



EDUCATIONE

Fen Bilimleri (Fizik-Kimya-Biyoloji) Eğitiminde Metaverse
Metaverse in Science (Physics-Chemistry-Biology) Education



Yazar Bilgisi/ Author Information

Ali YAĞCI

 Sorumlu Yazar, Bilim Uzm., Karaman Özel Güvenlik Eğitim Kurumları, Karaman/TÜRKİYE,
ayagci89@gmail.com

Cihad ŞENTÜRK

 Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Karaman/TÜRKİYE, cihadsenturk@gmail.com

Makale Bilgisi/ Article Info

Makale Türü/ Article Type : Araştırma Makalesi / Research Article
Geliş Tarihi/ Received : 19.05.2023
Kabul Tarihi /Accepted : 04.09.2023
Yayın Tarihi/Published : 26.09.2023

Atıf / Cite

Yağcı, A. ve Şentürk, C. (2023). Fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde metaverse. *EDUCATIONE*, 2(2), 262-288

Özet

Metaverse, -fiziksel gerçekliği dijital sanallıkla birleştiren sürekli ve kalıcı çok kullanıcı bir ortam olan gerçeklik sonrası evren-, eğitimde devrim meydana getirme potansiyeline sahiptir. Eğitimde metaverse kullanımı; öğrenci katılımını, etkileşimli öğrenmeyi, motivasyonu ve kalıcı izli öğrenmeyi sağlayabilir. Bir meta veri deposunda öğrenciler; sanal geziler, simülasyonlar, interaktif çalışmalar ve rol yapma, gibi sürükleyici öğrenme deneyimleri yaşayabilir. Bu durum, öğrenciler için geleneksel sınıf ortamlarından daha etkileşimli ve ilgi çekici bir öğrenme ortamı sağlayabilir. Ayrıca metaverse, öğrencilerin projeler üzerinde birlikte çalışabilecekleri ve sanal bir ortamda fikir paylaşabilecekleri işbirliğine dayalı öğrenme fırsatları sunmaktadır. Bununla birlikte, eğitimde metaverse kullanımıyla ilgili bazı zorluklar da vardır. Başlıca zorluklardan bazıları; uygulama maliyetlerinin yüksek olması, iyi donanıma sahip bilişim araçlarına her bireyin ulaşım imkânının olmaması, teknik altyapı yetersizliği ve teknik desteğe ihtiyaç duyulmasıdır. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, eğitimcilerin öğretim uygulamalarında metaverse ve diğer sanal öğrenme ortamlarının kullanımını dikkate almaları ve öğretim süreçlerinde bu uygulamaları işe koşmaları önem kazanacaktır. Bu da öğrencilerin öğrenmelerine katkı sağlayacaktır. Genel olarak, eğitimde metaverse vb. diğer sanal uygulamaların, yakın gelecekte eğitim-öğretim faaliyetlerinde önemli bir yer alacağı öngörülmektedir. Araştırmanın amacı, fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde metaverse uygulamaların ne durumda olduğunu ortaya koymaktır. Bu araştırma nitel araştırma desenine dayalı "doküman analizi modeli" ile yapılandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Fen eğitimi, metaverse, fen eğitiminde metaverse, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik*

Abstract

The metaverse, the post-reality universe, a continuous and persistent multi-user environment that combines physical reality with digital virtuality, has the potential to revolutionize education. The use of the metaverse in education can ensure student participation, interactive learning, motivation, and permanent, perpetual learning. In a metadata repository, students can create immersive learning environments such as virtual field trips, simulations, interactive exercises and role-playing. This can provide students with a more interactive and absorbing learning experience than traditional classroom environments. Moreover, the metaverse offers students collaborative learning opportunities through which they can work together on projects and share ideas in a virtual environment. However, there are also some difficulties with the use of the metaverse in education. Some of the main challenges are implementation costs and the need for well-equipped IT tools, technical infrastructure and support. Although there are both benefits and challenges associated with the use of the metaverse in education, it has the potential to transform the teaching and learning process. As technology continues to develop, it will become important for educators to consider the use of the metaverse and other virtual learning environments in their teaching practices and to implement these practices in their teaching processes. This in turn will contribute to students' learning. In general, it is predicted that the use of the metaverse and other virtual applications in education will play an important role in educational activities in the near future. The aim of the research is to reveal the status of metaverse practices in science (physics-chemistry-biology) education. This research was structured with "document analysis model" based on qualitative research design.

Keywords: *Science education, metaverse, metaverse in science education, virtual reality, augmented reality*

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The innovations occurring in science and technology in the world have been reflected in the field of education, just as they have in all fields. Accordingly, the role and importance of technology in education have increased. In recent years, “Virtual Reality” (VR) and “Augmented Reality” (AR) applications have also begun to be used in educational activities. The metaverse, which is a virtual world design in which real life is transferred to a virtual environment and exists in parallel with physical reality, has made a big impact in terms of the latest digital developments. In the metaverse, every area of daily life is designed, fictionalized and transferred to digital environments as virtual reality. The metaverse offers activities addressing areas such as health, sport, the economy, art, the business world, security, etc. One of these is activities in the field of education. In recent years, virtual education environments have been created in the metaverse, and various trainings have been given in these environments. The world’s leading universities have established campuses in the virtual world and students continue their education in these virtual education environments. This study discusses metaverse activities in science education and in the sub-disciplines of this field, namely physics, chemistry and biology education, including the use of the metaverse in these disciplines and examples of applications. It is thought that with the information it provides about the use of the metaverse in science education, the study will make important contributions to the literature.

Method

A qualitative research method was used in this study. The study was conducted with document analysis, one of the qualitative research methods. Document analysis is a qualitative research method used to meticulously and systematically analyze the content of written documents (Sankofa, 2022). Document analysis is briefly defined as the process of investigating, examining and evaluating electronic or printed materials as a data source in research (Bowen, 2009). Document analysis provides an opportunity to summarize studies, ideas and approaches in the literature or, in the light of these studies, to create a synthesis appropriate for the purpose of the research (Herdman, 2006). In this study, by examining studies conducted on the metaverse in science education, the findings revealed and practices carried out on this subject were examined and evaluated through document analysis.

Findings

Based on the findings obtained in the study, it can be seen that in recent years, the use of the metaverse has become widespread in science education and in the sub-disciplines of this field, namely physics, chemistry and biology education. It is concluded that important studies have been carried out in these disciplines with metaverse applications. In this regard, experiential learning is carried out in science education with metaverse applications that include augmented reality (AR), virtual reality (VR) and immersive virtual reality (IVR). When the studies in the literature are examined, it can be seen that by using metaverse applications in science education, studies independent of time and space can be carried out, interactive and immersive experiences can be had, and virtual experiments can be conducted with simulations. Furthermore, it is revealed that meaningful, permanent and perpetual learning occurs in these virtual environments through cooperative learning, constructivist learning, inquiry-based learning, experiential learning, transformative learning, deep learning, and connected learning.

Results and Discussion

Although the use of the metaverse for science education is still in its early stages, studies show that this practice can be an effective tool in science education. Moreover, performing practices with simulations in virtual education environments provides the opportunity to learn by doing and experiencing. In

addition, while studies conducted in the real world can be very costly, these costs can be saved through the metaverse (Hwang and Chien, 2022). When the effects of virtual reality such as the metaverse on learning-teaching processes are evaluated in general, it is concluded that it enables constructivist-based learning by providing students with active participation, and that in affective terms, it improves students' positive attitudes towards the course and learning and increases their learning satisfaction (Mustafa, 2022). Furthermore, through these practices, students can plan their own learning process, monitor their learning levels, and evaluate their learning. In addition to these positive aspects of the metaverse, of course there are also limitations. For example, devices such as computers or smart devices with good hardware, virtual glasses, and a good internet connection are required. Not all students have access to these facilities. In many countries of the world, there are insufficient opportunities in these respects (Lee, 2021; Swart, 2015). When the studies are examined, it is predicted that the use of the metaverse and other similar virtual applications in education will continue to increase in the coming years. In this regard, based on the studies conducted by establishing educational platforms in the virtual world, the necessary steps should be taken to channel students, who already spend time in the virtual world, to these areas. At this point, using a blended learning approach, face-to-face education can be continued together with distance education carried out on platforms established in the virtual world.

GİRİŞ

Bilim kurgu yazarı Neal Stephenson tarafından ortaya atılan bir terim olan metaverse, fiziksel gerçekliğimize paralel olarak var olan sanal bir dünyayı ifade eder. Metaverse, internet bağlantısı olan herkesin erişebildiği sanal bir dünyayı veya evreni tanımlamak için kullanılan bir terimdir. "Sanal gerçeklik (VR)" ve "Artırılmış Gerçeklik (AR)" gibi sanal ortamlar, dijital nesnelere ve insanlarla çoklu duyuşsal etkileşim sağlayan teknolojilerin yakınsamasına dayanmaktadır (Hatzilygeroudis, 2022; Gupta, 2023). Teknolojideki ilerlemeler metaverse'i bir gerçeklik haline getirmiş ve fen eğitimi için yeni bir sınır haline getirmiştir. Metaverse, fiziksel gerçeklik ile dijital dünyaları birleştiren sanal bir evrendir. Metaverse, kullanıcıların birbirleriyle ve sanal nesnelere gerçek zamanlı olarak etkileşime girmesine olanak tanıyan sürükleyici bir dijital ortamdır. Metaverse'de öğrenciler, karmaşık bilimsel kavramları fiziksel dünyada mümkün olmayan bir şekilde keşfedebilir ve öğrenebilirler. Örneğin, farklı organları ve sistemleri öğrenmek için insan vücudunda seyahat edebilir veya jeolojisini ve atmosferik koşullarını anlamak için sanal bir gezegeni keşfedebilirler. Metaverse, 3D kullanıcı arayüzlerine ve sürükleyici deneyimlere olanak tanıyan sanal bir dünyadır (Mustafa ve Khan, 2022). Metaverse tabanlı eğitim; radyasyon, nükleer güvenlik eğitimi, STEM (fen, teknoloji, mühendislik ve matematik) eğitimini içeren hibrit bir eğitim anlayışı olarak önerilmektedir (Mo ve Mo, 2023). Örneğin STEM eğitiminde metaverse teknolojilerinin kullanımı son yıllarda ivme kazanmış ve bu konudaki bilimsel çalışmalar artmıştır (Talan, 2021). Kanematsu ve diğerleri (2014) yaptıkları çalışmayı, Sanal STEM sınıflarında, öğrencilerin sanal sınıflara katıldığı ve ardından gerçek hayatta yapılan uygulamalı deneyleri metaverse teknolojileri kullanılarak sanal ortamda gerçekleştirmiştir. Radyoaktivite, nükleer güvenlik eğitimi ve STEM eğitimi

