



Development of an AI-Supported Augmented Reality Chemistry Assistant and Investigation of Its Effect on Students' Attitudes toward Augmented Reality Technology

Hayrunnisa KARABACAK¹, Başak AKAR², Süleyman AKAR³, Ekrem AKSAN⁴, Süleyman Ardıç ÖZDEN⁵

¹ Ministry of National Education, Science Expert / Expert Teacher, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, krbck.nisa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2605-8491>

² Ministry of National Education, Science Expert / Expert Teacher, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, basakakar8989@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5798-9705>

³ Ministry of National Education, Science Expert / Expert Teacher, Şehitkamil Nuray Tuncay Kara Science and Art Center, Gaziantep, mr.suleymanakar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3717-847X>

⁴ Ministry of National Education (MNE), Student, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, ekremaksan.77@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6803-181X>

⁵ Ministry of National Education (MNE), Student, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, ardicozden27@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-9019-2682>

Received: 18.05.2025

Accepted: 15.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Abstract: The primary aim of this study is to classify chemicals used in chemical depots and laboratories and to develop a database/AG application, while scientifically evaluating the impact of the AG application on students' attitudes toward AG technology to generate meaningful data for the use of AG technologies in education. To this end, the ADDIE instructional design model and artificial intelligence tools were employed to classify chemicals by application area, and an AG application and a website were developed. The effect of the developed AG application on the attitudes toward AG technology of 20 students aged 10, 11, and 12 in the study sample was examined using a one-group pretest-posttest design. Data from the pretest and posttest were analyzed with a paired-

samples t-test, and the statistical significance of the results was assessed. Additionally, the effects of age and gender on attitude scores were examined using ANOVA and independent-samples t-tests. The data were analyzed using the JASP software. The analyses indicated that the AG application increased the study group's attitudes toward AG, and these attitude scores were not influenced by gender or age. The developed chemistry assistant AG application, website, and mobile app positively influenced AG attitudes with a large effect size, and the use of QR codes facilitated quick access to information, supporting user adoption and providing an educational experience overall. The AG application, as a chemistry assistant, is considered important for helping students understand abstract concepts in chemistry in a more concrete manner and for making the experimental process safer and more effective.

Key words: Augmented reality, artificial intelligence, chemistry education, VR application

Corresponding author: Hayrunnisa KARABACAK, krbck.nisa@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Introduction

This study presents a comprehensive evaluation of the effective use of numerous chemicals found in the chemical storage of Science and Art Centers (BİLSEM) within the framework of the New Education Model. The primary aim of this research is to prevent resource wastage and stimulate students' scientific curiosity. To achieve this, an Augmented Reality (AR) application and a website were developed using the ADDIE instructional design model, leveraging artificial intelligence tools. The impact of the developed AR application on students' attitudes towards AR technology was quantitatively analyzed using dependent sample t-tests to compare pre- and post-application attitude scores. Additionally, the effects of age and gender variables on attitude scores were examined using ANOVA and independent sample t-tests. The data obtained were analyzed using the JASP program. The results indicated that the AR application significantly increased the participants' attitudes toward AR, which were not influenced by gender or age. The developed chemistry assistant, website, mobile application, and AR application demonstrated a positive and substantial impact on students' attitudes towards AR. The ease of access to information through QR codes facilitated user adoption of the application, providing an overall educational experience for students. This AR application is considered important as it helps students understand abstract concepts like chemistry in a more concrete manner and makes the experimental processes safer and more effective.

Method

The study employed a quasi-experimental design with a single group pre-test and post-test model. The sample consisted of 20 students from the 5th to 7th grades attending BİLSEM in a central district of the Southeastern Anatolia Region during the 2024-2025 academic year. Ethical considerations were strictly followed, with necessary permissions obtained from relevant institutions. The data collection tools included the "Attitude Scale for Augmented Reality Applications in Middle Schools," which was validated through exploratory factor analysis, demonstrating a good internal consistency reliability coefficient of .83.

Data Collection

The data collection process involved administering the attitude scale before and after the implementation of the AR application. The pre-test aimed to establish baseline attitudes, while the post-test evaluated changes after a four-week application period. The study utilized quantitative data analysis methods, including independent sample t-tests to assess gender differences and ANOVA to examine age differences in attitude scores.

Data Analysis

Statistical analyses were conducted using JASP 0.18.1. Normality assumptions were checked through descriptive statistics, with skewness and kurtosis values analyzed to determine whether parametric or non-parametric tests should be applied. The results indicated that the attitude scores were normally distributed for the pre-test, allowing for the use of parametric tests. For the post-test, non-parametric tests were employed due to the lack of normal distribution.

Results and Discussion

The findings revealed that the AR application significantly enhanced students' attitudes toward AR technology, with a notable increase in post-test scores compared to pre-test scores. The dependent sample t-test results indicated a statistically significant difference ($t(19) = -2.67, p < 0.05$), suggesting that the application effectively improved students' attitudes. Cohen's d analysis showed a strong effect size, indicating a meaningful impact of the AR application on students' attitudes.

Moreover, the analysis of gender and age variables showed no significant differences in attitude scores. This suggests that the effectiveness of the developed application is independent of individual differences, highlighting its potential to engage a wide range of users. The AR application provided an interactive learning environment, allowing students to visualize complex chemical structures and processes, thereby enhancing their understanding of abstract concepts.

The study aligns with previous research indicating that AR technology serves as an effective learning tool in chemistry education, facilitating better comprehension of

scientific concepts (Wojciechowski & Cellary, 2013; Dunleavy & Dede, 2014). By providing students with hands-on experiences, the application not only made learning enjoyable but also fostered a deeper understanding of the subject matter.

Recommendations

Based on the findings, several recommendations can be proposed for future research and practice. First, it is suggested that further studies investigate the effects of the AR application on diverse demographic groups to assess its scalability and adaptability. This could provide valuable insights into how educational technologies can reach broader audiences and cater to varying learning needs.

Second, the integration of similar technologies in educational processes should be explored to enhance educational equity. By leveraging advancements in AR and artificial intelligence, educational institutions can create more engaging and effective learning environments that meet the needs of all students.

Lastly, it is essential for educators to receive training on the implementation of AR technologies in their teaching practices. Professional development programs should focus on equipping teachers with the skills and knowledge necessary to effectively integrate these innovative tools into their curriculum, ultimately improving student outcomes and learning experiences.

In conclusion, the developed AR application represents a significant advancement in chemistry education, demonstrating its potential as an effective educational tool. Its integration into teaching practices is recommended to enhance student engagement and understanding of complex scientific concepts. Future research should continue to explore the impact of educational technologies on diverse learner populations, contributing to the ongoing development of innovative teaching methods.

Yapay Zeka Destekli Artırılmış Gerçeklik Kimya Asistanı Geliştirilmesi ve Öğrencilerin Artırılmış Gerçeklik Teknolojisine Yönelik Tutumlarına Etkisinin İncelenmesi

Hayrunnisa KARABACAK¹, Başak AKAR², Süleyman AKAR³, Ekrem AKSAN⁴, Süleyman Ardıç ÖZDEN⁵

¹ MEB, Bilim Uzmanı / Uzman Öğretmen, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, krbck.nisa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2605-8491>

² MEB, Bilim Uzmanı / Uzman Öğretmen, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, basakakar8989@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5798-9705>

³ MEB, Bilim Uzmanı / Uzman Öğretmen, Şehitkamil Nuray Tuncay Kara Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, mr.suleymanakar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3717-847X>

⁴ MEB, Öğrenci, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, ekremaksan.77@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6803-181X>

⁵ MEB, Öğrenci, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, ardicozden27@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-9019-2682>

Gönderme Tarihi: 18.05.2025

Kabul Tarihi: 15.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Özet: Bu çalışmanın temel amacı, kimya depoları ve laboratuvarındaki kimyasalları sınıflandırarak veri tabanı/AG uygulaması geliştirme ve AG uygulamasının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerindeki etkisini bilimsel yöntemlerle değerlendirerek eğitimde AG teknolojilerinin kullanımına dair önemli veriler elde etmektir. Bu amaçla yola çıkılarak ADDIE öğretim tasarım modeliyle yapay zekâ araçlarından yararlanılarak kimyasallar kullanım alanlarına göre sınıflandırılmış ve AG uygulaması ile internet sayfası geliştirilmiştir. Geliştirilen AG uygulamasının çalışma grubundaki 10, 11 ve 12 yaşlarındaki 20 öğrencinin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerindeki etkisi tek gruplu ön-test/son-test tasarımı ile incelenmiştir. Ön test son testlerden elde edilen veriler, bağımlı gruplar t-testi ile analiz edilerek elde edilen verilerin istatistiksel anlamlılık düzeyleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca tutum puanlarında yaş ve cinsiyet değişkeninin etkisine ANOVA ve bağımsız örneklem t-testiyle bakılmıştır. Elde edilen veriler, JASP programıyla analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda AG uygulaması ile çalışma grubunun AG tutumlarının arttığı görülmüştür. AG tutum puanları cinsiyet ve yaştan etkilenmemiştir. Geliştirilen kimya asistanı olan AG uygulaması, web sitesi ve mobil uygulama AG tutumlarını olumlu yönde ve büyük etki derecesinde etkilediğini göstermiştir. Kullanıcıların QR kodlar aracılığıyla bilgiye hızlı erişimi, uygulamanın kullanıcılar tarafından benimsenmesini kolaylaştırmış ve genel anlamda öğrencilere eğitici bir deneyim sunmuştur. Geliştirilen AG uygulaması bir kimya asistanı olarak kullanılarak hem öğrencilerin kimya gibi soyut kavramları daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmak hem de deney yapma süreçlerini daha güvenli ve etkili hâle getirmek amacıyla tasarlanması açısından önemli görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, kimya eğitimi, AG uygulaması

Sorumlu yazar: Hayrunnisa KARABACAK, krbck.nisa@gmail.com

GİRİŞ

Teknolojinin eğitime entegrasyonunun sağlanması devletlerin eğitim politikalarına yansımaktadır. Yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler 2000’li yıllardan günümüze ülkemizdeki eğitim politikaları ve eğitim modellerinde değişikliği ve yenilikleri de beraberinde getirmiştir. Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) ile birlikte eğitim teknolojilerinde başlayan değişim ve yenilikler Türkiye Yüzyılı Maarif Modelinde (TYMM) de devam etmiştir. TYMM kapsamında hazırlanan eğitim programlarında kavramsal anlayışı desteklemek için etkileşimli içeriklerin ve sanal laboratuvarların kullanılması, büyük verilerin analiz edilmesinde yapay zekâ (YZ) destekli makine öğrenmesi ve kişiye özel öğrenmeleri sağlamak için yapay zekâ tabanlı öğrenme metodlarının yer aldığı görülmektedir (MEB, 2025). Bu eğitim teknolojisi uygulamalarının, eğitimde istendik bir kalite sağlanmasında önemli roller üstleneceği düşünülmektedir (Bülbül & Ersöz, 2022; Sinap, 2024; Şimşek, 2022).

Geleceğe sistematik bir bakış açısı ile bakıldığında artırılmış gerçeklik (AG) ve YZ gibi gelişen teknolojilerin, eğitim teknolojileri üzerinde kayda değer bir etki yaratacağı öngörülmektedir (Dubé & Wen, 2021; Yörük, 2024). Eğitimde AG uygulamaları, öğrenme deneyimlerini zenginleştirme açısından öne çıkmakta; öğrencilerin bilgi, beceri ve performansına olumlu katkılar sunmakta ayrıca öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilemekte ve motivasyonlarını artırmaktadır (Chang vd., 2022). AG teknolojisindeki ilerleme, AG’yi daha erişilebilir hâle getirmiş ve uygulanabilirliği önemli ölçüde artırmıştır (Challenor & Ma, 2019). AG ile öğrencilerin soyut kavramları daha somut bir biçimde görselleştirmesi sağlanarak öğrenme süreci daha etkin hâle getirilebilecektir. YZ’nin eğitimde kullanımı ile öğrenci verilerini izleme ve analiz etme, bireysel öğrenci ihtiyaçlarının belirlenmesi, kişiselleştirilmiş kaynak sunumu gibi avantajlar elde edilmektedir (Crompton & Barke, 2022; Hinojo-Lucena vd., 2019; Yıldız & Zengin, 2025). YZ tabanlı sistemler, öğrencilerin öğrenme süreçlerini analiz ederek onların zayıf yönlerini belirleyebilir, bu alanlarda destekleyici materyaller sunabilir (Sevil & Gökoğlu, 2024) ve eğitimde fırsat eşitliği sağlamanın önündeki engellerin kaldırılmasına destek sağlayabilir. Öğrencilerin ilerlemeleri ve öğrenme süreçleri hakkında öğretmenlere anlık geri bildirim sağlanması, eğitimde daha etkili sonuçlar alınmasına yardımcı olur. Böylelikle YZ geri bildirim aracı olarak da kullanılabilir (Yörük, 2024). Bireysel öğrenci ihtiyaçlarına göre değerlendirme veri analiz süreçlerinde YZ ile birlikte makine öğrenim (MÖ) tekniklikleri de kullanılabilir (Tetik & Akın, 2023; Zhang & Aslan, 2021). MÖ ile birlikte eğitim sürecinin herhangi bir aşamasında istendik amaca veri-model-tahmin döngüsü ile daha kolay erişilebilir (Sevil & Gökoğlu, 2024).

