



**DOKUZUNCU SINIF ÖĞRENCİLERİNE
KİMYASAL SOMUTLAŞTIRMALARIN
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK DESTEKLİ ÜÇ
BOYUTLU MATERYALLERLE ÖĞRETİMİ**

Dilek TEKE

Doktora Tezi

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ BİLİM DALI

**DOKUZUNCU SINIF ÖĞRENCİLERİNE KİMYASAL SOMUTLAŞTIRMALARIN
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK DESTEKLİ ÜÇ BOYUTLU MATERYALLERLE
ÖĞRETİMİ**

(Teaching Ninth Grade Students of Chemical Representations with Augmented Reality
Support Three-Dimensional Materials)

DOKTORA TEZİ

Dilek TEKE

Danışman: Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR

Erzurum
Temmuz, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dilek TEKE tarafından hazırlanan “Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyasal Somutlaştırmaların Artırılmış Gerçeklik Destekli Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi” başlıklı çalışması 04 / 07 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Kimya Eğitimi Bilim Dalında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Canan NAKİBOĞLU <i>Balıkesir Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Yavuz TAŞKESENLİGİL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Sevda KÜÇÜK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Davut SARITAŞ <i>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
İkinci Tez Danışmanı	Doç. Dr. Rabia Meryem YILMAZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Enstitü Yönetim Kurulunun 26/03/2021 tarih ve 11/08 sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

04 / 08 / 2023

Aslı ıslak imzalıdır

Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKOĞLU

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Doktora Tezi olarak sunduğum “Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyasal Somutlaştırmaların Artırılmış Gerçeklik Destekli Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

04 / 07 / 2023

Dilek TEKE

☒ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Araştırma sürecinde desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, çalışma disiplini ve akademik kişiliğiyle her zaman örnek aldığım kıymetli danışmanım Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR'e sabrı ve katkıları için müteşekkirim.

Tez izleme komitemde yer alan ve desteklerini esirgemeyen ikinci danışmanım Doç. Dr. Rabia Meryem YILMAZ'a, Prof. Dr. Yavuz TAŞKESENLİĞİL'e ve Doç. Dr. Sevda KÜÇÜK'e katkılarından dolayı teşekkür ederim. Değerli dönüt ve önerileriyle tezime katkı sağlayan Prof. Dr. Canan NAKİBOĞLU, Doç. Dr. Davut SARITAŞ ve Doç. Dr. Sevil AKAYGÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin uygulama kısmında yardımcı olan Ayşegül YAZAR'a, desteklerini daima hissettiğim Arş. Gör. Dr. Kübra GÜNEŞ'e, Arş. Gör. M. Ezgi İSKENDER'e ve Arş. Gör. Dr. Ebru OCAKCI'ya teşekkür ederim.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında 220K292 numaralı proje aracılığıyla finansal destek sağladığı için Araştırma Destek Programları Başkanlığına (ARDEB) teşekkür ederim. Ayrıca uygulama sürecinde yer alan öğretmenlerimize ve öğrencilerimize de teşekkür ederim.

Dilek TEKE

ÖZ

DOKTORA TEZİ

DOKUZUNCU SINIF ÖĞRENCİLERİNE KİMYASAL SOMUTLAŞTIRMALARIN ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK DESTEKLİ ÜÇ BOYUTLU MATERYALLERLE ÖĞRETİMİ

Dilek TEKE

Temmuz 2023, 199 Sayfa

Amaç: Bu araştırmanın amacı; kimyasal somutlaştırmayı öğrenmeye katkı sağlayan AG teknolojisi ile desteklenmiş üç boyutlu öğretim materyallerinin dokuzuncu sınıf öğrencilerin ihtiyaçlarına göre tasarlanması; uzmanların ve materyali kullanan öğretmen ve öğrencilerin görüşleri alınarak materyallerin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesidir.

Yöntem: Araştırma kapsamında materyallerin tasarlanması, geliştirilmesi ve üretilmesinde tasarım tabanlı araştırma süreci izlenmiş, materyallerin öğretim süresince etkililiklerinin incelenmesi aşamasında ise müdahaleli karma araştırma yöntemi işe koşulmuştur. Araştırmada, veri toplama araçları araştırmacı tarafından süreç içerisinde geliştirilmiştir. Bu araçlar; hazırbulunuşluk testi, başarı testi, tasarlanan materyallerin uygunluğunu veya eksikliğini tespit etmek için yarı yapılandırılmış görüşme formu ve doğal ortamda genellikle araştırmacının ortama katıldığı yarı-yapılandırılmış gözlem formudur. Veri toplama araçlarından hazırbulunuşluk testi ön test olarak, başarı testi ise son test olarak uygulanmıştır. Veri analizi yapılırken de görüşmelerden elde edilen veriler için içerik analizi, gözlem formundan elde edilen veriler için ise betimsel analiz kullanılmıştır. Betimsel analizden elde edilen veriler, içerik analizinde elde edilen verileri desteklemeye yönelik kullanılmıştır. Araştırma kapsamında hazırlanmış olan hazırbulunuşluk testi ve başarı testinin analizinde ise ANCOVA kullanılmıştır.

Bulgular: Araştırma kapsamında 3B öğretim teknolojileri ile geliştirilen materyallerin öğrencilerin akademik başarılarına destek olduğu; derse katılım, ilgi ve ortak çalışmayı teşvik ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca 3B materyallerin renkli ve hareketli animasyonların olması kimya derslerine karşı ilgiyi, merakı artırdığı, dersi sıkıcılıktan uzaklaştırdığı görülmüştür. Bunlara ilaveten bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini animasyonlar ile anlamlandırmaya çalıştıkları ve QR kodları okutan öğrencilerin kimya konularını daha rahat anlamlandırdıkları görülmüştür.

Sonuçlar: 3B öğretim teknolojilerinden üretilen materyaller ile kimya derslerinin anlatılması dersi sıkıcılıktan kurtarıp daha eğlenceli hâle getirebileceği, moleküllerin 3B yapısını temsil eden somutlaştırmaların öğrencilerin 3B düşünme becerilerine katkı sağladığı, yapılan etkinlikler ile öğrenciler arasındaki iletişimi artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna ilaveten 3B materyallerin öğretim sürecinde uzun süre kullanılması akademik başarının artmasına önemli katkılar sağlayacağı ve öğrenme ortamlarında kullanılabilecek faydalı 3B materyallerin tasarlanması öğrencilerin kimya gibi dersleri anlamasına yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: kimyasal somutlaştırma, artırılmış gerçeklik, 3B materyal, materyal tasarımı

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

TEACHING NINTH GRADE STUDENTS OF CHEMICAL REPRESENTATIONS WITH AUGMENTED REALITY SUPPORT THREE-DIMENSIONAL MATERIALS

Dilek TEKE

July 2023, 199 Pages

Purpose: The aim of this study is to design and develop three-dimensional teaching materials supported by AR technology that contribute to learning chemical representations based on the needs of ninth-grade students, and implement and evaluate the effectiveness of them according to the opinions of experts, teachers and students who use the materials.

Method: The design-based research method was used in the design, development and production of the materials while intervention mixed research design was used in the intervention stage. Data collection tools were developed by the researcher. These tools are; readiness test, achievement test, semi-structured interview form to determine the suitability of designed materials, and semi-structured observation form to make classroom observation during the implementation stage. The readiness test was applied as a pre-test and the achievement test was used as the post-test. While performing data analysis, content analysis was used for the data obtained from the interviews, and descriptive analysis was used for the data obtained from the observation form. The data obtained from the descriptive analysis were used to support the data obtained in the content analysis. ANCOVA was used in the analysis of quantitative data gathered by the readiness test and achievement test.

Findings: It was found that the 3D materials supported by AR technology enhanced the academic success of the students, as well as improved students participation, interest and collaboration towards the course. In addition, it has been observed that the colourful and animated animations of 3D materials increase interest and curiosity towards chemistry lessons and make the lesson less boring. In addition to these, it was seen that students were more able to comprehend the electron movement that causes bond formation with animations and that the students who read QR codes understood chemistry subjects more easily.

Conclusions: It has been concluded that teaching chemistry with materials produced by 3D teaching technologies make lessons more interesting and enjoyable, contribute to the 3D thinking skills of students who see the 3D structure of molecule representations, and increase the communication between the students with the activities. In addition, it has been found that the use of 3D materials in the teaching process for a long time will contribute to the increase of academic success and the design of useful 3D materials that can be used in learning environments will help students understand lessons such as chemistry.

Keywords: chemical representation, augmented reality, 3D material, material design

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xii
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
Giriş	1
Araştırmanın Amacı	8
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	8
Araştırmanın Sınırlılıkları	10
İKİNCİ BÖLÜM	11
Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar.....	11
Kuramsal Çerçeve	11
Yapılandırmacı Öğrenme Yaklaşımı.....	11
Öğretim Teknolojileri.....	13
Çoklu Ortam Öğrenme Bilişsel Kuramı.....	16
İlgili Araştırmalar.....	19
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	25
Yöntem	25
Araştırma Yöntemi.....	25
Çalışma Grubu	27
Geliştirilen Materyaller	29
Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi	32
Nicel Verilerin Analizi.....	35
Nitel Verilerin Analizi.....	37

Uygulama Süreci	38
Geçerlik ve Güvenirlik	40
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	42
Bulgular	42
3B Öğretim Teknolojilerine Yönelik Materyallerin Özellikleri ve Pilot Uygulama	42
Materyalin özellikleri (Faz 1)	42
Pilot uygulama (Faz 2)	44
3B Öğretim Teknolojilerinin Öğrenci Başarısına Etkisi (Faz 3)	47
ANCOVA	48
3B Öğretim Teknolojileri İle İlgili Öğrenci ve Öğretmen Görüşleri	50
Öğrenci Görüşme Verileri	50
Kategori 1: Kimya Dersini Anlama	51
Kategori 2: Öğretim sürecinde isteklendirme	54
Öğretmen Görüşme Verileri	58
3B Öğretim Teknolojilerinin Kullanışlılığı ve Eğitsel Açıdan Etkililiği	64
Gözlem Verilerinin Analizi	64
BEŞİNCİ BÖLÜM	79
Tartışma ve Sonuç	79
Öneriler	84
KAYNAKÇA	87
EKLER	100
EK-1. Kimyasal Somutlaştırma ile İlgili Genel Eğilimi Yansıtan Araştırmalar	100
EK-2. Uzman Değerlendirme Formu (Pilot Uygulama)	110
EK-3. Hazırbulunuşluk Testi ve Belirtke Tablosu	112
EK-4. Başarı Testi	117
EK-5. Görüşme Formu	126
EK-6. Gözlem Formu	129
EK-7. AG teknolojisi ile Üretilen Materyaller ve QR Kodları	132
EK-8. Öğretmen Kılavuzu ve Etkinlikler	136
EK-9. ANCOVA Analizi İçin Gerekli Olan Varsayımlar	176
EK-10. Etik Kurul Onay Belgesi	179
Ek-11: MEB Araştırma ve Uygulama İzin Belgesi	183
ÖZ GEÇMİŞ	185

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Kimyada Kullanılan Somutlaştırma Üzerine Yapılmış Çalışmalardan Seçmeler</i>	4
Tablo 2. <i>Dokuzuncu Sınıf Kimya Dersi Öğretim Programında Yer Alan Kimyasal Somutlaştırma ve Örnekleri</i>	5
Tablo 3. <i>2018-2022 Yıllarına Ait Kimya Eğitiminde AG ve 3B Yazıcıdan Üretilen Materyallerde Ön Plana Çıkan Ülkelerin Makale ve Atıf Sayıları</i>	23
Tablo 4. <i>3B Materyallerin Tasarlanmasına Yardımcı Olan Uzmanların Demografik Özellikleri</i>	25
Tablo 5. <i>Pilot Uygulamada 3B Materyal Tasarımı ile İlgili Görüş Alınan Uzmanların Demografik Özellikleri</i>	26
Tablo 6. <i>Çalışma Grubunun Demografik Özellikleri</i>	27
Tablo 7. <i>Kontrol ve Deney Gruplarında Öğretim Sürecinde Öğretim Modeli, Etkinlik ve Materyallerin Kullanım Durumu</i>	28
Tablo 8. <i>Etki Büyüklüğü ve Örneklem Sayısına Göre Güç Analizi</i>	29
Tablo 9. <i>Geliştirilen Materyaller</i>	30
Tablo 10. <i>Testlerden Görüş Alınan Kimya Eğitimi Uzmanlarının Demografik Özellikleri</i>	33
Tablo 11. <i>Kazanım ve Sorulara Göre Başarı Testinin MAİ, MAİ ve KR-20 Değerleri</i>	34
Tablo 12. <i>Çalışmada Kullanılması Planlanan Veri Toplama Araçları ve Analiz Yöntemleri</i>	38
Tablo 13. <i>Liselerin 2022 Yılı Merkezi Sınav Taban/Tavan Puanları ve Yüzdelik Dilimleri (MEB, 2022)</i>	38
Tablo 14. <i>Kazanımlara ve Materyal Sayılarına Göre Uygulama Süreleri</i>	39
Tablo 15. <i>Kimyasal Somutlaştırmaya Yönelik Tasarlanan Materyallerin Konu, Kazanımları (MEB, 2018a)</i>	43
Tablo 16. <i>Döngü 1 ve 2’de AG Teknolojisi 3B Materyallerin Uzman Görüşlerine Göre Geliştirilmesi: NaCl Örneği</i>	44
Tablo 17. <i>Pilot Uygulamada 3B Materyallerin Kapsam Geçerlik Oranı ve İndeksi</i>	46
Tablo 18. <i>Uzman Sayısına Göre Kapsam Geçerlik İndeksi (KGİ_L) (Lawshe, 1975)</i>	47
Tablo 19. <i>Uygulama Yapılan Liselerde Deney ve Kontrol Gruplarına Göre Hazırbulunuşluk Testi (Ön Test) ve Başarı Testi (Son Test) Ortalama Puanları</i>	47
Tablo 20. <i>Liselere Ait Başarı Testi Deney Kontrol Gruplarının Son-Test Puanlarının Betimsel İstatistikleri</i>	48
Tablo 21. <i>Liselere Ait Başarı Testi ANCOVA Analizi</i>	49

Tablo 22. Öğrenci Görüşlerinden 3B Materyal Kullanımı Yönelik Kategori ve Kodlar	50
Tablo 23. Öğretmen Görüşlerine Göre 3B Materyal Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları	58
Tablo 24. 3B Öğretim Teknolojileri ile Üretilen Materyallerin Kazanımlara Göre Kullanışlılıklarına Yönelik Bulgular	66
Tablo 25. 3B Öğretim Teknolojileri ile Üretilen Materyallerin Kazanımlara Göre Öğretim Sürecine Yönelik Bulgular	67
Tablo 26. Kazanım 1 ile İlgili Gözlem Verileri	70
Tablo 27. Kazanım 2 ile İlgili Gözlem Verileri	71
Tablo 28. Kazanım 3 ile İlgili Gözlem Verileri	73
Tablo 29. Kazanım 4 ile İlgili Gözlem Verileri	74
Tablo 30. Kazanım 5 ve 6 ile İlgili Gözlem Verileri	76
Tablo 31. Kazanım 7 ile İlgili Gözlem Verileri	77
Tablo 32. Uygulamada Yaşanan Bazı Sorunlar ile İlgili Görseller	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kimya Derslerini Anlamada Kullanılan Üç Boyut: Su Molekül Örneği	2
Şekil 2. Oksijen Molekülünün Kimyasal Süreçle İlgili İkoniklik ve Nicellik Boyutunun Kimyasal Somutlaştırma Örneği (Talanquer, 2023, s. 2659)	3
Şekil 3. Su Molekülünün Tanecikli Yapı ve Boyutluluk Düzeyini Gösteren Kimyasal Somutlaştırma Örneği (Talanquer, 2023, s. 2660)	4
Şekil 4. Lise Kimya Ders Kitaplarında Yer Alan Kimyasal Somutlaştırma ile İlgili Kavramlar	5
Şekil 5. Kimya Derslerinde Kullanılan Materyallerin Türlerine Göre Dağılımı	6
Şekil 6. Ders Kitaplarında Yer Alan 2B Gösterimlere Amonyak Örneği	7
Şekil 7. Tez Kapsamında Verilen Konu Başlıkları	11
Şekil 8. AG Teknolojisi ile Gerçek Ortamdan Sanal Ortama Geçiş (Milgram & Kishino, 1994)	15
Şekil 9. AG Teknolojisi ile 3B Materyal Tasarımı, Gelişimi ve Değerlendirilmesi (Navab vd. s.4, 2023)	16
Şekil 10. Çoklu Ortam Öğrenmenin Dayandığı Kuramlar ve Bu Kuramların Temel Görüşleri	17
Şekil 11. Mayer (2001) Çoklu Ortam Öğrenme Bilişsel Kuramı	18
Şekil 10. Kimyasal Görselleştirmeye Yönelik Çalışmaların Alanlara Göre Dağılımları (%)	19
Şekil 11. Kimyanın Sembolik Boyutuna Yönelik Çalışmaların Kimya Alt Konularının Yüzde (%) Dağılımları	20
Şekil 12. Kimya Üçlüsüne Yönelik Çalışmaların Yüzde (%) Dağılımları	20
Şekil 13. Materyal Tasarımlarının Yüzde (%) Dağılımları	21
Şekil 14. Hedef Kitlenin Yüzde (%) Dağılımları	21
Şekil 15. Bibliyometrik Analiz İçin Web of Science'da Yapılan Sınırlamalar	22
Şekil 16. Son Beş Yıla Ait Kimya Eğitiminde AG ve 3B Yazıcıdan Üretilen Materyallerde Ön Plana Çıkan Anahtar Kelimeler	22
Şekil 17. Son Beş Yıla Ait Kimya Eğitiminde AG ve 3B Yazıcıdan Üretilen Materyallerde Ön Plana Çıkan Ülkeler	23
Şekil 18. Müdahaleli Karma Araştırma Deseni	26
Şekil 19. G*Power 3.1.9.4 Yazılımının Arayüzü	28
Şekil 20. 3B Top-Çubuk Materyallerinin Tasarımı	30

Şekil 21. 3B Uzay Dolgu Materyallerinin Tasarımı	30
Şekil 22. AG Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Materyalleri Geliştirme Süreci.....	32
Şekil 23. Test Geliştirme Süreci	35
Şekil 24. Görüşme Formunun Geliştirme Süreci	36
Şekil 25. Gözlem Formunun Geliştirilmesi	37
Şekil 26. Uygulama Süreci	39
Şekil 27. Uygulama Sürecinden Bazı Görseller.....	40
Şekil 28. Tasarım Tabanlı Araştırma Deseni ve Araştırmanın Süreci	41
Şekil 29. Araştırma Bulgularının Sunulduğu Dört Temel Başlık.....	42
Şekil 30. 3B Materyaller ile İlgili Uzmanlarla Yapılan Pilot Uygulama Süreci	45
Şekil 33. Gözlem Verilerinden Elde Edilen 3B Materyallerin Kullanımı ile İlgili Avantaj ve Dezavantajlar	68
Şekil 31. Uygulamada Yaşanan Sorunlar ve Çözümleri	78

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
AG	: Artırılmış Gerçeklik
KGİ	: Kapsam Geçerlik İndeksi
KGO	: Kapsam Geçerlik Oranı
MAİ	: Madde Ayırt Edicilik İndeksi
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
MGİ	: Madde Güçlük İndeksi

BİRİNCİ BÖLÜM

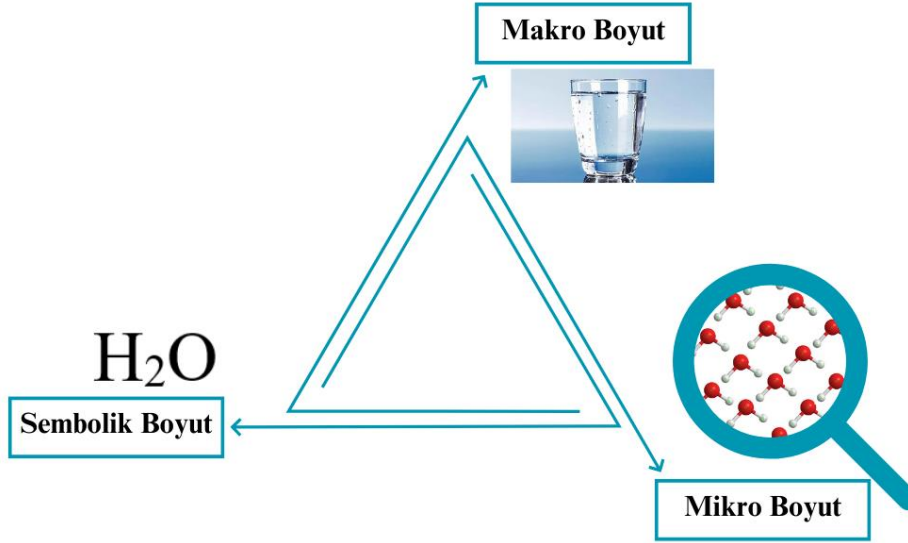
Giriş

Kimya, günlük yaşamımızda pek çok yönden vazgeçilmez bir temele ve geleceğimiz için birçok potansiyel faydaya sahiptir. Kimya anlayışı, çevremizdeki dünyayı anlamlandırma ve açıklama fırsatı verir. Bu dünyada nasıl yaşayacağına, günlük yaşamla ilgili meselelere değinmeye ve bireyler olarak eylemlerimizle ilgili kararları nasıl alacağına dair temel bilgiler geliştirir. Kimya; yemeğin pişmesinde meydana gelen değişimi, bir kirin çıkması için temizleyici malzeme üretimini, vitaminlerin ve ilaçların nasıl kullanılması gerektiğini açıklar. Modern kimya sayesinde birçok ürün ve teknolojinin potansiyel ve risklerini, enerji kaynaklarının dikkatli tüketimini, yeterli ve sağlıklı beslenmeyi, içme suyunun sürdürülebilirliğini sağlamayı, sürdürülebilir endüstriyel kalkınmayı ve iklim değişikliğinin zorluklarıyla başa çıkmayı öğretir (Eilks & Hofstein, 2013, s. 7).

Kimya ile ilgili birçok konu, yaşamımız için önemli bir temel oluşturmaktadır. Bu temelin topluma verilmesinde kimya eğitimi büyük bir role sahiptir. Kimya eğitimi; problem çözme, modellerle düşünme, tehlikelere karşı duyarlı ve bilinçli olma, çevrenin korunması için veya bilimin ve toplumun sürdürülebilir kalkınmasına ve birçok genel becerinin geliştirilmesine yön verir (Eilks & Hofstein, 2013, s. 7). Bu genel becerilerin geliştirilmesinde öğretmenlerin kimyayı öğrencilerin anlayabileceği doğru somutlaştırma ile öğretilmesi oldukça önemlidir.

Kimya; makro, mikro ve sembolik boyut olmak üzere üç boyutta öğretilmektedir. Makro boyut; kimyada gözlemlenebilir olayları, deneyleri ve deneyimleri anlamamızı sağlar. Mikro boyut, deneylerden ve gözlemlerden elde edilen verilerin zihinsel görüntüleri/modellerini kapsar. Sembolik boyut ise mikro boyutta yer alan zihinsel görüntülerin/modellerin makro boyutta karşılığı olan temsillerle gösterilmesidir. Sembolik boyut formül ve şekiller olmak üzere ikiye ayrılır. Grafikler ve kimyasal denklemler gibi resimsel ve cebirsel-yapısal formüller sembolik boyuta örnek olarak verilebilir (Johnstone, 1991; Meijer, 2011, s. 12) (bk. Şekil 1).

Şekil 1. Kimya Derslerini Anlamada Kullanılan Üç Boyut: Su Molekül Örneği



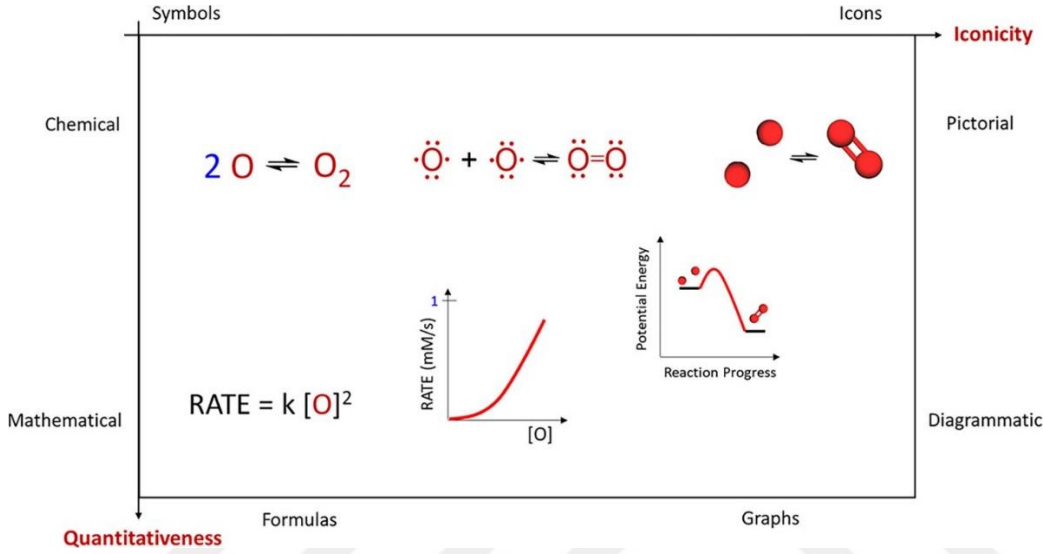
Kimyada bahsedilen sembolik boyut; atom-element-moleküller, şekiller ve cebirsel formüller, grafikler, kimyasal denklemler ve eşitlikler ile ilgilidir (Johnstone, 1991). Sembolik boyuttan gelişmesi ile elementleri ve bileşikleri temsil eden kimyasal somutlaştırmalar sayesinde kimyasal reaksiyonları ve hesaplamaları anlamak daha kolay bir hâle gelmiştir. Ayrıca öğrenciler kimyasal somutlaştırmayı öğrenerek kimya çalışmalarında kullanılan soyut temsilleri anlamada sıkıntı yaşamamaktadır (Taber, 2009, s. 76). Kimyada sıklıkla kullanılan somutlaştırmalar; harfler, kimyasal eşitlikler, yapı formülleri, sayısal hesaplamalar, grafik ve şekillerden oluşmaktadır. Johnstone, 1991 tarafından bulunan üç boyuttan başka sınıflamalarda yapılmıştır. Son zamanlarda ön plana çıkan sınıflamalardan biri Talanquer (2023) tarafından yapılmıştır.

Kimyasal somutlaştırma sadece kavramların öğretimini kolaylaştırmak için değil, aynı zamanda kimyasal süreçler hakkında akıl yürütmeyi sağlamak için de kullanılır (Born vd., 2023; Dood & Watts, 2022; Talanquer, 2023). Kimyasal somutlaştırma; anlamaya çalışılan çevre, maddelerin özelliklerini ve davranışlarıyla geliştirilen teorik prensipler ve modeller arasında köprü görevi görür. Kimyasal somutlaştırma oldukça çeşitli olsa da şu dört ana boyuta dikkat edilmesi gerekmektedir (Talanquer, 2023):

1. İkoniklik: Kimyasal somutlaştırmada bir nesne, durum, olay veya süreç hakkında bilgi ileten görsel işaretlerdir. İkonik işaretler, genellikle analogik (örneğin, bir atomun küçük bir top olarak tasvir edilmesi) veya mecazi (örneğin, bir enerji diyagramındaki daha yüksek bir tepe noktası genellikle daha büyük bir enerji “engeli” olarak yorumlanır) bağlantılara dayanır (Talanquer, 2023).
2. Nicellik: Kimyasal somutlaştırmada fiziksel durumlar, kimyasal bileşimler veya kısmi yükler gibi temsil edilen varlıkların doğası ve özellikleri hakkında açık niteliksel bilgi

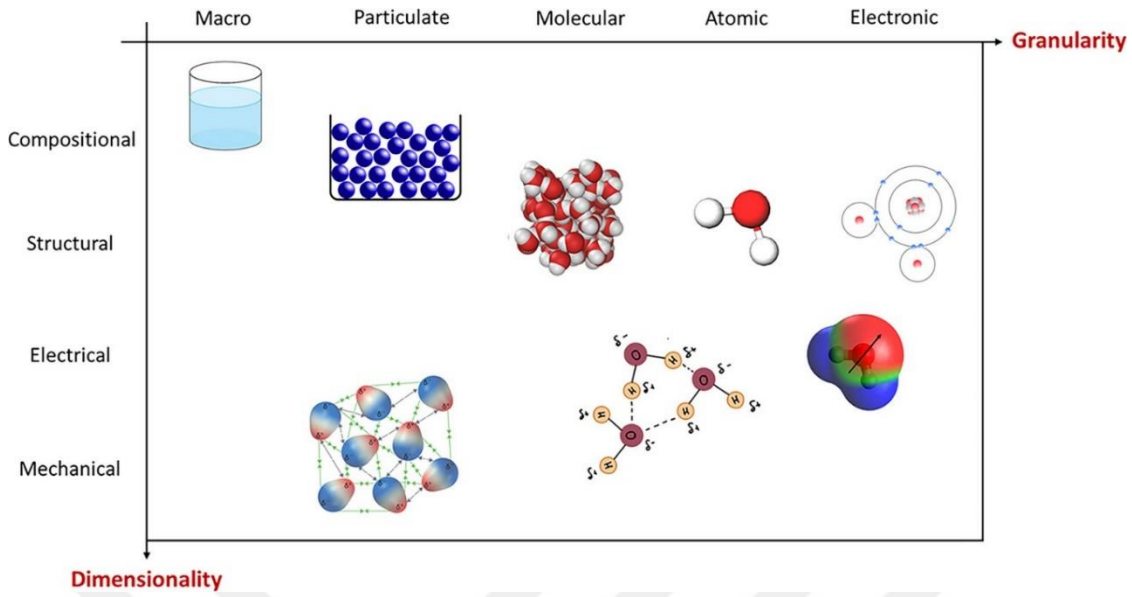
verilmesidir. Ayrıca nicellik boyutu, aynı zamanda ölçülebilir özelliklerin göreceli değeri (örneğin, kimyasal formüllerdeki bileşim oranları, moleküler modellerde daha büyük ve daha küçük yarıçaplar, enerji diyagramlarında daha yüksek ve daha düşük enerjiler), gerçek sayısal veriler (örneğin, grafikler, spektrumlar) veya değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiler (örneğin, $PV = nRT$) biçiminde farklı derecelerde açık nicel bilgilerin sunulmasıdır (Talanquer, 2023).

Şekil 2. Oksijen Molekülünün Kimyasal Süreçle İlgili İkoniklik ve Nicellik Boyutunun Kimyasal Somutlaştırma Örneği (Talanquer, 2023, s. 2659)



3. Taneciklik: Kimyadaki görsel somutlaştırmada, varlıkları veya süreçleri makroskopikten elektronik ölçeğe kadar bir veya daha fazla taneciklik seviyesinde tasvir eder. Taneciklik boyutunda atom veya elektron hareketleri süresince vurgulanmaya çalışılan özellikler belirli nesnelerle karakterize edilir. Bu özellikler genellikle nesnelerden oluşan dinamik etkileşimlerinden ortaya çıkar. Örneğin, atomik düzeyde bağlı atomlar arasındaki etkileşimler, moleküler düzeyde sistemin moleküler geometrisine yol açar; elektronik seviyedeki protonlar ve elektronlar arasındaki etkileşimler, atomik seviyedeki atom boyutlarını belirler (Talanquer, 2023).
4. Boyutluluk: Kimyasal somutlaştırmada kimyasal bileşim, yapı (ör. atomik bağlantı, geometri), elektriksel özellikler (ör. yük, polarite), mekanik özellikler (ör. etkileşim kuvvetleri, potansiyel enerji) ve kinetik özellikler (ör. hız, zaman) dâhil olmak üzere bir veya daha fazla fiziksel veya kimyasal boyuta karşılık gelen hedeflenen varlıkların farklı özelliklerini açıkça vurgular (Talanquer, 2023).

Şekil 3. Su Molekülünün Tanecikli Yapı ve Boyutluluk Düzeyini Gösteren Kimyasal Somutlaştırma Örneği (Talanquer, 2023, s. 2660)



Talanquer, 2023 tarafından Şekil 2 ve 3 yukarıda açıklanan analizin dört boyutu boyunca kimyasal somutlaştırmadaki varyasyonları gösterilmeye çalışılmıştır. Bu boyutlarla kimya derslerinin anlatılması öğrencilerin konuyu daha rahat anlamasını sağlamaktadır. Tablo 1'deki alanyazında Talanquer, 2023'ün belirlediği boyutlara paralel olan kimyasal somutlaştırma üzerine yapılan çalışmaların bir kısmının derlemesi sunulmuştur.

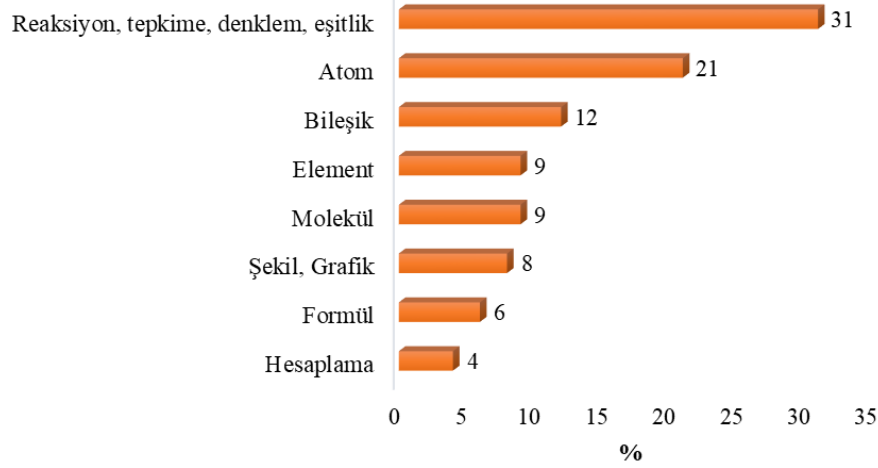
Tablo 1. Kimyada Kullanılan Somutlaştırma Üzerine Yapılmış Çalışmalardan Seçmeler

Kimyasal somutlaştırma	Araştırmalar	f
1-atom ve moleküllerin harf ile gösterimi	Ateş, 2018; Carroll & Blauch, 2017; De Cataldo vd., 2018; Dean vd., 2016; Ekici, 2019; Eriksen vd., 2020; Fatemah vd., 2020; Gabarro-Arpa vd., 1997; Geleta 2014; Graham & Schacht, (2000); Griffith vd., 2016; Grumman & Carroll, 2019; Güngördü, 2018; Haworth & Martin, 2018; Higman vd., 2017; Jones & Spencer, 2017; Kozma vd., (2000); Liu & Taber, (2016); Mitchell & Means, 2018; Paukstelis, 2017; Rodenbough vd., 2015; Rossi vd., 2015; Sanii, 2019; Scalfan & Vad, 2014; Tee vd., 2018; Yang vd., 2018; Yıldırım, 2016; Zhu vd., 2018	30
2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	Carroll & Blauch, 2017; De, 2018; Geleta 2014; Kozma vd., 2000; Marais & Jordaan, 2000; Yamuna & Elakkiya, 2015	6
3-yapı formülü	Alagöz, 2020; De Cataldo vd., 2018; Ekici, 2019; Eriksen vd., 2020; Fatemah vd., 2020; Griffith vd., 2016; Grumman & Carroll, 2019; Haworth & Martin, 2018; Jones & Spencer, 2017; Kul, 2019; Mitchell & Means, 2018; Rodenbough vd., 2015; Rossi, Benaglia vd., 2015; Scalfan & Vad, 2014; Yamuna & Elakkiya, 2015; Yang vd., 2018	16
4-sayısal hesaplamalar	Bludsky vd., 1995; Gabarro-Arpa vd., 1997; Geleta 2014	3
5- grafikler ve şekiller	Graham & Schacht, 2000; Kozma vd., 2000	2

Tablo 1'de incelenen alanyazın ve lise kimya ders kitaplarında (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2020a; 2020b; 2020c; 2020d) (bk. Şekil 4) en çok tekrar eden kelime gruplarına göre frekanslarından kimyasal somutlaştırma ile ilgili beş faktörün (SD5F) olduğu görülmüştür. Bu faktörler; 1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal

reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-yapı formülü, 4-sayısal hesaplamalar, 5- grafikler ve şekillerdir. Taskin ve Bernholt, (2014) tarafından yapılan çalışmada da somutlaştırma ile ilgili benzer faktörler bulunduğu görülmüştür.

Şekil 4. Lise Kimya Ders Kitaplarında Yer Alan Kimyasal Somutlaştırma ile İlgili Kavramlar



Araştırma kapsamında dokuzuncu sınıf kimya dersinde yer alan somutlaştırma ile ilgili gösterimler bu beş faktöre göre incelenmiştir. Tablo 2’de dokuzuncu sınıfta kimyasal somutlaştırma, kazanımları ve örnekleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 2. Dokuzuncu Sınıf Kimya Dersi Öğretim Programında Yer Alan Kimyasal Somutlaştırma ve Örnekleri

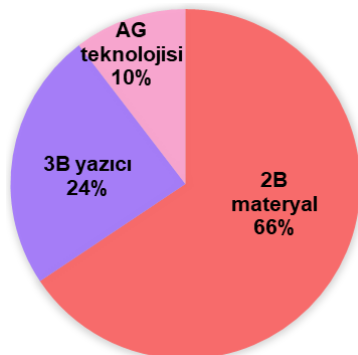
Kimyasal Somutlaştırma	9. Sınıf Kimya Dersi Kazanımları (MEB, 2018a)	9. Sınıf Ders Kitabından Örnekler (MEB, 2018b)
Atom ve moleküllerin harf ile gösterimi	9.1.3.1. Günlük hayatta sıklıkla etkileşimde bulunan elementlerin adlarını sembolleriyle eşleştirir (20 element).	Hidrojen (H), Helyum (He), Lityum (Li), Berilyum (Be), Bor (B), Karbon (C), Azot (N), Oksijen (O), Flor (F), Neon (Ne), Sodyum (Na), Magnezyum (Mg), Alüminyum (Al), Silisyum (Si), Fosfor (P), Kükürt (S), Klor (Cl), Argon (Ar), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca)
	9.1.3.2. Bileşiklerin formüllerini adlarıyla eşleştirir.	H ₂ O, HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , CH ₃ COOH, CaCO ₃ , NaHCO ₃ , NH ₃ , Ca(OH) ₂ , NaOH, KOH, CaO, NaCl
Kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_6(\text{s}) + 33,8 \text{ kJ/mol}$ $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 43,9 \text{ kJ/mol} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{s}) + 6,4 \text{ kJ/mol}$ $\text{Ar}(\text{s}) + 6,4 \text{ kJ/mol} \longrightarrow \text{Ar}(\text{g})$
Yapı Formülü	9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıklar.	$\cdot\ddot{\text{O}}\cdot + \cdot\ddot{\text{O}}\cdot \longrightarrow \cdot\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}\cdot \longrightarrow \cdot\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}\cdot$
Sayısal hesaplamalar	9.4.4.2. Gazların basınç, sıcaklık, hacim ve miktar özelliklerini birimleriyle ifade eder.	1 mol H atomu $6,02 \cdot 10^{23}$ tane atom içerir ve mol kütlesi 4 gram/mol’dür. 1 mol N₂ molekülü $6,02 \cdot 10^{23}$ tane molekül içerir ve mol kütlesi 28 gram/mol’dür.
Grafikler ve şekiller	9.4.4.3. Saf maddelerin hâl değişim grafiklerini yorumlar.	

Kimyasal somutlaştırmaya ait bu boyutların 3B somutlaştırmayla yani materyallerle birlikte öğretilmesi (Hrast & Savec, 2017; Shehab & BouJaoude, 2017; Van Dulmen vd., 2023; Wu vd., 2000) öğrenciler bu soyutlaştırmaların yapılması kimyayı öğrenmesine katkı sağlayacaktır. 3B materyaller genelde atom ve moleküllerin kapalı ve açık formüllerini göstermek için kullanılmıştır (Carroll & Blauch, 2017; Grumman & Carroll, 2019; Paukstelis, 2017). Fakat bağ oluşumu ya da elektron hareketini içeren konular ile ilgili 3B materyallere Tablo 1’de derlenen alanyazında rastlanmamıştır. Bu eksikliğin giderilmesine yönelik alanyazına bakıldığında yeni bir teknoloji olan AG teknolojisinin ön plana çıktığı görülmüştür. AG teknolojisi;

- Gerçeklik hissi sağlama
- Doğal deneyim sunma
- Karmaşık durumları görselleştirme
- Gerçek hayatta olmayan deneyimler yaşatma
- Soyut kavramları somutlaştırma yardımcı olma
- Eğlenerek öğrenmeyi sağlama
- Öğrenmede güvenli ortam sunma
- Zamandan/mekândan tasarruf sağlama
- Öğrenci katılımını artırma
- Esneklik sağlama açısından önemlidir.

Yılmaz ve Göktaş (2018) tarafından yapılan derlemede yukarıda sıralanan AG teknolojiye yönelik faydalar sayesinde soyut kavramlar görselleştirilerek öğrencilere daha anlaşılır bir öğrenme ortamı sunulacağı belirlenmiştir. Bununla birlikte Ek 1’de yer alan alanyazın derlemesinde AG teknolojisi ile öğrenme, sınıflarda yapılan uygulamalar ve harmanlanmış öğretim stratejilerinin bir parçası olması durumunda öğrencilerin öğrenmelerinde fayda sağlayacağı aktarılmıştır (Bacca vd., 2018; Delello vd., 2015; Garzón & Acevedo, 2019; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Şekil 5. Kimya Derslerinde Kullanılan Materyallerin Türlerine Göre Dağılımı



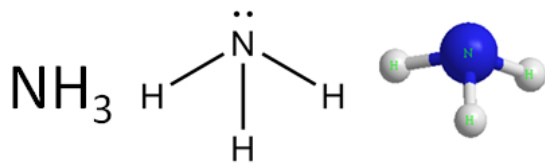
Ek-1’de yer alan alanyazından elde edilen Şekil 5’e bakıldığında ve kimyada materyal kullanımına yönelik çalışmalar incelendiğinde AG teknolojisi lise kimyasına yönelik az çalışmanın olduğu görülmektedir (Ekici, 2019). Ayrıca bu durum Arici vd.nin (2019) 2013-2018 yılları arasında yaptıkları derlemede de vurgulanmıştır. Ek-1’de 3B yazıcı ve AG teknolojisi ile ilgili olan alanyazına bakıldığında kimya derslerine yönelik var olan materyaller ile ilgili üç problem durum tespit edilmiştir:

Problem durumu 1: Kimyasal somutlaştırmaya yönelik 3B materyal tasarımları mevcuttur. Ama bu materyal tasarımlarının lise öğrencilerinden ziyade üniversite öğrencilerine yönelik olduğu görülmüştür. Alanyazında yer alan lise öğrencilerine yönelik olan 3B materyallerin MEB’in kimya öğretim programında mevcut kazanımlarla örtüşmemektedir. 3B materyaller sayesinde soyut olan moleküllerin yapıların daha anlaşılır ve kolay bir şekilde anlamlandırılması için somutlaştırma ile anlatılabilir. Bu anlatım yapılırken boncuk ve kürdan ya da uzun boncuklarla anlatılan materyallerin kullanışlı olduğu ama belli sayıda kullanımdan sonra materyali oluşturan boncuk ve kürdanların kırıldığı ve parçalandığı bilinmektedir (Teke & Sözbilir, 2019). Ayrıca boncuk ve kürdan gibi materyallerle tasarlanan materyallerin molekül içi bağ gösteriminde anlaşılabilir olurken moleküler arası etkileşimleri gösterim için öğrencilerde yanılgılara neden olabilme ihtimali de mevcuttur.

Problem durumu 2: Kimya derslerinde kullanılan top-çubuk modeller de mevcuttur. Ama bu modeller yapılan araştırma kapsamında okullarda bulunmaması ve erişilebilir olmamasından dolayı yaygın olarak kullanılamamaktadır. Ayrıca top-çubuk modellerin de atomları temsil eden topların boyutları aynı boyutta olduğu için atom türlerini ayırmada yetersiz kaldığı bilinmektedir (Teke & Sözbilir, 2019). Ayrıca bu modeller sadece belli molekül yapıları için mevcuttur.

Problem durumu 3: Kimyasal somutlaştırma yönelik gösterimler 2B düzlemsel gösterimlerle (Şekil 6) yapılmaktadır. Ders kitaplarında bulunan 2B düzlemsel gösterimler gerçek yapıyı doğru temsil etmede yetersizdir. Bu yüzden öğrencilerde kavram yanılgılarının gelişimine yol açabilmektedir (Howell vd., 2019; Warfa vd., 2014). Ayrıca bu durum 2B düzlemsel bir ekranda gösterilen animasyon ve simülasyonlar için de söz konusudur.

Şekil 6. Ders Kitaplarında Yer Alan 2B Gösterimlere Amonyak Örneği



Tablo 1’de derlenen araştırmalar, kimyasal somutlaştırma ile ilgili beş faktörün kimyayı öğrenmede önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bu faktörlerle ilgili olarak Tablo 3’te yer alan ve yukarıda kısa bir sentezi sunulan araştırmalarda görsel, dokunsal ve işitsel materyallerin öğrenmeyi kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Bu yüzden tez kapsamında birden fazla duyuya hitap etmesi için 2B düzlemde temsilden farklı olarak üç boyutlu [3B] ve artırılmış gerçeklik [AG] teknolojileri ile desteklenmiş materyaller geliştirilerek 3B düzleme üç boyutlu düşünebilme ve modelleme geçişinin kolaylaştırılacağı değerlendirilmiştir. Bu geçiş sayesinde kimyanın öğretiminde etkin ve verimli öğretim ortamlarının oluşturulması planlanmıştır. Ayrıca tasarlanan 3B ve AG materyaller sayesinde dokuzuncu sınıf kimya derslerinin somutlaştırılması ile daha kolay anlaşılacağı ve öğrenilmesinin kolaylaşacağı öngörölmüştür.

Araştırmanın Amacı

Kimyaya özgü kavramların ve kimyasal tepkimelerin öğrencilere öğretilmesinde kimyasal somutlaştırmanın anlaşılır olması oldukça önemlidir. Kimya öğretiminde somutlaştırmaya yönelik yapılan çalışmaların incelenmesi doğrultusunda bu alanda yapılacak araştırmalara ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Bu çerçevede bu araştırmanın amacı; kimyasal somutlaştırmayı öğrenmeye katkı sağlayan AG teknolojisi ile desteklenmiş üç boyutlu öğretim materyallerinin dokuzuncu sınıf öğrencilerin ihtiyaçlarına göre tasarlanması; uzmanların ve materyali kullanacak öğretmen ve öğrencilerin görüşleri alınarak materyallerin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesidir. Bu amaç kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

Kimyasal somutlaştırma ve öğretim amacıyla tasarlanan AG teknolojisi ile desteklenmiş 3B öğretim materyallerinin;

1. Dokuzuncu sınıf kimya kazanımlarına uygun olması için hangi özelliklere sahip olması gerekir?
2. Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin kimyasal somutlaştırma ile ilgili kazanımları öğrenme başarıları üzerine etkileri nelerdir?
3. Kullanışlılığı ve eğitsel açıdan etkililikleri ne düzeydedir?
4. Öğretmen ve öğrencilerin bu materyallerin geliştirilmesine yönelik önerileri nelerdir?

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Araştırma, yukarıda dile getirilen üç probleme çözüm bulunması bakımından yeni teknolojilerin desteği ile 3B öğretim materyallerinin tasarımı, üretilmesi ve geliştirilmesi, kimyasal somutlaştırma ile öğrencilere öğretilmede ve konunun öğrenilmesine yardımcı olunması bakımından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çerçeveden bakıldığında;

- Ülkemizde öğrenciler kimya derslerinde zorlanmaktadırlar. Bu tez çalışmasıyla öğrencilerin yaşadıkları zorlukların giderilmesi için kimya öğretim programındaki kazanımlara uygun olarak tasarlanacak olan 3B ve AG teknolojisi ile desteklenmiş 3B öğretim materyallerinin kimyasal somutlaştırma ile öğretime katkı sağlayacaktır.
- Dokuzuncu sınıf kimya dersi öğretim programında yer alan kimyasal somutlaştırma ile öğretilmesine yönelik 3B öğretim teknolojileri ile tasarlanacak ve geliştirilecek eğitsel materyaller, kimyasal somutlaştırma ile öğretimde farklı ve yeni ürünler sunacaktır.
- 3B öğretim teknolojileriyle tasarlanacak olan materyaller, öğrenmede dijital ortam ve materyallerin kullanım ve yaygınlığını artıracaktır.
- MEB'in "2023 Türkiye Eğitim Vizyonu"nda yer alan aşağıdaki iki hedefe yönelik olarak tez kapsamında ulaşılmasını sağlayacak yeni ürünler tasarlanacak ve üretilecektir.
 - *"Öğrenmede dijital ortam ve materyallerin kullanım yaygınlığına bağlı olarak, bu ortamlardaki öğrenmeyi ölçmek ve değerlendirmek üzere araçlar geliştirilecektir.*
 - *Matematik, Fen Bilimleri, Fizik, Kimya, Biyoloji, Türkçe, Sosyal Bilgiler, Coğrafya gibi derslerin öğretmenlerine, disiplinler arası proje yapımı, 3B tasarım ve akıllı cihaz gibi alanlarda yüz yüze atölye eğitimleri verilecektir."* (MEB, 2018c).
- Araştırma, öğrencilere kimya üçlüsü ile lise kimyasında somutlaştırmanın etkin bir şekilde öğretime katkı sağlayacaktır.
- Öğrencilere kimyasal somutlaştırma ile öğretiminde 2B düzlemde 3B'e geçiş sağlanacaktır. 2B'den 3B'e geçişten kasıt, kimya derslerinde kâğıt üzerinde verilen atom ve molekül yapıları gibi kimyasal somutlaştırmaların uzaydaki model gösterimleriyle verilmesi anlamına gelmektedir. Bu geçiş sayesinde öğretmen ve öğrenciler 2B ve 3B çıktıları karşılaştırma fırsatı yakalayacaklardır.
- Tasarlanacak olan molekül yapılarında atom çapı ve gerçek büyüklükleriyle orantılı olacak şekilde materyallerin üretilmesi sağlanacaktır.
- 3B öğretim teknolojilerinden biri olan AG teknolojisi ile üretilen 3B materyallerin fiziksel ortamdan sanal ortama geçişi sağlanacaktır. Kullanılacak olan AG teknolojisi kimya öğretiminde dijital materyal geliştirmeye katkı sağlayacaktır.
- AG teknolojisi ve 3B yazıcıdan üretilen materyallerin birlikte kullanılmasının sebebi, atom ve moleküller arasındaki etkileşimlerin oluşumunu sağlayan elektron hareketlerini göstermektir. AG teknolojisi ile güçlü ve zayıf etkileşimlerin oluşumunda önemli bir faktör olan elektron hareketini sanal ortamda öğrencilerin öğrenebilecekleri materyaller üretilecektir. Bu şekilde AG teknolojinin kullanılması, kimya öğretim ortamlarında kullanılacak materyallerin zenginleştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmanın uygulama sürecinde bazı sınırlılıklar ortaya çıkmıştır. Bu sınırlılıklar:

- Devlet okullarında sınıfların kalabalık olması (Ortalama sınıf mevcudunun 33 olması) ve bu sebeple her öğrenciye bireysel uygulama yapabilecek kadar tablet temin edilememesi (Uygulama sürecinde beş tablet öğrenciler arasında ikiyeşerli veya üçerli gruplar hâlinde dönüşümlü olarak kullanıldı),
- Haftalık kimya ders süresinin az olması (Haftada 2 ders süresi olmasından dolayı öğretmenler her konuya yeterince uygulama zamanı ayıramamaktadır),
- Uygulama sürecinde beklenmedik eğitim kesintilerinin yaşanması yüzünden eğitimin kesintiye uğraması (Kar tatili, ülkemizin 11 ilini etkileyen büyük deprem gibi),
- Öğretmenlerin süreç içerisinde farklı görevler için görevlendirilmesi (TÜBİTAK proje yarışması için görevlerinin olması veya eğitim için il dışında görevlendirilmeleri),
- Sağlık sorunlarının yaşanması (Covid-19 salgınından dolayı öğretmenlerin karantinaya alınması sonucu eğitimin aksaması).
- Araştırma kapsamında tasarlanan 3B materyaller modern atom teorisine göre tasarlanmamıştır. Çünkü ders kitaplarında atomun yapısı Bohr atom teorisine göre anlatıldığı için 3B materyaller de bu teoriye göre tasarlanmıştır.

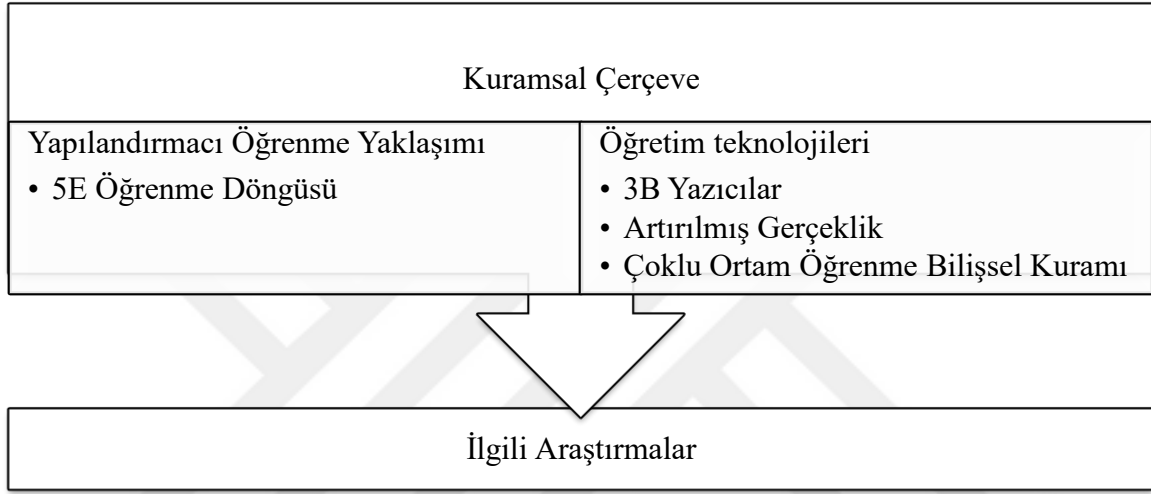
Yukarıda belirtilen sınırlılıklar göz önünde bulundurulduğunda toplamda dört hafta ders işlenememiştir. Bu durum zaten sınırlı olan zamanın daha da azalmasına yol açmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Bu bölümde Şekil 7’de yer alan konular açıklanmıştır. Ayrıca araştırma konusu kapsamında ilgili olan alanyazına yer verilmiştir.

