta gerçekleştirilen etkinliklerin uygulamasına geçilmiştir.

Etkinlikler uygulanırken, öğretmen adaylarının 5-6 kişilik gruplara ayrılmaları ve her gruptan bir sözcünün seçilmesi sağlanmıştır. Ardından, etkinliklerinin birinci aşaması olan tahmin basamağına geçilmiştir. Bu aşamada, öğretmen adaylarına çalışma yaprakları dağıtılarak, rezonans kavramı ve moleküllerin rezonans sınır formülleri ile ilgili tahminlerde bulunmaları istenmiştir.

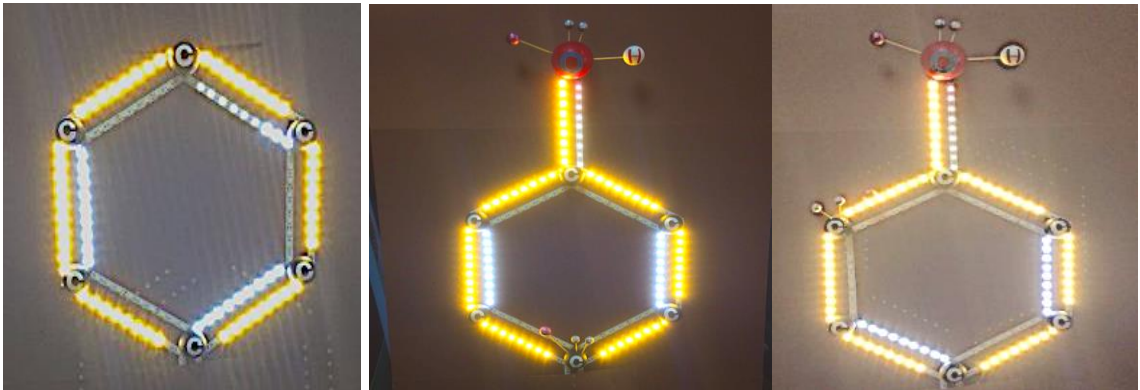
Etkinliğin ikinci aşaması olan tartışma basamağında, öğretmen adaylarının tahminlerini grup içerisinde paylaşmaları, tartışmaları ve grupça ortak bir noktada uzlaşmaları istenmiştir.

Etkinliğin üçüncü aşamasına geçildiğinde ise grup sözcüleri grup kararları olan tahminlerini sınıf ortamında paylaşmışlardır. Böylelikle, her grup ele alınan molekül ile ilgili tahminini sınıf ortamında açıklamış olmuştur.

Öğretmen adaylarının tahminde buldukları ve bunu paylaştıkları ilk 3 basamağın ardından, 4. aşama olan gözlem aşamasına geçilmiştir. Gözlem aşamasında sınıf içerisinde getirilen model üzerinde, ilgili moleküllerde delokalizasyonun nasıl gerçekleştiği ve buna bağlı olarak moleküllerin rezonans sınır formüllerinin neler olduğu gösterilmiştir. Bu aşamada öğretmen adaylarından, bireysel olarak gözlemlerini, kendilerini verilen çalışma yapraklarına yazmaları istenmiştir. Modelde, delokalizasyona katılan π elektronları ve bağ yapımına katılmayan elektron çiftlerinin hareketi led ışıkları ile atomların yükleri ve bağ yapımına katılmayan elektron çiftleri ise ilgili atom üzerine eklenmek suretiyle gösterilmiştir.

Etkinliğin beşinci aşamasında, öğretmen adaylarının gözlem sonuçlarını grup arkadaşları ile tartışmaları, başlangıçtaki tahminleri bağlamında değerlendirme yapmaları sağlanmıştır.

Etkinliklerin son aşamasında ise, gruplardan tahmin ve gözlemleri arasındaki benzerlik ile farklılıkları sınıf ortamında açıklamaları istenmiş ve son olarak da tartışma ortamı ile bu aşama tamamlanmıştır. Etkinliklerde “Benzen” “Fenol” “Nitrobenzen” “Benzaldehit” ve “*p*-nitrofenol” moleküllerin rezonans yapıları incelenmiş olup, öğretim 3 hafta (6 ders saati) tamamlanmıştır. Şekil 3’de araştırmada kullanılan modelden örneklere yer verilmiştir.



Şekil 3. Araştırmada Kullanılan Benzen ve Fenol Molekülüne Ait Modeller

Kontrol grubunda dersler ise, düz anlatım ve soru-cevap tekniği temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Deney grubundaki aynı içerik kontrol grubunda da işlenmiş olup, haftada 2 ders saati olmak üzere 6 ders saatinde (3 haftada) rezonans konusu işlenmiştir. Hem deney hem de kontrol gruplarında dersler aynı öğretim elemanı tarafından yürütülmüştür.

d) Verilerin Analizi

Araştırmada açık uçlu sorular, “tam doğru,” “kısmen doğru”, “yanlış” ve “boş” kategorilerine uygun bir şekilde analiz edilmiştir. Benzer kategoriler, çeşitli araştırmalarda kullanılmıştır (Başkan-Takaoğlu & Alev, 2015; Kılınç-Alpat, Özbayrak-Azman & Alpat, 2018). Araştırmada açık uçlu soruların cevapları bu şekilde kategorize edildikten sonra puanlanmasına geçilmiştir. Bu doğrultuda, tam doğru (TD) kategorisine 3, kısmen doğru (KD) kategorisine 2, yanlış (Y) kategorisine 1 ve boş (B) kategorisine 0 puan vermek suretiyle öğretmen adaylarının ön ve son-testlerden aldıkları toplam puanlar hesaplanmıştır. Öğretmen adaylarının açık uçlu sorulardan alabilecekleri maksimum puan 24’tür. Açık uçlu soruların analizinde öncelikle soruların cevap anahtarı çıkartılmış ve iki araştırmacı tarafından sorular, belirlenen kategorilere puanlandırılmıştır. Puanlayıcılar arasındaki güvenilirlik hesaplaması için korelasyon analizini başvurulmuştur. Ön-testlerde deney grubu için Pearson korelasyon katsayısı 0,965, kontrol grubu için 0,948; son-testlerde ise kontrol grubu için 0,914; deney grubu için de 0,976 olarak bulunmuştur. Katsayıların bu değerleri, puanlayıcılar arasında yüksek ve pozitif bir korelasyon olduğunu göstermektedir (Büyüköztürk, 2006). Diğer bir ifade ile ön ve son-testlerin puanlandırılması yüksek düzeyde bir güvenilirlik ile gerçekleştirilmiştir.

Verilerin istatistiksel analizi SPSS 15.0 programı kullanılarak yapılmış ve öncelikle verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine bakılmıştır. Kolmogorov–Smirnov ve Shapiro-Wilks test sonuçlarına göre verilerin normal dağılım göstermediğinin belirlenmesinin ardından, deney ve kontrol gruplarının ön ve son-test puanlarını karşılaştırmak için Mann Whitney-U testi kullanılmıştır. Araştırmada, aynı zamanda deney ve kontrol grubundaki öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevapların kategorilere göre frekans ve yüzde değerleri de hesaplanmıştır (Tablo 4 ve Tablo 5).

Öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevaplara göre ne tür öğrenme zorluklarının olduğunun tespiti ise 1. araştırmacı ve organik kimyada uzman bir öğretim elemanı tarafından içerik analizine göre yapılmıştır. Bu amaçla, 1. araştırmacı ve uzman, verilen cevapları birbirlerinden bağımsız olarak kodlamışlar ve daha sonra biraya gelerek bunları karşılaştırmışlardır. En son aşamada ise aralarındaki uyuşum yüzdesi Miles ve Huberman’a (1994) göre 0,91 olarak hesaplanmıştır. Uyuşum yüzdesinin 0,70 üzeri olan bu değeri Miles ve Huberman tarafından güvenilir olarak kabul edilmektedir.

BULGULAR

Araştırmanın 1. problemi doğrultusunda, deney ve kontrol gruplarının sırasıyla ön ve son-test puanlarının karşılaştırılması için Mann Whitney-U testi kullanılmıştır. Tablo 2’de ön- test, Tablo 3’de ise son-teste ait Mann Whitney-U testi analiz sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 2. Ön-Test Mann Whitney-U -Testi Analiz Sonuçları

Grup	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	Z	P
Deney	28	29,84	835,50	242,500	-1,742	0,081
Kontrol	24	22,60	542,50			

Tablo 2’deki analiz sonuçları fen bilgisi öğretmen adaylarının rezonans konusu ile ilgili ön bilgileri açısından öğretim öncesi anlamlı bir fark olmadığını ($U=242,500$; $p>.05$) göstermektedir.

Deney ve kontrol gruplarının son-testlerinin karşılaştırıldığı Tablo 3 incelendiğinde ise ön-testlerden farklı bir durumunun ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Son-Test Mann Whitney-U -Testi Analiz Sonuçları

Grup	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	Z	P
Deney	28	32,80	918,50	159,50	-3,252	0,001
Kontrol	24	19,15	459,50			

Tablo 3’den son-testlerde deney ve kontrol gruplarının sıra ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olduğu ve bu farkın deney grubu lehine olduğu ($U=159,500$; $p<.05$) anlaşılmaktadır. Bu sonuç, öğretim öncesi ön-testlerde anlamlı bir fark olmayan deney ve kontrol grupları arasında, öğretim sonrasında deney grubunun akademik başarısının daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer bir ifade ile, modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin rezonans konusunda öğretmen adaylarının başarısını arttırmada daha olumlu etkisi olduğu söylenebilir.

Araştırmanın 1. alt problemi doğrultusunda, deney ve kontrol gruplarında öğretmen adaylarının ön ve son-testlerdeki sorulara verdikleri cevapların kategorilere göre yüzde dağılımı hesaplanmış bunlar Tablo 4 ve Tablo 5’de sunulmuştur. Bu analizdeki temel amaç, deney ve kontrol gruplarındaki öğretmen adaylarının bilgi düzeylerini de karşılaştırmaktır.

Tablo 4. Kontrol Grubunun Ön ve Son-Testlerdeki Cevapların Kategorilere Göre Yüzde Dağılımı

SORU	KATEGORİLER							
	Ön-Test				Son-Test			
	TD (%)	KD(%)	Y(%)	B(%)	TD (%)	KD(%)	Y(%)	B(%)
1A	0,0	20,8	33,3	45,8	41,7	45,8	12,5	0,0
1B	20,8	8,3	20,8	50,0	58,3	12,5	25,0	4,2
1C	0,0	0,0	45,8	54,2	29,2	8,3	58,3	4,2
1D	0,0	25,0	8,3	66,7	0,0	62,5	33,3	4,2
1E	0,0	0,0	33,3	66,7	25,0	29,2	41,7	4,2
2A	0,0	0,0	4,2	95,8	45,8	16,7	25,0	12,5
2B	0,0	0,0	4,2	95,8	16,7	16,7	54,2	12,5
3	0,0	0,0	29,2	70,8	12,5	37,5	3,3	16,7

Tablo 4 incelendiğinde, kontrol grubundaki öğretmen adaylarının ön-testte çoğu soruda tam doğru kategorisine giren cevap veremediği görülmektedir. Öğretmen adayları, sadece benzen sülfonik asitin rezonans yapısı ile ilgili 1. sorunun b alt maddesinde tam doğru kategorisine giren

cevabı verebilmişlerdir. Son-testlere geçildiğinde ise, 1. sorunun d alt maddesi haricinde diğer tüm sorulara tam doğru olarak verilen cevapların yüzdesinin arttığı belirlenmiştir. Bu soruda ise ön-testte benzer şekilde tam doğru cevabın verilemediği belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının, 1. sorunun alt maddelerine verdikleri cevaplar incelendiğinde benzer türevlerinde işaret edilen elektron hareketleri sonucu oluşan rezonans yapılarını (1a ve 1b soruları), heterosiklik moleküllere (1c, 1d ve 1e) göre daha doğru bir şekilde yazabildikleri belirlenmiştir. Rezonans sınır formüllerinin sorulduğu 2. sorunun a ve b alt maddelerinde ise, halkaya elektron verici grubu bağlandığı a maddesindeki tiyoanisol molekülünün rezonans sınır formülünü, halkadan elektron çekici grubun bağlandığı benzamid molekülüne göre daha doğru bir şekilde oluşturabildikleri görülmüştür. Rezonans olayının, örnek bir molekül üzerinde gösterilerek açıklanmasının istendiği 3. soruda ise öğretmen adayları son-testte tam doğru cevaplar vermekle birlikte, yanlış cevaplarda özellikle rezonans ile yapı izomerisinin birbirine karıştırıldığı belirlenmiştir.

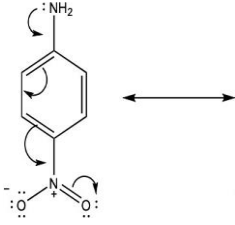
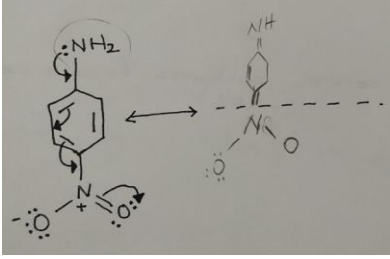
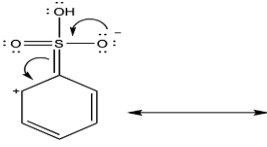
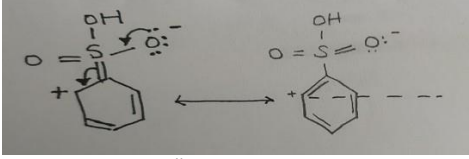
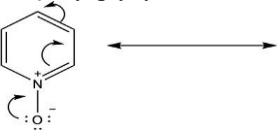
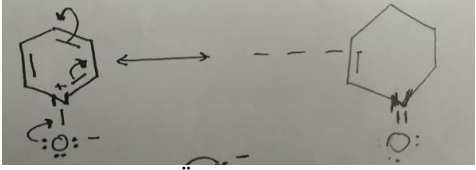
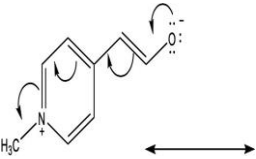
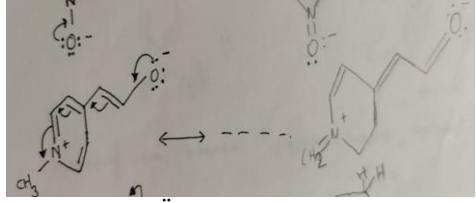
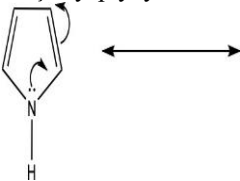
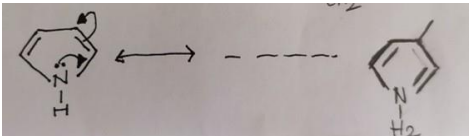
Tablo 5. Deney Grubunun Ön ve Son-Testlerdeki Cevapların Kategorilere Göre Yüzde Dağılımı

