

DEVELOPING A PROGRAM FOR TEACHING QUANTUM PROGRAMMING TO HIGH SCHOOL STUDENTS IN TURKEY

Sevdanur GENÇ

Cumali YAŞAR

Hüseyin TÜRKER

Tülay DARGUT GÜLER*

Makale İlk Gönderim Tarihi / Recieved (First): 05.05.2023 Makale Kabul Tarihi: 28.12.2023

Citation/©: Genç, S., Yaşar, C., Türker, H., Dargut Güler, T. (2023). *Developing a program for teaching quantum programming to high school students in Turkey. Journal of Advancements in Education, 1(1), 64-89.* <https://doi.org/10.5281/zenodo.10852682>

Abstract

Quantum physics is the branch of science that studies the behavior of molecules, atoms, subatomic particles and photons, and quantum computers are used to use these subheadings in information communication. In these computers, quantum programming languages and their interfaces have been developed to communicate information. Quantum programming is a software development system that has superior features compared to classical programming and its applications can address very wide areas. In Turkey, the use and dissemination of computer programming languages is included in the curricula of the Ministry of National Education from the 5th grade of primary education. Especially block-based programming is especially applied at all levels of basic education. At the secondary education level, vocational and technical Anatolian Anatolian high schools have an information technology field, where students are taught various programming languages such as Python and C# starting from the 9th grade. In all other secondary education institutions except vocational high schools, students are taught programming languages under the name of computer science courses and thus students are supported in the field of software development. Quantum programming, which entered our lives with the development of today's technology and the second quantum revolution, brings a completely different dimension to the field of software development. At this point, it is predicted that students should be involved in quantum programming at an early age. The aim of this study is to develop a course design for teaching quantum programming to high school students in order to create competent societies that follow new technological developments. ADDIE instructional design model was used in this course design and it is thought that this study will contribute to Turkish literature.

Keywords: ADDIE Instructional Design Model, High School Curriculum, Program Development, Quantum Programming, Software Technologies

TÜRKİYE’DE KUANTUM PROGRAMLAMA ÖĞRETİMİ İÇİN LİSE ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK PROGRAM GELİŞTİRİLMESİ

Sevdanur GENÇ¹

Cumali YAŞAR²

Hüseyin TÜRKER³

Tülay DARGUT GÜLER^{4*}

Makale İlk Gönderim Tarihi / Recieved (First): 05.05.2023 Makale Kabul Tarihi: 28.12.2023

Atıf/©:Genç, S., Yaşar, C., Türker, H., Dargut Güler, T. (2023). Türkiye’de kuantum programlama öğretimi için lise öğrencilerine yönelik program geliştirilmesi. *Journal of Advancements in Education*, 1(1), 64-89. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10852682>

Özet

Molekül, atom, atom altı parçacıklar ve foton davranışlarını inceleyen bilim dalı kuantum fiziğidir ve bu alan içerisindeki sayılan bu alt başlıkların bilgi iletişimde kullanılabilmesi için kuantum bilgisayarlar kullanılmaktadır. Bu bilgisayarlarda, bilgi iletişimini gerçekleştirebilmek adına kuantum programlama dilleri ve bunlara ait arayüzler geliştirilmiştir. Kuantum programlama, klasik programlamaya göre üstün özellikleri olan ve uygulamaları çok geniş alanlara hitap edebilen bir yazılım geliştirme sistemidir. Türkiye’de bilgisayar programlama ile ilgili dillerin kullanımı ve yaygınlaştırılması düşüncesi Milli Eğitim Bakanlığı’na ait müfredatlarda ilköğretim 5. sınıftan itibaren yer almaktadır. Özellikle blok tabanlı programlama temel eğitimin tüm kademelerinde uygulanmaktadır. Ortaöğretim kademesinde ise mesleki ve teknik anadolu liselerinde bilişim teknolojileri alanı yer almakta ve bu alanda 9. sınıftan itibaren öğrencilere Python, C# gibi çeşitli programlama dilleri öğretilmektedir. Mesleki eğitim veren liseler haricindeki diğer tüm ortaöğretim kurumlarında ise bilgisayar bilimleri dersi adı altında öğrencilere programlama dilleri öğretilmekte ve böylece öğrenciler yazılım geliştirme alanında desteklenmektedir. Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi ve ikinci kuantum devrimi ile birlikte kuantum programlamanın hayatımıza girmesi, yazılım geliştirme alanına yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin erken yaşlarda kuantum programlama alanında etkin bir şekilde yer almalarının önemli olduğu öngörülmektedir. Bu çalışmanın amacı, yeni teknolojik gelişmeleri takip edebilen ve bu alanda yetkinlik kazanabilen topluluklar oluşturabilmek adına lise öğrencileri için kuantum programlama dersi tasarımı geliştirmektir. Bu ders tasarımında, etkili öğretim stratejilerini belirlemek için ADDIE öğretim tasarımı modeli kullanılmıştır. Söz konusu çalışmanın, Türkçe akademik alanyazına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: ADDIE Öğretim Tasarım Modeli, Kuantum Programlama, Lise Müfredatı, Program Geliştirme, Yazılım Teknolojileri

1. GİRİŞ

Kuantum teknolojilerinin hızla geliştiği günümüzde, kuantum programlama becerileri giderek daha büyük önem kazanmaktadır. Kuantum bilgisayarlar ve kuantum iletişim sistemleri, geleneksel sınırların ötesine geçerek bilgi işlem gücünde devrim yaratma potansiyeline sahiptir (Aithal, 2023). Bu bağlamda, genç nesillerin kuantum dünyasına adım atmasının, teknolojiyi anlamaları ve bu alanda yetkinlik kazanmaları açısından kritik önem arz ettiği söylenebilir.

