

STEM EĞİTİMİ İÇİN SANAL LABORATUVAR OLUŞTURULMASI

Yrd. Doç. Dr. Sinan Uğuz
Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi
sinanuguz@sdu.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Okan Oral
Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
okan@akdeniz.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Bekir Aksoy
Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi
bekiraksoy@sdu.edu.tr

Özet

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin okul öncesinden yükseköğretime kadar tüm eğitim sürecini kapsayan, farklı disiplinlerin birbirleri ile ilişkilendirildiği ve zorlu akademik kavramların gerçek dünyadaki derslerle birleştirildiği eğitim yaklaşımıdır. STEM eğitiminin çoğu geleneksel sınıf eğitiminden daha fazla maliyete sahiptir. Çünkü STEM eğitimi büyük oranda laboratuvar eğitimine dayanır. Bu yüzden bu sorunun çözümünde sanal laboratuvarların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada STEM eğitimi için internet ortamında yer alan sanal laboratuvar örneklerinin incelenmesinin yanı sıra ortaöğretim kimya dersindeki öğrencilerin faydalanabilmeleri için geliştirilmiş bir sanal laboratuvar uygulaması tanıtılmaktadır. Ayrıca çalışma sanal laboratuvar oluşturmak isteyenler için bir yol haritası niteliğindedir.

Anahtar Sözcükler: STEM eğitimi, Sanal Laboratuvar, Uzak Laboratuvar, Kimya Eğitimi.

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL LABORATORY FOR STEM EDUCATION

Abstract

The STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) education is an educational approach, which were associated with each other of different disciplines, covering the whole education process from pre-school to higher education of mathematics, science, technology and engineering, and combined with real world lessons of difficult academic concepts. Most STEM education has more cost than traditional classroom education. Because, STEM education is substantially based on laboratory education. Therefore, the development of virtual laboratories is of great importance in solving of this problem. In this study, it is introduced a virtual laboratory application that developed for benefit of students in secondary school chemistry course as well as of examination the virtual laboratory samples on the internet for STEM education.

Keywords: STEM Education, Virtual Laboratory, Remote Laboratory, Chemical Education.

GİRİŞ

Günümüz dünyasında geleceğe yatırım yapan ülkeler, katma değeri yüksek teknolojik ürünler üretme yeteneğine sahip ülkeler kategorisinde değerlendirilebilir. Ülkelerin gelişmişliğinin ekonomileri ile doğru orantılı olduğu 21. yüzyılda, büyüme hedeflerine giden yol inovasyondan geçmektedir. Günümüzde bir ülke inovasyonda hem uyguladığı eğitim politikaları ile hem de özel sektörün ve devlet kurumlarının çabaları ile gelişim gösterebilir. Bilgi teknolojilerindeki uygulamalara bakıldığında artık disiplinler arası işbirliğinin kaçınılmaz olduğu bir gerçektir. İlköğretimden üniversiteye kadar eğitimin tüm aşamalarında

eğitim politikalarının farklı disiplinler arasında bağ kurularak belirlenmesi bir gereklilik halini almıştır. Bilginin ezberlenmesine ağırlık verilen geleneksel eğitim sisteminde öğrencilerin inovatif becerilerinin geliştirilmesi mümkün olmamaktadır. Disiplinler arası bir yaklaşıma sahip, öğrenci merkezli, işbirlikçi ve proje temelli bir eğitim ortamının sağlanması öğrencilerin problem çözme, yaratıcılık ve yenilikçi yaklaşımlar kazanmasını teşvik edecektir (Eguchi,2015).

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin okul öncesinden yükseköğretime kadar tüm eğitim sürecini kapsayan, farklı disiplinlerin birbirleri ile ilişkilendirildiği ve zorlu akademik kavramların gerçek dünyadaki derslerle birleştirildiği eğitim yaklaşımıdır (Aydeniz, Cakmakci, ve H. Ertepinar, 2015) (Lantz,2009). STEM eğitimi sayesinde öğrencilerin eğitim dönemlerinin ilk yıllarından itibaren disiplinler arası bir bakış açısı kazandırılması, teorik bilgilerin uygulamalı olarak hayata geçirilmesi, günümüzde STEM eğitime verilen önemi daha da artırmaktadır. Ülkeler bu bağlamda okul, toplum, iş ve küresel girişim arasında STEM okuryazarlığının geliştirilmesini destekleyerek, yeni dünya ekonomisinde rekabet edebilme yeteneği kazanabilirler.