Şekil 7. Tez Kapsamında Verilen Konu Başlıkları



Kuramsal Çerçeve

Yapılandırmacı Öğrenme Yaklaşımı

Yapılandırmacı yaklaşım, öğrencilerin önceki deneyim ve ön bilgilerinden faydalanarak karşılaşılan yeni durumlara anlam verebilme düşüncesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımda kişiler öğrenme sürecinde aktif olarak rol alırlar. Aktif rol alan öğrenenler karşılaştıkları yeni bir bilgiyi anlamlandırmak için önceden deneyimledikleri tanımları ve açıklamaları kullanarak oluşturulan yeni bilgilerle yeni kurallar meydana getirirler (Canpolat vd., 2004). Yeni bilgi ve kurallar oluşturulma sürecinde öğrenenlere, öğrenmeye yönelik araç ve materyaller sunularak kendi kendine öğrenme fırsatı verilmelidir. Bu fırsatın verilmesi için öğrenme ortamlarının tasarlanması, öğrencilerin geçmiş deneyimleri, gereksinimleri ve hazırbulunuşluk durumlarının dikkate alınması gerekir (Jonassen, 1991; Kirschner, vd., 2006). Bu kapsamda yapılandırmacı öğrenmeye yönelik pek çok öğrenme modeli geliştirilmiştir. Bu öğrenme modellerinden biri de 5E öğrenme döngüsüdür.

5E Öğrenme Döngüsü

Rodger Bybee tarafından geliştirilen 5E öğrenme döngüsü, öğretim sürecinde öğrencilerin yeni kavramları öğrenmesine veya bildikleri kavramları derinlemesine irdelemesine yardımcı olarak, yeni bilgi ve kuralları öğrenmesini amaçlayan bir modeldir. Bu öğrenme modeli, öğrencilerin öğrenmeye ilgisi ve araştırma becerisi artırmakta, bu şekilde öğrencilerin yeni bilgilerini aktif kullanmasını ve öğretim sürecinde öğrenilen konuyla ilgili sorularına cevap bulmasını sağlamaktadır (Yalçın & Bayrakçıken, 2010). Akademik başarıyı artıran, öğrencilere problem çözme ve eleştirel düşünme becerisi kazandıran 5E öğrenme modeli şu basamaklardan oluşmaktadır (Ağgöl-Yalçın vd., 2017; Bybee vd., 2006):

1. Girme (Enter): İlk aşamada öğrencilerin konuya dikkatleri çekilerek derslere etkin katılımları sağlanmaktadır. Öğrencilerin katılımı için rahat anlayabileceği ve günlük hayat ile ilgili olan etkinliklerin hazırlanması, derse karşı motive edilmeleri açısından önemlidir. Bu basamakta öğretmenin rolü; tanımlamaları vermek, kavramları açıklamak ve öğrencilerin öğretim sürecine katılmaları için onları cesaretlendirmek için destek olmaktadır. Bu basamakta kullanılabilecek öğretim teknikleri ise ilginç hikâye okuma, ilginç sorular sorma, gösteri deneyi yapma, video gösterisinde bulunma ve beyin fırtınası yaptırma gibidir.
2. Keşfetme (Explore): Öğrenciler bu basamakta yeni öğrenecekleri bilgileri öğrenirken keşfetmeye çalıştıkları problemleri çözmek için önceki bilgilerini kullanırlar. Öğretmen de öğrencilerin düşünmelerine yardımcı olacak soruları sorarak rehberlik etmektedir. Öğrenciler, zihinsel ve fiziksel olarak yaptıkları aktiviteler sayesinde akranlarıyla iletişim kurarlar. Bu sayede öğrenciler ortaya atılan problemi anlayarak bilgiye kendileri ulaşmaya çalışırlar.
3. Açıklama (Explain): Öğrenciler, keşfetme basamağında elde edilen veriler sayesinde yeni kavramlara ulaşmak için çaba gösterirler. Öğretmenin görevi ise öğrencilerin açıklama ve tanımlamalarında yanlış ve eksik olanları düzeltmektir. Bu basamakta kullanılabilecek öğretim teknikleri ise düz anlatım, video, rol oynama, drama, gösteri deneyi vb. ilgi çekici etkinliklerdir.
4. Derinleştirme (Elaborate): Yeni öğrenilen tanımları, sınıflamaları, açıklamaları ve becerileri öğrencilerin yeni ve benzer durumlarda kullanarak ve uygulayarak yeni bilgilerini özümlediği ve derinleştirdiği basamaktır. Ayrıca bu basamakla öğrenci, yeni durum ve problemlerle karşılaşarak zihninde daha öncesinde olmayan yeni kavramları öğrenmiş olur. Derinleştirme basamağında soru-cevap, tartışma, problem çözme, beyin fırtınası, analogi ve drama gibi öğretim teknikleri kullanılmaktadır.

5. Değerlendirme (Evaluate): Bu basamakta öğrencilerin yeni öğrendikleri kavramları değerlendirerek yeni bilginin farkında olduğunu gösterir. Ayrıca bu aşamada öğrencinin kendisini değerlendirmesi de önemlidir. Öğretmen ise öğrencilerin gelişim düzeylerini belirlemesi ve konunun amaca ulaşıldığını görmek için anlama durumlarını değerlendirebilir. Bu bağlamda öğretmen öğrencilere mülakat yapma, hikâye yazdırma, kavram haritası, derecelendirme ölçeği kullanma ve performans değerlendirme gibi öğretim teknikleri ile değerlendirebilir.

Bu araştırma kapsamında öğretim sürecinin planlaması, etkinliklerin tasarlanması ve hazırlanması, öğrencilerin derse karşı dikkatlerinin çekilmesi için 5E öğretim modeli kullanılmıştır. Bu model sayesinde öğrencinin eski bilgileri ile yeni bilgilerini ilişkilendirerek zihninde bilgiyi kodlamasına ve kullanabileceği durumda hatırlamasına yani kendisinin öğrenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu model sayesinde öğrencilerin bilgilerinin kalıcı olması için düzenli tekrarların yapılması ve araştırmaların merakla yapılması katkı sağlamaktadır. Buna ilaveten öğrencilerin akran ile çalışarak problem çözme, iletişim kurma ve işbirlikli öğrenmesine olanak sağlamaktadır. 5E öğrenme modelinde önemli faktörler öğrencinin dikkatini çekmek, keşfetmesini sağlamak, yeni kavramlar öğrenmek, derinleştirmek, değerlendirmek ve değerlendirilme. Bu kapsamda bu faktörlerin öğrenciye verilmesinde öğretim teknolojileri ile tasarlanan materyallerin öğretim sürecinde kullanılması oldukça önemlidir.

Öğretim Teknolojileri

Öğretim teknolojisi, belirli ya da mevcut öğretim programı dikkate alınarak öğretim sürecine teknolojinin düzenlenmesine denir. Öğretim teknolojisi sayesinde hedeflenen alana göre kazanımlar belirlenerek çeşitli teknoloji uyarlanabilmektedir. Belirlenen hedefler kapsamında öğretimin daha etkili olması için öğretime uygun materyalleri tasarlama, geliştirme, uygulama ve değerlendirme eylemleri ile sürecin sistematik olarak planlanmasına öğretim teknolojileri yardımcı olmaktadır (Saban, 2016, s. 57). Bu araştırma kapsamında öğretim teknolojilerinden 3B yazıcılar ve AG teknolojileri kullanılmıştır.

3B Yazıcılar

3B baskı, dijital bir tasarımdan fiziksel bir nesne oluşturma sürecidir. Dijital bir modelleme olan 3D baskı; katı malzemeyi katman katman ekleyerek üç boyutlu fiziksel nesne oluşturur (Steenhuis & Pretorius, 2016; Tofail vd. 2018). 3D baskı teknolojisinin yani 3D yazıcıların nesne üretiminde üç önemli özelliği vardır:

1. Katı bir üç boyutlu nesne oluşturmak için malzeme ekleyerek üretim süreçleridir.

2. Nesne, ardışık malzeme katmanlarının üst üste bindirilmesiyle inşa edilir.
3. Nesne dijital bir 3B modelden yapılmıştır.

3B yazıcıların kullanımı, yapmak istenilen materyalin sanal tasarımını yapmak veya elde etmekle başlar. 3B sanal tasarım bir nesneyi çok sayıda küçük küçük dilime dönüştürülür, ardından dönüştürülen dilimlerden katmanlar oluşturulur (Chen vd., 2016; Steenhuis & Pretorius, 2016). Eklemeli bir imalat olan 3B baskı sürecinin;

- 3B tasarım uygulamaları kullanılarak yeni bir modelin ya da parçanın üretiminin kısa sürede yapılması,
- Yüksek düzeyde otomasyon nedeniyle daha az insan kaynağı gereksinim duyulması,
- Çok sayıda geometrik form üretilebilmesi, örneğin topolojik olarak optimize edilmiş iç kanallı vb. parçaların üretimine olanak sağlaması,
- Küçük, karmaşık parçalar için yüksek hızlı üretim sağlaması,
- Daha az malzeme israfı sağlanması,
- Parça malzemesine bağlı olarak mevcut nesnelerin hasarlı kısımlarını yeniden oluşturma imkânı,
- Özel bir alete ihtiyaç duyulmaması gibi bazı avantajları vardır (Steenhuis & Pretorius, 2016).

3B yazıcıdan bir nesne oluşturmak için ilk olarak, stereo litografi (STL) dosyası formatında olması ya da dönüştürülmesi gerekmektedir. STL dosyasına dönüştürülen 3B materyal 3B yazıcıdan çıktı alınacak formata dönüştürülür (Marro vd., 2016). 3B yazıcı materyali oluştururken sıvılaştıran ve platform üzerine çekilen nozzle bir makara tarafından beslenen plastik bir malzeme olan filament içerir. 3B yazıcıda en yaygın kullanılan filamentler ABS [Akrilonitril Bütadien Stiren] (Weng vd., 2016), PLA [Poliaktik Asit] (Chacón vd., 2017) ve Naylon [Poliamid] (Sanatgar vd., 2017)'dir. Ancak plastik ve ahşap veya karbon malzeme karışımı gibi diğer egzotik malzeme çeşitleri de kullanılabilir. Baskı aşamasında nozzleden sıvılaştıran filament 3B yazıcının platformuna dokunduğu anda sertleşir ve 3B baskıyı oluşturmak için belirli bir yapıyı takip ederek kademeli olarak biriktirilir. Bir katman çizildiğinde platform, yazıcının bir sonraki katman üzerinde çalışmaya başlayabilmesi için bir katman kalınlığı kadar alçalır. 3B materyalin baskı süreci bu şekilde devam eder (Marro vd., 2016). 3B yazıcılar sayesinde katmanlı bir şekilde birikerek oluşan çeşitli materyaller üretilerek sağlık, mühendislik ve eğitim alanlarında kullanılmaktadır (Erasmus3D+, 2017; Keleş vd., 2017; Steenhuis & Pretorius, 2016).

3B yazıcılar eğitim alanında soyut olan kavramları somutlaştırmada veya görselleştirmede genellikle kullanılmaktadır. Araştırma kapsamında kimya eğitimi alanında 3B

yazıcılar kullanılmaya çalışılmıştır. Kimya eğitimi alanında 3B yazıcılar şu konularda kullanılmaktadır:

- Laboratuvar malzemesi tasarımında (Honda vd., 2022; Maaß vd., 2022)
- Kimyasal malzeme yapımında (Polimer, metalik malzeme gibi) (Zhang vd., 2023)
- Moleküller yapıların görselleştirilmesinde (Boyd-Kimball, 2012; Carroll & Blauch, 2017; Jones & Spencer, 2018)

Artırılmış Gerçeklik (AG)

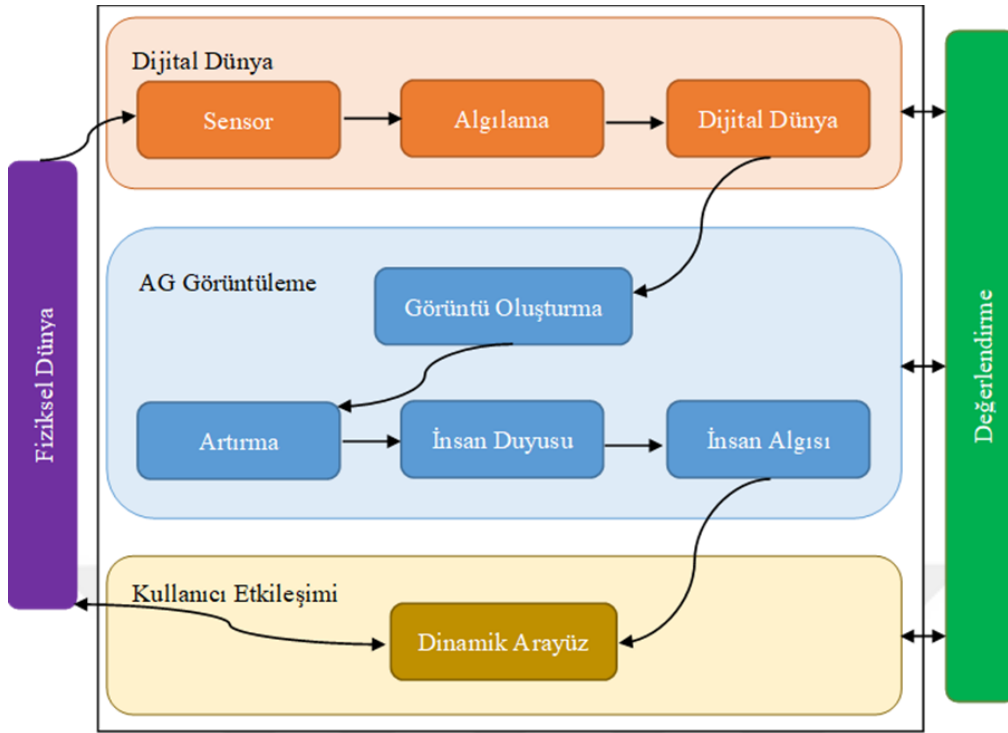
AG, gerçek ve sanal nesneler tarafından desteklenen bir ortamdır. Azuma (1997), AG'yi hem sanal gerçeklik hem de gerçek dünya öğelerini içeren bir ortam olarak tanımlamıştır. Örneğin, bir AG kullanıcısı yarı saydam gözlük takabilir. Bu gözlük aracılığıyla gerçek dünyayı ve o dünyanın üzerine yansıtılan bilgisayar tarafından oluşturulan görüntüleri görebilir. Milgram ve Kishino (1994), AG ortamı ile ilgili gerçek ortamdaki sanal ortama geçiş olan bir gerçek olduğunu belirtmiştir. Şekil 8'de AG teknolojisi ile gerçek ortamdaki sanal ortama geçişi gösterilmiştir.

Şekil 8. AG Teknolojisi ile Gerçek Ortamdan Sanal Ortama Geçiş (Milgram & Kishino, 1994)



AG sisteminin geliştirilmesinde gerçek ve sanal ortamın kombinasyonunu gerçekleştirmek için birkaç ekran teknolojisi gereklidir. Bu teknolojiler, optik şeffaflık, video şeffaflığı, Sanal Retinal Sistemler ve Monitör tabanlı AG'yi içerir (Ismail vd., 2008). Günümüzde ise AG uygulamaları mobil cihazlar ve tabletler ile de kullanılmaktadır (Pence, 2020; Sanii, 2019). Navab vd. (2023) yaptıkları araştırmada fiziksel ortamdaki sanal ortama geçişi sağlayan süreci ve AG teknolojisi ile 3B materyal üretimini Şekil 9'da belirtmiştir.

Şekil 9. AG Teknolojisi ile 3B Materyal Tasarımı, Gelişimi ve Değerlendirilmesi (Navab vd. s.4, 2023)



AG teknolojisi ile 3B materyal tasarlama ve geliştirme günümüzde pek çok alanda kullanılmaktadır. En çok kullanılan alanlardan biri de eğitimidir. Eğitim ortamlarında bu tür teknolojinin kullanımı öğretim sürecinde anlamlandırmayı sağladığı ve akran arası sosyal etkileşime teşvik ettiği belirtilmiştir (Ismail vd., 2008; Kaufmann vd., 2000; Roussos vd., 1999). Eğitimde soyut bir alan olan kimya eğitimi alanında da özellikle son dönemlerde AG teknolojisine başvurulduğu tespit edilmiştir (Arici vd., 2019; Ekici, 2019). Kimya eğitimi alanında AG teknolojinin şu konularda kullanılmaktadır:

- Laboratuvarda deneylerin tasarlanmasında (özellikle tehlikeli deneylerde) (Benedict & Pence, 2012; Williams & Pence, 2011; Zhu vd., 2018)
- Moleküller yapıların görselleştirilmesinde (Damayanti & Ikhsan, 2017; Eriksen vd., 2020; Ripsam & Nerdel, 2022)
- Kimyasal bir olayın görselleştirilmesinde (Sanii, 2019; Tee vd., 2018)

Çoklu Ortam Öğrenme Bilişsel Kuramı

Mayer (2001) araştırmasında geliştirdiği çoklu ortam öğrenme bilişsel kuramı, öğretim sürecini daha etkili ve verimli yapmak için ortaya çıkan bir öğrenme kuramıdır. Çoklu ortamın temelinde bilginin sözcükler ve resimler ile bir arada sunulmasıdır (Mayer, 2001). Newby vd. (2000) araştırmalarında çoklu ortamı, bilgisayar ortamında bulunan metin, ses, resim, grafik, video, gibi araçların bir araya getirilen ortamlar olarak tanımlamıştır. Bu kuram öğrenme

ortamlarını zenginleştirmek için ikili kodlama kuramı, sınırlı kapasite ve aktif işlemci gibi kuramların bir arada kullanıldığı kuramdır (Mayer, 2001). Bu kuramların temel aldığı kuramlar ve temel görüşleri Şekil 10’da verilmiştir.

Şekil 10. Çoklu Ortam Öğrenmenin Dayandığı Kuramlar ve Bu Kuramların Temel Görüşleri

İkili Kodlama Kuramı (Baddeley, 1992; Paivio, 1991)

- Bu kuramda bilginin bellekte temsil ettiği iki yolun olduğunu belirtilmektedir. Bu iki yoldan biri sözel olmayan zihinsel imgeleme, diğeri ise sözel olan sembolik işlemedir (Paivio, 1991).
- Bu kuramda bilginin işlenirken görsel ve sözel kodlamalar yapılabilir (Paivio, 1991).
- Mayer (2001), bu kuramı sözcük ve resimleri içeren iki kanala ve bu iki kanala iki yeni kanal daha ekleyerek bu dört kanalı olan ikiyeşerli gruplara ayırmıştır. İlk grup Duyusal kayıt, diğeri ise Çoklu Ortam Sunumudur. Duyusal kayıt, verilerin hangi duyu organıyla alınarak öğrenene sunulan bilgileri gözle (basılı sözcükler, resim, animasyon, video), kulak ile (fon müziği, seslendirilmiş sözcükler) farklı kanallara işlenmesi sağlanmaktadır. Çoklu Ortam Sunumunda ise sözel (basılı veya seslendirilen sözcükler) ve sözel olmayan (sözsüz müzikler, resimler, animasyonlar) uyaranlar işlenmektedir (Mayer, 2001).

Sınırlı Kapasite Kuramı (Chandler & Sweller, 1991)

- Kısa süreli bellekte görsel ve işitsel kanalların her birinde sınırlı miktardaki bilgi işlenebilir.
- Bu kuramda kısa süreli bellek, zaman ve saklanan veriler bakımından sınırlıdır (Chandler & Sweller, 1991).
- Bilginin kısa süreli bellekte unutulmaması için uzun süreli belleğe aktarılması gerekmektedir. Bu durumun olması için bilginin tekrar edilmesi veya kodlanması bilginin zihinde uzun süreli işlenmesini sağlar (Perkmen & Öztürk, 2009).

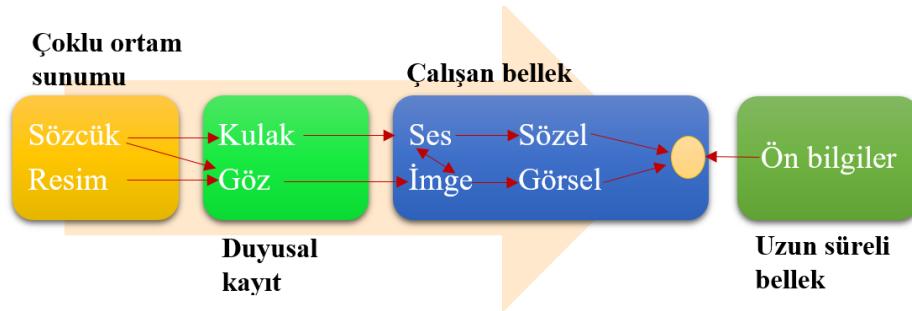
Aktif İşlemci Kuramı (Mayer, 1999; Wittrock, 1989)

- Bu kuram, bilgiler bilişsel süreçten geçerek zihinsel şemalar ve modellerin oluşturma sürecidir (Wittrock, 1989).
- Mayer (2001), zihinsel şemaları oluşturmada karşılaştırmalar, genellemeler ve sınıflamalar yaparak ve kendi bilgilerini yapılandırarak bilginin uzun süre kalması ve öğrenenlerin sürece aktif olarak katılması sağlanmış olur.

Mayer (2001) bu üç kuramı temel alarak çoklu ortam öğrenme bilişsel kuramını oluşturmuştur. Bu kuramda etkili ve anlamlı bir öğrenmenin, kavrama ve hatırlamanın sağlanabilmesi için bilişsel işleve odaklanmıştır. Bu bilişsel işlevler; gerekli sözcükleri,

görüntüleri, sözcükleri ve görüntüleri organize etme, sözcük ve görüntüleri eşleştirebilmedir. Şekil 11’de çoklu ortam öğrenme bilişsel kuramını verilmiştir.

Şekil 11. Mayer (2001) Çoklu Ortam Öğrenme Bilişsel Kuramı



Şekil 11’de dışarıdan algılanan sözcükler ve resimler duyuşsal belleğe kulaklar ve gözler vasıtasıyla ulaşır. Dış ortamdan algılanan resim ve sözcükler duyuşsal bellekte kısa bir süreliğine tutulur. Öğrenme ortamında göz ve kulaklar ile algılanan görsel ve işitsel materyaller önce kısa süreli belleğe alınır. Sonra sözcükler ve imgeler bir bütün oluşturarak kısa süreli belleğe kaydedilir. Daha sonra ses ve imgeler sözel ve görsel kanala gelen bilgiler işlenerek hem birbirleri arasında hem de uzun süreli bellekte yer alan şemalar veya önceki bilgilerle bütünleştirilirler. Bu sayede bütünleştirilerek işlenen bilgiler zihinde kalıcı olarak kalmasını sağlamaktadır. Bu durum çoklu ortamda öğrenme ile işlenen bilgiler bütünleşerek bilginin kalıcılığını ve transferini sağlamaktadır. Çoklu ortam öğrenme bilişsel kuramı göz önünde bulundurularak etkili bir öğrenme tasarımı yapılabilir (Mayer, 2001).

Bu araştırmada 3B öğretim teknolojileri ile desteklenmiş AG uygulamalarının tasarımında bu kuram temel alınmıştır. Bu yüzden araştırmada görsel materyallerin yanında sesli materyallerde kullanılmıştır. Ses ve animasyonların bir arada olduğu 3B materyaller tasarlanmıştır. Araştırmada öğrenciler için tasarlanan 3B materyaller öğrenmeyi doğrudan etkilemesi, verimli ve çekici hâle getirmesi için bu kuramın ilkelere göz önüne alınarak tasarımlar yapılmıştır.

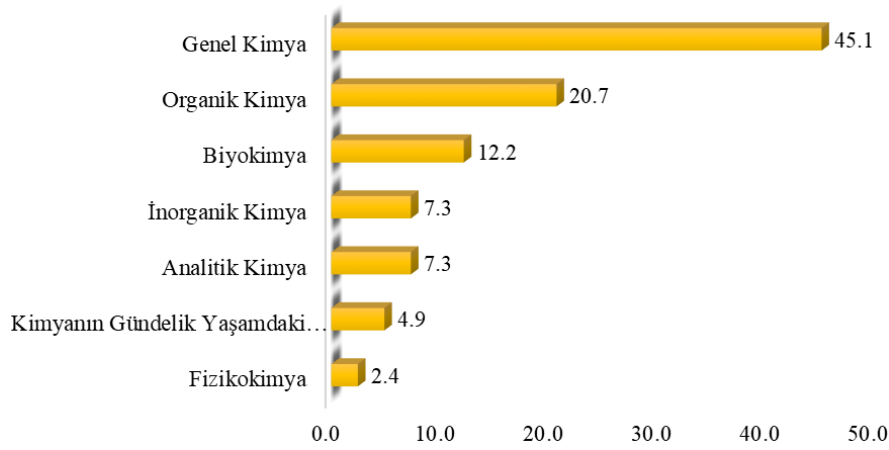
İlgili Araştırmalar

Kimyasal bilgilerin öğretilmesinde makro-mikro-sembolik boyut (kimya üçlüsü) olmak üzere üç ana boyut vardır. Ayrıca Talanquer (2023) son zamanlarda öne sürdüğü dört boyut ile de kimya bilgilerinin öğretilmesi önemlidir. Kimyanın doğası ve kapsamının analizini zorlaştıran karışıklık ve yanlış anlaşılmalara yol açan farklı uyarlamaların ve yeniden yorumlamaların konusu olmuştur. Bu nedenle, kimya öğretiminde bu boyutlar oldukça önemlidir (Talanquer, 2011; 2023). Bu boyutlar sayesinde kimyasal somutlaştırma rahatlıkla yapılabilmektedir. Son on yılda kimyada bu boyutların kullanıldığı araştırmalar; kimya alanı, kimya alt konuları, sembolik gösterimde belirlenen beş faktör, materyal tasarımı ve hedef kitle bazında incelen araştırmalar Ek-1’de verilmiştir.

Ek-1’de yer alan alanyazın incelendiğinde kimya alanı Şekil 4’te, kimya alt konuları Şekil 5’te, kimya üçlüsü Şekil 9’da, materyal tasarımı Şekil 10 ve Şekil 11’de, kimyasal somutlaştırma belirlenen beş faktör Şekil 12’de ve hedef kitle Şekil 13’de ön plana çıkan değişkenler verilmiştir.

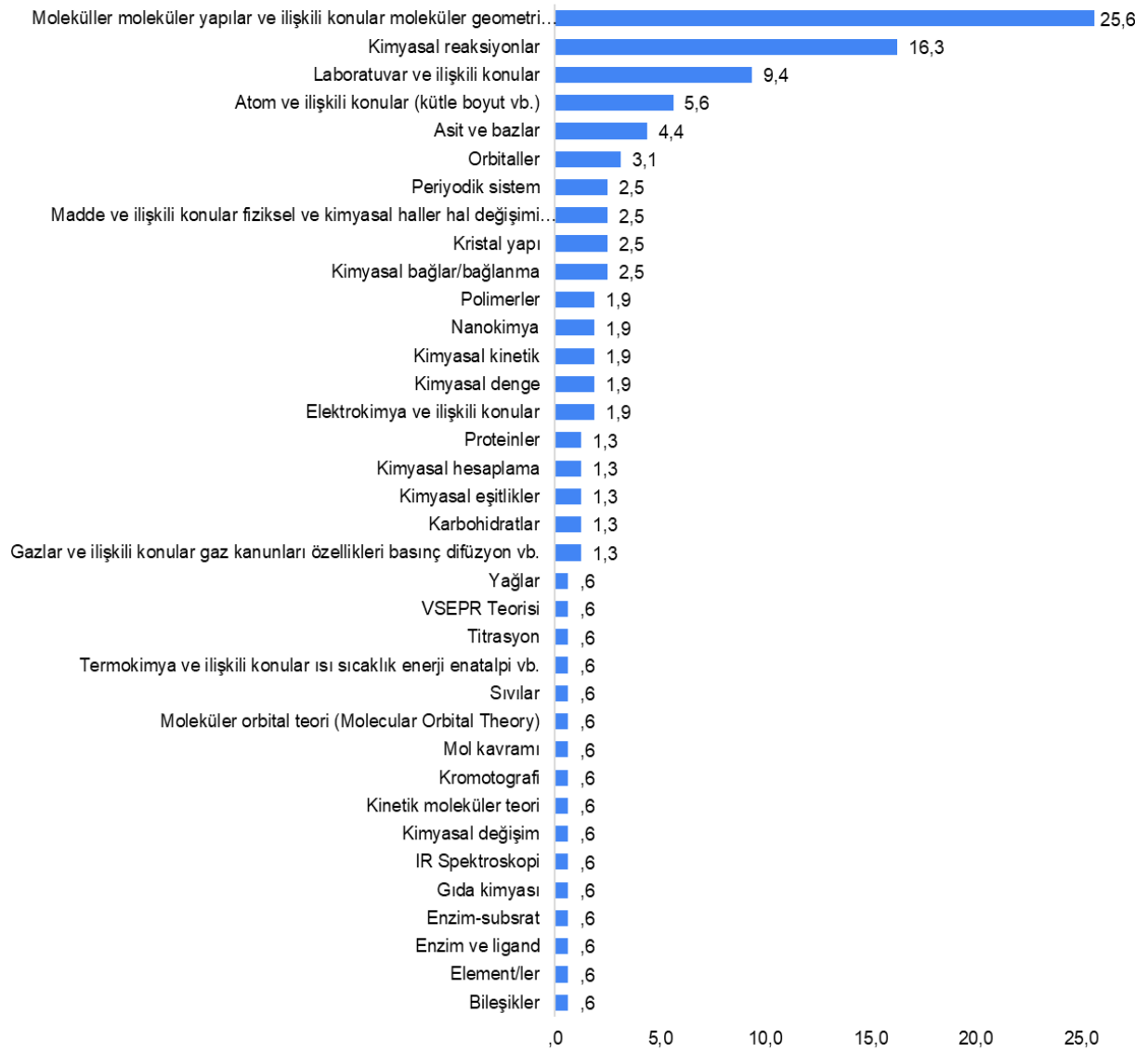
Ek-1’de derlenen alanyazına bakıldığında kimya alanında en çok çalışmanın genel kimya (%45.1) alanında olduğu görülmüştür. En az çalışmanın ise fizikokimya (%2.4) alanında olduğu görülmüştür. Kimya alanlarına göre yüzde dağılımlar Şekil 9’da verilmiştir.

Şekil 12. Kimyasal Görselleştirmeye Yönelik Çalışmaların Alanlara Göre Dağılımları (%)



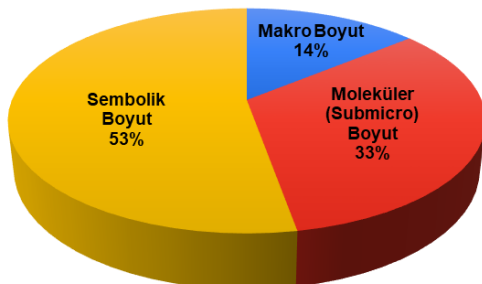
Kimyanın alt konuları ele alındığında ise en çok çalışılan konunun moleküler yapılar ve ilişkili konular, moleküler geometri ve simetri polarite görselleştirme vb. (%25.6) olduğu görülmüştür. En az çalışılan konuların bileşikler, elementler, enzim substrat, gıda kimyası, IR spektroskopisi, kimyasal değişim, kinetik moleküler teori, kromatografi, mol kavramı, moleküler orbital teori (molecular orbital theory), sıvılar, termokimya ve ilişkili konular ısı sıcaklık enerji entalpi, titrasyon, VSEPR teorisi, yağlar gibi konuların olduğu görülmüştür. Kimya alt konularına göre yüzde dağılımlar Şekil 11’de verilmiştir.

Şekil 13. Kimyanın Sembolik Boyutuna Yönelik Çalışmaların Kimya Alt Konularının Yüzde (%) Dağılımları



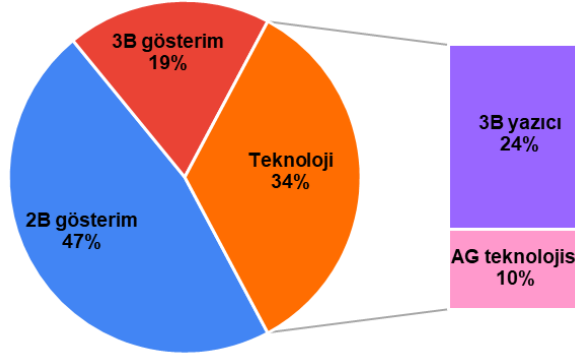
Ek-1’de derlenen alanyazına bakıldığında kimya üçlüsü (makro-mikro-sembolik) ile ilgili en çok çalışmanın kimyanın sembolik boyutu ile ilgili olduğu görülmüştür. Şekil 12’de %53 oranında sembolik boyut, en az çalışmanın ise %14 oranında makro boyut ile ilgili çalışmanın olduğu görülmüştür.

Şekil 14. Kimya Üçlüsüne Yönelik Çalışmaların Yüzde (%) Dağılımları



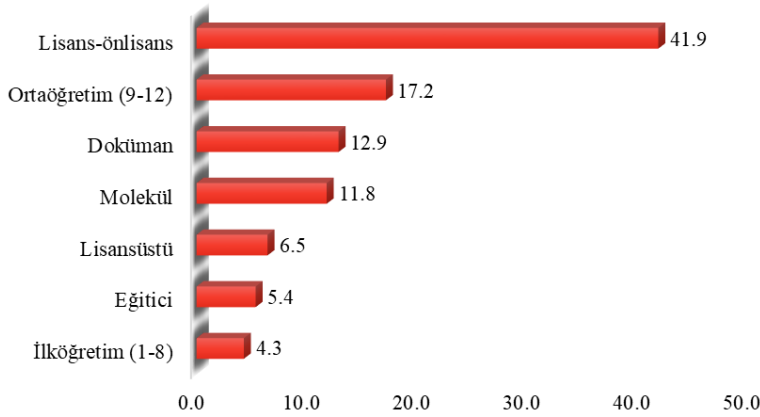
Kimyasal somutlaştırmaya yönelik çalışmaların çoğunun Şekil 13’de görüldüğü üzere 2B gösterimle ve 3B gösterim yani 2B materyallerin olduğu ilgili olduğu görülmüştür. En az çalışmanın ise 3B materyallerin yani teknoloji ile ilgili olduğu derlenen alanyazından hareketle tespit edilmiştir.

Şekil 15. Materyal Tasarımlarının Yüzde (%) Dağılımları



Ek-1’deki alanyazın derlemesinde kimyanın kimyasal somutlaştırma ile öğretiminde araştırmanın lisans öğrencileri (%41.9), en az araştırmanın ilköğretim (%4.3) öğrencileri ile yapıldığı tespit edilmiştir.

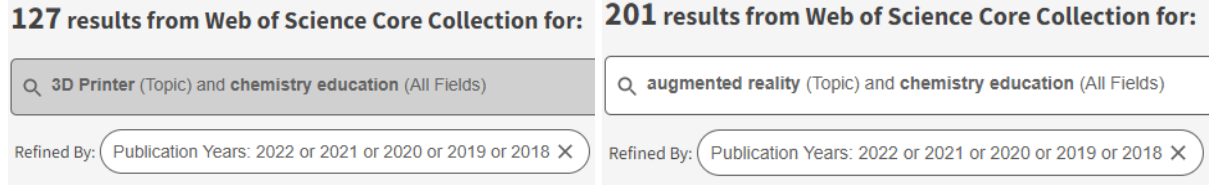
Şekil 16. Hedef Kitlenin Yüzde (%) Dağılımları



Dünyada ve Türkiye’de AG teknolojisi ve 3B yazıcılarda kimya eğitimi ile ilgili araştırmaların son beş yılda ne durumda olduğunu göstermek için bibliyometrik analiz yapılmıştır. Bu analiz son beş yılda kimya eğitiminde 3B yazıcıdan üretilen ve AG teknolojisi ile ilgili araştırmaları içermektedir.

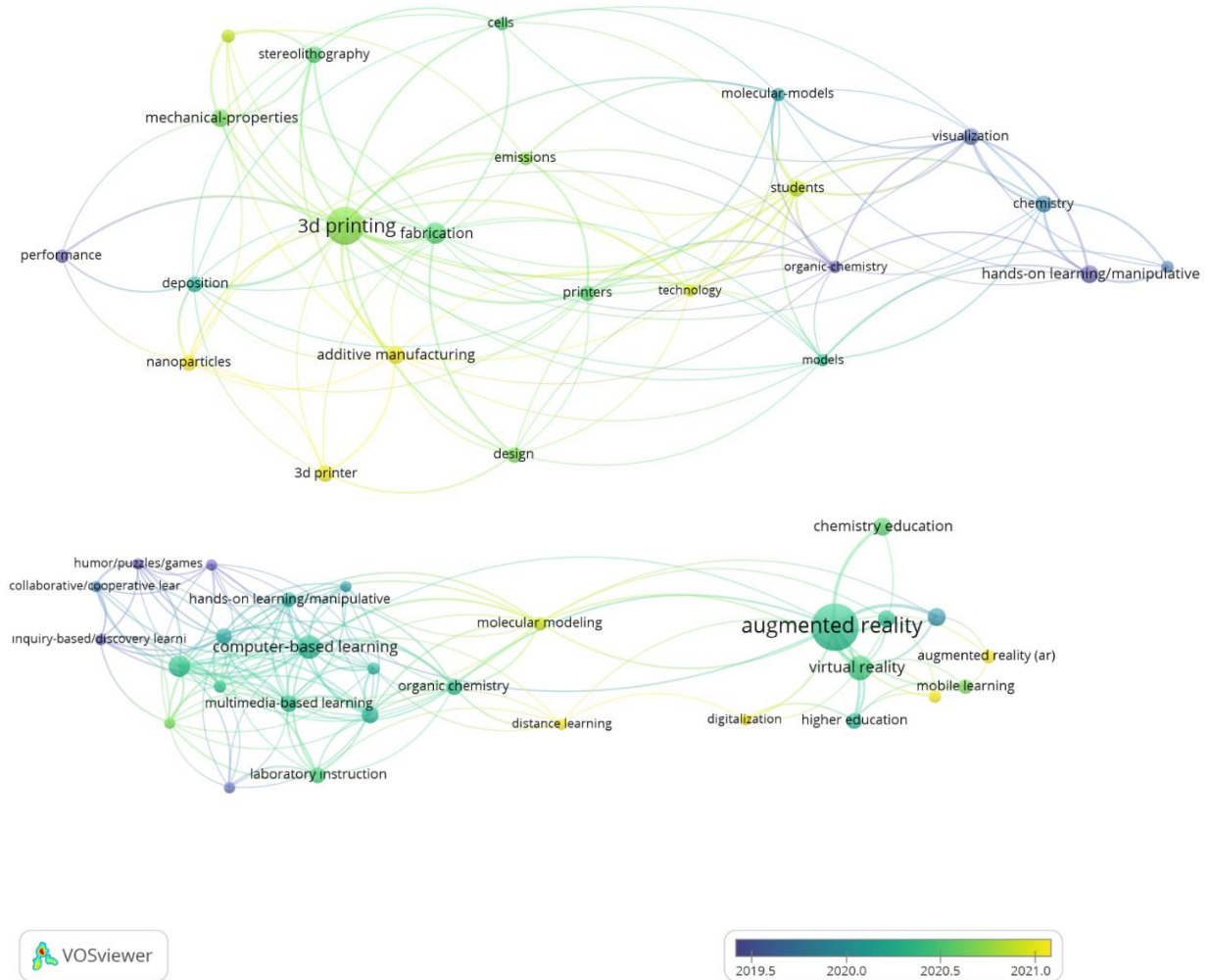
Web of Science’da son beş yıl (2018-2022) yılları arasındaki araştırmalar için Şekil 15’teki sınırlamalar yapılarak iki ayrı tarama yapılmıştır. Bu tarama sonucunda 107 tane 3B yazıcılar ve 103 tanede AG teknolojisi ile ilgili araştırma makalelerine ulaşılmıştır.

Şekil 17. Bibliyometrik Analiz İçin Web of Science 'da Yapılan Sınırlamalar



Yapılan bibliyometrik analiz sonucunda Şekil 15'te elde edilen veriler incelendiğinde moleküler modelleme ve organik kimya derslerinde 3B yazıcı ve AG teknolojisinin kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmaların en çok lisans öğrencileri ile yapıldığı da görülmüştür. Bu veriler Ek-1'den elde edilen sonuçlar ile de paralellik göstermektedir.

Şekil 18. Son Beş Yıla Ait Kimya Eğitiminde AG ve 3B Yazıcıdan Üretilen Materyallerde Ön Plana Çıkan Anahtar Kelimeler



Şekil 16'da yer alan ağ haritası dünyada 3B yazıcı ve AG teknolojisi kullanımında ön plana çıkan ülkeleri göstermektedir. İlk sıralarda doküman ve atıf sıralamasında Amerika ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin olduğu görülmüştür. Türkiye'nin ise bu iki ülkeye göre geride olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 3B öğretim teknolojileri ile ilgili araştırmaların kimya eğitiminde son üç yılda olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca Tablo 3'de AG teknolojisi ile ilgili

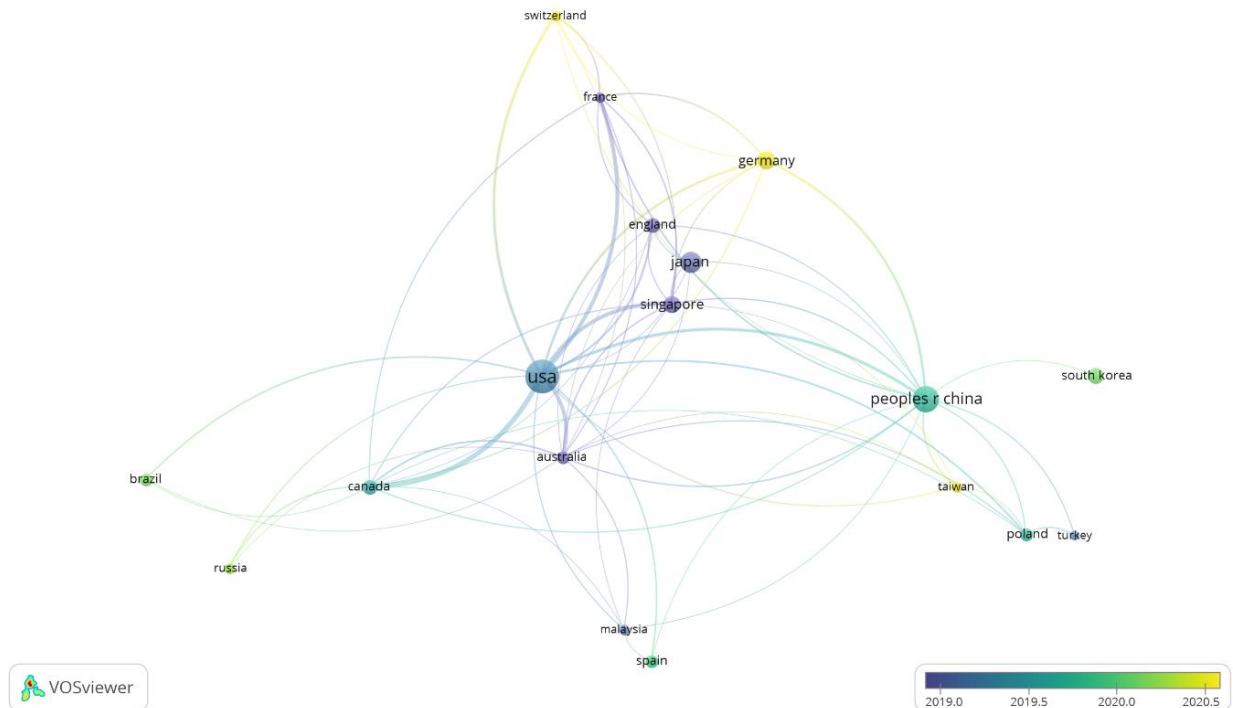
araştırmalara bakıldığında Türkiye'nin AG teknolojisi ile ilgili sadece beş makalesinin olduğu görülmektedir. Ancak makale başına düşen atıf sayısına bakıldığında Türkiye'nin üçüncü sırada olduğu görülmüştür.

Tablo 3. 2018-2022 Yıllarına Ait Kimya Eğitiminde AG ve 3B Yazıcıdan Üretilen Materyallerde Ön Plana Çıkan Ülkelerin Makale ve Atıf Sayıları

AG	Makale	Atıf	Atıf/Makale	3B yazıcı	Makale	Atıf	Atıf/Makale
Amerika	32	326	10.2	Amerika	29	466	16.1
Çin Halk Cumhuriyeti	17	303	17.8	Çin Halk Cumhuriyeti	23	620	27.0
Almanya	10	42	4.2	Japonya	22	337	15.3
Singapur	7	105	15.0	Brezilya	10	206	20.6
İsviçre	6	19	3.2	Singapur	9	561	62.3
İngiltere	6	33	5.5	Güney Kore	9	208	23.1
Fransa	5	117	23.4	Avusturya	8	478	59.8
Kanada	5	34	6.8	Almanya	8	36	4.5
İspanya	5	34	6.8	Kanada	7	292	41.7
Türkiye	5	79	15.8	Polonya	7	83	11.9
Güney Kore	5	7	1.4	İngiltere	6	322	53.7

Tablo 3'e bakıldığında kimya eğitiminde 3B yazıcı ile ilgili araştırmalarda 2017-2021 yılları arasında Türkiye'den herhangi bir yayın olmadığı görülmüştür.

Şekil 19. Son Beş Yıla Ait Kimya Eğitiminde AG ve 3B Yazıcıdan Üretilen Materyallerde Ön Plana Çıkan Ülkeler



Şekil 16 ve 17 incelendiğinde kimya eğitiminde 3B öğretim teknolojileri ile ilgili araştırmaların Türkiye’de artırılması gerektiği ifade edilebilir. Ortaöğretimde öğrencilerin kimya derslerine ilgi, motivasyon ve tutumlarının artırılması ve derslerin öğrencilere sevdirmesi noktasında yapılacak çalışmalar önem arz etmektedir. Bu şekilde en önemli aşama olan öğrencilerin bilişsel boyutta kimyayı öğrenmeleri ve anlamlandırmaları için kimya eğitimi alanında yapılacak araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca ortaöğretimde bu tür araştırmaların Türkiye’de kimya eğitimi özelinde ve eğitim alanı genelinde Türk eğitim sisteminin kalitesine katkı sunacağı düşünülmektedir. İlaveten eğitimde dijitalleşme kapsamında yeni materyallerin üretilmesi ve uygulamasının öğretim sürecine önemli katkılar sağlayacağı da ifade edilebilir.

Alanyazın incelendiğinde 3B yazıcı ve AG teknolojisi soyut bir alan olan kimyaya alanı somutlaştırmaya yardımcı olan teknolojilerden biridir. 3B yazıcı ve AG teknolojisi sayesinde soyut olan kavramlar öğretilmeye başlanarak ilerleyen yaşlarda öğrenmeyi gerçekleştirmesine yardımcı olacaktır (Scalfani vd., 2015; Yang vd., 2018; Zhu vd., 2018).

Kimya derslerinde kavramlar 2B düzlemde verilmektedir. 2B düzlemde verilen kavramları öğrenciler zihinlerinde canlandırmakta zorlanabilmektedirler. Bu zorluğu ortadan kaldırmak için 3B öğretim teknolojilerinden faydalanarak 3B düzlemde moleküllerin yapılarını göstererek yani somutlaştırarak öğrencinin kolay anlaması gerçekleştirilir (Babilonia-Rosa vd., 2018; Fatemah vd., 2020; Robertson vd., 2015; Rodenbough vd., 2015; Sanii, 2019). Bu tür materyaller sayesinde soyuttan somuta doğru bir anlama gerçekleşmiştir. Soyuttan somuta geçiş sayesinde soyut kavramların somut hâlde görme ve detaylı inceleme fırsatı sunmaktadır. Ayrıca alanyazında 3B öğretim teknolojilerinin kullanılması ile birlikte kimya derslerine karşı ilgisiz olan ve sevmeyen öğrencilerin derse karşı motivasyonlarını ve performanslarını artırdığı söylenebilir (Eriksen vd., 2020; Williams & Pence, 2011; Yang vd., 2018). 3B öğretim teknolojileri ile geliştirilen materyallerin kimya derslerinde kullanım devamlılığı ve erken yaşlarda bu tür teknolojilerinin öğrencilerin hayatında olması öğretim süresinde anlamayı kolaylaştıracaktır (Benedict & Pence, 2012).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Yöntem

Araştırma Yöntemi

Araştırma kapsamında materyallerin tasarlanması, geliştirilmesi ve üretilmesinde tasarım tabanlı araştırma yöntemi, materyallerin öğretim süresince kullanılmasının incelenmesi aşamasında ise müdahaleli karma araştırma yöntemi kullanılmıştır.

Tasarım tabanlı araştırma: Bu araştırma; öğretim yöntem ve teknikleri ile tasarlanan öğretim materyal ve etkinliklerini bir araya getiren ve öğretim ihtiyacını karşılayacak ürünler ortaya çıkaran bir araştırma desenidir. Ayrıca öğrenme teorileriyle ilişkili olan ve araştırmada geliştirilen tasarımların uygulanmasında, analizinde gerekli değerlendirmeler yaparak etkili öğretim materyallerinin ortaya çıkmasını sağlayan bir yöntemdir (Anderson & Shattuck, 2012; Bell, 2010; Herrington vd., 2007). Bu yöntem, tasarım aşamasında kullanılarak, tasarlanan materyallerin eksiklikleri giderilerek kullanışlı ve kimyasal somutlaştırmayı anlatmada uygulanabilir tasarımları oluşturmaya yardımcı olmuştur. Araştırma kapsamında 3B materyallerin tasarlanması, geliştirilmesi ve değerlendirilmesinde altı döngü üç faz ile yapılmıştır. Faz 1; döngü 1 ve 2, faz 2; döngü 3 ve 4, faz 3; döngü 5 ve 6'dan oluşmaktadır. Bu döngülerde yapılanlar Şekil 28'de gösterilmiştir.

Döngü 1: Kimya öğretim programında yer alan kimyasal türler arası etkileşimler konusunda yer alan yedi kazanıma göre materyaller tasarlanmıştır. 3B üretim teknolojileri ile tasarlanan materyaller Tablo 4'teki dört uzmandan görüşler alınarak Şekil 28'de Döngü 1'de yer alan dönütlere göre revize edilmiştir.

Tablo 4. 3B Materyallerin Tasarlanmasına Yardımcı Olan Uzmanların Demografik Özellikleri

Uzman	Çalışma alanı	Meslek	Mesleki deneyim	Cinsiyet
1	Kimya eğitim	Akademisyen	22 yıl	Erkek
2	Kimya eğitim	Akademisyen	31 yıl	Erkek
3	Bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi	Akademisyen	9 yıl	Kadın
4	Bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi	Akademisyen	8 yıl	Kadın

Döngü 2: Revize edilen 3B materyaller tekrar tasarlanmıştır. Tekrar Tablo 4'deki dört uzmanlardan görüşler alınarak Şekil 28'de Döngü 2'de yer alan dönütlere göre revize edilmiştir.

Döngü 3: Revize edilen 3B materyaller tekrar tasarlanmıştır. Tekrar uzmanlardan görüşler alındıktan sonra pilot uygulama yapılmıştır. Pilot uygulamada Tablo 5'deki kimya

eğitimi alanında dokuz uzmandan ve beş kimya öğretmeninden materyaller ile ilgili görüş ve önerileri alınmıştır. Şekil 28’de Döngü 3’te yer alan dönütlere göre revize edilmiştir.

Tablo 5. Pilot Uygulamada 3B Materyal Tasarımı ile İlgili Görüş Alınan Uzmanların Demografik Özellikleri

Uzman	Meslek	Mesleki deneyim	Cinsiyet	Uzman	Öğretmen	Mesleki deneyim	Cinsiyet
1	Akademisyen	21 yıl	Erkek	8	Akademisyen	12 yıl	Kadın
2	Akademisyen	14 yıl	Erkek	9	Akademisyen	22 yıl	Erkek
3	Akademisyen	29 yıl	Erkek	10	Öğretmen	23 yıl	Erkek
4	Akademisyen	31 yıl	Erkek	11	Öğretmen	21 yıl	Erkek
5	Akademisyen	33 yıl	Erkek	12	Öğretmen	11 yıl	Kadın
6	Akademisyen	21 yıl	Erkek	13	Öğretmen	32 yıl	Erkek
7	Akademisyen	7 yıl	Kadın	14	Öğretmen	7 yıl	Erkek

Döngü 4: Revize edilen 3B materyaller tekrar tasarlanmıştır. Tekrar uzmanlardan görüşler alınarak liselerde uygulama yapılması için materyallerin hazır olduğuna karar verilmiştir.