¹ Sevdanur GENÇ, Dr. Öğr. Üyesi, Kastamonu Üniversitesi, sgenc@kastamonu.edu.tr ve ORCID no: 0000-0003-4774-9265

² Cumali YAŞAR, Dr. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, cvasar@comu.edu.tr ve ORCID no: 0000-0002-0065-3752

³ Hüseyin TÜRKER, Bilgisayar Programcısı, huseyinturker@gmail.com ve ORCID no: 0000-0002-8344-5712

⁴ Tülay DARGUT GÜLER, Arş. Gör. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, tdargut@comu.edu.tr ve ORCID no: 0000-0003-1567-6647, *sorumlu yazar

Kuantum bilgisayarlar, moleküllerin, atomların, atom altı parçacıkların ve fotonların davranışlarını bilgi işlemede kullanarak çalışan bilgisayarlar olarak tanımlanmaktadır. Bu terimin kullanılmasının sebebi, söz konusu moleküler, atomik ve subatomik parçacıklar ile foton davranışlarını inceleyen bilim dalının Kuantum Fiziği olmasıdır. Kuantum programlama, klasik programlamaya göre üstün özelliklere sahip olup, uygulama alanları açısından geniş bir yelpazeye hitap eden bir yazılım geliştirme sistemidir. Programlama eğitimi, Milli Eğitim Bakanlığı'nın müfredatına ilköğretim 5. sınıftan itibaren dahil edilmiştir. Özellikle blok tabanlı programlama, ilk ve ortaöğretimin tüm kademelerinde uygulanmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Kuantum programlama ise, dünya genelinde 2. kuantum devrimi olarak adlandırılan bilgisayar devrimi bağlamında, yazılım geliştirme araçlarının lise düzeyindeki öğrencilere yönelik olarak geliştirilmesini gerektiren bir alandır (Chong vd., 2017).

Türkiye'deki eğitim sistemine bakıldığında, bilgisayar bilimleri eğitiminin özellikle liselerde geniş bir perspektif kazandığı söylenebilir. Ancak, kuantum programlama gibi geleceğin önemli alanlarına yönelik özel eğitimler henüz müfredatlarda yer almamaktadır (MEB, 2023). Bu durum, öğrencilerin kuantum teknolojilerine ilişkin temel kavramları anlama ve uygulama becerilerini geliştirmede belirli bir açığı işaret etmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma Türkiye'deki lise düzeyindeki öğrencilere yönelik kuantum programlama öğretiminin önemini ve gerekliliğini vurgulamaktadır. Özellikle, gençlerin bu yükselen teknoloji alanında yetkinlik kazanmalarını teşvik etmek ve kuantum programlama becerilerini kazandırmak için özel bir müfredatın geliştirilmesi üzerine odaklanılmaktadır.

Çalışmanın amacı, Türkiye'de lise düzeyinde kuantum programlama öğretimi için bir ihtiyaç olduğunu vurgulamak ve mevcut eğitim sistemine bu alanda yeni bir boyut kazandırmanın önemine değinmektir. Aynı zamanda, önerilen programın tasarımı ve içeriği üzerinde odaklanarak, gençlerin geleceğe daha hazırlıklı bir şekilde adım atmalarına nasıl katkı sağlanabileceğini incelemektir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kuantum programlama, klasik bilgisayarların sınırlarını aşarak kuantum mekaniğinin temel prensiplerini kullanarak bilgi işleme ve iletişimde devrim yaratan bir alandır (Galindo & Martín-Delgado, 2002). Bu alandaki temel kavramlar, kuantum fiziği, bilgisayar bilimi ve programlama prensiplerinin eşsiz bir birleşimini oluşturur.

Kuantum fiziği, atom altı düzeydeki parçacıkların ve bunların davranışlarının incelenmesini sağlayan bir bilim dalıdır (Travkin & Bolotina, 2013). Bu düzeydeki parçacıkların özellikleri, klasik fiziğin sınırlarını zorlayarak, süperpozisyon, kuantum teleportasyonu ve kuantum dolanıklık gibi fenomenlere dayalı yeni bir bilgi işleme paradigmasının kapılarını açmaktadır.

Kuantum bilgisayarlar, klasik bilgisayarlardan farklı olarak kuantum mekaniğinin bu özelliklerini kullanarak paralel hesaplama, kriptografi, veritabanı aramaları gibi alanlarda üstün performans sağlayabilir. Bu bilgisayarlar, kubit adı verilen kuantum bitlerini kullanarak hem 0 hem de 1 olabilen bir süperpozisyon durumunda tutabilirler, bu da geleneksel bitlerin tek bir durumda olma kısıtlamasını ortadan kaldırır (Clarke & Wilhelm, 2008).

Kuantum programlama dilleri ve arayüzleri, bu özel bilgisayarlarla etkileşime geçmek ve onları yönetmek için geliştirilmiştir (Chong vd., 2017). Bu diller, kuantum algoritmalarını ve işlemlerini yazmak için tasarlanmıştır ve genellikle klasik bilgisayar dillerinden farklı yapı ve mantık içerir.