STEM eğitiminin gerekliliğini sadece ülkelerin ekonomik olarak geleceğe yaptıkları bir yatırım olarak görmemek gerekir. Günümüzde bireysel ve toplumsal kararların alınmasında, tıbbi tanıların anlaşılmasında ve daha birçok mesleki düzeyde bilgisayar tabanlı birçok uygulamanın kullanılması, STEM hakkında bilgi sahibi olunmasını kaçınılmaz hale getirmiştir (Council,2011).

Matematik ve fen gibi farklı disiplinlerin içeriklerinin birbirleri ile ilişkilendirilmesi uygulaması yeni bir fikir olmayıp, 1800'ü yılların sonunda tarım okul sistemini standartlaştırmak için Harvard'da ki "Commite of ten" tarafından ortaya koyulmuştur. Bugün kullandığımız STEM kısaltması 1990'ların başında National Science Foundation tarafından kullanılmıştır fakat o dönemde konunun okul müfredatlarına entegre edilmesi düşünülmemiştir (Ostler,2012).

Son yıllarda pek çok ülke disiplinler arası STEM eğitimi için fen ve mühendislik eğitimi politikalarında önemli değişimlere giderek müfredatlarını STEM eğitime göre yeniden dizayn etmişlerdir. Bu politikalar hem mühendislik hem de bilimsel alanların uygulama çalışmalarına odaklanmakla kalmayıp aynı zamanda mühendislik, bilim, teknoloji ve toplum arasındaki etkileşimleri içerecek şekilde matematik ve bilgisayar kullanımına da odaklanmıştır (Wang, Guo, ve Jou, 2015).

STEM uzmanları, küresel pazarda ülke sanayilerinin rekabet edebilirliğini belirleyecektir. Birçok gelişmiş ülke, STEM eğitiminin önemini fark etmiş ve yükseköğretimde STEM eğitiminin kalitesini artırmak için önemli yatırımlar yapmıştır (Wang, Guo, ve Jou, 2015).

STEM eğitimi savunan ve uygulayan ülkeler ortaöğretime tamamlayan öğrencileri STEM alanlarındaki iş pazarına yönlendirerek aslında ekonomiye önemli katkı sağlamaktadırlar. 2008 yılında Çin'in 500.000, Hindistan'ın ise 200.000 mühendisi istihdam etmesi iş gücüne sadece 70.000 mühendis kazandıran ABD'de bir endişe yaratmıştır. Aslında nüfus oranlarına bakıldığında bu sonuç normal olarak görülse de mühendislik ve teknolojik alanların ekonomiye yönlendiren temel unsurlar olması nedeniyle ABD'nin STEM eğitime daha fazla önem vermesine sebep olmuştur (Roberts,2012).

Özellikle ABD'de STEM eğitimi ile ilgili birçok çalışma yapıldığı ve çeşitli raporlar ile STEM eğitimi hakkında analizler ortaya koyulduğu görülmektedir. PCAST tarafından 2010 yılında yayınlanan raporda (PCAST,2010), STEM eğitiminin USA'nın uluslararası liderliğini korumasında, çevre, sağlık, ulusal güvenlik ve enerji gibi alanlarda büyük sorunları çözmesinde gelecekte ne kadar başarılı olacağını belirlenmesinde önemli bir yeri olduğu belirtilmiştir. Ayrıca temel keşifler yapma, dünya ve evren hakkındaki anlayışın gelişmesinde mühendisler, matematikçiler ve teologlar yetişmesinde önemli katkı sağlayacağı ifade edilmiştir. ABD'de STEM alanlarında istihdam edilecek çalışan sayısının 2008 yılından 2018 yılına kadar %17 oranında bir büyüme kaydetmesi öngörüldürken bu oran STEM alanları dışındakiler için %9,8'dir (Langdon, Beedec ve Doms, 2011). Bu verilere göre, ABD'nin istihdam konusundaki planlamalarda STEM mesleklerinin ön plana çıkacak olması, ülkenin STEM eğitimi konusunda farkındalığa sahip olduğunu göstermektedir.

STEM eğitimi ile ileri derecede kariyer ve eğitim yapan öğrenci sayısının artırılması, STEM ile ilgili kariyere devam etmeyen veya STEM disiplinlerinde çalışmayan kişilerin okuryazarlıklarının artırılması STEM eğitimini hedefleyen ülkeler için dikkate alınmalıdır (Council, 2011).