TYMM kapsamında hazırlanan öğretim programları ile üst düzey düşünme ve bilimsel süreç becerilerinin kazandırılmasının amaçlandığı ayrıca öğrenci merkezli bütüncül bir eğitim anlayışının benimsendiği görülmektedir (MEB, 2025). Öğretim programlarına YZ, AG ve MÖ araçlarının entegrasyonu eğitim süreçleri üzerinde derin bir etki yaratma potansiyeli gösterebilecektir. Yapılan araştırmalar, bu araçların fen (fizik, kimya ve biyoloji) alanında kullanımının öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini, performanslarını ve başarılarını artırdığını belirtmektedir (Adams vs., 2022; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Rahmat vd., 2023). Bilgi adımlarında değerlendirme, öğrenme ve akıllı kimya laboratuvarı simülasyonları gibi YZ destekli araçlar kimya öğretiminde kavramsal tanımlamaların daha doğru anlaşılmasını sağlamakta, öğrencileri analiz ederek kişiselleştirilmiş çalışma önerileri sunmakta, sanal laboratuvar ortamında deney yapma imkânı vermekte ve geri bildirimler vererek hataları hızlı bir şekilde düzeltmektedir (Chen vd., 2020). Bu bağlamda YZ, AG ve MÖ araçlarının kimya gibi soyut bir disiplinin öğretiminde etkili olabileceği düşünülebilir.

Kimya Dersi İçin Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi Ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kullanımı

Fen bilimleri eğitiminde kullanılan YZ araçları, karmaşık bilimsel kavramların anlaşılmasını kolaylaştıran etkileşimli araçlardır. Kimya da çoğu zaman soyut kavramlar ve kompleks yapılar içeren bir derstir (Ayyıldız & Çubukçu, 2022). AG teknolojisi; atom yapıları, moleküller ve kimyasal reaksiyonlar gibi soyut bilgilerin görselleştirilerek öğrencilerin daha iyi anlamasını sağlaması açısından oldukça önemli görülen yenilikçi öğretim yöntemidir (Yağcı & Şentürk, 2023). Ayrıca öğrenciler, sanal ortamda kimyasal deneyler gerçekleştirme imkânı bulduğunda öğrenme deneyimleri daha eğlenceli ve etkili hâle gelir ve soyut kavramların somutlaştırılmasına imkân sağlanırken bilimin eğlenceli yüzü de keşfedilmiş olur (Çolak Yazıcı, 2023).

MÖ ve YZ, öğrencilerin deneylerde karşılaştıkları problemleri ve veri analizlerini daha hızlı ve doğru bir şekilde yapmalarını sağlayarak deneysel öğrenme süreçlerinin daha verimli gerçekleşmesine yardımcı olur (Groenewald vd., 2024). Kimya derslerinde YZ tabanlı sanal laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin güvenli bir ortamda çeşitli reaksiyonları deneyimlemelerini sağlarken gerçeğe en yakın ortamlarda laboratuvar deneyimlemelerinin yanı sıra bilgi ve becerilerini artırır (Antonio & Castro, 2025; Bazie vd., 2024).

YZ ve MÖ'nin sunduğu otomatik veri analizi ve sınıflama imkanları ile eğitim kurumlarında bulunan kimyasal maddelerin verimli bir şekilde yönetilmesi daha elverişli hâle gelmektedir (Chiu, 2021). Bu durum, okulda öğretmenlerin; üniversite derslik ve laboratuvarlarda ise öğretim üyelerinin derslerde hangi kimyasalları kullanacaklarını daha iyi planlamalarına olanak tanır. Ayrıca öğrencilerin ders boyunca ihtiyaç duydukları

kaynaklara hızlı erişimi sağlanarak öğretimin kalitesi de artırılabilir. Böylelikle etkin bilgi yönetiminin sağlanabileceği düşünülebilir.

Yapay zekâ destekli uygulamalar, diğer derslerde olduğu gibi kimya dersinde de öğrencinin konu ile ilgili eksikliklerini tespit ederek bireyselleştirilmiş geri bildirim sunmakta; kendi öğrenme hızına ve eksikliklerine göre öğrenciyi desteklemektedir. Bu durum, kimya derslerinin daha ilgi çekici hâle gelmesine ve öğrencilerin kendi bireysel öğrenme hedeflerine ulaşmalarına da katkıda bulunur. Böylelikle farklılaştırılmış öğrenme yöntemleri de sunulmuş olur (Buluş & Elmas, 2024). Fen bilimleri – kimyada kullanılan farklılaştırılmış öğrenme yöntemleri olan eğitim uygulamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Fen Bilimleri – Kimyada Kullanılan Eğitim Uygulamaları

Uygulamalar	Uygulamaların Özellikleri
Science360	Science360; bilimle ilgili en son videoları, görselleri ve haberleri sunan bir uygulamadır. Kullanıcılar, farklı bilim dallarındaki yenilikleri ve araştırmaları keşfedebilir. Bu uygulama ile kimya dersinde öğrenciler, bilim dünyasındaki en yeni buluşları görebilir. Kimyasal reaksiyonlar veya süreçler hakkında görsel kaynaklarla öğrenme derinleştirilebilir.
Toca Lab (Elements)	Bu uygulama, kimyanın temel taşları olan periyodik tablo elementlerini eğlenceli ve etkileşimli bir şekilde keşfetmeye olanak tanır. Periyodik tablodaki elementlerin özelliklerini anlamaya yardımcı olur. Öğrencilerin bu uygulama ile elementleri deneyimleyerek öğrenmesi sağlanır.
Science Experiments	Uygulama, evde veya sınıfta yapılabilecek çeşitli bilim deneylerini adım adım açıklayan bir rehberdir. Öğrenciler güvenli bir şekilde kimyasal reaksiyonları deneyimleyebilir. Kavramların somut bir şekilde anlaşılmasına olanak sağlar.
Socrat AI	Yapay zeka destekli bir öğrenme uygulaması olup, kullanıcıların bilimsel sorularına anında cevap verebilir. Kimya konularında doğru ve hızlı geri bildirim sağlar. Özellikle problem çözme ve analiz süreçlerini destekler.
Science Journal	Bu uygulama, kullanıcıların bilimsel gözlemlerini ve deneylerini kaydetmelerini sağlar. Öğrenciler deney sonuçlarını sistematik olarak kaydedebilir. Deneyisel analizlerde öğrencilere bir düzen sağlar. Uygulama linki: https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal&hl=tr&pli=1

Tablo 1’de belirtilen kimya eğitiminde kullanılan uygulamalar YZ, AG ve MÖ ile desteklenmektedir. Bu uygulamalar ile sistematik bir öğretim tasarımı yapabilmek için Analiz, Tasarım, Geliştirme, Uygulama ve Değerlendirme aşamalarından oluşan ADDIE

eğitim modelinin uygulayıcılara destek sağlayacağı düşünülebilir. ADDIE modeline göre tasarlanan ve YZ, AG ve MÖ ile harmanlanmış bir program öğrenci performanslarında artış sağlayabilecektir (Huda vd., 2022). Bu durum, uygulama süreçlerinde çeşitliliği artırarak bilgi, özerk öğrenme/eleştirel düşünmede artış, kuramsal ve pratik beceri çıktılarında ise gelişim gösterecektir (Chen vd., 2013; Luo vd., 2024).

Ulusal ve uluslararası alanyazında yapılan çalışmalar

Özbudak Kılıçlı'nın (2016) çalışmasında 8. sınıf Hücre Bölünmesi ve Kalıtım ünitesi için bütüncül yaklaşımla ve ADDIE öğretim tasarımıyla da yararlanılarak yeni bir program tasarlanmış ve uygulamıştır. Bu çalışma, ADDIE modelinin fen bilimleri branşlarında uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca teknolojik gelişmeler eğitim programlarına yenilikler getirmekte ve çeşitliliği artırmaktadır. Ceylan ve Seçmen (2019), 11. sınıf öğrencilerine kimya dersinde yapmış oldukları çalışmalarında bilgisayar destekli öğretim materyali geliştirmek için ADDIE modelini kullanmışlardır. Bu çalışma, ADDIE modeli ile bilgisayar animasyonları oluşturulabileceğini göstermekle beraber YZ, AG ve MÖ araçlarının bu sürece dâhil edilebileceği konusunda araştırmacılara fikir verebilir.

Hızlı bir ivmelenme gösteren YZ teknolojisi, ADDIE gibi farklı eğitim modellerinin öğretim programlarının uygulanmasında ve eğitim süreçlerinde yaşanabilecek zorlukların aşılmasında kolaylık sağlayacaktır (Arslan, 2020). Böylece YZ daha üretken öğrenme etkinlikleri tasarlamada ve teknoloji destekli öğrenme ortamları geliştirmede uzmanlara yardımcı olabilecektir (Coşkun ve Küçükali, 2021). İncemen ve Öztürk (2024) tarafından gerçekleştirilen "Farklı Eğitim Alanlarında Yapay Zekâ: Uygulama Örnekleri" adlı çalışmada YZ'nin farklı eğitim alanlarında uygulanabilirliği incelenmiştir. YZ destekli 3 farklı öğrenme ortamlarını inceleyen bu çalışma, aşamaların hangi bilimsel alanlara uygunluğunu belirtmekte fakat bu sürecin eğitim modellerine ve öğretim programlarına nasıl entegre edilebileceği ile ilgili yol göstermemektedir.

AG ile ilgili 29 makalenin meta analiz yöntemiyle incelendiği bir çalışmada AG'nin öğrenci motivasyonu, anlama ve 21. yüzyıl becerilerini artırdığı anlaşılmakta ayrıca STEM ve oyun temelli öğrenmelerde pratiklik sağladığı görülmektedir (Tarmidzi vd., 2025). Ekici'nin (2019) çalışmasında artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisinin, eğitimde özellikle fizik ve kimya derslerinde nasıl kullanılabileceği incelenmektedir. Çeşitli alanlarda uygulama potansiyeli olan AG'nin, eğitim ortamına eğlence ve çekicilik katmasının yanı sıra maddi tasarruf sağlayabileceği ortaya konmuştur. Ancak Türkiye'de fen öğretimi özellikle lise düzeyindeki karmaşık konularda yeterli düzeyde araştırma yapılmamıştır. Bu bağlamda çalışmada Unity 3D oyun motoru ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak geliştirilen physAR ve ARchemist adlı iki mobil artırılmış gerçeklik uygulamasının, fen bilimleri öğretimine olumlu katkılar sağlayacağı öne sürülmektedir. Bu uygulamaların akademik başarı,

motivasyon, derslere yönelik tutum ve ilgi gibi boyutlarda değerli etkiler yaratacağı düşünülmektedir.

Ibanez ve arkadaşları (2017), fizik bölümü öğrencileri arasında gerçekleştirdikleri bir araştırmada, 112 üniversite öğrencisinin elektromanyetizma konusuna yönelik geliştirilmiş artırılmış gerçeklik (AG) simülatörünün motivasyon ve öğrenme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları, AG'nin öğrenci motivasyonu ve öğrenme süreçleri üzerinde pozitif bir etki yarattığını göstermektedir. Yu ve arkadaşları (2022), AG'nin STEM ve oyunlaştırma üzerindeki etkilerini sistematik olarak incelemişlerdir. Çalışma; AG'nin motivasyon, etkileşim ve öğrenme başarılarında olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Elkoumitti ve arkadaşları (2025), AG ve sanal gerçekliğin (SG) fen bilimleri eğitimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın bulguları, AG ve SG'nin dijital çağ için gerekli becerilerin kazanılmasında, aktif ve öğrenci merkezli öğrenme süreçlerine hazırlanılmasında teşvik edici etkisinin olduğunu göstermektedir.

Teknolojinin eğitime entegrasyonu birtakım olumsuzlukları da beraberinde getirebilmektedir. Idowu (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışma, YZ'nin fırsat eşitsizliği doğurabileceğine karşın uyarılarda bulunmaktadır. Bu durumun başarı farkına yol açabileceği ve dezavantajlı gruplarda dışlanmalara neden olabileceği belirtilmektedir. Türkiye bağlamında bu risklerin öğretim programlarına ve değerlendirme süreçlerine yansıdığı ayrıca bazı etik sorunların yaşanabileceğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Öksüz Gül, 2024; Temur, 2025). AG ile ilgili çalışmalarda ise yüksek maliyet, teknik zorluklar ve eğitim programları ile uyumsuzluk gibi olumsuz durumların yaşandığı ifade edilmektedir (Baraa Albishri vd., 2025). 2013-2023 yılları arasında yayınlanan 47 araştırmanın incelendiği bir çalışmada da cihaz uyumsuzluğu, ergonomik sorunlar, kısa pil ömrü, ücretli uygulamalar ve karmaşık kullanım gibi sorunlar ön plana çıkmaktadır (Lidiastuti vd., 2024).