SORU	KATEGORİLER							
	Ön -Test				Son-Test			
	TD (%)	KD(%)	Y(%)	B(%)	TD (%)	KD(%)	Y(%)	B(%)
1A	0,0	39,3	25,0	35,7	57,1	32,1	10,7	0,0
1B	42,9	14,3	17,9	25,0	64,3	25,0	10,7	0,0
1C	0,0	3,6	60,7	35,7	53,6	17,9	28,6	0,0
1D	3,6	0,0	39,3	57,1	35,7	25,0	32,1	0,0
1E	0,0	0,0	53,6	46,4	39,3	17,9	42,9	0,0
2A	0,0	0,0	10,7	89,3	57,1	7,1	35,7	0,0
2B	0,0	0,0	7,1	92,9	35,7	21,4	42,9	0,0
3	0,0	7,1	46,4	46,4	89,3	10,7	0,0	0,0

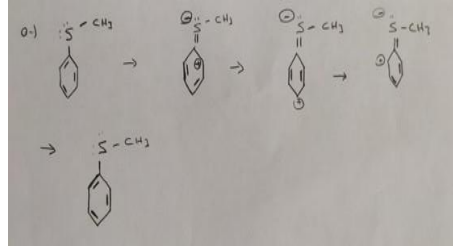
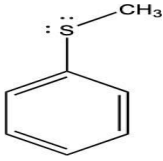
Deney grubundaki öğretmen adaylarının ön ve son-testlerdeki cevapların kategorilere göre dağılımının verildiği Tablo 5 'de, ön-testte çoğu soruda kontrol grubunda olduğu gibi tam doğru kategorisine giren cevapların son derece az olduğu görülmektedir. Deney grubundaki öğretmen adayları ön-testte sadece 1. sorunun b ve d alt maddelerinde tam doğru kategorisinde yer alan cevaplar verebilmişlerdir. Son-testte geçildiğinde ise, tüm sorularda tam doğru kategorisinin yüzdesi belirgin bir şekilde artmıştır. Kontrol grubunda olduğu gibi deney grubunda da 1. sorunun özellikle benzen türevleri ile ilgili moleküllerin rezonans yapılarını yazılmasında, tam doğru cevap yüzdesi heterosiklik moleküllere göre daha yüksek olmuştur. Tiyoanisol ve benzamid moleküllerinin rezonans sınır formüllerinin sorulduğu 2. soruda ise, kontrol grubu ile benzer bir durum görülmüş ancak tam doğru yüzdesi daha yüksek oranlarda ortaya çıkmıştır. Rezonans olayının sorulduğu 3. soruda ise öğretmen adayları yüksek bir oranda tam doğru cevabı verebilmişlerdir. Bu sonuçlar da, deney grubundaki öğretmen adaylarının son-testte; kontrol grubundakilere göre rezonans konusuna ilişkin bilgi seviyeleri açısından daha üst düzeyde olduklarını göstermektedir.

Deney ve kontrol gruplarındaki öğretmen adaylarının, ön ve son-testlerde sorulara verdikleri cevapların kategorilere göre örnekleri ve bu cevapların kategorilerde yer alma nedenleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Öğretmen Adaylarının Verdikleri Cevapların Kategorilere Göre Örnekleri

Soru	Öğretmen Adayı Cevabı	Cevabın Kategorisi
<p>Aşağıdaki molekülde işaret edilen elektron hareketi sonucu oluşan yapıyı yazınız.</p> 		<p>Yanlış: ÖA-2, atomların formal yüklerini belirtmediği gibi, halkadaki bir □ bağı belirtmemiş; aynı zamanda NH₂ grubundan bir hidrojen atomunu koparmıştır.</p>
<p>Aşağıdaki molekülde işaret edilen elektron hareketi sonucu oluşan yapıyı yazınız.</p> 	 <p>KGÖA-3 (Son-Test)</p>	<p>Kısmen Doğru: ÖA-3, elektron çiftlerin ve π bağıнын yerini doğru belirtmesine karşın, atomların formal yüklerinde herhangi bir değişiklik yapmamıştır.</p>
<p>Aşağıdaki molekülde işaret edilen elektron hareketi sonucu oluşan yapıyı yazınız.</p> 	 <p>KGÖA-7 (Son-Test)</p>	<p>Yanlış: ÖA-7, halka içindeki hem π bağıнын hem de bağı yapımına katılmayan elektron çiftini gösterememiştir. Aynı zamanda formal yükleri de belirtilmemiştir.</p>
<p>Aşağıdaki molekülde işaret edilen elektron hareketi sonucu oluşan yapıyı yazınız.</p> 	 <p>KGÖA-11 (Son-Test)</p>	<p>Yanlış: ÖA-11, rezonans sınır formüllerini yazarken, atomların yerinin değişmeyeceğini dikkate almamış ve metil grubunun bir hidrojeni kopartmıştır. Aynı zamanda, elektron hareketi sonucu atomların formal yüklerinde de bir değişiklik yapmamıştır.</p>
<p>Aşağıdaki molekülde işaret edilen elektron hareketi sonucu oluşan yapıyı yazınız.</p> 	 <p>DGÖA-4 (Ön-Test)</p>	<p>Yanlış: ÖA-4, delokalizasyona katılan □ bağı elektronlarını, bağı yapımına katılmayan elektron çifti olarak belirtmek yerine, karbon atomuna metil grubunu bağlayarak göstermiştir. Öğretmen adayı aynı zamanda azot atomuna bir hidrojen bağlayarak, bağı sayısını da dikkate almamıştır.</p>

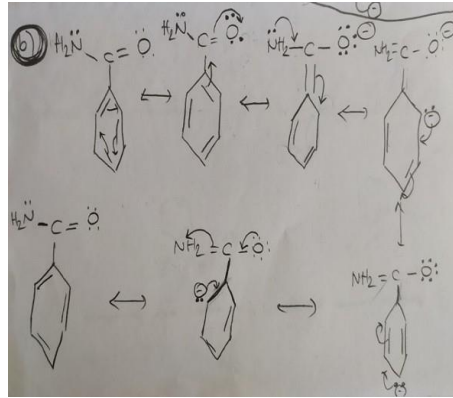
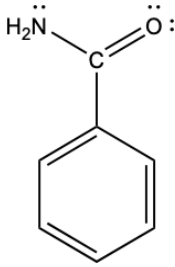
Aşağıdaki molekülün rezonans sınır formüllerini yazınız.