Günümüzde sosyal medya ve semantik web yenilikçi öğrenme ortamları arasında öne çıkmaktadır. Ayrıca mekatronik mühendisliği aktiviteleri arasında sayılabilecek robotik uygulamaları ile veri toplama aygıtları ve tablet bilgisayarlar diğer teknolojik ortamlar arasında sayılabilir (Org ve diğ., 2014). STEM eğitiminde kullanılabilecek yeni nesil teknolojilerden bazıları ise online işbirliği araçları, oyunlar, simülasyonlar, sanal gerçeklik, zeki eğitim sistemleri, online ve karma öğrenme ortamları olarak sayılabilir (The United States Department of Education, 2016).

United States Department of education tarafından yayınlanan STEM eğitimi için kaynaklar raporunda (The United States Department of Education, 2017), STEM öğrenmeyi desteklemek için bir takım önerilerde bulunulmuştur. Bunlar, öğrencilere mobil öğrenme cihazları sağlanması, engelli öğrencilere yardımcı teknolojik cihazlar sağlanması, laboratuvarlar ve belli konular için özel alanlar oluşturulması, İngilizce öğretiminin desteklenmesi, STEM uzmanları ile eğitimcileri irtibat halinde tutmak için gerekli teknolojinin sağlanmasıdır.

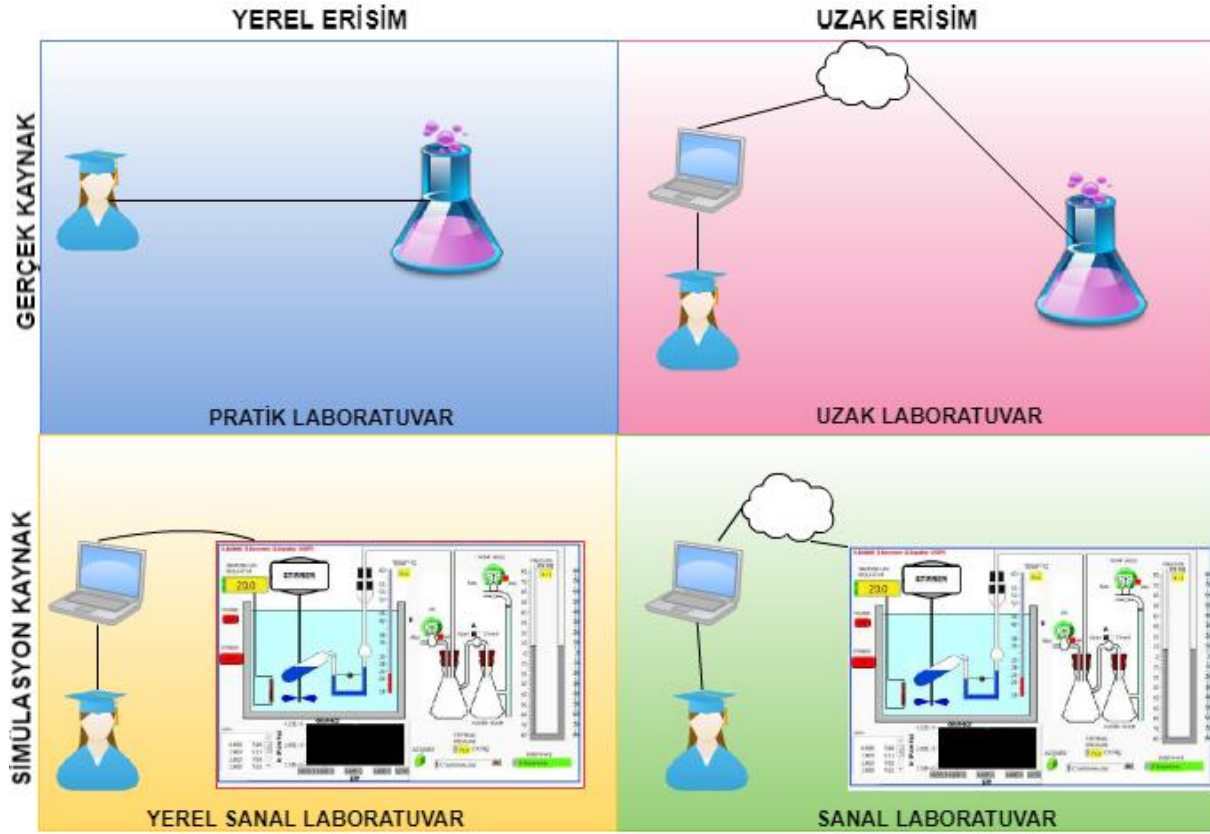
STEM eğitiminin çoğu geleneksel sınıf eğitiminden daha fazla maliyete sahiptir. Çünkü STEM eğitimi büyük oranda laboratuvar eğitime dayanır (Langdon, Beedec ve Doms, 2011). Bu yüzden bu sorunun çözümünde sanal laboratuvarların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada STEM eğitimi için internet ortamında yer alan sanal laboratuvar örneklerinin incelenmesinin yanı sıra ortaöğretim kimya dersindeki öğrencilerin faydalanabilecekleri bir sanal laboratuvar uygulaması tanıtılmaktadır.