Eğitim teknoloji uygulamalarının avantaj ve dezavantajlarının olduğu görülmektedir. YZ, AG ve MÖ gibi eğitim teknolojileri araçlarının öğretim programlarına entegrasyonunda bu durumlara dikkat edilmeli gerekir. Özellikle ADDIE gibi tasarım modeli uygulamalar ile bu araçların öğretim süreçleri ile bütünleştirilmesi dezavantajların etkilerini azaltabilecektir.

Çalışmanın Önemi ve Amacı

Bilim ve Sanat Merkezi (BİLSEM) kimya depolarında bulunan sayısız kimyasalın eğitim süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılması, hem kaynakların israfını önlemek hem de öğrencilerin bilimsel meraklarını teşvik etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada mevcut kimyasalların (280 çeşit, 400 adet) detaylı bir şekilde incelenerek her bir kimyasalın farklı deney ve etkinliklerde nasıl kullanılabileceği ve hangi öğrenme hedeflerine hizmet edeceği belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında makine

öğrenmesi ve yapay zekâ tekniklerinden yararlanılarak kimyasallar ve kullanım alanlarına ilişkin temel alan bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen AG uygulaması bir kimya asistanı olarak kullanılarak hem öğrencilerin kimya gibi soyut kavramları daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmak hem de deney yapma süreçlerini daha güvenli ve etkili hâle getirmek amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca alanyazına bakıldığında AG uygulamalarının eğitimde kullanıldığı görülmekle birlikte (Ibanez, vd., 2017; Güçlü, 2021; Mundilarto & Ismoyo, 2017; Özmen, 2019) ADDİE öğretim tasarım modeli ile geliştirilen uygulamaların ve bu uygulamalarının etkilerinin olduğu çalışmalara rastlanmamıştır. Çalışma bu yönden alanyazındaki boşluğu bir nebze de olsun doldurmayı hedeflemektedir. Bu çalışmanın temel amacı, geliştirilen AG uygulamasının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerindeki etkisini bilimsel yöntemlerle değerlendirerek eğitimde AG teknolojilerinin kullanımına dair önemli veriler elde etmektir. Bu çalışmada cinsiyet ve yaş değişkenleri dâhil edilmiştir çünkü AG tabanlı içeriklerin tutumlar üzerindeki etkisi demografik farklılıklara bağlı olarak değişebilmektedir. Cinsiyet değişkeni, öğrenciler arasındaki tutum varyasyonlarını incelemek ve potansiyel eşitsizliği tespit etmek amacıyla seçilmiştir. Yaş değişkeni ise farklı sınıf düzeyleri ve öğrenme evrelerindeki tutum farklılıklarını karşılaştırma ve uygulamanın çeşitli yaş gruplarındaki etkililiğini değerlendirme imkânı sağlayacağından seçilmiştir. Bu önem ve amaçtan yola çıkılarak aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır:

- Çalışma grubunun cinsiyete göre ön test ve son test AG tutum puanları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?
- Çalışma grubunun AG tutum puanları uygulama öncesinden sonrasına (ön testten son teste) istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmakta mıdır?
- Çalışma grubunun yaşa göre ön test ve son test AG tutum puanları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?

YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde çalışmanın modeli, materyalin geliştirilmesi başlığı altında yer alan ADDİE öğretim tasarım modeli başlıklarında kullanılacak uygulamaların teorik dersleri/eğitimi kimyasalların tespiti ve listelenmesi; kimyasal fotoğraflarının makine öğrenmesine entegrasyonu, kimyasal veritabanının oluşturulması, QR kodların oluşturulması, QR kodlar ve uygulama geliştirme, AG uygulaması mobil uygulamanın geliştirilmesi, internet sitesinin geliştirilmesi, çalışma grubu, verileri toplama araçları ve verilerin analizi verilmiştir.

Çalışmanın Modeli

Bu çalışma, yeni bir öğretim materyalinin etkisini tek gruplu ön-test/son-test tasarımı ile inceleyerek geliştirme sürecini ve uygulanabilirliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Kontrol grubunun eklenmesi, materyalin etkisini izole etmek için faydalı olsa da önce materyalin uygulanabilirliğini ve pedagojik yapısal bütünlüğünü test etmek üzere bu ilk aşamada tek gruplu tasarım kullanımı tercih edilmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında kontrollü deney tasarımı ile etki tespitine yönelik çalışmalar planlanmaktadır. Tek gruplu ön test-son test deneysel desen, bir gruba uygulama öncesinde ve sonrasında ölçüm yaparak uygulamanın etkisini belirlemeye olanak tanır (Büyüköztürk vd., 2024). Araştırmada kullanılan AG uygulamasının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumlarını nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla bu desene karar verilmiştir.

Çalışma süreci, materyal geliştirme ve uygulama ile etkinin değerlendirilmesi şeklinde iki bölümden oluşmaktadır. Materyalin geliştirilmesinde ADDIE öğretim tasarım modeli kullanılmış olup araştırmada kullanılan AG uygulaması, öğrenci merkezli bir yaklaşımla geliştirilmiştir. Bu geliştirme sürecinde öğretim materyallerinin sistematik olarak tasarlanması için sıkça kullanılan ADDIE öğretim tasarım modeli esas alınmıştır. Kimya dersi, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerini ve kimya kavramlarını anlamalarını amaçlayan bir ders olması sebebiyle kullanılacak materyallerin de bu amaçlara uygun olarak tasarlanması gerektiğinden ADDIE öğretim tasarım modelinin kimya dersinde materyal hazırlamak için uygun bir model olduğu düşünülmektedir (Morrison vd., 2019). Bu nedenle çalışmada bu tasarım modelinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Materyalin Geliştirilmesi

ADDIE öğretim tasarım modeli; analiz, tasarım, geliştirme, uygulama ve değerlendirme olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır (Hookveld vd., 2002). Bu aşamalar, materyalin hem pedagojik hem de teknik açıdan sağlam bir zemine oturmasını sağlamıştır. Analiz basamağında Zorluoğlu ve Sözbilir'e (2017) göre "içerik analizi verilerin toplanması, toplanan verilerin kodlanması, koddan kategorileri ve temaların oluşturulması ve verilerin görselleştirilmesinden" meydana gelmektedir. Ayrıca bu basamakta tasarım basamağına veri sağlaması, uygulama ve değerlendirme basamağı sürecini kolaylaştırması amacıyla ön test yapılabilir. Tasarım basamağında bir üst basamaktaki öğretimin amaçları belirlendikten sonra içerik seçimi ve düzenlenmesi yapılır. Daha sonra öğretme ve öğrenme süreçlerinde kullanılacak teknikler belirlenir. Bu aşamada ise alınan sonuçlara göre ölçmeye yönelik araçlar kavram öğretimine uygun materyaller geliştirilir. Ayrıca bu basamakta kavram öğretimi ile ilgili öğretim tasarımı yapılır (Şimşek, 2014). Geliştirme basamağında Şimşek (2014)'e göre geliştirme basamağında daha çok "öğretmen kılavuzları, katılımcı materyalleri, kullanım araç-

gereçleri” gibi şeyler üretilir. Tasarım basamağında tasarlanan materyaller geliştirilir. Uygulama basamağında öğretim tasarımının ön denemesinin yapıldığı basamaktır. Değerlendirme basamağında ise uygulamaya son dokunuşlar yapılarak düzeltmeler yapılır ve sonuca bağlanır. Tasarımı oluşturan tüm elemanlar işlerlik bakımından test edilir. Tasarım, hedeflenen gruba uygulanır ve sonra değerlendirilir (Zorluoğlu ve Sözbilir, 2017). Çalışmada, materyal “Materyalin Geliştirilmesi” başlığı altında ele alınan ADDİE öğretim tasarım modeliyle geliştirilmiştir.

A-Analiz Basamağı: Çalışmada ilk olarak “konu ve hedef kitle” belirlenmiştir. Kimya alanında soyut kavramlar olarak değerlendirilen atom, molekül yapıları ve kimyasalların sembolleri-formülleri, bunlarla yapılan deney ve etkinlikler gibi konuların öğrenciler tarafından daha kolay anlaşılabilmesi hedeflenmiştir. Öğrencilerin, elementlerin atomik yapısını görselleştirmekte ve formüllerini hatırlamakta güçlük çektiği, bu kavramları günlük hayattaki uygulamalarla ilişkilendirmekte zorlandıkları, hangi kimyasallarla hangi deneylerin yapılacağı, deney raporunun yazımında zorlandıkları kurum öğretmenleriyle yapılan görüşmeler sonucunda tespit edilmiştir. Bu doğrultuda kimya dersleri kapsamında elementler, bileşikler, kimyasallar ve deneylerine işlenmesine yönelik yapay zekâ, makine öğrenmesi ile AG uygulaması geliştirilmesine karar verilmiştir. Hedef kitlenin ortaokul öğrencileri olması öngörülmüştür. Problem durumu, kurumdaki kimya deposunda bulunan kimyasallarda yola çıkılarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1

Kimya Deposundaki Kimyasallar



B-Tasarım Basamağı: Dersin içeriği incelenmiş ve AG teknolojisinin eğitimde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceği üzerine planlamalar yapılmıştır. Bu aşamada kimya derslerinde soyut olarak değerlendirilen atom ve molekül yapıları, kimyasal elementler ve formüller gibi konuların görselleştirilmesine yönelik artırılmış gerçeklik uygulamasının detayları belirlenmiştir. Projenin hedef kitlesi olarak ortaokul 5-6-7. sınıf öğrencileri

seçilmiş ve onların öğrenme ihtiyaçları dikkate alınarak uygulama tasarımı şekillendirilmiştir.

C-Geliştirme Basamağı: Geliştirme aşamasında Unity oyun motoru ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Uygulamada her bir kimyasal element için birer QR kod oluşturulmuş ve bu QR kodlar, ilgili elementin atomik dizilim bilgisi, molekül yapısı ve kimyasal formülünü içeren bir AR içeriğiyle eşleştirilmiştir. Öğrenciler, mobil cihazlar aracılığıyla QR kodları taradığında ekranda söz konusu elementin şu özellikleri görselleştirilmiştir:

- Atomların üç boyutlu yapısı.
- Elektronların yörünge düzeni.
- Kimyasal semboller ve formüller.

Ayrıca öğrenci etkileşimlerini artırmak amacıyla AG içeriğinde tıklanabilir alanlar eklenmiştir. Bu alanlar, kullanıcıları projede özel olarak tasarlanmış ve detaylı bilgiler içeren bir web sitesine yönlendirmektedir. Web sitesinde kimyasal elementlerle ilgili daha fazla bilgiye erişim sağlanmıştır. Geliştirme süreci sırasında aşağıdaki teknik adımlar uygulanmıştır. Bunlar:

QR kod üretimi ve eşleme: Her bir kimyasal element için benzersiz bir QR kod oluşturulmuş ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak bu kodlar artırılmış gerçeklik içerikleriyle ilişkilendirilmiştir.

3D Modelleme ve Görselleştirme: Atomların ve moleküllerin üç boyutlu modelleri Blender gibi araçlarla tasarlanmış ve Unity ortamına entegre edilmiştir.

Kullanıcı Etkileşimleri: AG içeriğine tıklanabilir butonlar eklenerek kullanıcıların mobil cihazlar üzerinden web sitesi gibi ek kaynaklara kolayca erişebilmesi sağlanmıştır.

Android APK Dönüştürme: Uygulama, mobil cihazlarda çalıştırılabilmesi için bir Android APK dosyasına dönüştürülmüş ve test edilmiştir. Bu geliştirme süreci sonucunda kimya derslerini görselleştirme ve öğrenci motivasyonunu artırma amacı taşıyan, kullanıcı dostu bir artırılmış gerçeklik uygulaması oluşturulmuştur.

D-Uygulama Basamağı: Bu aşama, kimya dersleri için AG destekli materyalin tasarlanıp öğrencilerle buluşturulduğu süreçtir. Uygulama, öğrencilerin kimyasal elementleri tanımalarını, atomik yapıyı anlamalarını ve etkileşimli bir şekilde incelemelerine olanak sağlayacak şekilde geliştirilmiştir. Her bir kimyasal element için artırılmış gerçeklik tabanlı QR kodlar oluşturulmuş ve bu kodlar aracılığıyla mobil cihazlarla tarandığında ekranda üç boyutlu görseller, formüller ve bilgi bağlantıları sağlanmıştır.

Uygulama Sürecinde Gerçekleştirilen Çalışmalar

Atomik yapıların ve molekül modellerinin görselleştirilmesi: Her element için üç boyutlu atomik yapı modelleri Unity platformunda tasarlanmış ve mobil cihazlar için optimize edilmiştir. Uygulamada QR kodların taranmasıyla birlikte ekrana şu bilgiler yansıtılmıştır: Atomların yörünge düzeni ve elektron dizilimi/Kimyasal elementin sembolü ve formülü/Elementin temel özelliklerine dair açıklamalar.

Etkileşimli deneyimlerin sağlanması: AG içeriğine tıklanabilir butonlar eklenmiştir. Bu butonlar, öğrencileri detaylı bilgi sağlayan bir web sitesine yönlendirmiştir. Web sitesi, elementlerin günlük hayattaki kullanım alanlarını ve görselleştirilmiş bilgileri içerecek şekilde yapılandırılmıştır.