Türkiye'de lise düzeyinde kuantum programlama öğretiminin geliştirilmesi, genç nesillerin bu yeni ve heyecan verici alana erken yaşta adım atmalarını sağlayarak teknolojik gelişmelere ayak uydurmalarını ve yenilikçi çözümler üretmelerini destekleyebilir. Bu çerçevede, öğrencilere

kuantum fiziği temelleri, kuantum bilgisayarlar ve kuantum programlama dilleri gibi konuların anlatılması, onların bu alana ilgi duymalarını teşvik edebilir ve geleceğin teknolojisine katkıda bulunmalarını sağlayabilir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, kuantum bilgisayarlar ve programlama üzerine odaklanılarak, dünya çapında lise seviyesindeki öğrenciler için yapılan eğitim çalışmaları ve önerileri analiz edilmektedir. İnceleme sonucunda Türkçe literatürde, Milli Eğitim Bakanlığı için benzer bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmüştür. Bu doğrultuda çalışmanın, Türkçe literatüre önemli bir katkı sağlayacağı söylenebilir.

3.1. Kuantum Programlama Eğitimi ve Öğretimi

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda, kuantum programlama eğitim ve öğretimi sıklıkla tavsiye edilmektedir. Angara ve arkadaşları (2020) yılında yayınlamış oldukları çalışma ile kuantum bilişim atölyeleri düzenleme ve sunma deneyimlerini paylaşarak, kuantum bilişim dünyasını, özellikle de temel kavramları "fişe takılı olmayan" etkinliklerle lise öğrencilerine tanıttığını vurgulamışlardır. Programatik bir yaklaşımla, Qiskit ve Jupyter not defterleri aracılığıyla öğrencilere IBM Q Deneyimi'ni tanıtarak, temel kuantum hesaplama kavramlarının lise öğrencileri tarafından anlaşılır olduğunu ve bu erken maruz kalmanın üniversite öncesi problem çözme ve hesaplama becerilerine değerli bir katkı sunduğunu ortaya koymuşlardır (Angara, Stege, & MacLean, 2020).

Walsh ve arkadaşları (2021) yaptıkları oldukları çalışmada, lise düzeyinde kuantum hesaplama kapasitesinin artırılmasına daha az önem verildiğinden bahsetmişlerdir. Çalışmalarında, Austin'deki Teksas Üniversitesi'nde ilk tam yıllık lise kuantum bilişim sınıfının geliştirilmesi ve pilot uygulaması için yapılanlar detaylandırılmıştır. İki yıl boyunca, projeye dahil olan araştırmacılar ve uygulayıcılar, ortaöğretim düzeyinde kuantum bilişim kursu tasarımı ve uygulaması için yararlı olabilecek çeşitli pedagojik ve pratik dersler öğrenmişlerdir. Özellikle, klasik optik kullanımının kuantum durumlarını ve kapı operatörlerini temsil etmek için açık ve erişilebilir bir yol sağladığını ve hem öğrenmeyi hem de bilginin diğer Bilim, Teknoloji ve Mühendislik (STEM) becerilerine aktarılmasını kolaylaştırdığı görülmüştür. Ayrıca çalışma sonunda öğrenciler, matematiksel modellere geçmeden önce kuantum optik fenomenlerini keşfetmenin materyalin anlaşılmasına ve ustalaşmasına yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir (Walsh vd., 2021).

Alanyazında yayımlanan çalışmalarda, kuantum bilişim eğitiminin ivme kazandığı belirtilmiştir. Örneğin, Angara ve arkadaşları (2022), çalışmalarında, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında az deneyime sahip gençlere kuantum bilişimini öğretmenin yaratıcı yöntemlerini sunma, çeşitliliği vurgulama, kuantum bilişime yönelik farklı yaklaşımları açıklama gibi katkıları olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada gençler için çevrimiçi ve yüz yüze atölye çalışmalarının tasarımı ve sunumu üzerine tartışılmaktadır. Chiofalo ve ark. (2022) ise, Eğitimin Yeniden Yapılandırılması Modeli kapsamında yirmi lise öğrencisinin katıldığı bir pilot çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kuantum durumları, süperpozisyon ve dolanıklık gibi kavramları içeren bir müdahale modülü ve kuantum TıqTaqToe adlı bir oyunla gerçekleştirilen bu araştırma temelli öğrenme deneyiminin öğrencilerin kavrayışını artırdığını ve kuantum davranışını deneyimleme açısından etkili olduğunu vurgulamışlardır. Kuantum oyun araçlarının, öğretme/öğrenme ortamında yeni kavramları anlama, farkındalığı artırma ve öğrenci katılımını geliştirme konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğunu öne çıkarmışlardır.

Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, "Kuantum Teknolojileri" amiral gemisi kapsamında, liseler için tasarlanan ve uygulanan bir müfredat dışı kursun detaylarını sunmuşlardır (Bondani vd., 2022). Bu sekiz interaktif derslik kurs, kuantum fiziği ve teknolojileri üzerine odaklanarak İtalya'nın dört bir yanından yaklaşık 250 öğrencinin çevrimiçi olarak katıldığı bir etkinlik olmuştur. Çalışma aynı zamanda, kursun öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarına aşinalığını artırmada ve kuantum teknolojileri uygulamalarına dair bilgi geliştirmede etkili olduğunu gösteren ana ilkeleri, faaliyetleri ve sonuçları detaylandırmıştır. Aynı minvalde, Ivory ve ark. (2023) yayınlamış oldukları çalışma ile lise düzeyinde kuantum bilişimini öğretmenlere ve öğrencilere tanıtmak üzere bir müfredat geliştirilmiştir. Çalışmada, Kuantum Bilgi Bilimi ve Teknolojisi alanındaki talebin artmasıyla birlikte, kadınları ve STEM'de temsil edilmeyen azınlıkları bu alanda kariyer yapmaya teşvik etmek amaçlanmıştır. Bu müfredat, 2022 yazında öğretmenler ve öğrenciler için iki haftalık kamp formatında sunulmuş ve metin, bu kampın hedeflerini, içeriğini ve gelecek genişleme planlarını detaylandırarak değerlendirme sonuçlarını sunmaktadır.