SANAL VE UZAK LABORATUVARLAR

Günümüzde STEM eğitiminin verildiği okullarda ve üniversitelerdeki mühendislik eğitiminde, teorik derslere destek olarak ödevler, deneysel araştırmalar ve projeler verilmektedir (Achumba ve diğ., 2013). Öğrencileri mühendislik kariyerine hazırlamak için teorik bilginin yanında pratik deneyimlerde gereklidir. STEM ve mühendislik eğitiminde bu pratik deneyimlerin kazanılması farklı disiplinlere özgü özel laboratuvarların kurulması gereklidir. Bu laboratuvarların yüksek maliyet gerektirmesi, bütçe ve teknik uzmanlığın kısıtlı olduğu okullarda önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Ahuja, ve diğ., 2015). Eğitim ve öğretimin tüm süreçleri düşünüldüğünde geleneksel laboratuvar çalışmaları herhangi bir eğitim programının tamamlayıcı bölümünü oluşturur. Bu deneysel çalışmalar öğrencilere pratik beceri kazandırır ve onları gerçek yaşam durumlarına hazır hale getirmekte yardımcı olur. Bununla birlikte geleneksel deneylerin değişik kısıtlamaları nedeniyle daha uygun alternatiflerin aranma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Oral, 2005). Zor veya pahalı deneysel koşullar, yeni ekipmanlar, testlerin gerçekleştirilmesiyle ilgili riskler, karmaşık matematiksel hesaplamalar ve öğrencilerin erişim süreleri fiziksel araştırmaların sürecini önemli ölçüde kısıtlamaktadır (Bidaybekov ve diğ., 2012). Son yıllarda teknolojinin ve internetin gelişimi ile birlikte geleneksel laboratuvarlara bir alternatif olarak online laboratuvarlar ortaya çıkmıştır. Online laboratuvarlar ise uzak ve sanal laboratuvarlar olarak iki kısımda incelenebilirler (Ballu ve diğ., 2016). Uzak laboratuvarlar, öğrencinin bilgisayarına direkt olarak bağlı olabileceği uzak bir yerde olup internet aracılığı ile bağlantı kurulabilen, gerçek donanım ile bir ara yüz yazılımının (GUI) etkileşimi sayesinde öğrencilere destek olarak deneyler gerçekleştirebilmelerini sağlayan dijital platformlardır (Esquembre, 2015).

Sanal laboratuvarlar ise öğrencilerin ve öğretmenlerin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış, yüksek etkileşim ortamı yaratmak için modelleme, simülasyon ve bilgi teknolojilerini bütünleştiren programlar olarak tanımlanmaktadır (İnce ve diğ., 2014). Guzzi 2005 ise sanal laboratuvarları, multimedya, ses, görüntü ve videoları içeren belirli bir mantıksal sıraya göre ve matematik kuralları dahilinde oldukça etkileşimli ve eğitsel bilgisayar araçları olarak tanımlanmaktadır (Guzzi ve diğ., 2005).

Şekil 1'deki gibi gerek sanal laboratuvarlar gerekse uzak laboratuvarların deney amaçlı olarak kaynaklara erişme ortamları yerel veya uzak olabilir. Ayrıca laboratuvarların fiziksel doğasına göre, gerçek veya simüle edilmiş ortamlar olabilir.



Şekil 1: Online laboratuvar çeşitleri (Heradio, Torre ve Dormido, 2016)

STEM Eğitiminde Sanal Laboratuvar Uygulamaları

STEM eğitimini daha ileri noktalara taşımak için sanal ve uzak laboratuvarlar, sanal gerçeklik, e-öğrenme, dinamik tabanlı sanal sistemler ve bu fikirlerin çoğunu bir araya getiren yeni eğitici kavram ve teknolojilerin kullanılması önemli hale gelmiştir. STEM eğitiminde uzak laboratuvar ortamlarının oluşturulması mümkün olmasına rağmen bazı zorlayıcı etkiler olduğu unutulmamalıdır. Gerçek zamanlı iletişimin söz konusu olduğu uzak laboratuvar ortamlarında internet erişim hızının yeterli olması gereklidir. Yüksek donanım maliyetleri, aynı anda sadece bir öğrenci tarafından kullanılabilir olması, gerçek donanım ile çalışıldığı için hata yapma esnekliğinin daha az olması ve karmaşık öğrenme senaryolarının kolaylıkla desteklenememesi gibi dezavantajlar STEM eğitimi için sanal laboratuvarları daha çok ön plana çıkarmaktadır (Potkonjak, 2016).