Döngü 5: Liselerde uygulama için 3B yazıcıdan üretilen materyallerden on set ve AG teknolojisinden elde edilen materyallerden beş set hazırlanmıştır. Ön test yapıldıktan sonra hazırlanan setler iki farklı lisede deney gruplarında uygulamaya başlanmıştır. Uygulama süresince gözlem yapılmıştır. Uygulama bittikten sonra son test ve öğretmen-öğrenci görüşleri alınmıştır.

Döngü 6: Uygulama öncesi, süresince ve sonrasında veri toplama araçlarından elde edilen veriler analiz edildikten sonra ve uzmanlardan görüşler tekrar alınarak 3B materyallerin son hâli verilmiştir.

Müdahaleli karma araştırma yöntemi: Tespit edilen problemin bir deney veya müdahale (deneme) programı yürütülmesiyle araştırma sürecine nitel veriyi ekleyerek çözüme ulaşmayı sağlayan araştırmadır (bk. Şekil 18) (Creswell, 2015/2017).

Şekil 20. Müdahaleli Karma Araştırma Deseni



Araştırma kapsamında tasarlanacak ve geliştirilecek materyallerin öğretim sürecinde test edilmesi aşamasında nicel verilerin yanı sıra materyallerin etkinliğini ve başarıya etkisini

daha iyi anlamak için nitel verilerden de yararlanılacaktır. Bu doğrultuda, uygulama sürecinde, müdahaleli karma araştırma yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bu araştırmanın ilk aşamasında, araştırmacılar tarafından geliştirilen test ile öğrencilerin dokuzuncu sınıf kimya konuları ile ilgili hazırbulunuşlukları tespit edilmiştir. Ayrıca kimyanın kimyasal somutlaştırma ile ilgili olan başarı testi de uygulanmıştır. Alanyazında yer alan dokümanların incelenmesi ve kimya öğretim programında yer alan kazanımlar dikkate alınarak öğretim materyalleri ve etkinlikleri tasarlanmıştır. İkinci aşamada tasarlanan materyal ve etkinlikler sınıflarda uygulanarak gerekli veriler toplanmıştır. Ayrıca hazırlanan gözlem formu ile de materyalin etkinliği ve tasarım ilkelerine uygunluğu tespit edilmiştir. Üçüncü aşamada tasarlanıp geliştirilen materyallerin öğrencilerin başarı düzeyine etkisini tespit etmek için ilk aşamada uygulanan başarı testi uygulanmıştır. Ayrıca tasarımın kullanılabilirliğini, uygulanabilirliğini ve eksikliklerini tespit etmek için öğrenciler ile odak grup çalışması ve öğretmenler ile de yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırma, Erzurum ilindeki MEB’e bağlı üç Anadolu lisesinde görev yapan üç kimya öğretmeni ve bu öğretmenlerin sınıflarında Tablo 6’da yer alan toplam 209 öğrencinin katılımı ile gerçekleşmiştir. Ayrıca 25 öğrenci ile dört tane odak görüşme ve üç kimya öğretmeni ile de görüşme yapılmıştır.

Tablo 6. *Çalışma Grubunun Demografik Özellikleri*

Ön test- Son test	Birinci Lise		İkinci Lise		Üçüncü Lise				Toplam
	Kontrol	Deney	Kontrol	Deney	Kontrol -A	Deney -A	Kontrol -B	Deney -B	
	28	27	30	31	26	22	20	25	209
	Öğrenci				Öğretmen				
			Kız	Erkek	Sayısı (Cinsiyet)				Mesleki deneyim
Birinci Lise	Odak Grup Görüşme 1		-	5	1 (Erkek)				21 yıl
	Odak Grup Görüşme 2		4	2					
İkinci Lise	Odak Grup Görüşme 3		2	2	1 (Erkek)				23 yıl
	Odak Grup Görüşme 4		3	1					
Üçüncü Lise	Odak Grup Görüşme 5		1	2	1 (Kadın)				11 yıl
	Odak Grup Görüşme 6		1	2					
	Toplam		11	14	3				

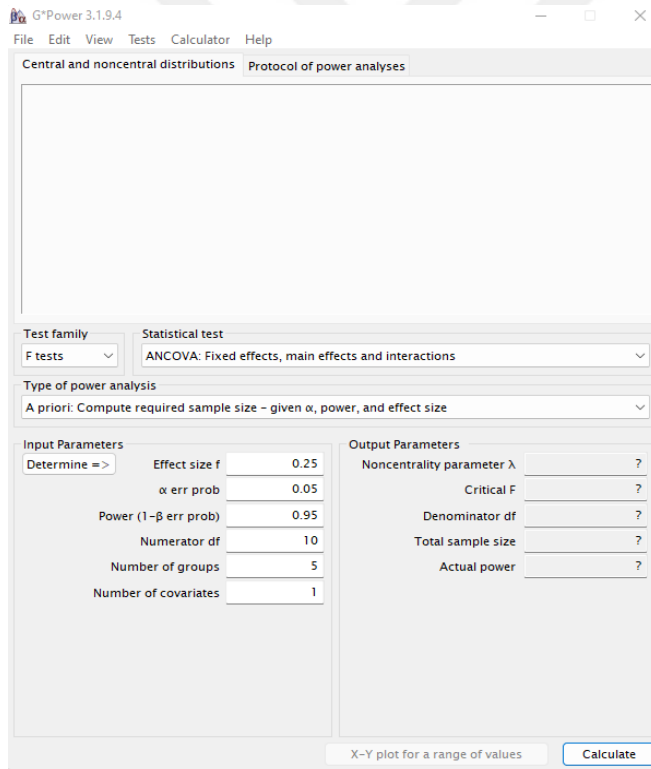
Tablo 6’da görüldüğü gibi dört kontrol ve dört deney grubu ile çalışma yapılmıştır. Kontrol ve deney gruplarında yapılanlar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Kontrol ve Deney Gruplarında Öğretim Sürecinde Öğretim Modeli, Etkinlik ve Materyallerin Kullanım Durumu

	Kontrol	Deney
Öğretim modeli	5E öğrenme döngüsü	5E öğrenme döngüsü
Etkinliklerin kullanılması	Kullanılmadı	Kullanıldı
3B materyallerin kullanılması	Kullanılmadı	Kullanıldı

Çalışma grubunda yer alan öğrenci sayısının yeterli derece olduğunu anlamak için güç (power) analizi yapılmıştır. Bu analiz örneklem sayısı, veri analiz türü, etki büyüklüğüne göre yapılan uygulamanın güç değeri veren bir analizdir. Bu analiz t-testleri (t-testi, korelasyon ve regresyon) ve F testlerinde (ANCOVA, ANOVA MANOVA ve regresyon) kullanılmaktadır (Faul vd., 2007). Bu analiz G*Power 3.1.9.4 yazılımı ile yapılmıştır. Şekil 19’da G*Power 3.1.9.4 yazılımının arayüzü verilmiştir.

Şekil 21. G*Power 3.1.9.4 Yazılımının Arayüzü



Bu araştırma kapsamında nicel verilerin analizinde kullanılan örneklem sayısı, ANCOVA analizi ve etki büyüklüğüne bağlı olarak yapılan uygulamanın güç analizi yapılmıştır. Bu analize göre araştırma kapsamında yapılan ANCOVA analizinde toplam örneklem etki büyüklüğü .399 olarak bulunmuştur. Toplam örneklem üzerinden G*Power analizi yapıldığı için 209 öğrenciden elde edilen etki büyüklüğü değeri üzerinden analiz yapılmıştır. Tablo 8’de etki büyüklüğüne göre deneysel çalışma için %95 güven aralığında

toplam örneklem sayısının en az 84 olması ve gücün .95 olduğu görülmüştür. Araştırmada 209 öğrenci ile çalışıldığı için gücün .99 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 8. *Etki Büyüklüğü ve Örneklem Sayısına Göre Güç Analizi*

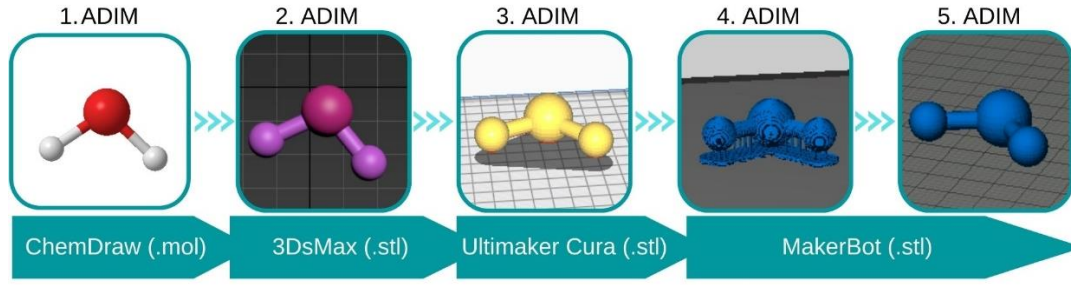
	Etki Büyüklüğü Göre Minimum Örneklem Sayısı ve Güç Değeri	Etki Büyüklüğü ve Örneklem Sayısına Göre Güç Değeri
Girdi (Input)	Effect size $f = 0.39$ α err prob = 0.05 Power ($1-\beta$ err prob) = 0.95 Numerator df = 1 Number of groups = 8 Number of covariates = 1	Effect size $f = 0.39$ β/α ratio = 1 Total sample size = 209 Numerator df = 1 Number of groups = 8 Number of covariates = 1
Çıktı (Output)	Noncentrality parameter $\lambda = 13.37$ Critical F = 3.9684710 Denominator df = 75 Total sample size = 84 Actual power = 0.95	Noncentrality parameter $\lambda = 33.27$ Critical F = 8.9944357 Denominator df = 200 α err prob = 0.003 β err prob = 0.003 Power ($1-\beta$ err prob) = 0.99

Geliştirilen Materyaller

Çalışmada, öğrencilerin kimya derslerinde yer alan molekül ve yapı formüllerini anlamada kimyasal somutlaştırmaya odaklanılmıştır. Öğretim programında yer alan konu ile ilgili olan molekül yapıları dokunsal ve AG ile zenginleştirilmiş 3B materyallerle anlatılmıştır. Ayrıca bu materyalleri kullanan öğrenciler için geliştirilen etkinliklerde tasarlanmıştır. Bu materyaller aşağıdaki gibidir:

1. *3B gösterim:* Kimyada 3B boyutlu gösterimde, molekül yapılarının gösteriminde genelde, top-çubuk ve uzay dolgu molekül modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, çalışmada dokuzuncu sınıf kimya öğretim programında yer alan kazanımlara göre tasarlanmıştır. Ayrıca, top-çubuk ve uzaydaki gösterimlerine yönelik olarak yapılan modeller ChemDraw çizim programında çizilerek bu çizimler daha sonra 3B yazıcıda baskı alınabilecek şekilde .stl uzantılı dosya formatına dönüştürülmüş ve 3B baskıları alınmıştır. İyonik bağlı bileşiklerdeki bağ kavramını göstermek için mıknatıs eklenmiştir. Artı ve eksi yüklenen iyonlar arasındaki çekim kuvvetini mıknatıslardaki çekim kuvveti ile gösterilmiştir. 3B yazıcıdan üretilen materyallerin tasarım aşaması Şekil 20 ve Şekil 21’de verilmiştir.

Şekil 22. 3B Top-Çubuk Materyallerinin Tasarımı



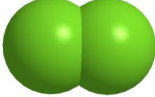
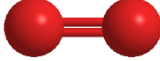
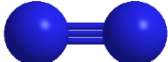
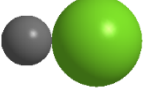
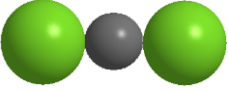
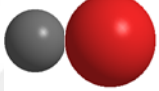
Şekil 23. 3B Uzay Dolgu Materyallerinin Tasarımı



Araştırma kapsamında, 3B öğretim teknolojisine yönelik tasarımlar yapılmıştır. Materyallerin tasarımı uzman görüşleri doğrultusunda da tekrar tekrar düzenlenip tasarım geliştirilmiştir. Ayrıca geliştirilen materyaller, seçilen okullardaki öğretmenler ve öğrencilerle görüşülerek, onların öngördükleri uygun zamanlarda, derslerde kullanılmıştır. Tablo 9’da 3B yazıcıdan üretilen materyaller yer almaktadır.

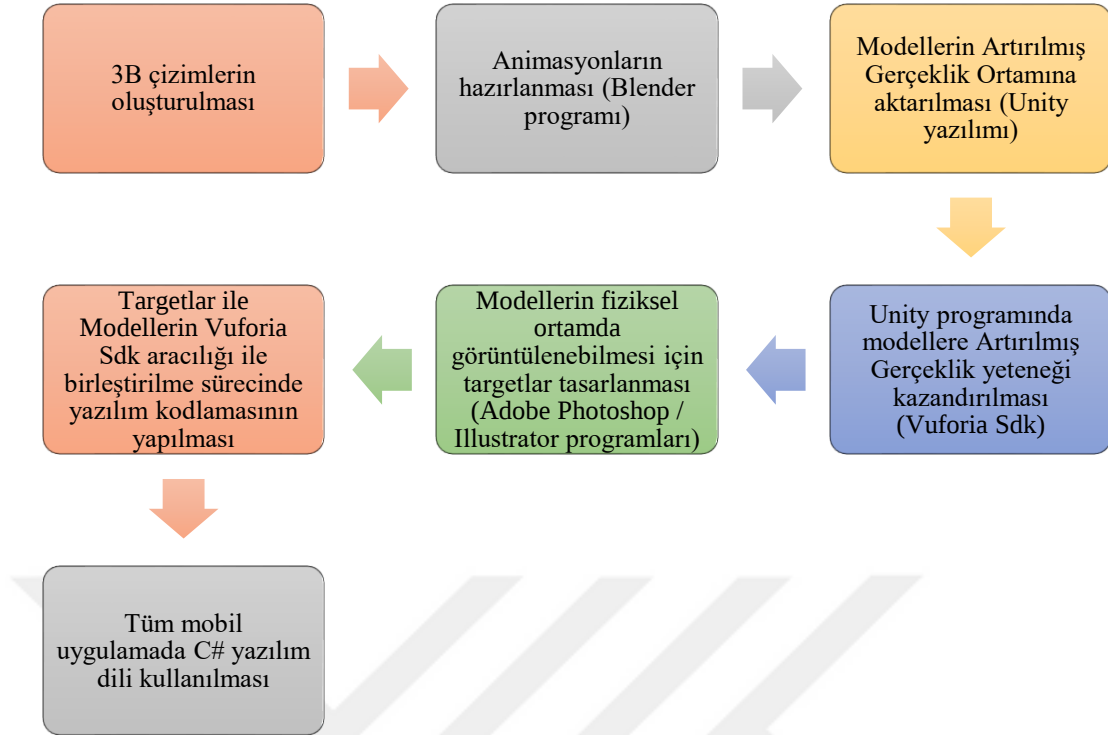
Tablo 9. Geliştirilen Materyaller

Bileşiğin Formülü	3B Tasarımı		3B Baskısı	
	Top-çubuk	Uzay Dolgu	Top-çubuk	Uzay Dolgu
H ₂ O				
CO ₂				
NH ₃				
SO ₂				
HF				

H ₂				
F ₂				
O ₂				
N ₂				
Uzay Dolgu			Uzay Dolgu	
NaCl				
Na ₂ O				
CaCl ₂				
CaO				

2. *AG teknolojisi*: 3B baskılardan elde edilen materyaller, barkot sistemi yardımıyla mobil ortama aktarılmıştır ve öğrenciler için erişim kolaylığı sağlayan AG materyaller üretilmiştir. Bu AG desteğiyle fiziksel modellerde gösterilemeyen moleküller arası etkileşimler, molekül içi bağ oluşumu ve elektron hareketlerinin gösterimleri eklenerek daha zengin bir betimle imkânı kazandırılmıştır. AG teknolojisi ile üretilen materyallerin tasarım süreci Şekil 22’de verilmiştir. Ayrıca AG teknolojisi ile üretilen materyaller ve QR kodları ise Ek 6’da verilmiştir.

Şekil 24. AG Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Materyalleri Geliştirme Süreci



3. *Etkinlikler ve öğretmen kılavuzunun geliştirilmesi:* Etkinlikler MEB kimya öğretim programı ve kitapları incelenerek 5E öğretim döngüsüne göre geliştirilmiştir. 5E öğretim döngüsünün seçilmesinin amacı MEB ders kitaplarının genel olarak bu döngüye göre hazırlanmasıdır. Bu yüzden hem deney hem de kontrol gruplarında öğretmenler derslerini 5E öğrenme modeline göre anlatmışlardır. 3B öğretim teknolojilerini öğretim sürecinde rahat kullanılması için öğretmen kılavuzu geliştirilmiştir. Bu kılavuz geliştirildikten sonra beş kimya eğitimi alanında doktora bitiren uzmandan ve iki kimya öğretmeninden görüşler alınmıştır. Bu görüşlerden sonra EK-8’de yer alan kılavuza ve içindeki etkinliklere son hâli verilmiştir.

Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi

Çalışmada, veri toplama aracı olarak, araştırmacı tarafından süreç içerisinde geliştirilmiştir. Bu araçlar şunlardır:

Hazırlanışlık Testi

Bu test Ek 2’de yer alan ve kimyasal somutlaştırma ile ilgili yedinci ve sekizinci sınıf öğretim programında yer alan kazanımlara göre sorular hazırlanmıştır. Hazırlanan sorular Lawshe (1975) tarafından önerilen kapsam geçerlik indeksi hesaplama yönteminde kullanılmak üzere gönüllü olarak katılan 11 kimya eğitimi alanında doktora tamamlamış olan uzmanlardan görüş alınmıştır. Lawshe (1975) yönteminde uzman sayısına göre kapsam geçerlik

indeksi (KGİ) belirlenmiştir. 11 uzman için KGİ değeri .59 olarak hesaplanmıştır. Tablo 10’da yer alan 11 uzmandan alınan görüşe göre hesaplanan KGİ değeri .32 hesaplanmıştır. Bu değer .59’dan küçük olduğu için soru 9 çıkarılarak 15 soruluk test 14 soruya düşürülmüştür. Ayrıca uzmanlardan alınan görüşlere göre sorular düzenlenip tekrar aynı 11 uzmana gönderilmiştir. İkinci olarak uzmanlardan görüş alınmıştır. 11 uzmandan gelen görüşlerden sonra tekrar KGİ değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan değer (.87) .59’dan büyük çıkmıştır. Ayrıca bu testin KR-20 değeri .74’dür. Son olarak hazırbulunuşluk testine son hâli verilmiştir.

Başarı Testi

Bu test Ek 3’te yer alan ve kimyasal somutlaştırma ile ilgili dokuzuncu sınıf kimyasal türler arası etkileşimler ünitesi ile ilgili olan öğretim programında yer alan kazanımlara göre 27 soru içerecek şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan soruların kapsam geçerliğinin hesaplanması için 10 kimya eğitimi alanında doktorasını tamamlamış olan uzmanlardan görüş alınmıştır. Lawshe (1975) yönteminde uzman sayısına göre kapsam geçerlik indeksi (KGİ) belirlenmiştir. 10 uzman için kabul edilen en düşük KGİ değeri .62 olarak verilmektedir. 10 uzmandan alınan görüşlere göre hesaplanan KGİ değeri .55 olarak bulunmuştur. Bu değer .62’den küçük olduğu için sorulara verilen dönütler doğrultusunda sorular revize edilip tekrar aynı 10 uzmana gönderilmiştir ve ikinci kez uzmanlardan görüş alınmıştır. Tablo 10’da yer alan 10 uzmandan gelen görüşlerden sonra tekrar KGİ değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan değer (.95) .62’dan büyük çıkmıştır. Daha sonra bu test 174 öğrenci ile denenmiştir. Sonrasında madde güçlük indeksi [MGİ] ve madde ayırt edicilik indekslerine (MAİ) bakılmıştır. MGİ yapıldıktan sonra her bir sorunun indeksi .500’den büyük çıktığı için hiçbir maddenin testten çıkarılması gerekmemiştir. Madde ayırt edicilik indeksi [MAİ]’ne bakıldığında 18.soru eksi değerde çıktığı için testten çıkarılmıştır. Tablo 11’de MGİ, MAİ ve KR- 20 değerleri verilmiştir. Son olarak 26 soruluk başarı testine son hâli verilmiştir. Araştırma kapsamında yapılan Şekil 23’te test geliştirme sürecinin adımları verilmiştir.

Tablo 10. Testlerden Görüş Alınan Kimya Eğitimi Uzmanlarının Demografik Özellikleri

Uzman	Meslek	Mesleki deneyim	Cinsiyet	Uzman	Meslek	Mesleki deneyim	Cinsiyet
1	Akademisyen	27 yıl	Kadın	7	Akademisyen	31 yıl	Erkek
2	Akademisyen	14 yıl	Kadın	8	Akademisyen	29 yıl	Erkek
3	Akademisyen	33 yıl	Erkek	9	Akademisyen	8 yıl	Kadın
4	Akademisyen	21 yıl	Erkek	10	Akademisyen	23 yıl	Erkek
5	Akademisyen	7 yıl	Kadın	11*	Akademisyen	12 yıl	Erkek
6	Akademisyen	14 yıl	Kadın	*İşareti olan uzman son teste dönüt vermedi			

Tablo 11. *Kazanım ve Sorulara Göre Başarı Testinin MAİ, MAİ ve KR-20 Değerleri*

Kazanım	Sorular	İlk %27	Son %27	MGİ	MAİ	KR-20
K1	S1	1.000	.809	.904	.096	.832
	S2	1.000	.894	.947	.053	.833
	S3	.851	.106	.479	.372	.822
	S4	.447	.298	.372	.074	.840
	S5	.894	.277	.585	.309	.826
K2	S6	.957	.298	.628	.330	.823
	S7	.894	.298	.596	.298	.825
	S8	.809	.277	.543	.266	.828
	S9	.957	.255	.606	.351	.823
	S10	.170	.170	.170	.000	.842
K3	S11	.983	.315	.649	.334	.823
	S12	.947	.234	.590	.356	.822
	S13	.872	.319	.596	.277	.829
	S14	.868	.291	.580	.288	.821
K4	S15	.851	.255	.553	.298	.827
	S16	1.000	.809	.904	.096	.832
	S17	.809	.298	.553	.255	.830
K5	S18	.064	.191	.128	-.064	.844
	S19	.638	.234	.436	.202	.830
	S20	.872	.213	.543	.330	.823
	S21	.894	.340	.617	.277	.826
K6	S22	.936	.191	.564	.372	.821
	S23	.723	.149	.436	.287	.828
	S24	.734	.021	.378	.356	.820
K7	S25	.702	.234	.468	.234	.831
	S26	.979	.404	.691	.287	.826
	S27	.945	.570	.757	.187	.827
Toplam				0.566		.826

Şekil 25. Test Geliştirme Süreci

Soru havuzunun oluşturulması	• 27 soruluk madde havuzu oluşturulmuştur.
Belirtke tablosunun hazırlanması	• Kimya öğretim programına yer alan yedi kazanıma göre belirtke tablosu hazırlanmıştır.
Uzman görüşlerinin alınması	• 10 kimya eğitim uzmanından 27 soru ile ilgili görüşler alınmıştır.
Uzman görüşlerine göre testin düzenlenmesi	• Lawshe (1975) göre sorular analiz edilmiş ve kapsam geçerlik oranlarına bakılarak soruların bazıları düzeltilip uzmanlara tekrardan gönderilmiştir.
Tekrardan uzman görüşlerinin alınması	• 10 kimya eğitim uzmanından ve sonrasında dört kimya öğretmeninden de görüş alınmıştır.
Pilot uygulama formunun oluşturulması	• Uzmanlardan alınan görüşlere göre Lawshe (1975) göre kapsam geçerlik indeksi hesaplandıktan sonra testin ilk şekli oluşturulmuştur.
Pilot uygulamanın yapılması	• Üç farklı lisede bulunan toplamda 174 lise öğrencisine pilot uygulama yapılmıştır.
Soruların analiz edilmesi ve testin standartlaştırılması	• Öğrencilerden elde verilerin MGİ ve MAİ indekslerine bakılarak sorular analiz edilmiştir.
Başarı testinin son hâlinin verilmesi	• Bir soru testen çıkarılarak 26 soruluk bir başarı testi geliştirilmiştir.

Nicel Verilerin Analizi

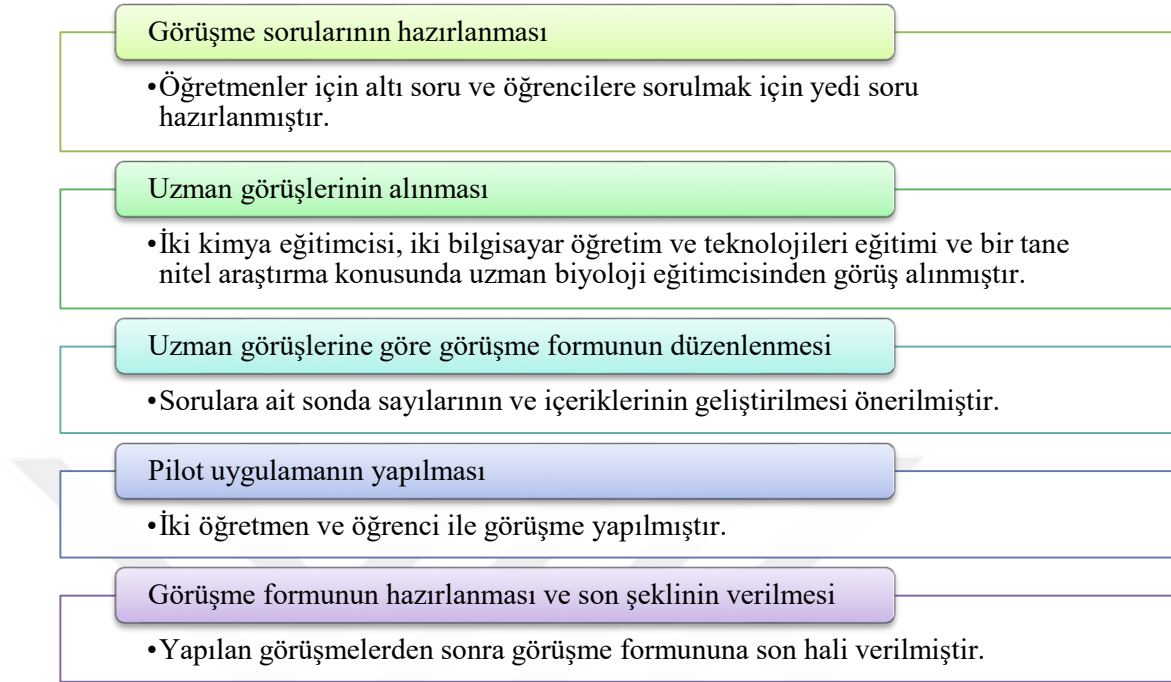
Geliştirilen ön test (hazırbulunuşluk) ve son test (başarı testi) araştırma kapsamında üç farklı lisede belirlenen dört deney ve dört kontrol grubu yapılmıştır. Ön testten alınan puanlar gruplar arasında var olan farkları kontrol altına tutmak için kovaryant olarak kullanılmıştır. Grup sayılarından kaynaklanan farklılığı ve farklı gruplara seçkisiz atama yapılmadığı için nicel verilerin analizinde ANCOVA kullanılmıştır. Bu kovaryans analizinin yapılabilmesi için gruplar arasında kovaryet değişken ile bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olması, regresyon eğimlerinde homojenliğin sağlanması gerekmektedir (Pallant, 2017).

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Tasarlanan materyallerin uygunluğunu veya eksikliklerini tespit etmek (Glesne, 2015, s. 141; Merriam, 2015, s. 87) amacıyla öğrenci ve öğretmenlere yönelik yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanmıştır. Alanyazından faydalanan hazırlanan bu form beş alan uzmanından görüş alınarak revize edilmiştir. Revize edilen bu form, içeriği öğretmen ve öğrencilerin materyallerin hakkındaki görüş ve geliştirmeye yönelik önerileri ve uygunluğunu

veya eksikliğini tespit etmek için hazırlanmıştır (Ek 4). Şekil 24’de yarı yapılandırılmış görüşme formunun geliştirme süreci yer almaktadır.

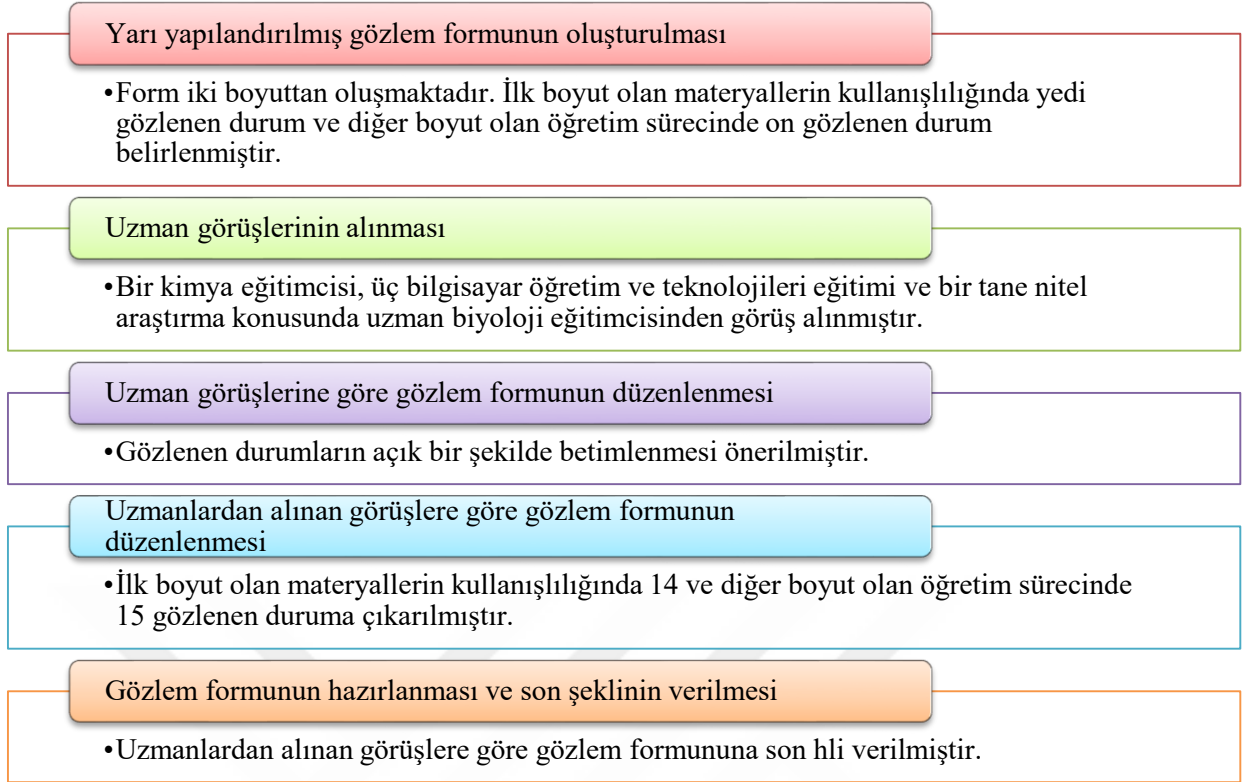
Şekil 26. Görüşme Formunun Geliştirme Süreci



Yarı Yapılandırılmış Gözlem Formu

Sınıf ortamında genellikle araştırmacının ortama katıldığı durumlarda, yapılandırılmış forma ek olarak açıklamaların eklendiği formlardır (Yıldırım & Şimşek, 2016, s. 175). Bu gözlem formunda sınıfta beklenmesi gereken olay veya durumların sıklığı tespit edilmesi için yapılandırılmış bir kısım ve sınıfta görülen farklı durum veya olayların betimlemelerinin yazılabileceği açıklama kısmı da olduğu için yarı yapılandırılmış bir form hazırlanmıştır. Hazırlanan bu form materyalin uygulama sürecinde kullanışlılığı ve eğitsel açıdan etkililiklerini tespit etmek için kullanılmıştır. Hazırlanan bu form beş alan uzmanından görüş alınarak revize edilmiştir. Revize edilen gözlem formundan elde edilen verilerin analiz edilmesinde betimsel analiz kullanılmıştır (Strauss & Corbin, 1990). Şekil 25’te yarı yapılandırılmış gözlem formunun geliştirme süreci yer almaktadır.

Şekil 27. Gözlem Formunun Geliştirilmesi



Nitel Verilerin Analizi

Görüşmeden elde edilen veriler için içerik analizi yapılmıştır. İçerik analizinde elde edilen kodlar ve kategoriler sayesinde temalar oluşturulmuştur. Görüşme transkript edildikten sonra kodlar oluşturulmaya başlanmıştır. Bu kodlar listelenerek anlam bakımından ilişkili olan veriler bir araya getirilerek kategoriler oluşturulur. Kategorize edilen kodlar arasındaki ilişki değerlendirilerek tema oluşturulmuştur. Tümevarımcı bir analiz olan içerik analizi tamamlanmıştır.

Gözlemden elde edilen veriler görüşme sorularındaki içerik analizinde oluşturulan kodlar ve kategoriler sayesinde temaları desteklemek amacıyla kullanıldığından betimsel analize tabi tutulmuştur. Gözlemden elde edilen veriler uygulama süresince çekilen resimlerle desteklenerek veriler analiz edilmiştir. Analiz edilen veriler görüşmeden elde edilen tema, kategori ve kodlarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu yüzden gözlem verilerinden elde edilen veriler tümdengelimci bir analiz olan betimsel analiz yapılmıştır.

Çalışmanın araştırma soruları doğrultusuna yönelik kullanılan veri toplama araçları ve analiz yöntemleri Tablo 12’de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 12. *Çalışmada Kullanılması Planlanan Veri Toplama Araçları ve Analiz Yöntemleri*

Araştırma Soruları	Veri Toplama Araçları	Veri Analizi
1	Dokümanlar, hazırbulunuşluk testi	İçerik analizi ve betimsel istatistik
2	Başarı testi	ANCOVA
3	Yarı yapılandırılmış gözlem formu	Betimsel analiz
4	Yarı yapılandırılmış görüşme formu	İçerik analizi

Uygulama Süreci

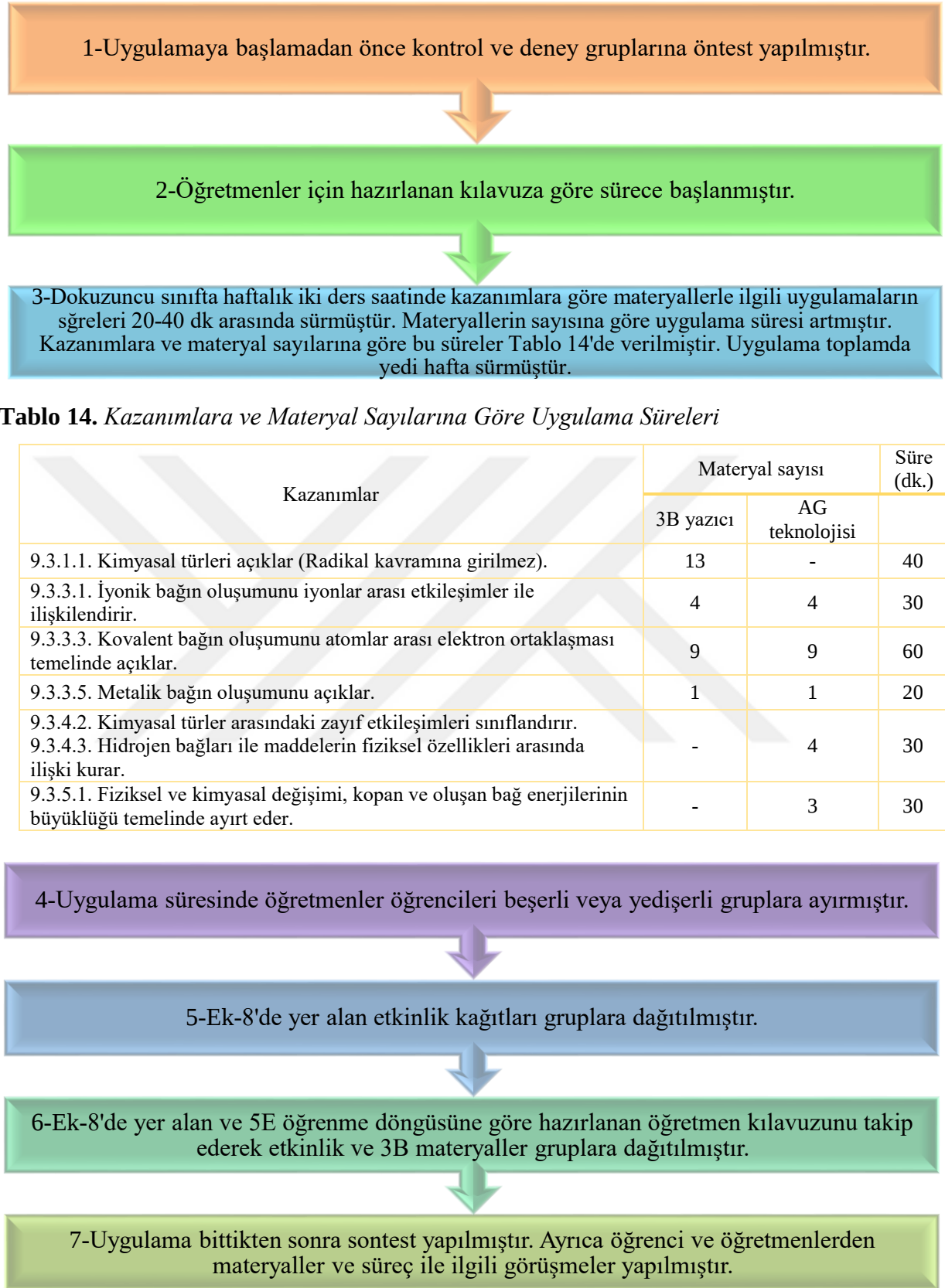
Araştırma kapsamında, 3B öğretim teknolojisine yönelik tasarımlar yapılmıştır. Materyallerin tasarımı uzman görüşleri doğrultusunda da tekrar tekrar düzenlenip tasarım geliştirilmiştir. Ayrıca geliştirilen materyaller, seçilen okullardaki öğretmenler ve öğrencilerle görüşülerek, onların öngördükleri uygun zamanlarda, derslerde kullanılmıştır. Bu okullar seçilirken farklı başarı seviyesinde olan okullar olmasına dikkat edilmiştir. Bu okulların başarı seviyeleri Tablo 13’de verilmiştir. Farklı seviyede okulların seçilmesinin nedeni 3B materyallerin etkililiğini görebilmek ve örneklemin heterojenliğini sağlamaktır.

Tablo 13. *Liselerin 2022 Yılı Merkezi Sınav Taban/Tavan Puanları ve Yüzdelik Dilimleri (MEB, 2022)*

Lise	Taban Puan	Taban Yüzde	Tavan Puan	Tavan Yüzde	Seviye
Birinci Lise	383.67	12.95	417.73	7.04	Orta
İkinci Lise	85.79	Serbest alım	-	-	Düşük
Üçüncü Lise	432.18	4.97	459.55	1.89	Yüksek

Bu materyallerin kullanımı, öğretmen ve araştırmacı kontrolünde yürütülmüştür. Uygulama öncelikle birinci ve ikinci liselerde yapılmıştır. Bir yıl sonra üçüncü lisede de aynı uygulama yapılmıştır. Veriler, uygulama sürecinde ve sonrasında araştırmacı tarafından toplanmıştır. Şekil 26’da uygulama süreci detaylı olarak belirtilmiştir.

Şekil 28. Uygulama Süreci



Uygulama sürecinde öğretmen ve öğrencilerin materyalleri aktif olarak kullandıkları bazı görseller Şekil 27'de verilmiştir.

Şekil 29. Uygulama Sürecinden Bazı Görseller

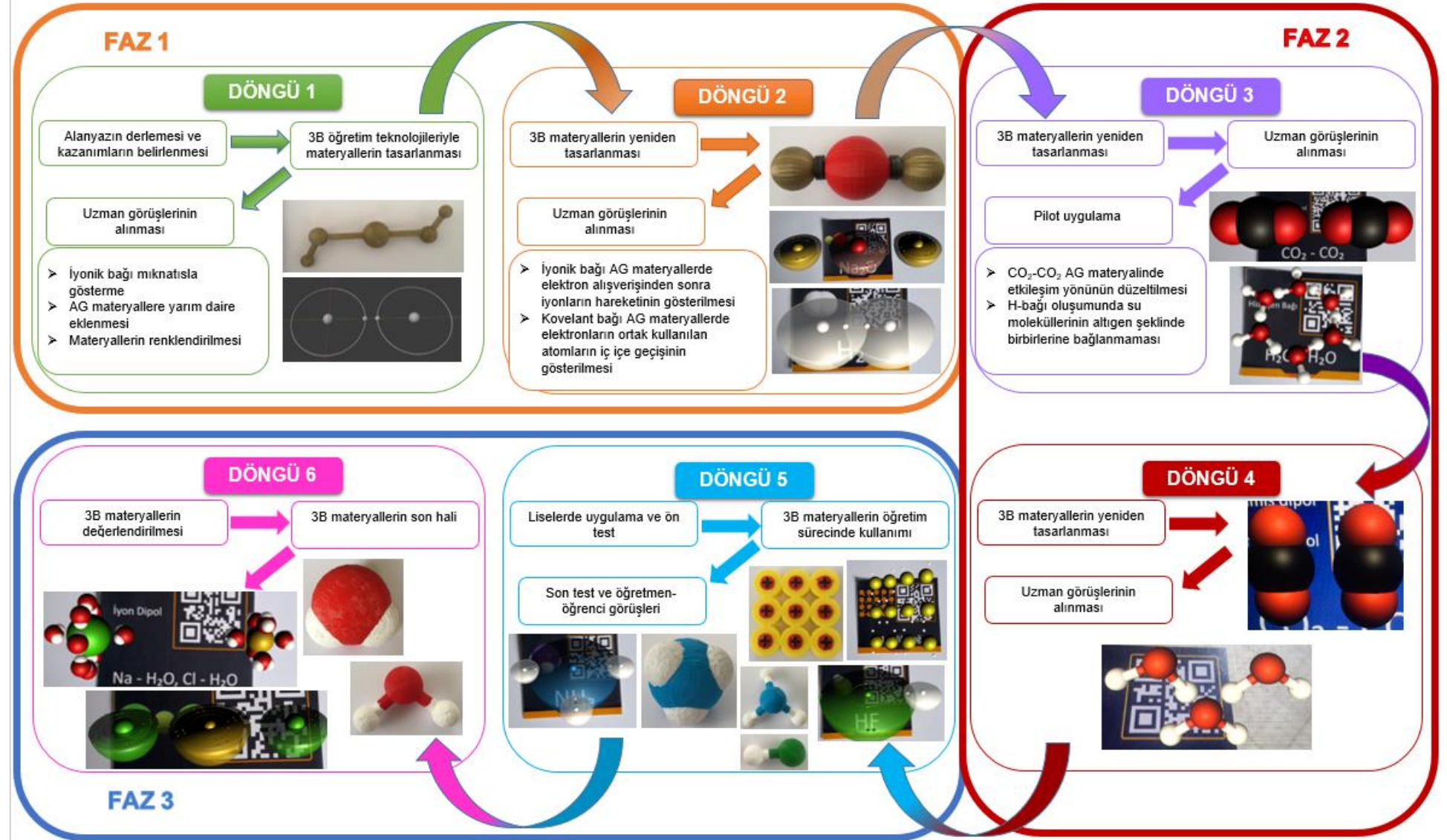


Geçerlik ve Güvenirlik

Bilimsel bir araştırmanın bulgularının doğru ve güvenilir olması önemli bir faktördür. Bu doğrulukta geçerlik ve güvenilirlik ile ilgili olan tedbirlerin alınması, gerekli süre uygulanan durumun belirlenmesiyle sağlanır. Geçerlik ve güvenilirlik kavramları birbiriyle iç içe olsa da (Topu vd., 2013) aslında güvenilirlik, ölçülen durumun veya davranışın tutarlılığı ile ilgili iken; geçerlik ise yapılan işlemlerin amaçlanan yapı ile hedefin uyumlu olma derecesi olarak tanımlanmaktadır (Yurdugül & Bayrak, 2012). Araştırma kapsamında geçerlik ve güvenirliliğin sağlanmasında;

- Araştırma sürecinin ayrıntılı olarak betimlenmesine,
- Belirlenen amaç çerçevesinde uygun örneklem seçiminin gerekçesi ve ayrıntılı bir şekilde özelliğinin açıklanmasına,
- Gözlem ve görüşmeler yapılırken veri kaybını önlemek için ses veya video kaydının yapılmasına,
- Hazırlanan testlerde, gözlem ve görüşme formlarında yer alan bilgilerin doğruluğu ve amaca uygunluğuna yönelik uzmanlardan görüşlerin alınmasına,
- Elde edilen verilere uygun istatistiksel ve içerik analizlerinin yapılmasına araştırmanın her aşamasında dikkat edilmiştir.

Şekil 30. Tasarım Tabanlı Araştırma Deseni ve Araştırmanın Süreci



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Bulgular

Dokuzuncu sınıf kimya dersi için 3B öğretim teknolojileri ile tasarlanan ve geliştirilen materyalin eğitsel açıdan etkililiğinin ve kullanışlılığının incelendiği araştırmada veri analizi sonrası elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur. Araştırma bulguları Şekil 29’da verilen dört temel başlık altında sunulmuştur:

Şekil 31. *Araştırma Bulgularının Sunulduğu Dört Temel Başlık*



3B Öğretim Teknolojilerine Yönelik Materyallerin Özellikleri ve Pilot Uygulama

Kimya Dersi Öğretim Programı’nda farklı sınıf kademeleri için belirlenen kazanımlar ders saatleri içerisinde öğrencilere kazandırmak için Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan ders kitapları temel kaynak kabul edilmektedir. Bu temel kaynağın yanında öğretim sürecini zenginleştirmede kazanımlara uygun 3B öğretim teknolojileri öğretmen ve öğrenciler için gerekli olduğu görülmüştür.

Materyalin özellikleri (Faz 1)

Kimya derslerinde öğrencilerin konuyu daha rahat anlamlandırması için soyut temsilleri anlamada sıkıntı yaşamaması gerekir (Taber, 2009, s.76). Araştırma kapsamında dokuzuncu sınıf “Kimyasal Türler Arası Etkileşimler” ünitesinde yer alan soyut konuların olduğu kazanımlara uygun materyaller tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Materyaller Tablo 15’de yer alan kazanımlara göre tasarlanmıştır.

Tablo 15.Kimyasal Somutlaştırmaya Yönelik Tasarlanan Materyallerin Konu, Kazanımları (MEB, 2018a)

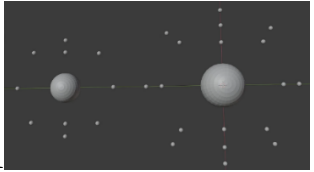
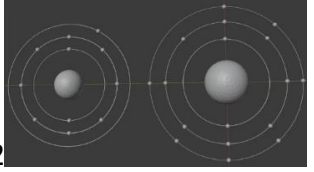
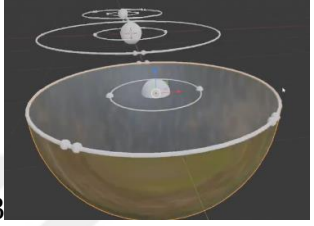
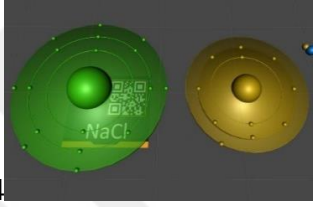
Kimya Konuları	Kazanımlar (Ünite 3: Kimyasal Türler Arası Etkileşimler)
Kimyasal Türleri Tanıyalım	K ₁ : 9.3.1.1. Kimyasal türleri açıkla (Radikal kavramına girilmez).
Güçlü Etkileşimler	K ₂ : 9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir. K ₃ : 9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıkla. K ₄ : 9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıkla.
Zayıf Etkileşimler	K ₅ : 9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır. K ₆ : 9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.
Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	K ₇ : 9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.

Kazanımlara uygun materyaller tasarlanırken;

- atomların gerçek boyutlarıyla orantılı olmasına,
- farklı atomlar için farklı renklerin kullanılmasına (ChemDraw uygulamasında atomları temsil eden renkler kullanılmıştır),
- sade-anlaşılır olmasına,
- konu içeriğine uygun olmasına,
- 3B düzlemde bulunan molekülde atomlar arası bağ açılarına dikkat edilmiştir.

Yukarıda belirtilen özelliklere göre tasarlanan 3B materyaller Tablo 14’de yer alan dört uzmandan görüşler alınarak materyaller tekrardan tasarlanmıştır. Tablo 4’de yer alan uzmanlardan alınan görüşlere göre yapılanlar Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Döngü 1 ve 2’de AG Teknolojisi 3B Materyallerin Uzman Görüşlerine Göre Geliştirilmesi: NaCl Örneği

AG teknolojisi ile tasarlanan 3B materyaller modern atom teorisi düşünülerek atom etrafında elektronlara hareket vermeye çalışılmıştır. Bu şekilde tasarlandığında öğrencilerin kafası karışacağı düşünüldüğü ve ders kitaplarında atomun yapısının Bohr atom teorisine göre anlatıldığından dolayı bu tasarım değiştirilmiştir. Ders kitaplarında Bohr atom teorisine göre anlatıldığından dolayı yörüngeler eklenerek materyaller tekrardan düzenlenmiştir. Düzenlenen materyaller Tablo 13’te yer alan uzmanlardan görüşler alınarak değiştirilmiştir.	 	Döngü 1
Tablo 13’teki uzmanlar elektronların oluşturduğu bulut modelini göstermek için atomdan yarım bir kesit alınarak elektron hareketinin gösterilmesini gerektiğini belirtmiştir. Bu doğrultuda şeffaf bir tas şeklindeki yarım küreler materyallere eklenmiştir. Sonrasında 3B materyaller renklendirilmiştir. QR kodları oluşturulmuştur.	 	Döngü 2

Pilot uygulama (Faz 2)

Tasarlanan 3B materyaller Tablo 4’teki dört alan uzmanından görüşler alınıp tekrar tekrar düzenlenip geliştirildikten sonra dokuz akademisyen ve beş kimya öğretmeninden görüş alınmıştır. Uzmanların materyalleri daha rahat değerlendirebilmesi için Lawshe’nin (1975) belirlediği yöntemle göre uzman görüşü formu geliştirilmiştir. Uzmanlardan materyalleri inceleyip bu forma görüşlerinin yazılması istenmiştir. Tablo 5’de yer alan 14 uzman tarafından doldurulan formdan elde edilen verilerle Tablo 17’de verilen Kapsam Geçerlik Oranları (KGO) belirlenmiştir.

Yapılan analizde sıfırdan büyük değerlere sahip olan materyallerin KGO değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Anlamlı olan KGO değerlerinin ortalaması alınarak Kapsam Geçerlik indeksi (KGİ) değeri .94 olarak hesaplanmıştır (bk. Tablo 17).

Pilot uygulamada 3B materyaller ile ilgili uzman görüşleri alınarak Şekil 30’daki aşamalara takip edilerek geliştirilmiştir.

Şekil 32. 3B Materyaller ile İlgili Uzmanlarla Yapılan Pilot Uygulama Süreci



Tablo 17. *Pilot Uygulamada 3B Materyallerin Kapsam Geçerlik Oranı ve İndeksi*

MATERYALLER	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄	M ₁₅
KGO (Kapsam Geçerlik Oranı)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MATERYALLER	M ₁₆	M ₁₇	M ₁₈	M ₁₉	M ₂₀	M ₂₁	M ₂₂	M ₂₃	AG ₁	AG ₂	AG ₃	AG ₄	AG ₅	AG ₆	AG ₇
KGO (Kapsam Geçerlik Oranı)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MATERYALLER	AG ₈	AG ₉	AG ₁₀	AG ₁₁	AG ₁₂	AG ₁₃	AG ₁₄	AG ₁₅	AG ₁₆	AG ₁₇	AG ₁₈	AG ₁₉	AG ₂₀	AG ₂₁	AG ₂₂
KGO (Kapsam Geçerlik Oranı)	1.00	1.00	1.00	1.00	.57	1.00	.86	.86	.86	.86	.57	.57	.86	.86	.86
KGİ (Kapsam Geçerlik İndeksi)	.94														

M: 3B yazıcıdan üretilen materyaller; AG: Artırılmış geçerlik teknolojisi ile üretilen materyaller

Lawshe (1975) tarafından uzman sayılarına göre belirlendiği Kapsam Geçerlik İndeksi (KGİL) değerine Tablo 18’de bakıldığında 14 uzmandan alınan görüşlerin $KG\dot{I}_L > .51$ olması gerekmektedir. Yapılan analizde $KG\dot{I}$ değerinin $KG\dot{I}_L$ değerinden büyük olduğu ($KG\dot{I} > KG\dot{I}_L$) görülmüştür. Ayrıca öğretmenler ve akademisyenler bu tür materyallerin öğretmen ve öğrenciler için faydalı ve konuyu anlam ve anlatmada yardımcı olacağını materyal değerlendirme formlarında belirtmişlerdir (Ek-3).

Tablo 18. *Uzman Sayısına Göre Kapsam Geçerlik İndeksi ($KG\dot{I}_L$) (Lawshe, 1975)*

Uzman sayısı	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40
$KG\dot{I}_L$	.99	.99	.99	.75	.78	.62	.59	.56	.54	.51	.49	.42	.37	.33	.31	.29

Pilot uygulama kapsamında alan uzmanlarından bazı materyallerin değiştirilmesi ile ilgili şu dönüt ve öneriler verilmiştir.