Liu ve Franklin (2023) çalışmaları ile "Herkes için Kuantum Hesaplamaya Giriş" adlı Kitlesel Açık Çevrimiçi Kursun (MOOC) gelişimini ve etkilerini detaylandırmışlardır. Kurs, kuantum bilişime teknik detaylarla değil, öncelikle kavramsal anlayış üzerine odaklanarak benzersiz ve görsel bir sunumla kuantum hesaplama kavramlarını öğrencilere sunmuştur. Matematiksel içeriğin ikinci aşamada sunulmasının, öğrenci katılımı veya performansında bir düşüşe yol açmadığı, aksine müfredatın sarmal yapısının teknik yükü hafiflettiği vurgulanmıştır. Benzer olarak, Satanassi ve ark. (2023) çalışmalarında İkinci Kuantum Devrimi üzerine bir yaklaşım geliştirerek fizik eğitimi araştırmalarına katkıda bulunmuşlardır. Çalışma, kuantum okuryazarlığını artırmayı ve İkinci Devrimin kültürel ve eğitimsel önemini vurgulamayı hedeflemiştir. İlk bölümde, ortaokul öğrencileri ve öğretmenler için tasarlanmış bir dersin ilkelerini ve etkilerini inceleyerek eğitsel sürecin nasıl yeniden yapılandırılacağı ve öğrenci anlayışını nasıl etkileyebileceğini değerlendirmiştir. İkinci bölüm ise, İkinci Kuantum Devrimi'nin keşfini kuantum fiziği kavramlarını tanıtmak için bir bağlam olarak ele almış ve bu bağlamın ortaokul öğrencilerinin kavramsal anlayışları üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Bu literatür taraması, lise düzeyinde kuantum programlama öğretimi üzerine yapılmış çeşitli çalışmaları inceleyerek, mevcut durumu ve bu alandaki gelişmeleri özetlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmaların, kuantum programlama öğretimi için lise öğrencilerine yönelik program geliştirme konusunda farklı bakış açıları ve önemli katkıları bulunmaktadır. Uluslararası alanda yaygınlaşmaya başlayan bu konuya ilişkin, Milli Eğitim Bakanlığı müfredatında benzer bir programa dair bir eksikliğin mevcut olması dikkat çekicidir. Bu durum yapılan bu çalışmanın da özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Lise düzeyindeki bir dersin kuantum devrimine yönelik hazırlık için müfredat içerisine dahil edilmesi, çalışmamızın en önemli kazanımı olacaktır.

4. ARAŞTIRMA

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı, lise düzeyinde kuantum programlama öğretiminin tasarımını ve uygulanabilirliğini ele alarak, genç nesillerin bu yeni teknolojiye erken yaşta adaptasyonunu sağlayacak bir eğitim modeli geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın alt hedefleri şu şekildedir;

- Lise öğrencilerine kuantum programlama bilincini kazandıracak bir öğretim tasarımı yapmak,

- Kuantum fiziği temel prensiplerini anlayarak kuantum bilgisayarlarının işleyişini ve kullanımını anlatan bir öğretim programı geliştirmek,
- Türkiye'de bilgi teknolojileri eğitimine katkı sağlayarak, geleceğin teknoloji liderlerini ve yenilikçilerini yetiştirecek bir adım atmak.

Bu çalışmanın önemi, teknoloji ve bilgi dünyasında yaşanan hızlı değişim ve kuantum programlamanın bu değişime getirdiği yeni bakış açısını öğrencilere sunarak onların geleceğin teknolojik gelişmelerine hazırlanmalarına olanak tanınmasıdır. Ayrıca, Türkiye'nin bilgi ve teknoloji alanında ilerlemesine katkıda bulunacak nitelikli bireylerin yetiştirilmesine destek sağlaması da bu çalışmanın önemli bir yönüdür.

4.2. Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışma nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması ile desenlenmiştir. Durum çalışması bir ya da birden fazla durumun incelendiği nitel araştırma yöntemi olarak tanımlanabilir. Durum çalışmalarında araştırmacı herhangi bir karşılaştırma yapmaya ya da hipotez test etmeye çalışmaz, ilgili durumu tanımlamaya, anlamaya ve keşfetmeye çalışır (Hancock & Algozzine, 2006; Yıldırım & Şimşek, 2013). Bu çalışma kapsamında da lise düzeyindeki öğrencilere kuantum programla öğretim durumuna yönelik bir inceleme yapılmış, bu durum ile ilişkili süreçler anlaşılmasına çalışılmış ve mevcut durumdaki eksiklikler tespit edilerek çalışma sonunda bir öğretim tasarımı önerisi sunulmuştur.