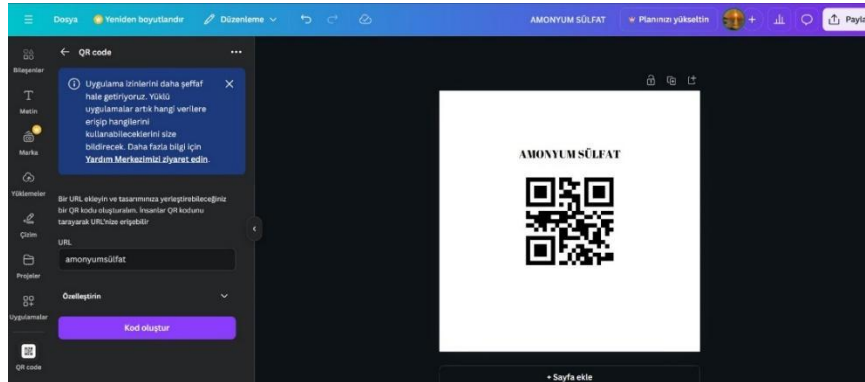
QR kodların hazırlanması ve uygulanması: Uygulamada her bir elemente özel QR kodlar oluşturulmuş ve bu kodlar, fiziksel materyallere entegre edilmiştir. Öğrenciler mobil cihazlarını kullanarak bu kodları taramış ve AG içeriklerine erişmiştir.

Görsel ve fiziksel iyileştirmeler/atomik modeller ve formüller: AG içeriklerinde elementlerin atomik yapılarını daha kolay anlaşılır kılmak için görseller optimize edilmiştir. Uygulamada öğrencilerin öğrenme hızına uygun bir bilgi akışı oluşturulmuştur.

Alan uzmanlarının geri bildirimleri: Uygulamanın kullanıma sunulmadan önceki aşamalarında iki kimya ve üç fen bilimleri öğretmeninden oluşan bir uzman grubu ile iş birliği yapılmıştır. Uzmanların geri bildirimleri doğrultusunda görselleştirmelerde ve etkileşimli içeriklerde gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Mobil uygulama testleri ve android APK çıktısı: AG projesi, mobil cihazlarda kullanılabilir bir hâle getirilmiş ve test aşamaları tamamlanmıştır. Sonrasında uygulama Android işletim sistemi için bir APK dosyasına dönüştürülmüş ve cihazlara kurulumu sağlanmıştır.

QR Kodların Oluşturulması: Kullanıcıların kimyasal maddelerin bilgilerine daha kolay hızlı ulaşabilmesi için QR kodlar oluşturulmuştur. QR kodları genellikle mobil cihazlar aracılığıyla taranabilen ve içerisindeki veriyi hızlıca kullanıcıya sunan iki boyutlu barkodlardır. QR kodlarının oluşturulması, kullanıcıların dijital içeriğe hızlı ve pratik bir şekilde erişim sağlar. Bu projede QR kodları, Canva platformunun *QR code generator* bileşeni kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 2).

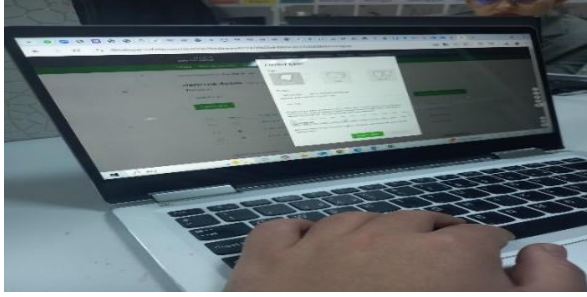
Şekil 2*Canva'da QR Code Generator Bileşimini Kullanarak Kod Oluşturma***QR Kodlar ve Uygulama Geliştirme**

Bu alışma kapsamında AG uygulamasına entegre edilecek QR kodların oluşturulması ve kullanımı üzerinde çalışılmıştır. QR kodlar, Canva platformu kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan QR kodlar unity de vuforia kullanılarak, QR kodlar sırasıyla unity ye image Target olarak eklenip, her elementin QR kodunun üzerine atom ve elektron modeli çizilip formülü eklenmiştir. Son olarak Cube eklenmiştir ve *Android Switch Platform* alınıp Build Settings ayarları yapılmıştır (şekil 3, şekil 4).

şekil 3*Kimyasal Maddenin QR Kodunun zerine Atom Elektron Modeli ve Formülünün izilmesi*

Şekil 4

Unity'ye Vuforia'dan Image Target Eklenmesi



AG Uygulaması-Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi

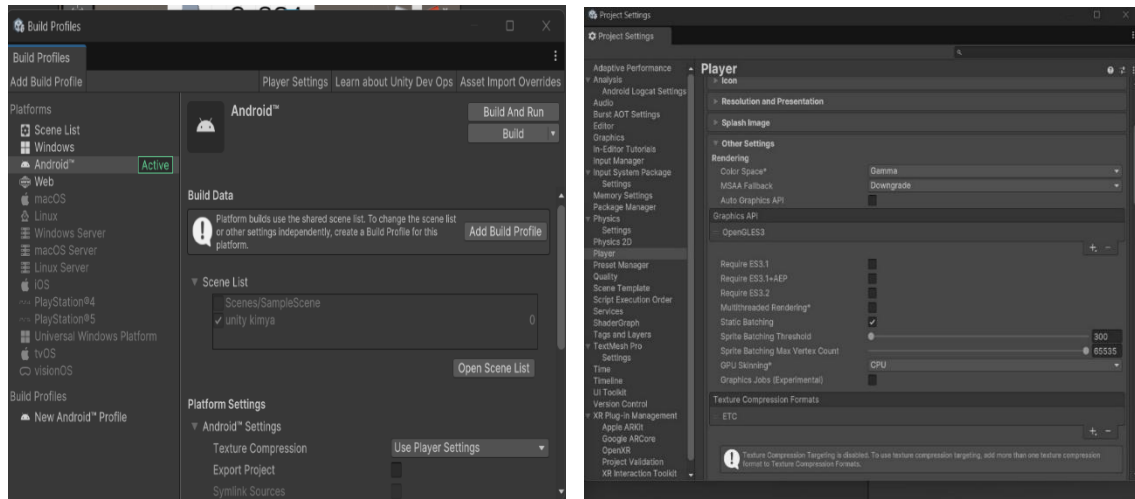
Öğrencilerin mobil cihazlarla etkileşimde bulunarak kimyasalları tanıyabileceği bir AG deneyimi tasarlama hedefiyle güvenli ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda AG deneyiminin temel amacı, öğrencilerin kimyasal maddeleri QR kodları aracılığıyla tanıyarak kavramlar arasındaki bağlantıları keşfetmeleri ve güvenli bir ortamda kavramsal anlayışlarını güçlendirmeleridir. Uygulamanın pedagojik temelleri için Unity oyun motoru kullanılarak bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirme sürecinde öğrencilerin erişimini kolaylaştıran görsel öğeler ve yönergelemeler tasarlanmış, güvenli ve kullanıcı dostu bir arayüz hedeflenmiştir. Teknik altyapı, öğrenme hedefleriyle uyumlu olarak aşağıdaki adımları içermektedir:

QR kodlarıyla kimyasalların tanıtımını sağlayan bir AG akışı oluşturulmuş; AR görüntüleri ve modelleri için Hierarchy yapısı kurularak içeriklerin hangi sırayla ve nasıl görüntüleneceği netleştirilmiş; kimyasal maddelerin QR kodları AR motoruna entegre edilerek ekran üzerinde etkileşimli hâlde görünecek şekilde tasarlanmış; her element ve bileşiğin temel yapıları (atom modelleri, elektron modelleri gibi görsel temsilciler) açıkça tasarlanıp gerekli açıklamalarla desteklenmiş; öğrenme sürecini yönlendiren bir rehberlik sistemi eklenerek öğrencilerin kendi kendine öğrenmesi desteklenmiş; materyale erişimi kolaylaştırmak amacıyla bir web sayfası ve bağlantılı bir mobil uygulama tasarlanmış; öğrencilerin materyale istedikleri zaman erişebilmeleri ve öğrenmeyi kendi hızlarında sürdürebilmeleri sağlanmıştır. AG uygulamasının Android platformunda çalışmasını sağlayan APK paketi, sınıf ve laboratuvar kullanımı için hazırlanmıştır (Şekil 5).

Şekil 5

Unity Build Profiles Ekranı

Unity Player Settings Ekranı

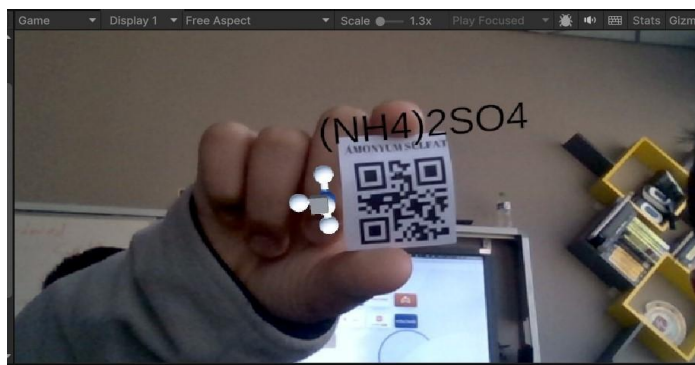


Geri bildirim mekanizması

Uygulamanın kullanıcıları ile etkileşim kurarak sürekli geliştirilmesi sağlanmıştır. Mobil uygulama veya Windows'un kendi kamerasın AG uygulamasında QR kod gösterildiğinde kodun üstünde element veya bileşiğin atom, elektron modeli ve formülü ve de bir küp çıkmaktadır. Ekranın üstündeki *cube* butonu tıklandığında kullanıcıyı *vscode* programında yazılan script sayesinde tasarlanan web sitesine göndermektedir (Şekil 6).

Şekil 6

Windows Kamerasından QR Kodların Gösterilmesi



E-Değerlendirme Basamağı: Bu aşamada geliştirilen AG uygulamasının etkilerini değerlendirmek için öğretim sonrasında çeşitli analizler yapılmış ve elde edilen verilerin analiz sonuçları bulgular kısmında yer almıştır. Değerlendirme, hem öğrencilerin öğrenme

süreçlerini hem de artırılmış gerçeklik materyalinin kullanımını etkin bir şekilde incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Proje Çıktıları ve Uygulamanın Etkisi: Bu aşamada artırılmış gerçeklik uygulaması, öğrencilerin kimya derslerinde soyut kavramları görselleştirmelerini sağlamış ve öğrenmeyi eğlenceli hâle getirmiştir. Öğrenciler, mobil cihazlarıyla etkileşimde bulunarak hem konuyu deneyimlemiş hem de konuları daha iyi içselleştirmiştir. Uygulamanın sonuçları, artırılmış gerçeklik teknolojisinin eğitimde ne kadar etkili olabileceğini göstermiştir.

Geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulamasının, kimya derslerindeki AG uygulamalarının kullanılmasına dair tutum puanları için bir ön test ve son test uygulanmıştır.

Ön test; uygulama öncesinde öğrencilerin AG tutum puanlarını belirlemek için uygulanmıştır. Son test ise 4 haftalık uygulama sonrasında öğrencilerin kazanımlarını ve AG uygulamasının etkisini ölçmek için yapılmıştır.

Kullanılacak uygulamaların teorik dersleri/eğitimleri:

Kullanılan uygulamalarda Unity uygulamasında Vuforia ile AG uygulaması için Udemy'den AG-1 dersinin videolarından yararlanılmıştır. Web sitesi tasarlamak için o alanın uzmanlarından ders alınmıştır.

Kimyasalların tespiti ve listelenmesi:

Kimyasalların listelenmesi oluşturulurken elementler; alkali metaller, lantanitler, geçiş metalleri, toprak alkali metalleri, aktanidler, ara geçiş metalleri, yarımetaller, ametaller, halojenler, soygazlar olarak sınıflandırılmıştır. Bileşikler ise kovalent bağ, iyonik bağ, metalik bağ olarak sınıflandırılmıştır. Kurulan web sayfasında kimyasal maddelerin listelenmesi Şekil 7'deki gibidir.

Şekil 7*Kimyasal Maddelerin Listelenmesi***Kimyasal veri tabanının oluşturulması**

Kimyasal veri tabanının oluşturulmasında yapay zekâ araçlarından yararlanılmıştır. Kullanılan kimyasal maddelerle ilgili tüm bilgilerin sistematik bir şekilde toplanması ve listelenmesi amacıyla bir kimyasal veri tabanı yapay zekâ aracı ile oluşturulmuştur. Bu veri tabanında kimyasal maddenin adı, kimyasal maddenin formülü, kullanım alanları, hangi sınıflarda kullanıldığı ve yapılan deneyler hakkında veri tabanı excel/ dosyası içine oluşturulmuştur. Veriler yapay zekâ programları çerçevesinde güncel çevrimiçi kaynak olan OpenAI teknolojilerinden Monica'dan yararlanarak oluşturulmuştur. Bu veri tabanı sayesinde kimyasal maddelerin özellikleri daha iyi anlaşılması sağlanmıştır (Şekil 8).