DGÖA-27 (Son-Test)

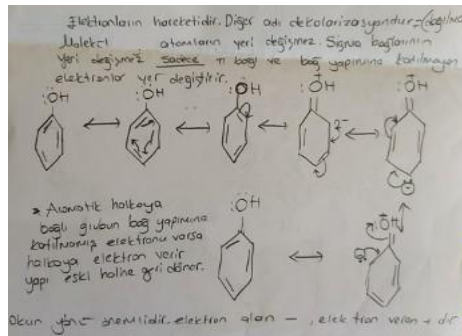
Yanlış: ÖA-27, tiyoanisol molekülünün rezonans sınır formüllerini, halkaya elektron çekici bir grup bağlanmış gibi yazarken, okları da çift yönlü yapmamıştır.

Aşağıdaki molekülün rezonans sınır formüllerini yazınız.



KGÖA-5 (Son-Test)

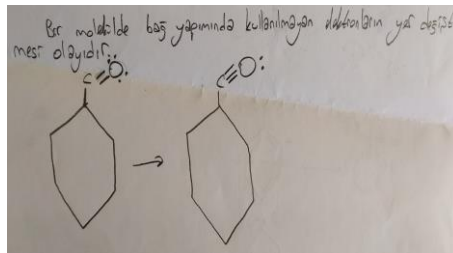
Yanlış: ÖA-5, benzamid molekülünde halkadan elektron çeken değil halkaya elektron veren bir grup bağlanmış gibi rezonans sınır formüllerini yazmıştır.



KGÖA-9 (Son-Test)

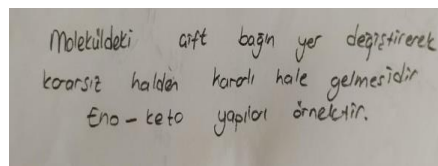
Tam doğru: ÖA-9 açıklamasında, rezonans olayına hangi elektronların katıldığını açıkladığı gibi, fenol örneği üzerinden rezonans olayını doğru bir şekilde örneklendirmiştir.

Rezonans nedir? Molekül üzerinden örnek vererek gösteriniz.



DGÖA-14 (Son -Test)

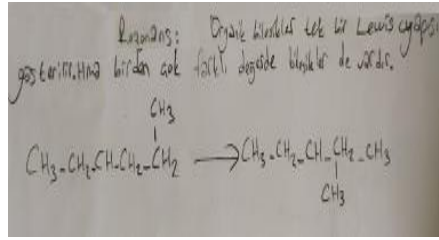
Kısmen Doğru: ÖA-14, açıklamasında sadece bağ yapısına katılmayan elektronların delocalize olabileceği üzerinde durmuştur.



DGÖA-28 (Ön -Test)

Yanlış: ÖA-28, bu açıklaması ve verdiği örnek ile tautomeri olayı ile rezonans olayını birbirine karıştırmıştır.

Rezonans nedir? Molekül
üzerinden örnek vererek
gösteriniz.

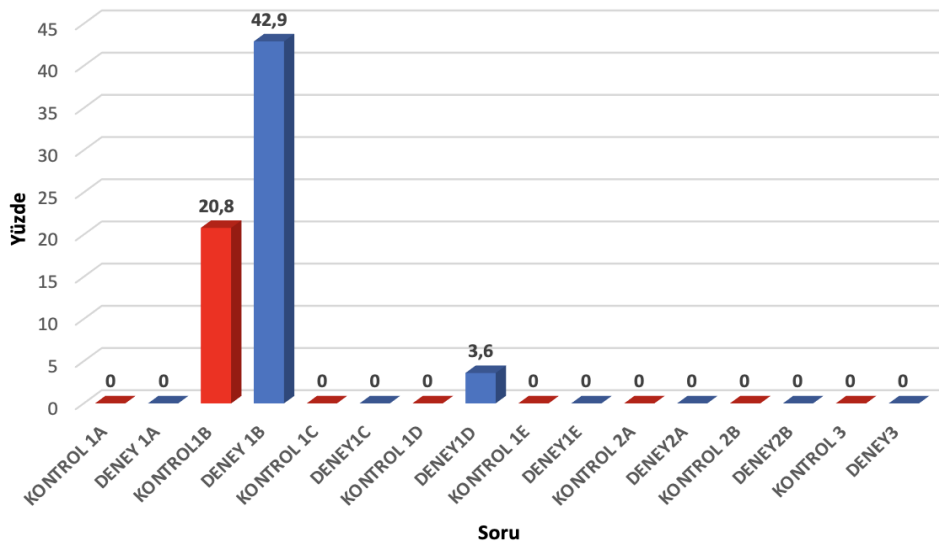


Yanlış: ÖA-24, verdiği örnek ile yapı izomerisini, rezonans gibi yorumlamıştır.

KGÖA- 24 (Son-Test)

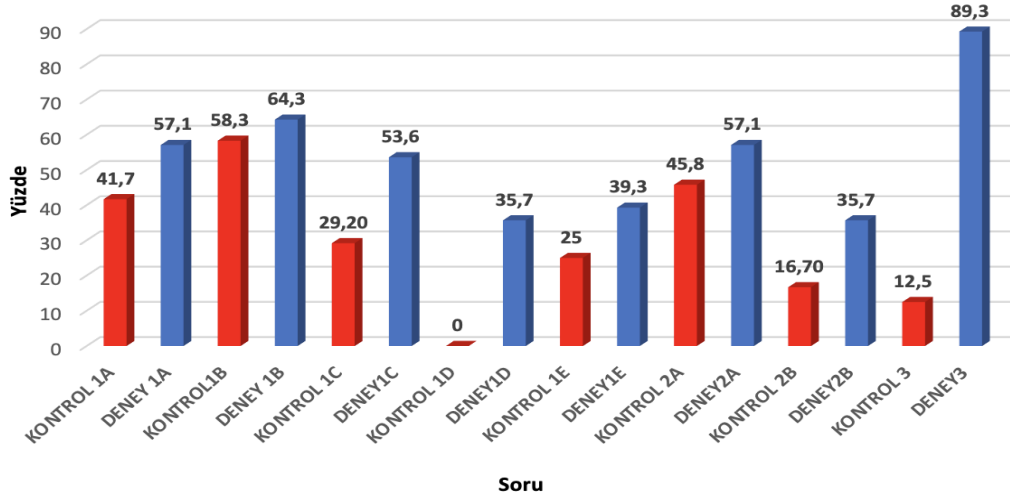
*KGÖA= Kontrol grubu öğretmen adayı, DYÖA= Deney grubu öğretmen adayı

Deney ve kontrol gruplarının ön ve son-testlerdeki tam doğru cevap yüzdelerini daha net bir şekilde kıyaslayabilmek amacıyla, Şekil 4 'de ön-testlerdeki tam doğru yüzdeleri; Şekil 5'de ise son-testteki yüzdeleri gösterilmiştir.