ile ilgili konular Metaverse'deki (Second Life) sanal sınıf aracılığıyla verilmiştir. Bu çalışma ile harmanlanmış eğitimin, STEM eğitimine büyük ölçüde katkı sağladığı sonucuna varılmıştır. Artırılmış gerçeklik uygulamaları, eğitimcilerin mevcut öğrenme materyallerini zenginleştirmek için belirli sanal bilgiler ekleyebildiği veya çevreyi entegre eden yeni öğrenme materyalleri oluşturabildiği gibi STEM öğrenimine rehberlik ederek öğrencileri araştırmaya ve incelemeye teşvik edebilir (Abd Majid ve Abd Majid, 2018). Metaverse, öğrencilerin öğrenme potansiyellerini iyileştirebilecek ve geliştirebilecek yeni bir teknolojidir (Mustafa ve Khan, 2022). Eğitimde metaverse teknolojileri, kullanımı artarak devam eden bir geleceğe ve öğrenme-öğretme için yeni fırsatlar oluşturma potansiyeline sahiptir (Prakash vd., 2023). Bu konuya ilişkin çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Metaverse, insanların oynaması, çalışması ve sosyalleşmesi için sürükleyici, hiper uzamsal ve kendi kendini idame ettiren sanal bir ortak alan oluşturmayı amaçlayan sanal bir alandır (Wang vd., 2022). Metaverse, akademik alanda hızla araştırılan ve geliştirilen bir teknolojidir. Metaverse'in ekonomiden üretime, para ve bankacılık hizmetlerine, alışveriş ve reklamcılık hizmetlerinden sağlığa, eğlenceden sinema ve film sektörüne, günlük rutinlerden önemli sosyal ve toplumsal hareketlilikler ile eğitim-öğretim hizmetlerine etki etmektedir (Alkan ve Bolat, 2022). Chen ve Zhang (2022) tıp ve sağlık biliminin metaverse dünyasında geleceği olduğunu vaat ederek, gerçekleştirdikleri araştırmada, metaverse teknolojisinin tıp eğitimi, cerrahi prosedürler ve hizmet sağlayıcılar ile hastalar arasındaki bağlantıda paha biçilmez yenilikçi bir itici güç sağladığını da belirtmişlerdir. Eğitim gibi birçok alan için önemli fırsatlar barındırmaktadır (Durak ve Çankaya, 2023). Metaverse, kullanıcıların sanal bir evrende seçtikleri avatar haline gelebilecekleri sürükleyici bir sanal gerçekliğin dünyasına girmelerine olanak tanımaktadır (Akbari vd., 2023). Metaverse'in sağlık, eğitim ve turizm de dahil olmak üzere kullanıcılar için kişiselleştirilmiş, gereksinimlere hitap eden bir sanal dünyayı desteklemesi öngörülmektedir (Bhattacharya vd., 2023; Chengoden vd., 2023; Kaddoura ve Al Hussein, 2023). Birçok alanda ve günlük yaşamda yaygınlaşan sanal dünya uygulamalarının, avantajlarının yanı sıra ciddi gizlilik ihlalleri ve güvenlik ihlalleri bakımından dezavantajları da ortaya çıkmaktadır (Wang vd., 2022).

Metaverse'de Gizlilik ve Güvenlik

Metaverse uygulamalarına olan ilgi son yıllarda daha da artmıştır. Ancak, bu uygulamalarda güvenlik ve gizlilik bakımından sorunlarla karşılaşmaktadır. Ayrıca, meta veri havuzundaki kullanıcılar kişisel veri ihlallerinden endişe duymaktadır.

Daha fazla insan, bu sanal alanlarda zaman geçirdikçe, kişisel bilgilerin ve dijital varlıkların korunmasını sağlamak giderek daha önemli hale gelmektedir. Metaverse'deki potansiyel güvenlik endişelerinden biri bilgisayar korsanlığı ve hırsızlık riskidir. Gerçek dünyada olduğu gibi, kötü niyetli aktörlerin kullanıcıların hesaplarına erişme ve sanal varlıklarını veya kişisel bilgilerini çalma riski vardır. Metaverse kullanıcılarını tehdit eden güvenlik risklerinin çoğu, veri korsanlığı, kötü amaçlı yazılım saldırıları, gizlilik sorunları ve spam gibi internet kullanıcılarının güvenlik risklerine benzemektedir (Pooyandeh vd., 2022). Bu riskleri azaltmak için metaverse platformlarının iki faktörlü kimlik doğrulama ve şifreleme gibi sağlam güvenlik önlemleri uygulaması gerekmektedir. Metaverse'deki bir diğer gizlilik endişesi de kullanıcı verilerinin toplanması ve kullanılmasıdır (Canbay vd.,2022). Kullanıcılar birbirleriyle ve dijital nesnelere etkileşime girdikçe, hedefli reklamcılık veya diğer amaçlar için kullanılacak çok sayıda veri üretebilmektedir. Kullanıcıların gizliliğini korumak için metaverse platformlarının veri toplama uygulamaları konusunda şeffaf olmaları ve kullanıcılara verilerinin nasıl kullanıldığını kontrol etme imkânı vermeleri gerekmektedir. Bu noktada gizlilik ve güvenliğin temel yönleri Şekil 1'de yer verilmiştir.



Şekil 1. Gizlilik ve güvenliğin temel yönleri (Vladimirov vd.,2022 ve Chen, vd., 2022'den uyarlanmıştır)

Güvenlik kavramı; gizlilik, bütünlük, kullanılabilirliğin yanı sıra hesap verebilirlik, özgünlük, güvenilirlik ve mahremiyetin korunması olarak ayrıntılı bir şekilde tanımlanan bilgi ve siber güvenliği ifade etmektedir (Vladimirov vd., 2022).

Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, Fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde metaverse uygulamaların ne düzeyde olduğunun ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

- 1) Eğitimde metaverse uygulaması nedir ve bu konudaki çalışmalar ne durumdadır?
- 2) Fen bilimleri eğitimde metaverse uygulaması nedir ve fen bilimleri alanında; a) fizik eğitimi, b) kimya eğitimi, c) biyoloji eğitimine yönelik çalışmalar ne durumdadır?

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların, fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde metaverse uygulama durumlarını ortaya koyarak ihtiyaç alanlarına yönelik eğitimlerin planlanması yönüyle literatüre katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Nitel araştırmayı, “gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel veri toplama tekniklerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik nitel bir sürecin izlendiği araştırma” olarak tanımlamak mümkündür (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu araştırma nitel araştırma deseni esas alınarak “doküman incelemesi modeli” ile yapılandırılmıştır. Doküman analizi tekniği özellikle doğrudan görüşme ve gözlem yapma imkânının olmadığı durumlarda tek başına araştırma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Yenipınar ve Kardaş, 2019). Doküman analizi araştırmanın hedeflerine yönelik verilere ulaşmada dokümanların incelenmesi ile gerçekleşir (Çepni, 2009). Araştırmada, öncelikle kavramsal bir çerçeve oluşturulmuştur. Araştırma da kullanılan veri dokümanları tek aşamada (literatür taraması) elde edilmiştir. Konu ile ilgili kaynaklar, SCOPUS, ERIC ve Dergipark'ta yer alan yayınlardan elde edilmiştir. Yazarlar, bu çalışmanın, etik kurul izni gerektirmeyen çalışmalardan olduğunu beyan etmektedir.

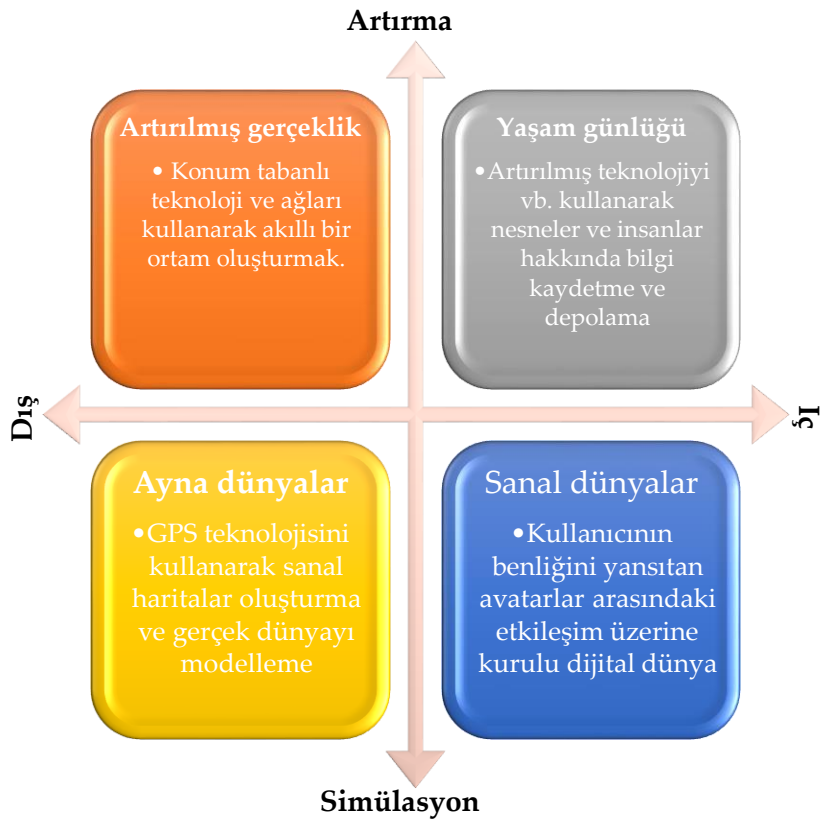
BULGULAR

Bu bölümde, eğitimde metaverse ve fen bilimleri (fizik, kimya, biyoloji) eğitimlerinde metaverse kullanımına ilişkin yapılan çalışmalara ve bu çalışmaların ortaya koyduğu bulgulara yer verilmiştir.