Durum çalışmalarında veri toplama yöntemi olarak gözlem, görüşme ya da doküman incelemesi gibi çeşitli veri toplama yöntemleri tercih edilebilir (Yıldırım & Şimşek, 2013). Bu çalışmada lise düzeyinde kuantum programlama öğretimi durumuna ilişkin doküman incelemesi yoluyla veri toplanmıştır. Doküman incelemesi yöntemi, yapılacak olan çalışmaya yönelik mevcut kayıt ve belgelerin incelenmesi sürecidir (Çepni, 2007). Bu doğrultuda araştırma kapsamında, öncelikle Milli Eğitim Bakanlığı ortaöğretim ders öğretim planları incelenmiştir. Kuantum programlama; fizik, matematik ve bilgisayar bilimleri kapsayan bir çoklu disiplin bilimidir. Bu nedenle, bu üç derse ait Milli Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu tarafından oluşturulan ders öğretim planları incelenmiştir. Analizler sonucunda Fizik, Matematik ve Bilgisayar Bilimleri derslerinin 9. sınıf ile 10. sınıftaki içeriklerinde temel bilgilerin yer aldığı görülmüştür. Bu sebeple temel bilgi seviyesi olan öğrencilere kuantum programlama dersinin anlatılmasının daha iyi olacağı ve bu eğitim için öğrenci hedef kitesininin 11. veya 12. sınıf öğrencilerinden oluşması gerektiği görüşüne varılmıştır.

Aynı zamanda, kuantum programlama eğitiminin kapsamı olan çoğu konunun öğretim planında yer almadığı görülmüştür. IBM tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu Kuantum Programlama Çerçevesi olan Qiskit (<https://qiskit.org>) referans alınmış ve öğretim plan konuları öğrencilerin seviyesine uygun olacak şekilde ders içeriği haline getirilmiştir. Qiskit, kuantum programları oluşturmak, işlemek ve bunları IBM Quantum bilgisayarlarındaki simülatörlerde çalıştırmak için araçlar sağlamaktadır. Alınan bu referans doğrultusunda, üç farklı ders alanı için de öğrenilmesi planlanan üniteler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kuantum Programlama Eğitimi İçin Tasarlanan 1. Dönem Üniteleri

Ders	Hafta	Konu
Matematik	1. Hafta	Olasılık
	2. Hafta	Vektörler
	3. Hafta	Matrisler
	4. Hafta	Tensör Çarpımı
	5. Hafta	Karmaşık Sayılar
	6. Hafta	Matematiksel Gösterimler
Fizik	7. Hafta	Büyük Patlama
	8. Hafta	Süperpozisyon
	9. Hafta	Dalga Fonksiyonunun Kopenhag Yorumu
	10. Hafta	Solvay ve Dolanıklık
	11. Hafta	Kuantum Bilgisayarlar
	12. Hafta	Python'ın Temelleri
	13. Hafta	Sayılar
	14. Hafta	Diziler
Bilgisayar Bilimleri	15. Hafta	Koşullar
	16. Hafta	Döngüler
	17. Hafta	Fonksiyonlar
	18. Hafta	Listeler

Ülkemizde örgün eğitim 36 hafta sürmektedir. 18 haftalık iki dönem şeklinde eğitim süreci işlemektedir. Buna göre tablo 1'de yapılan çalışmanın ilk dönemine ait üniteler bulunmaktadır. İlk 6 haftada matematik, ardından 5 hafta fizik ve sonraki 7 haftada ise bilgisayar bilimleri dersi anlatılması önerilmektedir. Tablo 2'de yapılan çalışmanın ikinci dönemine ait üniteler gösterilmiştir. Buna göre; 18 hafta boyunca kuantum programlamaya ait konuların anlatılması önerilmektedir. Önerilen ünitelerin içeriğinde öncelik olarak kübit kullanımının mantığı, kuantum devre tasarımları anlatılmış ardından öğrenilen tüm kuantum hesaplama ile ilgili ünitelerin algoritmalarla birlikte uygulanması gerekliliği ön plana alınmıştır.

Tablo 2. Kuantum Programlama Eğitimi İçin Tasarlanan 2. Dönem Üniteleri

Ders	Hafta	Konu
Kuantum Programlama	1. Hafta	Klasik Sistemler, Operatörler, Olasılık
	2. Hafta	Olasılık Bitleri, Operatörleri, Durumları
	3. Hafta	Olasılıksal Bit İşlemleri, Tensör Çarpımı
	4. Hafta	Fotonlar, Işın Ayırıcı, Hadamard Operatörü
	5. Hafta	Kübit Durumları, Kapılar
	6. Hafta	Kübitin Birim Çember üzerinde Gösterimi
	7. Hafta	Süperpozisyon ve Ölçüm
	8. Hafta	Birim Çember üzerinde İşlemler
	9. Hafta	Rotasyon / Döndürme
	10. Hafta	Yansıma
	11. Hafta	İki Kübitli Birleşik Sistemler
	12. Hafta	Faz Geri Tepmesi
	13. Hafta	Dolanıklık ve Süper Yoğun Kodlama
	14. Hafta	Kuantum Işınlanma
	15. Hafta	Çoklu Kontrol Kapıları
	16. Hafta	Grover Arama Algoritması
	17. Hafta	Oracle Devresinin Tasarlanması
	18. Hafta	Grover Arama Algoritmasının Uygulanması

Önerilen bu öğretim modelinin tasarım adımında içerik ve kazanımlar belirlendikten sonra literatürdeki öğretim teknikleri (Senemoğlu, 2005) incelenmiş ve dersin hem anlatım hem de uygulama yaptırılması şeklinde ilerlemesi öngörülmüştür. Bu ders tasarımında ADDIE öğretim tasarım modeli kullanılmıştır.