- CO₂ moleküllerinin (AG₁₇) bulut hâli değişmeli,
- İyon-dipol (AG₁₆) animasyon süresi artırılmalı,
- H-bağı (AG₁₉) ile ilgili materyalde sesli betimleme olmalı,
- H-bağı (AG₁₉) oluşumunda altıgen yapı¹ değiştirilmelidir.

3B Öğretim Teknolojilerinin Öğrenci Başarısına Etkisi (Faz 3)

Üç farklı liseden uygulama sonrasında başarı testi yapılmıştır. Başarı testinden elde edilen veriler ANCOVA analizine tabi tutulmuştur. Üç liseye ait kontrol ve deney grup ortalamaları Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. *Uygulama Yapılan Liselerde Deney ve Kontrol Gruplarına Göre Hazırbulunuşluk Testi (Ön Test) ve Başarı Testi (Son Test) Ortalama Puanları*

Lise	Grup	Ön test (Hazırbulunuşluk Testi)	Son test (Başarı Testi)
		Arit. Ort	Arit. Ort
Lise 1	Kontrol	65.71	40.89
	Deney	63.52	54.30
Lise 2	Kontrol	56.63	37.00
	Deney	51.32	52.03
Lise 3	Kontrol-A	79.78	47.64
	Deney-A	78.14	70.54
	Kontrol-B	75.79	38.60
	Deney-B	84.31	69.11

¹ Yanılgıya neden olmaması için değiştirilmelidir.

ANCOVA

ANCOVA analizine geçmeden önce ön şartları sağlayan varsayımlar kontrol edilmiştir. Bu varsayımlar;

1. Bağımsız değişkenin kategorik (deney-kontrol), bağımlı (son test) ve kovaryantın (ön test) eşit aralıklı veya eşit oranlı olması,
2. Bağımlı değişken ve kovaryantın (ortak değişkenin) normal dağılım göstermesi,
3. Kovaryant ve bağımsız değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olmaması ($p > .05$ olmalı),
4. Kovaryant ve bağımlı değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olması ($p < .05$ olmalı),
5. Bağımlı değişkenle ortak değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olması (regresyon eğilimlerinin homojenliği)
6. Varyansların homojenliğinin sağlanmasıdır.

Ek-9'da bu varsayımların sağlandığı veriler yer almaktadır. Varsayımlar sağlandıktan sonra ANCOVA analizine geçilmiştir. Öncelikle Tablo 20'deki deney ve kontrol gruplarının düzeltilmiş ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 20. *Liselere Ait Başarı Testi Deney Kontrol Gruplarının Son-Test Puanlarının Betimsel İstatistikleri*

Okul	Grup	Ortalama	Düzeltilmiş ortalama	N
Birinci Lise	Kontrol	40.89	40.20	28
	Deney	54.30	55.02	27
İkinci Lise	Kontrol	37.00	36.83	30
	Deney	52.03	52.20	31
Üçüncü Lise	Kontrol-A	47.64	47.35	26
	Deney-A	70.54	70.89	22
	Kontrol-B	38.60	37.60	20
	Deney-B	69.11	69.92	25
Toplam	Kontrol	40.93	40.49	104
	Deney	60.74	62.01	105

Başarı testi 3B öğretim teknolojileri ile üretilen materyallerin öğretime olan katkısını göstermek amacıyla grupları kıyaslamak için Tek Faktörlü Kovaryans Analizi (ANCOVA) analizi yapılmıştır. Tablo 21'de 3B materyallerle kimya dersinin öğretiminde ön-test kontrol altına alındığında her bir deney grubundaki öğrencilerin başarılarında anlamlı bir farklılaşma olduğu görülmektedir ($F=136.48$ $p=.00$). Kısmi eta kare $=.40$ etki büyüklüğünde bir etki vardır. Gruplar arasındaki ortalamanın deney grupları lehine olduğu bulunmuştur. En büyük etkinin .66 ile üçüncü lisenin deney-B grubunda, en az etkinin ise .29 ile birinci lisenin deney grubunda olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 21. *Liselere Ait Başarı Testi ANCOVA Analizi*

Okul	Kaynak	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Etki Büyüklüğü
Birinci Lise	Corrected Model	4513.217 ^a	2	2256.609	15.809	.000	.378
	Intercept	42.042	1	42.042	.295	.590	.006
	Ön test	2043.816	1	2043.816	14.318	.000	.216
	Grup	2977.369	1	2977.369	20.859	.000	.286
	Error	7422.492	52	142.740			
	Total	135887.000	55				
	Corrected Total	11935.709	54				
İkinci Lise	Corrected Model	3475.994 ^b	2	1737.997	17.741	.000	.380
	Intercept	4276.812	1	4276.812	43.656	.000	.429
	Ön test	30.896	1	30.896	.315	.577	.005
	Grup	3410.528	1	3410.528	34.813	.000	.375
	Error	5682.072	58	97.967			
	Total	130711.000	61				
	Corrected Total	9158.066	60				
Üçüncü Lise A	Corrected Model	6665.282 ^c	2	3332.641	21.573	.000	.489
	Intercept	1008.286	1	1008.286	6.527	.014	.127
	Ön test	412.589	1	412.589	2.671	.109	.056
	Grup	6529.402	1	6529.402	42.266	.000	.484
	Error	6951.784	45	154.484			
	Total	175848.598	48				
	Corrected Total	13617.067	47				
Üçüncü Lise B	Corrected Model	10625.702 ^d	2	5312.851	42.516	.000	.669
	Intercept	4622.668	1	4622.668	36.993	.000	.468
	Ön test	275.777	1	275.777	2.207	.145	.050
	Grup	10266.008	1	10266.008	82.154	.000	.662
	Error	5248.324	42	124.960			
	Total	154742.083	45				
	Corrected Total	15874.027	44				
Toplam	Corrected Model	26149.795 ^a	2	13074.897	87.002	.000	.458
	Intercept	7364.679	1	7364.679	49.006	.000	.192
	Ön test	6187.696	1	6187.696	41.174	.000	.167
	Grup	20510.943	1	20510.943	136.483	.000	.399
	Error	30958.187	206	150.282			
	Total	597188.680	209				
	Corrected Total	57107.982	208				

3B Öğretim Teknolojileri İle İlgili Öğrenci ve Öğretmen Görüşleri

Bu bölümde öğrenci görüşleri ve öğretmen görüşlerinden elde edilen veriler doğrultusunda 3B öğretim teknolojilerinden üretilen materyallerin niteliği değerlendirilmiştir. Bu materyallerin niteliklerine ilişkin ön plana çıkan özellikler ve öneriler verilmiştir.

Öğrenci Görüşme Verileri

Öğrenci görüşleri analiz edildiğinde 3B öğretim teknolojilerinin öğretim sürecinde ön plana çıkan özellikleri ve bu özelliklerin materyallerin kullanılmasındaki katkıları tespit edilmiştir. Bu tespitler Tablo 22’de yer alan içerik analizi ile elde edilmiştir.

Tablo 22. Öğrenci Görüşlerinden 3B Materyal Kullanımı Yönelik Kategori ve Kodlar

Tema	Kategori	Kod	Öğrenci	f
3B Materyal Kullanımı	Kimya dersini anlama	1-Moleküllerin 3B yapısını görme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	24
		2-Kimya dersini kavramsal öğrenme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö7, Ö8, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	19
		3-Moleküllerin yapısını 3B düşünebilme	Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö14, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24	13
		4-Kimya dersini pekiştirme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	20
	Öğretim sürecinde isteklendirme	1-Kimyayı sevme	Ö3, Ö5, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	19
		2-Kimya dersinde eğlenme	Ö2, Ö6, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö15, Ö17, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	18
		3-Kimyaya olan ilgi ve tutumu artırma	Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö14, Ö15, Ö16, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	14
		4-Kimyayı akran ile öğrenebilme	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö20, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	18
		5-Kimyada arkadaşlar ile iletişim kurma ve ortak çalışma	Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö21, Ö22, Ö23, Ö24, Ö25	18

Yapılan içerik analizinde 3B materyal kullanımı teması altında iki kategori bulunmuştur. Bu kategorileri oluşturan dokuz kod tespit edilmiştir. Bu iki kategori başlığında altında elde edilen ve Tablo 22’de belirtilen kodlara yönelik veriler şu şekildedir.

Kategori 1: Kimya Dersini Anlama

Bu kategoriye ait dört kod vardır ve bu kodlardan elde edilen veriler şu şekildedir.

Kod 1: Moleküllerin 3B yapısını görme

Kimya dersi soyut bir ders olduğu için öğrenciler 3B öğretim teknolojilerinden üretilen materyallerin konuyu somutlaştırdığını, gözle görülmeyen partiküllerin yapılarını rahat görselleştirdiğini, zihinde düşünülen soyut kavramları hissetme ve dokunmanın faydalı olduğu, anlama ve pekiştirmeye yardımcı olduğunu öğrenciler aşağıdaki görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Ö8: Zihnimizde düşünmektense elimizde hissetmek, ona dokunmak, görmek daha faydalı.

Ö11: Gözlerimizle göremediğimiz şeyleri biraz daha canlandırılmış olarak görmeliyiz. Hem anlamamız açısından hem de pekiştirme açısından biraz daha yardımcı oldu. Ha verimli oldu ders. Anlamamı da daha da kolaylaştırdı.

Ö14: Mesela bu gösterdiğiniz şu tabletlerden baktığımızda mesela Kimyasal bağ yaptığını siz söyleseniz bile onu görmediğimiz sürece oturmuyordu ama bunu izledikten sonra hemen üzerine görmemiz, nasıl olduğunu görmemizi daha iyi anlaşılır hâle gelmesini sağladı. Özellikle bu materyalleriniz hoca anlattıktan sonra ne kadar resim çizse bile onun yerini tutmuyor. Tabii ki de onu görmek. Ben mesela onlara çok ilgiliyim ve onu gördükten sonra da konuya olan ilgim artıyor diyebilirim.

Ö16: Getirdiğiniz mesela molekül örnekleri iyon örnekleri onlar çok etkiliydi. Çünkü onları gördüğümüz zaman aslında göremiyoruz çıplak gözle. Ama biz onları gördüğünüz zaman ders konusunda daha katkısı oldu. Birde test kitaplarında görsel olarak çıkıyor. Onları çözerken de böyle sizin getirdiklerini hayal ederek daha iyi çözüyoruz.....Dejavu yaşamış yaşamış oluyoruz. Sizin getirdiklerini görüyoruz. Onlar dokunuyoruz. Ondan sonra test kitabında gördüğüm zamanda bu iyi oldu. Bu molekülü böyle diyerek daha etkili oluyor.”

3B öğretim teknolojileri ile geliştirilen materyaller sayesinde öğrenciler görerek, dokunarak, molekül yapılarını zihinlerinde daha rahat anlamladıklarını dile getirmişlerdir. Bu sayede moleküllerin 3B yapılarını görmeleri kimyayı dersini anlamaya katkısı olduğu görülmüştür.

Kod 2: Kimya dersini kavramsal öğrenme

Kimya derslerini kavramsal açıdan öğrenmeye katkı sağladığı, anlamayı kolaylaştırdığı, kavramları daha rahat anlamayı sağladığını ve moleküllerin 3B modellerinin kâğıt üzerinde (2B düzlemde) yer alan çizimlerden daha anlaşılır olduğu öğrenciler aşağıda yer alan görüşlerden tespit edilmiştir. Ayrıca sınavda bu materyallerin konuyu daha rahat hatırlamalarına yardımcı olduklarını da öğrenciler görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Ö3: Zaten hocamız bize kavramları anlattığı için bir de artırılmış gerçeklik, bir şey kullanınca materyalleri kullanınca tam olarak oturmuş oldu. Ne olduğunu daha iyi anlamış olduk.

Ö4: bende daha önce hiç böyle eşyalarla (3B materyalleri kastediyor) çalışmadığım için daha çok aklımda kaldı. Daha unutmam.

Ö7: Evet, önceden resimlerde sadece bir çizgi olarak geçiyordu kovalent bağ ama O bağların mesela renklerinin farklı olması, orada kaç tane bağ olduğunu bana daha iyi hatırlattı. Sınavda da aynı şekilde öyle.

Ö12: Mesela bir iyon ya da bir atom falan dedikten sonra bu arkadan bir materyal gelmesi onun belki daha da çok oturmasına yardımcı oldu. Ya da belki de gerçekten de yardımcı oldu. Zaten böyle tabletler veriyordunuz. Orada bir sesli vardı, onları dinliyorduk. Oradaki hareketlerini oradaki olan olayları. Orada görebiliyorduk bu yüzden bu da bir olumlu tarafı denilebilir.

Ö17: Kalıcı olduğunu okuttuğumuz zaman orada moleküllerini ayrı olarak görsellerinde sesiniz geliyordu. Oradan anlatıyordunuz ayrı ayrı özelliklerini hoca da aynısını söylüyor ama o sesle o görüntüleri daha fazla kalıcı oluyor.

Ö18: Zaten Hoca sürekli ders anlattığı için neye benzediğini bilmiyoruz. Tabletlerde bu konuda çok işimize yarıyor. Çünkü kare kodları okutunca o şekilde nasıl olduğunu ne işe yaradığını ne olduğunu görüyoruz. Dokunabiliyorsunuz. Aynı şekilde materyallere böyle daha akılda kalıcı oluyor ve daha güzel olur.

Ö23: Gediğim gibi konuyu anlatmasına ya anlaşılmasına yardımcı oluyor çünkü atomların hareket hareket biçimini gösteriyor. Nasıl yani boyutlarını gösteriyor pozitif kutup. Bunu negatif kutup bunu gösteriyor. Hani modellerini gösteriyor ve anlatıyor aynı zamanda da. Bence gayet anlaşılır bir şekilde.”

Öğrencilere göre 3B materyallerle kimya dersinin öğretilmesi kalıcı öğrenmelerine, 2B düzlemde gördükleri moleküllerin 3B düzlemde çok farklı olduğunu belirtmişlerdir. Ö7 resimlerde (2B düzlemde) bağların çizgi şeklinde olmasının akılda kalmadığını ama 3B materyallerde bağların renkli olmasının anlamalarına katkı sağladığını ve Ö12’de atomlarda bulunan elektron hareketlerini tablette görmenin öğrenmesine katkı sağladığını dile getirmiştir. Ö18’de devamlı anlatılan konulardan dolayı moleküllerin neye benzediğini öncesinde anlamadığını ama sonrasında 3B öğretim teknolojileri ile geliştirilen materyaller ile kavrayıp öğrendiğini belirtmiştir.

Kod 3: Moleküllerin yapısını 3B düşünebilme

Kimyada moleküllerin yapısını anlamada kalıcılığı sağladığı, çalışmaya teşvik ettiği, 3B materyalleri hissederek ve dokunarak zihinde kolay canlandırmaya ve düşünmeye katkı sağladıklarını aşağıda yer alan öğrenci görüşlerinden tespit edilmiştir.

Ö2: Kimya sorularında şey, resimle sorularda genellikle şey olur, resimleri gösterirler. Aklımızda kalan artırılmış gerçeklik ve diğer 3 boyutlu materyallerden direk ne olduğunu anlayabiliyoruz.

Ö8: Zihnimizde düşünmektense elimizde hissetmek, ona dokunmak, görmek daha faydalı.

Ö22: Kavramları öğrenmemde şöyle bir etkisi oldu. Şimdi ben ezber yapmayı seven biri olmadığım için kavramları tableten yani dağıtılan materyalleri kullanarak kavramları görerek algılayarak ve sezimleyerek daha iyi bir öğrenme şekli oluşturduğumu düşünüyorum.

Ö20: Mesela karbondioksit baktığımızda çift bağlar. ... mesela ben bunu sorular da yapmak için illa tek tek yani karbondioksit yazman gerekiyor. Çünkü ezberlememiştin. Evet. ama şeyi gördüm materyalleri kullandığımda. ... Artık o şekilde hep aklıma geldiği için rakip içip bağlı olarak yazıyorum.

Ö23: Kavramsal kavramsal anlatımda hani bazı kavramların açıklamasını yapmıştı uygulama. Ayrıca yani hareket ederken de açıklaması yani kavramların ne olduğunu daha iyi anlamam olanak sağladı benim. Ayrıca yani döndürebiliyorduk ya da şekil küçülebiliyorduk. Bana daha yardımcı oldu bence."

3B materyallerle kimya dersinin işlenmesinde öğrenciler, ezberden uzaklaştırdığını, bu materyaller sayesinde moleküllerin 3B yapılarını zihinde düşünmeyi kolaylaştırdıklarını dile getirmişlerdir. Ayrıca tablette yer alan AG uygulaması sayesinde molekülleri döndererek ve yakınlaştırarak incelenmesi öğrencilerin 3B düşünme becerilerine katkı sağladığı görülmüştür.

Kod 4: Kimya dersini pekiştirme

Öğretim sürecinde kullanılan 3B materyallerin kimya dersini pekiştirmeye yardımcı olduğu, bilgilerin kalıcılığını sağladığı, materyallerde yer alan sesli betimlemelerin konuyu tekrara yardımcı olduğu aşağıda yer alan öğrenci görüşlerinden tespit edilmiştir. Ayrıca sesli betimlemeler zaman zaman sınıfın kalabalık ve fazla gürültü olmasından dolayı anlaşılmamıştır.

Ö3: Şey, hocam, materyallerden sonra direk soruları geçiyorsun ve öğrendiğimizi tam olarak ne denir ona? Tam olarak kavramamızı sağlıyor. Mesela aklımızda kalıcı kalsın diye.

Ö5: Hem kimya dersine ilgimiz arttı hem de konuların pekişmesi daha kolaylaştı.

Ö10: Videoyu izlerken Hocamızla tekrardan bağın oluşumu falan anlattığı için iyice pekiştirmiş olduk.

Ö11: Gözlerimizle göremediğimiz şeyleri biraz daha canlandırılmış olarak görmeliyiz. Hem anlamamız açısından hem de pekiştirme açısından biraz daha yardımcı oldu. ...hocam hem hocamızın anlatması hem de materyaller hem pratik hem de zihinde biraz daha yardımcı oldu. O yüzden sınavda da etkisini gördük.

Ö13: Hem eğlenceli oldu hem de konudan sonra geldiği için pekiştirici de oldu. Evet, bir de şeyler tabletlerle geldiği için arkadan yine ses vardı... Hocam diğer derslerde de olabilir çünkü diğer derslerinde pekiştirecek bir şey yok onların ardından pekiştirmek için bunlar daha iyi olur.

Ö22: Etkinliklerde sınava benzer olduğunu düşünüyorum. Çünkü kazanımlarla gayet uyumlu olduğu için hı hı. Müfredata uygun olduğu için sınavları o yaptığımız testler sınava etkisi olduğunu düşünüyorum. Pekiştirdi."

Öğrencilere göre 3B öğretim teknolojileri ile geliştirilen materyallerde yer alan sesli betimlemeler ve animasyonlar sayesinde kimya konularını tekrar etme fırsatı verdiğini dile getirmişlerdir. Ayrıca öğrencilerde sınavlara hazırlanırken konuyu bu materyaller sayesinde daha rahat tekrarlayıp pekiştirmeye fayda sağladığı görülmüştür.

Kategori 2: Öğretim sürecinde isteklendirme

Bu kategoriye ait beş kod vardır ve bu kodlara yönelik elde edilen veriler şu şekildedir.

Kod 1: Kimyayı sevmeye

Öğretim sürecinde kullanılan 3B materyallerin kimya dersini sıkıcılıktan kurtardığını ve bu materyaller sayesinde konuyu daha rahat anlayarak kimyayı sevmeye başladığını aşağıda yer alan öğrenci görüşlerinden tespit edilmiştir.

“Ö5: Mesela o 3 boyutlu şekiller bizim aslında derse olan ilgimizi de artırmış olabileceği daha çok dikkatimizi çektiği için artırmış olabilir ve sonra etkinlikler yaptık. Konuyu işledikten sonra veya önce orada da durumumuzu anlamış olduk. Ne kadar öğrenmişiz konuyu?”

“Ö8: Siz gelmeden önce ders çok sıkıcıydı. Hoca sadece daha tahtayı çiziyordu bizi anlayabildiğimiz kadar hoca anlatıyor, sonra geçiyor. Zaten çok sıkıcı geçiyor dersin süresi daha uzun gibi geliyordu. Geldikten sonra biliyorduk geleceksiniz biz tabletlerle.”

“Ö10: Ortaöğretimde böyle etkinlik tarzında şeyler alıştırdığımız için öğrenme tarzına alıştığımız için lisede böyle bir şeyle karşılaşmak bize bu derse karşı sempati kazandırdı.”

“Ö15: Şöyle 40 dakikasında hocanın anlatması biraz sıkıcı oluyordu. Sürekli ders ve yazı birazcık yorucu oluyordu ama araya o materyaller işte kâğıtlar girdiği zaman hem birazcık mola veriyorduk.”

“Ö16: Mesela ilk gördüğümüz zaman hangisinin atom hangisinin molekül bunları bilmiyorduk ve de böyle bize tuhaf geldi. Çünkü biz sürekli dinleyerek ders işliyoruz ya ama böyle zaman geçtikçe böyle onların geleceğini biliyorduk. Böyle onlara görünce böyle diyorduk. Bu atom molekül hem de tabletlerde dinleyince görmüş oluyorduk. Birde bunları ilk başta anlamayarak bakıyorduk ama zaman geçtikten sonra artık anlayarak bu böyle. Bu şöyle diyerek daha iyi iş yaptık.”

“Ö22: Ben toparlayayım genel olarak. Sınav konusunda bana büyük bir katkısı oldu. Öğrenim açısından kimyayı daha çok sevmeye açısından bir katkısı yapılan testler, ondan sonra pekiştirmeler benim için kimyayı daha çok sevmeme neden oldu ve sosyalleşmeme de neden oldu bu materyaller.”

Öğrenciler önceden kimya dersinin sıkıcı olduğunu ama 3B materyallerin sayesinde bu sıkıcılıktan kurtulduklarını, kimya derslerine karşı sempatilerinin arttığı ve kimyayı sevmeye başladıklarını dile getirmişlerdir. 3B materyaller sayesinde kimya derslerini sevmeyen öğrencilerin sevdikleri, kimyanın aslında sıkıcı bir ders olmadığı öğrenci görüşlerinde tespit edilmiştir.

Kod 2: Kimya dersinde eğlenme

3B öğretim teknolojilerinde üretilen materyallerin renkli olması ve hareketli animasyonların olması kimya derslerine karşı merak uyandırdığını, kavramları daha rahat

anlayabildiğini, dersi sıkıcılıktan uzaklaştırdığını, konuyu tekrarlamaya yardımcı olduğunu ve bu sayede kimyanın daha eğlenceli hâle geldiğini öğrenciler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Ö6: Önceden şekiller 3 boyutlu gelmeden önce sıkılıyorduk ama o eşyalar geldikten sonra ders almamız bir tık daha kolay olduğundan dolayı eğlenceli gelmeye başladı

Ö7: Mesela bu materyaller gelmeden ders çok sıkıcı geçiyor gerçekten. Gerçekten çok sıkıcıydı dersin anlamıyordum zaten. Materyaller falan geldiğinde hem anlama yeteneğim gerçekleşti hem de derslere katılımım daha fazla olmaya başladı. O yüzden yararlı buldum.

Ö11: Evet, siz gelmeden önce derslerine biraz ilginiz oluyordu. Fakat siz geldikten sonra hem merak hem de eğlence açısından biraz daha değiştim. Kullanılan materyaller şekiller ve cisimler ayrıca animasyonlarda bu anlamda fazladır bu yüzden.

Ö12: Öncelikle böyle çok ezber gibi geliyordu. Ezber oluyordu. Fakat bu sonraki yapılan etkinliklerle sanki biraz daha farklı bir anlam bürünmüş gibi oldu. Bir yandan birbirlerini yaptı, biraz daha eğlenceli oldu. Biraz daha değişiklik oldu. Bu yüzden sanki biraz daha eğlenceli oldu. Biraz daha ilgi çekici.

Ö13: Hem eğlenceli oldu hem de konudan sonra geldiği için pekiştirici de oldu.

Ö15: Bir sorun yaşamadım. Bence gayet eğlenceli.

Ö17: Herhangi bir sorunla karşılaşmadık ama mesela bakmak insanın daha fazla eğlenceli geldiği için vaktimizin daha fazla olmasını isterdim.

Ö20: Derslerde etkinlik yapmak tabii ki insanların aklına daha fazla çünkü direk normal okumak insanları yorar, sıkar. Bu yaparak eğlenceli bir şekilde yapmak daha çok akılda kalır.”

Öğrenciler 3B materyallerle kimya derslerinde kullanılmasının dersi sıkıcılıktan ve ezberden uzaklaştırarak daha eğlenceli bir duruma getirmiştir. Kimya derslerinde bu materyaller sayesinde eğlenceli ortamların oluşturulması konuların akılda daha kalıcı kaldığını öğrencilerin görüşlerinde tespit edilmiştir.

Kod 3: Kimyaya olan ilgi ve tutumun artırma

3B materyaller ve verilen etkinlikler sayesinde konuyu kavrama, anlama, meraklandırma, ezberden uzaklaştırma, moleküllerin 3B yapılarını görme, sesli animasyonları dinleme kimyaya olan ilgi ve tutumu artırdığını öğrenciler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Ö3: Uygulamanın peşine yapılan etkinlik ya da aynı anda yapılan etkinlik bakan arkadaşımız diyor ki değil mi? Hani ne kadar anladığımı evet başka. ...böyle materyalleri kullanmak benim daha çok ilgimi attım.

Ö5: Mesela o 3 boyutlu şekiller bizim aslında derse olan ilgimizi de artırmış olabileceği daha çok dikkatimizi çektiği için artırmış olabilir ve sonra etkinlikler

yaptık. Konuyu işledikten sonra veya önce orada da durumumuzu anlamış olduk. Ne kadar öğrenmişiz konuyu?

Ö9: Sürekli ders dinleyince belli bir süre sonra dikkatimiz dağılıyor ama materyallerle dikkatimizi daha rahat toplayabilirim.

Ö11: Evet, siz gelmeden önce derslerine biraz ilginiz oluyordu. Fakat siz geldikten sonra hem merak hem de eğlence açısından biraz daha değiştim. Kullanılan materyaller şekiller ve cisimler ayrıca animasyonlarda bu anlamda fazladır bu yüzden.

Ö14: Mesela bu gösterdiğiniz şu tabletlerden baktığımızda mesela kimyasal bağ yaptığını siz söylemeniz bile onu görmediğimiz sürece oturmuyordu ama bunu izledikten sonra hemen üzerine görmemiz, nasıl olduğunu görmemizi daha iyi anlaşılır hâle gelmesini sağladı. Özellikle bu materyalleriniz hoca anlattıktan sonra ne kadar resim çizse bile onun yerini tutmuyor. Tabii ki de onu görmek. Konuyla ilgili..... ben mesela onlara çok ilgilim ve onu gördükten sonra da konuya olan ilgim artıyor diyebilirim.

Ö21: ... motivasyonum kesinlikle motivasyonumu etkiledi. Güzel. Bu yaptığınız etkinlikler tabii ki öğrenmenizde çok aşırı derecede yardımcı oldu”

3B materyallerle kimya derslerinde kullanılması öğrencilerin derse karşı ilgilerini ve motivasyonlarını artırdığı görülmüştür. Kimya dersine karşı ilgisiz olan öğrencilerin bile bu materyaller sayesinde ilgi ve tutumlarının arttığı öğrenci görüşlerinde tespit edilmiştir. Bu ilgi sayesinde öğrencilerin kimya dersini öğrenmeye yardımcı olduğu ve materyaller sayesinde kimyayı merak ettikleri tespit edilmiştir.

Kod 4: Kimyayı akran ile öğrenebilme

3B materyaller ve verilen etkinlikler sayesinde sınıf ortamında akranlar arasında anlaşılmayan yeri öğrenebilme, öğretmene öğrencinin sormadığı soruları akarana rahatça sorabilme, materyaller üzerinde arkadaşlarla tartışarak konuyu kavrayabilmenin akran ile öğrenebilmede etkili olduğunu öğrenciler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

Ö5: Mesela arkadaşlarımıza hem fikir, paylaşma şeyleri yaşadık. Hem de mesela farklı düşüncelerimiz de hemen bir çatışmayla şey yapabildik. Fikir paylaşımı yapabildik.

Ö6: Mesela benim anlamadığım yeri arkadaşıma anlatıyordum. Anlamadığın yeri ben anlatıyordum. Böylece daha konuları iyi anladık. Grup çalışması olarak da ortaklaşa şeye varmayı anladım.

Ö8: Fikir alışverişi yapabiliyorduk. Onun anlamadığı yeri ben anlatıyordum. Hocaya sormanıza bile gerek kalmadı. Eğer çekiniyorsak bazen sormuyoruz ama arkadaşımıza rahatça sorabiliyoruz.

Ö10: Arkadaşımızın da etkinlikte yorumunu dinlerken farklı farklı şeyler öğrenebiliyoruz. Bu yüzden ekip çalışmasının önemli olduğunu düşünüyorum.

Ö12: Mesela böyle biz baktıktan sonra mesela bir şeyler kafamızda yanıyor bir şeyler yapıyoruz. Mesela arkadaki arkadaşımıza tartışınca mesela o bizim fark

ettiğimizi, Fark etmediklerimizi ayrıntıya dikkat etmediklerimizi o mesela bizde tamamlayabiliyor. Mesela o da bakıyor. Çünkü materyallere mesela benim kaçırdığım şeyi o görüyor. Onun kaçırdığı ben görüyorum. O yüzden birbirimizi tamamlıyoruz. Bu yüzden materyaller bence bu yönden de gayet iyi.

Ö13: *Ondan sonra mesela bir şey kaçırdık, arkadaki yapıyordu. Ondan sonra ortak kararı alıp yazıyorduk.*

Ö15: *Ben de arkadaşlarıma katılıyorum tartışınca benim yapamadıklarımı onun yaptığını fark ediyorum ve o bilgileri aktarıyor bana bende daha iyi öğrenmiş oluyorum.*

Ö21: *Ben grup olarak yapılmasını gerçekten çok faydalarını gördüm. Çünkü mesela biz o QR kodu okuttuk. Onu incelemeye başladığımız zaman gruptaki arkadaşlarımdan birbirimize olan fikirlerimiz hani neden şurası böyle? Neden burası böyle değil? Birbirimizin fikirlerini de aldık. Böylece daha iyi anlaşılır olduğunu düşünüyorum.”*

Kod 5: Kimyada arkadaşlar ile iletişim kurma ve ortak çalışma

3B materyaller ve etkinlikler sayesinde çok yakınlığı olmayan arkadaşları ile iletişim kurma fırsatı yakalama, ekip olarak incelen materyalleri inceleyip etkinlikleri ortak çözebilme, materyal üzerinde fark edemediği önemli yerleri arkadaşının göstermesi, sohbet havasında konuyu anlayabilme iletişim kurma ve ortak çalışma becerilerini artırdığını öğrenciler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

Ö3: *...takım olarak çalışmayı öğrendik. Hocam birde belki birlikte etkileşim kurarak aramızın çok yakın olmadığı arkadaşlarımızla daha iyi oldu.*

Ö10: *Herhangi bir grubun yapısı da önemli oluyor. Mesela içimizden birinin alakası olmadığı zaman yaklaşıyor bu zaman bu başkalarını da etkileyebiliyor. Grup arkadaşlarınızla uyumunuz da etkili olduğu için. Grup içi çalışmanın böyle dezavantajları da oluyor.*

Ö12: *mesela böyle biz baktıktan sonra mesela bir şeyler kafamızda yanıyor. Bir şeyler yapıyoruz. Mesela arkadaki arkadaşımıza tartışınca mesela o bizim fark ettiğimizi, Fark etmediklerimizi ayrıntıya dikkat etmediklerimizi o mesela bizde tamamlayabiliyor. Mesela o da bakıyor. Çünkü materyallere mesela benim kaçırdığım şeyi o görüyor. Onun kaçırdığını ben görüyorum. O yüzden birbirimizi tamamlıyoruz. Bu yüzden materyaller bence bu yönden de gayet iyi.*

Ö14: *bakıp da göremediğin şeyleri onunla ya da anlamadığım şeyleri birlikte istişare ederek anlaşılabilir hâle getirebiliyorum.*

Ö16: *Böyle bir tableti dört kişi kullanıyoruz ya iki sıra birden oluyordu. Arkadakiler diyordu ki hadi hızlı bak bana ver falan bu oluyordu bide mesela önceden etkileşim hakkında önceden derslerde böyle hoca birbirimize soru sormamıza falan kızıyordu, sizde gördünüz zaten üç bile veriyordu. Onun için birbirimize bir şey bile soramıyorduk ama siz geldikten sonra tabletleri verdiğiniz zaman beraber yapmak zorunda olduğumuz için birbirimizle sohbet ederek daha iyi anlayarak yapabiliyorduk etkileşimli bir şekilde.*

Ö18: *Bence tek tek değil de sıra arkadaşımızla beraber etkileşimi de sağlıyordu. Dikkatimiz dağılmamış olurdu. Arkamızdaki istemezdi ama iki kişi bir tablet*

kullandığımızı göre daha rahat. Mesela kare kodu okuttuktan sonra böyle ikimiz birden böyle dinleyebiliriz.

Ö22: Mesela sosyalleşme açısından da büyük bir katkı sağladığını düşünüyorum. Mesela hiç mesela hoca rastgele gruplaştırdığı için. Çok kaynaşamadığım arkadaşlarımla da bu sayede kaynaşmış oldum. Yani bunu benim açımdan hem sosyalleşme hem de öğrenimi artırma konusunda fazla etkide bulunduğunu düşünüyorum.”

Öğretmen Görüşme Verileri

Araştırma üç farklı okulda olan üç kimya öğretmeni ile yapılmıştır. Bu bölümde 3B öğretim materyallerine yönelik öğretmen görüşleri ile ilgili bulgular sunulmuştur. Öğretmenlerin materyaller ilgili görüşleri genel olarak Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. Öğretmen Görüşlerine Göre 3B Materyal Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Tema	Kategori	Kodlar	Öğretmen1	Öğretmen2	Öğretmen3
3B Materyallerin Kullanımı	Avantajları	Kimya derslerinde öğrenci motivasyonunu artırma	+	+	+
		Kimya derslerini akranla öğrenme	+	+	+
		Kimyayı görselleştirme ile daha rahat anlama	+	+	+
		Kimyayı kavramsal ve kalıcı öğrenme	+	+	+
		Kimya derslerinde başarıyı artırması	+	+	+
	Dezavantajları	3B materyal kullanırken süre sıkıntısı yaşanmaması	-	-	+
		3B materyaller kimya dersinde kullanılırken sınıf hâkimiyetini sağlama	-	-	+
		Kimyadaki sözel ve işlemsel konularda kullanıma uygun olmaması	+	+	+
		Kimya derslerine karşı kaygının oluşması	+	+	-
		3B yazıcıdan üretilen bazı moleküllerin (H ₂ O, HF) büyük tasarlanması	-	+	-
		3B materyallerin dikkat dağınıklığına neden olması	+	+	+

Yapılan içerik analizinde 3B materyal kullanımı teması altında iki kategori bulunmuştur. Bu kategorileri oluşturan 11 kod tespit edilmiştir. Bu iki kategori başlığında altında elde edilen ve Tablo 23’de belirtilen kodlara yönelik veriler şu şekildedir.

3B öğretim teknolojileri ile üretilen materyaller kimya dersi kullanımına gayet kolay ve uygundur. Ama öğretim programının yetişmesine sıkıntı oluşturmaktadır. Öğretim programında yer alan süre bu tür materyallerin kullanımı için uygun değildir. Bu uygulamalar için özel bir zamana ihtiyaç vardır. Öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde bu durumu belirtmişlerdir.

“Öğretmen 1: Derste kullanımı gayet uygun benim için öğrencilerin dikkatini çekmekte gayet başarılı. Aynı zamanda göremedikleri, bilemedikleri daha ziyade hayal edemedikleri 3 boyutlu yapıları daha net bir şekilde görmelerini sağlıyor. Ama dersin içeriğine uygun yalnız şöyle bir sıkıntı gözlemliyorum, şimdi kimya ders saati 2 saat olduğu için konu yani müfredatın yetişmesi açısından. Biraz fazla zaman aldığını düşünüyorum. Konuya ayrılan zamanla bu materyallerin yanında kullanılması için geçen zaman fazla oluyor. Özel zaman ayırmak gerekiyor. İşte dediğim gibi konu anlatırken zaten 30 kişi. Dikkatlerini çekiyorsun. Konuyu anlatırken araya şey giriyor. Tablet veya 3 boyutlu yapılar giriyor. O çocuk tekrar olaydan kopuyor, tekrar toplayacağım diye zaman kaybı çok fazla oluyor.

Öğretmen 2: Tabii kullanım kolaylığı sağladı çünkü biz tahtayı 2 boyutlu çizdiğimiz için ne kadar uğraşırsan uğraşalım birçok molekülün şeklini 2 boyutlu çiziyoruz. Özellikle şöyle örnek verebiliriz, metan molekülünde metan molekülünde biz özellikle zaten öğrencilere çizdiğimizde bağlar arasındaki açı 90 derece gibi görüyor. Moleküllü 2 boyutlu gördüğü için hidrojenlerden biri yukarıda biri aşağıda, biri sağda biri solda olarak görüyor. Özellikle metan molekülünde mesela. Bağlı olan gruplardan biri bize doğru bildi. Arka tarafta 2 de düzenli oluyor. Bunu daha iyi görebilmesi açısından çok iyi bir uygulama olduğunu düşünüyorum. Ama süre noktasında dezavantajı var. Çünkü uygulama müfredatımızı da bizim belli bir kurallarımız var. Her yıl işlediğimiz yıllık planımız var. Yıllık plan içerisinde bunu dâhil ettiğimizde. Özellikle ders saati sayımızın 2 saat olması dolayısıyla. Biraz zaman konusunda sıkıntı çıkarttığını düşünüyorum. Sınıf mevcutları biraz daha az olsa veya bunun için ayriyeten özellikle ders saati birisi hatta fazla olsa belki daha rahat yetiştirilirdi. Çünkü uygulama esnasında her öğrenci. Kendisinin uygulamaya dâhil olmasını istiyor. Her öğrenci dâhil ettiğimizde de bunun toplanması, dağıtılması, izahının yapılması, tekrar öğrencinin bu moleküller üzerinde veya bu çalışma üzerindeki düşüncelerini yansıtması bayağı bir zaman alıyor. Bu zaman alması da ister istemez müfredattan geri kalmamızı sağlıyor.

Öğretmen 3: Ders içeriğine birebir uygun evet. Kazanımlarla birebir uygun.”

Öğrencilerin kimya derslerinde gayet anlaşılır ve kolay kullanabilecekleri materyaller olmuştur. Öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde bu durumu belirtmişlerdir.

“Öğretmen 1: Bu şeyde moleküller arası etkileşimler de bence kullanım kolaylığı sağladığını düşünüyorum. Çünkü dediğim gibi bu moleküller arası etkileşimlerde. Moleküller etkileşimler de çocukların hayal etmesi gerekiyor. Ama özellikle kullanmış olduğunuz bu hem OR kodlu sistem hem de 3 boyutlu o yapılar top model yapılar gayet kullanışlı ve uygun.

Öğretmen 2: Tabii kullanım kolaylığı sağladı çünkü biz tahtayı 2 boyutlu çizdiğimiz için ne kadar uğraşırsan uğraşalım birçok molekülün şeklini 2 boyutlu çiziyoruz. Özellikle şöyle örnek verebiliriz, metan molekülünde metan molekülünde biz özellikle zaten öğrencilere çizdiğimizde bağlar arasındaki açı 90 derece gibi görüyor. Moleküllü 2 boyutlu gördüğü için hidrojenlerden biri yukarıda biri aşağıda, biri sağda biri solda olarak görüyor. Özellikle metan molekülünde mesela. Bağlı olan gruplardan biri bize doğru bildi. Arka tarafta 2 de düzenli oluyor. Bunu daha iyi görebilmesi açısından çok iyi bir uygulama olduğunu düşünüyorum.”

Görmedikleri, bilmedikleri ve hayal edemedikleri molekülleri 3B materyaller sayesinde öğrenciler net bir şekilde görme fırsatı sağlamıştır. Ayrıca 3B materyaller öğrencilerin hayal ederek 3B düşünebilmelerine yardımcı olmuştur. Öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde bu durumu belirtmişlerdir.

Öğretmen 1: *Dediğim gibi kimyanın birçok konusu daha ziyade izafi konuları daha göremediği soyut kavramlar üzerine kurulu olduğu için somutlaştırma da gayet faydalı olduğunu düşünüyorum. Özellikle bu atomlar arasındaki bağların anlatılmasında veya etkileşimlerin daha etkili kullanılmasını da somutlaştırma anlamında fayda olduğunu düşünüyorum.*

Öğretmen 2: *Tabii ki şimdi bizim öğrencilerimizin en büyük sıkıntılarından biri verilen tanecikler arasında hangisi atom, hangisi iyon, hangisi molekül bunları ayırt etmekte zorlanırlar. Özellikle şekilleri çizildiğinde şekilleri çizildiğinde baya bir sıkıntı yaşıyorlar. Hatta şöyle diyelim, mesela moleküllerde biz kovalent bağda moleküller biraz iç içe geçmiş şeklide. Çünkü kovalent yarıçap, metalik yarıçap ve iyonik yarıçap aynı değildir veya van der waals yarıçapı özellikle kovalent moleküllerin birbirinin içerisine geçmiş şekilde çizilmiş olması. Benim tahtaya çizdiğimden anlamasa bile çocuk oradaki moleküllerin iç içe geçmiş olduğunu, buradan rahatlıkla anlayabildiğini düşünüyorum. Polarlıkta veya apolarlıkta moleküller arası etkileşim de çocuğun molekülleri birbirine yaklaştırması bile onu elinde tutması bile hem çocuğa biraz oyunsal karakter katıyor, çocuk onu bir oyun gibi görüyor. Elinde molekülü tuttuğu zaman birbirlerine yaklaştırıp birbirlerinden uzaklaştırması bile veya en azından molekülün şeklini görmesi bile onun. O konudaki birikmiş biriktirmişliklerini artırıyor zaten. Özellikle bizim en son en zorlandığımız yerlerden biri. Moleküldeki kısmi negatif ve kısmi pozitif yük tarafını anlatmaktı. Moleküllerin bir tarafının şişkin bir tarafının zayıf olması veya modelin o şekilde yapılmış olması bizim kısmi eksilen kısmi negatif yükü anlatmamız da veya apolar moleküllerin neden apolar olduğunu anlatmamız da çok fayda sağladığını düşünüyorum.*

Öğretmen 3: *Derste kullanılabilir. Yani güzel bir uygulama bence kullanım kolaylığı da sağlıyor. Mesela öğrenciler alıp moleküller alıyorlar, izliyor, bakıyorlar. İnceliyorlar.*

Kimyasal türler arası etkileşimler ünitesinden başka soyut kavramları fazla olduğu benzer ünite veya konularda bu tür çalışmalar yapılabilir. Hatta ilerleyen yıllarda 3B öğretim teknolojilerinin öğretim programına geçeceği düşünülmektedir. Öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde bu durumu belirtmişlerdir.

“Öğretmen 1: *Zaten geleceğin teknolojisi oldu zaten herkes biliyor. Onun da zaten yeni yeni WEB 2.0 araçları da dâhil olmak üzere artık birçok alanda bu eğitime girmiş durumda, öğretime girmiş durumda. Benim kişisel kanım bu ay özellikle artırılmış gerçeklik, artificial intelligence dediğimiz olay. Bir son olmasa bile 2-3 sene içerisinde zaten müfredata gireceğine eminim.*

Öğretmen 2: *Şimdi biz biraz daha eski öğretmen olduğumuz için bu teknolojik faaliyetlere biraz yabancı kalıyoruz ama elimizden geldiği kadar teknoloji ile takip etmeye çalışıyoruz. Zaten günümüz teknolojilerinden biri de artırılmış gerçeklik. Bunların daha ileri seviyede özellikle çocuklar için. Nasıl bahsetsek onu? Tablet ekranından değil de bu yeni meta verse miydi? Onun gibi gözlüklerle de*

tasarlanırsa çok daha iyi olacağını düşünüyorum. Hiç olmazsa çocuk molekülü eliyle çevirir. Ne bileyim yukarı iter alttan bakar üstten bakar. Birbirlerine yaklaşmasını bakarak izleyebilir. Çok iyi bir şey olduğunu düşünüyorum.

Öğretmen 3: Derste kullanılabilir. Yani güzel bir uygulama bence kullanım kolaylığı da sağlıyor. Mesela öğrenciler alıp moleküller alıyorlar, izliyor, bakıyorlar. İnceliyorlar. Bence öğrenciler görerek öğrendiler. Kalıcı bir öğrenme sağlanıyor. İuu Güzel bir uygulama.

3B öğretim materyallerinin öğrencilerin derse karşı motivasyonlarını, kimyaya karşı daha heyecanlı oldukları öğretmen aşağıda yer alan görüşünde belirtmiştir.

“Öğretmen 2: Tabii ki derse daha bir heyecanlı geliyor çünkü kimya normalde baya soyut bir derstir ağır bir derstir. Burada biraz daha oyunlaştırma elle tutulmasını seyretmek veya en azından tableten video seyretmek bile. Çünkü günümüzdeki birçok öğrenci bunu yaparken tablet üzerinden veya. Youtube dan seyrediyor. Bunu da tablet üzerinden veya bilgisayar üzerinden seyrettiği için çocuğun ilgisi daha da artıyor.

Öğretmen 3: hocam gördünüz. Ne yaptılar? Hemen hoşlarına gitti. Dediler hemen istediğimiz şey bu diye motivasyonu gerçekten artırıyor.”

3B materyaller ve etkinlikler öğrencilerin derse olan ilgisini ve başarısını artırdığını öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Öğretmen 1: Kesinlikle düşünüyorum. Dediğim gibi soyut bir kavramı somutlaştırarak çocukların hayal etmesi hayallerinde canlandırılması ve böylelikle atom kavramı konusunda beyinlerinde bir iletişim kurma modellerle iletişim kurma sağlandığını düşünüyorum.

Öğretmen 2: Burada tabii ki şöyle bir durumla karşılaştık, öğrencilere anlatırken öğrencilerin kavrama yetkinliklerini biraz da artırdığını tespit ettim. Şimdi molekülü çocuk gördüğü zaman kavrama da daha iyi oldu 3 boyutlu gördüğü için daha iyi oldu. Ben de anlatırken genelde öğretmenler ya akıllı tahtaları ya da ellerinde bulunan araçlar işte kalemi silgiyi kullanıyorduk. Bunların direk model olarak tasarlanması bizim işimizi çok daha rahatlatacağını düşünüyorum. Şu var, en azından çocukların ilgisi arttı, ilgisi arttığı için otomatikman başarısı da artacaktır. ...Tabii ki derse daha bir heyecanlı geliyor çünkü kimya normalde baya soyut bir derstir ağır bir derstir. Burada biraz daha oyunlaştırma elle tutulmasını seyretmek veya en azından tableten video seyretmek bile. Çünkü günümüzdeki birçok öğrenci bunu yaparken tablet üzerinden veya. Youtube dan seyrediyor. Bunu da tablet üzerinden veya bilgisayar üzerinden seyrettiği için çocuğun ilgisi daha da artıyor.”

3B materyaller öğrencilerin akranlarıyla ortak çalışarak betin fırtınası oluşturduğunu, birbirilerinden geri dönütler alarak daha kalıcı bir öğrenme sağladıklarını öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Öğretmen 1: Tabii şu anda grup ve beyin fırtınası yapma konusunda dediğim gibi konu sonunda konu anlattıktan sonra bunu bir beyin fırtınası şeklinde olabilir. Dediğim gibi gruplarla nasıl bir olur? Bu arada tarif edin? Daha doğrusu benim anlatmamdan ziyade sizin öğrenciden geri dönüt almak daha faydalı olacağını düşünüyorum. Materyali ver, bunlar yorumlasın zaten mevcut konuları bilgilerinde ortaya koysunlar ve bana geri dönüt versinler. O şekilde daha etkili olacağını düşünüyorum.

Öğretmen 2: Disiplin konusunda biraz sıkıntımız oluyor. Dediğim gibi tekrar zaman kaybı çok fazla oluyor. Süre sıkıntısı meydana geliyor. Bir de öğrencilerin dersten kopmasına bir yerde sağlanabiliyor. O yüzden konuları anlatıldıktan sonra uygulansa hem de bir beyin fırtınası yaratmak konusunda dediğiniz ya da devlet okulları arasında bir iş birliği ile mesela değişik oyunlar sergilemek yoluyla da daha etkili olacağını düşünüyorum.

Öğretmen 3: Birebir mesela görüyorlar orada uygulamayı, birbirlerine soruyorlar. Ne yapıyoruz diye hani. Akranlar arası iletişimi de artırdı burada.”

3B materyaller öğretim programına uygun bir şekilde üretilmiştir. Bu materyallerin başka kimya konularında da kullanılacağını öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir. Bu konular özellikle de AG teknolojisinin atom ve modelleri, periyodik tablo, karışımları ayırma yöntemleri, kimyasal tepkimeler, asit ve bazlar gibi konularda da kullanılabilir.

“Öğretmen 1: Dediğim gibi Somutlaştırılmasında dediğim gibi web2.0 araçları var ve buna benzer yapay gerçeklikler zaten EBA'nın şeyinde de var. Yavaş yavaş girmeye başladı. Zaten olmazsa olmaz kesinlikle gerekli görüyorum. Laboratuvar haricinde yaparak yaşayarak öğrenme boyutun haricinde. Bu soyut kavramların anlatılmasında bence kullanışlı.

Öğretmen 2: Tabii ki örneğin periyodik cetvelde çok rahatlıkla uygulanabileceğini düşünüyorum. Özellikle periyodik cetvelde veya atom altı taneciklerde özellikle proton nötron arasındaki ilişkiyi izotop atomlarda efendim elektron alıp vermede elektron verdiğinde hangi yükü yükleneyeceğinde periyodik tabloda atom çaplarının karşılaştırılmasında periyodik cetvelde soldan sağa yukarıdan aşağıya doğru periyodik özelliklerinin değişiminin gösterilmesinde ve özellikle atom çapı karşılaştırmalarında ve hatta ilerleyen dönemde. 10 uncu sınıflardaki karışım ünitesinde çocuk oradan istediği malzemeleri karıştırıp deneyler, yapıp deneyleri veya kendisi görebilir. Ne tür görüleceğini sağlayabilir. süspansiyonlu emisyon arasındaki farkları o gerçeklikten görebilir. Asit bazlar da çok işe yarayabilir...

Öğretmen 3: Bence diğer konulara da uygulanması gerekiyor, öğrenciler daha etkili, daha iyi verebilirmiş hoca. Mesela hangi kazanıma uygun ya da konuya uygun olabilir. ...Tepkimeler olabilir. ... Başka şey ayırma yöntemleri falan mesela görsel olarak laboratuvarda değil de. Orada da olabilir. Orada da kullanılabilir.”

Ama kimyada sözel bilgi ağırlıklı ve problem çözmeye dayalı konuların 3B materyal kullanıma uygun olmadığını da öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Öğretmen 2: uygun olmayan konularda bana 1-2 konuda uygun olmayabilir. Özellikle 11. sınıfın birinci konusunda mesela denge konusunda uygun olabileceğini pek düşünmüyorum. Denge konusunda hız konusunda uygun olan yerlerde olabilir, olmayan yerlerde olabilir. Gazların bazı özelliklerle matematiksel hesapların yapıldığı konularda uygun olmayabilir ama özellikle görsellerin kullanılabilirdi işte genleşmeydi onlarda daha uygun olabilir. Mol kavramında çok uygun olmaz. Onuncu sınıf mol kavramından bir sayısal sayı değerleri olduğu için tamamen soyut olduğu için mol kavramı sayılarla uğraştığımız için. Orada pek uygun olacağını düşünmüyorum.

Öğretmen 3: En baştaki hocam simyadan kimya konusunda uygulanamaz mesela. Değil mi? Daha sözel ağırlıklı kısmını sözel ağırlıklı ...”

Sınıf mevcudunun 25-30 kişi arasında olması araştırma kapsamında yapılan uygulamalar yapılırken gürültü ve uğultuya neden olmaktadır. Ayrıca eğitim ve öğretim sisteminin sınav odaklı olmasından dolayı öğrenci ve velilerin bu tür uygulamalara sıcak bakmaması, bu tür uygulamaların öğrencilerin sınav maratonunda bulunan öğrencilerden geri kalma ve okul başarısını düşüreceği korkusu bu tür uygulamaların yapılmasına engel olacağını öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

“Öğretmen 2: Tabii ki şöyle dezavantajları oldu bence özellikle uygulama esnasında sınıf hâkimiyeti zorlaşıyor. Çünkü az önce de bahsettiğimiz gibi sınıf mevcudu çok olduğu için. Uygulama esaslarını çocuklara anlatırken diğer öğrenciler boş kalıyor. Diğer öğrencilerin boş kalması kendi aralarında konuşmaya sebep oluyor. Bu sırada sınıfta bir uğultu veya gürültü çıkıyor veya çocuk yeterince dikkat etmediği için oradaki anlatılmak istenen anlayamayabiliyor. En büyük eksikliklerden biri de şu bizim şu anki eğitim öğretim sistemimizdeki en büyük sıkıntılardan biri bu zaten üniversite sınavı bizim şu anda velilerimizin, öğrencilerimizin birçoğunun amacı konuyu tam olarak öğrenip de işte molekül falan değil. TYT ve AYT’de kim çok net yaptı? En büyük sıkıntımız bu öğrencinin zihninde şu var. Ben bunu öğrenip öğrenmeme konusunda diyor. Çok da uzman olmama gerek yok diyor. Ben TYT’de çok net yapayım da gerisi hikâyledir sınav odaklılar. Tabi bunu ister istemez. Biz de sınav odaklıyız. Çünkü okullar arasında bir rekabet var. Kim daha çok o net ortalaması çıkacak. Ülkemizde iller arasında bir rekabet var işte şu anda gerçi illerin sıralaması yayılıyor ama yayınlanmıyor ama iller arasında bir rekabet var. Hangi ilin daha başarılı oldu, hangi okulun daha başarılı olduğu gibi birçok kriter var. Bu sebeplerden dolayı da veya özellikle geçen sene mesela öğrenci sayılarımızın fazlasıyla artmasından dolayı kimya laboratuvarını bile kapattık. Sınıf yaptık çünkü öğrenciler mağdur olmasın diye. En temelde bu var zaten TYT’de kim çok net yaptı? Öğrenci diyor ki ben TYT’de çok net yapayım. Nasıl öğrenirsem öğreneyim diyor. Zaten en büyük sıkıntı da buradan kaynaklanıyor.