Günümüzde, sanal laboratuvarlar bir öğrenim yönetim sistemine veya bir içerik yönetim sistemine entegre edilebilir ve burada öğrenciler için sanal sınıflar oluşturularak konu ile ilgili ders materyalleri, ek kaynaklar, görseller, değerlendirme amaçlı sınavlar gerçekleştirilebilir (Chaos ve diğ., 2013). Ayrıca öğrencilerin çalışmaları ve başarı durumları takip edilebilir. Bu konu ile ilgili özellikle moodle tabanlı çalışmalar (Ballu, 2016) (Hanus ve diğ., 2013) (Esquembre, 2015) yürütüldüğü görülmektedir.

Literatürde gerçekleştirilen sanal laboratuvar uygulamaları incelendiğinde, fizik (Psycharis, 2013), kimya (Rossiter, 2016), sağlık (Craig ve diğ., 2014), robotik (Andreev ve diğ., 2014) ve mühendislik (Amirkhani ve Nahvi, 2016) gibi birçok STEM eğitim alanını kapsayan çalışma yer almaktadır. Üniversiteler ya da çeşitli kuruluşlar tarafından desteklenen fonlar ile oluşturulmuş web tabanlı ve

STEM eğitimini destekleyen çeşitli sanal laboratuvar projeleri de mevcuttur ve Tablo 1’de bu projelerden bazıları ve özellikleri görülmektedir.

Tablo 1: STEM alanındaki sanal laboratuvar projeleri

| Proje ismi | Açıklama |
|------------------------|---|
| Lila (library of Labs) | 8 üniversite ve 3 kuruluşun girişimi ile başlatılan sanal ve uzak laboratuvar projesidir. Projede Nanoteknoloji, elektronik, fizik ve kimya alanlarında birçok uygulama yer almaktadır. |
| SmartScience | 5E öğrenme modeline göre geliştirilmiş web tabanlı sanal laboratuvar projesidir. İlgili çekici bir video, ön sınav, içerik okuma ve hipotez seçimi ile başlayan sanal laboratuvar süreci, öğrencinin kendi verilerini interaktif videolardan ölçerek bu hipotezi test etmesi ile devam eder. Sanal laboratuvardan sonra yapılan testler ile online ve yazılı laboratuvar raporları dersten sonra geri dönüş olarak sunulmaktadır. |
| Molecular Workbench | Açık kaynaklı fizik, kimya ve biyoloji eğitimi için geliştirilmiş, bir çok simülasyon ve değerlendirme aracı içeren sanal laboratuvardır. |
| Gizmos | 3-12 yaş arasındaki öğrenciler için geliştirilmiş interaktif matematik ve bilim simülasyonları içeren sanal laboratuvar projesidir. |
| Virtual Labs | Gıda bilimi alanında çeşitli laboratuvar teknikleri ve uygulama metotlarını öğrencilere sunan bir platformdur. |
| Chem Collective | Online kimya sanal laboratuvarıdır. |

Fiziksel laboratuvar deneyimleri özellikle fen bilimleri derslerinde, öğrencilerin gerçek nesnelere dokunabilmesi, taşıyıp inceleyebilmesi bakımından onlara önemli faydalar sağlamakta ayrıca konu ile doğrudan etkileşime girme fırsatı vermektedir (Chiu, Dejaegher ve Chao, 2015). Fiziksel laboratuvarların bu avantajlarının yanında bazı noktalarda öğrencilerin meraklarını gidermekte yetersiz olduğu bir gerçektir. Örneğin bir kimya dersinde fiziksel laboratuvarlar genellikle atomlar ve moleküller gibi öğrencinin göremeyeceği seviyeler için yeterli gelmemektedir (Hodson, 1996). Öğrencinin bu kavramları algılamasında yaşanan güçlükler geliştirilen sanal laboratuvarlar ile daha az düzeylere indirilebilir. Moleküller, atomlar, iyonlar ve kristal ağ yapıları gibi görselleştirmesi gereken kavramlar, bilgisayar teknolojisinin geliştirilmesiyle daha erişilebilir hale gelmiştir (Herga, Cagran ve Dinevski, 2016).