Şekil 8*Monica- Excel Uygulama Görşeli***İnternet-WEB Sitesinin Geliştirilmesi**

Web sitesinin geliştirilmesi sürecinde kodlama işlemleri için *Visual Studio Code (VS Code)* kullanılmıştır. VS code, Microsoft tarafından geliştirilen açık kaynaklı ve güçlü bir metin editörüdür. Bootstrap 5 card içinde web sitesinin uzantısına html kodu eklenmiştir. Web

sitesinde görsel olarak resim başlık ve metin eklenerek içerik düzeni sağlamak amacıyla *Bootstrap 5 Cards* bileşeni W3schools sitesinden kullanılmıştır. Xampp program, projede web sitesinin yerel sunucuya açık olması için kullanılmıştır. XAMPP, Apache, MySQL, PHP ve Perl gibi açık kaynak yazılımlarını bir arada sunan, geliştiricilerin web uygulamalarını yerel ortamda test etmelerini sağlayan bir yazılım paketidir. Bu yazılım, web sitesini çalıştırmak için gerekli bütün alt yapıyı sağlamaktadır. Web sitesine projedeki kimyasal maddelerin bilgileri eklemek ve yönetmek amacıyla *cPanel* kullanılmıştır. Kimyasal maddelerin bilgilerini icon kuruma ait olan cenuta alınmış alana atılmıştır. cPanel, özellikle web geliştirme sürecinde veritabanı yönetimi, dosya yükleme ve siteye içerik ekleme gibi temel işlevlerin yerine getirilmesinde önemli bir araçtır. Bu araç sayesinde projedeki bilgilerin web sitesine eklenmesi ve güncellenmesi daha verimli ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir (Şekil 9).

Şekil 9

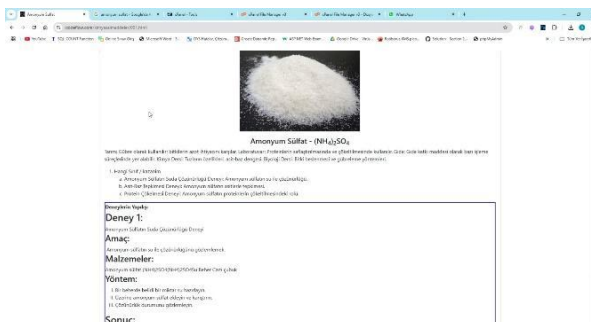
Visual Studio(VS Code), W3 Schools, Xampp, Cpanel Uygulama Görseli



Çalışma sürecinde web sitesinin çevrimiçi olarak erişilebilir olması bir alan adı (domain) ve gerekli durumlarda alt alan adı (subdomain) ataması yapılmıştır. Bu işlem için iCodeFlow domain sağlayıcısı kullanılmıştır (Şekil 10).

Şekil 10

Icodeflow Tasarlanan Web Sitesi



Artırılmış Gerçeklik Projesinin VR Gözlüğe Entegrasyonu

Bu çalışmanın VR gözlüğe entegre kısmında ilk başta unity içinde *build profiles* sekmesine gidilerek *switch platform* alınıp platform visionOs platformuna göre ayarlanmıştır. Daha sonra VR gözlüğün içinde program açılarak QR kodlar kameraya gösterildiğinde sanal ortamda elementlerin atom ve elektron modeli ve formülü gözükmemektedir. *Cube* butonuna tıklanıldığında sanal ortam içinde tasarlanan web sitesine atılmıştır (Şekil 11).

Şekil 11

Sanal Ortamda AG İçinde Açılan Web Sitesi / Öğrencilerin VR Gözlükle AG Projesini Kullanması



Çalışma Grubu

Çalışma grubu Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bir ildeki merkez ilçesi olan 2024-2025 eğitim öğretim yılında BİLSEM'e devam eden 5-6-7. sınıf (10-11-12 yaş) 20 öğrenciden oluşmaktadır.

Tablo 2

Çalışma Grubunun Demografik Bilgileri

Değişken	Kız	Erkek	Toplam
5. sınıf (10 yaş)	2	4	6
6. sınıf (11 yaş)	4	4	8
7. sınıf (12 yaş)	4	2	6
Toplam	10	10	20

Tablo 2'ye göre kız ve erkek sayıları eşit ve toplamda 20 kişi olup bunların altısı 10 yaş, sekizi 11 yaş ve 6'sı 12 yaş öğrencilerdir. Bu grubun seçilmesinin nedeni veri toplama aracı olarak kullanılan Küçük vd. (2014) tarafından yapılan *Ortaokullarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği'nin ortaokul öğrencileri için geliştirilmiş olmasıdır.*

Veri Toplama Araçları

Çalışmada veri toplama aracı olarak uygulamalar, materyallerin etkiliğini test etmek için tutum ölçekleri uygulanmıştır.

Ortaokullarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği

Küçük vd. (2014) geliştirdikleri ölçeğin geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yedi farklı ortaokulun 5. sınıfında öğrenim gören 167 öğrenci (84 erkek, 83 kız) üzerinde yürütülmüştür. Ölçeğin yapı geçerliğini test etmek için açımlayıcı faktör analizi yapılmış ve 15 maddeden oluşan üç faktörlü bir yapı elde edilmiştir. Bu yapı, doğrulayıcı faktör analizi ile test edilmiş ve örneklem iyi düzeyde uyum sağladığı görülmüştür. Ölçeğin iç tutarlılık güvenirlik kat sayısı .83 olarak hesaplanmıştır. Tüm bu sonuçlar, AGUTÖ'nün geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Ölçek 5'li likert ölçeği olarak geliştirilmiştir.

Veri Analizi

Çalışma kapsamında oluşturulan materyallerin-uygulamaların etkililiğini test etmek için tutumların çalışma grubundaki 20 kişiye AG tutumlarını belirlemek ve cinsiyete göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla bağımsız örneklem t- testi yapılmıştır. Sınıfa göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla ANOVA testi yapılmıştır.

Ayrıca uygulamaya-deneye başlamadan önce ve dört hafta süren deney sürecine gönüllü katılım sağlayan 20 kişiye tekrar "*Ortaokullarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği*" öntest-son test olarak uygulanmıştır. Tutum ölçeğinden ön-test ve son-testten elde ettikleri puanlara yönelik istatistiksel olarak anlamlı farklılığa bağımlı örneklem t- testi ile bakılmıştır. Nicel veriler, JASP 0.18,1 programı ile analiz edilmiştir. Testler uygulanmadan önce ilk olarak her bir analiz için varsayım kontrolleri yapılmıştır. Analizlerde elde edilen p-değerleri %5 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir ($p < .05$).

Normallik varsayım kontrolü:

Verilerin normal dağılım gösterme durumlarını belirlemek için betimsel istatistiklerden yararlanılmıştır (Tablo 3). Bu istatistikler sonucunda çarpıklık katsayısının -2 ile +2 arasında olması verilerin normal dağılımı gösterdiğinde (George & Mallery, 2020) parametrik; göstermediği zaman nonparametrik testlerden yararlanılmıştır. Normallik varsayımı için gerekli olan betimsel analizler Tablo 3'te yorumlanmıştır.

Tablo 3*Yaşa ve Cinsiyete Göre Betimsel İstatistikler*

Yaş Grubu (n)	Değişken	Ön Test	Son Test
10 Yaş (n=6)	$\bar{X}$	50.16	53.83
	ss	6.46	6.43
	Min.	42.00	48.00
	Maks.	56.00	66.00
	Çarpıklık	-0.79	1.71
	Basıklık	-1.90	3.30
11 Yaş (n=8)	$\bar{X}$	44.75	49.62
	ss	5.41	5.23
	Min.	38.00	44.00
	Maks.	52.00	60.00
	Çarpıklık	0.17	1.13
	Basıklık	-1.72	1.17
12 Yaş (n=6)	$\bar{X}$	45.16	52.33
	ss	4.53	5.16
	Min.	39.00	48.00
	Maks.	51.00	62.00
	Çarpıklık	-0.10	1.68
	Basıklık	-1.52	2.85
Cinsiyet (n)	Değişken	Ön Test	Son Test
Kız (n=10)	$\bar{X}$	45.90	50.50
	ss	5.17	5.98
	Min.	39.00	44.00
	Maks.	54.00	62.00
	Çarpıklık	0.07	1.12
	Basıklık	-1.09	0.52
Erkek (n=10)	$\bar{X}$	47.10	52.90
	ss	6.14	5.21
	Min.	38.00	48.00
	Maks.	56.00	66.00
	Çarpıklık	0.06	1.19
	Basıklık	-1.82	4.76

Not. Tablo, cinsiyetlere göre ön test ve son test puanlarının betimleyici istatistiklerini göstermektedir. $\bar{X}$ = Aritmetik ortalama, **ss** = Standart sapma.

Yaşa göre ön testte 10 yaş (n=6) için $\bar{X}$ = 50.16, ss = 6.46, çarpıklık = -0.79, basıklık = -1.90; 11 yaş (n=8) için $\bar{X}$ = 44.75, ss = 5.41, çarpıklık = 0.17, basıklık = -1.72; 12 yaş (n=6) için $\bar{X}$ = 45.16, ss = 4.53, çarpıklık = -0.10, basıklık = -1.52. Son testte 10 yaş için $\bar{X}$ = 53.83, ss = 6.43, çarpıklık = 1.71, basıklık = 3.30; 11 yaş için $\bar{X}$ = 49.62, ss = 5.23, çarpıklık = 1.13, basıklık = 1.17; 12 yaş için $\bar{X}$ = 52.33, ss = 5.16, çarpıklık = 1.68, basıklık = 2.85. Cinsiyete göre kızlar (n=10) için ön test $\bar{X}$ = 45.90, ss = 5.17, çarpıklık = 0.07, basıklık = -1.09; son test $\bar{X}$ = 50.50, ss = 5.98, çarpıklık = 1.12,

basıklık = 0.52; erkekler (n=10) için ön test $\bar{X}$ = 47.10, ss = 6.14, çarpıklık = 0.06, basıklık = -1.82; son test $\bar{X}$ = 52.90, ss = 5.21, çarpıklık = 1.19, basıklık = 4.76. Bu nedenle cinsiyet değişkenine göre ön test AG tutum puanlarının çarpıklık ve basıklık değerleri -2 ile +2 arasında olması normal dağılım gösterdikleri anlamına gelmektedir (George ve Mallery, 2010). Bu nedenle ön testte parametrik testler yapılır. Son test için bu değerler +2 ile -2 arasında olmadığı için nonparametrik test (Mann Whitney U) yapılır. Yaş değişkenine göre son test AG puanları çarpıklık-basıklık değeri -2 ile +2 arasında olması normal dağılım gösterdikleri anlamına gelmektedir (George ve Mallery, 2010). Bu nedenle parametrik testlerden ANOVA yapılır. Son test AG tutum puanlarından çarpıklık-basıklık değeri -2 ve +2 arasında olmayan değerlerin olması sebebiyle normal dağılımdan uzaklaştığı için boyutta nonparametrik testlerden Kruskal Wallis testi yapılmalıdır.

Ayrıca bağımlı örneklem t testi için normallik varsayımı için betimsel istatistikler yapılmış ve çarpıklık basıklık değerleri ön test (çarpıklık = 0,14, basıklık= -1,38) ve son test (çarpıklık = 1,17, basıklık= 1,23) olduğunda normal dağılım göstermesi sebebiyle testin yapılmasına karar verilmiştir.

Varyans homojenliği varsayım kontrolü Varyansların cinsiyet değişkeni için ön test AG tutum puanları için levene testi yapılmış ve homojen olduğu görülmüştür (ön test F_{Levene} ; 2,39 $p>.05$). Varyansların yaş değişkeni için ön test puanlarının levene testi sonuçlarının homojen olduğu görülmüştür (Ön test F_{Levene} ; 0,75 $p>.05$). Yaşa bağlı son test normal dağılım görülmediği için Kruskal-Wallis H testi (non parametrik) yapılır.

Deneylerin uygulama süreci

Dört deney ilk olarak sanal gözlük, AG uygulaması ile öğrencilere gösterilmiştir. Öncesinde tutum puanlarına bakılmıştır. Uygulama dört hafta sürmüş olup tutum puanlarına uygulama sonrasında tekrar AG ölçeğiyle yeniden bakılmıştır. Daha sonra gerçek deney düzeneğini kurarak deneyi tamamlamışlardır. Uygulamadan sonra deneyi gerçekleştirmeleri onlar için kolaylık sağlamış ve deneyleri kolaylıkla yaptıkları araştırmacılar tarafından gözlemlenmiştir. Deneyler, BİLSEM fen bilimleri ve kimya etkinlik kitapçıklarından alınmış ve tablolar hâlinde verilmiştir (Ekler- Tablo 7, 8, 9, 10).