Öğretmen 1: Tabii şu da var bir gerçek şimdi ders anlatırken tabi arada topları veriyoruz veya işte nedir? Tabletlerden bu dersin işleyişi konusunda biraz sıkıntı yarattı açıkçası o kişisel görüşüm sebebi çünkü öğrencinin dikkatini toplamak zaten zor. Bu nedir o tabletler için içine girince dikkatleri dağılıyor. Tekrar topla tekrar dağıt şöyle olabilir.”

Öğretmenlerin belirttiği dezavantajların yanında 3B materyallerle ilgili önerileri de olmuştur. Bunlar; 3B yazıcıdan üretilen bazı moleküllerin boyutlarının biraz daha büyük olması ve konular bittikten sonra bu uygulamanın yapılması yönünde önerileri olmuştur. Bunları öğretmenler aşağıda yer alan görüşlerinde belirtmişlerdir.

Öğretmen 2: Çok güzel olmuş moleküllerin tasarımı birebir açılarla bağ açılarla, moleküllerin geometrileri uygun özellikle moleküller arası etkileşim de anlatılmak üzere çok uygun olduğunu düşünüyorum. Sadece bazı moleküllerin biraz daha büyük olması ve özellikle bağ açılarını görebilmek için çoğunlukla da tam olarak bağ açısını göremiyoruz. Orbitaler örtülmüş şeklinde çizildiği için bağların açısından bence sıkıntı var gibi geliyor. Bunlar daha böyle açık şekilde çizilse de daha güzel olabilirdi ve bazı moleküllerin iri çizilmesi daha iyi olurdu diye düşünüyorum.”

Öğretmen 1: *Tabii şu da var bir gerçek şimdi ders anlatırken tabi arada topları veriyoruz veya işte nedir? Tabletlerden bu dersin işleyişi konusunda biraz sıkıntı yarattı açıkçası o kişisel görüşüm sebebi çünkü öğrencinin dikkatini toplamak zaten zor. Bu nedir o tabletler işin içine girince dikkatleri dağılıyor. Tekrar topla tekrar dağıt şöyle olabilir, aynı konulardan, konulardan bağımsız olarak konular bittikten sonra uygulama yapılırsa daha mantıklı olur gibi geliyor bana.*

3B Öğretim Teknolojilerinin Kullanışlılığı ve Eğitsel Açıdan Etkililiği

Bu bölümde gözlem formundan elde edilen veriler doğrultusunda 3B öğretim teknolojilerinden üretilen materyallerin eğitsel açıdan etkililiği ve kullanılışlılığı değerlendirilmiştir. Bu materyallerin öğretim sürecinde kullanımı ve etkililiğine ilişkin ön plana çıkan özellikler ve öneriler verilmiştir.

Gözlem Verilerinin Analizi

Bu bölümde öğretmenler ve öğrencilerin materyal kullanımlarına ve öğretim sürecinde materyalin etkililiğine yönelik gözlem verilerinden elde edilen bulgular sunulmuştur. Verilerin analizinde belirlenen sonuçları tablolar şeklinde sunulmuştur. Gözlem formunda yer alan gözlenen durum kısmında yer alan 1-5 aralığındaki puanlara (1-Hiç gözlenmedi, 5-Açık bir şekilde gözlendi) göre her hafta katılımcı gözlemci tarafından değerlendirilmiştir.

Gözlem formu materyalin kullanılışlılığı ve öğretim süreci olmak üzere iki farklı boyuttan oluşmaktadır. Birinci boyut olan materyalin kullanılışlılığında 14 gözlenen davranıştan, diğer boyut olan öğretim süreci de 15 gözlenen davranıştan oluşmaktadır. Birinci boyutta ilk beş davranış kazanım 1 ile ilgili iken diğer davranışlar ilgili olmadığı için bu kazanımın olduğu hafta 25 (5x5) puan üzerinden değerlendirilmiştir. Diğer kazanımlar ise 70 (14x5) puan üzerinden değerlendirilmiştir. İkinci boyutta kazanımlar 75 (15x5) puan üzerinden değerlendirilmiştir. Tablo 23 ve Tablo 24’de kazanımlara göre verilen puanlar ve yüzdeleri hesaplanıp verilmiştir. Her iki tabloya bakıldığında yüzdelerin 100 yakın veya 100 olduğu görülmektedir. İlk haftalar bazı ufak sorunlardan kaynaklı puanların diğer haftaya göre az düşüş olduğu görülmüştür. Bu düşüşün en önemli sebeplerinden biri sınıfın kalabalık olmasından dolayı sınıf ortamında sesli, betimleme olan materyallerdeki sesin çok iyi anlaşılabilmesidir. Ayrıca ara ara QR kodların okunmasında yaşanan sorunlardır. Ama genel olarak Tablo 23 ve 24’e bakıldığında öğrenciler ve öğretmenler 3B materyal kullanımında ve öğretim sürecinde sorun yaşamamıştır. Sorun yaşanmamasına rağmen bu tablolardaki puanlamalara oranla başarı testinden elde edilen sonuçlar beklenenden yüksek değildir. Bunun sebebi de bu tür uygulamaların daha uzun süre yapılmasıdır. 3B öğretim teknolojileri kullanılarak üretilen materyallerin derslerde uzun süre kullanılması başarıyı oldukça artıracaktır.

Tablo 24 ve Tablo 25’de yapılan puanlamanın yanında gözlem formuna yazılan açıklamalar kısmına yazılan verilere ve kazanımlara göre Tablo 26, Tablo 27, Tablo 28, Tablo 29, Tablo 30 ve Tablo 31’de betimlemeler yapılmıştır.

Yukarıdaki tablolarda betimlemeler ve gözlenen davranışlar görüşmelerin analizinde elde edilen içerik analizinden elde edilen kod-kategori-temaya göre betimsel analize tabi tutulmuştur. Şekil 33’de betimsel analizden elde edilmiş veriler yer almaktadır.



Tablo 24. 3B Öğretim Teknolojileri ile Üretilen Materyallerin Kazanımlara Göre Kullanışlılıklarına Yönelik Bulgular

Gözlenen Davranış		Kazanımlara Göre Gözlenen Durum																	
		K1			K2			K3			K4			K5-6			K7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Üç boyutlu öğretim materyalleri her öğrencinin erişimi için yeterlidir.	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2	Üç boyutlu öğretim materyalleri kullanılarak öğrenciler etkinlikleri yapabilmektedirler.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğretim amacına uygun olarak kullanılmaktadır.	5	5	3	4	3	3	5	5	3	5	5	3	5	5	5	5	5	5
4	Üç boyutlu öğretim materyalleri grupla kullanıma uygundur.	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	Üç boyutlu öğretim materyalleri bireysel kullanıma uygundur.	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	AG ile desteklenmiş üç boyutlu öğretim materyalleri öğrencilerin kimya dersini anlamasına yardımcı olmaktadır.	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	AG materyallerinin mobil uygulaması sorunsuz çalışmaktadır.	-	-	-	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
8	AG materyallerinin kullanımında teknik desteğe ihtiyaç duyulmamaktadır.	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	AG materyalleri ile ilgili olan QR kodlar sorunsuz çalışmaktadır.	-	-	-	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5
10	AG uygulamasının ara yüzü kullanılırken sorun yaşanmamaktadır.	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	AG materyallerinde animasyonlar sorunsuz çalışmaktadır.	-	-	-	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
12	AG materyallerdeki sesli betimlemeler sınıf ortamında duyulmaktadır.	-	-	-	2	3	3	3	4	3	4	4	3	5	5	3	5	5	5
13	AG materyallerindeki çoklu ortam öğeler (3B animasyonlar ve seslendirmeler) öğrencilerin konuyu daha iyi öğrenmesine yardımcı olmaktadır.	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	AG materyalleri öğrencilerin dersle meşguliyetini artırmaktadır.	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Puan		25	25	22	64	62	62	68	69	62	69	69	62	69	69	69	70	70	70
Yüzde (%)		100	100	88	91	88	88	97	98	88	98	98	88	98	98	98	100	100	100

Tablo 25. 3B Öğretim Teknolojileri ile Üretilen Materyallerin Kazanımlara Göre Öğretim Sürecine Yönelik Bulgular

Gözlenen Davranış		Kazanımlara Göre Gözlenen Durum																	
		K1			K2			K3			K4			K5-6			K7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Öğretmen konuyu somutlaştırmak için üç boyutlu materyallerden yararlanır.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğretmen tarafından amacına uygun olarak kullanılmaktadır.	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	Öğrenciler üç boyutlu materyalleri amacına uygun olarak kullanabilmektedir.	4	3	3	5	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	Üç boyutlu öğretim materyalleri konuya uygundur.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğrencilerin soyut konuları anlamasına katkı sağlar.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	Üç boyutlu öğretim materyalleri derse olan ilgi ve dikkati artırır.	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Üç boyutlu öğretim materyalleri dersi eğlenceli hâle getirir.	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	Üç boyutlu öğretim materyalleri derse etkin katılımı sağlar.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	Üç boyutlu öğretim materyalleri bilgiyi tekrar etme fırsatı sağlar.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	Üç boyutlu öğretim materyalleri bireysel öğrenme fırsatı sağlar.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	Üç boyutlu öğretim materyalleri sınıf içi iletişimi artırır.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	Üç boyutlu öğretim materyalleri sınıf yönetimini kolaylaştırır.	4	3	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğrencilerin yaratıcı fikirler geliştirmesine katkı sağlar.	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	Üç boyutlu öğretim materyalleri akranlar arası işbirliği sağlar.	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	Üç boyutlu öğretim materyalleri araştırma yapmaya teşvik eder.	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Puan		73	70	73	70	68	68	74	74	74	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Yüzde (%)		97	93	97	93	91	91	98	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1-Birinci lise, 2-İkinci lise, 3-Üçüncü lise																			

Şekil 33. Gözlem Verilerinden Elde Edilen 3B Materyallerin Kullanımı ile İlgili Avantaj ve Dezavantajlar

Avantaj	Kimya dersini anlama	Moleküllerin 3B yapısını görme
		Kimya dersini kavramsal öğrenme
		Moleküllerin yapısını 3B düşünebilme
		Kimya dersini pekiştirme
	Öğretim sürecinde istekli olma	Kimyayı sevme ve eğlenme
		Kimyaya olan ilgi ve tutumu artırma
		Kimyayı akran ile öğrenebilme
		Kimyada arkadaşlar ile iletişim kurma ve ortak çalışma
Dezavantaj	Zaman kaynaklı	3B materyal kullanırken süre sıkıntısı yaşanması
		Kimya derslerine karşı kaygının oluşması
	Öğrenci sayısından kaynaklı	Sınıf mevcutlarının 28-33 arası olması
		Tablet sayılarının 5-7 arası olduğundan gruplara düşen öğrenci sayılarının fazla olması
		AYT ve TYT sınavları için yeterince soru çözilememesi
	3B Materyallerden kaynaklı	3B yazıcıdan üretilen bazı moleküllerin (H ₂ O, HF) büyük tasarlanması
		3B materyallerin dikkat dağınıklığına neden olması
		Tablet sayısının az olması

Tablo 26 incelendiğinde kazanım-1 ile ilgili 3B yazıcıdan üretilen materyalleri kullanarak etkinlikleri yapan öğrencilerin;

- ✓ Farklı renklerde ve büyüklükte olan materyalleri çekici bulmaları,
- ✓ Atomları rahatlıkla ayırt ettiklerinde mutlu olmaları,
- ✓ Gruptaki arkadaşları ile tartışarak yapmaları,
- ✓ Birbirlerine materyalleri gösterip kendi aralarında alışveriş yaptıkları görülmüştür.

Dezavantaj olarak da derse karşı ilgisi olmayan birkaç öğrencinin grup çalışmaları yapılırken konuşmasına uygun bir ortam oluşturduğu görülmüştür. Öğretmen bu öğrencileri uyararak derse katmaya çalışmıştır.

Tablo 27 incelendiğinde kazanım-2 ile ilgili 3B yazıcıdan ve AG teknolojisi ile üretilen materyalleri kullanarak etkinlikleri yapan öğrencilerin;

- ✓ İyonik bağ oluşumuna neden olan elektrostatik çekim kuvvetinin 3B yazıcıdan üretilen materyallerde bulunan mıknatıslar ile anlatılması derse karşı ilgili oldukları,
- ✓ 3B yazıcıdan üretilen iyonik bağlı bileşiklerin yarım kesitinin alınarak AG teknolojisi ile bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini görerek iyonik bağ oluşumunu ve elektron bulutunu akranlarıyla tartışarak anlamaya yardımcı olduğu,
- ✓ AG teknolojisinde yer alan sesli betimlemeler ile iyonik bağ oluşumunu tekrar tekrar dinleyerek ve animasyonları izleyerek pekiştirdikleri görülmüştür.

Dezavantaj bazı durumlarda söz konusu olmuştur. Bunlar; 1-3B yazıcıdan üretilen materyallerde yer alan mıknatıslar materyal yere düştüğünde kırılmıştır. Ayrıca bu materyalleri birkaç öğrenci amacının dışında kullanarak kuleler yapmaya çalışmıştır. 2- AG materyalindeki sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses bazı durumlarda anlaşılmamıştır.

Tablo 26. *Kazanım 1 ile İlgili Gözlem Verileri*

9.3.1.1. Kimyasal türleri açıklar (Radikal kavramına girilmez).



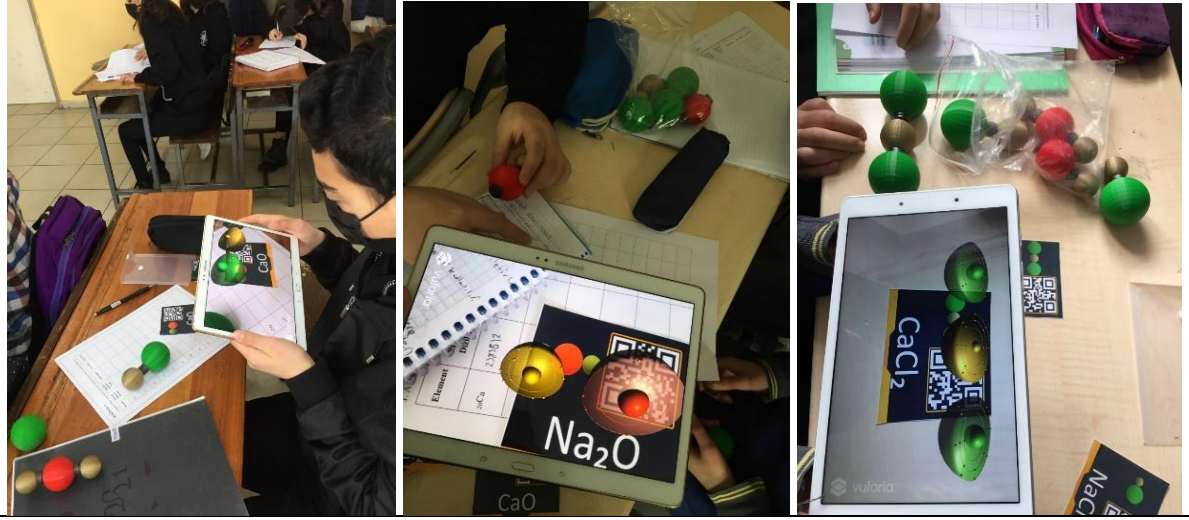
Gözlem verileri

3B yazıcıdan üretilen materyaller ve etkinlikler gruplara ayrılan öğrencilere verildikten sonra materyalleri incelemeye başladılar. Atomların farklı renklerde ve büyüklükte olması öğrencilerin ilgisini çekti. Bu sayede farklı türde olan atomları rahatlıkla ayırt edebildiler. Materyalleri inceleyen öğrenciler diğer yandan da verilen etkinlikleri gruptaki arkadaşları ile tartışarak yapmaya başladılar. 3B materyalleri kullanarak etkinliği yapmaya başlayan öğrenciler atom, iyon ve molekülleri tahmin ettiler. Ayrıca akranları ile tartışarak etkinlikte yer alan atom, iyon ve molekülleri uygun yerlere yazmaya çalıştılar. 3B materyalleri kullanan öğrencilerin derse karşı daha ilgili oldukları görüldü. Öğrenciler birbirlerine materyalleri gösterip kendi aralarında alışveriş yaptılar. Verdikleri ve aldıkları materyalleri hakkında birbirlerinden görüşler aldılar. Takıldıkları yerlerde dersin öğretmeninden yardım istediler.

Dezavantaj olarak da derse karşı ilgisi olmayan birkaç öğrencinin grup çalışmaları yapılırken konuşmasına uygun bir ortam oluştu.

Tablo 27. Kazanım 2 ile İlgili Gözlem Verileri

9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir.



Gözlem verileri

3B yazıcıdan ve AG teknolojisi ile üretilen materyaller gruplara ayrılan öğrencilere verildi. Ayrıca bu materyallerin yanında kazanım ve materyallere uygun olarak hazırlanan etkinlikler de dağıtıldı. Sonrasında öğretmen 3B teknolojilerle üretilen materyallerin özelliklerini öğrencilere anlattı. 3B yazıcıdan üretilen materyaller bileşiğin genel yapısı ve materyalde yer alan mıknatısların² iyonik bağ oluşumunda elektrostatik çekim kuvvetini ve AG materyallerin bileşiğin tam ortadan bölünerek alınan kesit üzerinden iyonik bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini gösterdiğini öğretmen belirtmiştir. Öğretmenin bu açıklamasından sonra öğrencilere dağıtılan materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yapmaya başladılar. Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler elektron hareketini inceledikten sonra bağ oluşumunu daha rahat anlamlandırdıkları görüldü. Elektron hareketinden sonra yani elektron alışveriş yapan atomların sonrasında birbirlerini çektiklerini bunun sonucunda iyonik bağın elektrostatik çekim kuvveti ile oluştuğu arkadaşları arasındaki yapılan tartışmalarda gözlemlendi. Ayrıca AG materyallerinde yer alan sesli betimler sayesinde bağ oluşumunu tekrar tekrar dinleyerek etkinlikleri daha rahat yaptıkları da görüldü.

Dezavantaj olarak; 1-3B yazıcıdan üretilen materyallerde yer alan mıknatıslar materyal yere düştüğünde kırılmıştı. Ayrıca bu materyalleri birkaç öğrenci amacının dışında kullanarak kuleler yapmaya çalıştılar. 2- AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdığında sesli betimleri anladıkları görülmüştür.

² Kavram yanlışlığına neden olmaması için öğretmen mıknatısın çekim kuvvetini göstermek için temsili bir model olduğunu gerçekte çekim kuvvetinin atomun her yerinde olduğunu da belirtmiştir.

Tablo 28 incelendiğinde kazanım-3 ile ilgili 3B yazıcıdan ve AG teknolojisi ile üretilen materyalleri kullanarak etkinlikleri yapan öğrencilerin;

- ✓ Kovalent bağ oluşumuna neden olan elektronların ortak kullanılması sonucunda atomların iç içe girdiğini 3B yazıcıdan üretilen materyallerde görerek konuya karşı merak uyandırdığı ve ilgiyi artırdığı,
- ✓ AR materyallerin bileşiğin tam ortadan bölünerek alınan kesit üzerinden kovalent bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini ve elektron bulutunu akranlarıyla tartışarak konuyu anlamlandırdığı,
- ✓ 3B öğretim materyallerini kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yaparken akranlarıyla iletişime geçmeyi ve ortak çalışma yapmayı öğrendikleri,
- ✓ AR materyallerinde yer alan sesli betimler sayesinde kovalent bağ oluşumunu tekrar tekrar dinleyerek etkinlikleri daha rahat yaptıkları da görülmüştür.

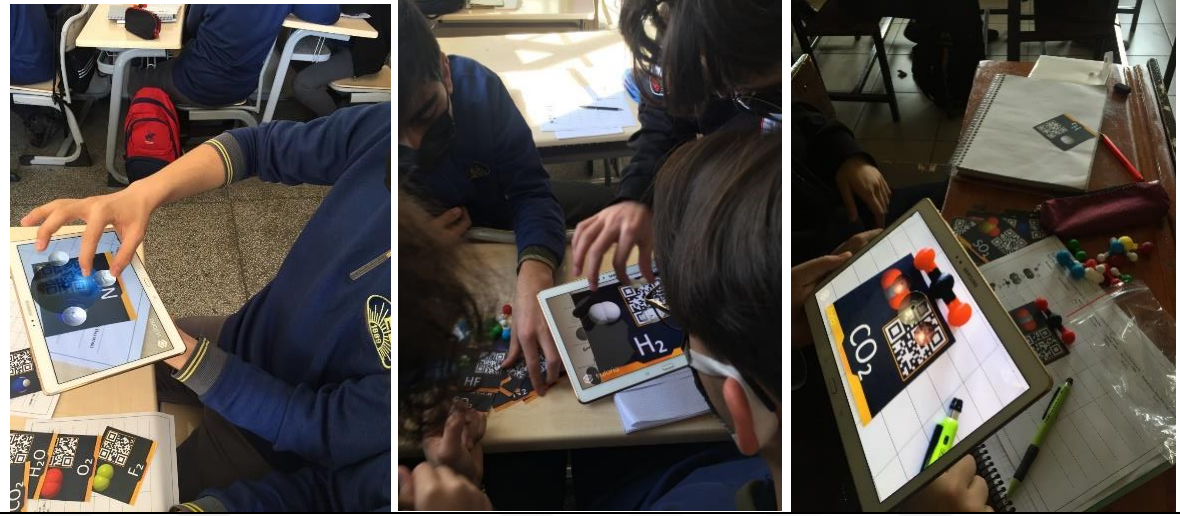
Tablo 29 incelendiğinde kazanım-4 ile ilgili 3B yazıcıdan ve AG teknolojisi ile üretilen materyalleri kullanarak etkinlikleri yapan öğrencilerin;

- ✓ Metalik bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini (elektron denizini) animasyonlar meraklı gözlerle bakarak anlamlandırmaya çalıştıkları,
- ✓ Sesli betimlemelerle konuyu pekiştirmeye çalıştıkları,
- ✓ 3B yazıcıda ve AG teknolojisi ile üretilen materyaller üzerinde elektron bulutunu keşfettikleri görülmüştür.

Dezavantaj olarak; bir önceki haftada olduğu gibi Tablo 27 ve Tablo 25'deki haftalarda da AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdığında sesli betimleri anladıkları görülmüştür.

Tablo 28. Kazanım 3 ile İlgili Gözlem Verileri

9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıklar.



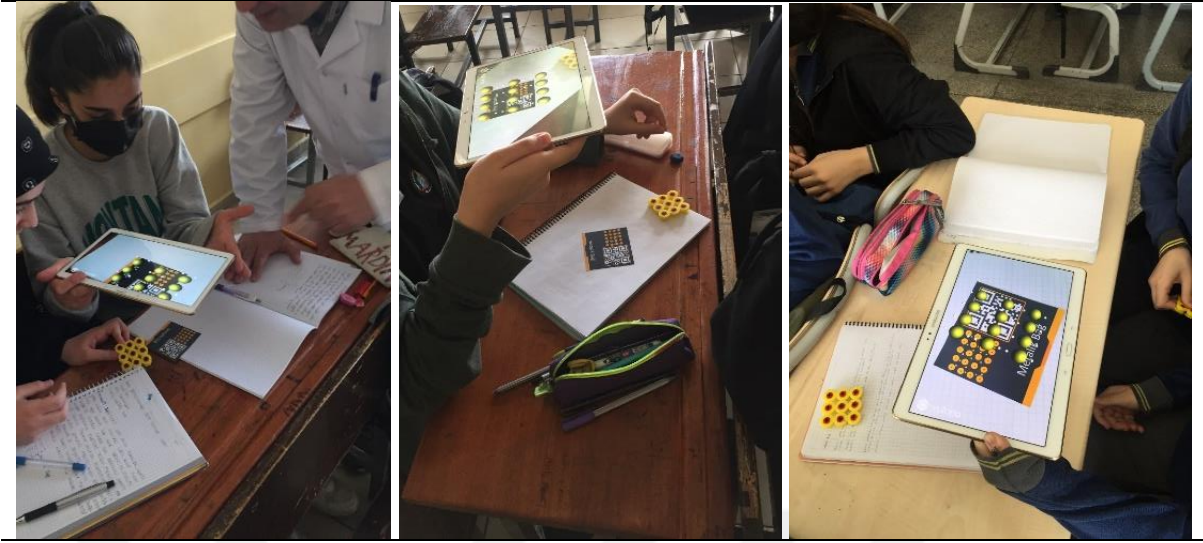
Gözlem verileri

3B yazıcıdan ve AG teknolojisi ile üretilen materyaller gruplara ayrılan öğrencilere verildi. Ayrıca bu materyallerin yanında kazanım ve materyallere uygun olarak hazırlanan etkinlikler de dağıtıldı. Sonrasında öğretmen 3B teknolojilerle üretilen materyallerin özelliklerini öğrencilere anlattı. 3B yazıcıdan üretilen materyaller bileşiğin genel yapısı ve materyalde yer alan kovalent bağ oluşumunda elektronların ortak kullanılması sonucunda atomların iç içe girdiğini ve AG materyallerin bileşiğin tam ortadan bölünerek alınan kesit üzerinden kovalent bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini gösterdiğini öğretmen belirtmiştir. Öğretmenin bu açıklamasından sonra öğrencilere dağıtılan materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yapmaya başladılar. Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler elektron hareketini inceledikten sonra bağ oluşumunu daha rahat anlamlandırdıkları görüldü. Elektron hareketinden sonra yani elektronları ortak kullanan atomların sonrasında birbirlerini içerisine girerek kovalent bağın oluştuğunu arkadaşları arasındaki yapılan tartışmalarda gözlemlendi. Ayrıca AG materyallerinde yer alan sesli betimler sayesinde bağ oluşumunu tekrar tekrar dinleyerek etkinlikleri daha rahat yaptıkları da görülmüştür.

Dezavantaj olarak; AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdığında sesli betimleri anladıkları görülmüştür. Önceki haftalara göre daha rahat anladıkları fark edilmiştir.

Tablo 29. *Kazanım 4 ile İlgili Gözlem Verileri*

9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıklar.



Gözlem verileri

3B yazıcıdan ve AG teknolojisi ile üretilen materyaller gruplara ayrılan öğrencilere verildi. Ayrıca bu materyallerin yanında kazanım ve materyallere uygun olarak hazırlanan etkinlikler de dağıtıldı. Sonrasında öğretmen 3B teknolojilerle üretilen materyallerin özelliklerini öğrencilere anlattı. 3B yazıcıdan üretilen materyaller bileşiğin genel yapısı ve AG materyallerin bileşiğin tam ortadan bölünerek alınan kesit üzerinden metalik bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini (elektron denizini) gösterdiğini öğretmen belirtmiştir. Öğretmenin bu açıklamasından sonra öğrencilere dağıtılan materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yapmaya başladılar. Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler elektron hareketini inceledikten sonra bağ oluşumunu daha rahat anlamlandırdıkları görüldü. Elektron hareketinden sonra yani elektron alışveriş yapan atomların sonrasında birbirlerini çektiklerini bunun sonucunda metalik bağın elektrostatik çekim kuvveti ile oluştuğu arkadaşları arasındaki yapılan tartışmalarda gözlemlendi. Ayrıca AG materyallerinde yer alan sesli betimler sayesinde tekrar tekrar dinleyerek etkinlikleri daha rahat yaptıkları da görüldü.

Dezavantaj olarak; AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdığında sesli betimleri anladıkları görülmüştür. Önceki haftalara göre daha rahat anladıkları fark edilmiştir.

Tablo 30 incelendiğinde kazanım-5 ve 6 ile ilgili AG teknolojisi ile üretilen materyalleri kullanarak etkinlikleri yapan öğrencilerin;

- ✓ AG materyaller sayesinde atom, iyon ve moleküller arası zayıf etkileşimlerin oluşumunu rahat kavrayabildikleri,
- ✓ AG materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yaparak iletişim hâlinde oldukları,
- ✓ Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler moleküller arası zayıf etkileşimi daha rahat anlamlandırıdıkları görülmüştür.

Tablo 31 incelendiğinde kazanım-7 ile ilgili AG teknolojisi ile üretilen materyalleri kullanarak etkinlikleri yapan öğrencilerin;

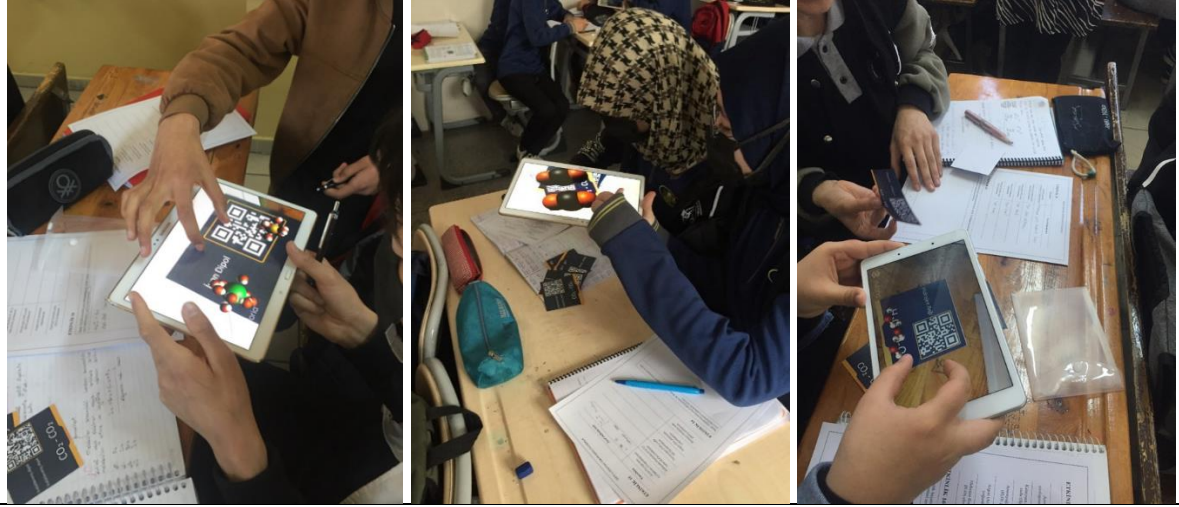
- ✓ Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler fiziksel ve kimyasal değişim ile ilgili materyaller sayesinde bu iki değişimi daha rahat anlamlandırıdıkları,
- ✓ Fiziksel değişimde moleküller arası zayıf etkileşimlerin koptuğunu ya da oluştuğunu, kimyasal değişimde ise atomlar arasındaki güçlü etkileşimlerin koptuğunu ya da oluştuğunu akranlar arasında tartıştıkları görülmüştür.

Tablo 30 ve Tablo 31'deki haftalarda yaşanan dezavantajlar ise; 1- AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdınca sesli betimleri anladıkları görülmüştür. 2- Bazı QR kodlar animasyonu göstermedi, bazı QR kodlarda farklı animasyonu gösterdi. Ama bu sıkıntı programı açıp kapatınca giderilmiştir.

Tablo 30. Kazanım 5 ve 6 ile İlgili Gözlem Verileri

9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır.

9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.



Gözlem verileri

AG teknolojisi ile üretilen materyaller gruplara ayrılan öğrencilere verildi. Ayrıca bu materyallerin yanında kazanım ve materyallere uygun olarak hazırlanan etkinlikler de dağıtıldı. Sonrasında öğretmen atom, iyon ve moleküller arası zayıf etkileşimlerin oluşması hakkında olan AG materyaller hakkında kısa bir bilgi verdi. Bunun üzerine öğrenciler dağıtılan materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yapmaya başladılar. Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler moleküller arası zayıf etkileşimi daha rahat anlamlandırdıkları görüldü.

Dezavantaj olarak; 1- AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdığında sesli betimleri anladıkları görülmüştür. Önceki haftalara göre daha rahat anladıkları fark edilmiştir. 2- Bazı QR kodlar animasyonu göstermedi, bazı QR kodlarda farklı animasyonu gösterdi. Ama bu sıkıntı programı açıp kapatınca giderildi.

Tablo 31. Kazanım 7 ile İlgili Gözlem Verileri

9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.



Gözlem verileri

AG teknolojisi ile üretilen materyaller gruplara ayrılan öğrencilere verildi. Ayrıca bu materyallerin yanında kazanım ve materyallere uygun olarak hazırlanan etkinlikler de dağıtıldı. Sonrasında öğretmen fiziksel ve kimyasal değişimlerle ilgili olan AG materyaller hakkında kısa bir bilgi verdi. Bunun üzerine öğrenciler dağıtılan materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yapmaya başladılar. Tablet ile QR kodları okutan öğrenciler fiziksel ve kimyasal değişim ile ilgili materyaller sayesinde bu iki değişimi daha rahat anlamlandırdıkları görüldü. Fiziksel değişimde moleküller arası zayıf etkileşimlerin koptuğunu ya da oluştuğunu, kimyasal değişimde ise atomlar arasındaki güçlü etkileşimlerin koptuğunu ya da oluştuğunu aralarında yaptıkları tartışmalardan görüldü.

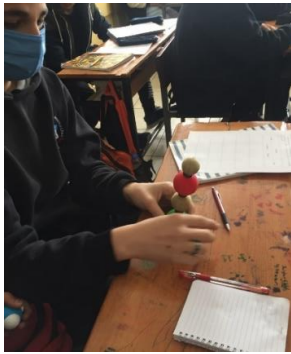
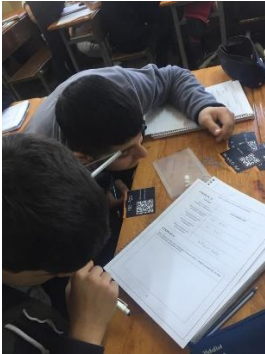
Araştırma kapsamında görüşme ve gözlem verilerine bakıldığında bazı sorunlar ile karşılaşılmıştır. Bu sorunlar materyallerin bazı öğrenciler tarafından oyuncak gibi görülmesi, sınıfın kalabalık olması, öğretim programın aksamaların olmasıdır. Ayrıca uygulama esnasında bazen QR kodların animasyonu göstermemesi ve yanlış animasyonu oynatması gibi sorunlar da yaşanmıştır. Bu sorunlara uygulama sırasında yapılan çözümler Şekil 31’de verilmiştir.

Şekil 34. Uygulamada Yaşanan Sorunlar ve Çözümleri



Tablo 32’de Şekil 31’de belirtilen sorunlar ile ilgili görseller verilmiştir. Uygulamada çekilen bu görsellerde öğrencilerin materyali uygun amaçta kullanmadıkları (kule yapmak gibi), sınıf ortamı kalabalık olduğu için sesi daha rahat duymak için öğrencilerin tableti kulaklarına yaklaştırdıkları, zaman zaman QR kodların okunmaması ve yanlış animasyonu oynattığı durumların olduğu görülmüştür.

Tablo 32. Uygulamada Yaşanan Bazı Sorunlar ile İlgili Görseller

			
Materyalleri oyuncak gibi görüp kule yapılması	Animasyonlardaki sesin rahat duyulamaması	QR kodların bazen tablet tarafından algılanmaması	QR kodların bazen yanlış animasyonun göstermesi

BEŞİNCİ BÖLÜM

Tartışma ve Sonuç

Bu bölümde dokuzuncu sınıf öğrencilerine yönelik 3B öğretim teknolojileri kullanılarak tasarlanan materyaller ile ilgili bulguların sonuçları araştırma soruları temel alınarak ilgili alanyazın ile tartışılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuç ve alanyazın ile ilgili tartışmalar şu şekildedir.

Kazanımların kapsamını içeren ve konu içeriği doğru olan materyaller tasarlanmıştır. Bu materyaller .mol uzantılı dosyalar olarak kaydedilmiştir. Sonrasında .stl uzantılı dosyalara dönüştürülmüştür. Bu sayede 3B yazıcıdan rahatça çıktılar alınmıştır. AG teknolojisinde de .stl uzantılı bazı dosyalarda özellikle zayıf etkileşimler ve fiziksel-kimyasal değişimler konusunda kullanılmıştır. Kolayca .stl uzantılı dosyalara dönüştürülen materyaller çalışmada AG teknolojisi ve 3B yazıcıdan materyallerin üretilmesini hızlandırmıştır. Ayrıca 3B materyalleri temsil ettiği atomların gerçek boyutlarıyla orantılı olmasına ve farklı atomlar için farklı renklerin kullanılmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca pilot uygulamada yer alan akademisyen ve öğretmenlerin bu tür materyallerin öğrenciler ve öğretmenler için yararlı olacağını belirtmişlerdir. Alanyazına bakıldığında Scalfani, vd., (2015)'in araştırmasında bazı periyodik nano yapıya ait 3B tasarım geliştirmek için çeşitli yöntemlerle bir dizi 3B nano yapıyı dijital modeller oluşturmuşlardır. Bu dönüştürme yöntemleri, polimer bilimi dışındaki geometri hesaplamaları için kullanan araştırmacılara, verilerini 3B yazdırılabilir yapılara dönüştürmeyi düşünceleri için ilham vereceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmada 3B baskının eğitimciler ve öğrenciler için faydalı olduğunu belirtmiştir. Scalfani ve Vaid, (2014) de kimyada simetri ve grup teorisini öğretmek için faydalı, benzersiz bir 3B baskılı moleküller .cif veya .pdb kimyasal yapı dosyalarını başarıyla 3B yazdırılabilir .stl dosyalarına dönüştüren iki ana dijital dosya hazırlama yöntemi bildirmiştir. Her iki dosyada da 3B yazıcı kullanılarak eşit kalitede başarılı 3B baskılar üretilmiştir. 3B baskı, geleneksel üretim teknikleri veya ticari olarak mevcut moleküler model kitleri ile çoğaltılması zor veya imkânsız olan somut moleküler yapı modelleri oluşturmayı mümkün kılmıştır. Ayrıca moleküler yapıların özel 3B basılı somut temsillerini oluşturma yeteneği, birçok araştırma ve öğretim alanında öğretmeye yardımcı olmak kullanılması 3B modelleri yeniden oluşturmak isteyen öğretmenler, araştırmacılar ve öğrenciler için oldukça önemlidir. 3B baskının moleküllerin modellerini üretmek için mükemmel bir yöntem olduğunu araştırmasında belirtmiştir. Ayrıca Vangunten vd. (2019) mikro akışkan

cihazları hazırlamak için uygun bir işlevsellik, basitlik ve maliyet dengesi sağlayarak, 3B baskının eğitimcileri kimya laboratuvarında yenilikçi deneyler sunma konusunda destekleyeceğini ve 3B baskılı cihazların kimya eğitimi için uygulanabilir olduğunu belirtmiştir. İncelenen alanyazına bakıldığında ve çalışmamız kapsamında kimya ile ilgili çizim programları kullanılarak daha doğru moleküller veya farklı modeller çizilerek .stl uzantılı dosyalara dönüştürmeler yapılarak 3B modeller daha kolay tasarlanması sağlanmıştır. Derlenen alanyazında 3B modellerin genel olarak üniversite öğrencilerine göre tasarlandığı da tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise lise öğrencilerine yönelik 3B materyaller tasarlanmıştır.

Her üç lisede yapılan ANCOVA analizinde 3B materyallerle kimya dersinin öğretiminde ön-test kontrol altına alındığında deney grubundaki öğrencilerin başarılarında anlamlı bir farklılaşma olduğu görülmektedir. Ayrıca etki büyüklüğünde deney grubu lehine olduğu ve birinci lisede %28, ikinci lisede ise %38, üçüncü lisede ilk deney kontrolde ise %48 ve üçüncü lisede diğer deney kontrolde ise %66 (Tablo 21) büyüklüğünde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Her üç lisede de 3B öğretim teknolojileri ile üretilen materyallerin başarıya etkisi olduğu görülmüştür. Alanyazına bakıldığında; Tee vd. (2018) araştırmasında AG teknolojisi kullanılarak kolorimetrik titrasyon aracı geliştirilmiştir. Tamamen akıllı telefon ve tabletlerde çalıştırılan uygulama, öğrencilerin minimum kimyasal kullanımıyla deney yapma becerileri edinmelerine yardımcı olan düşük maliyetli ve etkili bir araç olarak geliştirmiştir. Uygulama kullanarak lisans öğrencileriyle gerçekleştirilen küçük ölçekli bir test, öğrenmeyi desteklemiştir. Yani 3B öğretim teknolojisinin kimyayı anlamaya ve başarıya yardımcı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca daha yüksek bir başarı için Jones ve Spencer, (2018) kimyasal yapıları hızlı ve basit bir şekilde 3B yazdırılabilir modellere dönüştürmek için basit bir yöntem tanımlanmış ve alternatifler sunmuştur. Bu 3B modeller öğrencilerin kimyasal yapıları görselleştirmelerine olanak tanıyan ve/veya malzeme kimyası çalışmaları için bir tartışma noktası olan modeller oluşturmalarına ve kullanmalarına olanak sağlamak için bir okul veya üniversite ortamında kullanıma çok uygundur. Bu çalışmada 3B baskıya erişimin basitleştirilmesi, kimya biliminin yanı sıra kimya eğitiminde öğrenmeye büyük katkı sağlayacağını belirtmiştir. Penny vd. (2017) araştırmalarında organik kimya öğretiminde pedagojiye yardımcı materyaller tasarlanarak moleküler ve yörünge modelleri oluşturmak için 3B baskılar alınmıştır. Öğrencilerden 3B baskılar ile ilgili olumlu geri bildirimler alınarak 3B baskıyı destekleyecek altyapı da geliştirilmiştir. Bu modellerin çok düşük bir maliyetle hızlı bir şekilde üretilerek stereokimya, konfigürasyon ve hibridizasyon kavramlarını göstermek için tekrarlanabilir modeller tasarlanmıştır. 3B modellerin daha geniş bir kitleye ulaştırarak ve kimyasal pedagojide kullanımını yaygınlaştırarak öğrencilerin öğrenmelerine katkı sağladığını

tespit etmiştir. Bu çalışmada da alanyazına paralel olarak 3B materyallerin öğrenci başarısını artırmaya yardımcı olduğu bulunmuştur.

Kimya dersi soyut bir ders olduğu için öğrenciler 3B öğretim teknolojilerinden üretilen materyallerin konuyu somutlaştırdığını, gözle görülmeyen partiküllerin yapılarını rahat görselleştirdiğini, zihinde düşünülen soyut kavramları hissetme ve dokunmanın faydalı olduğu, anlama ve sesli betimlemeler ile pekiştirmeye yardımcı olduğu görülmüştür. Kimyada moleküllerin yapısını anlamada kalıcılığı sağladığı, çalışmaya teşvik ettiği, 3B materyalleri hissederek ve dokunarak zihinde kolay canlandırmaya ve düşünmeye katkı sağladığı da görülmüştür. Görmedikleri, bilmedikleri ve hayal edemedikleri molekülleri 3B materyaller sayesinde öğrenciler net bir şekilde görme fırsatı sağlamıştır. Ayrıca 3B materyaller öğrencilerin hayal ederek 3B düşünebilmelerine yardımcı olmuştur. Alanyazına bakıldığında Carroll ve Blauch (2017) çalışmasında öğrencilerin 3B modeller ile somutlaştırılarak kompleks moleküllerin (asetilen, allen, 1,3-bütadien ve trans-siklohepten) geometri ve π bağı ilişkisini daha iyi anladıkları görülmüştür. Ayrıca Penny vd. (2017) araştırmasında 3B modellerin kimya derslerinde öğrencilerin soyut kavramı pratik bir şekilde öğrendiğini belirtmiştir.

Kimya derslerini anlamayı kolaylaştırdığı, kavramları daha rahat anlamayı sağladığını ve moleküllerin 3B modellerinin kâğıt üzerinde (2B düzlemde) yer alan çizimlerden daha anlaşılır olduğu ve bu materyallerin konuyu daha rahat hatırlamalarına yardımcı olduğu görülmüştür. Ayrıca 3B materyallerin daha rahat anlaşılması için atom boyutları ve renkleri farklı olacak şekilde tasarlanmıştır. Atomların boyut ve renklerinin farklılıkların ChemDraw programında öncelikli olarak tasarlanmıştır. 3B yazıcılardan farklı renklerde materyal almak zor olduğu için tek renk alınan materyallerde yer alan farklı atomlar farklı renklere boyanmıştır. Ayrıca 3B öğretim teknolojilerinde üretilen materyallerin renkli olması ve hareketli animasyonların olması kimya derslerine karşı ilgi ve tutumu artırdığı, merak uyandırdığını, dersi sıkıcılıktan uzaklaştırdığını bu sayede kimyanın daha eğlenceli hâle geldiğini ve kimyayı sevmeye başladığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında öğretmenler ayrıca kimyasal türler arası etkileşimler ünitesinden başka soyut kavramları fazla olduğu benzer ünite veya konularda bu tür çalışmalar yapılabilir. Hatta ilerleyen yıllarda 3B öğretim teknolojilerinin öğretim programına geçeceği düşünülmektedir. Buna ilaveten öğretmenler verdiği görüşlerde 3B materyallerin öğretim programına uygun bir şekilde üretildiğini belirtmişlerdir. Bu materyallerin özellikle atom ve modelleri, periyodik tablo, asit ve bazlar gibi konularda da başka kimya konularında da kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Alanyazına bakıldığında Rodenbough vd. (2015) araştırmasında VESTA programı ile atom yarıçapı veya iyon yarıçapı 3B baskı işleminden sonra atomların farklı renklere boyanmıştır. Birden çok renkte 3B

yazdırma zor olduğu için farklı boyut ve renkteki atomlar tek tek dışa aktararak elde edilmiştir. Daha sonra her renk için bir tane olmak üzere çift ekstrüder ile donatılmış bir yazıcı kullanılarak materyaller üretilmiştir. Bu sayede öğrencilerin kimya eğitiminde 2B çizimlerin yanında 3B materyallerin kavramsal anlamayı arttığını belirtmiştir. Ayrıca Scalfani vd. (2015)'in araştırmasında 3B modellerin eğitimciler ve öğrenciler için faydalı olduğunu belirtmiştir. Pinger vd. (2019) araştırmasında ise 3B baskıların son zamanlarda çok çeşitli uygulamalar için kimya öğretim programına dâhil edilmesinin faydalı ve kavramsal öğrenmeye yardımcı olduğunu belirtmiştir. Bunun için eğitimciler laboratuvar derslerini iyileştirmek için özel araç ve gereçler üretmek için 3B yazıcıları kullanabilirler. Yazıcıların maliyeti düşmeye devam ettikçe, eğitimciler için kullanılabilirliği artacak ve eğitimcilerin kurslarına 3B baskıyı dâhil etmenin yeni yollarını bulmaya devam etmelerine olanak tanıyacaktır. Bununla birlikte 3B baskının kullanılmasının kimya eğitimini geliştirmek için gerçekten faydalı olduğunu belirtmiştir. 3B modelin kullanılmasının kimya eğitimini geliştirmek için gerçekten yararlı olduğu görülmüştür. Hatta bebeklik döneminde teknoloji, çeşitli kimya konularının öğretilmesinde yararlı olacağını da belirtmiştir. Ayrıca Fatemah vd. (2020) de uzlamsal yetenek açısından, AG uygulamalarının öğrencilere bir bileşiğin farklı bir perspektiften nasıl görüneceğini (uzaysal yönelim) hayal etmede önemli ölçüde yardımcı olduğunu belirtmiştir. Bu tür uygulamaların farklı uzamsal yetenek seviyelerine sahip öğrenciler arasındaki performans farkını daraltmaya yardımcı olabileceğini göstermektedir. AG materyallerde gerçek bir ortamı kopyalayan gerçekçi görüntüler ve sesler öğrencilerin için gereken etkileşimli bir öğrenme ortamı sağladığını da belirtmiştir.

3B materyaller ve verilen etkinlikler sayesinde sınıf ortamında akranlar arasında anlaşılmayan yeri öğrenebilme, öğretmene öğrencinin sormadığı soruları akranı rahatça sorabilme, materyaller üzerinde arkadaşlarla tartışarak konuyu kavrayabilmenin akran ile öğrenebilmede etkili olduğunu bulunmuştur. Alanyazına bakıldığında Pence (2020) araştırmasında yeni öğrenme teknolojilerinin sınıf ortamında grup etkinlikleri sayesinde öğrenciler akranlarıyla işbirlikli olarak öğrenmeyi kolaylaştırdığını tespit etmiştir. Eğitimcilerin bu tür teknolojik gelişmelerle bütünleşmesi, yeni nesil öğrencilerin bu AG teknolojisi gibi bu teknolojileri kullanarak aynı zamanda öğrencileri modern işyerinde karşılaşacakları işbirlikçi çalışma ortamlarına hazırlayacak ve kişiler arası katılıma teşvik edeceğini belirtmiştir. Ayrıca 3B materyaller öğrencilerin akranlarıyla ortak çalışarak beyin fırtınası oluşturduğunu, birbirilerinden geri dönütler alarak daha kalıcı bir öğrenme sağladıkları görülmüştür.

Öğretmenler sınıf mevcudunun 30-35 kişi arasında olması araştırma kapsamında yapılan uygulamalar yapılırken gürültü ve uğultuya neden olmaktadır. Ayrıca eğitim ve öğretim

sisteminin sınav odaklı olmasından dolayı öğrenci ve velilerin bu tür uygulamalara sıcak bakmaması, bu tür uygulamaların öğrencilerin sınav maratonunda bulunan öğrencilerden geri kalma ve okul başarısını düşüreceği korkusu bu tür uygulamaların yapılmasına engel olacağını belirtmişlerdir.

Alanyazınla tartışılan araştırma kapsamında genel olarak 3B öğretim teknolojilerinin kimya derslerine faydaları şu şekilde sıralanabilir.

- Farklı renklerde ve büyüklükte olan materyalleri çekici bulmaları,
- Atomları rahatlıkla ayırt ettiklerinde mutlu olmaları,
- Gruptaki arkadaşları ile tartışarak yapmaları,
- Birbirlerine materyalleri gösterip kendi aralarında alışveriş yaptıkları,
- İyonik bağ oluşumuna neden olan elektrostatik çekim kuvvetinin 3B yazıcıdan üretilen materyallerde bulunan mıknatıslar ile anlatılması derse karşı ilgili oldukları,
- 3B yazıcıdan üretilen iyonik bağlı bileşiklerin yarım kesitinin alınarak AG teknolojisi ile elektron hareketini görerek bağ oluşumunu ve elektron bulutunu akranlarıyla tartışarak anlamaya yardımcı olduğu,
- AG teknolojisinde yer alan sesli betimlemeler ile bağ oluşumunu tekrar tekrar dinleyerek ve animasyonları izleyerek pekiştirdikleri,
- Kovalent bağ oluşumuna neden olan elektronların ortak kullanılması sonucunda atomların iç içe girdiğini 3B yazıcıdan üretilen materyallerde görerek konuya karşı merak uyandırdığı ve ilgiyi artırdığı,
- AG materyallerin bileşiğin tam ortadan bölünerek alınan kesit üzerinden elektron hareketini ve elektron bulutunu akranlarıyla tartışarak konuyu anlamlandırdığı,
- 3B öğretim materyallerini kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yaparken akranlarıyla iletişime geçmeyi ve ortak çalışma yapmayı öğrendikleri,
- Metalik bağ oluşumuna neden olan elektron hareketini (elektron denizini) animasyonlar meraklı gözlerle bakarak anlamlandırmaya çalıştıkları,
- AG materyaller sayesinde atom, iyon ve moleküller arası zayıf etkileşimlerin oluşumunu rahat kavrayabildikleri,
- AG materyalleri kullanarak grup arkadaşları ile etkinlikleri yaparak iletişim hâlinde oldukları,
- Tablet ile QR kodları okutan öğrencilerin kimya konularını daha rahat anlamlandırdıkları,

- Fiziksel değişimde moleküller arası zayıf etkileşimlerin koptuğunu ya da oluştuğunu, kimyasal değişimde ise atomlar arasındaki güçlü etkileşimlerin koptuğunu ya da oluştuğunu akranlar arasında tartıştıkları görülmüştür.

Araştırma kapsamında 3B öğretim teknolojilerinin kimya derslerine faydalarının bazı sorunlar da yaşanmıştır. Bu sorunlar şu şekilde sıralanabilir.

3B öğretim teknolojileriyle üretilen materyallerle ilgili olarak yaşanan dezavantajlar ise;

- AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler öğrenciler tarafından duyulmuştur. Ama sınıf çok kalabalık olduğu için ses anlaşılmamıştır. Öğrenciler tableti kulaklarına yaklaştırdıkça sesli betimleri anladıkları görülmüştür.
- Bazı QR kodlar animasyonu göstermediği, bazı QR kodlarda farklı animasyonu göstermiştir. Ama bu sıkıntı programı açıp kapatınca giderilmiştir.
- Uygulamada öğrencilerin materyali uygun amaçta kullanmadıkları (kule yapmak gibi) görülmüştür.
- Derse karşı ilgisi olmayan birkaç öğrencinin grup çalışmaları yapılırken konuşmasına uygun bir ortam oluşturduğu görülmüştür. Öğretmen bu öğrencileri uyararak derse katmaya çalışmıştır.
- 3B öğretim teknolojileri ile üretilen materyaller kimya dersi kullanımına uygundur. Ama öğretim programının yetişmesine sıkıntı oluşturmaktadır. Öğretim programında yer alan süre bu tür materyallerin kullanımı için uygun değildir. Bu uygulamalar için özel bir zamana ihtiyaç vardır.