Şekil 4. Deney ve Kontrol Grubunun Ön-Testteki Tam Anlama Yüzdeleri

Şekil 5'den anlaşılacağı üzere deney ve kontrol gruplarında ön-testte çoğu soruda tam doğru kategorisine giren cevap verilememiştir. Tam doğru kategorisinde yer alan cevaplar incelendiğinde ise, hem deney hem de kontrol grubunda 1. sorunun b maddesinde bu cevapların yer aldığı görülmektedir. Deney grubunda, kontrol grubundan farklı olarak 1. sorunun d maddesinde de az bir oranda da olsa tam doğru kategorisinde cevap verilebilmiştir. Bu bulgular, deney ve kontrol gruplarının rezonans konusuna ilişkin ön-testte tam doğru cevapları açısından birbirlerine son derece yakın olduğunu ve sınırlı bilgiye sahip olduklarını göstermektedir.



Şekil 5. Deney ve Kontrol Grubunun Son-Testteki Tam Anlama Yüzdeleri

Şekil 5’de yer verilen deney ve kontrol gruplarının son-testteki sorulara göre tam doğru yüzdeleri incelendiğinde, tüm sorularda deney grubundaki tam doğru yüzdesinin kontrol grubundan yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum da, deney grubunda uygulanan modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin rezonans konusunun anlaşılmasında kontrol grubundaki düz anlatım yöntemine göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Öğretmen adayların tam doğru yüzdeleri kıyaslandığında özellikle bazı sorularda (1c, 1d, 2b ve 3. sorular) deney grubu ile kontrol grubu arasındaki farkın çok daha belirgin olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmanın dördüncü problemi doğrultusunda öğretmen adaylarının rezonansa ilişkin hangi noktalarda öğrenme zorluklarının olduğu öğretmen adaylarının sorulara verdikleri kısmen anlama ve yanlış cevaplardan yararlanılarak Tablo 7’de özetlenmiştir.

Tablo 7. Öğretmen Adaylarının Rezonans Konusuna İlişkin Öğrenme Zorlukları

Öğretmen Adaylarının Öğrenme Zorluklarının Olduğu Noktalar	Ortaya Çıktığı Soru
Atomların formal yükünü belirtme	1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 2a ve 2b sorularında 1a sorusunda; ÖA-2, kıvrık okun yönünü anlamlandıramadığından, NH ₂ grubu azot atomunun formal yükünün (+); NO ₂ grubu oksijen atomunun (-), azot atomun ise elektron alıp verdiği için formal yükünün değişmeyip (+) olarak kalacağını belirtememiştir.
Kıvrık Oku Anlamlandırma	1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 2a ve 2b sorularında 1c sorusunda; ÖA-7, kıvrık oku, elektron çiftleri ile ilişkilendiremediğinden Piridin-N-oksitte delokalizasyon ile π elektronlarından yeni π bağının ve bağ yapımına katılmayan elektron çiftinin oluşumunu gösterememiştir.
π elektronlarının hareket yönünü belirleme	

Öğretmen Adaylarının Öğrenme Zorluklarının Olduğu Noktalar	Ortaya Çıktığı Soru
Rezonans Sınır Formüllerinin Çizimi	<p>2a sorusunda; ÖA-27, tiyoanisol molekülünde halkaya elektron veren bir grup olmasına karşın, halkadan elektron çekerek rezonans sınır formüllerini yanlış bir şekilde yazmıştır.</p> <p>2b sorusunda; ÖA-5, benzamid molekülünde halkadan elektron çeken değil halkaya elektron veren bir grup bağlıymış gibi rezonans sınır formüllerini yanlış bir şekilde oluşturmuştur.</p>
Rezonans Kavramı	<p>1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 2a, 2b ve 3.sorularda 3. soruda; ÖA-24, rezonans olayında sadece elektronların yerinin değiştiğini, buna karşın atomların konumlarında bir değişiklik olmadığını dikkate almamış; yapı izomerisini rezonans olarak açıklamıştır.</p>

SONUÇ ve TARTIŞMA

Modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının organik kimyanın en temel ve zorlu konularından biri olan rezonans konusundaki akademik başarıları üzerinde etkili olup olmadığının araştırılmasının amaçlandığı bu çalışmada, analiz sonuçları deney grubunda uygulanan bu öğretimin daha başarılı olduğunu göstermektedir. Nitekim ön ve son-testlerdeki Mann Whitney-U analiz sonuçlarına göre, deney ve kontrol grupları arasında ön-testlere göre anlamlı bir fark görülmezken (Tablo 2), son-testlerde deney grubu lehine bir fark ortaya çıkmıştır (Tablo 3). Bu sonuca göre, deney grubunda gerçekleştirilen etkinliklerinde TaTGA ile modellemenin bütünleştirilmesinin öğretmen adaylarının rezonans konusunu daha iyi anlamalarına katkı sağladığı söylenebilir. Nitekim alan yazındaki pek çok araştırmanın modellemenin, öğrenenlerin soyut olan kavramları somutlaştırmalarına yardımcı olarak, anlamlı öğrenmelerine katkı sağladığı ortaya çıkmıştır (Düşkün & Ünal, 2016; Robita, 2011; Ünal-Çoban, 2009; Ünal-Çoban, Kocagül-Sağlam & Solmaz, 2016). Bu durum Justi ve Gilbert (2000), tarafından “modellerin en önemli işlevi, çok karmaşık içerikleri basitleştirme yeteneğidir” şeklinde ifade edilmiştir. Araştırmada, modelleme tek başına değil TaTGA ile bütünleştirilmiş ve TaTGA’nın gözlem basamağında uygulanması sağlanmıştır. TaTGA’nın basamakları ele alındığında, ilk üç basamağı olan tahmin-tartışma-açıklama basamakları, öğretmen adaylarının ön bilgilerini fark etme ve ön bilgilerinden hoşnutsuz olma, son üç basamağı olan gözlem-tartışma-açıklama basamakları da anlaşılabilirlik ve inandırıcılığı sağlama işleyişine sahiptir. Bu bakımdan TaTGA’nın Posner ve diğerlerinin (1982) geliştirmiş olduğu kavramsal değişim yaklaşımı ile örtüştüğü görülmektedir. Aynı zamanda, TaTGA’nın TGA’dan farklı olarak küçük grup tartışmalarını içermesi, öğrenme süreçlerinin sosyal bir boyut kazanmasını sağlamıştır (Coştu & Karataş, 2017). Nitekim hem kavramsal değişim hem de sosyal öğrenme yaklaşımlarının temel alan TaTGA’nın öğrenenlerin öğrenmelerini olumlu etkilediğini gösteren çeşitli araştırma bulgularında da ortaya konmuştur (Coştu, 2008; Coştu, Ayas & Niaz, 2010; Coştu, Ayas & Niaz, 2012). Bu açıdan değerlendirildiğinde, araştırmada ortaya çıkan bu sonucun diğer araştırma sonuçları ile

uyumlu olduğu görülmektedir.