BULGULAR

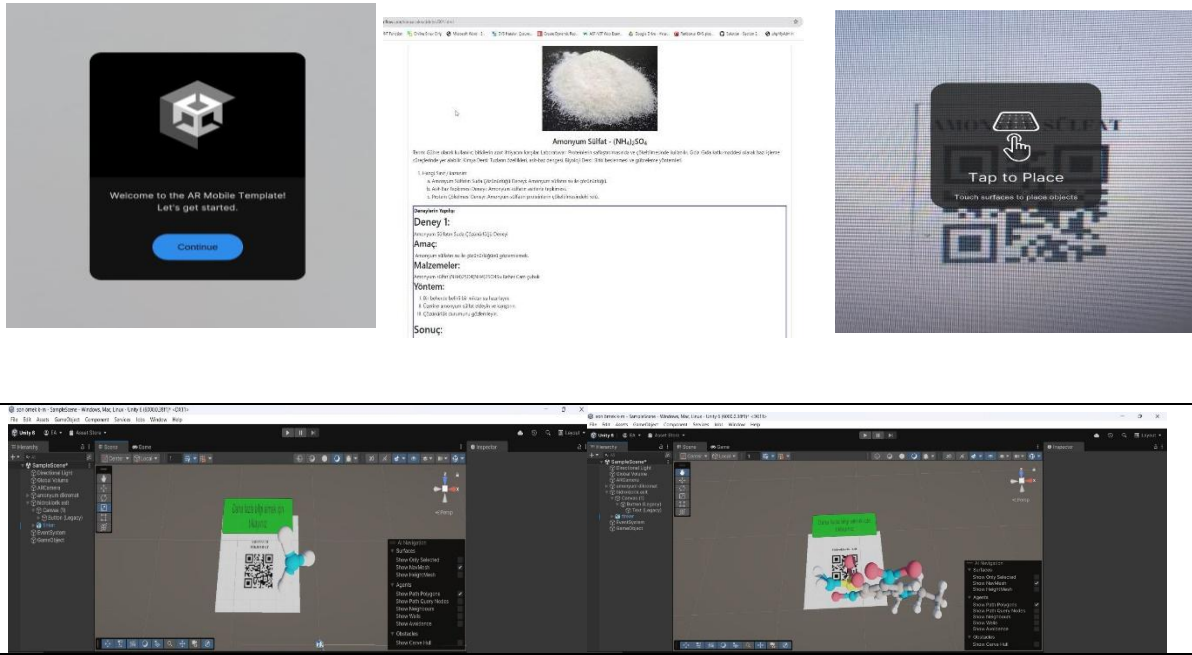
Çalışmanın bu bölümünde geliştirilmiş uygulama, Web sitesi ve telefon uygulamasının görüntüleri ve uygulamanın geliştirilmesinden sonra etkililiğin test edilmesi sonucu elde edilen bulgular tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

Çalışmada oluşturulan uygulamalar basit bir kullanma menüsü sayesinde kolayca kullanılabilir bir deneyim sunmuştur. QR kodların hızlı bir şekilde taranması ve kimyasal

maddelere ilişkin bilgilerin anında görüntülenmesi, sistemin kullanıcılar tarafından benimsenmesini sağlamıştır. AG teknolojisinin kullanımı, bilgilerin sadece metinsel olarak değil görsel ve etkileşimli bir biçimde sunulmasına imkân tanımıştır. Kimyasal maddelerin atom-elektron dizilimlerinin 3D olarak görüntülenmesi, kullanıcıların bu bilgileri daha iyi kavramasına ve görsel hafızalarına yerleştirmelerine yardımcı olmuştur (Şekil 12).

Şekil 12

Mobil Uygulama İçeri Görşeli (Sol), Tasarlanan Web Sitesinde Amonyum Sülfat Bilgileri (Orta), Mobil Uygulama İçeri Görşeli (Sağ) Altta Unity ortamında hazırlanan AG sahneleri



Görselde Unity ortamında hazırlanmış AG sahneleri yer almaktadır. Sahnenin merkezinde bir QR kod (Image Target) bulunmaktadır. Bu kod tanındığında üzerine bir 3D molekül modeli (atomları ve elektronları temsil eden yapı) eklenmektedir. Model, kullanıcıya kimyasal bileşiği görsel olarak tanıtmayı amaçlamaktadır. QR kodun üst kısmında bir Canvas bulunmakta, bu Canvas'ın içinde yeşil renkte bir buton (Legacy Button) yer almaktadır. Buton üzerinde "Daha fazla bilgi almak için tıklayınız." ifadesi yazmaktadır. Kullanıcı bu butona tıkladığında tasarlanan web sitesine yönlendirilmektedir. Tasarlanan web sitesi sayesinde okutulan kimyasal madde hakkında daha çok bilgi elde edilmektedir. Sahnenin teknik bileşenleri arasında AR Camera (QR kodun tanınmasını sağlayan kamera), Directional Light (aydınlatma) ve EventSystem (buton etkileşimlerini yöneten sistem) bulunmaktadır. Sonuç olarak bu görsel; bir QR kodun AR ile tanınması, üzerine kimyasal maddenin 3D bir molekül modelinin yerleştirilmesi ve ek bilgiye ulaşmayı sağlayan bir buton eklenmesi sürecini

göstermektedir.

- **Çalışma grubunun cinsiyete göre ön test ve son test AG tutum puanlarına ilişkin t testi sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?**

Çalışma grubunun cinsiyete göre ön test ve son test AG tutum puanlarına ilişkin t testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Çalışma Grubunun Cinsiyete Göre Ön Test ve Son Test AG Tutum Puanlarına İlişkin t Testi Sonuçları

Grup	n	$\bar{X}$	ss	sd	t -W	p	cohen's d-rank b.
Ön test							
kız	10	45,90	5,14	18	-0,45	0,65	-0,20
erkek	10	47,10	6,54				
Son test							
kız	10	50,50	5,98	18	30,00	0,14	-0,40
erkek	10	52,90	5,21				

Mann Whitney U uygulanmıştır.

Tabloya göre cinsiyete ilişkin t testi sonuçlarına bakıldığında ön test ve son test AG tutum puanlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($t_{\text{öntest}}(18)=0,45$ $t_{\text{son test}}(18)=30$ ($p>.05$). Yani cinsiyete göre ön test ve son test puanları farklılaşmamaktadır. Çalışma grubu ön test ve son test AG tutum puanları cinsiyete göre farklılaşmamaktadır. Ön test ve son test AG tutum puanları cinsiyetten etkilenmemiştir.

- **Çalışma grubunun AG tutum puanları uygulama öncesinden sonrasına (ön testten son teste) istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmakta mıdır?**

Tablo 5

AG Ön Test-Son Test Tutum Puanlarına İlişkin Bağımlı Örneklem t Testi

	n	$\bar{X}$	ss	sd	t	p	Cohen's d
AG tutum ön test	20	46,50	5,77	19	-2,67	0,015	-0,60
AG tutum son test	20	51,70	5,60				

AG tutum puanlarına ait ön test-son test puanları istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmaktadır $t_{\text{ön test}}(19) = 2,67$; $p<.05$. Yani uygulamayı kullanan çalışma grubunun son test puanları ön test puanlarına göre artmıştır denilebilir. Çalışma grubunun ön test

puanı ($\bar{X}_{\text{öntest}}=46,50; ss=\pm 5,77$); son test puanı ($\bar{X}_{\text{sontest}}=51,70; ss=\pm 5,60$)'e geliştiği gözlenmiştir. Pratik anlamlılık sınıandığında Cohen's d güçlü ilişki düzeyinde etki göstermektedir (Cohen, 1988). Yani AG uygulaması çalışma grubunun AG tutumlarını artırmıştır.

- **Çalışma grubunun yaşa göre ön test ve son test AG tutum puanları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?**

Tablo 6

Çalışma Grubunun Yaşa ilişkin ANOVA - Kruskal Wallis Testi Sonuçları

ANOVA-Yaş-ön test							
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	η²	Post hoc
Gruplararası	115,83	2	57,91	1,90	0,17	0,18	-
Grupiçi	517,16	17	30,42				_____
Toplam	632,99	19					_____
KRUSKAL WALLIS-Yaş-son test							
Grup	İstatistik		sd		p		
Yaş	2.83		2		0,24		
Kruskal Wallis testi yapılmıştır.							

Tabloya göre "ANOVA testi" ön testte AG tutum puanları yaşa göre istatistiksel anlamda anlamlı farkını ortaya koymak için kullanılmıştır. Analiz sonucunda tabloda ön testte yaşa göre anlamlı farklılık ortaya çıkmamıştır $F(2;17)=1,90, p>.05$. Yani AG tutumları yaştan etkilenmemiştir. "Kruskal_Wallis H testi" son testte AG tutumların yaşa göre normal dağılım göstermemesi üzerine istatistiksel anlamda anlamlılığı sınamak için kullanılmıştır. Analiz sonucunda tabloda çalışma grubunun son test tutum puanının yaşa göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($U_{\text{sontest}}=2,83; p>.05$). Son test tutum puanları yaşa göre farklılık göstermemektedir. Yani son test AG tutum puanları yaştan etkilenmemiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma; geliştirilen kimya asistanı, web sitesi, mobil uygulama ve AG uygulamasının AG tutumlarını olumlu yönde ve büyük etki derecesinde etkilediğini göstermiştir. Bu bulgu; AG teknolojisinin, geleneksel öğrenme ortamlarını zenginleştirerek öğrenci motivasyonunu ve katılımını artırdığının vurgulandığı bir çok çalışmayla da desteklendiğini göstermektedir (Abdullah vd., 2022; Chang vd., 2022; Çiloğlu, 2022; Ruijia vd., 2025). Kullanıcıların QR kodlar aracılığıyla bilgiye hızlı erişimi, uygulamanın kullanıcılar

tarafından benimsenmesini kolaylaştırmış; bu da genel anlamda eğitici ve bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimi sunmuştur. Bu durum, öğrencilerin aktif öğrenenler olarak süreçte yer almasını teşvik ederek pasif bilgi alıcısı olmaktan çıkardığı pek çok çalışma ile de desteklemektedir (Becker, 2023, Ma vd., 2023; Rossoni vd., 2024; Ünlü, 2023)

Çalışmada cinsiyet ve yaş faktörlerinin AG tutum puanları üzerindeki etkisinin anlamlı bir sonuç vermediği tıpkı Bazie ve diğerlerinin (2024) çalışması ile benzerlik göstermektedir. Bu durum, geliştirilen uygulamanın etkinliğinin bireysel farklılıklardan bağımsız olduğunu göstermekte; yani bu uygulama genel kullanıcı kitlesine hitap edebilme potansiyeline sahiptir (Bower vd., 2014; Khairani & Prodjosantoso, 2023). Başka bir ifade ile bu tür bir teknolojinin kapsayıcı bir eğitim aracı olarak kullanılabileceği de söz konusu olmaktadır. Gelecek çalışmalarda uygulamanın farklı demografik gruplar üzerindeki etkisinin incelenmesi, bu tür eğitim araçlarının daha geniş kitlelere nasıl ulaşabileceği konusunda önemli bilgiler sağlayabilir. Sonuç olarak geliştirilen uygulama, etkili bir eğitim aracı olarak değerlendirilebilir ve eğitim süreçlerine entegre edilmesi önerilir. Gelecek araştırmalar, farklı demografik gruplar üzerinde bu tür eğitim araçlarının etkilerini inceleyerek geniş kullanıcı kitlelerine ulaşma stratejileri geliştirmek için yeni bilgiler sağlayabilir. Sonuç olarak geliştirilen AG uygulaması, etkili bir eğitim aracı olarak değerlendirilmeyi hak etmekte ve eğitim süreçlerine entegrasyonu önerilmektedir.

BİLSEM, öğrencilere bilimsel düşünme ve deney yapma becerilerini kazandırmak için önemli bir role sahiptir. Kimya eğitimi özelinde eldeki kimyasal kaynakların etkin kullanımı, hem eğitim maliyetlerini azaltmak hem de öğrencilere daha zengin bir öğrenme deneyimi sunmak açısından kritik öneme sahiptir. Yani çalışma, AG teknolojisi kimya eğitiminde etkili bir öğrenme aracı olarak kullanılabilirliğini göstermesi açısından önemli bir katkı sunmaktadır. Özellikle kimya gibi soyut kavramların öğretiminde, somut deneyimlerin sağlanması, öğrencilerin bilimsel meraklarını artırmakta ve öğrenme süreçlerini derinleştirmektedir (Mansour vd., 2025; Özaltun & Kahraman, 2024).

Geliştirilen AG uygulamaları, öğrencilere soyut bilimsel kavramları daha somut bir şekilde deneyimleme imkanı sunarak öğrenme süreçlerini etkin hâle getirebilir. Araştırmalar, AG teknolojisinin kimya eğitiminde etkili bir öğrenme aracı olduğunu ve öğrencilerin kavramları daha iyi anlamalarına yardımcı olduğunu göstermektedir (Wojciechowski & Cellary, 2013; Dunleavy & Dede, 2014). Ayrıca AG uygulamaları, öğrenme süreçlerini daha güvenli ve etkili hâle getirerek öğrencilerin deney yapma konusunda kendilerine olan güvenlerini artırmaktadır (Kamarainen vd., 2013). Sonuç olarak bu çalışma, eğitim teknolojileri alanında yenilikçi yaklaşımların uygulanabilirliğini ortaya koyarak kimya eğitiminin kalitesini artırmayı amaçlamaktadır.