Öneriler

Araştırma kapsamında 3B öğretim teknolojileri ile geliştirilen materyalin öğrencilerin akademik başarılarını destek sağladığı, derse katılımını, ilgiyi ve ortak çalışmaya teşvik ettiği görülmüştür. Bu bölümde araştırmanın sonucunda elde edilen bulgular ve sonuçlar çerçevesinde, değerlendirme yapılarak öneriler sunulmuştur.

- Kazanımlara göre tasarlanan materyallerin kimya derslerinde kullanılması öğrenciler ve öğretmenler için yararlı olduğu görülmüştür. Kimya dersi soyut bir ders olduğu için öğrenciler 3B öğretim teknolojilerinden üretilen materyallerle konuyu somutlaştırdığını, zihinde düşünülen soyut kavramları hissetme ve dokunmanın faydalı olduğu görülmüştür. Bu tür materyaller sayesinde öğrencilere 3B düşünme becerilerine katkıya, hayal etmeye, çalışmaya ve araştırmaya teşvik etmeye yardımcı olabilir.

- 3B materyallerle kimya dersinin öğretiminde kullanılması öğrencilerin başarılarında anlamlı bir farklılaşma olduğu görülmüştür. Bu tür materyallerin öğretim programına uygun tasarlanıp geliştirilmesi eğitim kalitesini artırmaya ve eğitimde dijitalleşmeye katkı sağlayabilir.
- Kimya derslerini kavramsal açıdan anlamayı kolaylaştırdığı ve moleküllerin 3B modellerinin kâğıt üzerinde (2B düzlemde) yer alan çizimlerden daha anlaşılır olduğundan dolayı somuttan soyuta doğru öğrenmelerinde kolaylık sağlayabilir.
- 3B öğretim teknolojileri ile üretilen materyallerin renkli olması ve hareketli animasyonların olması kimya derslerine karşı ilgiyi, merakı, dersi sıkıcılıktan uzaklaştırdığı bu sayede kimyanın daha eğlenceli hâle geldiğini ve kimyayı sevmeye başladığı görülmüştür. Bu tür materyaller kimya derslerinin sevilmesine, arkadaşlarıyla derste eğlenerek öğrenmesine, merak edip araştırma yapmasına ve ilgi çekici olmasına katkı sağlayabilir.
- 3B materyaller ve verilen etkinlikler sayesinde sınıf ortamında akranlar birlikte öğrenmesini sağlayarak öğrencilerin kimya derslerinde ortak çalışma yapmasına, akranlarıyla iletişim kurmasına ve akranla birlikte öğrenmesine katkı sağlayabilir.
- Öğretmenler ayrıca kimyasal türler arası etkileşimler ünitesinden başka soyut kavramları fazla olduğu benzer ünite veya konularda bu tür çalışmalar yapılması gerektiğini düşünmektedir. Bu sayede ilerleyen yıllarda 3B öğretim teknolojilerinin öğretim programına geçirilmesi durumunda etkin bir öğrenme sağlanabilir.
- Öğretmenler sınıf mevcudunun kalabalık olması uygulamalar yapılırken gürültü ve uğultuya neden olduğunu ve sınav odaklı bir öğretim sistemi olması öğrenci ve velilerin bu tür uygulamalara sıcak bakmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca öğretim programında yer alan süre bu tür materyallerin kullanımı için uygun değildir. Bu engeli aşmak için bu tür materyallerin öğretim programına paralel etkinlikler ve ders süreleri artırılarak sağlanabilir.
- AG materyalinde yer alan sesli betimlemeler sınıf kalabalık olduğu için öğrenciler tarafından işitilmesi sorunu yaşanmıştır. Bu sorunu aşmak için öğrenciler için kulaklık temin edilebilir. Ya da tablet akıllı tahtaya bağlanarak sesli betimlemeler daha rahat duyulabilir.
- Öğretim programına göre hazırlanan 3B öğretim teknolojileri ile üretilen materyaller kullanılarak ders süresi yeterli gelmemiştir. Bu tür uygulamaların yapılabilmesi için ek dersler yapılabilir veya öğrencilerin sınıf dışında bu materyalleri kullanabilmeleri için imkân oluşturulabilir. Bu uygulamalar için özel bir zamana ihtiyaç vardır.

- Araştırma kapsamında yapılan uygulamada kullanılan tablet sayısı (5-7 arası) az olduğu için daha fazla tablet ile çalışılabilir. Bir sınıfta en az iki ya da üç öğrenciye bir tablet düşecek şekilde tablet sayısı ayarlanırsa öğrencilerin hazırlanan 3B materyalleri incelemek için daha çok vakitleri olabilir.
- Pandemi döneminde yapılan uygulama öğretmenlerin karantinaya alınmasından dolayı uygulamada gecikmelere neden olmuştur. Ayrıca bir yıl sonra yapılan uygulamada da asrın felaketi olarak adlandırılan iki büyük depremin olduğu dönemde yapılmıştır. Bu tür üzücü olaylardan dolayı eğitimde de aksamalar yaşanmaktadır. Bu tür aksamalar göz önüne alınarak yapılmak istenen uygulama çevrimiçi yapılabilir.



KAYNAKÇA

- Ağgöl-Yalçın, F., Avinç-Akpınar, İ., Canpolat, N., Bayrakçeken, S., Çelik, S., & Kahraman, S. (2017). 5E öğrenme modeli ve kimya öğretimindeki uygulamaları. A. Ayas & M. Sözbilir (Eds.), *Kimya öğretimi içinde* (2. baskı, ss. 219-239). Pegem Akademi.
- Alagöz, Z. P. B. (2020). *Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin fen bilimlerine yönelik kaygılarına ve akademik başarılarına etkisi* (Tez No. 628124) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi-Ankara]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: a decade of progress in education research. *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Arici, F., Yildirim, P., Calıklar, Ş., & Yılmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- Ateş, A. (2018). *7. sınıf fen ve teknoloji dersi “maddenin tanecikli yapısı ve saf maddeler” konusunda artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak oluşturulan öğrenme materyalinin akademik başarıya etkisi* (Tez No. 531780) [Yüksek lisans tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi-Niğde]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aydin-Gunbatar, S., & Akin, F. N. (2022). Pre-service chemistry teachers’ use of pedagogical transformation competence to develop topic-specific pedagogical content knowledge for planning to teach acid–base equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 137-158. <https://doi.org/10.1039/D1RP00106J>
- Azuma, R. (1997). A Survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355- 385.
- Babilonia-Rosa, M. A., Kuo, H. K., & Oliver-Hoyo, M. T. (2018). Using 3D printed physical models to monitor knowledge integration in biochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1199-1215.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Kinshuk, & Graf, S. (2015). Mobile AR in vocational education and training. *Procedia Computer Science*, 75, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.203>
- Baddeley, A.D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Balasundram, N., & Karpudewan, M. (2021). Exploring the use of a writing-to-learn activity embedded with multiple modes using ‘Popplet’ on pre-university students’ alternative conceptions on transition metals. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(2), 263-281. <https://doi.org/10.1039/D0RP00119H>
- Baldwin, N., & Orgill, M. (2019). Relationship between teaching assistants’ perceptions of student learning challenges and their use of external representations when teaching acid–base titrations in introductory chemistry laboratory courses. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 821-836.

- Bell, P. (2010). On the theoretical breadth of design-based research in education on the theoretical breadth of design-based research in education. *Educational Psychologist*, 39(4), 37–41. <https://doi.org/10.1207/s15326985ep3904>
- Benedict, L., & Pence, H. E. (2012). Teaching chemistry using student-created videos and photo blogs accessed with smartphones and two-dimensional barcodes. *Journal of Chemical Education*, 89(4), 492-496.
- Bernard, P., & Mendez, J. D. (2020). Low-cost 3D-printed polarimeter. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 1162–1166.
- Bludsky, O., Spirko, V., & Cizek, J. (1995). Solution of the one-dimensional schroedinger equation by the combined use of symbolic and numerical computation. *The Journal of Physical Chemistry*, 99, 15608–15610. <https://doi.org/10.1021/j100042a041>
- Born, J., Markert, G., Janakarajan, N., Kimber, T. B., Volkamer, A., Martínez, M. R., & Manica, M. (2023). Chemical representation learning for toxicity prediction. *Digital Discovery*, 2, 674-691. <https://doi.org/10.1039/D2DD00099G>
- Boyd-Kimball, D. (2012). Adaptive instructional aids for teaching a blind student in a nonmajors college chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 89(11), 1395-1399.
- Bruce, M. R., Bruce, A. E., & Walter, J. (2022). Creating representation in support of chemical reasoning to connect macroscopic and submicroscopic domains of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 99(4), 1734-1746. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00292>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson-Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. A report prepared for the Office of Science Education*, National Institutes of Health. Springs.
- Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken, S., & Geban, Ö. (2004). Kimyadaki bazı yaygın yanlış kavramlar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(24), 135-14.
- Carroll, F. A., & Blauch, D. N. (2017). 3D Printing of molecular models with calculated geometries and p orbital isosurfaces. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 886–891. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00933>
- Casas, L., & Estop, E. (2015). Virtual and printed 3D models for teaching crystal symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1338-1343.
- Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., & Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. *Materials & Design*, 124, 143-157.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Chen, P., Wang, Y., Yan, H., Gao, S., Xu, Z., Li, Y., Mo, Q., Huang, J., Pan, G., Li, J., & Du, Y. (2020). 3DStructGen: an interactive web-based 3D structure generation for non-periodic molecule and crystal. *Journal of Cheminformatics*, 12(1), 1-11.
- Chen, X., de Goes, L. F., Treagust, D. F., & Eilks, I. (2019). An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry textbooks from different chinese communities. *Education Sciences*, 9(1), 42.

- Chi, S., Wang, Z., Luo, M., Yang, Y., & Huang, M. (2018). Student progression on chemical symbol representation abilities at different grade levels (Grades 10–12) across gender. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1055-1064.
- Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2014). Supporting knowledge integration in chemistry with a visualization-enhanced inquiry unit. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 37-58.
- Creswell, J. W. (2017). *Karma araştırma yöntemlerine giriş* (M. Sözbilir, çev. ed.). Pegem Akademi. (Çalışmanın orijinali 2015 yılında yayımlanmıştır)
- Damayanti, L. A., & Ikhsan, J. (2017, May). Development of monograph titled “augmented chemistry aldehida & keton” with 3 dimensional (3D) illustration as a supplement book on chemistry learning. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1847, No. 1, p. 050003). AIP.
- De Cataldo, R., Griffith, K. M., & Fogarty, K. H. (2018). Hands-on hybridization: 3D-printed models of hybrid orbitals. *Journal of Chemical Education*, 95(9), 1601-1606. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00078>
- De, D. (2018). Improving the problems of writing chemical symbols, formulae and chemical equations an action research. *Annals of Reviews and Research*. 4(3), 1-9.
- Dean, N. L., Ewan, C., & McIndoe, J. S. (2016). Applying hand-held 3D printing technology to the teaching of vsepr theory. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1660–1662. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00186>
- Delello, J. A., McWhorter, R. R., & Camp, K.M. (2015). Integrating AR in higher education: a multidisciplinary study of student perceptions. *Journal Education Multimedya Hypermed*. 24(3), 209–233.
- Dood, A. J., & Watts, F. M. (2022). Students’ strategies, struggles, and successes with mechanism problem solving in organic chemistry: a scoping review of the research literature. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 53-68. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00572>
- Dorris, M. R., & Rau, M. A. (2022). Conceptual challenges exhibited by naïve undergraduate students in the context of atomic orbital energy diagrams. *Journal of Chemical Education*, 99(8), 2777-2786. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01135>
- Eilks, I. & Hofstein, A. (Ed.). (2013). *Teaching chemistry a studybook: A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers*. Sense.
- Ekici, (2019). *Lise fizik ve kimya dersleri için artırılmış gerçeklik uygulaması tasarımı* (Tez No. 578725) [Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi-Düzce]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Erasmus3D+: For the immersion in 3D printing of VET centers (2017). *Methodology for defining 3D printing exercises suitable for transversal education*. (Issue Brief No. 2017-1-DE02-KA202-004159). Erasmus+ Programme of European Union.
- Eriksen, K., Nielsen, B. E., & Pittelkow, M. (2020). Visualizing 3D molecular structures using an augmented reality app. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1487–1490. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01033>

- Fatemah, A., Rasool, S., & Habib, U. (2020). Interactive 3D visualization of chemical structure diagrams embedded in text to aid spatial learning process of students. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 992-1000. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00690>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Finkenstaedt-Quinn, S. A., Halim, A. S., Chambers, T. G., Moon, A., Goldman, R. S., Gere, A. R., & Shultz, G. V. (2017). Investigation of the influence of a writing-to-learn assignment on student understanding of polymer properties. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1610-1617.
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., Blanco-López, Á., & Espana-Ramos, E. (2016). A game-based approach to learning the idea of chemical elements and their periodic classification. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1173-1190.
- Gabarro-Arpa, J., Le Bret, M., & Marcouyoux, A. (1997). Cadira: An object-oriented platform for modelling molecules and analyzing simulations. *Computers and Chemistry*, 21(5), 343-345. [https://doi.org/10.1016/S0097-8485\(96\)00036-8](https://doi.org/10.1016/S0097-8485(96)00036-8)
- Garzon, J., & Acevedo, J. (2019). A meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning effectiveness. *Educational Research Review*, 27, 244-260.
- Geleta, T. (2014). How can I improve students' ability to write simple chemical entities using chemical symbols and formulas on introductory general chemistry course-1 (chem. 101)?. *African Journal of Chemical Education*, 4(1), 56-83.
- Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 307-330.
- Graham, D. J., & Schacht, D. V. (2000). Base information content in organic formulas. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 40(4), 942-946. <https://doi.org/10.1021/ci990182k>
- Griffith, K. M., Cataldo, R. De, & Fogarty, K. H. (2016). Do-it-yourself: 3D models of hydrogenic orbitals through 3D printing. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1586-1590. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00293>
- Grumman, A. S., & Carroll, F. A. (2019). 3D-printing electron density isosurface models and high-resolution molecular models based on van der Waals Radii. *Journal of Chemical Education*. 96(6), 1157-1164.
- Güngördü, D. (2018). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin atom modelleri konusuna yönelik başarı ve tutumlarına etkisi*. (Tez No. 531961) [Yüksek lisans tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi-Kilis]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Hall, S., Grant, G., Arora, D., Karaksha, A., McFarland, A., Lohning, A., & Anoopkumar-Dukie, S. (2017). A pilot study assessing the value of 3D printed molecular modelling

- tools for pharmacy student education. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 9(4), 723-728.
- Harshman, J., Bretz, S. L., & Yezierski, E. (2013). Seeing chemistry through the eyes of the blind: A case study examining multiple gas law representations. *Journal of Chemical Education*, 90(6), 710-716.
- Haworth, N. L., & Martin, L. L. (2018). Biomolecules come alive: A computer-based laboratory experiment for chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 95(12), 2256-2262.
- Head, M. L., Yoder, K., Genton, E., & Sumperl, J. (2017). A quantitative method to determine preservice chemistry teachers' perceptions of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 825-840.
- Herga, N. R., Glažar, S. A., & Dinevski, D. (2015). Dynamic visualization in the virtual laboratory enhances the fundamental understanding of chemical concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 14(3), 351.
- Herrington, J., McKenney, S., Reeves, T., & Olive, R. (2007). Design-based research and doctoral students: Guidelines for preparing a dissertation proposal. *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 4089–4097.
- Higman, C. S., Situ, H., Blacklin, P., & Hein, J. E. (2017). Hands-on data analysis: using 3d printing to visualize reaction progress surfaces. *Journal of Chemical Education*, 94(9), 1367–1371.
- Honda, H., Miyamoto, N., Miyajima, H., & Tanaka, Y. (2022). Development of a microscope stage with light-emitting diodes to upgrade a traditional microscope to a fluorescence microscope. *Journal of Chemical Education*, 99(5), 2409-2416.
- Howell, M. E., Booth, C. S., Sikich, S. M., Helikar, T., Roston, R. L., Couch, B. A., & van Dijk, K. (2019). Student understanding of DNA structure–function relationships improves from using 3D learning modules with dynamic 3D printed models. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(3), 303-317.
- Hrast Š, & Savec V. F. (2017). The integration of submicroscopic representations used in chemistry textbook sets into curriculum topics. *Acta Chimica Slovenica*, 64(4), 959-967.
- Hunter, V., Hawkins, I., & Phelps, A. J. (2019). Comparing the influence of visualization type in an electrochemistry laboratory on the student discourse: Who do they talk to and what do they say?. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 851-861.
- Ibáñez, M., & Delgado-kloos, C. (2018). AR for STEM learning: A systematic review. *Computer and Education*. 123, 109–123.
- Irby, S. M., Borda, E. J., & Haupt, J. (2018). Effects of implementing a hybrid wet lab and online module lab curriculum into a general chemistry course: Impacts on student performance and engagement with the chemistry triplet. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 224-232.
- Ismail, A. W., Noh, Z., Shahrizal, M., & Najib, M. (2008). *Augmented reality theory and application: advances in computer graphic & virtual environment*. Universiti Teknologi Malaysia.

- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm?. *Educational Technology Research and Development*, 39, 5-14.
- Jones, O. A. H., & Spencer, M. J. S. (2017). A simplified method for the 3D printing of molecular models for chemical education. *Journal of Chemical Education*, acs.jchemed.7b00533. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00533>
- Jones, O. A., & Spencer, M. J. (2018). A simplified method for the 3D printing of molecular models for chemical education. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 88-96.
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D., & Wagner, M. (2000). Construct3D: a virtual reality application for mathematics and geometry education. *Education and Information Technologies*, 5, 263-276.
- Keleş, Ö., Blevins, C. W., & Bowman, K. J. (2017). Effect of build orientation on the mechanical reliability of 3D printed ABS. *Rapid Prototyping Journal*, 23(2), 320-328.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143.
- Kul, H. H. (2019). *Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamaları*. (Tez No. 584522) [Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi-Eskişehir]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- LeSuer, R. J. (2018). Incorporating tactile learning into periodic trend analysis using three-dimensional printing. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 285-290.
- Lewis, A. L. M., & Bodner, G. M. (2013). Chemical reactions: What understanding do students with blindness develop?. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 625-636.
- Li, N., & Black, J. B. (2016). Inter-level scaffolding and sequences of representational activities in teaching a chemical system with graphical simulations. *Journal of Science Education and Technology*, 25(5), 715-730.
- Lin, C., Chai, H., Wang, J., Chen, C., Liu, Y., Chen, C., Lin, C., & Huang, Y. (2016). Augmented reality in educational activities for children with disabilities. *Displays*, 42, 51–54. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2015.02.004>
- Liu, Y., & Taber, K. S. (2016). Analysing symbolic expressions in secondary school chemistry: their functions and implications for pedagogy. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 439-451. <https://doi.org/10.1039/c6rp00013d>
- Maaß, M. C., Tasch, A., Jooss, C., & Waitz, T. (2022). Photocatalytic hydrogen evolution using ZnS particles and LEDs. *Journal of Chemical Education*, 99(5), 2086-2092.

- Marais, P., & Jordaan, F. (2000). Are we taking symbolic language for granted? *Journal of Chemical Education*, 77(10), 1355–1357. <https://doi.org/10.1021/ed077p1355>
- Marro, A., Bandukwala, T., & Mak, W. (2016). Three-dimensional printing and medical imaging: a review of the methods and applications. *Current Problems in Diagnostic Radiology*, 45(1), 2-9.
- Marson, G. A., & Torres, B. B. (2011). Fostering multirepresentational levels of chemical concepts: a framework to develop educational software. *Journal of Chemical Education*, 88(12), 1616-1622.
- Mayer, R. E. (1999). *The promise of educational psychology: Learning in the content areas*. Prentice Hall.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Meijer, M. R. (2011). *Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry education: An explorative design-based study*. (Doctoral dissertation) <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/205840/meijer.pdf?sequence=2>
- Melaku, S., Schreck, J. O., Griffin, K., & Dabke, R. B. (2016). Interlocking toy building blocks as hands-on learning modules for blind and visually impaired chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1049-1055.
- Miecznikowski, J. R., Guberman-Pfeffer, M. J., Butrick, E. E., Colangelo, J. A., & Donaruma, C. E. (2015). Adapting advanced inorganic chemistry lecture and laboratory instruction for a legally blind student. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1344-1352.
- Milgram, P and Kishino, F 1994, A taxonomy of mixed reality visual display. *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers*, 77(22), 1321-1329.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2018a). *Ortaöğretim kimya dersi öğretim programı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2018b). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2018c). *Güçlü yarınlar için 2023 eğitim vizyonu*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. <http://2023vizyonu.meb.gov.tr>
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2020a). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2020b). *Ortaöğretim kimya 10 ders kitabı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2020c). *Ortaöğretim kimya 11 ders kitabı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2020d). *Ortaöğretim kimya 12 ders kitabı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2022). *2022 yılı merkezi sınav puanı ile öğrenci alan liselerin taban/tavan puanları ve yüzdelik dilimleri*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Minkara, M. S., Weaver, M. N., Gorske, J., Bowers, C. R., & Merz Jr, K. M. (2015). Implementation of protocols to enable doctoral training in physical and computational chemistry of a blind graduate student. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1280-1283.
- Mitchell, M. O., & Means, J. (2018). Cation– Π Interactions in Biochemistry: A Primer. *Journal of Chemical Education*, 95(12), 2284-2288.

- Moeck, P., Stone-Sundberg, J., Snyder, T. J., & Kaminsky, W. (2014). Enlivening 300 level general education classes on nanoscience and nanotechnology with 3D printed crystallographic models. *Journal of Materials Education*, 36, 77-96.
- Molvinger, K., Lautier, G., & Ayrat, R. M. (2020). Using Games to Build and Improve 10th Grade Students' Understanding of the Concept of Chemical Bonding and the Representation of Molecules. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 319-329. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01287>
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191-1197.
- Naah, B. M., & Sanger, M. J. (2013). Investigating students' understanding of the dissolving process. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 103-112.
- Nakiboğlu, C., & Nakiboğlu, N. (2019). Exploring prospective chemistry teachers' perceptions of precipitation, conception of precipitation reactions and visualization of the sub-microscopic level of precipitation reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 873-889.
- Navab, N., Martin-Gomez, A., Seibold, M., Sommersperger, M., Song, T., Winkler, A., Yu, K. & Eck, U. (2022). Medical augmented reality: definition, principle components, domain modeling, and design-development-validation process. *Journal of Imaging*, 9(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/jimaging9010004>
- Newby, T. J., Stepich, D. A., Lehman J. D., and Rusell, J. D. (2000). *Instructional technology for teaching and learning desinging instruction, integrating computers and using media (2nd Ed.)*. Prentice-Hall.
- Nyachwaya, J. M. (2016). General chemistry students' conceptual understanding and language fluency: acid–base neutralization and conductometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 509-522.
- Nyachwaya, J. M., Mohamed, A. R., Roehrig, G. H., Wood, N. B., Kern, A. L., & Schneider, J. L. (2011). The development of an open-ended drawing tool: an alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 121-132.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45(3), 255–287.
- Parton, B. S. (2017). Glass vision 3D: digital discovery for the deaf. *TechTrends*, 61, 141–146. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0090-z>
- Paukstelis, P. J. (2018). MolPrint3D: Enhanced 3D printing of ball-and-stick molecular models. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 169–172. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00549>
- Pence, H. E. (2020). How should chemistry educators respond to the next generation of technology change?. *Education Sciences*, 10(34), 1-7.
- Penny, M. R., Cao, Z. J., Patel, B., Sil dos Santos, B., Asquith, C. R., Szulc, B. R., Rao, Z. X., Muwaffak, Z., Malkinson, J. P., & Hilton, S. T. (2017). Three-dimensional printing of a scalable molecular model and orbital kit for organic chemistry teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, 94(9), 1265-1271.

- Pereira, F., Ponte-e-Sousa, J. C., Fartaria, R. P., Bonifácio, V. D., Mata, P., Aires-de-Sousa, J., & Lobo, A. M. (2013). Sonified infrared spectra and their interpretation by blind and visually impaired students. *Journal of Chemical Education*, 90(8), 1028-1031.
- Petillion, R. J., & McNeil, W. S. (2020). Johnstone's triangle as a pedagogical framework for flipped-class instructional videos in introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(6), 1536-1542.
- Pienta, N. J. (2017). Studying student behavior and chemistry skill using browser-based tools and eye-tracking hardware. *Química Nova*, 40, 469-475.
- Pinger, C. W., Castiaux, A., Speed, S., & Spence, D. M. (2018). Plate reader compatible 3D-printed device for teaching equilibrium dialysis binding assays. *Journal of Chemical Education*, 95(9), 1662-1667.
- Pinger, C. W., Geiger, M. K., & Spence, D. M. (2019). Applications of 3D-printing for improving chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 112-117.
- Popova, M., & Bretz, S. L. (2018). It's only the major product that we care about in organic chemistry: An analysis of students' annotations of reaction coordinate diagrams. *Journal of Chemical Education*, 95(7), 1086-1093.
- Prabowo, D. W., Mulyani, S., Van Pée, K. H., & Indriyanti, N. Y. (2018, May). Comprehensive understanding of mole concept subject matter according to the tetrahedral chemistry education (empirical study on the first-year chemistry students of Technische Universität Dresden). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1022, No. 1, p. 012034). IOP.
- Rahayu, S., & Kita, M. (2010). An analysis of indonesian and japanese students' understandings of macroscopic and submicroscopic levels of representing matter and its changes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 667-688.
- Rees, S., Kind, V., & Newton, D. (2019). Meeting the challenge of chemical language barriers in university level chemistry education. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 470-477.
- Rios, A. C., & French, G. (2011). Introducing bond-line organic structures in high school biology: an activity that incorporates pleasant-smelling molecules. *Journal of Chemical Education*, 88(7), 954-959.
- Ripsam, M., & Nerdel, C. (2022). Augmented reality for chemistry education to promote the use of chemical terminology in teacher trainings. *Frontiers in Psychology*, 13, 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1037400>
- Robertson, M. J., & Jorgensen, W. L. (2015). Illustrating concepts in physical organic chemistry with 3D printed orbitals. *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2113-2116.
- Roche Allred, Z. D., & Bretz, S. L. (2019). Development of the quantization and probability representations inventory as a measure of students' understandings of particulate and symbolic representations of electron structure. *Journal of Chemical Education*, 96(8), 1558-1570.
- Rodenbough, P. P., Vanti, W. B., & Chan, S.-W. (2015). 3D-printing crystallographic unit cells for learning materials science and engineering. *Journal of Chemical Education*, 92(11), 1960-1962. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00597>
- Rodrigues, I., Teixeira, R., Cavaco, S., Bonifácio, V., Peixoto, D., Binev, Y., Pereira, F., Lobo, A. M., & Aires-de Sousa, J. (2017). 2D spatial audio in a molecular navigator/editor for

- blind and visually impaired users. In *Proceedings of The 20th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx)*. Edinburgh, UK.
- Rossi, S., Benaglia, M., Brenna, D., Porta, R., & Orlandi, M. (2015). Three dimensional (3D) printing: A straightforward, user-friendly protocol to convert virtual chemical models to real-life objects. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1398–1401. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00168>
- Rossi, S., Benaglia, M., Brenna, D., Porta, R., & Orlandi, M. (2015). Three dimensional (3D) printing: a straightforward, user-friendly protocol to convert virtual chemical models to real-life objects. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1398–1401.
- Roussos, M., Johnson, A., Moher, T., Leigh, J., Vasilakis, C., & Barnes, C. (1999). Learning and building together in an immersive virtual world. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 8(3), 247-263.
- Ryan, S. A., & Stieff, M. (2019). Drawing for assessing learning outcomes in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(9), 1813-1820.
- Saban, A.(2016). Öğretim teknolojisi ve materyal tasarımı ile ilgili temel kavramlar. K. Selvi (Ed.) *Öğretim teknolojisi ve materyal tasarımı içinde* (3. baskı, ss. 51-83). Anı.
- Sanatgar, R. H., Campagne, C., & Nierstras, V. (2017). Investigation of the adhesion properties of direct 3D printing of polymers and nanocomposites on textiles: Effect of FDM printing process parameters. *Applied Surface Science*, 403, 551-563.
- Sanii, B. (2019). Creating Augmented Reality USDZ Files to Visualize 3D Objects on Student Phones in the Classroom. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 253–257. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00577>
- Scalfani, V. F., & Vaid, T. P. (2014). 3D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1174-1180.
- Scalfani, V. F., Turner, C. H., Rupar, P. A., Jenkins, A. H., & Bara, J. E. (2015). 3D printed block copolymer nanostructures. *Journal of Chemical Education*, 92(11), 1866-1870.
- Scalfani, V. F., Williams, A. J., Tkachenko, V., Karapetyan, K., Pshenichnov, A., Hanson, R. M., Liddle, J. M., & Bara, J. E. (2016). Programmatic conversion of crystal structures into 3D printable files using Jmol. *Journal of Cheminformatics*, 8(1), 1-8.
- Seethaler, S., Czworkowski, J., & Wynn, L. (2018). Analyzing general chemistry texts’ treatment of rates of change concepts in reaction kinetics reveals missing conceptual links. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 28-36.
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. J. P. M. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286-1296.
- Shehab, S. S., & BouJaoude, S. (2017). Analysis of the chemical representations in secondary Lebanese chemistry textbooks. *International journal of science and mathematics education*, 15, 797-816. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9720-3>
- Sheppard, M. A., & Bauer, C. F. (2022). Student conceptions of pH buffers using a resource framework: Layered resource graphs and levels of resource activation. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 22-33. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01078>

- Stasevic, F., Milanovic, Z., Tosovic, J., Đurđević Nikolić, J., & Markovic, S. (2022). What happens when two radicals meet? A practical approach to free radical reaction mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 99(10), 3522-3529. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00622>
- Steenhuis, H. J., & Pretorius, L. (2016). Consumer additive manufacturing or 3D printing adoption: an exploratory study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(7), 990-1012.
- Strauss, A., & Corbin, J. M. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Sage.
- Stull, A. T., Gainer, M. J., & Hegarty, M. (2018). Learning by enacting: The role of embodiment in chemistry education. *Learning and Instruction*, 55, 80-92.
- Supalo, C. A., Isaacson, M. D., & Lombardi, M. V. (2014). Making hands-on science learning accessible for students who are blind or have low vision. *Journal of Chemical Education*, 91(2), 195-199.
- Şimşek, A. (2011). *Öğretim tasarımı*. Nobel.
- Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 75-105). Springer.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet.” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Talanquer, V. (2022). The complexity of reasoning about and with chemical representations. *Journal of American Chemical Society*, 144(12), 2658-2669. <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c00498>
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.744492>
- Tee, N. Y. K., Gan, H. S., Li, J., Cheong, B. H. P., Tan, H. Y., Liew, O. W., & Ng, T. W. (2018). Developing and demonstrating an augmented reality colorimetric titration tool. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 393-399. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00618>
- Teke, D., & Sözbilir, M. (2019). Teaching energy in living systems to a blind student in an inclusive classroom environment. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 890-901. <https://doi.org/10.1039/C9RP00002J>
- Teplukhin, A., & Babikov, D. (2015). Visualization of potential energy function using an isoenergy approach and 3D prototyping. *Journal of Chemical Education*, 92(2), 305-309.
- Tofail, S. A., Koumoulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. *Materials Today*, 21(1), 22-37.
- Topu, F. B., Baydaş, Ö., Turan, Z., & Göktaş, Y. (2013). Common reliability and validity strategies in instructional technology research. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(1), 110–126. <https://doi.org/10.14812/CUFEJ.2013.010>

- Van Dulmen, T. H., Visser, T. C., Coenders, F. G., Pepin, B., & McKenney, S. (2023). Learning to teach chemical bonding: a framework for preservice teacher educators. *Chemistry Education Research and Practice*, 24, 896–913. <https://doi.org/10.1039/D2RP00049K>
- Vangunten, M. T., Walker, U. J., Do, H. G., & Knust, K. N. (2019). 3D-printed microfluidics for hands-on undergraduate laboratory experiments. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 178-183.
- Vojíř, K., & Rusek, M. (2022). Of teachers and textbooks: lower secondary teachers' perceived importance and use of chemistry textbook components. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(4), 786-798. <https://doi.org/10.1039/D2RP00083K>
- Waight, N., & Gillmeister, K. (2014). Teachers and students' conceptions of computer-based models in the context of high school chemistry: elicitations at the pre-intervention stage. *Research in Science Education*, 44(2), 335-361.
- Waight, N., Liu, X., Gregorius, R. M., Smith, E., & Park, M. (2014). Teacher conceptions and approaches associated with an immersive instructional implementation of computer-based models and assessment in a secondary chemistry classroom. *International Journal of Science Education*, 36(3), 467-505.
- Warfa, A. R. M., Roehrig, G. H., Schneider, J. L., & Nyachwaya, J. (2014). Collaborative discourse and the modeling of solution chemistry with magnetic 3D physical models—impact and characterization. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 835-848.
- Wedler, H. B., Cohen, S. R., Davis, R. L., Harrison, J. G., Siebert, M. R., Willenbring, D., Hamann, C. S., Shaw, J. T. & Tantillo, D. J. (2012). Applied computational chemistry for the blind and visually impaired. *Journal of Chemical Education*, 89(11), 1400-1404.
- Weng, Z., Wang, J., Senthil, T., & Wu, L. (2016). Mechanical and thermal properties of ABS/montmorillonite nanocomposites for fused deposition modeling 3D printing. *Materials & Design*, 102, 276-283.
- Williams, A. J., & Pence, H. E. (2011). Smart phones, a powerful tool in the chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 88(6), 683-686.
- Wittrock, M.C. (1989). Generative process of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2000). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Wu, S. P., Corr, J., & Rau, M. A. (2019). How instructors frame students' interactions with educational technologies can enhance or reduce learning with multiple representations. *Computers & Education*, 128, 199-213.
- Yalçın, F. A., & Bayrakçeken, S. (2010). The effect of 5E learning model on pre-service science teachers' achievement of acids-bases subject. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(2), 508-531.
- Yamuna. M, & Elakkiya. A. (2015). Chemical equation representation as directed graph. *Der Pharma Chemica*, 7(9), 49-55.

- Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. *Journal of Chemical Education*, 95, 1060–1062. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017>
- Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile augmented reality assisted chemical education: insights from elements 4D. *Journal of Chemical Education*, 95(6), 1060–1062.
- Ye, J., Lu, S., & Bi, H. (2019). The effects of microcomputer-based laboratories on students macro, micro, and symbolic representations when learning about net ionic reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 288-301.
- Yıldırım, S. (2016). *Fen bilimleri dersinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin başarısına, motivasyonuna, problem çözme becerilerine yönelik algısına ve tutumlarına etkisi* (Tez No. 431294) [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi-Ankara]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yılmaz, R. M., & Göktaş, Y. (2018). Using augmented reality technology in education. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 47(2), 510-537. <https://doi.org/10.14812/cuefd.376066>
- Yurdugül, H., & Bayrak, F. (2012). Ölçek geliştirme çalışmalarında kapsam geçerlik ölçüleri: Kapsam geçerlik indeksi ve Kappa istatistiğinin karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2, 264-271.
- Zhang, Q., Weber, R. J., Luxton, T. P., Peloquin, D. M., Baumann, E. J., & Black, M. S. (2023). Metal compositions of particle emissions from material extrusion 3D printing: Emission sources and indoor exposure modeling. *Science of The Total Environment*, 860, 1-9.
- Zhu, B., Feng, M., Lowe, H., Kesselman, J., Harrison, L., & Dempsey, R. E. (2018). Increasing enthusiasm and enhancing learning for biochemistry-laboratory safety with an augmented-reality program. *Journal of Chemical Education*, 95(10), 1747-1754. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00116>

EKLER

EK-1. Kimyasal Somutlaştırma ile İlgili Genel Eğilimi Yansıtan Araştırmalar

Araştırma	Kimya Alanı	Kimya Alt Konuları	Kimya üçlüsü	Sembolik gösterimler ve beş faktör	Materyal Tasarımı	Hedef kitle
Babilonia-Rosa, Kuo, & Oliver-Hoyo (2018)	Biyokimya	Karbohidratlar, Enzim-substrat	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	2B gösterim, 3B yazıcı ile	Lisans-önlisans
Baldwin & Orgill (2019)	Genel Kimya	Asit ve bazlar, Laboratuvar ve ilişkili konular	Moleküler (Submicro) Boyut	3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans, Eğitici
Benedict & Pence (2012)	Genel Kimya	Asit ve bazlar, Laboratuvar ve ilişkili konular	Makro Boyut	5- grafikler ve şekiller	AG Teknolojisi	Lisans-önlisans
Bernard & Mendez (2020).	Genel Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular	Sembolik Boyut	3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar	3B yazıcı ile gösterim	Ortaöğretim
Boyd-Kimball (2012)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Kimyasal reaksiyonlar, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 4-sayısal hesaplamalar	2B Kabartma veya Braille, 3B gösterim	Ortaöğretim (Görme engelli bir öğrenci)
Carroll & Blauch (2017)	Organik Kimya	Modeller ve modelleme, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile	Lisans-önlisans
Casas& Estop (2015)	Biyokimya	Kristaller, Kromotografi	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	3-formüller	3B yazıcı ile	Molekül

Cavaco, Bonifácio & Peixoto (2017)	Organik Kimya	Kimyasal yapılar, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B gösterim	Lisansüstü, Eğitici
Chen vd. (2020)	Organik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B	Doküman, Moleküller
Chi vd. (2018)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Chiu & Linn (2014)	Genel Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Damayanti & Ikhsan (2017)	Organik Kimya	Bileşikler	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	AG Teknolojisi	Molekül
Dean vd. (2016)	İnorganik Kimya	VSEPR Teorisi	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B printing pens	Ortaöğretim (9-12), Lisans-önlisans
Eriksen vd. (2020)	Organik Kimya	Kristal yapı	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	2B gösterim, AG Teknolojisi	Molekül
Fatemah, Rasool & Habib (2020)	Organik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb., Stoichiometry - Kimyasal hesaplama	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 4-sayısal hesaplamalar	2B gösterim, AG Teknolojisi	Lisans-önlisans
Finkenstaedt-Quinn vd. (2017)	Kimyanın Gündelik Yaşamdaki Uygulamaları	Polimerler	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Franco-Mariscal vd. (2016)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Element/ler, Moleküller moleküler yapılar ve	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans

		ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb., Periyodik sistem				
Gkitzia, Salta & Tzougraki (2011)	Genel Kimya	Asit ve bazlar, Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Kimyasal reaksiyonlar, Gazlar ve ilişkili konular gaz kanunları özellikleri basınç difüzyon vb., Sıvılar	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim, 3B gösterim	Doküman
Gkitzia vd. (2020)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12), Lisans-önlisans
Goes vd. (2020)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Kimyasal semboller	Kimya üçlüsü ile ilişkili	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Doküman
Griffith vd. (2016)	İnorganik Kimya	Orbitaller	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	3B yazıcı ile gösterim	Doküman
Hall vd. (2017)	Biyokimya	Modeller ve modelleme, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb., Enzim and ligand	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile	Lisans-önlisans
Harshman vd. (2013)	Genel Kimya	Gazlar ve ilişkili konular gaz kanunları özellikleri basınç difüzyon vb.	Moleküler (Submicro) Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B Kabartma veya Braille	Lisans-önlisans
Head, Yoder, Genton & Sumperl (2017)	Genel Kimya	Asit ve bazlar, Kimyasal kinetik	Kimya üçlüsü ile ilişkili	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Lisans-önlisans
Herga vd. (2015)	Genel Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	3B gösterim	İlköğretim (1-8)
Higman vd. (2017)	Biyokimya	Kimyasal reaksiyonlar	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 5-grafikler ve şekiller	3B yazıcı ile gösterim	Lisans-önlisans, Lisansüstü

Hunter vd. (2019)	Analitik Kimya	Elektrokimya ve ilişkili konular	Kimya üçlüsü ile ilişkili	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B gösterim	Lisans-önlisans
Irby vd. (2018)	Genel Kimya	Kimyasal bağlar/bağlanma, Kimyasal değişim, Laboratuvar ve ilişkili konular, Kimyasal hesaplama	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller	3B gösterim	Lisans-önlisans
Jaber & BouJaoude (2012)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar	Kimya üçlüsü ile ilişkili	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Jones & Spencer (2018)	Kimyanın Gündelik Yaşamdaki Uygulamaları	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb., Nanokimya, Proteinler	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile	Moleküller
Keiner & Graulich (2020)	Organik Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	2B gösterim	Lisans-önlisans
LeSuer (2018)	Genel Kimya	Periyodik sistem	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B Kabartma veya Braille, 3B yazıcı ile	Ortaöğretim (9-12)
Lewis & Bodner (2013)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Periyodik sistem	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim, 2B Kabartma veya Braille	İlköğretim (1-8)
Li & Black (2016)	Genel Kimya	Gazlar ve ilişkili konular gaz kanunları özellikleri basınç difüzyon vb.	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 5-grafikler ve şekiller	3B gösterim	İlköğretim (1-8)
Liu & Taber (2016)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Kimyasal reaksiyonlar, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Doküman
Marson & Torres (2011)	Biyokimya	Kromatografi,	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	5- grafikler ve şekiller	3B gösterim	Lisans-önlisans

Melaku vd. (2016)	Genel Kimya	Periyodik sistem	Sembolik Boyut	5- grafikler ve şekiller	2B Kabartma veya Braille, 3B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Miecznikowski, Guberman-Pfeffer vd. (2015)	İnorganik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb., Orbitaler, Moleküler orbital teori	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf, 5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans, Kör öğrenci
Minkara vd. (2015)	Fiziko kimya	Madde ve ilişkili konular fiziksel ve kimyasal hâller hâl değişimi maddenin tanecikli yapısı vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 5- grafikler ve şekiller	2B Kabartma veya Braille (Görme engelli)	Lisansüstü
Moeck vd. (2014)	Kimyanın Gündelik Yaşamdaki Uygulamaları	Nanokimya	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile gösterim	Lisansüstü
Moore vd. (2014)	Genel Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2- kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3- formüller, 4-sayısal hesaplamalar	2B gösterim, 3B gösterim	Lisans-önlisans
Naah, & Sanger (2013)	Genel Kimya	Kimyasal eşitlikler, Kimyasal reaksiyonlar	Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim, 3B gösterim	Lisans-önlisans
Nakiboğlu & Nakiboğlu (2019)	Analitik Kimya	Kimyasal eşitlikler, Kimyasal reaksiyonlar	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2- kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Lisansüstü
Nyachwaya, (2016)	Analitik Kimya	Asit ve bazlar	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2- kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Nyachwaya vd. (2011)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar	Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3- formüller	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Paukstelis, (2018)	Biyokimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Makro Boyut, Moleküler	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile gösterim	Lisans-önlisans

			(Submicro) Boyut, Sembolik Boyut			
Pence (2020)	Organik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile gösterim, AG Teknolojisi	Eğitici
Penny vd. (2017)	Organik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb., Orbitals - Orbitaller	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi,	3B yazıcı ile	Lisans-önlisans
Pereira vd. (2013)	Organik Kimya	IR Spectroscopy	Moleküler (Submicro) Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	Ses teknolojisi	Lisans-önlisans
Petillion & McNeil (2020)	Genel Kimya	Kimyasal bağlar/bağlanma, Kimyasal denge, Kinetik moleküler teori	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim, 3B gösterim	Lisans-önlisans
Pienta (2017)	Organik Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Madde ve ilişkili konular fiziksel ve kimyasal hâller hâl değişimi maddenin tanecikli yapısı vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Pinger vd. (2018)	Biyokimya	Proteinler	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	3B yazıcı ile gösterim	Doküman
Pinger vd. (2019)	Analitik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi,	3B yazıcı ile	Doküman
Popova & Bretz (2018)	Organic Chemistry - Organik Kimya	Kimyasal kinetik, Chemical reaction/s - Kimyasal reaksiyonlar	Kimya üçlüsü ile ilişkili	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 4-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 7-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Prabowo vd. (2018)	Genel Kimya	Mol kavramı	Kimya üçlüsü ile ilişkili	5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans

Rahayu & Kita (2010)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Kimyasal reaksiyonlar, Madde ve ilişkili konular fiziksel ve kimyasal hâller hâl değişimi maddenin tanecikli yapısı vb.	Kimya üçlüsü ile ilişkili	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Lisans-önlisans
Rees vd. (2019)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar	Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar	2B gösterim	Doküman
Rios & French (2011)	Organik Kimya	Gıda kimyası, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Robertson & Jorgensen (2015)	İnorganik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar	3B yazıcı ile gösterim	Lisans-önlisans
Roche Allred & Bretz (2019)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Kimyasal reaksiyonlar, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B gösterim	Lisans-önlisans
Rodenbough vd. (2015)	İnorganik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile	Lisans-önlisans, Doküman, Moleküller
Rossi, Benaglia, Brenna, Porta & Orlandi (2015)	Organik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	3-formüller	3B yazıcı ile	Molekül
Ryan & Stieff (2019)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Sanii (2019)	Biyokimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.,	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	AG Teknolojisi	Lisans-önlisans
Scalfani & Vaid (2014)	İnorganik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile	Moleküller

Scalfani vd. (2015)	Kimyanın Gündelik Yaşamdaki Uygulamaları	Polimerler	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	3B yazıcı ile	Lisansüstü
Scalfani vd., (2016)	Organik Kimya	Kristaller, kromotoğrafi	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	3B yazıcı ile gösterim	Molekül
Seethaler vd. (2018)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar	Sembolik Boyut	3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Doküman
Stull vd. (2018)	Organik Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim, 3B gösterim	Lisans-önlisans
Supalo vd. (2014)	Genel Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular	Sembolik Boyut	3-formüller	2B Kabartma veya Braille	Ortaöğretim (9-12)
Tee vd. (2018)	Analitik Kimya	Titrasyon	Makro Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar	AG Teknolojisi	Lisans-önlisans
Teke & Sozbilir (2019)	Biyokimya	Karbonhidratlar, Proteinler, Yağlar	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller	2B Kabartma veya Braille, 3B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Teplukhin & Babikov (2015)	Fiziko kimya	Termokimya ve ilişkili konular ısı sıcaklık enerji entalpi vb.	Sembolik Boyut	3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar	3B yazıcı ile	Molekül
Vangunten vd. (2019)	Analitik Kimya	Asit ve bazlar, Elektrokimya ve ilişkili konular, Laboratuvar ve ilişkili konular	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	3B yazıcı ile	Doküman, Moleküller
Waight & Gillmeister (2014)	Genel Kimya	Asit ve bazlar, Kimyasal bağlar/bağlanma, Kimyasal denge, Gazlar ve ilişkili konular gaz kanunları özellikleri basınç difüzyon vb., Kimyasal hesaplama	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	3B gösterim	Ortaöğretim (9-12), Eğitici
Waight vd. (2014)	Genel Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular, Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Eğitici

Wedler vd. (2012)	Organik Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.), Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 3-formüller	3B gösterim	Doküman, Görme engelli
Williams & Pence (2011)	Genel Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	AG Teknolojisi	Lisans-önlisans
Wu vd. (2019)	Genel Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B gösterim, 3B gösterim	Lisans-önlisans
Yang vd. (2018)	Genel Kimya	Moleküller moleküler yapılar ve ilişkili konular moleküler geometri simetri polarite görselleştirme vb.	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	AG Teknolojisi	İlköğretim (1-8), Lisans-önlisans
Ye vd. (2019)	Genel Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Laboratuvar ve ilişkili konular	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	3B gösterim	Ortaöğretim (9-12)
Zhu vd. (2018)	Biyokimya	Laboratuvar ve ilişkili konular	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	AG Teknolojisi	Lisans-önlisans
Bruce vd., (2022)	Genel Kimya	Laboratuvar ve ilişkili konular	Makro Boyut, Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Lisans-önlisans
Sheppard & Bauer (2022)	Genel Kimya	Asit ve bazlar, Problem çözme	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller, 4-sayısal hesaplamalar, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans

Dorris & Rau (2022)	Genel Kimya	Atom ve ilişkili konular (kütle boyut vb.)	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Dood & Watts (2022)	Organik Kimya	Kimyasal reaksiyonlar, Problem çözme	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Doküman
Stasevic vd. (2022)	Organik Kimya	Modeller ve modelleme, serbest Radikaller, Kinetik	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler	2B gösterim	Lisans-önlisans
Balasundram & Karpudewan (2021)	Genel Kimya	Periyodik sistem	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	3-formüller, 5- grafikler ve şekiller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Aydin-Gunbatar & Akin (2022)	Analitik Kimya	Asit ve bazlar, Kimyasal denge	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	2-kimyasal reaksiyonlar ve eşitlikler, 3-formüller	2B gösterim	Lisans-önlisans
Vojtş & Rusek (2022)	Organik Kimya	Klasik kimya	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi, 5-grafikler ve şekiller	2B gösterim	Eğitici
Molvinger vd. (2020)	Organik Kimya	Kimyasal bağlar/bağlanma	Moleküler (Submicro) Boyut, Sembolik Boyut	1-atom ve moleküllerin (element ve bileşiklerin) harf ile gösterimi	2B gösterim	Ortaöğretim (9-12)

EK-2. Uzman Değerlendirme Formu (Pilot Uygulama)

Saygıdeğer hocam,

Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisiyim. Dokuzuncu sınıf öğrencilerine yönelik kimyasal somutlaştırma ile ilgili kazanımları içeren başarı testi geliştirmeye çalışıyorum. Bu kapsamda sizlerin görüş ve desteğine ihtiyaç duymaktayım. Aşağıda geliştirmeye çalıştığım test hakkında kısa tanıtıcı bilgi ve hazırladığım maddeler yer almaktadır. Zaman ayırıp görüşlerinizi belirtirseniz çok memnun olurum. Katkılarınız için şimdiden teşekkür ederim. Vereceğiniz cevaplar gizli tutulacak olup sadece araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Dilek TEKE

Mail:

Amaç: Bu çalışmada dokuzuncu sınıf kimya dersi konularında yer alan kimyasal somutlaştırma öğretiminde, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre 3B öğretim teknolojileri ile materyal tasarlanması, uzmanların ve materyali kullanacak öğrencilerin görüşlerinin alınarak uygulanması ve değerlendirilmesi yapılacaktır.

Sizlerden değerlendirme yaparken öncelikle hazırlanan 3B materyallerin kazanımlarla ilgili olup olmadığını değerlendirmeniz, ikinci olarak da ilgili materyallerin gerekli olup olmamasına yönelik bir değerlendirme yapmanızdır. Son olarak da ilgili materyallerin içeriğinin bilimsel açıdan doğru olup olmadığının değerlendirilmesi yanında yazım, gösterim ve ifadelerin uygunlukları hakkındaki görüşlerinizi paylaşmanızı talep ediyorum. Öneri ve düzeltmelerinizi çıktı üzerinde ve aşağıdaki formda yazabilirsiniz.

3B Yazıcıdan Tasarlanan Materyaller		Artırılmış Gerçeklik Materyalleri	
M ₁ : NaCl M ₂ : Na ₂ O M ₃ : CaCl ₂ M ₄ : CaO M ₅ : H ₂ TÇ M ₆ : H ₂ UD M ₇ : F ₂ TÇ M ₈ : F ₂ UD M ₉ : O ₂ TÇ M ₁₀ : O ₂ UD M ₁₁ : N ₂ TÇ M ₁₂ : N ₂ UD	M ₁₃ : H ₂ O TÇ M ₁₄ : H ₂ O UD M ₁₅ : HF TÇ M ₁₆ : HF UD M ₁₇ : NH ₃ TÇ M ₁₈ : NH ₃ UD M ₁₉ : CO ₂ TÇ M ₂₀ : CO ₂ M ₂₁ : SO ₂ TÇ M ₂₂ : SO ₂ M ₂₃ : Metalik bağ	AG ₁ : NaCl AG ₂ : Na ₂ O AG ₃ : CaCl ₂ AG ₄ : CaO AG ₅ : H ₂ AG ₆ : F ₂ AG ₇ : O ₂ AG ₈ : N ₂ AG ₉ : H ₂ O AG ₁₀ : HF AG ₁₁ : NH ₃	AG ₁₂ : CO ₂ AG ₁₃ : SO ₂ AG ₁₄ : Metalik bağ AG ₁₅ : Dipol-dipol AG ₁₆ : İyon-dipol AG ₁₇ : İnd.dipol-ind.dipol AG ₁₈ : H-bağı (NH ₃ -HF) AG ₁₉ : H-bağı (H ₂ O- H ₂ O) AG ₂₀ : Fiziksel değişim AG ₂₁ : Kimyasal değişim (H ₂ O) AG ₂₂ : Kimyasal değişim (NH ₃)
TÇ: Top-çubuk model UD: Uzay-dolgu (bulut) modeli			

Konu	Kazanımlar	Materyal	Materyalin Kazanıma Uygunluğu		Materyalin kullanılıp kullanılmayacağına yönelik görüşünüz			
			Evet	Hayır	Gerekli	Gereksiz	Gerekli fakat düzeltilmeli	Lütfen varsa düzeltme önerinizi bu sütuna ya da soru üzerine yazınız.
Kimyasal Türleri Tanıyalım	9.3.1.1. Kimyasal türleri açıkla (Radikal kavramına girilmez).	M ₁ -M ₂₂	☐	☐	☐	☐	☐	
Güçlü Etkileşimler	9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir.	M ₁ -M ₄ ve AG ₁ -AG ₄	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıkla.	M ₁ -M ₄ ve AG ₅ -AG ₁₃	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıkla.	M ₂₃ ve AG ₁₄	☐	☐	☐	☐	☐	
Zayıf Etkileşimler	9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır.	AG ₁₅ -AG ₁₇	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.	AG ₁₈ -AG ₁₉	☐	☐	☐	☐	☐	
Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.	AG ₂₀ -AG ₂₂	☐	☐	☐	☐	☐	

EK-3. Hazırbulunuşluk Testi ve Belirtke Tablosu

Saygıdeğer hocam,

Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisiyim. 9. Sınıf öğrencilerine yönelik fen bilgisi derslerinde yer alan kimyasal somutlaştırma ile ilgili kazanımları içeren hazırbulunuşluk testi geliştirmeye çalışıyorum. Bu kapsamda sizlerin görüş ve desteğine ihtiyaç duymaktayım. Aşağıda geliştirmeye çalıştığım test hakkında kısa tanıtıcı bilgi ve hazırladığım maddeler yer almaktadır. Zaman ayırıp görüşlerinizi belirtirseniz çok memnun olurum. Katkılarınız için şimdiden teşekkür ederim. Vereceğiniz cevaplar gizli tutulacak olup sadece araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Dilek TEKE

Amaç: Bu çalışmada 9. sınıf kimya dersi konularında yer alan kimyasal somutlaştırmayı öğretiminde, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre 3B öğretim teknolojileri ile materyal tasarlanması, uzmanların ve materyali kullanacak öğrencilerin görüşlerinin alınarak uygulanması ve değerlendirilmesi yapılacaktır.