Araştırmada aynı zamanda deney ve kontrol gruplarının rezonans konusuna ilişkin bilgi düzeylerinin öğretim önce ve sonrası nasıl değiştiğinin incelenmesi de amaçlanmıştır. Bu amaçla öğretmen adaylarının ön ve son-testlerde sorulara verdikleri cevaplar kategoriler göre incelenmiştir. Tablo 4 ve 5’deki verilerden deney grubunda öğretim sonrasında tüm sorularda tam doğru cevap yüzdesinin ön-testte göre arttığını, kontrol grubunda ise benzer bir eğilim olsa da heterosiklik bir molekülünün rezonans sınır formülünün sorulduğu 1. sorunun d alt maddesinde hiçbir öğretmen adayının tam doğru cevabı veremediği görülmüştür. Aynı zamanda deney ve kontrol gruplarının ön ve son-testlerdeki tam doğru cevap yüzdelерinin daha net karşılaştırılması amacıyla Şekil 4 ve 5’deki grafikler hazırlanmıştır. Bu grafiklerden de anlaşılacağı üzere ön-testlerde deney ve kontrol gruplarının tam doğru cevap yüzdeleri son derece düşük ve birbirine benzer düzeydedirler. Son-testler geçildiğinde ise, deney grubunun tam doğru cevap yüzdesinin tüm sorularda kontrol grubundan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, deney grubunda uygulanan modelleme destekli TaTGA etkinliklerinin, rezonans konusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin üst düzey çıkarmada daha etkili olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilir. Deney ve kontrol grupların son- testlerdeki tam doğru cevap yüzdeleri kıyaslandığında ise özellikle heterosiklik moleküller (1c, 1d. sorular) ile halkaya elektron çeken bir grubun bağlandığı aromatik bileşiklerin rezonans sınır formüllerinin yazılması (2b. soru) ve rezonans olayının açıklanması (3. soru) ile ilgili sorularda deney grubu lehine bu farkın çok belirgin olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, özellikle bu konu başlıklarında deney grubunda uygulanan öğretimin çok daha etkili olduğunu göstermektedir. Araştırmanın bir diğer amacı ise rezonans konusuna ilişkin öğretmen adaylarının ne tür öğrenme zorluklarının olduğunun ortaya konulması olmuştur. Bu doğrultuda Tablo 7’de gösterilen öğrenme zorlukları incelendiğinde, bunların “rezonans kavramı”, “rezonans sınır formüllerinin çizilmesi” ve “kıvrık oku anlamlandırma” ana başlıkları ile ilişkili olduğu görülmektedir. Bunlardan kıvrık oku anlamlandırma ile ilgili öğrenme zorluğunda “ π elektronlarının hareket yönünü belirleme” ve “atomların formal yükünü belirtme” olarak iki alt başlığın belirlendiği görülmüştür. Salame, Patel ve Suleman (2019), rezonans yapılarının çiziminde öğrencilerin özellikle, elektron hareket yönünü belirleme ve formal yükleri kullanmada zorlandıklarını belirlemiştir. Widarti, Marfu’ah ve Parlan (2017), öğrencilerin rezonans yapılarında atomların formal yüklerini hesaplamalarını, rezonans yapıları ile formal yük arasında bir ilişki olduğunu düşünmemelerine bağlamıştır. Araştırmacılar, öğrencilerin elektron transferi sonrası formal yüklerde bir değişim yapmamalarını, öğrencilerin aynı zamanda kıvrık okun elektron transferini ifade ettiğini anlamamalarına da bağlamıştır. Araştırmada çıkan bir diğer öğrenme zorluğu ise aromatik bir halkaya elektron veren ve halkadan elektron çeken bir grup bağlı olduğunda rezonans sınır formüllerinin nasıl yazılacağı olmuştur. Buradaki temel sorun öğretmen adaylarının, elektron veren ve elektron çeken grup ayrımını tam yapamamış olmasıdır. Araştırmada belirlenen bir diğer öğrenme zorluğu ise rezonans kavramının açıklanması ile ilgilidir. Öğretmen adaylarının özellikle, rezonans atomların konumunun değil de elektroların yerinin değişeceğini anlamakta zorlandıkları belirlenmiştir. Benzer bulgular farklı araştırma sonuçlarında da ortaya çıkmıştır (Widarti, Marfu’ah & Parlan 2017; Winter, 2016; Xue & Stains, 2020). Bu bağlamda, Widarti, Marfu’ah ve Parlan (2017) organik kimya derslerinde rezonans kavramı öğrenilmeden önce, moleküllerin Lewis yapılarının çizimlerine ağırlık verilmesine; yapıların çizilmesinde farklı temsiller ile elektron transferinde kıvrık okların anlamına vurgu yapılmasına ve rezonans ile izomeri arasındaki farkın bu kullanılacak temsillerle açıklanmasına ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

ÖNERİLER

Yürütülen bu araştırma Fen bilgisi öğretmen adaylarının, öğretim programlarındaki Genel Kimya IV (Organik Kimya) dersi içeriğindeki rezonans konusu bağlamında yürütülmüştür. Bu açıdan rezonans kavramı ve sınır formüllerinin yazımı araştırma kapsamında yer almış, ancak rezonans sınır formüllerinin rezonans hibritine katkıları ele alınmamıştır. Kimya öğretmen adayları ile yürütülecek bir başka araştırma kapsamına, rezonans sınır formüllerinin rezonans hibritine katkıları dahil edilebilir. Bir başka önemli nokta da geliştirilen modelde her ne kadar elektronların hareketleri, modeldeki led ışıkları; atomların yükleri ve bağ yapımına katılmayan elektron çiftleri atomların üzerinde gösterilse de, bu sistemin daha dikkat çekici ve uygulanabilirliğin artması için arduino gibi sistem ile modelin bütünleştirilmesi sağlanabilir. Aynı zamanda, bu tür bir sistem ile, öğrencilerin rezonans sınır formüllerini kendilerinin de oluşturup doğru ya da yanlış olup olmadığını gözlemleyip, grup içerisinde bunu tartışmaları da sağlanabilir. Bir diğer önemli nokta ise ders içeriğinde rezonans konusuna ayrılan süredir. Eğitim fakültelerinin Fen bilgisi öğretmenliğinde yeni uygulamaya konulan Kimya III ders içeriğinin analitik ve organik kimya konularının her ikisini içermesi, organik kimya konularına daha az süre ayrılmasına neden olmuştur. Bu durum, rezonans gibi organik kimyanın temel kavramlarının ders kapsamında yeterince incelenmemesine neden olmaktadır. Bu açıdan, eğitim fakültelerinin programlarının yeniden yapılandırılması sürecine girildiği bu dönemde, fen bilgisi öğretmenliğinde Organik Kimya dersi içeriğinin, ayrı bir ders olarak planlanması önerilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının rezonans konusuna ilişkin ne tür öğrenme zorluklarına sahip oldukları açık uçlu sorulara verdikleri cevapların analiz edilmesi yoluyla saptanmıştır. Öğretmen adaylarının sahip oldukları öğrenme zorluklarının daha detaylı incelenmesi amacıyla, sonraki çalışmalarda açık uçlu soruların yanında görüşme de veri toplama aracı olarak eklenebilir.