Eğitimde Metaverse

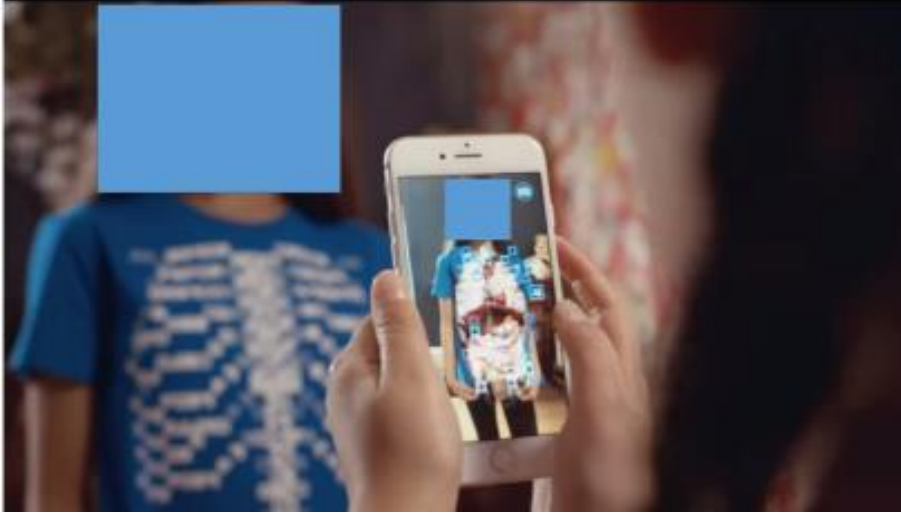
Metaverse, internet üzerinden erişilebilen sanal bir dünyadır ve dijital oyun, sosyalleşme ve eğitim dahil olmak üzere çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır

(Andembubtob vd., 2023; Cui vd., 2023; He, 2022; Kye vd., 2021; Lu vd., 2021; Mitra, 2023; Mustafa ve Khan, 2022; Mustafa, 2022; Park ve Kim, 2022; Rahman vd., 2023; Rojas Concepción ve Guerra Chagime; 2022; Taş ve Bolat, 2022; van Dinther vd., 2023; Yu, 2022). Metaverse, sürükleyici ve etkileşimli öğrenme deneyimleri sağlayarak eğitimde büyük bir devrim meydana getirme potansiyeline sahiptir. Alanyazındaki çalışmalar Metaverse’i dört türe ayırmaktadır. Bunlar; “artırılmış gerçeklik”, “yaşam günlüğü”, “ayna dünyalar” ve “sanal dünyalar”dır (Kye vd., 2021; Park ve Kim, 2022; Smart vd.,2007). Metaverse türleri için sunulan dört sınıflandırma türüne Şekil 2’de yer verilmiştir.



Şekil 2. Metaverse boyutları (Kye vd., 2021; Park ve Kim, 2022; Smart vd.,2007)

Her türün kendine özgü eğitim uygulamaları vardır. Kye ve diğerleri, (2021) araştırmalarında, artırılmış gerçeklikle tıp eğitiminde öğrencilerin bir anatomi laboratuvarında olduğu gibi insan vücudunun içini incelemelerine olanak sağlamak için sanal laboratuvar geliştirmiştir. Virtuali-Tee AR T-Shirt’ü ile insan vücudunun içini gösteren bir anatomik çalışmaya Resim 1’de yer verilmiştir.



Resim 1. *Virtuali-Tee: Artırılmış gerçeklik T-Shirt'ü (Kye vd., 2021)*

Resim 1'de "Cruscope'un Virtuali-Tee", artırılmış gerçeklik tişörtü ile insan vücudunun içini bir anatomi laboratuvarında olduğu gibi inceleyebilmektedir. Bu örnekte olduğu gibi sanal gerçeklik, öğrencilerin gerçek dünya senaryolarını deneyimlemelerine olanak tanıyan sürükleyici simülasyonlar oluşturmak için kullanılabilen bir teknolojidir (Yu, 2022). Benzer şekilde metaverse, çeşitli bilgi teknolojilerini entegre eden akıllı bir eğitim ekosistemi oluşturmak için de kullanılabilir (Zhou, 2022). Metaverse'in eğitimde uygulanmasında özel donanım ve yazılım ihtiyacı, dikkat dağınıklığı ve ilginin çabuk dağılması gibi zorluklar da bulunmaktadır (Kye vd., 2021). Bu zorluklara rağmen metaverse, öğrenme ve öğretme şeklini dönüştürme potansiyeline sahip, eğitim için umut verici yeni bir durumu temsil etmektedir. Metaverse, başta eğitim olmak üzere birçok alan için önemli fırsatlar içermekte ve sanal gerçeklik teknolojisi metaverse'in ortaya çıkmasında kilit bir rol oynamaktadır (Durak ve Çankaya, 2023). Bağımsız sanal gerçeklik uygulamaları kullanılabilirlik ve taşınabilirlik açısından ön plana çıkmakta ve neredeyse tüm küresel pazarı domine etmektedir. "MeetinVR", "Engage", "Horizon Workrooms", "AltSpaceVR" gibi metaverse uygulamaları; metaverse dünyasında, iş hayatında ve eğitim alanında önemli bir yer edinmeye başlamıştır (Durak ve Çankaya, 2023). Metaverse, eğitim ortamlarına erişimi olmayan kırsal bölgelerdeki öğrencilere yardımcı olabilecek özelleştirilmiş sınıflar ve avatarlar oluşturma yeteneği gibi daha da fazla imkân sunmaktadır (Mustafa ve Khan, 2022). Eğitimde metaverse kullanımı, gerçek hayattaki çalışmaların sanal ortamlarda sunulan uygulamaları ile öğrencilerin öğrenmelerini geliştirebilmekte ve öğrenciler ile öğretmenler için öğrenme çıktılarının daha iyi değerlendirilmesini sağlayabilmektedir. Metaverse ayrıca öğrenme çıktılarının daha iyi değerlendirilmesi için potansiyel sunmaktadır ve öğretmenler

sanal bir ortamda öğrencilerin ilerlemesini daha verimli bir şekilde takip edebilmektedir (Mustafa ve Khan, 2022). Eğitimde metaverse, sanallık ve gerçekliğin derin entegrasyonu, öğrenciler ve teknoloji arasındaki kapsamlı işbirliği ve okullar ile toplum arasındaki kapsamlı bağlantı gibi özelliklere sahiptir (He, 2022). Çeşitli eğitim uygulamaları; kişiselleştirilmiş öğretim yöntemleri, akıllı değerlendirme yöntemleri ve entegre iş birliği platformları sağlayabilen gerçek dünyaya benzer zengin ve gerçekçi sahneler oluşturmaktadır. Eğitimde metaverse kullanımı hem öğrenciler hem de öğretmenler için öğrenme deneyimini geliştirme ve dönüştürme potansiyeline sahiptir. Alanyazındaki araştırmalardan yola çıkarak eğitimde sanal dünyanın en çok kullanılan terimlerinden oluşturulan kelime bulutu Şekil 3'de yer verilmiştir.