Sanal laboratuvar geliştirme programları

Sanal laboratuvar geliştirmek için 3D grafik, video, ses vb. araçlardan zengin medya içeriklerinin kullanımı gereklidir. Web tabanlı sanal laboratuvar uygulamalarında bu özelliklerin HTML tarafından desteklenmemesi önemli bir sorunu oluşturmaktaydı. Farklı internet tarayıcısı kullanıcılarının çeşitli eklentiler kurması gerekmektedir. Fakat HTML 5’in çıkışı ile bu sorunlar önemli ölçüde aşıldı. Sanal laboratuvar tasarımcılarının sık kullandığı EJS (Easy Java Simulations) gibi geliştirme araçları sunduğu yüksek düzey grafik ara yüzler ile programlama bilgisi olmayan kullanıcıların bile sanal laboratuvarın matematiksel modeline göre çalışmalar ürettikleri görülmüştür (Heradio, Torre ve Dormido, 2016). Ayrıca hem sanal laboratuvar hem de uzak laboratuvar geliştirmek için Matlab, LabVIEW, Php, java, Corba, VRML gibi platformlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır (Esquembre, 2004).

YÖNTEM

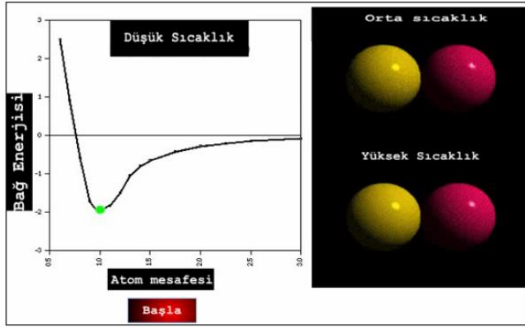
Sanal Laboratuvarın geliştirilmesi

Oluşturulan sanal laboratuvarın içeriği, lise müfredatında STEM eğitimi için önemli bir yeri olan 11. Sınıf kimya dersinin bazı konularından oluşmaktadır. Genel olarak Atomik yapı, kristal yapı ve faz diyagramları konuları için bir çalışma yapılmıştır. İçeriği oluşturan alt başlıklar ise Tablo 2’de görüldüğü gibidir.

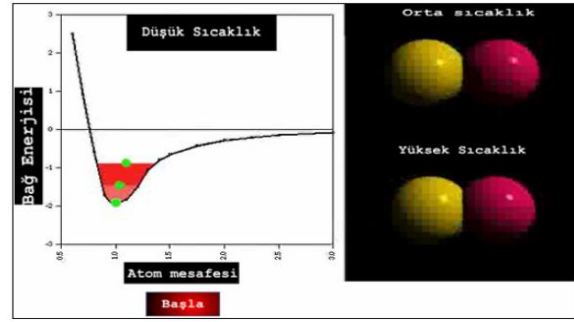
Tablo 2: Geliştirilen sanal laboratuvarın konu içeriği

| Konu | İçerik |
|---|--|
| Atomik yapı ve atomlar arası bağlar | Atom çapları, Birincil kuantum sayısı, Atom numaralarına göre elementlerin ana kabuk elektron dağılımı |
| Periyodik Tablo | Sanal periyodik tablo ve kullanımı |
| İyonik,Kovalent ve Metalik Bağlar | Mg atomu için kovalent bağ oluşum animasyonu, iyonik ve metalik bağ nasıl oluşur? |
| Atomlar arası denge mesafesi | Atomlar arası denge mesafesi ve sıcaklık animasyonları |
| Atomları dizilişleri ve kristal yapılar | Kristal kafes yapıları, kristal olmayan yapılar |

Geliştirilen sanal laboratuvarında içerik Adobe Fireworks , Adobe Photoshop , Adobe Flash ve Dreamweaver, Java yazılımları kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışma web tabanlı olduğu için öğrenciler ana sayfadaki ve içerik sayfalarındaki butonlar ile istenen yere hareket edebilmektedirler.