4.2.1. ADDIE Öğretim Tasarım Modeli

ADDIE, öğrenen bireyin belirlenen hedefler doğrultusunda eğitim-öğretim hayatının daha planlı ve deneyimli bir şekilde ilerlemesi için geliştirilmiş bir öğretim tasarım modelidir (Tony Bates, 2014) (Branch, 2010). ADDIE; Analysis (Analiz), Design (Tasarım), Development (Geliştirme), Implementation (Uygulama) ve Evaluation (Değerlendirme) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Aslında bu kelimeler, öğretim tasarım modelinin oluşumunda izlenmesi gereken adımları simgelemektedir. Beş aşamadan oluşan sistematik tasarım modeli olan ADDIE Şekil 1'de gösterilmiştir. Her bir aşamada bulunan sonuç bir sonraki aşamayı etkilemektedir ve diğer basamağa geçiş yapılmaktadır.



Şekil 1. ADDIE Öğretim Tasarım Modeli

Bu aşamalar sırasıyla şu şekilde açıklanabilir;

Analiz (Analysis): Bu aşama, eğitim ihtiyaçlarını ve hedeflerini belirlemeyi içerir. Mevcut durumun analizi yapılır, öğrenenlerin gereksinimleri ve öğrenme hedefleri değerlendirilir. Bu aşama, eğitim ihtiyacını tanımlamak ve hedefleri netleştirmek için veri toplama ve analiz sürecini içerir.

Tasarım (Design): Analiz aşamasının sonuçlarına dayanarak eğitim programının tasarımı yapılır. Hedeflenen öğrenme sonuçları belirlenir, içerik oluşturulur, öğrenme materyalleri hazırlanır ve öğrenme stratejileri belirlenir. Bu aşamada, eğitim içeriği ve öğrenme sürecinin nasıl olacağı planlanır.

Geliştirme (Development): Tasarım aşamasında oluşturulan plana dayanarak eğitim materyalleri geliştirilir. Bu aşamada öğrenme materyalleri, sunumlar, videolar, etkileşimli içerikler gibi öğrenme araçları hazırlanır. İçerikler, tasarım aşamasında belirlenen hedeflere uygun olarak oluşturulur.

Uygulama (Implementation): Bu aşamada hazırlanan eğitim materyalleri öğrencilere veya katılımcılara sunulur. Eğitim programı planlanan şekilde gerçekleştirilir. Öğrencilerin eğitim materyalleriyle etkileşime geçtiği, öğrenme sürecinin başladığı aşamadır.

Değerlendirme (Evaluation): Uygulama sonrası geribildirim toplanır ve eğitimin etkinliği değerlendirilir. Bu aşamada, öğrenme hedeflerine ulaşıp ulaşılmadığı, öğrenci başarısı, eğitim materyallerinin etkinliği gibi unsurlar incelenir. Değerlendirme sonuçları, eğitimin iyileştirilmesi veya gelecekteki eğitim programlarının planlanması için geri bildirim sağlar.

Bu aşamalar, Tablo 3’de somut bir tasarım üzerinde örneklendirilmiştir. Özetle, birey bir öğrenme ortamındadır ve bu öğrenme ortamında öncelikle öğretim amaçlarına karar verilmelidir ve hedef kitleyi gerektiren performans açığının kapatılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için analiz aşaması yapılmalıdır ve bununla birlikte eğitim planları ve kaynakları araştırılarak bir çıktı haline getirilir. Ardından, tasarım olarak adlandırılan aşama geliştirilirken analiz çıktıları doğrultusunda bir ölçme yöntemi belirlenmelidir. Bu ölçme yönteminin içerikleri amaca uygun olacak şekilde süreçlerinin geliştirilmesi ve bir rehber haline getirilmesi gerekmektedir. Bu rehber eşliğinde bu süreçlerin hem öğrenen bireyin hem de öğretene bireyin etkileşimi ile birlikte ilerlemesi gözlemlenir ve bu süreç içerisinde sık uygulamalar yapılır. Yapılan tüm uygulamalar bir çıktı haline getirilerek değerlendirme aşamasında kontrol edilir ve tasarlanan öğretim modelinin ne kadar verimli olduğuna karar verilir. Süreçler arasında bir aksama ya da bir eksiklik görüldüğünde ise ilgili evreye geri dönülerek problemler çözüme kavuşturulur ve süreç tekrar aynı şekilde devam ettirilir.

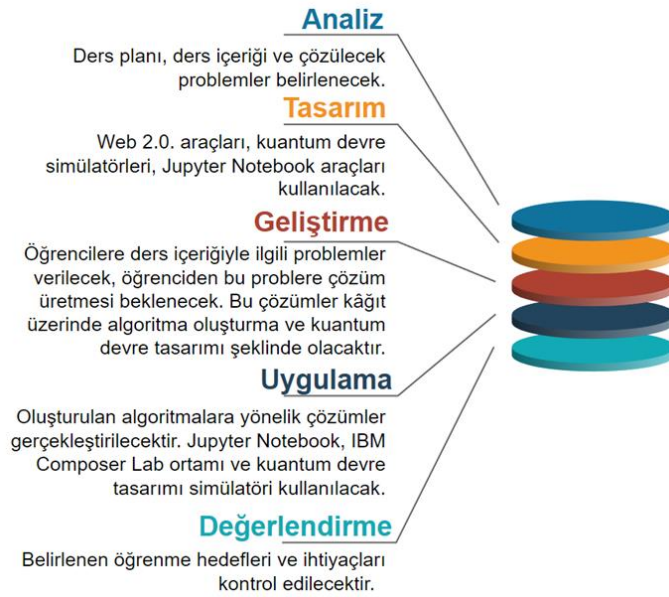
Tablo 3. Kuantum Programlama Geliştirme Eğitimi Örneği