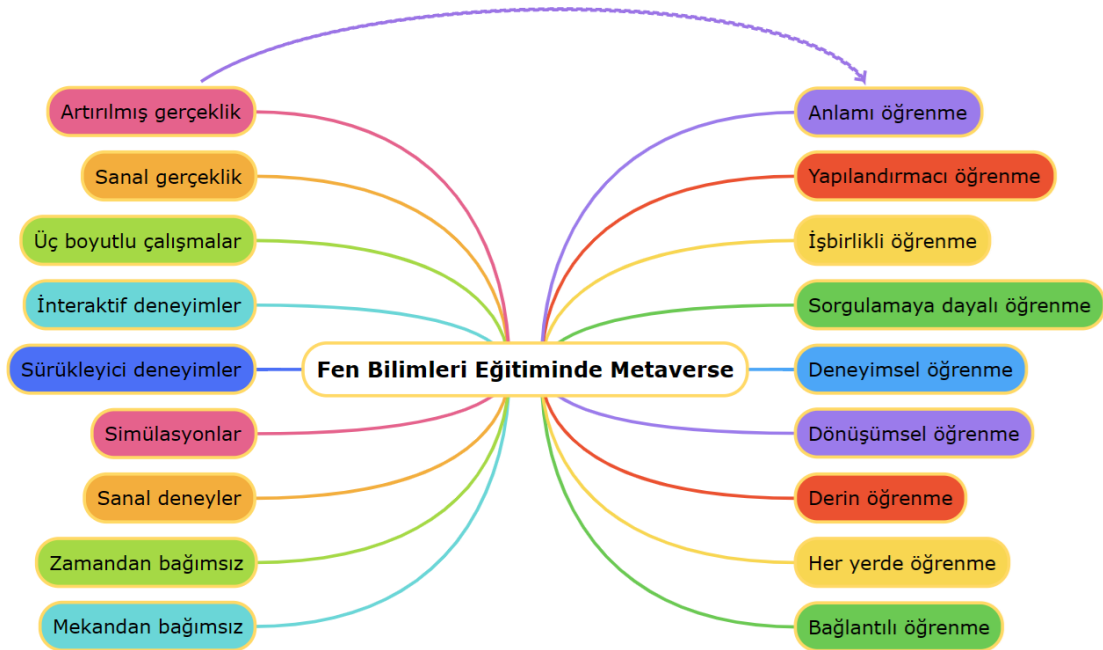


Şekil 3. Eğitimde metaverse kelime bulutu

Fen Bilimleri Eğitiminde Metaverse

İnsanların üç boyutlu bir alanda birbirleriyle ve dijital nesnelere etkileşime girebildiği sanal bir dünya olan metaverse kavramı son yıllarda popülerlik kazanmaktadır. COVID-19 pandemisinde birçok eğitim kurumunun çevrimiçi öğretime geçmesiyle birlikte, metaverse'in fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitimi için yeni bir platform olarak kullanma potansiyeli artmıştır. Bu noktada fen eğitiminde metaverse kullanımı, öğrencilerin fizik, kimya ve biyoloji öğrenme biçimlerini dönüştürme potansiyeline sahiptir. Sürükleyici sanal ortamlar ve simülasyonlar ile öğrenciler karmaşık fen kavramları ve süreçleri hakkında daha derin bir anlayış kazanabilmektedir. Ayrıca sanal gerçeklik kullanımı, öğrencilere soyut ve görselleştirilmesi zor kavramların daha somut bir şekilde anlaşılmasını sağlayabilmektedir. Metaverse'i fen eğitimine dâhil etmenin teknik ve pedagojik zorlukları olsa da potansiyel faydaları oldukça fazladır

ve göz ardı edilmemelidir. Koçak ve diğerleri (2018) alanyazındaki araştırmalara dayanarak sanal dünyanın teknik ve pedagojik zorluklarını şöyle sıralamaktadır: (1) eğitimcilerin bu ortamların oluşturulması için gerekli olan temel bilgi ve becerilere sahip olmamaları, (2) ders içeriklerinin ve pedagojik unsurların sanal dünyalara entegre edilmesinin oldukça karmaşık ve zorlu bir süreç olması, (3) öğrenci gruplarının kontrol edilememesi ve senkronizasyon eksikliğidir. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, metaverse fen sınıflarında giderek daha önemli bir araç haline gelecektir. Fen eğitiminde metaverse kullanmanın en büyük avantajlarından biri, öğrencilere daha ilgi çekici ve interaktif bir öğrenme deneyimi sunmasıdır. Öğrenciler bilimsel kavramları sadece bir ders kitabında okumak yerine, bunları sanal bir dünyada görebilmekte ve deneyimleyebilmektedir. Bu durum öğrencilerin kavram, ilke ve genellemeleri anlamalarını ve akılda tutmalarını artırmaya yardımcı olabilmektedir. Metaverse'in bir diğer avantajı da işbirlikçi öğrenmeye olanak sağlamasıdır. Öğrenciler sanal dünyada birlikte çalışabilir, fikirlerini paylaşabilir ve projeler üzerinde gerçek zamanlı olarak iş birliği yapabilir. İletişim ve problem çözme becerilerini geliştirmenin yanı sıra yaratıcılığı ve yeniliği teşvik etmeye yardımcı olabilmektedir. Fen bilimleri eğitiminde metaverse ilişkin kavram haritasına Şekil 4'te yer verilmiştir.



Şekil 4. Fen bilimleri eğitiminde metaverse

Sanal laboratuvar ve simülasyon uygulamaları öğrencilerin öğrenme kazanımlarını ve kalıcı izli öğrenmeyi önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Scalise ve diğerleri (2011)

literatür sentezinde, sanal laboratuvar ve simülasyon uygulamaları için öğretim tasarımında en iyi örnekleri belirlemiştir. Bunlar arasında öğrencilerin sorgulamaya dayalı öğrenmeye katılmaları için fırsatlar sağlanması, geri bildirim verilmesi ve bilimsel olayların birden fazla temsiline izin verilmesi yer almaktadır. Peffer ve diğerleri (2015), öğrencilerin bir fen problemiyle anlamlı ve sorgulamaya dayalı bir şekilde ilgilenmelerini sağlayan “sorgulama temelli fen sınıfı” simülasyonu geliştirmiştir. Sanal fen sınıfında sorgulama simülasyonu, öğrencilere tipik bir sınıfın sınırları içinde gerçek hayattan otantik fen deneyimleri sunmak için tasarlanmıştır. Simülasyonların öğrencilerin öğrenme kazanımlarını teşvik etmede etkili olduğu görülmüştür. Byeon (2022), metaverse platformu kullanılarak biyoloji dersi için geliştirilen sorgulamaya dayalı programın, ilköğretim fen bilimlerinde üstün yetenekli öğrencilerin duyuşsal alanı üzerinde olumlu bir etki sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Tartışma simülasyonları da öğrencilere bilimsel süreçlerde ve karar alma sürecinde nasıl etkileşime geçileceğini öğretmede etkili olmaktadır. Stokes ve Selin (2014), küresel cıva sözleşmesi (Minamata Sözleşmesi) doğrultusunda “cıva oyunu” adlı bir tartışma simülasyonu geliştirmiştir. Simülasyonun, öğrencilerin çevresel sorunlara karşı duyarlılıklarının artmasında ve çevresel sorunlara karşı çözümler geliştirmelerinde etkili olduğu sonucu ortaya konulmuştur.

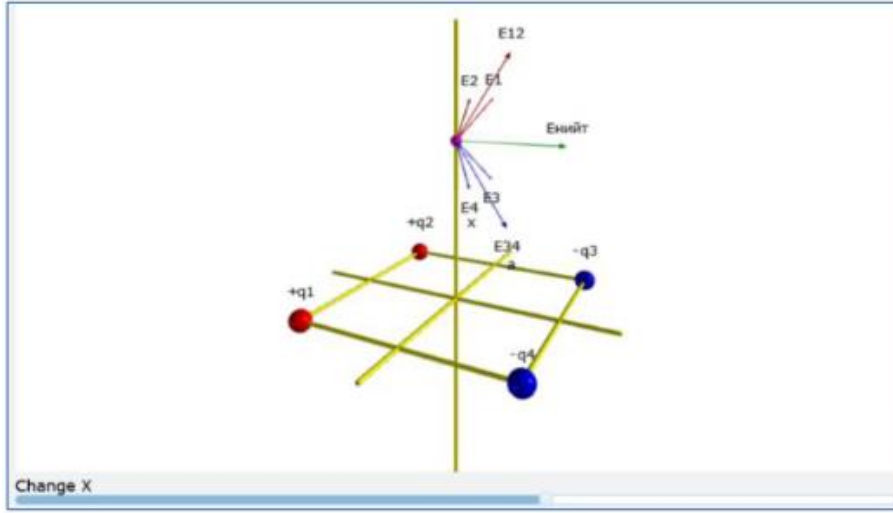
Fizik Eğitiminde Metaverse

Fizik eğitiminde metaverse’in faydalarından biri, öğrencilere daha sürükleyici ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunabilmesidir. Metaverse’in öğrencilere geleneksel sınıf ortamlarından daha ilgi çekici, sürükleyici ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sağlayabileceği belirtilmektedir (Cui vd., 2023; Mitra, 2023; Mustafa ve Khan, 2022; Mustafa, 2022; Park ve Kim, 2022; Rahman vd., 2023; Yu, 2022). Ayrıca, dünyanın her yerinden öğrenciler derse katılabildiği için metaverse geleneksel derslerden daha geniş bir kitleye ulaşma potansiyeline sahiptir (Park ve Kim, 2022). Metaverse internet bağlantısı olan her yerden erişilebilir olduğu için dünyanın her yerinden öğrenciler eğitimlere katılabilmektedir. Bu durum özellikle nitelikli eğitime erişimin sınırlı olduğu bölgelerde yaşayan öğrenciler için oldukça faydalı olmaktadır. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, daha fazla eğitim kurumunun fizik ve diğer disiplinleri öğretmek için metaverse uygulamalarına yöneleceği öngörülmektedir.

Fizik eğitiminde sanal laboratuvar simülasyonlarının kullanımına ilişkin araştırmalarda da ortaya çıktığı gibi metaverse uygulamaları da fizik öğretiminde etkili yollardan biri olacaktır (Alsharif, 2022; Panis ve Ki’i, 2017). Sanal simülasyonlar, öğrencilerin fizik kavramlarını anlamalarını geliştiren sürükleyici ve etkileşimli bir

öğrenme deneyimi sağlayabilir. Sanal simülasyonların kullanımı ayrıca öğrenciler için rahat, açık ve uygun bir öğrenme ortamı oluşturabilir. Bu da öğrencilerin fizik öğrenmeye yönelik motivasyonlarını ve girişimlerini artırabilmektedir (Liu ve Liang, 2020).

Bilgisayar modelleme ve simülasyonları da fizik kavramlarını öğretmek için kullanılmaktadır (Bayarsaikhan, 2022; Fernandez de Canete ve Martin-Aguilar, 2020; Šlekienė ve Ragulienė, 2011; Taub vd., 2018). Nesne yönelimli modelleme, modellenen sistemin gerçek yapısını temsil etmek için kullanılabilen çok alanlı dinamik bir sistemin fiziksel modellemesini desteklemektedir (Fernandez de Canete ve Martin-Aguilar, 2020). Simülasyon oluşturmaya yönelik programlama süreci, simülasyonların altında yatan fiziğin anlaşılmasını da teşvik etmektedir (Taub vd., 2018). 3D sanal model ile oluşturulan elektrostatik alan süperpozisyonu Şekil 5'te yer almaktadır.