KAYNAKLAR

- Acar-Şeşen, B., & Mutlu, A. (2016). Predict-observe-explain tasks in chemistry laboratory: pre-service elementary teachers' understanding and attitudes. *Sakarya University Journal of Education*, 6(2), 184-208.
- Başkan-Takoğlu, Z., & Alev, N. (2015). Fen bilgisi öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin gelişimi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 122-160.
- Betancourt-Pérez, R., Olivera, L.J., & Rodríguez, J.E. (2010). Assessment of organic chemistry students' knowledge of resonance-related structures. *Journal of Chemical Education*, 87 (5), 547-551.
- Büyüköztürk, Ş. (2006). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı (6. Baskı)*. Ankara: PegemA Yayıncılık.
- Carle, M. S., & Flynn, A. B. (2020). Essential learning outcomes for delocalization (resonance) concepts: How are they taught, practiced, and assessed in organic chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 622-637.
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism: Protocol evidence on sources of creativity in science. In Glover, J. A., Ronning, R. R., and Reynolds, C. R. (Eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research*, (pp. 341-381), New York: Plenum.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research methods in education (5th Edition)*. London: Routledge Falmer

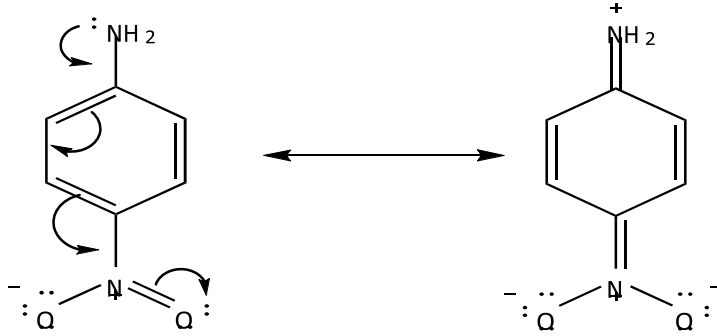
- Coştu, B. (2008). Learning Science through PDEODE Teaching Strategy: Helping Students Make Sense of Everyday Situations. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 4, 3-9.
- Coştu, B., Ayas, A. & Niaz, M. (2010). Promoting Conceptual Change in First Year Students' Understanding of Evaporation. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 5-16
- Coştu, B., Ayas, A. & Niaz, M. (2012). Investigating the Effectiveness of a POE-Based Teaching Activity on Students' Understanding of Condensation. *Instructional Science*, 40(1), 47-67.
- Coştu, B. & Karataş, F.O. (2017). Tahmin-tartış-açıkla-gözle-tartış-açıkla (tatga) yöntemi ve kimya öğretiminde uygulama örnekleri. A. Ayas & M. Sözbilir (Ed.), *Kimya Öğretimi: Öğretmen Eğitimcileri, Öğretmenler ve Öğretmen Adayları İçin İyi Uygulama Örnekleri* içinde, (ss. 263-283). Ankara: Pegem A Yayıncılık
- Duis, J. M. (2011). Organic chemistry educators' perspectives on fundamental concepts and misconceptions: an exploratory study. *Journal of Chemical Education*, 88 (3), 346–350.
- Düşkün, İ., & Ünal, İ. (2016). Modelle öğretim yönteminin fen eğitimindeki yeri ve önemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(6), 1-18.
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9–21.
- Harrison, G. A. (2001.) How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students. *Research in Science Education*, 31, 401-435
- İpek, H., Kala, H., Yaman, F., & Ayas, A. (2010). Using POE strategy to investigate student teachers' understanding about the effect of substance type on solubility. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 648-653.
- Justi, S. R. & Gilbert, K. J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal. Science Education*, 24 (4), 369-387.
- Kılınç-Alpat, S., Özbayrak-Azman, Ö., & Alpat, Ş. (2019). Spektroskopik analiz yöntemi uygulamalarında proje tabanlı öğrenme yaklaşımının kimya öğretmen adaylarının akademik başarılarına etkisi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 214-240.
- Kim, T., Wright, L. K., & Miller, K. (2019). An examination of students' perceptions of the Kekulé resonance representation using a perceptual learning theory lens. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 659-666.
- Lin, S. (2007). Aromatic bagels: an edible resonance analogy. *Journal of Chemical Education*, 84(5), 779.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*, Thousand Oaks: Sage.
- Nedungadi, S. (2020). Design, development and, psychometric assessment of an inventory on concepts pertinent to developing proficiency in organic reaction mechanisms" (Doctoral dissertation). Retrieved from <https://digscholarship.unco.edu/dissertations/653>
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 211-227
- Robita, C. (2011). *Model based teaching and learning in the high school chemistry laboratory*. Master of Science Thesis, California State University.
- Salame, I.I., Patel, S., & Suleman, S. (2019). Examining Some of the students' challenges in learning organic chemistry. *International Journal of Chemistry Education Research*. 3(1), 6-14.
- Sreerekha, S., Arun Raj, R., & Sankar, S. (2016). Effect of predict-observe-explain strategy on achievement in chemistry of secondary school students. *International Journal of Education & Teaching Analytics*, 1(1), 1-5.

- Silverstein, T. P. (1999). the “big dog-puppy dog” analogy for resonance. *Journal of Chemical Education*, 76(2), 206.
- Taber, K. S.(2002). Compounding quanta: probing the frontiers of student understanding of molecular orbitals. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(2), 159–173.
- Treagust, F. D. (2002). Students’ understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.
- Ünal-Çoban, G. (2009). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine, bilimsel süreç becerilerine, bilimsel bilgi ve varlık anlayışlarına etkisi: 7. Sınıf ışık ünitesi örneği* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ünal-Çoban, G., Kocagül-Sağlam, M., & Solmaz, G. (2016). Modellemeye dayalı öğretimin bilişüstü farkındalık, tutum ve kavramsal anlamaya etkisi . *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(13), 61-104.
- Xue, D. & Stain, M. (2020). Exploring students’ understanding of resonance and its relationship to instruction. *Journal of Chemical Education*, 97, 894–902
- Widarti, H. R., & Retnosari, R., & Marfu’ah, S. (2017). Misconception of Pre-Service Chemistry Teachers about the Concept of Resonances in Organic Chemistry Course AIP Conference Proceedings 1868, , 030014-1 – 030014-10. DOI:10.1063/1.4995113
- Widarti, H. R., Marfu’ah, S., & Parlan, P. (2017). Improving chemistry prospective teacher’s conceptual understanding of resonance using multiple representations. *Advances in Social Science, Education and Humanities Reserach*, 253, 208-213.
- Winter, A. (2016). *Organic Chemistry 1 for Dummies*. (2nd edition) Wiley & Sons Inc, New York, United States.
- Yavuz, S., & Çelik, G. (2013). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinin gazlar konusundaki kavram yanlışlarına tahmin et-gözle-açıkla tekniğinin etkisi. *Karaelmas Journal of Educational Sciences* 1, 1-20.

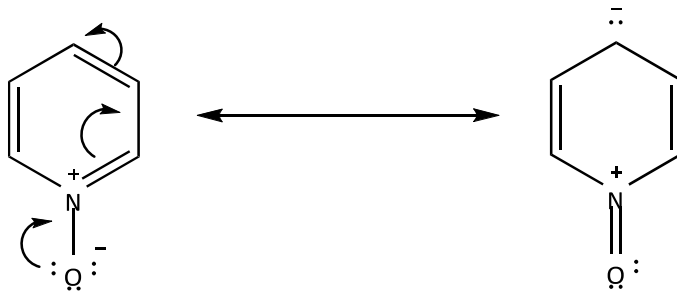
EK-1 Araştırmada Kullanılan Açık Uçlu Sorular ve Cevapları

1) Aşağıdaki moleküllerde işaret edilen elektron hareketleri sonucu oluşan yapıları yapınız?