Adım	Tanım ve Örnekler
Analiz	Bir eğitim kurumu, lise öğrencilerine kuantum programlama becerilerini öğretmeyi hedefliyor. Öncelikle öğrencilerin matematik ve bilgisayar bilimleri bilgisi seviyesi analiz edilir. Anketler veya öğrenci görüşmeleri yoluyla öğrencilerin ilgi seviyeleri, kuantum fiziği ve bilgisayar programlama konusundaki mevcut bilgileri değerlendirilir.
Tasarım	Analiz aşamasının ardından, kuantum programlama eğitimi için bir müfredat tasarlanır. Bu kapsamda öğrencilere kuantum fiziği temelleri, kuantum bilgisayarlarının çalışma prensipleri ve kuantum programlama dilleri gibi konular içeren bir içerik oluşturulur. Ders notları, interaktif materyaller ve pratik uygulamalar gibi eğitim kaynakları planlanır.
Geliştirme	Tasarım aşamasında belirlenen konulara yönelik materyaller geliştirilir. Kuantum programlama ders notları hazırlanır, interaktif simülasyonlar oluşturulur ve öğrencilerin kuantum programlama dilleriyle pratik yapabileceği proje örnekleri hazırlanır.
Uygulama	Geliştirilen eğitim materyalleri öğrencilere sunulur. Öğrenciler, ders notlarına erişir, interaktif simülasyonları kullanır ve kuantum programlama dilleriyle örnek projeler geliştirirler.
Değerlendirme	Eğitim programının sonunda öğrencilerin kuantum programlama konusundaki anlayışı ve yetkinlikleri değerlendirilir. Proje teslimleri veya sınavlar aracılığıyla öğrenci performansı ölçülür. Aynı zamanda, öğrencilerin geri bildirimleri toplanarak programın etkinliği değerlendirilir ve gelecekteki iyileştirmeler için veri sağlanır.

Literatürde yapılan çalışmalarda ADDIE öğretim tasarım modeli öğrencinin tutum ve yaklaşımlarını olumlu yönde etkilediği gibi aynı zamanda öğrencinin akademik başarısını ve motivasyonunu da arttırmaktadır. Aynı zamanda, öğretim tasarımları araştırıldığında en çok kullanılan öğretim tasarım modellerinin başında ADDIE öğretim tasarım modeli gelmektedir (Göksu vd., 2014; Hongqin Li & Cryan, 2003; Khodabandelou & Samah, 2012; Royal, 2007).

4.2.2. Kuantum Programlama Eğitimi İçin ADDIE Öğretim Tasarımı Modeli

Beş basamaktan oluşan ADDIE (Bates, 2014) modelinin kuantum programlama eğitimi üzerindeki uygulanabilirliği Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Kuantum Programlama Eğitimi için öngörülen ADDIE Öğretim Tasarım Modeli

Öngörülen öğretim tasarım modelinin sistematik yaklaşımının daha iyi kavranabilmesi için her bir evrenin açıklaması şöyledir;

Analiz: Öğretim tasarım modelinin ilk aşaması analiz aşamasıdır ve kuantum programlama eğitimi için mevcut durum ve bu durumdan etkilenecek öğeler analiz edilir. Bu doğrultuda, kuantum programlama eğitiminin ders planına göre içerikler belirlenir ve bununla birlikte çözülecek problemler kesinleştirilmiş olur.

Tasarım: Öğretim tasarım modelinin ikinci aşamasında, öğrenme ortamının tasarlanması, mevcut materyallerin ve ölçme araçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, kuantum programlama dersinin içeriğine uygun olarak Web 2.0 araçlarının kullanımı, kuantum devre tasarım simülatörü ve Jupyter Notebook aracından yararlanılacaktır.

Geliştirme: Öğretim tasarım modelinin üçüncü aşamasında, öğrenme deneyimlerinin sağlanması ve öğretim strateji ve yöntemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, kuantum programlama dersinin içeriğine uygun olarak ilgili konu hakkında öğrencilere önceden kararlaştırılan problemler hakkında bilgi verilecek. Böylelikle, her öğrenci verilen problemlere karşı çözüm üretebilecek hale gelecektir. Bu çözümler sırasında, öğrenci kâğıt üzerinde algoritma oluşturma ve kuantum devre tasarımı üretebilir hale gelecektir.

Uygulama: Öğretim tasarım modelinin dördüncü aşamasında, öğrencilerin aktif katılımı ile birlikte bilgiyi nasıl işlediklerine dair geri dönütlerin alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda, kuantum programlama dersi için oluşturulan algoritmalara yönelik çözümler öğrenciler tarafından gerçekleştirilecektir. Çözüm üretebilmeleri için Jupyter Notebook, IBM Composer Lab ve kuantum devre tasarım simülatör ortamları kullanılacaktır.

Değerlendirme: Öğretim tasarım modelinin beşinci ve son aşamasında, belirlenen öğrenme hedefleri ve ihtiyaçları kontrol edilecektir. Yapılan gözlemler ile süreç içinde sınırlılıklar belirlenecek ve bir sonraki uygulamada bu sınırlılıklar giderilmeye çalışılacaktır.

5. BULGULAR

Önerilen programın içeriği lise öğrencileri için çok zor kabul edilen konuları kapsamaktadır. 2022 ÖSYM sonuçlarına göre başarı oranı matematikte 40 soruda ortalama 7,584, fizikte 14 soruda 1,08 dir. Konu kapsamına bakıldığında bu oran gerçekten çok düşük düzeydedir. Çalışma sonucu ortaya çıkan program, öğrencilerin merak uyandıran başarı durumlarını izleme ve değerlendirme olanağı da sunmaktadır.