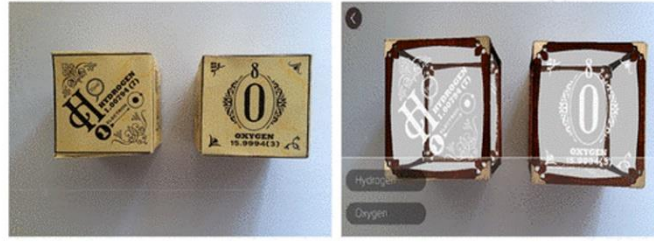


Şekil 5. 3D sanal model ile elektrostatik alan süperpozisyonu (Bayarsaikhan, 2022)

Şekil 5'te yük sistemi tarafından üretilen toplam elektrik alanının, yük sisteminin düzlemine dik bir ekseninde merkezde ne olacağına 3 boyutlu bir modelidir. Burada elektrik alan, elektrik alan kuvveti vektörü, yönü, elektrik alan süperpozisyonu, Coulomb yasası kolayca anlaşılabilir. Simülasyonların ve sanal modellerin kullanımı, fizik kavramlarını öğretmenin ve öğrencilerin konuyu anlamalarını geliştirmenin etkili bir yolu olmaktadır. Ancak, öğrenciler sanal deneylerin geleneksel laboratuvarın bir parçası olmasını tercih ettiklerinden, simülasyonların geleneksel laboratuvar deneylerinin yerini tamamen almaması gerektiğini belirtmek önemlidir (Alsharif, 2022).

Kimya Eğitiminde Metaverse

Metaverse, öğrencilerin öğrenme deneyimini geliştirmek için kimya eğitiminde uygulanabilmektedir. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımı kimya öğretiminde öğrenciler için sürükleyici ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sağlayabilmektedir (Nechypurenko vd., 2020). Kimya derslerine ait simülasyonlar, kimya eğitiminde sanal laboratuvar simülasyonlarının kullanımına ilişkin araştırmaların da gösterdiği gibi kimya öğretiminin etkili bir yoludur (Jones vd., 2021; O'Malley vd., 2015; Young, 2011). Sanal simülasyonların kullanımı, öğrenciler için rahat, açık ve uygun bir öğrenme ortamı oluşturabilir ve bu da kimya öğrenmeye yönelik öğrenme isteği ve girişimciliklerini artırabilmektedir (Chen vd., 2021). Zhao ve diğerleri (2022), sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımının, öğrencilerin "gerçek" moleküler yapıları ve kimyasal reaksiyonları anında keşfetmelerini ve moleküler hareketler perspektifinden makroskobik incelemeleri anlamalarını daha olumlu bir yönde etkilediği sonucuna varmıştır. Ayrıca, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımının, normal öğrencilerin yanı sıra özel eğitime gereksinimi olan öğrencilerin de akademik başarılarını artırabilmektedir (Badilla-Quintana vd., 2020). Bu konuda yapılan diğer araştırmalar da sanal ortamlarda gerçekleştirilen kimya öğretiminin, kimyadaki kimyasal reaksiyonlar ve moleküler yapılar gibi karmaşık kavramların öğretilmesinde etkili olabileceğini göstermiştir (Zhao vd, 2022; van Dinther vd., 2023). Yang ve diğerleri (2018), kimya öğretmeni adaylarının Mobil Artırılmış Gerçeklik (MAR) destekli kimya eğitimine yönelik algılarını ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu kapsamda yapılan araştırmada, Elements 4D gibi Mobil Artırılmış Gerçeklik uygulamaların, öğrencilerin kimyasal yapıları ve reaksiyonları görselleştirmelerine ve anlamalarına yardımcı olduğu ve artırılmış gerçeklik destekli kimya eğitimine önemli katkılar sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elements 4D'de Hidrojen (H) ve Oksijen (O) arasındaki kimyasal reaksiyonunun gösterimine Resim 2'de yer verilmiştir.

(a) Bloklar ayrı ayrı yerleştirilir**(b) Bloklar birbirlerinin yanına yerleştirilir**

Resim 2. Elements 4D’de Hidrojen (H) ve Oksijen (O) arasındaki kimyasal reaksiyonun gösterimi
(DAQRI, 2018, akt., Yang vd., 2018)

Resim 2’de gösterildiği gibi, Hidrojen (H) ve Oksijen (O) kâğıt bloklarını yan yana yerleştirirse, sıvı ürün (su, H₂O), ilgili kimyasal denklem ve ilgili bir kimyasal soru (bir su molekülünde kaç hidrojen atomu bulunur) ekranda görünmektedir. Metaverse’deki bir kimya dersinin potansiyel faydalarından biri, öğrencilere daha ilgi çekici ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sağlayabilmesidir. Sanal ortamlar, öğrencilerin kimyasal yapıları ve reaksiyonları geleneksel bir sınıf ortamında mümkün olmayan şekillerde görselleştirmelerine ve üzerinde çalışmalarına imkân tanımaktadır (Taş ve Bolat, 2022; Zhao vd., 2022). Sanal simülasyonlar bilgisayar modelleme ve simülasyonları da kimya kavramlarını öğretmek için kullanılmaktadır. Kimya eğitiminde sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, öğrenme hedeflerine ulaşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Nechypurenko, 2020). Sürükleyici Sanal Gerçekliğin (IVR) kullanımı, öğrencilerin kimyaya olan ilgisini artırmakta ve kimya eğitimini cazip hale getirerek anlamlı kimya öğrenimini desteklenmektedir (van Dinther vd., 2023). Clauss ve Nelsen (2009), hesaplamalı moleküler modellemeyi lisans organik kimya laboratuvarı müfredatına entegre etmek için bir öğretim birimi tanımlanmıştır. Yaklaşım, hesaplamalı modellemenin yapı ve reaktiviteyi anlamak, ürünleri tahmin etmek ve laboratuvarda gerçekleştirilen organik reaksiyonların sonuçlarını rasyonelleştirmek için hazır, etkili bir araç olarak kullanımını vurgulamıştır. Simülasyon oluşturmaya yönelik programlama süreci, simülasyonlarla kimyanın öğrenilmesini de kolaylaştırmaktadır (Jones vd., 2021). Simülasyonların ve sanal modellerin kullanımı, kimya öğretiminin ve öğrencilerin

konuyu anlamalarını geliştirmenin etkili bir yolu olmaktadır. Ancak, öğrenciler sanal deneylerin geleneksel laboratuvarın bir parçası olmasını tercih ettiklerinden, simülasyonların geleneksel laboratuvar deneylerinin yerini tamamen alamayacağı da belirtilmelidir (Young, 2011). Son yıllarda fen eğitiminde kullanılan metaverse uygulamaları kimya eğitiminde de yaygınlaşmaktadır (Damar, 2021). Bunların yanı sıra metaverse’de tıbbi kimya alanında da eğitimler verilmektedir (Grieco, 2022). Artırılmış gerçekliğin öğretim programlarına entegrasyonu, bu uygulamaların eğitim ortamlarında kullanımını yaygınlaştıracak ve öğrencilerin harmanlanmış öğrenme modeli ile daha etkili, kalıcı ve anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmelerine önemli katkılar sunacaktır.

Biyoloji Eğitiminde Metaverse

Biyoloji dersini simüle etmeye yönelik uygulamalar; oyunlaştırılmış sanal laboratuvar simülasyonları, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileridir. Öğrencilerin fen laboratuvarlarına katılımını ve öğrenme kapasitesi ile akademik başarısını artırmak için artırılmış gerçeklik teknolojilerini kullanmak önem arz etmektedir. Biyoloji dersi ile ilgili laboratuvar çalışmalarına yönelik bir başka yaklaşım da öğrencilerin simüle edilmiş bir ortamda temel biyoloji kavramlarını öğrenmeleri ve anlamaları için ilgi çekici ve etkileşimli bir yol sağlamak üzere oyunlaştırılmış laboratuvar (gamelab) simülasyonları ve sanal gerçeklik teknolojilerini kullanmaktır (Rai vd., 2019). Bu yaklaşım, öğrencilerin DNA (Deoksiribo Nükleik Asit) tabanlı teknolojiler hakkındaki bilgilerini geliştirmekte, temel biyoloji kavramlarını öğrenmede içsel motivasyonlarını yükseltmekte ve biyoloji dersine ilişkin öz yeterliliklerini arttırmaktadır. Bu simülasyonlar, öğrencilere gerçek bir laboratuvar ortamına benzer uygulamaya dayalı bir deneyim sunarak öğrendiklerini güvenli ve kontrollü bir ortamda uygulayabilmelerine ve uygulamaları defalarca tekrarlayıp sonuçlarını değerlendirebilmelerine imkân sunmaktadır. Oyunlaştırılmış sanal laboratuvar simülasyonları ise öğrenci katılımını ve öğrenme motivasyonunu arttırmaktadır. Rai ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada, artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının, öğrencilerin biyoloji kavramlarını öğrenmeye yönelik içsel motivasyonu ve biyolojiye giriş dersinde öz yeterliliği artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Bu doğrultuda metaverse vb. sanal gerçeklik uygulamalarının biyoloji eğitimine önemli katkılar sağlayacağı sonucuna varılmaktadır. Konuya ilişkin bir örnek sağlaması bakımından Labster’ın polimeraz zincir reaksiyonuna dair sanal laboratuvar simülasyonuna Resim 3’te yer verilmiştir.



Resim 3. Labster'in polimeraz zincir reaksiyonu sanal laboratuvar simülasyonunun ekran görüntüleri (Rai vd., 2019)

Şekil 9'da, oyun-lab simülasyonu (Polimeraz Zincir Reaksiyonu Laboratuvarı) Labster tarafından geliştirilmiştir (Rai vd., 2019). Simülasyonda öğrenciler doğrudan bir cinayetin işlendiği bir suç mahalline gönderilmektedir. Olay yerini araştırmak için öğrencilerin ilk görevi, katilin DNA izlerini bırakmış olması umuduyla kan örnekleri toplamak olmuştur. Öğrenciler daha sonra sanal laboratuvara giderek PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) kiti ve jel elektroforezi kullanarak toplanan numuneyi analiz ederek ve katilin kimliğini tespit edip edemeyeceklerini görmektedir.