ÖNERİLER

Bu çalışma, $n=20$ örneklem büyüklüğü nedeniyle genellenebilirlik açısından sınırlılık göstermektedir ve bu durum, gelecekte daha büyük ve çeşitli örneklem gruplarıyla oluşan çalışmalarla tekrar ele alınmalıdır. Ayrıca bu çalışmada eğitim teknolojilerinin kimya alanına nasıl entegre edileceği daha yoğun şekilde teknik açı bakımından ele alınmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda elde edilen bulguların kimya eğitimi bağlamında öğrencilerin kavramsal anlayışını ve öğrenme süreçlerini nasıl etkilediğine dair pedagojik çıkarımların artırılması gerekli görülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar için araştırmacılara ayrıca şu önerilerde bulunulabilir:

- Uygulama kullanıcılarının deneyimlerini ve geri bildirimlerini toplamak için farklı ölçekler, başarı testleri yapıp nitel odaklı odak grup görüşmeleri yapılabilir. Böylelikle uygulamanın geliştirilmesi ve kullanıcı ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılması mümkün olabilir.
- Çalışmanın daha büyük örneklemle tekrarlanıp ve deney-kontrol grubu içeren deneysel araştırma modeli kapsamında yeniden ele alınması, elde edilecek bulguların güvenilirliğini ve genellenebilirliğini artıracaktır.
- Uygulamanın öğrenme süreçleri üzerindeki uzun vadeli etkilerini belirlemek amacıyla takip çalışmaları yapılabilir. Bu sayede AG uygulamalarının kalıcılığı ve eğitim süreçlerindeki rolü daha iyi anlaşılabilir.
- Motivasyon gibi farklı değişkenler ile AG tutum puanları arasında ilişkiye korelasyon analizine bakılabilir.
- Artırılmış gerçeklik uygulaması, web sitesi ve telefon uygulaması kimyasalları değerlendirmek, kimya deney ve etkinliklerini sistematik şekilde yapabilmek ve tehlikeli deneylerin uygulamasını sanal ortamda gözlemek için tasarlanmıştır. Uygulama ve web sitesi daha da geliştirilerek üniversitede kimya derslerinde de kullanılabilir nitelikte olabilir.

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Destek/Finansman Bilgileri

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır

Etik Kurul Kararı/İzin

Bu araştırma için Gaziantep Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan (07.04.2025/ 636411 sayılı ve 04 numaralı) etik izin alınmıştır.

KAYNAKÇA

- Abdullah, N., Baskaran, V. L., Mustafa, Z., Ali, S. R., & Zaini, S. H. (2022). Augmented reality: The effect in students' achievement, satisfaction and interest in science education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(5), 326-350. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.5.17>
- Adams, C., Pente, P., Lemermeyer, G., Turville, J., & Rockwell, G. (2022). Artificial intelligence and teachers' new ethical obligations. *The International Review of Information Ethics*, 31(1). <https://doi.org/10.29173/irie483>.
- Castro, R. R. (2025). The effects of chemistry virtual laboratories in academic achievement of secondary level learners: A meta-analysis. *International Scientific Education Journal*, 6(1), 1-17. <https://doi.org/10.37251/isej.v6i1.1379>
- Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71-88. <https://dergipark.org.tr/en/pub/baebd/issue/55426/690058>
- Ayyıldız, Y., & Çubukçu, E. (2022). 9. sınıf kimya konularındaki yanlış kavramalar üzerine bir içerik analizi. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 7(1), 73-124. <https://doi.org/10.37995/jotcsc.1079793>
- Baraa Albishri, Karen L. Blackmore; Duality in barriers and enablers of augmented reality adoption in education: A systematic review of reviews. *Interactive Technology and Smart Education*. 22(2): 167-191.
- Bazie, H., Lemma, B., Workneh, A., & Estifanos, A. (2024). The effect of virtual laboratories on the academic achievement of undergraduate chemistry students: Quasi-experimental study. *JMIR Formative Research*, 8(1). doi: [10.2196/64476](https://doi.org/10.2196/64476)
- Becker, N. M., & Lande, S. H. (2023). *Supporting active learning through immersive mixed and virtual reality Technologies*. Master Thesis, University of Agder, Norway. <https://hdl.handle.net/11250/3075119>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., & Bower, J. (2014). Augmented reality in education – cases, places, and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Buluş, B., & Elmas, R. (2024). Yapay zekâ uygulamalarının kimya eğitiminde kullanımı alternatif araçlar. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 9(1), 1-28. <https://doi.org/10.37995/jotcsc.1366999>

- Bülbül, H., & Ersöz, B. (2022). Eğitimde yapay zekâ sanal gerçeklik ve sanal evren (Metaverse). İçinde Ş. Sağıroğlu, & M. Umut Demirezen (Ed.), *Yapay zekâ ve büyük veri kitap serisi (4. baskı, s. 149-183)*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2024). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri* (36. baskı). Pegem Akademi.
- Ceylan, N. & Seçken, N. (2019). 5E öğrenme modeline dayalı bilgisayar animasyonları destekli öğretim materyali tasarlama: "tepkimelerde hız ve denge" ünitesi örneği. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(3), 1181-1202. <https://doi.org/10.17152/gefad.565305>
- Challenor, J. & Ma, M. (2019). A review of augmented reality applications for history education and heritage visualisation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, (191), 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). *Artificial intelligence in education: A review*. IEEE Access, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980470>
- Chen, X., et al. (2023). Application of flipped classroom teaching method based on ADDIE concept in clinical teaching for neurology residents. *BMC Medical Education*, 23. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10988803/>
- Chiu, W. K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review. *Education Sciences*, 11(11), 709. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay zekânın tarih içindeki gelişimi ve eğitimde kullanılması. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 54(3), 947- 966. <https://doi.org/10.30964/auebfd.916220>
- Crompton, H., & Burke, D. (2022). Artificial intelligence in K-12 education. *SN Social Sciences*, 2(7), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s43545-022-00425-5>
- Çiloğlu, T. (2022). *Artırılmış gerçeklik temelli öğrenme ortamı: artırılmış gerçekliğin lise öğrencilerinin biyoloji eğitiminde motivasyonu, tutumu ve öz yeterliği üzerindeki etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Bartın. <http://hdl.handle.net/11772/16058>

- Çolak Yazıcı, S. (2023). Kimya eğitime teknolojinin entegrasyonu. İçinde A. Akpınar (Ed.), *Matematik ve fen bilimleri üzerine araştırmalar* (s. 41-59). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub81>
- Dubé, A. K. and Wen, R. (2021). Identification and evaluation of technology trends in k-12 education from 2011 to 2021. *Education and Information Technologies*, 27(2), 1929-1958. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10689-8>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 11(1), 1-11. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Ekici, B. (2019). *Lise fizik ve kimya dersleri için artırılmış gerçeklik uygulaması tasarımı*. Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=e3my3mZMtfjCQaW2N8AxzA&no=nfTthQSAQNfCKK0GkG4IUQ>
- Elkoumitti, H., Laanaoui, M. D., Lachgar, M., & Selmaoui, S. (2025). The influence of augmented reality and virtual reality on science education. *In SHS Web of Conferences*. 214, p. 01003. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202521401003>
- Fidan, M. (2018). *Artırılmış gerçeklikle desteklenmiş probleme dayalı fen öğretiminin akademik başarı, kalıcılık, tutum ve öz-yeterlik inancına etkisi*. Yüksek lisans tezi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/582312>
- George, D., & Mallery, P. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*. 17.0 Update (11th ed.). Pearson. https://www.researchgate.net/publication/234827666_SPSS_for_Windows_Step-by-Step_A_Simple_Guide_and_Reference_140_update_7th_Edition
- Groenewald, E. S., Kumar, N., Avinash, S. I., & Yerasuri, S. (2024). Virtual laboratories enhanced by AI for hands-on informatics learning. *Journal of Informatics Education and Research*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.52783/jier.v4i1.600>
- Güçlü, H. (2021). *Müzik eğitiminde artırılmış gerçeklik teknolojisi ve örnek uygulaması*. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gül, F. Ö. (2024). Eğitimde yapay zekâ: Eğitim fakültesi akademisyenleri için fırsatlar ve riskler. *Medeniyet Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 71-97. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4476789>

- Hinojo-Lucena, F., Díaz, I. A., Reche, M. d. P. C., & Rodríguez, J. M. R. (2019). Artificial intelligence in higher education: a bibliometric study on its impact in the scientific literature. *Education Sciences*, 9(1), 51. <https://doi.org/10.3390/educsci9010051>
- Hookveld, A.W.M., Paas, F., Jochems, W.M.G., & Van Merrienboer, J.J.G. (2002). Exploring teachers' instructional design practices from a systems perspective. *Instructional Science*, 30, 291-305. <https://www.proquest.com/openview/4e1f1077f591b09552ac891340d31244/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Huda, M., et al. (2022). Instructional design with ADDIE and rapid prototyping for blended learning. *Education and Information Technologies*, 27, 11471-11496. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11471-0>
- Ibáñez, M. B., de Castro, A. J., & Kloos, C. D. (2017, July). An empirical study of the use of an augmented reality simulator in a face-to-face physics course, 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), pp. 469-471. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.105>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Idowu, J. A. (2024). Debiasing education algorithms. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(4), 1510-1540. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00389-4>
- İncemen, S., & Öztürk, G. (2024). Farklı eğitim alanlarında yapay zekâ: Uygulama örnekleri. *International Journal of Computers in Education*, 7(1), 27-49. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12600022>
- Küçük, S. (2015). *Mobil artırılmış gerçeklikle anatomiği öğreniminin tıp öğrencilerinin akademik başarıları ile bilişsel yüklerine etkisi ve öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşleri*. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=CXvg8A1IseJdOvaa93kGEg&no=YtvYhY3Ujfo9fAGnXHVONa>
- Küçük, S., Yılmaz, R., Baydaş, Ö., & Göktaş, Y. (2014). Ortaokullarda artırılmış gerçeklik uygulamaları tutum ölçeği: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 39, 383-392. doi: [10.15390/EB.2014.3590](https://doi.org/10.15390/EB.2014.3590)
- Kamarainen, A. M., et al. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and mobile technologies in environmental education. *Computers & Education*, 68, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>

- Khairani, R. N., & Prodjosantoso, A. K. (2023). Application of Augmented Reality on Chemistry Learning: A Systematic Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1221–1228. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4412>
- Lidiastuti, A. E., Suwono, H., Sueb, S., & Sulisetijono, S. (2024). A review of augmented reality implications and challenges for science education: Current and future perspective. *Pakistan Journal of Life & Social Sciences*, 22(2). <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.001486>
- Luo, R., Li, J., Zhang, X., Tian, D., & Zhang, Y. (2024). Effects of applying blended learning based on the ADDIE model in nursing staff training on improving theoretical and practical operational aspects. *Frontiers In Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1413032>
- Ma, C. W., Cheng, P. S., Chan, Y. S., & Tipoe, G. L. (2023). Virtual reality: a technology to promote active learning of physiology for students across multiple disciplines. *Advances in Physiology Education*, 47(3), 594-603. <https://doi.org/10.1152/advan.00172.2022>
- Mansour, N., Aras, C., Staarman, J. K., & Alotaibi, S. B. M. (2025). Embodied learning of science concepts through augmented reality technology. *Education and Information Technologies*, 30(6), 8245-8275. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-024-13120-0>
- MEB, (2025). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Öğretim Programları Ortak Metni. https://tymm.meb.gov.tr/upload/brosur/ortak_metin.pdf
- Morrison, G. R., Ross, S. J., Morrison, J. R., & Kalman, H. K. (2019). *Designing effective instruction*. John Wiley & Sons.
- Mundilarto, M. & Ismoyo, H. (2017). Effect of problem-based learning on improvement physics achievement and critical thinking of senior high school student. *Journal of Baltic Science Education*, 16(5), 761-779.
- Özaltun, G., & Kahraman, M. E. (2024). Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisinin tasarım eğitiminde etkileşimli öğrenmeye katkısı. *Art-e Sanat Dergisi*, 16(32), 669-700. <https://doi.org/10.21602/sduarte.1367153>
- Özbudak Kılıçlı, Z. (2024). *Fen bilimleri programında yer alan hücre bölünmesi ve kalıtım ünitesinin öğretim tasarımı ve uygulanması*. Yayımlanmamış doktora tezi. Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. <http://hdl.handle.net/11452/1476>
- Özmen, E. (2019). *Artırılmış gerçekliğe dayalı öğretim materyali kullanımının öğrencilerin akademik başarısına ve görüşlerine etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Fırat Üniversitesi.