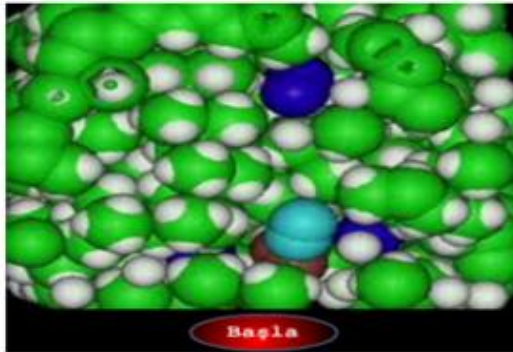


Şekil 2: Denge mesafesi ve sıcaklık 1

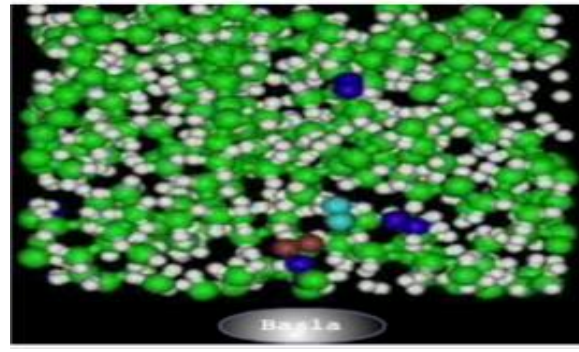


Şekil 3: Denge mesafesi ve sıcaklık 2

Şekil 2 ve 3'de atomlar arası denge mesafesi konusuna ait animasyonun ekran görüntüleri yer almaktadır. Başla butonuna basıldığında hem sesli hem de görsel olarak konu anlatımı gerçekleşmektedir.



Şekil 4: Ergime sıcaklığı ve ısı genleşme 1



Şekil 5: Ergime sıcaklığı ve ısı genleşme 2

Şekil 4 ve 5'de ise ergime sıcaklığının ısı genleşme üzerine etkisinin anlatıldığı sanal laboratuvar uygulamasının bölümleri görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde internet teknolojisinin yaygınlaşması ve ülkemizde Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) aracılığı ile geliştirilen Fatih projesi ile okullarda da internet erişiminin ve interaktif eğitimin gelişimi ile özellikle maliyetinden dolayı her okula kurulamayan laboratuvar türleri için sanal laboratuvarların geliştirilmesi

ülke ekonomisi ve eğitimin gelişimi açısından önem kazanmaktadır. Özellikle STEM eğitiminde fiziki laboratuvar ihtiyacı bu eğitim şeklinin ülkemizde hak ettiği yere gelmesi için önemli bir engel olarak görülmektedir. Bu sebeple okul müfredatlarına uygun sanal laboratuvar uygulamalarının sayısının artması önemlidir. Bu çalışmada Kimya dersinin belirli konularına yönelik bir çalışma yapılmış olup diğer kimya konularının ve STEM derslerinin de içeriğine uygun çalışmalar yapılması gereklidir ve bu konuda gerekli teşvik ve yönlendirmelerin ilgili kurumlar tarafından yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada 2 boyutlu animasyonlar ile bir sanal laboratuvar ortamı geliştirilmiştir. Bundan sonra bu alanda çalışmalar yapacak olan kişilere 3D sanal laboratuvarlar oluşturulması hatta artırılmış gerçeklik uygulamaları ile desteklenen uygulamalar geliştirilmesi önerilmektedir. Müfredat'a yardımcı olmak amacıyla MEB'in yanı sıra üniversitelerinde kendi alanlarına özgü sanal ya da uzak laboratuvar geliştirmek için bölümlerinde 2D ya da 3D tasarıma dönük çalışmalar yürütmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Not: Bu çalışma, 26-27 Ekim tarihinde Antalya'da düzenlenen "World Congress of Educational and Instructional Studies" de sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

Achumba, I. E., Azzi, D., Dunn, V. L. ve Chukwudebe, G. A., (2013). Intelligent performance assessment of students' laboratory work in a virtual electronic laboratory environment. *IEEE Trans. Learn. Technol.*, 6(2), 103–116.

Ahuja, G., Gupta, A., Wardhan, H. ve Choppella, V., (2015). Assessing the impact of virtual labs: A case study with the lab on advanced VLSI. *Proc. - IEEE 15th Int. Conf. Adv. Learn. Technol. Adv. Technol. Support. Open Access to Form. Informal Learn.* 290–292.

Amirkhani, S., ve Nahvi, A., (2016). Design and implementation of an interactive virtual control laboratory using haptic interface for undergraduate engineering students. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 24(4), 508–518.

Andreev, V., Kuvshinov, S., Pryanichnikov, V. ve Poduraev, Y., (2014). Education on the basis of virtual learning robotics laboratory and group-controlled robots. *Procedia Eng.* 69, 35–40.

Aydeniz M., Cakmakci G. ve Ertepinar H., (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi?. *İstanbul Aydın Üniversitesi*.

Ballu, A., Yan, X., Blanchard, A., Clet, T., Mouton, S. ve Niandou, H., (2016). Virtual Metrology Laboratory for e-Learning. *Procedia CIRP.* 43, 148–153.