Chang ve Yu (2019), artırılmış gerçeklik teknolojisini biyoloji eğitimine entegre ederek, öğrencilerin daha olumlu bir öğrenme tutumu benimsediklerini ve etkileşimli çalışma ve işbirlikçi öğrenme yoluyla temel biyoloji laboratuvarı bilgilerini daha iyi kavrayabildiklerini ortaya koymuştur. Burnette (2020), sanal ortamda laboratuvar protokollerinin akış şemalarının çizilmesinin öğrencilerin biyoloji laboratuvarlarına hazırlanmalarına yardımcı olabileceğini ifade etmektedir. Bu teknik, tüm öğrencilerin laboratuvara hazırlanmasını sağlamak için kullanılabilir ve mevcut biyoloji laboratuvarlarına entegre edilebilir. Biyoloji dersi laboratuvarını simüle etmek için, öğrencilerin genetik, biyokimya ve moleküler biyoloji konularındaki temel ilkeleri öğrenmelerini derinleştirmek amacıyla etkileşimli bilgisayar simülasyonları kullanılmaktadır (White ve Bolker, 2008). Bu simülasyonlar, öğrencilerin çaprazlamalar kurmasına, proteinler tasarlamasına, gen tasarlamasına ve daha sonra öğrencilerin yorumlayabileceği sonuçlar üretmek için bu ilkeleri uygulamasına olanak tanımaktadır. Simülasyonlar, öğrencilere yazılımı kullanırken rehberlik eden, araçları tanıtmakla başlayıp daha açık sorgulamaya doğru ilerleyen bir dizi laboratuvar alıştırmalarında kullanılabilir. Sanal platformlarda öğrencilerin biyoloji dersine

yönelik hazırbulunuşluk düzeylerini tespit etme, süreci öğrencilerin durumlarına göre düzenleyebilme, öğrenme çıktılarını belirleyebilme ve öğrenmeleri değerlendirebilme imkânı sunan etkili değerlendirme uygulamalar da mevcuttur (Sivaraman ve Baker, 2018). Madec ve diğerleri (2017), gerçekleştirdikleri çalışmada SPICE'in (Entegre Devre Ağırlıklı Simülasyon Programı) bir uzantısı olan BB-SPICE (Biyokimyasal ve Biyolojik Sistemler için SPICE), bir yandan biyolojik sistemlerin diğer yandan da elektronik devrelerin simülasyonu arasındaki boşluğu doldurmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu uygulama, sentetik biyoloji için tasarım araçlarının geliştirilmesi ve biyosensörlerin ve çip üzerinde laboratuvarın sanal prototipinin oluşturulması gibi her iki alan arasındaki arayüzde yer alan uygulamalar için uygundur. Biyoloji dersine yönelik yönelik artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamaları, etkileşimli ve sürükleyici deneyimler sağlayarak öğrencilerin fen derslerine ve laboratuvar deneylerine katılımını sağlamak ve öğrenci başarısını artırabilmektedir. Sonuç olarak metaverse uygulamaları dijital bilgileri gerçek dünyanın üzerine yerleştirerek öğrencilerin karmaşık biyolojik kavramlarını görselleştirmelerine ve anlamalarına yardımcı olabilmektedir.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Metaverse teknolojisinin fen eğitiminde kullanımı, öğrenciler için sürükleyici ve ilgi çekici bir öğrenme deneyimi sağlama potansiyeline sahiptir. Ayrıca, öğrenciler Metaverse'de deneyler tasarlamak ve yürütmek için birlikte çalışabileceklerinden iş birliğine dayalı öğrenme ve deney yapma fırsatları da sunmaktadır. Ancak, bu teknolojinin eğitimde etkili ve güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için zorlukların ve sınırlılıkların da dikkate alınması gereklidir. Metaverse uygulamalarının potansiyel dezavantajları da mevcuttur. Bu konudaki endişelerden biri öğrencilerin uzak bir konumdan katılmaları durumunda derse odaklanamayabilecekleri ya da katılamayabilecekleridir (Taş ve Bolat, 2022; Park ve Kim, 2022). Zayıf internet bağlantısı veya sanal ortamdaki aksaklıklar gibi teknik sorunlar da öğrenme deneyimini engellemektedir. Metaverse teknolojisinin eğitimde kullanımı, gizlilik ihlalleri ve güvenlik ihlalleri gibi sorunları da beraberinde getirmektedir (Wang, vd., 2022). Bu sorunları incelemek amacıyla Metaverse'in eğitimde kullanımına ilişkin çalışmaların bibliyometrik bir haritasını oluşturmak (Ji, vd., 2022), sanal gerçeklik ve yapay zeka ile yenilik yapma stratejilerini analiz etmek için araştırmalar yapılmıştır (Brzezinski ve Krzeminska, 2023). Bu doğrultuda

metaverse kullanımında karşılaşılan sorunların çözümüne yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Alanyazında ortaya konulan araştırmalar, metaverse'in fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde etkili bir araç olabileceğini göstermektedir. Metaverse, sanal gerçeklik tabanlı fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitimini bir üst seviyeye taşıma potansiyeline sahiptir ancak ele alınması gereken bazı sınırlılıklar da mevcuttur. Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe eğitimcilerin metaverse'in fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitimine yönelik kullanımını keşfetmeye devam edecektir. Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımı, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin öğrenme deneyimlerini geliştirebilmektedir. Bu teknolojilerin kullanımı, modern gerçeklik ve sanal gerçeklik araçlarının özelliklerinin dikkatlice değerlendirilmesini gerektirmektedir. Sürükleyici Sanal Gerçekliğin kullanımı da anlamlı fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitimini destekleyebilir. Fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımı, öğrencilerin soyut fen kavramlarını anlamalarını sağlamak ve laboratuvar becerilerini geliştirmek için etkili olduğu değerlendirilmektedir. Bu teknolojiler, fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde bilgi teknolojisi tabanlı eğitim kaynakları ve materyalleri geliştirmek için de kullanılabilir. Ayrıca geleneksel öğretimin eksikliklerinin üstesinden gelmek ve geleneksel 2D ekran kısıtlaması olmaksızın içeriğin 3D görselleştirilmesini sağlayarak sürükleyici bir deneyim sunmak için de kullanılabilirler. Bu doğrultuda artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin fen bilimleri eğitiminde kullanımı son yıllarda popülerlik kazanmıştır (Fuchsova ve Lilla, 2019; Garcia-Bonete, 2018; Shim vd., 2003; Stojšić ve Ostojić, 2022; Udin, 2020; Venkatesan vd., 2021). Bu teknolojilerin, erişilebilirlikleri ve uygun maliyetleri nedeniyle eğitimde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Venkatesan vd., 2021). Shim ve diğerleri (2003) araştırmalarında sanal gerçeklik teknolojisinin fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitimi için bilgi teknolojisi tabanlı eğitim kaynakları geliştirmek üzere bir eğitim aracı olarak kullanılabileceğini öne sürmektedir. Venkatesan ve diğerleri (2021), artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçeklik (MR) gibi 3B görselleştirme teknolojilerinin son on yılda popülerlik kazandığını ve erişilebilirlikleri ve uygun maliyetleri nedeniyle eğlenceden eğitime kadar çeşitli alanlarda kullanıldığını belirtmektedir. Stojšić ve Ostojić (2022) araştırmalarında, artırılmış gerçeklik genellikle geleneksel öğretimin eksikliklerinin üstesinden gelmek için biyoloji sınıflarına entegre edilebileceğini belirtmektedir. Garcia-Bonete ve diğerleri (2018), artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik tekniklerinin yapısal biyoloji öğretiminde ve makromoleküler yapılar gibi karmaşık veri setlerinin deneyimlenmesinde

kullanılabileceğini öne sürmektedir. Udin ve diğerleri (2020), sanal laboratuvarların biyoloji öğreniminde tüm eğitim seviyelerinde yaygın olarak kullanıldığını öne sürmektedir. Metaverse’de yer alan simülasyonlar, öğrencilerin öğrenme kazanımlarını elde etmelerinde ve gerçek hayattaki gibi otantik bilim deneyimleri sağlamada etkili olabilir. Metaverse’de tasarlanan sanal laboratuvar ve simülasyon uygulamaları, öğretim sürecinde sorgulamaya dayalı öğrenmeyi sağlayarak anında geri bildirim imkanı ile öğrenmeyi zihinde yapılandırma bakımından öğrencilere önemli katkılar sağlamaktadır (Scalise vd.,2011).

ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar incelendiğinde metaverse gibi sanal dünya uygulamalarının eğitimde kullanımı son yıllarda yaygınlaşmaya başladığı ve bu uygulamaların öğrenme-öğretme sürecine önemli katkıları olduğu görülmektedir. Bu noktadan hareketle geç kalmadan bir an önce bu alanda eğitim faaliyetleri oluşturulmalıdır. Bu kapsamda; eğitim programcılara, öğretmenlere, eğitim yöneticilerine, maarif müfettişlerine ve eğitimde politika geliştiricilere şu önerilerde bulunulabilir. Dijital yerli olarak ifade edilen günümüz çocukları ve gençleri sanal ortamlarda uzun vakit geçirmektedir. Öğrencileri, metaverse, second life vb. sanal uygulamalarda oluşturulacak eğitim faaliyetlerine kanalize ederek teknolojiyi etkili, verimli ve amacına uygun kullanmaları sağlanabilir. Chernev (2020)’nin de belirttiği üzere, e-öğrenme; öğrencilerin aldıkları derslere birçok kez erişimlerini sağlar, derslerin güncellenmesi sonrası kolay erişimi, fiziksel konum ihtiyacının ortadan kalkması ve dünyanın her yerinden birçok kişi ile aynı anda eğitim imkânları açısından önemlidir. Bu bağlamda öğrencilerin okullarda bulunma süreleri azaltılarak derslerin bir kısmı sanal dünyada oluşturulacak eğitim platformlarında yürütülebilir. Birçok kurumun ve üniversitenin yaptığı gibi eğitim kurumları sanal dünyada gerçek yaşamdakine benzer şekilde oluşturulabilir ve öğrencilerin sanal dünyadaki okula gelmeleri ve öğrenim görmeleri sağlanabilir. Bu noktada öğretmenlerin de bu konuda hazır bulunuşluklarının sağlanması gerekmektedir. Bu bakımdan bu uygulamalara dair eğitimcilere uygulamaya dayalı hizmeti içi eğitimler verilerek sanal dünya uygulamalarını aktif bir şekilde kullanmaları sağlanabilir. Aynı şekilde üniversiteler de sanal dünyada yerlerini alarak ön lisans, lisans, lisansüstü eğitimlerini ve sertifika programlarını bu alanlarda yürütebilirler.