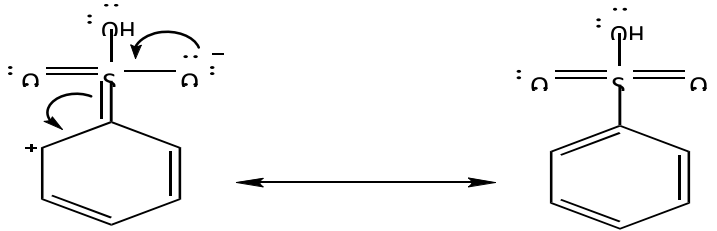
a)



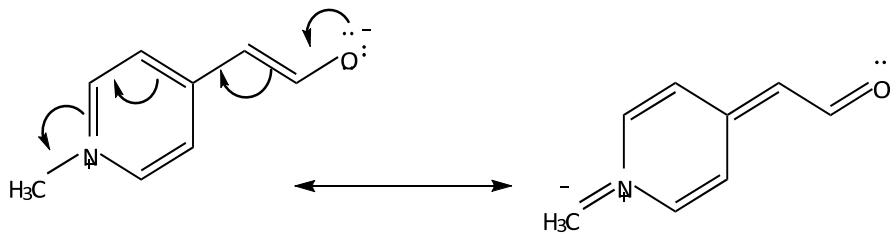
b)



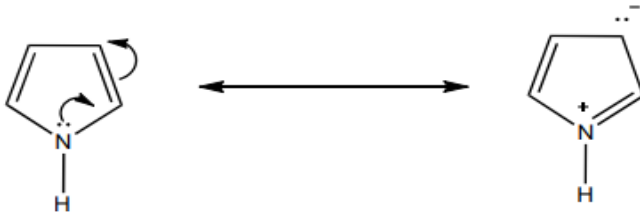
c)



d)

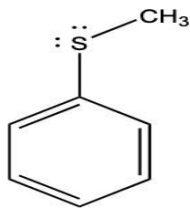


e)

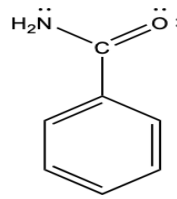


2) Aşağıda verilen moleküllerin rezonans sınır formüllerini yazınız?

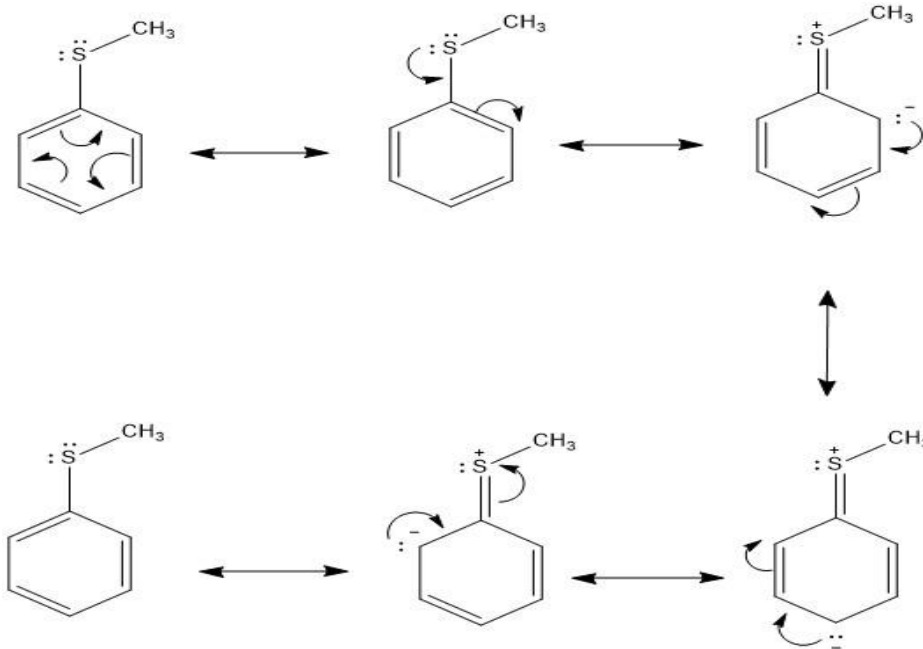
a)



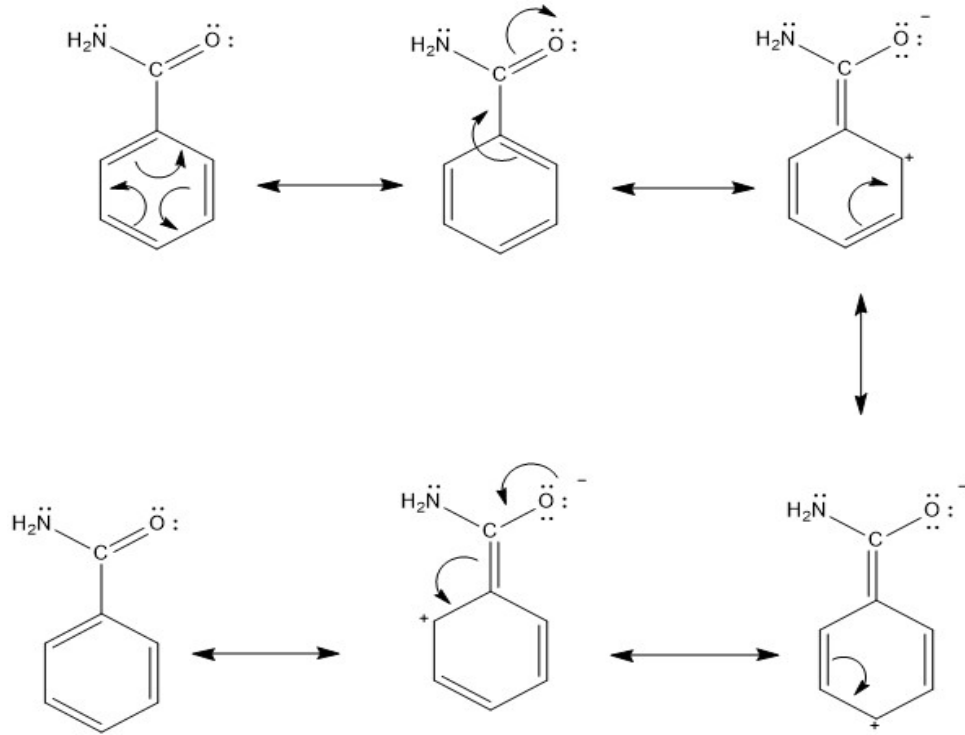
b)



a)



b)



3) Rezonans nedir? Molekül üzerinden örnek vererek gösteriniz.

Bazı moleküllerin π elektronları ya da bağ yapımına katılmayan elektronların, delokalizasyonu sonucu birden fazla Lewis yapısının yazılması durumudur. Bu durumlarda temel yapısına katkıda bulunan, yapılar çizilir ancak bunlarda π bağı/ π bağları ya da bağ yapmamış elektron/elektronlar farklı konumlarda bulunurlar