Bidaybekov, L. B., Bidaybekov, E. I., Sharmukhanbet, S., Kamalova, G. B. ve Oshanova, N. T., (2012). The Use of Virtual Measuring Devices in Teaching Modeling of Physical Processes. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 51, 803–806.

Chaos, D., Chacón, J., Lopez-Orozco, J. A. Ve Dormido, S., (2013). Virtual and remote robotic laboratory using EJS, MATLAB and LabVIEW. *Sensors (Switzerland).* 13(2), 2595–2612.

Chiu J. L., Dejaegher, C. J., ve Chao, J., (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. *Comput. Educ.* 85, 59–73.

Council, N. R., (2011). Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. The National Academic Press.

Craig, F. E., McGee, J. B., Mahoney, J. F. ve Roth, C. G., (2014). The Virtual Pathology Instructor: A medical student teaching tool developed using patient simulator software. *Hum. Pathol.* 45(10), 1985–1994.

Eguchi A., (2015). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Rob. Auton. Syst.*, 75, 692–699.

Esquembre, F., (2015). Facilitating the Creation of Virtual and Remote Laboratories for Science and Engineering Education. *IFAC-PapersOnLine*. 48(29), 49–58.

Esquembre, F., (2004). Easy Java Simulations: A software tool to create scientific simulations in Java. *Comput. Phys. Commun.* 369, 31-35.

Esquembre, F., (2015). Facilitating the Creation of Virtual and Remote Laboratories for Science and Engineering Education. *IFAC-PapersOnLine*. 48(29), 49–58.

Guzzi, R., Scarpanti, S., Ballista, G., Di Nicolantonio, W. (2005). An Educational Development Tool Based on Principles of Formal Ontology, *Educational Technology&Society*, 8(1), 80-89.

Hanus, J., Nosek, T., Zahora, J., Bezrouk, A. ve Masin, V., (2013). On-line integration of computer controlled diagnostic devices and medical information systems in undergraduate medical physics education for physicians. *Phys. Medica*. 29(1), 83–90.

Heradio, R., de la Torre, L. ve Dormido, S., (2016). Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annu. Rev. Control*. 42, 1–10.

Herga, N. R., Cagran, B., ve Dinevski, D., (2016). Virtual laboratory in the role of dynamic visualisation for better understanding of chemistry in primary school. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.* 12(3), pp. 593–608.

Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.

Ince, E., *et al.*, (2014). 3-dimensonal and interactive Istanbul university virtual laboratory based on active learning methods. *Turkish Online J. Educ. Technol.* 13(1), 1–20.

Langdon, D., Beede, D. ve Doms, M., (2011). STEM: Good Jobs Now and for the Future. *Econ. Stat. Adm. Issue Br.* 3(11), 1–10.

Lantz, H. B., (2009). Science , Technology , Engineering , and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?, *Jr., Ed.D.*, 1–11.

Oral, O., (2005). Sanal malzeme laboratuvarı oluşturulması (Yüksek Lisans Tezi).

Org, W. T., Mektubu, E., Eğitimi, F., Çağrı, M. ve Sencer, Corlu, M. M., (2014). Turkish Journal of Education Call for Manuscripts on STEM Education. *TURJE Turkish J. Educ.* 3(1), 4–10.

Ostler, E., (2012). 21st Century STEM Education: A Tactical Model for Long-Range Success. *Int. J. Appl. Sci. Technol.*, 2(1), 6.

Potkonjak, V., *et al.*, (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Comput. Educ.* 95, 309–327.

President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), (2010). Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Education for America’s Future Executive Report.

Psycharis, S., (2013). Examining the effect of the computational models on learning performance, scientific reasoning, epistemic beliefs and argumentation: An implication for the STEM agenda. *Comput. Educ.* vol. 68, 253–265.

Roberts, A., (2012). A Justification for STEM Education. *Technol. Eng. Teach.* June, 1–5.

Rossiter, J. A., (2016). Low production cost virtual modelling and control laboratories for chemical engineering students. *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 230–235.

The United States Department of Education, "Stem 2026, A vision for innovation in STEM education, (2016). 55.

United States Department of Education, "Resources for STEM Education, (2017). Erişim adresi: [http:// innovation.ed.gov/files/2017/04/Resources_for_STEM_Education.pdf](http://innovation.ed.gov/files/2017/04/Resources_for_STEM_Education.pdf). Erişim Tarihi: 01.07.2017.

Wang, J., Guo, D. ve Jou, M., (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Comput. Human Behav.*, 49, 658–669.