Uygulayıcılara yönelik önerilere de şu şekilde sunulabilir. Türkiye’de Metaverse vb. sanal gerçeklik uygulamalarına ilişkin deneysel çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bilimsel veritabanları incelendiğinde fen eğitiminde metaverse yönelik

çalışmaların olduğu, ancak bunların çok azının deneysel çalışm olduğu görülebilir. Bu konuda metaverse’de eğitim platformları oluşturularak öğrencilerin bu alanlarda gerçekleştirdiği çalışmaların etkililiği incelenebilir. Ayrıca öğrencilerin ve öğretmenlerin bu konuda farkındalıklarını belirlemeye yönelik nicel, nitel ve karma yöntemle araştırmalar yapılabilir. Metaverse ile ilgili uygulama örnekleri geliştirmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir. Bu çalışmalar ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim düzeyinde gerçekleştirilebilir. Ayrıca metaverse’in yetişkin eğitiminde kullanımına yönelik çalışmalar ortaya konulabilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Her bir araştırmacı çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çatışma Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çatışma durumu bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abd Majid, N.A., & Abd Majid, N. (2018). Augmented reality to promote guided discovery learning for STEM learning. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 8(4-2), 1494-1500. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.4-2.6801>
- Akbari, W. A., Tukino, T., Huda, B., & Muslih, M. (2023). Sentiment analysis of twitter user opinions related to metaverse technology using lexicon based method. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 8(1), 195-201. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i1.11992>
- Alkan, S., & Bolat, Y. (2022). Eğitimde metaverse: Bilgilendirici bir literatür taraması. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 9(32), 267-295.
- Alsharif, A. M. (2022). Effect of using virtual lab simulations on student’s learning in online general physics courses. *International Journal of Education (IJE)*, 14(3), 89-99. <https://doi.org/10.5296/ije.v14i3.19931>
- Andembubtob, D. R., Keikhosrokiani, P., & Abdullah, N. L. (2023). A review on virtual reality and eduverse: History and technical perspectives. In P. Keikhosrokiani (Ed.), *Handbook of research on consumer behavioral analytics in metaverse and the adoption of a virtual world* (pp. 89-111). IGI Global Publishing.
- Badilla-Quintana, M. G., Sepulveda-Valenzuela, E., & Salazar-Arias, M. (2020). Augmented reality as a sustainable technology to improve academic achievement in students with and without special educational needs. *Sustainability*, 12(19), 8116. <https://doi.org/10.3390/su12198116>
- Bayarsaikhan, A. (2022). Ерөнхий суурийн физикийн хичээлийн виртуал загвар бүтээж сургалтад ашиглах нь. *Физик сэтгүүл*, 562(33), 48-51. <https://doi.org/10.22353/physics.v33i562.937>

- Bhattacharya, P., Saraswat, D., Savaliya, D., Sanghavi, S., Verma, A., Sakariya, V., Tanwar, S., Sharma, R., Raboaca, M. S., & Manea, D.L. (2023). Towards future internet: The metaverse perspective for diverse industrial applications. *Mathematics*, 4(11), 941. <https://doi.org/10.3390/math11040941>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Brzezinski, M., & Krzeminska, I. (2023). The strategies for innovating with virtual reality and artificial intelligence: A literature review. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, 8, 72-83. <https://doi.org/10.47577/technium.v8i.8671>
- Burnette, K. A. S. (2020). Drawing flowcharts of lab protocols helps students prepare for biology labs. *Coursesource (CS)*, (7), 1-4. <https://doi.org/10.24918/cs.2020.2>
- Byeon, J. (2022). The effect of biology inquiry program using metaverse platform on the affective field of elementary science gifted student. *Korean Assoc Learner-Centered Curric Instr*, 13(22), 641-657. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2022.22.13.641>
- Canbay, Y., Utku, A., & Canbay, P. (2022). Privacy Concerns and Measures in Metaverse: A Review. In *2022 15th International Conference on Information Security and Cryptography (ISCTURKEY)* (pp. 80-85). IEEE.
- Chang, R.-C., & Yu, Z.-S. (2019). Using augmented reality technologies to enhance students' engagement and achievement in science laboratories. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)* 16(4), 54-72. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2018100104>
- Chen, D., & Zhang, R. (2022). Exploring research trends of emerging technologies in health metaverse: A bibliometric analysis. SSRN.
- Chen, M. L., Yu, Y., Yang, T., Zhao, S. G., Yang, C., Bai, J., & Wang, J. H. (2021). Practices for constructing courses of analytical chemistry. *University chemistry*, 9(36), 2106039-0. <https://doi.org/10.3866/pku.dxxh202106039>
- Chengoden, R., Victor, N., Huynh-The, T., Yenduri, G., Jhaveri, R.H., Alazab, M., Bhattacharya, S., Hegde, P., Maddikunta, P. K. R., & Gadekallu, T.R. (2023). Metaverse for healthcare: a survey on potential applications, challenges and future directions. *IEEE Access*, (11), 12765-12795. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3241628>
- Chernev, B. (2019). 21 Astonishing e-learning statistics for 2019. <https://techjury.net/stats-about/elearning/#gref>
- Clauss, A. D., & Nelsen, S. F. (2009). Integrating computational molecular modeling into the undergraduate organic chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 86(8), 955-958. <https://doi.org/10.1021/ed086p955>
- Cui, L. B., Zhu, C. Z., Hare, Z., & Ying, T. (2023). MetaEdu: A new framework for future education. *11 January 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2432661/v1>
- Çepni, S. (2009). *Araştırma ve projeye giriş* (genişletilmiş 4. Baskı). Celepler Matbaacılık.

- Damar, M. (2021). Metaverse shape of your life for future: A bibliometric snapshot. *Journal of Metaverse*, 1(1), 1-8.
- Durak, G., & Çankaya, S. (2023). Metaverse technologies and applications in the future of online learning. In G. Durak & S. Cankaya (Eds.), *Shaping the future of online learning: Education in the metaverse* (pp. 1-16). IGI Global.
- Fernandez de Canete J., & Martin-Aguilar J. (2020). Ship-course modeling and control using the SIMSCAPE physical modeling environment. *SIMULATION*, 97(4), 247-266. <https://doi.org/10.1177/0037549720974751>
- Fuchsova, M., & Lilla, K. (2019). Visualisation in basic science and engineering education of future primary school teachers in human biology education using augmented reality. *European Journal of Contemporary Education*, 8(1). <https://doi.org/10.13187/ejced.2019.1.92>
- Garcia-Bonete, M. J., Jensen, M., & Katona, G. (2018). A practical guide to developing virtual and augmented reality exercises for teaching structural biology. *Biochem Molecular Bio Educ*, 47(1), 16-24. <https://doi.org/10.1002/bmb.21188>
- Guo, H., & Gao, W. (2022). Metaverse-powered experiential situational english-teaching design: an emotion-based analysis method. *Frontiers in Psychology*, 13, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>
- Gupta, P. (2023). Understanding consumer behavior in virtual ecosystems: adoption of immersive technologies in metaverse among consumers. In P. Keikhosrokiani (Ed.), *Handbook of Research on Consumer Behavioral Analytics in Metaverse and the Adoption of a Virtual World* (pp. 130-152). IGI Global Publishing.
- Grieco, P. (2022). Virtual and augmented reality applications in medicinal chemistry. *Future Medicinal Chemistry*, 14(20), 1417-1419. <https://doi.org/10.4155/fmc-2022-0213>
- Hatzilygeroudis, I. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- He, X. (2022). The innovative development of chinese vocational education from the perspective of the metaverse. *Journal of Education and Educational Research*, 2(1), 8-12. <https://doi.org/10.54097/jeer.v1i2.3046>
- Herdman, E. A. (2006). Derleme makale yazımında, konferans ve bildiri sunumu hazırlamada pratik bilgiler (Çev., Z. Dörtbudak). *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 3(1), 2-4.
- Hwang, G-J., & Chien, S-Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3(2022), 100082. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>
- Ji, M., Xi, X., Kim, H., Zhou, Y., Kim, S., & Park, C. (2022). A comparative analysis of English language learning trends in Korea and China using the metaverse. *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange (APJCRI)*, 8(7), 127-136. <https://doi.org/10.47116/apjcri.2022.07.12>