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ILw9wjfkJF3U9hG_xZrxDA&no=B5DUieYXm_n_VPdJNjBoCq

Rahmat, A. D., Kuswanto, H., Wilujeng, I., & Perdana, R. (2023). Implementation of mobile augmented reality on physics learning in junior high school students. *Journal of Education and E- Learning Research*, 10(2), 132-140. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>

Rossoni, M., Spadoni, E., Carulli, M., Barone, C., Colombo, G., & Bordegoni, M. (2024). Virtual reality in education to enable active learning and hands-on experience. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(2), 258-269. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.258-269>

Ruijia, Z., Wenling, L., & Xuemei, Z. (2025). The impact of Information and Communication Technology (ICT) on learning outcomes in early childhood and primary education: a meta-analysis of moderating factors. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1540169>

Sevil, Ş., & Gökoğlu, S. (2024). Yapay zeka uygulamalarının eğitimdeki rolü ve etkileri. In *17th International Computer and Instructional Technologies Symposium (ICITS 2024)*. <https://icits2024.kastamonu.edu.tr/tr/>

Sinap, V. (2024). Eğitimde makine öğrenmesi: Bir bilim haritalama çalışması. *Baskent University Journal of Education*, 11(1), 10-25. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3050879>

Şimşek, A. (2014). *Öğretim tasarımı*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Şimşek, M. (2022). Makine öğrenmesinin eğitimde kullanımı ile ilgili örnekler. İçinde S. Karabatak (Ed.), *Eğitim & Bilim 2022-III* (s. 39-48). Efeakademi Yayınları.

Tarmidzi, T., Andari, K. D. W., Sari, A., Nuryanti, M., Arfiyanti, R., & Noto, M. S. (2025). Augmented reality and its use in elementary school education: a systematic literature review. *Jurnal Prima Edukasia*, 13(1), 128-145. <https://doi.org/10.21831/jpe.v13i1.75094>

Temur, S. (2025). Eğitimde yapay zekâ kullanımı: Etik sorunlar ve çözümler. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 74, 568-595. <https://doi.org/10.21764/maeuefd.1516576>

Tetik, E. G., & Akın, Z. (2023). Kamu politikası bağlamında dijital eğitim sunumu ve fırsat eşitliği: Ülke karşılaştırmaları. *Kuram ve Uygulamada Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 23-40. <https://doi.org/10.48066/kusob.1200594>

- Ünlü, M. (2023). Matematik Eğitiminde Etkinlik Geliştirmede QR Kod Uygulamaları. *Yükseköğretim Ve Bilim Dergisi*, 13(2), 164-179. <https://doi.org/10.5961/higheredusci.1248351>
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*. 68, 570-585. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>
- Yağcı, A., & Şentürk, C. (2023). Fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde metaverse. *Educatione*, 2(2), 262-288. <https://doi.org/10.58650/educatione.1299434>
- Yıldız, S., & Zengin, R. (2025). *Eğitimde yapay zeka: Temelleri, kullanım alanları ve yapay zeka okuryazarlığı*. İksad Yayınevi. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15207187>
- Yörük, T. (2024). Eğitimde yapay zekâ ve kişiselleştirilmiş öğrenme. İçinde S. Karataş (Ed). *Eğitim bilimleri alanında uluslararası araştırmalar XXIII*, (s. 21-34). Eğitim Yayınevi.
- Yu, J., Denham, A.R. & Searight, E. (2022). A systematic review of augmented reality game-based learning in STEM education. *Education Tech Research*, 70, 1169–1194. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10122-y>
- Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100025. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>
- Zorluoğlu, S.L., & Sözbilir, M. (2017). Görme yetersizliği olan öğrencilerin öğrenmelerini destekleyici ihtiyaçlar. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 659-682. doi: [10.24315/trkefd.279369](https://doi.org/10.24315/trkefd.279369).

EKLER

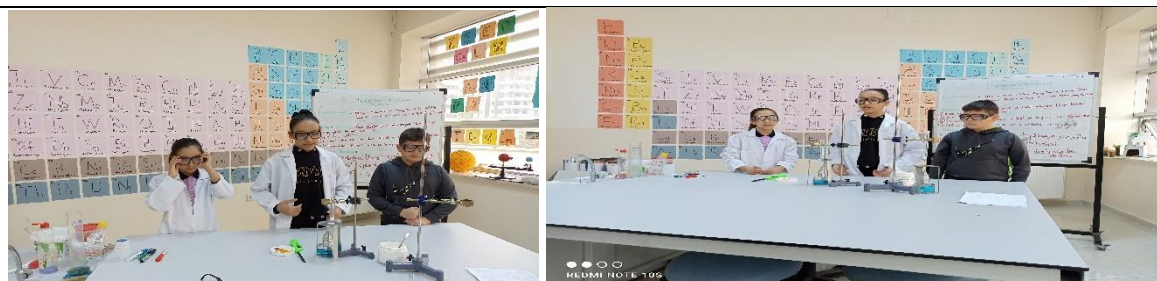
Tablo 7

Deney 1: Potasyum Klorat ile Jelibon Patlatma Deneyi

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER
Potasyum Klorat ($KClO_3$): Jelibon: Isı Kaynağı: Test Tüpü veya Cam Kap: Koruyucu Ekipman:.	Güvenlik Önlemleri:Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Malzemeleri Hazırlama:Test tüpüne bir miktar potasyum klorat ekleyin (yaklaşık 1-2 çay kaşığı). Isıtma:Test tüpünü dikkatlice ısıtın. Bu işlemi bir Bunsen brülörü veya benzeri bir ısı kaynağı kullanarak yapabilirsiniz.Isıtma sırasında,sıvı hale geçtikten sonra üzerine birkaç parça jelibon ekleyin. Jelibon, potasyum klorat ile reaksiyona girmek için yeterince organik madde sağlar. potasyum kloratın dekompozisyonu başlayacak ve jelibon ile etkileşime geçecektir. Reaksiyonun Gözlemlenmesi:Isı uygulandığında, potasyum klorat jelibon ile etkileşime geçerek gazlar ve ısı açığa çıkarır. Bu, jelibonun patlamasına neden olur.Dikkatlice gözlem yapın; bu aşamada dikkatli olun, çünkü patlama anında yanıcı gazlar açığa çıkabilir. Sonuçların Değerlendirilmesi:Reaksiyon tamamlandığında, tüpü dikkatlice soğutun ve sonuçları değerlendirin. Jelibonun patlaması, potasyum kloratın oksitleyici özelliklerini ve jelibonun yanıcı özelliklerini gösterir.	Güvenlik: Deney, dikkatli bir şekilde ve uygun güvenlik önlemleri alınarak yapılmalıdır. Yanıcı gazlar ve yüksek sıcaklıklar tehlikeli olabilir. Deney Alanı: Deneyi iyi havalandırılan bir alanda yapmalısınız. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin.Bu deney, potasyum kloratın oksitleyici özelliklerini ve jelibon gibi organik maddelerin yanıcılığını göstermekte etkili bir yöntemdir. Ancak, güvenlik her zaman öncelikli olmalıdır.

Şekil 13

Jelibon patlatma deneyi



Tablo 8

Deney 2. Baryum Hidroksit ile Enerji Solunumu Deneyi

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT GEREKENLER	EDİLMESİ
Baryum Hidroksit ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) Su Şeker veya Glikoz Test Tüpü veya Erlenmeyer Şişesi Termometre pH Kağıdı veya pH Metre Koruyucu Ekipman	Güvenlik Önlemleri:Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Baryum Hidroksit Çözeltisi hazırlama: Bir test tüpüne veya erlenmeyer şişesine bir miktar baryum hidroksit ekleyin (örneğin, 1-2 çay kaşığı).Üzerine su ekleyerek baryum hidroksiti tamamen çözünene kadar karıştırın. Şeker Eklemek:Hazırladığınız baryum hidroksit çözeltisine bir miktar şeker veya glikoz ekleyin. Bu, enerji kaynağı olarak işlev görecektir. Sıcaklık Gözlemi:Karışımı iyice karıştırdıktan sonra termometre ile sıcaklığı ölçün ve not edin.Reaksiyon başladıktan sonra sıcaklık değişimlerini gözlemleyin. Enerji solunumu sırasında sıcaklık artışı gözlemlenebilir. pH Ölçümü:Deneyin başında ve sonunda pH seviyesini ölçün. Baryum hidroksit bazik bir bileşiktir, bu nedenle pH değeri yüksek olacaktır. Sonuçların Değerlendirilmesi:Reaksiyon tamamlandığında, sıcaklık ve pH değişimlerini not edin. Şekerin baryum hidroksit ile etkileşimi, enerji solunumu süreçlerini simüle eder.	Güvenlik: Deney, dikkatli bir şekilde ve uygun güvenlik önlemleri alınarak yapılmalıdır. Baryum hidroksit cilt ve gözle temas ettiğinde zararlı olabilir. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin. Bu deney, baryum hidroksidin enerji solunumu üzerindeki etkilerini gözlemlemek için bir temel sağlar. Ancak, gerçek enerji solunumu süreçleri daha karmaşık kimyasal ve biyolojik mekanizmalar içermektedir.	

Şekil 14

Baryum Hidroksit İle Solunum-Enerji Deneyi

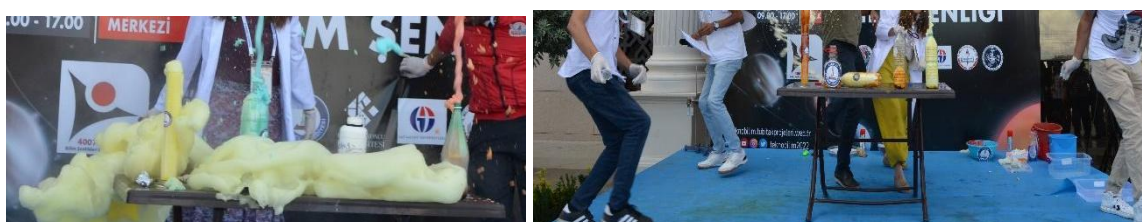


Tablo 9*Deney 3. Hidrojen Peroksit ile Fildişi Macunu Deneyi*

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT GEREKENLER	EDİLMESİ
Hidrojen Peroksit (H_2O_2): %50 Sıvı Sabun: Sodyum iyodür Saf Su Büyük Bir Kap veya Şişe: Koruyucu Ekipman Dereceli silindir-ağzı incelen şişe	Güvenlik Önlemleri: Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Dereceli silindir içine 50 ml Hidrojen Peroksit %50 ekleyin. Ardından da üzerine 10 ml sıvı deterjan ekleyin. Hidrojen peroksit – sıvı deterjan karışımının içerisine istediğiniz renkten bir miktar gıda boyası ekleyin ve dereceli silindirdeki karışımı çalkalayarak eşit olarak karışmasını sağlayın. Erlenmayer içerisine 10 gr Potasyum İyodür ve 10 ml Saf Su ile karıştırarak çözeltinin çözünmesini sağlayın. Potasyum iyodür tuzdur ve suda kolaylıkla çözünmektedir. Hazırlamış olduğumuz Hidrojen peroksit çözeltisi üzerine erlenmayer içerisindeki potasyum iyodür çözeltisini hızlıca dökün ve oradan çabucak uzaklaşın. Oluşacak reaksiyon sonucunda oksijen gazı açığa çıkacak ve neticesinde köpürme oluşacaktır.	Güvenlik: Hidrojen peroksit ciltle temas ettiğinde zarar verebilir, bu nedenle dikkatli olun. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin.	

Şekil15

Fildişi Macunu Deneyi



Tablo 10

Deney 4. Ayrımsal Damıtma Deneyi

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER
Damıtma Aparatı Karışım Sıvıları Isı Kanağı Termometre Küvet: Alkol Koruyucu Ekipman	Güvenlik Önlemleri:Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Damıtma Aparatını Kurma:Damıtma balonunu düz bir yüzeye yerleştirin ve karışım sıvılarını (örneğin, su ve alkol) ekleyin.Damıtma balonunun üst kısmına soğutucuyu bağlayın. Soğutucunun su dolu bir küvete yerleştirildiğinden emin olun. Isıtma:Isı kaynağını açın ve damıtma balonunu yavaşça ısıtın. Sıvı karışım kaynamaya başladığında, buhar oluşacaktır.Termometreyi kullanarak buharın sıcaklığını ölçün. Farklı bileşenlerin kaynama noktalarını gözlemleyin. Buharın Yoğunlaşması:Oluşan buhar, soğutucudan geçerek yoğunlaşır ve sıvı hale gelir. Soğutucu, buharın soğumasını ve sıvı olarak toplamasını sağlar. Sıvıların Toplanması:Yoğunlaşan sıvı, damıtma aparatının alt kısmındaki toplama kabına akar. İlk olarak daha düşük kaynama noktasına sahip bileşen (örneğin, alkol) toplanır.Süreç devam ettikçe, daha yüksek kaynama noktasına sahip bileşenler (örneğin, su) toplanmaya başlayacaktır. Sonuçların Değerlendirilmesi:Toplanan sıvıları ayrı ayrı gözlemleyin. Her bir bileşenin miktarını ve özelliklerini not edin. Damıtma işlemi tamamlandığında, sıvıların saflığını ve ayrılma verimliliğini değerlendirin.	Güvenlik: Isı kaynakları ve kimyasallar ile çalışırken dikkatli olun. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin.

Şekil 16

Ayrımsal Damıtma Düzeneği