Sizlerden değerlendirme yaparken öncelikle hazırlanan soruların kazanımlarla ilgili olup olmadığını değerlendirmeniz, ikinci olarak da ilgili sorunun gerekli olup olmamasına yönelik bir değerlendirme yapmanızdır.

Konu	Kazanımlar	Teste Yer Alan Sorular	Sorunun İlgili Kazanıma Uygunluğu		Maddenin kullanılıp kullanılmayacağına yönelik görüşünüz			
			Evet	Hayır	Gerekli	Gereksiz	Gerekli fakat düzeltilmeli	Lütfen varsa düzeltme önerinizi bu sütuna ya da soru üzerine yazınız.
Maddenin Tanecikli Yapısı	F.7.4.1.1. Atomun yapısını ve yapısındaki temel parçacıklarını söyler.	Soru 1	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 2	☐	☐	☐	☐	☐	
	F.7.4.1.2. Geçmişten günümüze atom kavramı ile ilgili düşüncelerin nasıl değiştiğini sorgular.	Soru 3	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 4	☐	☐	☐	☐	☐	
Saf Maddeler	F.7.4.2.1. Saf maddeleri, element ve bileşik olarak sınıflandırarak örnekler verir.	Soru 5	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 6	☐	☐	☐	☐	☐	
	F.7.4.2.2. Periyodik sistemdeki ilk 18 elementin ve yaygın elementlerin (altın, gümüş, bakır, çinko, kurşun, civa, platin, demir ve iyot) isimlerini, sembollerini ve bazı kullanım alanlarını ifade eder.	Soru 7	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 8	☐	☐	☐	☐	☐	
Periyodik Sistem	F.8.4.1.1. Periyodik sistemde, grup ve periyotların nasıl oluşturulduğunu açıklar.	Soru 9	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 10	☐	☐	☐	☐	☐	
	F.8.4.1.2. Elementleri periyodik tablo üzerinde metal, yarı metal ve ametal olarak sınıflandırır.	Soru 11	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 12	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 13	☐	☐	☐	☐	☐	
Kimyasal Tepkimeler	F.8.4.3.1. Bileşiklerin kimyasal tepkime sonucunda oluştuğunu bilir.	Soru 14	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 15	☐	☐	☐	☐	☐	

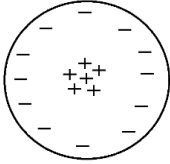
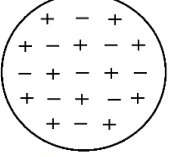
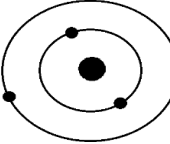
ÖN-TEST

9.SINIF KİMYA DERSİ SEMBOLİK DİL İLE İLGİLİ HAZIRBULUNUŞLUK TESTİ

Soru 1: Atomu tanımlayarak, atom altı taneciklerin adlarını yazınız.

Soru 3: Atom modellerinin geçmişten günümüze doğru sıralanışı hakkında aşağıda verilen sıralamalardan hangisi doğrudur?

Soru 2: Aşağıdaki tabloda A sütununda görsel temsili verilen atom modellerini B sütununda yer alan isimlerin başlarında bulunan parantez içlerine uygun rakamı yazarak eşleştiriniz.

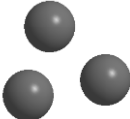
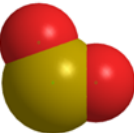
A sütunu: Atom modeli	B sütunu: Modelin ismi
1 	() Bohr Atom Modeli
2 	() Thomson Atom Modeli
3 	() Dalton Atom Modeli
4 	() Modern Atom Modeli
5 	() Rutherford Atom Modeli

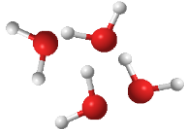
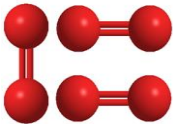
- A) Dalton Atom Modeli- Thomson Atom Modeli- Rutherford Atom Modeli- Bohr Atom Modeli- Modern Atom Modeli
- B) Dalton Atom Modeli- Thomson Atom Modeli- Bohr Atom Modeli- Rutherford Atom Modeli-Modern Atom Modeli
- C) Thomson Atom Modeli- Bohr Atom Modeli- Dalton Atom Modeli- Rutherford Atom Modeli- Modern Atom Modeli
- D) Dalton Atom Modeli- Rutherford Atom Modeli- Thomson Atom Modeli- Modern Atom Modeli- Bohr Atom Modeli
- E) Bohr Atom Modeli- Thomson Atom Modeli- Dalton Atom Modeli- Rutherford Atom Modeli- Modern Atom Modeli

Soru 4:

- a) Element nedir? Örnek veriniz.
- b) Bileşik nedir? Örnek veriniz.

Soru 5: Aşağıda yer alan atom veya moleküllerden hangileri element veya bileşiktir? Uygun boşlukları işaretleyiniz.

			
Element	Bileşik	Element	Bileşik

			
Element	Bileşik	Element	Bileşik

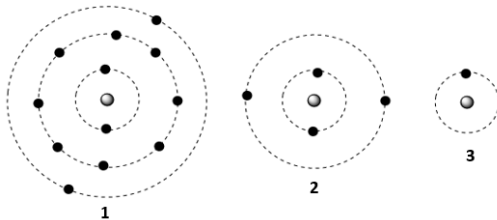
Soru 6: Aşağıda verilen atomların sembollerini ve kullanım alanlarını yazınız.

Atomun Adı	Atomun Sembolü	Kullanım Alanı
Helyum		
Oksijen		
Flor		
Sodyum		
Gümüş		
Bakır		
Demir		

Soru 7: Aşağıda verilen bileşiklerin formülünü ve kullanım alanlarını yazınız.

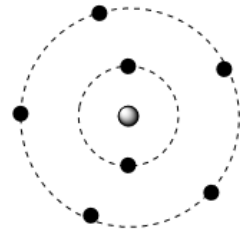
Bileşik Adı	Bileşik Formülü	Kullanım Alanı
Örnek: Su	H_2O	Besin olarak ve temizlikte kullanılır.
Karbondiyoksit		
Sodyum klorür		
Amonyak		
Etil alkol		
Glikoz		

Soru 8: Aşağıdaki şekilde üç atoma ait elektron-katman dizilimi verilmiştir. Bu şekle göre aşağıda yer alan tabloyu doldurunuz.



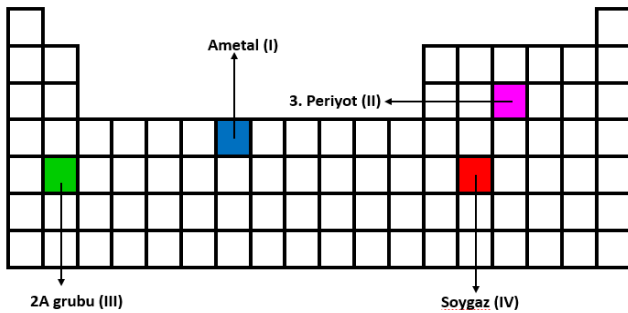
Atom	Grup	Periyot
1		
2		
3		

Soru 9: Yandaki şekilde periyodik sistemde yer alan atomun periyodu ve grubu ile ilgili olarak hangi seçenek doğrudur?



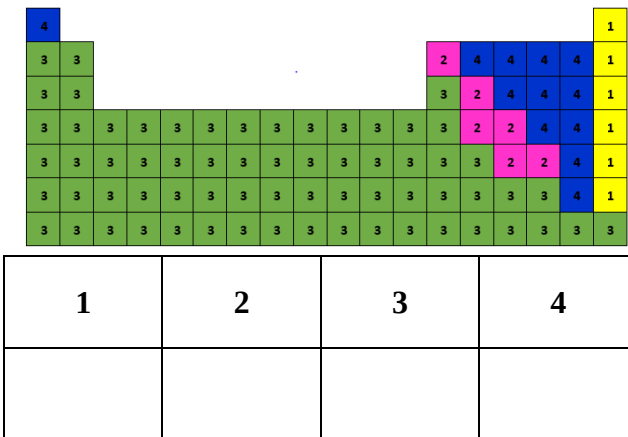
- A) 2. periyot, 5A grubu
- B) 2. periyot, 2A grubu
- C) 1. periyot, 2A grubu
- D) 1. periyot, 5A grubu
- E) 2. periyot, 1A grubu

Soru 10: Aşağıdaki şekilde periyodik sistemde yer alan bilgilerden hangileri doğru olarak verilmiştir?



- A) I-III B) II-III C) II-IV D) I-IV
E) III-IV

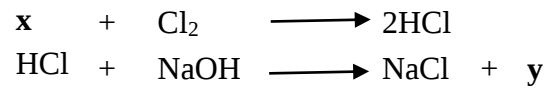
Soru 11: Verilen periyodik sistemde yer alan 1, 2, 3, 4 rakamları metaller, ametaller, yarı metaller ve soygazlardan hangisini temsil etmektedir? Aşağıdaki tabloya yazınız.



Soru 12: Aşağıda azot elementi ile ilgili verilen bilgilerden hangisi doğrudur?

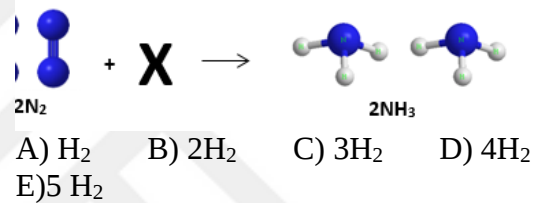
- A) Metaldir.
B) N sembolü ile gösterilir.
C) Atomik hâlde bulunur.
D) Isıyı ve elektriği iletir.
E) Tel ve levha hâline getirilebilir.

Soru 13. Denkleştirilmiş olarak verilen tepkime denklemlerinden **x** ve **y** yerine aşağıda verilerden hangileri yazılmalıdır?



- | | x | y |
|----|-------------------------------|-------------------------------|
| A) | H ₂ O | H ₂ |
| B) | H ₂ | H ₂ O |
| C) | H ₂ | H ₂ O ₂ |
| D) | H ₂ O | H ₂ |
| E) | H ₂ O ₂ | H ₂ |

Soru 14. Şekildeki kimyasal denklem tanecik modeli ile gösterilmiştir. Buna göre X yerine hangi molekül yazılmalıdır?



EK-4. Başarı Testi

Saygıdeğer hocam,

Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisiyim. 9. Sınıf öğrencilerine yönelik kimyasal somutlaştırma ile ilgili kazanımları içeren başarı testi geliştirmeye çalışıyorum. Bu kapsamda sizlerin görüş ve desteğine ihtiyaç duymaktayım. Aşağıda geliştirmeye çalıştığım test hakkında kısa tanıtıcı bilgi ve hazırladığım maddeler yer almaktadır. Zaman ayırıp görüşlerinizi belirtirseniz çok memnun olurum. Katkılarınız için şimdiden teşekkür ederim. Vereceğiniz cevaplar gizli tutulacak olup sadece araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Dilek TEKE

Mail: . . .

Amaç: Bu çalışmada 9. sınıf kimya dersi konularında yer alan kimyasal somutlaştırma öğretiminde, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre 3B öğretim teknolojileri ile materyal tasarlanması, uzmanların ve materyali kullanacak öğrencilerin görüşlerinin alınarak uygulanması ve değerlendirilmesi yapılacaktır.

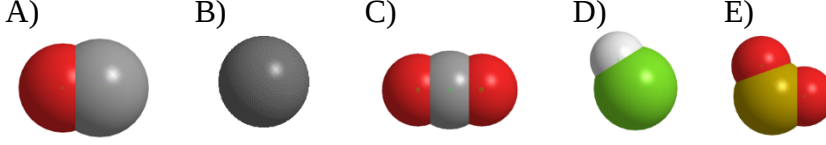
Sizlerden değerlendirme yaparken öncelikle hazırlanan soruların kazanımlarla ilgili olup olmadığını değerlendirmeniz, ikinci olarak da ilgili sorunun gerekli olup olmamasına yönelik bir değerlendirme yapmanızdır. Son olarak da ilgili sorunun içeriğinin bilimsel açıdan doğru olup olmadığının değerlendirilmesi yanında yazım, gösterim ve ifadelerin uygunlukları hakkındaki görüşlerinizi paylaşmanızı talep ediyorum. Öneri ve düzeltmelerinizi çıktı üzerinde ve aşağıdaki formda yazabilirsiniz.

Konu	Kazanımlar	Teste Yer Alan Sorular	Sorunun İlgili Kazanıma Uygunluğu		Maddenin kullanılıp kullanılmayacağına yönelik görüşünüz			
			Evet	Hayır	Gerekli	Gereksiz	Gerekli fakat düzeltilmeli	Lütfen varsa düzeltme önerinizi bu sütuna ya da soru üzerine yazınız.
Kimyasal Türleri Tanıyalım	9.3.1.1. Kimyasal türleri açıkla (Radikal kavramına girilmez).	Soru 1	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 2	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 3	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 4	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 5	☐	☐	☐	☐	☐	
Güçlü Etkileşimler	9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir.	Soru 6	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 7	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 8	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 9	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 10	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıkla.	Soru 11	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 12	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 13	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 14	☐	☐	☐	☐	☐	

	9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıkla.	Soru 15	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 16	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 17	☐	☐	☐	☐	☐	
Zayıf Etkileşimler	9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır.	Soru 18	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 19	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 20	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 21	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.	Soru 22	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 23	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 24	☐	☐	☐	☐	☐	
Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.	Soru 25	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 26	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 27	☐	☐	☐	☐	☐	

KİMYASAL TÜRLER VE TÜRLER ARASI ETKİLEŞİMLER BAŞARI TESTİ

Soru 1: Aşağıdakilerden hangisinin türü diğerlerinden farklıdır?



Soru 2: Aşağıdaki türlerden hangisinin sınıfı doğru olarak verilmiştir?

	He	Na ⁺	CO ₂
A)	Atom	İyon	Molekül
B)	İyon	Atom	Molekül
C)	Molekül	Atom	İyon
D)	Atom	Molekül	İyon
E)	İyon	Molekül	Atom

Soru 3:

I. Argon gazı II. Kükürt dioksit III. Flor gazı



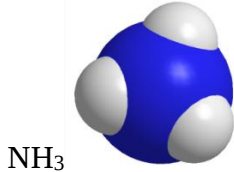
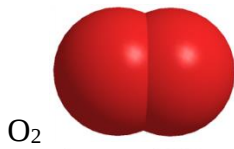
Yukardaki maddelerden hangilerinin kimyasal türü (en küçük yapı taşı) moleküldür?

- A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) II ve III

Soru 4:

- I. Her ikisi de kimyasal tür olarak aynı türdendir.
II. O₂ ve NH₃ diatomik moleküllerdir.
III. O₂ element, NH₃ bileşiktir.

Yandaki tanecikler ile ilgili hangileri doğrudur?



- A) Yalnız I
B) I ve II
C) I ve III
D) II ve III
E) I, II ve III



Soru 5: Oda koşullarında saf su bulunan bardağa m gram yemek tuzu (NaCl) ilave ediliyor. 2.durumda tuz suda tamamen çözünüyor.

- I. Tuz ilave edilmeden önce bardakta moleküller vardır.
- II. Tuz ilavesinden sonra ortamda sadece iyonlar vardır.
- III. Tuzlu su çözeltisinde hem iyonlar hem de moleküller vardır.

İfadelerinden hangileri doğrudur.

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I ve III E) I, II ve III

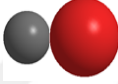
Soru 6: ${}^8\text{O}$ atomu aşağıdaki taneciklerden hangileri ile iyonik bağlı bileşik oluşturur?

- I. 1 tane ${}^{17}\text{Cl}$ atomuyla
 - II. 2 tane ${}^{11}\text{Na}$ atomuyla
 - III. 1 tane ${}^{20}\text{Ca}$ atomuyla oluşturur.
- A) Yalnız III B) II ve III C) I ve III D) I ve II E) I, II ve III

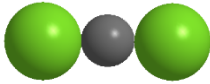
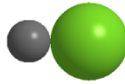
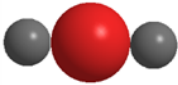
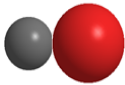
Soru 7: ${}^{17}\text{X}$ atomu aşağıdaki hangi element ile iyonik bağ yapar?

- A) ${}^7\text{N}$ B) ${}^8\text{O}$ C) ${}^9\text{F}$ D) ${}^{10}\text{Ne}$ E) ${}^{11}\text{Na}$

Soru 8:

- I. Lewis yapısı: $\text{Ca}^{2+}[:\text{O}:]^{2-}$ ${}^{20}\text{Ca}$ ve ${}^8\text{O}$ atomları ile ilgili hangileri doğrudur?
- II. 3B yapısı:  A) Yalnız I B) I ve II
C) II ve III D) I ve III
- III. İyonik bağ yapar. E) I, II ve III

Soru 9:

- | | 3B model | Bileşik | | 3B model | Bileşik |
|------|---|-----------------------|-----|---|---------------|
| I. |  | CaCl | II. |  | NaCl |
| III. |  | Na_2O | IV. |  | CaO |

Yukarıda verilen iyonik bağlı bileşiklere ait 3B modellerden hangileri doğrudur? (${}^8\text{O}$, ${}^{11}\text{Na}$, ${}^{17}\text{Cl}$, ${}^{20}\text{Ca}$)

- A) Yalnız II B) I, II ve III C) II ve III D) I ve III
E) II, III ve IV

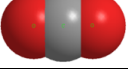
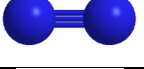
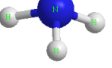
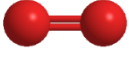
Soru 10: Na_2O bileşiği ile ilgili;

- I. 3B gösterimi 
- II. Na atomu iki elektron vermiştir.
- III. Oksijen atomu bir elektron almıştır.

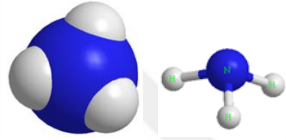
Verilenlerden hangisi/ hangileri **yanlıştır**? (${}^8\text{O}$, ${}^{11}\text{Na}$)

- A) Yalnız I B) II ve III C) I ve III D) Yalnız III E) I, II ve III

Soru 11: Aşağıda yer alan elektron ortaklaşması sonucu oluşan kovalent bağlı bileşiklerin atomlar arası bağ türlerini yazınız.

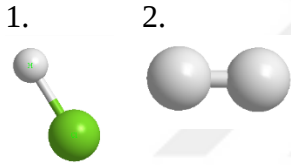
Molekül	Atomlar arası bağ türü	Molekül	Atomlar arası bağ türü
			
			
			
			

Soru 12:



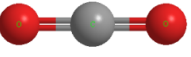
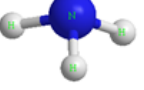
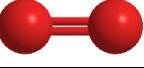
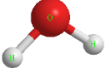
- I. Üç tane polar kovalent bağ içerir.
 II. Kapalı formülü NH_3 'dür.
 III. N atomunun üç elektronunu ortak kullanmıştır.
 3B modeller ile ilgili hangileri doğrudur? (Mavi renk: N, Beyaz renk: H)
 A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 13:



- I. 1. molekülde atomlar arası apolar kovalent bağ vardır.
 II. 2. molekülde atomlar arası apolar kovalent bağ vardır.
 III. Her iki molekülde de elektronlar ortaklaşa kullanılmıştır.
 Yanda gösterilen 3B modelleri ile ilgili yukarıdakilerden hangileri doğrudur?
 A) II ve III B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) I ve III

Soru 14: Aşağıda verilen moleküllerin 3B modellerine göre ortak kullanılmış ve ortak kullanılmamış elektron (e^-) sayılarını örnekte gösterildiği gibi yazınız.

MOLEKÜL	Ortak kullanılmış e^- sayısı	Ortak <u>kullanılmamış</u> e^- sayısı	Molekül türü
	8 elektron	8 elektron	Apolar
			
			
			
			

Soru 15:



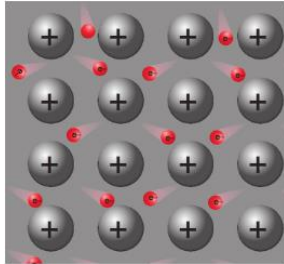
- I. Altın atomları arasında metalik bağ oluşur.
II. Altın atomları ve serbest olan değerlik elektronları arasında elektrostatik çekim kuvveti oluşur.
III. Metalik bağ oluşumu sonrasında elektriği iletmez.
Altını oluşturan atomlar ile ilgili yukarıda verilen bilgilerden hangileri doğrudur?
A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) I ve III

Soru 16: Aşağıdaki maddelerden hangisinde metalik bağ bulunmaz?

- A) Gümüş yüzük B) Bakır tel C) Altın D) Tahta dolap E) Alüminyum radyatör



Soru 17:



- I. İyonik bağ oluşumu ile ilgilidir.
II. Metalik bağ oluşumu ile ilgilidir.
III. Değerlik elektronlar serbest hâlde hareket ederler.
Yandaki model ile ilgili olarak hangileri doğrudur?

- A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 18:

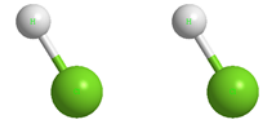
I. $H_2 - H_2$



II. $NH_3 - NH_3$



III. $HCl - HCl$

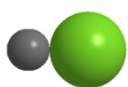


Yukarıdaki hangi maddelerin kendi molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olur?

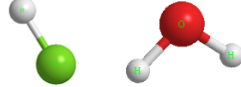
- A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 19:

1. $NaCl - H_2O$



2. $HCl - H_2O$



- I. Her iki tanecik çifti birbiri içinde çözünebilir.
II. 1. tanecik çifti arasında iyon-dipol etkileşimleri oluşur.
III. 2. tanecik çifti arasında kimyasal bağ oluşur.

Yukardaki molekül çiftleri ile ilgili hangileri doğrudur?

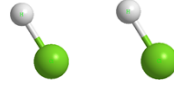
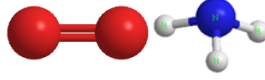
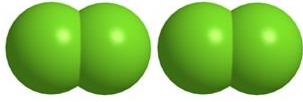
- A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 20:

1. $F_2 - F_2$

2. $O_2 - NH_3$

3. $HCl - HCl$

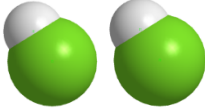


- I. Durum 1 de moleküller arası etkileşim london etkileşimidir.
 II. Durum 2 de moleküller arası etkileşim dipol-dipol etkileşimidir.
 III. Durum 3 de moleküller arası etkileşim dipol-dipol etkileşimidir.
 Yargılarından hangileri doğrudur?

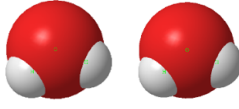
A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 21:

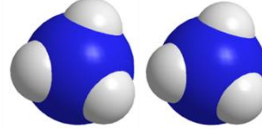
I.HF-HF



II.H₂O-H₂O



III.NH₃-NH₃



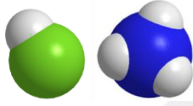
Yukarıda verilen tanecik çiftlerinin arasında oluşan zayıf etkileşim türü hangilerinde aynıdır?

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Soru 22: Aşağıda verilen tanecik çiftlerinin fiziksel özellikleri değişirken hangisinde hidrojen bağı **oluşmaz** veya **kopmaz**?

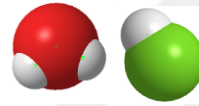
Tanecik çifti

A) HF-NH₃



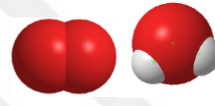
Tanecik çifti

B) HF-H₂O

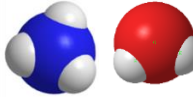


Tanecik çifti

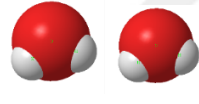
C) O₂-H₂O



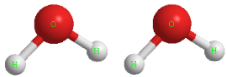
D) NH₃-H₂O



E) H₂O-H₂O



Soru 23:



I. Moleküller arası hidrojen bağlarının oluşması

II. Moleküller arasında hidrojen bağlarının kopması

III. Atomlar arasında polar kovalent bağın kopması

Yukarıda yer alan su molekülleri ile ilgili yargılardan hangileri fiziksel özeliğini değiştirir?

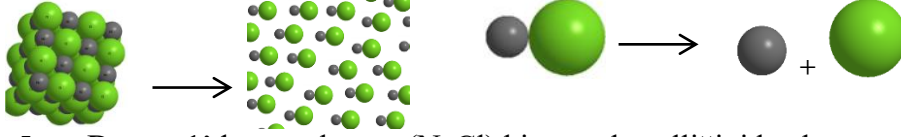
A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

Soru 24: Aşağıda verilen moleküller arasında meydana gelen hangi zayıf etkileşim türünü oluşturur?

Tanecikler	Zayıf etkileşim türü
Azot gazının sıvılaşması (Yoğunlaşması)	
Kalsiyum klorürün suda çözünmesi	
Amonyakın suda çözünmesi	
Argon atomunun yoğunlaşması	
Hidrojen florürün suda çözünmesi	

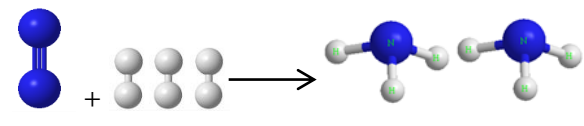
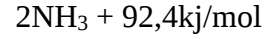
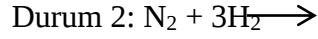
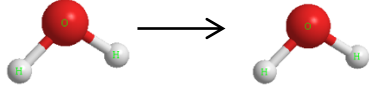
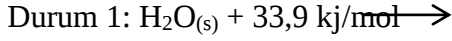
Soru 25:

Durum 1: $\text{NaCl}_{(k)} \rightarrow \text{NaCl}_{(s)}$ Durum 2: $\text{NaCl}_{(k)} + 787\text{kJ/mol} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$



- I. Durum 1’de yemek tuzu (NaCl) kimyasal özelliğini kaybetmemiştir.
 II. Durum 1 ve 2’ de fiziksel değişim olmuştur.
 III. Durum 2’de iyonlarına ayrılan NaCl -H₂O ile iyon-dipol etkileşmesi yapmıştır.
 Yukarıda verilen tepkimelerle ilgili ifadelerden hangileri doğrudur?
 A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Soru 26:



- I. Durum 1’de gerçekleşen değişim fizikseldir.
 II. Durum 2’de gerçekleşen değişim kimyasaldır.
 III. Durum 1’de oluşan H₂O ile durum 2’de oluşan NH₃ molekülleri aralarında hidrojen bağı oluşturur.

Yukarıda verilen tepkimelerle ilgili hangileri doğrudur?

- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Soru 27: Aşağıdaki olayların hangisi fiziksel veya kimyasal değişimdir?

Tepkimeler	Değişim türü
$\text{NaCl}_{(k)} + 787 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ 	
$2\text{H}_2\text{O}_{(s)} + 286 \text{ kJ/mol} \rightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ 	
$\text{H}_2\text{O}_{(s)} + 33,9 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 	
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + 92,4 \text{ kJ/mol}$ 	

EK-5. Görüşme Formu

Saygıdeğer katılımcı;

Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisiyim. Kimya öğretiminde alana özgü kavramların, yapıların, şekillerin ve kimyasal tepkimelerin öğrencilere öğretilmesi ve bu öğretimin sembolik anlama boyutu oldukça önemlidir. Bu araştırmada, kimyasal somutlaştırmayı öğrenmede tasarlanacak AR teknolojisi ile desteklenmiş 3B öğretim materyallerinin dokuzuncu sınıf öğrencilerin ihtiyaçlarına göre materyal tasarlanması, uzmanların ve materyali kullanacak öğretmen ve öğrencilerin görüşleri alınarak geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Araştırma kapsamında sizlerden aşağıda yer alan soruları yanıtlamanız beklenmektedir. Araştırmaya katılmak gönüllük esasına göre olup katılımınız durumunda verdiğiniz bilgiler gizli tutulacaktır. Veriler sadece araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Lütfen öncelikle aşağıda verilen alanları doldurunuz ve araştırmaya gönüllü katıldığınızı belirten seçeneği işaretleyiniz.

Kıymetli zamanınızı ayırarak araştırmaya yaptığınız katkı için şimdiden teşekkür ederim.

Dilek TEKE

Katılımcının;

Öğretmen ☐ Öğrenci ☐

Okulu: _____

Sınıfı/Şubesi: _____

Araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum ☐

GÖRÜŞME SORULARI- Öğretmen

1. 3B ve AG materyallerin derste kullanılabilirliği hakkında ne düşünüyorsunuz?
 - i. Motivasyonu artırma
 - ii. Performansı artırma
 - iii. Akranla öğrenmeye uygun olma
 - iv. Materyale erişim
 - v. Sınıf hâkimiyetini etkileme
 - vi. Süre uygunluğu
2. 3B ve AG materyaller ile kimyanın öğretiminin öğretmen olarak size ve öğrencilerinize öğrenme ve öğretme sürecinde ne tür katkıları oldu?
 - a. Konuyu anlaşılır hâle getirme
 - b. Soyut olan hususları somutlaştırmada
 - c. Kavramsal öğrenmeye katkı sağlama
 - d. 3B düşünme becerisi geliştirme
3. 3B ve AG materyallerin kimyanın diğer konularına entegrasyonu hakkında ne düşünüyorsunuz?
 - a. Faydaları
 - b. Kazanımlara uygunluğu
 - c. Öğretimsel katkıları
 - d. Yol açabileceği sorunları ve/veya zorluklar
4. 3B ve AG materyaller öğrencilerin kimya konularını öğrenmesinde ne gibi faydalar sağlamıştır?
 - a. Avantaj
 - b. Dezavantajları
5. 3B ve AG materyaller kimya konularında yer alan soyut kavramları somutlaştırmaya katkıları hakkında neler düşünüyorsunuz?
6. 3B ve AG materyalleri ile ders işlerken öğrencilerin derse karşı ilgilerinde bir değişim oldu mu? Olduysa bu değişimin yönü nasıldı?
 - a) Evet ise neden?
 - b) Hayır ise dikkat çekmemesinde neler etken oldu?

GÖRÜŞME SORULARI-Öğrenci

1. Derste kullandığınız 3B ve AG materyaller konuyu anlamanıza katkısı hakkında düşünceleriniz neler?
 - a. Konuyu anlaşılır hâle getirme
 - b. Soyut olan hususları somutlaştırmada
 - c. Kavramsal öğrenmeye katkı sağlama
 - d. 3B düşünme becerisi geliştirme
2. Kimya dersleri işlenirken 3B ve AG materyallerin kullanılması hakkında neler düşünüyorsunuz?
 - a. Olumlu
 - b. Olumsuz olarak
3. Derste kullandığınız 3B ve AG materyalleri kullanırken sorunlarla karşılaştınız mı? Karşılaştıysanız ne tür sorunlarla karşılaştınız?
 - a. Teknik sorunlar: AG materyallerde ses, animasyon, QR kod sorunu
 - b. Materyalleri anlama ve kullanma ile ilgili sorunlar
 - c. Materyallerin kendisi ve yapılarından kaynaklı sorunlar: 3B materyalin boyutu, şekli vb.
4. Derste kullandığınız 3B ve AG materyallerin kimyanın başka konuları veya derslere entegre edilmesi hakkında ne düşünüyorsunuz?
 - a. Faydaları
 - b. Kazanımlara uygunluğu
 - c. Öğretimsel katkıları
 - d. Yol açabileceği sorunları ve/veya zorluklar
5. Öğretmen konuyu anlattıktan sonra 3B materyallerle yaptığınız uygulamaların arkadaşlarınızla olan iletişim ve etkileşime ne tür katkılar sağladı?
6. Hazırlanan etkinliklerin ve materyallerin sınav başarınıza katkısı oldu mu?
 - a. Ne açıdan oldu? Örnek verebilir misin?
7. Derste kullandığınız 3B ve AG materyallerin grup hâlinde yapılan çalışmalarda ne tür katkısı oldu?
 - a. Avantajları
 - b. Dezavantajları

EK-6. Gözlem Formu

GÖZLEM FORMU

Bu araştırmada, kimyasal somutlaştırma öğretimi amacıyla artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi ile desteklenmiş üç boyutlu (3B) öğretim materyallerinin dokuzuncu sınıf öğrencilerin ihtiyaçlarına göre tasarlanması, uzmanların ve materyali kullanacak öğretmen ve öğrencilerin görüşleri alınarak geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaç kapsamında materyalin kullanışlılığı ve öğretim sürecine katkısı olmak üzere iki boyutlu bir gözlem formu oluşturulmuştur. Bu formda gözlenen durum kısmında yer alan 1-5 aralığındaki ölçek üzerinde (1-Hiç gözlenmedi, 5-Açık bir şekilde gözlendi) her hafta katılımcı gözlemci tarafından değerlendirilecek ve gözlenme şekli ve süreci hakkında yanında açıklama eklenecektir.

Dersin öğretmeni	
Okulun adı	
Sınıf-Şube	
Dersin süresi	
Tarih	

MATERYALİN KULLANIŞLILIĞI

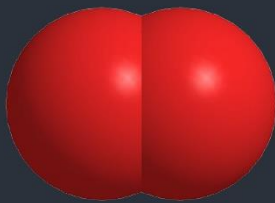
	GÖZLENEN DAVRANIŞ	GÖZLENEN DURUM	AÇIKLAMALAR
1	Üç boyutlu öğretim materyalleri her öğrencinin erişimi için yeterlidir.	① ② ③ ④ ⑤	
2	Üç boyutlu öğretim materyalleri kullanılarak öğrenciler etkinlikleri yapabilmektedirler.	① ② ③ ④ ⑤	
3	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğretim amacına uygun olarak kullanılmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
4	Üç boyutlu öğretim materyalleri grupta kullanıma uygundur.	① ② ③ ④ ⑤	
5	Üç boyutlu öğretim materyalleri bireysel kullanıma uygundur.	① ② ③ ④ ⑤	
6	AG ile desteklenmiş üç boyutlu öğretim materyalleri öğrencilerin kimya dersini anlamasına yardımcı olmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
7	AG materyallerinin mobil uygulaması sorunsuz çalışmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
8	AG materyallerinin kullanımında teknik desteğe ihtiyaç duyulmamaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
9	AG materyalleri ile ilgili olan QR kodlar sorunsuz çalışmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
10	AG uygulamasının ara yüzü kullanılırken sorun yaşanmamaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
11	AG materyallerinde animasyonlar sorunsuz çalışmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
12	AG materyallerdeki sesli betimlemeler sınıf ortamında duyulmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
13	AG materyallerindeki çoklu ortam öğeler (3B animasyonlar ve seslendirmeler) öğrencilerin konuyu daha iyi öğrenmesine yardımcı olmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
14	AG materyalleri öğrencilerin dersle meşguliyetini artırmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
PUAN			

ÖĞRETİM SÜRECİ

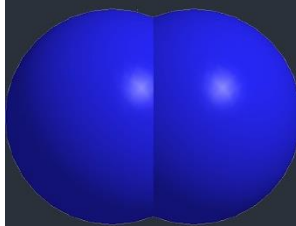
	GÖZLENEN DAVRANIŞ	GÖZLENEN DURUM	AÇIKLAMALAR
1	Öğretmen konuyu somutlaştırmak için üç boyutlu materyallerden yararlanır.	① ② ③ ④ ⑤	
2	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğretmen tarafından amacına uygun olarak kullanılmaktadır.	① ② ③ ④ ⑤	
3	Öğrenciler üç boyutlu materyalleri amacına uygun olarak kullanabilmektedir.	① ② ③ ④ ⑤	
4	Üç boyutlu öğretim materyalleri konuya uygundur.	① ② ③ ④ ⑤	
5	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğrencilerin soyut konuları anlamasına katkı sağlar.	① ② ③ ④ ⑤	
6	Üç boyutlu öğretim materyalleri derse olan ilgi ve dikkati artırır.	① ② ③ ④ ⑤	
7	Üç boyutlu öğretim materyalleri dersi eğlenceli hâle getirir.	① ② ③ ④ ⑤	
8	Üç boyutlu öğretim materyalleri derse etkin katılımı sağlar.	① ② ③ ④ ⑤	
9	Üç boyutlu öğretim materyalleri bilgiyi tekrar etme fırsatı sağlar.	① ② ③ ④ ⑤	
10	Üç boyutlu öğretim materyalleri bireysel öğrenme fırsatı sağlar.	① ② ③ ④ ⑤	
11	Üç boyutlu öğretim materyalleri sınıf içi iletişimi artırır.	① ② ③ ④ ⑤	
12	Üç boyutlu öğretim materyalleri sınıf yönetimini kolaylaştırır.	① ② ③ ④ ⑤	
13	Üç boyutlu öğretim materyalleri öğrencilerin yaratıcı fikirler geliştirmesine katkı sağlar.	① ② ③ ④ ⑤	
14	Üç boyutlu öğretim materyalleri akranlar arası işbirliği sağlar.	① ② ③ ④ ⑤	
15	Üç boyutlu öğretim materyalleri araştırma yapmaya teşvik eder.	① ② ③ ④ ⑤	
PUAN			
TOPLAM PUAN			

EK-7. AG teknolojisi ile Üretilen Materyaller ve QR Kodları

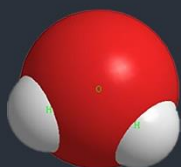




O_2



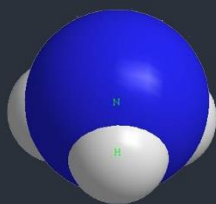
N_2



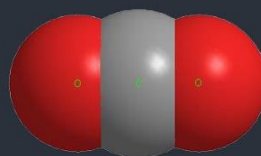
H_2O



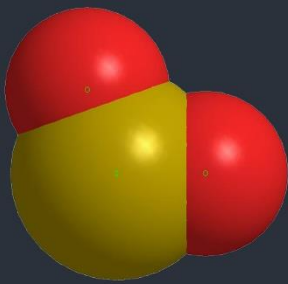
HF



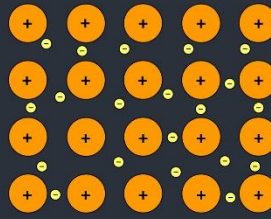
NH_3



CO_2



SO_2



Metalik Bağ

Dipol - Dipol



$\text{HF} - \text{HF}$

İyon Dipol



$\text{Na} - \text{H}_2\text{O}, \text{Cl} - \text{H}_2\text{O}$

İndüklenmiş dipol

İndüklenmiş dipol



$\text{CO}_2 - \text{CO}_2$

Hidrojen Bağı



$\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$

Fiziksel
Değişim



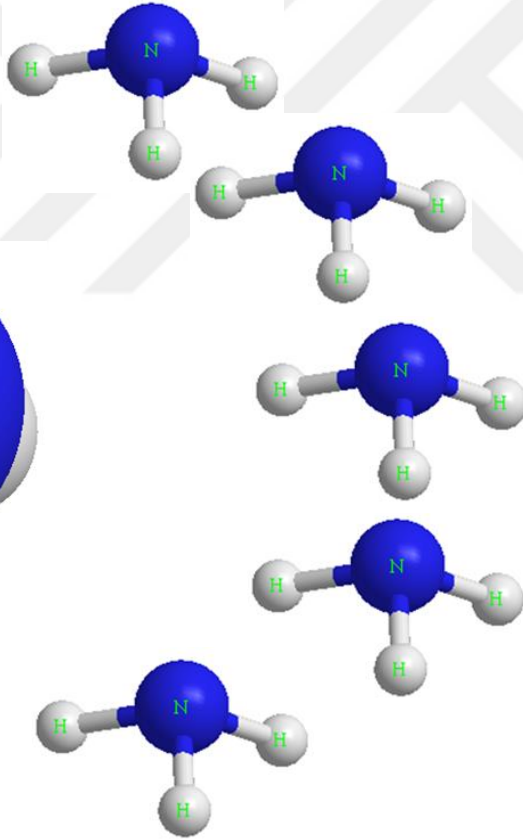
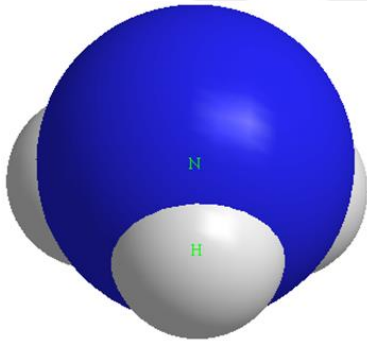
Kimyasal
Değişim



Kimyasal
Değişim



3. ÜNİTE



KİMYASAL TÜRLERİ TANIYALIM

Kazanım

9.3.1.1. Kimyasal türleri açıkla (Radikal kavramına girilmez).

Süre: 2 ders saati (40+40dk)

GİRME

Öğretmen öncelikle sınıftaki öğrencileri dörder veya beşer gruplara ayırır. Öğretmen gruplarda bulunan öğrencilerin ilgisini çekmek için şu soruyu sorar.

ETKİNLİK 1

Soru: Atom, molekül veya iyon çıplak gözle görülebilir mi? Nedenini açıklayınız.

ATOM

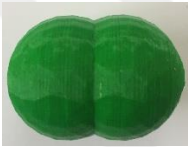
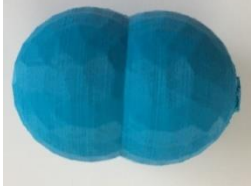
MOLEKÜL

İYON

KEŞFETME

3B materyaller kullanarak kimyasal türlerin (atom, iyon molekül) gruplar tarafından sınıflanması istenir. Ayrıca verilen etkinliği de yapmaları istenir.

3B MATERYALLER

MOLEKÜL				ATOM	
Formül	3B Modeli	Formül	3B Modeli	Formül	3B Modeli
H ₂		H ₂ O		¹¹ Na	
F ₂		HF		¹⁷ Cl	
O ₂		CO ₂		İYON	
				Atomik hâl	İyon hâli
				Na	Na²⁺
N ₂		NH ₃			
		SO ₂		Cl	Cl⁻
					

ETKİNLİK 2

- Aşağıda verilen atom, iyon ve molekülleri tabloya doğru olarak yerleştiriniz.

Fe, H₂O, O²⁻, Cl, HF, F₂, Na, O₂, Cl⁻, O₃, N₂, CO₂, NH₃,
Na⁺, Ca²⁺, Ne

ATOM	MOLEKÜL		İYON
	ELEMENT	BİLEŞİK	

AÇIKLAMA

3B materyalleri kullanarak kimyasal türleri sınıflama yapıldıktan sonra grup içindeki öğrenciler arasında bilgi alışverişi sağlanır. Gerekğinde öğretmen de öğrenciler ile işbirliği sağlar. Bilgi yaprağı 1’de yer alan bilgileri öğrencilere sunar.

BİLGİ YAPRAĞI 1

Atom

- Bir elementin fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren en küçük birimine atom denir. Atomlar proton, nötron ve elektron gibi daha küçük taneciklerden oluşmalarına rağmen fiziksel ve kimyasal yöntemlerle daha basit birimlerine ayrıştırılamaz. Ancak nükleer yöntemlerle ayrıştırılabilir. Proton, nötron gibi tanecikler çekirdekte; elektronlar ise elektron bulutunda yer alır.

Molekül

- Aynı veya farklı atomların birbiri ile etkileşmesi sonucunda oluşan kimyasal türlere molekül denir. Moleküller en az iki atomun birleşmesiyle oluşur. Aynı atomlar birleşirse element molekülünü oluşturur. H_2 , N_2 , O_2 , O_3 , P_4 , S_8 gibi.
- Farklı atomlar birleşirse bileşik molekülünü oluşturur. CO_2 , H_2O , CH_4 , N_2O , CH_3COOH , H_2SO_4 gibi. Bu bileşikler kimyasal yöntemlerle kendini oluşturan bileşenlere ayrışabilir. Moleküller iki atomlu (diatomik), üç atomlu (triatomik) veya çok atomlu (poliatomik) olabilir. İki atomlu moleküllere F_2 , HCl , üç atomluya O_3 , H_2O , çok atomluya H_2SO_4 , $C_6H_{12}O_6$ ve polimerler örnek verilebilir.

İyon

- Elektron vermiş veya almış atom ya da atom gruplarına iyon denir. Bir atom, elektron verdiğinde verdiği elektron sayısı kadar pozitif (+), elektron aldığıda aldığı elektron sayısı kadar negatif (-) yükle yüklenir. Pozitif yüklü iyonlara katyon, negatif yüklü iyonlara anyon denir. Yüklü atom gruplarına kök adı verilir. NH_4^+ , H_3O^+ , OH^- , SO_4^{2-} gibi. Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , NH_4^+ , H_3O^+ katyona; Cl^- , O_2^- , N_3^- , OH^- , SO_4^{2-} anyona örnek verilebilir.

DERİNLEŞTİRME

ETKİNLİK 3

Soru: Kimyasal türler nelerdir? Bu türlere ikişer tane örnek veriniz.

Soru: Doğada farklı kimyasal türlerin bulunmasını nasıl açıklarsınız?

DEĞERLENDİRME

ETKİNLİK 4

Soru: Aranızda atom, molekül veya iyon çıplak gözle görülebilir mi? Nedenini açıklayınız.

ATOM

MOLEKÜL

İYON

GÜÇLÜ ETKİLEŞİMLER

İYONİK BAĞ

Kazanım

9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir.

Süre: 2 ders saati (40+40dk)

GİRME

Öğretmen öncelikle sınıftaki öğrencileri dörderli veya beşerli gruplara ayırır. Konu ile ilgili genel bilgileri verir.

ETKİNLİK 5

Soru: Tuzların yapısı nasıldır? Tuzlar nasıl oluşur? Her tuz yenir mi? Açıklayınız.

KEŞFETME

3B materyaller kullanarak kimyasal türlerin (atom, iyon molekül) gruplar tarafından sınıflanması istenir. Ayrıca verilen etkinliği de yapmaları istenir.

3B MATERYALLER

	3B yazıcıdan elde edilenler	AG Modellerin QR kodu
NaCl		
Na ₂ O		
CaCl ₂		
CaO		

ETKİNLİK 6

1. Aşağıdaki tabloda elementlerle ilgili istenen bilgileri 3B materyalleri kullanarak doldurunuz.

Element	Katman Elektron Dizilimi	Değerlik Elektron Sayısı	Lewis Yapısı	İyon Yükü	İyon Türü
^{20}Ca					
^8O					
^{17}Cl					
^{11}Na					
^{10}Ne					
^{16}S					
^{12}Mg					
^{13}Al					
^{18}Ar					
^9F					

2. Aşağıdaki tabloda iyonik bağlı bileşiklerin günlük hayattaki yerini yazınız.

Bileşik	Bileşiğin Günlük Hayattaki Yeri
NaCl 	
CaCl₂ 	
Na₂O 	
CaO 	

AÇIKLAMA

3B ve AR materyalleri kullanarak iyonik bağlı bileşikler sonra grup içimdeki öğrenciler arasında bilgi alışverişi sağlanır.

BİLGİ YAPRAĞI 2

Zıt yüklü iyonların birbirlerini elektrostatik çekim kuvvetleri ile çekmesi sonucunda oluşan kimyasal bağa **iyonik bağ** denir.

İyonik bağ genellikle metal ve ametal atomları arasında elektron alışverişi ile oluşan bağ türüdür.

İyonik bileşiklerin yapısal birimleri ile molekül kavramı karıştırılmamalıdır. Çünkü iyonik bileşiklerde en küçük birim molekül değil, birim hücredir. İyonik bileşiklerde zıt yüklü iyonlar itme ve çekme kuvvetlerini dengeleyecek şekilde bir araya gelerek düzenli bir kristal örgü yapısı oluşturur. Kristal örgü yapısında her iyon, belirli sayıda zıt yüklü iyon tarafından çekilmektedir.

Örneğin sodyum klorürde her Na^+ iyonu 6 Cl^- iyonu tarafından ve her Cl^- iyonu da 6 Na^+ iyonu tarafından çekilerek sodyum klorür iyonik kristal yapısını oluşturur (Görsel 3.3.2). İyonik kristalde tekrarlayan bu yapısal birimlere **birim hücre** adı verilir.

İyonik Bağlı Bileşiklerin Genel Özellikleri

- Oda koşullarında katı hâdedirler.
- Erime ve kaynama noktaları oldukça yüksektir.
- Kırılgan yapıda olduklarından tel ve levha hâline getirilemezler, işlenemezler.
- İyonik bağlar güçlü etkileşimler olduğu için kimyasal yöntemler ile ayrıştırılabilirler.
- İyonik bağlı bileşikler katı hâlde elektrik akımını iletmezken, sıvı hâlde ya da suda çözüldüklerinde elektriği iletirler.



- Bağ yapan atomlar arasındaki elektronegatiflik farkı arttıkça bağın iyonik karakteri artar.

İyonik Bağ Sağlamlığı

- İyonik bağlı bileşiklerde, iyonik bağın sağlamlığı iyonların yüklerine ve yarıçaplarına bağlıdır. İyonların yükleri arttıkça ve yarıçapları (iyonlar arası mesafe) azaldıkça, iyonik bağın sağlamlığı artar.
- İyon yükü artarsa, yarıçapı azalır.
- İyonik yapıli bileşiklerde iyonik bağ sağlamlığı arttıkça bileşiğin erime ve kaynama noktası da artar.
- İyonik yapıli bileşiklerde iyonik bağın sağlamlığı ile iyonik karakter karıştırılmamalıdır.

BİLGİ YAPRAĞI 3

Bazı iyonik bağlı bileşiklerin günlük hayattaki yeri ve önemi

Bileşik	Bileşiğin Günlük Hayattaki Yeri
NaCl	Basit bir kimyasal bileşik olan sodyum klorür (NaCl), diğer adıyla yemek tuzu, yüzyıllardan beri insanlar için büyük bir önemi olan bir gıda maddesidir. Tuzun önemini artıran en büyük özeliği de tarih öncesi zamanlarda besin maddelerini uzun süre saklamak için tuzu koruyucu madde olarak kullanmalarından gelmektedir. Eski zamanlarda et balık gibi besinler tuzun içinde kurutulup saklanarak bunların bozulması engellenmiştir. Tuz insan dâhil tüm canlıların besin kaynaklarından ve ticari bakımdan da önemli bir maddedir. Dünyanın her yerinde rastlanabilen sofraya tuzu tarih boyunca önemli bir ihtiyaç ve ticaret maddesi olmuştur. (https://tr.wikipedia.org/wiki/Yemek_tuzu).
	
CaCl₂	
	Bu bileşik oda sıcaklığında katıdır. Beyaz, kokusuz bir üründür. Yaygın uygulamaları tuzlu su olarak soğutma tesisleri, yollarda buz ve toz kontrolü ve kurutulması şeklindedir. Besin sanayisinde peynir imalatı, içme suyu yapımı, konserve yapımı ve kimya endüstrisinde kullanılır (https://tr.wikipedia.org/wiki/Kalsiyum_klor%C3%BCr).
Na₂O	
	Seramik ve camlarda kullanılır. Bileşik, sodyum hidroksitinin baz anhidritidir; sodyum okside su eklendiğinde, NaOH üretilir (https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_oxide).
CaO	
	Kalsiyum oksit (CaO) ya da sönmemiş kireç geniş bir kullanım alanı bulunan bir çeşit kimyasal bileşiktir. Beyaz renkli, aşındırıcı ve alkalik bir katıdır. Bu yüzden CaO tuzu yenilmez. Sanayide kireç taşlarını yüksek sıcaklıklarda eriterek karbondioksitin uzaklaştırılmasıyla elde edilir. Suyla reaksiyona girerse oksitlenir ve kalsiyum hidroksiti oluşturur. (https://tr.wikipedia.org/wiki/Kalsiyum_oksit)

DERİNLEŞTİRME

ETKİNLİK 7

Soru: İyonik bağ oluşumu sırasında atomlar iyon hâline geçerken çaplarında neden değışiklik olur? Elinizdeki materyalleri, inceleyerek cevaplayınız.

Soru: Katyon (+) iyonlarının atom çapı ve anyonların atom çapı nasıl değışir? Elinizdeki materyalleri, inceleyerek cevaplayınız.

DEĞERLENDİRME

ETKİNLİK 8

Soru: Tuzların yapısı nasıldır? Tuzlar nasıl oluşur? Her tuz yenir mi?



KOVELANT BAĞ

9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıkla.

Süre: 2 ders saati (40+40dk)

GİRME

Öğretmen öncelikle sınıftaki öğrencileri dörder veya beşer gruplara ayırır. Konu ile ilgili genel bilgileri verir.

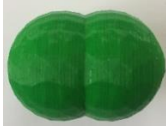
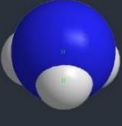
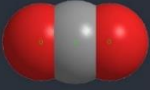
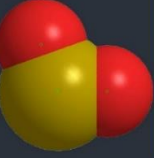
ETKİNLİK 9

Soru: Canlılar için çok önemli olan su molekülünün yapısını nasıl oluştur?