- Jones, E. V., Shepler, C.G., & Evans, M. J. (2021). Synchronous online-delivery: A novel approach to online lab instruction. *Journal of Chemical Education*, 98(3), 850-857. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01365>
- Kaddoura, S., & Al Hussein, F. (2023). The rising trend of Metaverse in education: challenges, opportunities, and ethical considerations. *Peerj Computer Science*, 9, e1252. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1252>
- Kanematsu, H., Kobayashi, T., Barry, D. M., Fukumura, Y., Dharmawansa, A., & Ogawa, N. (2014). Virtual STEM class for nuclear safety education in metaverse. *Procedia Computer Science*, 35, 1255-1261. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.224>
- Koçak, Ö., Yılmaz, T. K., & Göktaş, Y. (2018). Bir öğrenme ortamı olarak sanal dünyaların tasarımında karşılaşılan pedagojik zorluklar. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 8(2), 157-170.
- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18(32), 1-13. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
- Lee, J. A. (2021). Study on metaverse hype for sustainable growth. *International Journal of Advanced Smart Convergence*, 10(3), 72-80. <https://doi.org/10.7236/IJASC.2021.10.3.72>
- Liu, W., & Liang, R. (2020). The application of virtual simulation software in university physics teaching. *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Management Science and Engineering (IC-AMSE 2020)*. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200402.020>
- Lu, Y., Xu, Y., & Zhu, X. (2021). Designing and implementing VR2E2C, a virtual reality remote education for experimental chemistry system. *Journal of Chemical Education*, 8(98), 2720-2725. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00439>
- Madec, M., Lallement, C., & Haiech, J. (2017). Modeling and simulation of biological systems using SPICE language. *PLoS ONE* 12(8), e0182385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182385>
- Mitra, S. (2023). Metaverse: A potential virtual-physical ecosystem for innovative blended education and training. *Journal of Metaverse*, 3(1), 66-72. <https://doi.org/10.57019/jmv.1168056>
- Mo, J., & Mo, F. (2023). A Study of online learning context optimization strategies under the metaverse perspective. *Journal of Education, Society and Behavioural Science*, 36(1), 30-42. <https://doi.org/10.9734/jesbs/2023/v36i11201>
- Mustafa, A., & Kahan, S. (2022). Evaluating the potential of metaverse and its impact on primary and secondary school education in Jammu & Kashmir. *Gap Bodhi Taru A Global Journal Of Humanities*. V(IV) 145-155. <https://doi.org/10.47968/gapbodhi.540032>
- Mustafa, B. (2022). Analyzing education based on metaverse technology. *Technium Social Sciences Journal (TSSJ)*, 32, 278-295. <https://doi.org/10.47577/tssj.v32i1.6742>
- Narin, N. G. (2021). A content analysis of the metaverse articles. *Journal of Metaverse*, 1(1), 17-24.
- Nechypurenko, P., Stoliarenko, V., Starova, T., Selivanova, T., Markova, O., Modlo, Y., & Shmeltser, E. (2020). Development and implementation of educational resources in chemistry with elements of augmented reality. *CEUR Workshop Proceedings*. 156-167.

- O'Malley, P. J., Agger, J. R., & Anderson, M. W. (2015). Teaching acChemistry MOOC with a virtual laboratory: Lessons learned from an introductory physical chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 10(92), 1661-1666. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00118>
- Panis, I. C., & Ki'i, O.A. (2017). The utilizing of phet simulation as a computer-based learning media to improve the understanding of college student's physics concepts. *Proceedings of the 1st Yogyakarta International Conference on Educational Management/Administration and Pedagogy (YICEMAP 2017)*. <https://doi.org/10.2991/yicemap-17.2017.10>
- Park, J. Y., & Kim S. Y. (2022). An inquiry about how to practice convergent physical education class based on capabilities for introducing the 2022 revised physical education curriculum: Focusing on the utilization of educational space in the metaverse. *Korean Assoc Learner-Centered Curric Instr*, 20(22), 593-610. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2022.22.20.593>
- Park, S., & Kim, S. (2022). Identifying world types to deliver gaming experiences for sustainability learning in the metaverse. *Sustainability*, 14(3), 1361. <https://doi.org/10.3390/su14031361>
- Peffer, M.E, Beckler, M.L, Schunn, C., Renken, M., & Revak, A. (2015). Science classroom inquiry (sci) simulations: A novel method to scaffold science learning. *PLoS ONE* 10(3), e0120638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120638>
- Pooyandeh, M., Han, K. J., & Sohn, I. (2022). Cybersecurity in the AI-Based Metaverse: A Survey. *Applied Sciences*, 12(24), 12993. <https://doi.org/10.3390/app122412993>
- Prakash, A., Haque, A., Islam, F., & Sonal, D. (2023). Exploring the potential of metaverse for higher education: Opportunities, challenges, and implications. *Metaverse Basic and Applied Research*, 2, 40. <https://doi.org/10.56294/mr202340>
- Rahman, K. R., Shitol, S. K., Islam, M. S., Iftekhar, K. T., & Saha, P. (2023). Use of metaverse technology in education domain. *Journal of Metaverse*, 3(1), 79-86. <https://doi.org/10.57019/jmv.1223704>
- Rai, B., Tan, H. S., & Leo, C. H. (2019). Bringing play back into the biology classroom with the use of gamified virtual lab simulations. *Journal of Applied Learning & Teaching (JALT)*, 2(2). <https://doi.org/10.37074/jalt.2019.2.2.7>
- Rojas Concepción, A. A., & Guerra Chagime, R. (2022). World Metaverse Index (WMI): a necessary tool for assessing metaverse implementation and its impact globally. *Metaverse Basic and Applied Research*, 1, 5. <https://doi.org/10.56294/mr>
- Sankofa, N. (2022). Critical method of document analysis. *International Journal of Social Research Methodology*, (online first), <https://doi.org/10.1080/13645579.2022.2113664>
- Scalise, K., Timms, M., Moorjani, A. Clark, L. K., Holtermann, K., & Irvin, S. (2011). Student learning in science simulations: Design features that promote learning gains. *Journal of Research in Science Teaching*, 9(48), 1050-1078. <https://doi.org/10.1002/tea.20437>
- Shim, K. C., Park, J. S, Kim, H. S., Kim, J. H., Park, Y. C., & Ryu, H. I. (2003). Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, 2(37), 71-74. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655854>

- Sivaraman, V., & Baker, E. J. (2018). Evaluation of students scientific and medical literacy after performing laboratory exercises in a microbiology laboratory for non-majors. *International Journal for Innovation Education and Research*, 6(2), 124-143. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol6.iss2.956>
- Šlekienė, V., & Ragulienė, L. (2011). The creation of information website “fullerenes” as an educational tool. *Problems of Education in the 21st Century (PEC)*, 1(37), 109-118. <https://doi.org/10.33225/pec/11.37.109>
- Smart, E. J., Cascio, J., & Paffendorf, J. (2007). *Metaverse Roadmap Overview*, Acceleration Studies Foundation.
- Stojić, I., & Ostojić, N. (2022). Students’ acceptance of mobile augmented reality applications in primary and secondary biology education. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*, 3(10), 129-138. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2022-10-3-129-138>
- Stokes, L. C., & Selin, N. E. (2014). The mercury game: evaluating a negotiation simulation that teaches students about science-policy interactions. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 3(6), 597-605. <https://doi.org/10.1007/s13412-014-0183-y>
- Swart, A. (2015). Student usage of a learning management system at an open distance learning institute: A case study in electrical engineering. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 52(2), 142–154. <https://doi.org/10.1177/0020720915575925>
- Talan, T. (2021). Augmented reality in STEM education: Bibliometric analysis. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 4(4), 605-623. <https://doi.org/10.46328/ijte.136>
- Taş, N., & Bolat, Y. I. (2022). Bibliometric mapping of metaverse in education. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 5(3), 440-458. <https://doi.org/10.46328/ijte.323>
- Taub, R., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2018). Physics conceptual understanding in a computational science course. *The Journal of Computational Science Education (JOCSE)*, 2(9), 2-13. <https://doi.org/10.22369/issn.2153-4136/9/2/1>
- Udin, W. N., & Ramli, M. (2020, April). Virtual laboratory for enhancing students’ understanding on abstract biology concepts and laboratory skills: a systematic review. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4), 042025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042025>
- van Dinther, R., de Putter, L., & Pepin, B. (2023). Features of immersive virtual reality to support meaningful chemistry education. *Journal of Chemical Education*. 100 (4), 1537-1546. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01069>
- Venkatesan, M., Mohan, H., Ryan, J. R., Schürch, C. M., Nolan, G. P., Frakes, D. H., & Coşkun, A. F. (2021). Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Reports Medicine*, 7(2), 100348.1-13. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100348>
- Vladimirov, I., Nenova, M., Nikolova, D., & Terneva, Z. (2022). Security and Privacy Protection Obstacles with 3D Reconstructed Models of People in Applications and the Metaverse: A Survey. *2022 57th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICEST55168.2022.9828791>

- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Liu, D., Xing, R., Luan, T. H., & Shen, X. (2022) A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1(25), 319-352. <https://doi.org/10.1109/comst.2022.3202047>
- White, B., & Bolker, E.D. (2008). Interactive computer simulations of genetics, biochemistry, and molecular biology. *Biochem. Biochemistry and Molecular Biology Education*, 1(36), 77-84. <https://doi.org/10.1002/bmb.20152>
- Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile augmented reality assisted chemical education: Insights from Elements 4D. *Journal of Chemical Education*, 6(95), 1060-1062. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017>
- Yenipınar, U., & Kardaş, K. (2019). Turizm Rehberliği bölümleri müfredat geliştirme önerisi. *Journal of Travel and Tourism Research*, 14, 1-26.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Young, V. Y. (2011). Using Texas Instruments emulators as teaching tools in quantitative chemical analysis. *Journal of Chemical Education*, 10(88), 1442-1443. <https://doi.org/10.1021/ed100706h>
- Yu, J. E. (2022). Exploration of educational possibilities by four metaverse types in physical education. *Technologies*, 5(10), 104. <https://doi.org/10.3390/technologies10050104>
- Zhao, R., Chu, Q., & Chen, D. (2022). Exploring chemical reactions in virtual reality. *Journal of Chemical Education*, 4(99), 1635-1641. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01040>
- Zhou, B. (2022). Building a smart education ecosystem from a metaverse perspective. *Mobile Information Systems*, 1938329, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/1938329>