KEŞFETME

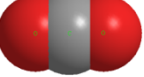
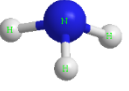
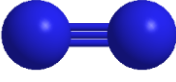
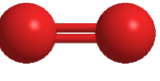
3B materyaller kullanarak kimyasal türlerin (atom, iyon molekül) gruplar tarafından sınıflanması istenir. Ayrıca verilen etkinliği de yapmaları istenir.

3B MATERYALLER

3B yazıcı	AG Modellerin QR kodu	3B yazıcı	AG Modellerin QR kodu
H ₂ 	 H ₂	F ₂ 	 F ₂
O ₂ 	 O ₂	N ₂ 	 N ₂
H ₂ O 	 H ₂ O	HF 	 HF
NH ₃ 	 NH ₃	CO ₂ 	 CO ₂
SO ₂ 	 SO ₂		

ETKİNLİK 10

Aşağıdaki tabloda moleküller için istenen bilgileri 3B materyalleri kullanarak doldurunuz.

Molekül	Lewis Yapısı	Bağın Polarlığı	Molekülün Polarlığı	Bağlayıcı Elektron Çifti Sayısı	Ortaklanmamış Elektron Çifti Sayısı	Molekülün Günlük Hayattaki Yeri
						
						
						
						
						
						
						
						

AÇIKLAMA

3B ve AR materyalleri kullanarak iyonik bağlı bileşikleri sonra grup içindeki öğrenciler arasında bilgi alışverişi sağlanır.

BİLGİ YAPRAĞI 4

Aynı ya da farklı tür ametal atomları arasında elektronların ortaklaşa kullanılması sonucu oluşan bağ türüne **kovalent bağ** denir.

Ortaklaşa kullanılan elektronlar atomlar tarafından eşit kuvvetlerle çekiliyorsa **apolar (kutupsuz) kovalent bağ**, farklı kuvvetlerle çekiliyorsa **polar (kutuplu) kovalent bağ** oluşur.

- Kovalent bağların oluşumu Lewis yapısı ile gösterilebilir.
- Lewis yapısında ortaklaşa kullanılan elektron çiftlerine bağlayıcı elektron çifti, bağ oluşumuna katılmayan elektron çiftlerine ise ortaklanmamış **elektron çifti** denir.
- Atomlar arasında bir çift elektronun ortak kullanılması ile bir kovalent bağ oluşur ve çizgi (–) ile gösterilir.

Moleküllerde Polarlık ve Apolarlık

Apolar kovalent bağ içeren iki atomlu bir molekülde ortaklaşa kullanılan elektronlar her iki atom tarafından eşit kuvvetlerle çekildiği için elektron yük yoğunluğu dengeli olarak dağılır ve molekülde bulunan atomlar arasında kalıcı pozitif ve negatif kutuplar oluşmaz. Bu nedenle molekül **apolardır** (H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , ...).

İki atomlu bir molekülde elektron yük dağılımı dengeli değilse ve bir atom bağ elektronlarını daha fazla çekiyorsa kalıcı negatif kutup o atom üzerinde kalıcı pozitif kutup da diğer atom üzerinde bulunur. Bu tür moleküller de **polardır**. (HCl , CO , ...)

Bir molekül polar kovalent bağ içerdiği hâlde elektron yük dağılımı dengeli ise molekül apolar olabilir.

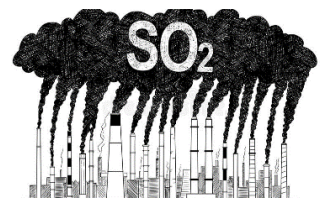
Moleküllerin polarlığı üç yöntemle tespit edilebilir:

1. Molekülde simetri varsa apolar, yoksa polardır.
2. Merkez atom üzerinde bağa katılmayan elektron çifti (veya elektron çiftleri) varsa molekül polar, yoksa apolardır.
3. Bağ polarlığını gösteren vektörlerin bileşkesi sıfırsa apolar, değilse molekül polardır.

BİLGİ YAPRAĞI 5

Bazı kovalant bağlı bileşiklerin günlük hayattaki yeri ve önemi

Molekül	Molekülün günlük hayattaki yeri
H ₂  (Plazma hâli)	Standart sıcaklık ve basınç altında renksiz, kokusuz, metalik olmayan, tatsız, oldukça yanıcı ve H ₂ olarak bulunan bir diatomik gazdır. Suyun oluşumunda yer alır. Hidrojen, evrenin kütlesinin %75'ini oluşturan ve evrende en çok bulunan elementtir. Ana hatta bulunan yıldızların çoğunluğu, plazma hâlinde olan hidrojenden oluşur. Elementel hidrojen Dünya'da az bulunur. Endüstride metan gibi hidrokarbonlardan üretilebildiği gibi, pahalı olsa da suyun elektrolizinden de üretilebilir (https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidrojen).
F ₂ 	Flor en reaktif element olup argon, neon ve helyum hariç tüm elementlerle tepkimeye girer. Fazla reaktif olmasının nedeni F-F bağının kolay kopmasıdır. Bir içme suyunda 1 ppm'den fazla flor olursa dişlerde sarı plaklar olur. Ayrıca Flor asal gazlardan Ksenonla bile tepkimeye girmiştir. Diş macunları ve deodorantların yapısında bulunur (https://tr.wikipedia.org/wiki/Flor).
O ₂ 	Standart şartlar altında, elementin iki atomu bağlanarak çok soluk mavi renkte, kokusuz, tatsız, diatomik yapıdadır. Diatomik oksijen gazı hacimsel olarak havanın %20.8'ini oluşturur. Suyun kütlesinin %88'i oksijendir, bu yüzden canlı organizmaların kütlesinin büyük bir kısmını oksijen oluşturur. Organizmalardaki hem organik (proteinler, yağlar ve karbonhidratlar) hem de inorganik (diş iskelet, dişler ve kemikler) neredeyse tüm ana moleküllerin yapısında oksijen bulunur (https://tr.wikipedia.org/wiki/Oksijen).
N ₂ 	Renksiz, kokusuz, tatsız ve inert bir gazdır. Azot, dünya atmosferinin yaklaşık %78'ini oluşturur ve tüm canlı dokularında bulunur. Azot ayrıca, amino asit, amonyak, nitrik asit ve siyanür gibi önemli bileşikler de oluşturur (https://tr.wikipedia.org/wiki/Azot).
H ₂ O	

	Su, Dünya üzerinde bol miktarda bulunan ve tüm canlıların yaşaması için vazgeçilmez olan, kokusuz ve tatsız bir kimyasal bileşiktir. Sıklıkla renksiz olarak tanımlanmasına rağmen kızıl dalga boylarında ışığı hafifçe emmesi nedeniyle tabii bir mavi renge sahiptir. Doğada su katı, sıvı ve gaz hâllerinde görülür. Su yanıcı bir madde değildir. Bu özelliği nedeniyle ateş söndürücü olarak kullanılır. Fakat suyun bileşimindeki oksijen yakıcı bir gazdır, hidrojen ise yanıcı bir gazdır. Oksijen ve hidrojen birleşerek söndürücü bir madde olan suyu meydana getirirler (https://tr.wikipedia.org/wiki/Su).
HF 	Özellikle cam işleme sanayiinde kullanılır. Camı aşındırıcı etkisi olduğundan dolayı, cam şişelerde saklanamazlar. Berrak sıvı hâlinde olup, HF olarak tanımlanır. Kullanımında oldukça dikkat edilmelidir. Solunması ciddi zehirlenmelere yol açarken, cilt ile teması, derin yanıklara sebebiyet verebilir. Susuz hidrojen florür ve hidroflorik asit ile yalnız çeker ocak içinde çalışılmalı, eldiven, ayrıca koruyucu gözlük veya yüz maskesi takılmalıdır (https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidroflorik_asit).
CO₂ 	Gaz hâlinde bulunan CO₂, renk ve kokusu yoktur. Karbon içeren besin maddelerin metabolize edilmesi sonucu meydana gelen bir son üründür. Küresel ısınma da önemli bir pay sahibidir, yerden yansıyan güneş ışınlarının atmosferden çıkma oranını azaltır. Solunumdaki yeri açısından hayati önem arz eder. Oksijen akciğerlere üst hava yollarını geçerek gelir ve alveolde hemoglobin ile taşınarak alveole getirilmiş olan karbondioksit ile yer değiştirir. Daha sonra karbondioksit oksijenin takip ettiği yolla dışarıya verilir. Bitkiler, gündüz CO₂ alır, O₂ verirler. Gece ise O₂ alır, CO₂ verirler. CO₂ serbest gaz hâlinde volkanik bölgelerden çıkan gazlarda, suda çözünmüş olarak ise maden suyunda bulunur. Şehir ve dağlık bölgelerde değişmek üzere atmosfer havasında ortalama %0,03-0,04 nispetinde, egzozda ise %13 nispetinde bulunur (https://tr.wikipedia.org/wiki/Karbondioksit).
NH₃ 	Renksiz, keskin ve hoş olmayan kokuya sahip bir gaz bileşiğidir. OH⁻ iyonu içermediği hâlde suda zayıf baz özelliği gösterir. Bir amonyak molekülü, bir azot ve üç hidrojen atomundan oluşur. Amonyak, gübre, ilaç, boya, parfüm gibi maddelerin sentezlenmesinde ilk aşamada kullanılmaktadır. Amonyak canlılar için zehirli bir maddedir, kullanılırken dikkat edilmesi gerekir (https://tr.wikipedia.org/wiki/Amonyak).
SO₂ 	Hava kirliliğine ve asit yağmurlarına sebep olur. Renksiz, keskin kokulu reaktif bir gaz olup kömür, fuel-oil gibi kükürt içeren yakıtların yanması sırasında, metal eritme işlemleri ve diğer endüstriyel işlemler sonucu oluşur. Ana kaynakları, termik santraller ve endüstriyel kazanlardır. Genel olarak, en yüksek SO₂ konsantrasyonları, büyük endüstriyel kaynakların yakınında bulunur. SO₂ gazına maruz kalanlar, solunum hastalıklarına, akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere ve mevcut kalp hastalıklarının kötüleşmesine sebep olabilir. Bu etkilere karşı en hassas grup; çocuklar, yaşlılar ve kronik akciğer hastalığı ve kalp hastalığı olan kişilerdir. (https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCk%C3%BCrt_dioksit)

DERİNLEŞTİRME

ETKİNLİK 11

Soru: Materyalleri kullanarak kovalant bağlı bir molekülün polar veya apolar bağı nasıl ayırt edersiniz?

Soru: Materyalleri kullanarak kovalant bağlı bir molekülün polar veya apolar molekül olduğunu nasıl ayırt edersiniz?

Soru: Kovalent ve iyonik bağlı bileşikler arasındaki farkları nelerdir?

DEĞERLENDİRME

ETKİNLİK 12

Soru: Canlılar için çok önemli olan su molekülünün yapısını nasıl oluştur?



METALİK BAĞ

9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıklar.

Süre: 2 ders saati (40+40dk)

GİRME

Öğretmen öncelikle sınıftaki öğrencileri dörder veya beşer gruplara ayırır.

ETKİNLİK 13

Soru: Metalik bağ hakkında neler biliyorsunuz? Örnek vererek metalik bağın oluşumunu nasıl açıklarsınız?

KEŞFETME

3B materyaller kullanarak kimyasal türlerin (atom, iyon molekül) gruplar tarafından sınıflanması istenir. Ayrıca verilen etkinliği de yapmaları istenir.

3B MATERYALLER

3B yazıcıdan elde edilen materyal	AG Modellerin QR kodu
	

AÇIKLAMA

3B ve AG materyalleri kullanarak iyonik bağlı bileşikler sonra grup içimdeki öğrenciler arasında bilgi alışverişi sağlanır.

BİLGİ YAPRAĞI 6

- Metalik bağ, metal atomlarını bir arada tutan güçlü bir etkileşimdir.
- Metallerde ve alaşımlarda görülen bir etkileşim türüdür.
- Metal atomlarının iyonlaşma enerjileri düşüktür. Bu nedenle metallerin değerlik elektronları çekirdek tarafından zayıf kuvvetlerle çekilirler. Ayrıca metallerin değerlik orbital sayısı, değerlik elektronlarından fazladır.
- Metal atomları bir arada bulunduklarında değerlik elektronları hem kendi hem de komşu metal atomlarının boş ve eş enerjili değerlik orbitallerinde rahatlıkla dolaşabilir.
- Serbest dolaşan elektronlar adeta bir elektron denizi oluşturur.
- Elektron denizi ile pozitif yüklü metal katyonları arasında oluşan elektrostatik çekim kuvvetleri ise metalik bağ olarak adlandırılır.
- Metallerde metalik bağ kuvveti, metallerin değerlik elektron sayısı ile doğru; metal atomlarının çapı ile ters orantılıdır.
- Metal atomları arasındaki elektrostatik çekim kuvveti ne kadar fazla ise metalin erime noktası o kadar yüksektir.

Metallerin genel özellikleri;



DERİNLEŞTİRME

ETKİNLİK 14

Soru: Metalik bağlı bileşiklerin ısı ve elektriği iletmelerini nasıl açıklarsınız?

Soru: Ametaller tel ve levha hâline getirilemezken metaller nasıl tel ve levha hâline getirilmektedir?

DEĞERLENDİRME

ETKİNLİK 15

Soru: Metalik bağ hakkında neler biliyorsunuz? Örnek vererek metalik bağın oluşumunu nasıl açıklarsınız?



ZAYIF ETKİLEŞİMLER

9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır.

9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.

Süre: 2 ders saati (40+40dk)

GİRME

Öğretmen öncelikle sınıftaki öğrencileri dörder veya beşer gruplara ayırır.

ETKİNLİK 16

Soru: Su H_2O moleküllerinden oluşur. Ama tek bir molekülü biz göremezken gerçek dünyada suyun şeffaf renkli ve kokusuz bir sıvı olduğunu biliyoruz. Bu sıvı sizce nasıl oluşmaktadır?

Soru: Donmuş karbon dioksit kuru buz denir. Kuru buzun kaynama noktası $-78^{\circ}C$ olup oda koşullarında katı hâlden sıvı hâle geçmeden gaz hâle geçer (süblimleşir). Oda koşullarında gaz hâlinde olan CO_2 kuru buz hâline nasıl getirilir?

KEŞFETME

3B materyaller kullanarak kimyasal türlerin (atom, iyon molekül) gruplar tarafından sınıflanması istenir. Ayrıca verilen etkinliği de yapmaları istenir.

3B MATERYALLER

Zayıf etkileşimler	AG Modellerin QR kodu	Zayıf etkileşimler	AG Modellerin QR kodu
Dipol-Dipol	 Dipol - Dipol HF - HF	İyon-Dipol	 İyon Dipol Na - H₂O, Cl - H₂O
İnd.dipol-İnd.dipol	 İndüklenmiş dipol İndüklenmiş dipol CO₂ - CO₂	Hidrojen bağı	 Hidrojen Bağı H₂O - H₂O

ETKİNLİK 18

Tanecikler	Zayıf etkileşim türü
Azot gazının sıvılaşması (Yoğunlaşması)	
Kalsiyum klorürün suda çözünmesi	
Amonyakın suda çözünmesi	
Argon atomunun yoğunlaşması	
Hidrojen florürün suda çözünmesi	

AÇIKLAMA

BİLGİ YAPRAĞI 7

Molekülleri ve soygaz atomlarını bir arada tutan fiziksel kuvvetlerdir. Fiziksel bağların enerjisi, kimyasal bağlardan küçüktür. Genel olarak bağı kırmak için gerekli enerji yaklaşık olarak 40 kJ/mol'den büyükse güçlü etkileşim, 40 kJ/mol'den daha küçükse zayıf etkileşim olarak ifade edilir.

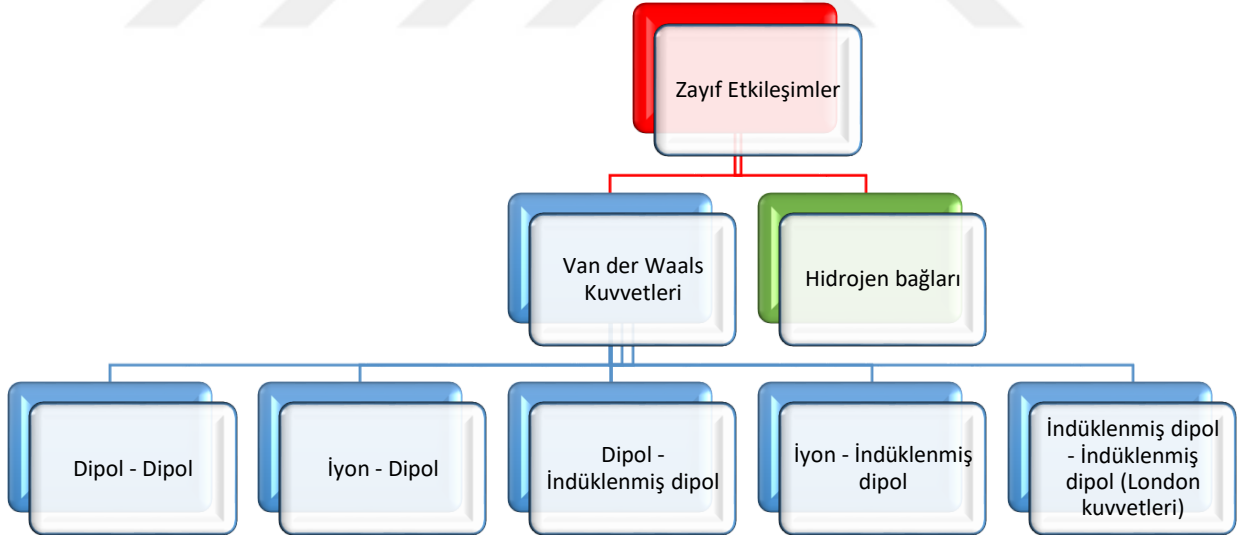
Zayıf etkileşimler veya fiziksel bağlar oluştuğunda veya koptuğunda yeni türler oluşmadığından maddenin kimyasal özelliği değişmez.

Zayıf etkileşimler;

- Çözünürlük
- Erime noktası
- Kaynama noktası
- Özkütle gibi fiziksel özellikleri belirlemede etkilidir.

Zayıf etkileşimler yoğun faz denilen katı ve sıvı fazlarda etkindir. Gaz fazında tanecikler arası uzaklık fazla olduğundan ihmal edilirler.

Zayıf etkileşimler ikiye ayrılır.



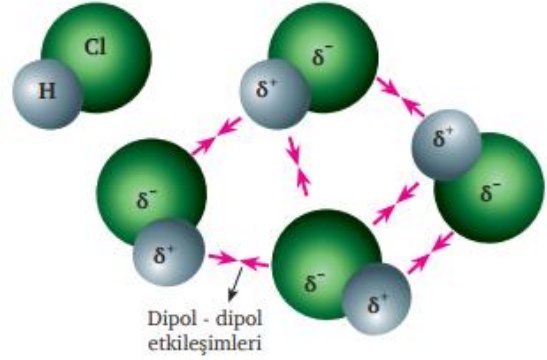
1. VAN DER WAALS KUVVETLERİ

Dipol- Dipol

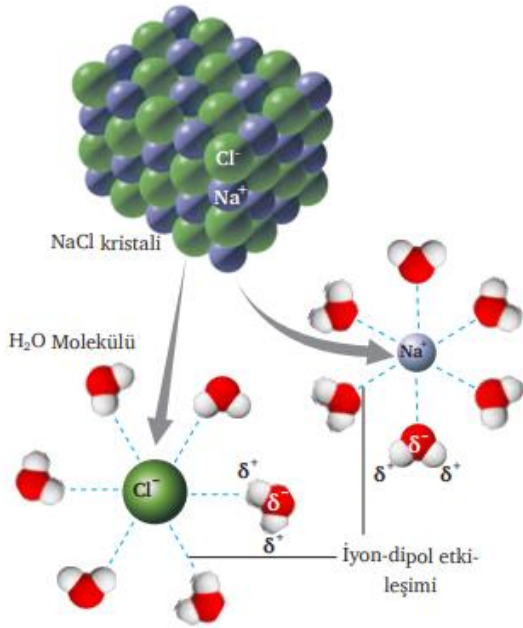
Hidrojen klorür molekülü polar bir moleküldür. Hidrojen kısmı kalıcı pozitif, klor kısmı ise kalıcı negatif yükle yüklüdür. Molekülde kalıcı pozitif ve kalıcı negatif yüklerin oluşmasına **kalıcı dipol** denir. HCl molekülleri, birbirine yaklaştığında birinin pozitif kutbu ile diğerinin negatif kutbu arasında elektrostatik bir çekim kuvveti oluşur.

HCl moleküllerinde olduğu gibi polar moleküllerin kalıcı dipolleri arasında oluşan etkileşimlere **dipol-dipol kuvvetleri** denir.

Dipol-dipol etkileşimleri polar moleküllerdeki kalıcı dipollerden kaynaklandığı için zıt yüklü kutuplar arasında gerçekleşir. Dipol moleküller, hareket hâlinde oldukları için aralarında gerçekleşen çarpışmalar nedeniyle düzensiz olarak bir arada bulunur. HCl, SO₂, H₂O, C₂H₅OH gibi polar moleküller arasında dipol-dipol etkileşimleri vardır.



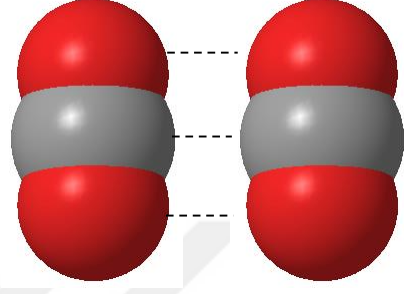
İyon – Dipol



Polar bir molekül olan suyun içine NaCl gibi iyonik bir katı eklendiğinde katı iyonlarına ayrılarak suda çözünür. İyonik bileşik pozitif ve negatif olmak üzere iki zıt yüklü iyon içerir. Polar su molekülleri de zıt yüklü kutuplara sahiptir. Su molekülünün hidrojeni (pozitif kutbu) iyonik bileşiğin negatif yüklü iyonuna (Cl⁻), su molekülünün oksijeni (negatif kutbu) iyonik bileşiğin pozitif yüklü iyonuna (Na⁺) yaklaşır. Böylece su molekülü Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarını kristal örgüsünden kopararak ayırır. Bu şekilde iyonik katının iyonları ile polar molekülün dipolleri arasında gerçekleşen etkileşimlere **iyon-dipol etkileşimleri** denir.

Dipol- İndüklenmiş dipol

Polar moleküllerle apolar moleküller arasında veya polar molekül ile soy gaz atomları arasında gerçekleşen etkileşime **dipol-indüklenmiş dipol etkileşimleri** denir. Bu etkileşime H₂O ve CCl₄ arasındaki etkileşim örnek verilebilir. Dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi oldukça zayıf bir etkileşim olduğu için bu iki molekül birbiri içinde çözünmez denecek kadar az çözünür.

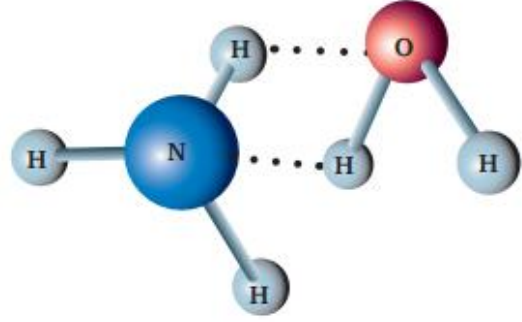
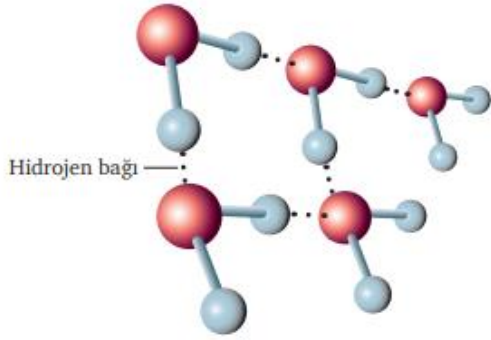
İyon- İndüklenmiş dipol	
İyonik bileşiklerle apolar moleküller arasında veya iyonik bileşik ile soy gaz atomları arasında gerçekleşen etkileşimlere iyon-indüklenmiş dipol etkileşimleri denir. Na^+ iyonları ile CCl_4 molekülleri arasındaki etkileşim iyon-indüklenmiş dipol etkileşimlerine örnektir.	
İndüklenmiş dipol- İndüklenmiş dipol (London kuvvetleri)	
CO_2 apolar bir moleküldür. Apolar moleküllerin sahip olduğu elektronlar herhangi bir anda molekülün bir bölgesinde anlık olarak yoğunlaşabilir. Elektronların bir bölgede yoğunlaşmasına komşu taneciklerin yükleri, elektriksiz alan uygulanması veya taneciklerin çarpışması neden olabilir. Elektronların yoğunlaştığı bölge geçici olarak negatif, diğer bölge ise geçici olarak pozitif yüklerle yüklenir. Bu durumda molekülde geçici dipol yapısı oluşur. Geçici dipollere indüklenmiş dipol de denir. İndüklenmiş dipoller arasında olan etkileşime indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol veya London kuvvetleri denir.	
London kuvvetlerini elektron sayısı ve molekülün şekli etkiler. London kuvvetleri elektronların, molekülün bir bölgesinde yoğunlaşmasından kaynaklandığı için elektron sayısı arttıkça molekülün kutuplanabilirliği (polarlanabilirliği) artar. İndüklenmiş dipoller arasındaki çekim kuvveti, anlık olduğu için London kuvvetleri moleküller arası etkileşimlerin en zayıfıdır. London kuvveti elektronların geçici kutuplanmasından kaynaklandığı için polar moleküller arasında da London kuvvetleri vardır. Fakat London kuvvetleri diğer van der Waals bağlarının yanında çok küçük olduğu için ihmal edilir. Zayıf etkileşimlerin en güçlüsü hidrojen bağı, en zayıfı ise London kuvvetleridir. Diğer zayıf etkileşimleri kendi aralarında karşılaştırmak doğru değildir. Çünkü bu etkileşimler molekül ağırlığı, elektronegatiflik, atom çapı, iyon yükü gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Sonuç olarak bütün moleküller arasında diğer kuvvetlerle birlikte London kuvvetleri de bulunur. Soy gazlar ve apolar moleküller arasında ise yalnızca London kuvvetleri bulunur.	

2. HİDROJEN BAĞLARI

Sıvı hâldeki suyun sıçrama, akma, damlama, birikme şeklindeki davranışı karmaşa gibi görünse de aslında bir düzenin işaretidir. Suya bu özellikleri veren hidrojen bağıdır. Bu bağ ayrıca proteinlerin dizilişini ve yapısını düzenleyerek yaşamın organizasyonunu sağlar. Su polar bir moleküldür. Oksijen atomunun elektronegatifliği yüksek olduğu için hidrojen atomlarının elektronları oksijen atomunun etrafında daha çok vakit geçirir.

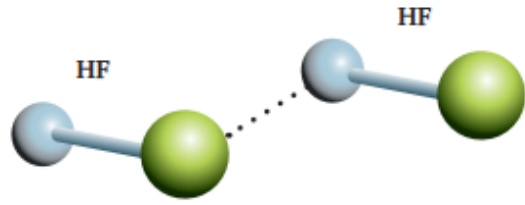
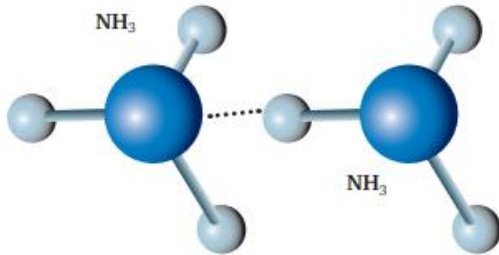
Bu nedenle oksijen tarafı kısmi negatiftir (δ^-). Elektronsuz kalmış gibi davranan hidrojen atomları ise kısmi pozitifdir (δ^+). Birden fazla su molekülü bir araya geldiğinde pozitif yüklü hidrojen ile komşu su molekülünün oksijen atomları köprü oluşturur. Bir molekülün pozitif yüklü hidrojeni ile diğer molekülün negatif yüklü atomu arasında moleküller arası elektrostatik çekim kuvveti ile oluşan etkileşime **hidrojen bağı** denir. Hidrojen bağı H atomunun

elektronegatifliği yüksek F, O ve N atomlarıyla oluşturduğu moleküllerde bulunur (NH_3 , H_2O , HF , CH_3OH gibi.).



Hidrojen bağı, iki molekül arasında noktalarla gösterilir. Örneğin HF molekülleri arasındaki hidrojen bağı $\text{HF}\dots\text{HF}$ şeklindedir. Hidrojen bağları zayıf etkileşimler arasında en kuvvetlisidir.

Hidrojen bağı aynı iki molekül arasında oluşabildiği gibi farklı iki molekül arasında da oluşabilir. Aşağıda bazı moleküller arasında bulunan hidrojen bağları gösterilmiştir.



DERİNLEşTİRME

ETKİNLİK 19

Soru: Günlük hayattan zayıf etkileşimlere iki örnek veriniz. Verdiğiniz örneklerde yer alan zayıf etkileşimleri açıklayarak belirtiniz.

DEĞERLENDİRME

ETKİNLİK 20

Soru: Su H_2O moleküllerinden oluşur. Ama tek bir molekülü biz göremezken gerçek dünyada suyun şeffaf renkli ve kokusuz bir sıvı olduğunu biliyoruz. Bu sıvı sizce nasıl oluşmaktadır?

Soru: Donmuş karbon dioksit kuru buz denir. Kuru buzun kaynama noktası $-78^{\circ}C$ olup oda koşullarında katı hâlden sıvı hâle geçmeden gaz hâle geçer (süblimleşir). Oda koşullarında gaz hâlinde olan CO_2 kuru buz hâline nasıl getirilir?

FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİMLER

9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.

Süre: 2 ders saati (40+40dk)

GİRME

Öğretmen öncelikle sınıftaki öğrencileri dörder veya beşer gruplara ayırır.

ETKİNLİK 21

Soru: Bir olayın fiziksel değişim mi kimyasal değişim mi olduğu nasıl anlaşılır? Örnek vererek açıklayınız.

KEŞFETME

3B materyaller kullanarak kimyasal türlerin (atom, iyon molekül) gruplar tarafından sınıflanması istenir. Ayrıca verilen etkinliği de yapmaları istenir.

3B MATERYALLER

Değişim	AG Modellerin QR kodu	Değişim	AG Modellerin QR kodu
Fiziksel değişim	 Fiziksel Değişim $\text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$	Kimyasal değişim	 Kimyasal Değişim $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$
Kimyasal değişim	 Kimyasal Değişim $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$		

ETKİNLİK 22

1. Aşağıda tepkimeler ile ilgili bilgileri verilen örneğe göre doldurunuz.

Tepkime	Fiziksel/ Kimyasal Değişim	Güçlü/ Zayıf Etkileşim	Etkileşim Kopar/ Oluşur
$\text{C}_3\text{H}_9\text{O}_{(s)} + 29,1\text{kJ/mol} \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_9\text{O}_{(g)}$	Fiziksel	Zayıf	Kopar
$\text{MgO}_{(k)} + 3850\text{kJ/mol} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(g)} + \text{O}^{2-}_{(g)}$			
$\text{NaI}_{(k)} + 700 \text{ kJ/mol} \longrightarrow \text{Na}^{+}_{(g)} + \text{I}^{-}_{(g)}$			

$\text{NaCl}_{(s)} + 787 \text{ kJ/mol} \longrightarrow \text{Na}^+_{(g)} + \text{Cl}^-_{(g)}$			
$\text{H}_2\text{O}_{(g)} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_{(s)} + 43,9 \text{ kJ/mol}$			
$\text{CH}_{4(g)} \longrightarrow \text{CH}_{4(s)} + 8,2 \text{ kJ/mol}$			
$\text{CaO}_{(k)} + 3414 \text{ kJ/mol} \longrightarrow \text{Ca}^{2+}_{(g)} + \text{O}^{2-}_{(g)}$			
$\text{C}_6\text{H}_{6(g)} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{6(s)} + 33,8 \text{ kJ/mol}$			
$\text{CH}_3\text{OH}_{(s)} + 35,3 \text{ kJ/mol} \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$			

2. Aşağıda verilen değişimler ile ilgili bilgileri doldurunuz.

Değişim	Fiziksel/ Kimyasal Değişim	40 kJ/mol'den büyük/40 kJ/ mol'den küçük
Buzun erimesi		
Mumun yanması		
Kâğıdın yırtılması		
Elmanın çürümesi		
Demirin paslanması		
Toz şekerden pudra şeker eldesi		
Sudan hidrojen ve oksijen gazı eldesi		
Şeker pancarından şeker eldesi		
Camın kırılması		
Mumun erimesi		

AÇIKLAMA

BİLGİ YAPRAĞI 8

KİMYASAL VE FİZİKSEL DEĞİŞİMLER

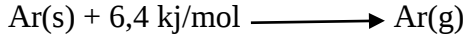
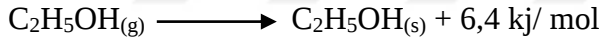
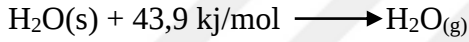
Mutfakta un, su, yağ ve şekeri karıştırarak hazırlanan kurabiye hamuruna şekil verildiğinde tadı, rengi, kokusu değişmez. Pişirildiğinde ise rengi, kokusu ve tadı değişir.

Kurabiye hamurunun hazırlanması ve pişirilmesi sürecindeki olaylar fiziksel ve kimyasal değişim olarak sınıflandırılabilir. Kurabiye hamurunun oluşturulması ve şekillendirilmesi fiziksel bir olay, pişirilmesi ise kimyasal bir olaydır.

Bir olayın fiziksel mi kimyasal mı olduğu nasıl anlaşılır?

Fiziksel Değişim: Maddenin kimlik özelliği değişmeden boyutu, şekli, fiziksel hâli (katı, sıvı, gaz) ve fiziksel özelliklerinin değişmesidir. Fiziksel değişimde maddenin kimyasal yapısı değişmediği için formülü de değişmez.

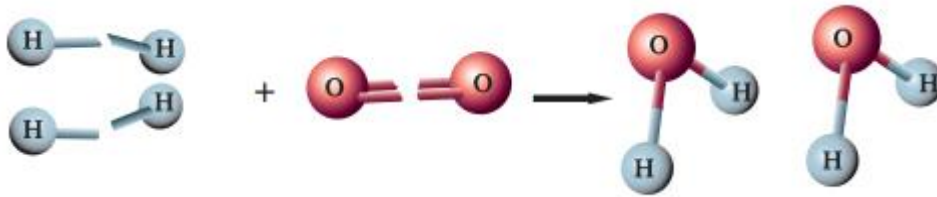
Fiziksel değişimler gerçekleşirken zayıf etkileşimler kopar veya oluşur, bu nedenle fiziksel değişimlerin gerçekleşmesi için daha az enerji gerekir. Aşağıdaki tepkimelerde olduğu gibi kopan veya oluşan bağın enerjisi genellikle 40 kJ/mol'den küçüktür ve fiziksel değişimdir.

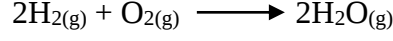


- Parçalanma, kırılma, yırtılma olayları (buğdayın öğütülmesi, camın kırılması, kâğıdın yırtılması),
- Hâl değişim olayları (erime, donma, buharlaşma, yoğunlaşma, süblimleşme, kırılgılaşma),
- Tuzun, şekerin suda çözünmesi,
- Elektron hareketiyle iletkenlik (bakır tel gibi metallerin elektriği iletmesi) fiziksel değişim örneklerindendir.

Kimyasal Değişim: Maddenin kimlik özelliğinin değişerek, farklı maddelere ayrışması veya farklı maddelerle etkileşerek yeni maddeleri oluşturmasıdır. Kimyasal değişim maddenin iç yapısının yani elektron düzeninin ve bağ yapısının değişmesidir. Bu olaylar sırasında hem kimyasal hem de fiziksel özellikler değiştiği için maddenin kimyasal formülü de değişir.

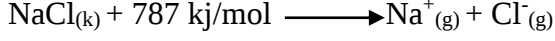
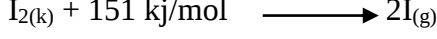
Kimyasal değişimler gerçekleşirken güçlü ve zayıf etkileşimler kopar veya oluşur.





Kimyasal değişim gerçekleşmesi için daha fazla enerji gereklidir.

Aşğıdaki tepkimelerde olduğu gibi kopan veya oluşan bağın enerjisi genellikle 40 kJ/mol'den daha büyük ise kimyasal değişimdir.



Aşğıda kimyasal değişimlere bazı örnekler verilmiştir.

- Oksijenle tepkimesi (paslanma, metallerin kararması, yanma, meyvenin kararması, solunum)
- Metallerin asitle tepkimesi
- İyon hareketi ile iletkenlik (çözeltilerin elektriği iletmesi)
- Mayalanma olayları (sütten yoğurt eldesi, üzümünden sirke eldesi)
- Elektroliz (elektrik enerjisi kullanılarak bileşiklerin kendisini oluşturan bileşenlere ayrılması)
- Asit-baz tepkimeleri
- Küflenme, çürüme, besinlerin ekşimesi
- Besinlerin pişirilmesi
- Fotosentez
- Sindirim
- Betonun donması (sertleşmesi)
- Yağlı boyanın kuruması

Kimyasal değişimlere kimyasal tepkime (reaksiyon) adı verilir. Kimyasal tepkimelerde gaz çıkışı, çökelek oluşumu, renk, koku, iletkenlik, pH, sıcaklık ve enerji değişimi görülebilir.



DERİNLEŞTİRME

ETKİNLİK 23

Soru: Birbirine benzeyen iki sıvı bulunmaktadır. Sıvılar karıştırıldığında gaz çıkışı gözlemlendiğine göre

I. Sadece fiziksel değişim olmuştur.

II. Maddenin kimlik özelliği değişmiştir.

III. Gaz çıkışı gözlemlendiğinde kimyasal değişim gerçekleşmiştir.

Bu yargıların hangileri doğru veya yanlıştır? Açıklayınız.

DEĞERLENDİRME

ETKİNLİK 24

Soru: Bir olayın fiziksel değişim mi kimyasal değişim mi olduğu nasıl anlaşılır? Örnek vererek açıklayınız.

EK-9. ANCOVA Analizi İçin Gerekli Olan Varsayımlar

- Bağımlı değişken ve kovaryantın (ortak değişkenin) normal dağılım göstermesi

Okul		Skewness	Kurtosis	
		Std. Error	Statistic	Std. Error
1.lise	öntest	.322	-.215	.634
	sontest	.322	-.574	.634
	Valid N (listwise)			
2.lise	öntest	.306	-.800	.604
	sontest	.306	-.903	.604
	Valid N (listwise)			
3.liseA	öntest	.319	.891	.628
	sontest	.343	-1.326	.674
	Valid N (listwise)			
3.liseB	öntest	.337	-.366	.662
	sontest	.347	-1.156	.681
	Valid N (listwise)			

- Varyansların homojenliğinin sağlanmasıdır.

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable:sontest

okul	F	df1	df2	Sig.
1.lise	.047	1	53	.829
2.lise	.352	1	59	.555
3.liseA	.474	1	46	.495
3.liseB	.044	1	43	.835
Toplam	.290	1	207	.591

- Kovaryant ve bağımlı değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olması ($p < .05$ olmalı)

Correlations

		öntest	sontest
öntest	Pearson Correlation	1	.314**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	222	209
sontest	Pearson Correlation	.314**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	209	211

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

- Kovaryant ve bağımsız değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olmaması ($p > .05$ olmalı)

okul	Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1.lise	Corrected Model	4559.408 ^a	3	1519.803	10.508	.000
	Intercept	42.696	1	42.696	.295	.589
	grup	215.932	1	215.932	1.493	.227
	öntest	2027.569	1	2027.569	14.019	.000
	grup * öntest	46.191	1	46.191	.319	.574
	Error	7376.301	51	144.633		
	Total	135887.000	55			
	Corrected Total	11935.709	54			
2.lise	Corrected Model	3476.494 ^b	3	1158.831	11.626	.000
	Intercept	4108.562	1	4108.562	41.219	.000
	grup	128.096	1	128.096	1.285	.262
	öntest	30.984	1	30.984	.311	.579
	grup * öntest	.500	1	.500	.005	.944
	Error	5681.571	57	99.677		
	Total	130711.000	61			
	Corrected Total	9158.066	60			
3.liseA	Corrected Model	6669.504 ^c	3	2223.168	14.080	.000
	Intercept	999.698	1	999.698	6.331	.016
	grup	66.255	1	66.255	.420	.521
	öntest	388.037	1	388.037	2.458	.124
	grup * öntest	4.222	1	4.222	.027	.871
	Error	6947.562	44	157.899		
	Total	175848.598	48			
	Corrected Total	13617.067	47			
3.liseB	Corrected Model	10830.297 ^d	3	3610.099	29.346	.000
	Intercept	4288.853	1	4288.853	34.864	.000
	grup	1.427	1	1.427	.012	.915
	öntest	236.260	1	236.260	1.921	.173
	grup * öntest	204.594	1	204.594	1.663	.204
	Error	5043.730	41	123.018		
	Total	154742.083	45			
	Corrected Total	15874.027	44			

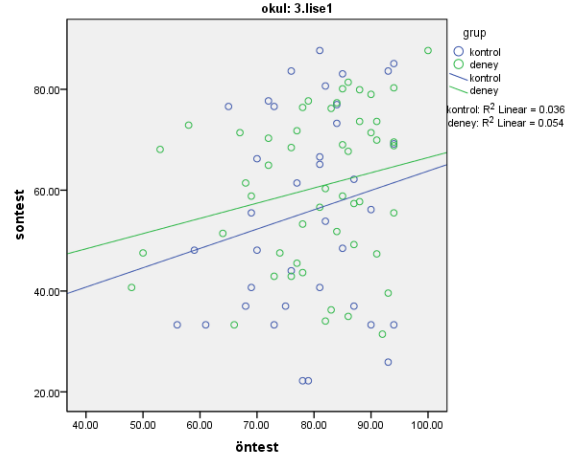
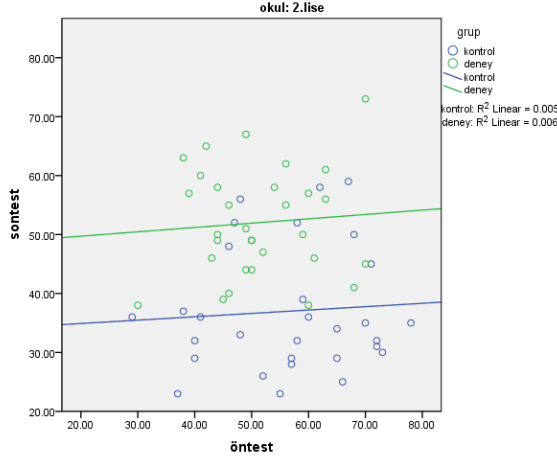
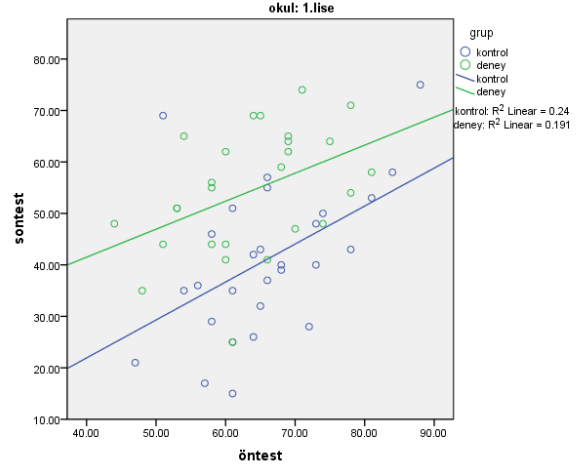
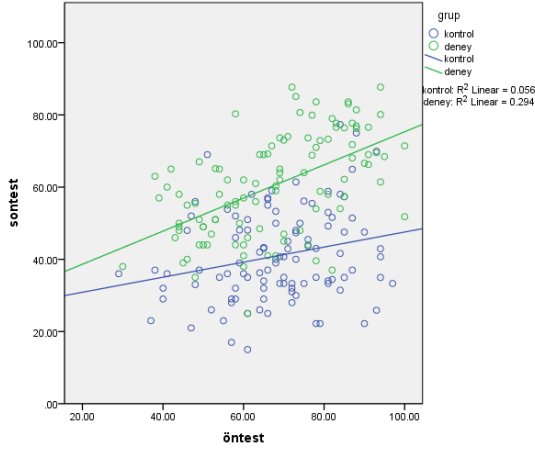
a. R Squared = .382 (Adjusted R Squared = .346)

b. R Squared = .380 (Adjusted R Squared = .347)

c. R Squared = .490 (Adjusted R Squared = .455)

d. R Squared = .682 (Adjusted R Squared = .659)

- Bağımlı değişkenle ortak değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olması (regresyon eğilimlerinin homojenliği)



EK-10. Etik Kurul Onay Belgesi



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurulu

Sayı : 56785782-050.02.04-E.2000082062
Konu : Etik Kurul Kararı (Dilek TEKE
04/06)

12.03.2020

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : 18.02.2020 tarihli ve 11323698676-E.2000053489 sayılı belge.

Danışmanlığını Prof.Dr. Mustafa SÖZBİLİR'in yürüttüğü doktora öğrencisi Dilek TEKE'nin "Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi" isimli TÜBİTAK ARDEP 1002 başlıklı projesi ile ilgili, Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurulu'nun 21.02.2020 tarih ve 04/06 sayılı kararı ektedir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Muhsine BÖREKÇİ
Kurul Başkanı

Ek : Etik Kurulu Kararı (04-06)

Dağıtım:

Gereği:

Sayın Prof.Dr. Mustafa SÖZBİLİR

Bilgi:

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim
Dalı Başkanlığına
Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurul
Başkanlığına

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURULU
Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurul Başkanlığı
PROJE DEĞERLENDİRME FORMU

Projenin/Çalışmanın Adı. Danışmanlığını Prof.Dr. Mustafa SÖZBİLİR'in yürüttüğü doktora öğrencisi Dilek TEKE'nin "Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi" isimli TÜBİTAK ARDEP 1002 projesi ile ilgili etik kurul onay belgesi talep edilmesi

Gönderildiği Tarih: 21.02.2020

Teslim Tarihi: 21.02.2020

Değerlendirenin Adı Soyadı: Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu Başkanlığı Adına

Prof. Dr. Muhsine BÖREKÇİ
Etik Kurul Başkanı

İmza :

Bu Tez uygundur: ☒

Gerekçe/Açıklama: Yapılacak çalışmada yaklaşım ve yöntemler dikkate alınarak, konu ile ilgili çalışmaların gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel açıdan herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

Bu Tez uygun değildir: ☐

Gerekçe/Açıklama

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURUL BAŞKANLIĞI
Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurulu
ERZURUM

Toplantının Mahiyeti :Etik Kurul
Toplantının Tarihi :21.02.2020
Toplantının Sayısı :04

Karar-06: Danışmanlığını Prof.Dr. Mustafa SÖZBİLİR'in yürüttüğü doktora öğrencisi Dilek TEKE'nin "Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi" isimli TÜBİTAK ARDEP 1002 projesi ile ilgili etik kurul onay belgesi talebi ile ilgili husus görüşüldü

Yapılan görüşmelerden sonra adı geçen " Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi" isimli çalışması ile ilgili çalışmaların gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel yönden sakınca bulunmadığına,

oy birliği ile karar verilmiştir.

(İMZA)
Prof. Dr. Muhsine BÖREKÇİ
Birim Etik Kurul Başkanı

Prof. Dr. Ali Osman ENGİN
Birim Etik Kurul Başkan Yardımcısı

Prof. Dr. Betül ASLAN
Birim Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. İhsan Sabri BALKAYA
Birim Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Mustafa CİHAN
Raportör

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURULU
Eğitim Bilimleri Birim Etik Kurulu Karar Formu

KARAR BİLGİLERİ	Toplantı Sayısı: 04 Karar No: 06	Toplantı Tarihi: 21.02.2020
	Aşağıda bilgileri verilen tez ile ilgili çalışmanın, etik ilkeler açısından değerlendirilmesi isteği ile ilgili husus görüşüldü. Yapılan görüşmelerden sonra; söz konusu tez ile ilgili yapılacak çalışma için, araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak konuyla ilgili çalışmanın gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel yönden sakınca bulunmadığına, Etik Kurulu oy birliği ile karar vermiştir.	
ÇALIŞMA BİLGİLERİ	Proje Yürütücüsü: Dilek TEKE Çalışma Konusu: "Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Materyallerle Öğretimi"	

EĞİTİM BİLİMLERİ BİRİM ETİK KURULU		İMZA
Prof. Dr. Muhsine BÖREKÇİ	Etik Kurul Başkanı	
Prof. Dr. Ali Osman ENGİN	Etik Kurul Başkan Yardımcısı	
Prof. Dr. Betül ASLAN	Etik Kurul Üyesi	
Prof. Dr. İhsan Sabri BALKAYA	Etik Kurul Üyesi	
Prof. Dr. Mustafa CİHAN	Etik Kurul Raportörü	

Ek-11: MEB Araştırma ve Uygulama İzin Belgesi



T.C.
ERZURUM VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü



Sayı : E-36648235-605.01-34232230
Konu : Araştırma ve Uygulama İzni
(Dilek TEKE)

08.10.2021

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)

İlgi: 29.09.2021 tarihli ve E.2100260734 sayılı yazınız.

İlgi yazı gereği; Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisi **Dilek TEKE**'nin Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR'in danışmanlığında; "*Dokuzuncu Sınıf Öğretmenlerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Öğretim Materyalleriyle Öğretimi*" adlı çalışmasının kabulüne ilişkin 06/10/2021 tarihli ve E.33984379 sayılı Valilik Onayı yazımız ekinde gönderilmiştir.

Bilgilerinize arz ederim.

Salih KAYGUSUZ
İl Millî Eğitim Müdürü

Ek: Valilik Onayı ve Ekleri (5 sayfa)

Güvenli Elektronik İmza

Ash İle Aynıdır
11.10.2021

Selçuk DİLER

Bu belge güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır.

Adres: Yönetim Cad. Valilik Binası Kat:4 Yakutiye/ERZURUM

Belge Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/meh-ebys>

Belge şifre: Ar-Ge Binası H TEMEL

Telefon No : 0 (442) 214 48 00 /179

Uygun : Veri Hazırlama ve Kontrol İşçisi

E-Posta : erzurum@meb.gov.tr

İnternet Adresi : arge25@meb.gov.tr

Faks : 0 (442) 233 9032

Kep Adresi : meb@trn01.kep.tr

Bu belge güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır. <https://onaylama.meb.gov.tr> adresinden b362-3309-3626-879f-286a kodu ile teyit edilebilir.





T.C.
ERZURUM VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-36648235-605.01-33984379
Konu : Araştırma ve Uygulama İzni (Dilek TEKE)

06/10/2021

VALİLİK MAKAMINA

İlgi: Atatürk Üniversitesi Rektörlüğünün 29.09.2021 tarihli ve 2100260734 sayılı yazısı.

İlgi yazı gereği; Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisi Dilek TEKE'nin Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR'in danışmanlığında; *"Dokuzuncu Sınıf Öğretmenlerine Kimyanın Sembolik Dilinin Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamalarıyla Desteklenmiş Üç Boyutlu Öğretim Materyalleriyle Öğretimi"* konulu araştırma ve uygulama çalışması için izin talebinde bulunulmuştur.

İlgi yazı ve ekleri, Bakanlığımızın 21.01.2020 tarihli ve E.1563890 (2020/2) sayılı genelgesi çerçevesinde Komisyonumuzca incelenmiş olup; *"Araştırmaların, Eğitim Öğretim Faaliyetlerini Aksatmayacak Şekilde, gönüllülük esasıyla ve varsa veli onay belgesinin onaylatılması"* ve komisyon kararlarında belirtilen veri toplama araçlarının kullanılarak isimleri belirtilen okullarda uygulama ve anket çalışmasının yapılması, yapılan çalışmalarının sonuçlarının birer örneğinin Müdürlüğümüz, Strateji Geliştirme Şube Müdürlüğü (AR-GE Birimi)'ne gönderilmesi (Denetimi İlçe Millî Eğitim Müdürlükleri ve okul/kurum idaresinde olmak üzere, kurum faaliyetlerini aksatmadan, gönüllülük esasına göre) ve çalışmaların bir eğitim öğretim yılını kapsayacak şekilde yapılması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Salih KAYGUSUZ
İl Millî Eğitim Müdürü

OLUR
İlyas ÖZTÜRK
Vali a.
Vali Yardımcısı

Ek: İlgili Yazılar (2 adet dosya)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Yönetim Cad. Valilik Binası Kat:4 Yakutiye ERZURUM

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>

Telefon No : 0 (442) 234 48 00

E-Posta: argu25@meb.gov.tr

Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr

Bilgi için: H.TEMEL

Unvan : Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni

İnternet Adresi: erzurummeb@meb.gov.tr

Faks: 4422351032

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden 00c1-989d-3314-b164-ae78 kodu ile teyit edilebilir.



ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler
Doğum Yeri
Memleketi

Öğretim Durumu			
Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Kimya Öğretmenliği	Atatürk Üniversitesi	2008-2013
Yükseklisans	Biyokimya	Atatürk Üniversitesi	2013-2016
Yükseklisans	Kimya Eğitimi	Atatürk Üniversitesi	2015-2017
Doktora	Kimya Eğitimi	Atatürk Üniversitesi	2017-2023

İş Deneyimi		
Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Araştırmacı (Erasmus+)	Bremen Üniversitesi	2019-2019
Kimya Öğretmeni	Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi, Palandöken, Erzurum	2019-2020
Kimya Öğretmeni	Yakutiye Anadolu Lisesi, Yakutiye, Erzurum	2020-2021
Araştırma Görevlisi	Atatürk Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü	2021-Devam ediyor