ADDIE modeli ile hazırlanmış kuantum programlama eğitimine ait ders planı EK-A, EK-B ve EK-C’de verilmiştir. Buna göre, haftada iki saat olacak şekilde toplam 36 haftalık bir ders planı tasarlanmıştır. Her bir hafta için kazanım, konular, yöntem-teknik, araç-gereç ve değerlendirme başlıkları altında açıklamalarıyla birlikte hazırlanmıştır. İlk 18 hafta ki bu eğitim-öğretim döneminin ilk yarısına denk gelmektedir; matematik, fizik ve bilgisayar bilimleri dersleriyle ilgili konular kazanımlarıyla birlikte listelenmiştir. Eğitim-öğretim döneminin son yarısına denk gelen 18 haftalık ders programda ise kuantum programlama ile ilgili kapsamlı bir içerik oluşturulmuştur.

5.1. Matematik Konuları Kapsamındaki Bulgular

Program içinde kullanılan matematik lineer cebir konularıdır. Günlük yaşama uygulandığında sonuçlarını değerlendirme imkânı bulunmaktadır. Bu kapsamda öğrenciler deneyimleme ile öğreneceklerdir. Özellikle programlama ile lineer cebir kavramlarının tüm süreçlerini yazılım ile birleştirmiş olacaklardır.

5.2. Kuantum Mekaniği Kapsamındaki Bulgular

Kuantum fiziğinin öğrenilmesi ve öğretimi ile ilgili çalışmalar son yıllarda fizik eğitimi araştırmacılarının yoğun olarak ilgilendikleri bir alan haline gelmiştir. Bu konudaki pedagojik çalışmaların kavramsal öğrenme, görselleştirme, matematiksel düşünme ve problem çözme üzerinde durulmuştur (Didiş, Özcan, & Abak, 2008). Kuantum mekaniği lise öğrencileri için zor kabul edilen konular kapsamındadır. Öğrencilerin Kuantum Fiziğine Giriş Konularında Zorlanma Nedenlerinin Araştırılması (Ünlü Yavaş & Şahin Kızılcık, 2018) çalışmasında; kuantum konularının günlük hayatta karşılaşılan durumlar içermemesi fikri, lise ve fen bilgisi öğretmen adayları tarafından bu faktördeki en yüksek oranda olan güçlük sebebi olarak görülmektedir (Ünlü Yavaş & Şahin Kızılcık, 2018). Ancak yine aynı çalışmada öğrencilerin, animasyon, simülasyon, görseller ve modellerle ilgili konunun anlaşılmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Özellikle yazılım ile bu sonuç daha da netleşecektir.

5.2.1. Kuantum Programlama Öğretimi için ADDIE Modeli Yaklaşımı

Bu çalışma, lise düzeyindeki öğrencilere yönelik kuantum programlama öğretimini tasarlamak ve uygulamak için ADDIE modelini temel almaktadır. Bu alanda öğrencilere etkili bir şekilde bilgi iletmek ve öğrenme sürecini optimize etmek için modelin her aşaması aşağıda belirtilmiştir:

Bu çalışma, kuantum programlama öğretimini planlama, uygulama ve değerlendirme aşamalarını içeren sistemli bir yaklaşım olan ADDIE modelini kullanarak lise düzeyindeki öğrencilere yönelik etkili bir öğrenme deneyimi sağlamayı amaçlamaktadır. Tablo 4’te ADDIE modelinin, makale konusuna uygun görev ve çıktılarıyla birlikte şu şekilde olabilir:

Tablo 4. Kuantum Programlama Öğretimi için ADDIE Modeli Yaklaşımı

Aşama	Görevler	Çıktılar
Analiz	Türkiye'deki lise öğrencilerinin ihtiyaçlarının belirlenmesi	Öğrenci kuantum fiziği ve programlama bilgi düzeyi analizi
	Kuantum programlama öğretimine ilişkin mevcut durumun analizi	Öğrencilerin ilgi ve öğrenme gereksinimlerinin belirlenmesi
	Öğrenme hedeflerinin ve eğitim amaçlarının belirlenmesi	Kuantum programlama öğretiminin hedeflerinin saptanması
Tasarım	Kuantum programlama ders içeriğinin tasarlanması	Ders planı ve müfredat taslağı
	Öğretim materyallerinin ve kaynakların belirlenmesi	Öğrenme materyallerinin seçilmesi ve hazırlanması
	Değerlendirme yöntemlerinin ve kriterlerinin belirlenmesi	Ölçme-değerlendirme araçlarının planlanması
Geliştirme	Ders materyallerinin hazırlanması ve geliştirilmesi	Kuantum programlama dersi için öğretim materyalleri
	İçeriklerin oluşturulması ve revize edilmesi	Hazırlanan içeriklerin test edilmesi ve düzenlenmesi
	Materyallerin öğrenci dostu ve etkili hale getirilmesi	Materyallerin öğrenci ihtiyaçlarına uygunluğu
Uygulama	Dersin öğrencilere sunulması ve uygulanması	Öğrencilerin ders içeriğine erişimi ve katılımı
	Öğrenci deneyimlerinin gözlemlenmesi ve geri bildirim toplama	Öğrenci etkileşimi ve ders performansı değerlendirmesi
	Eğitim sürecinin yönetimi ve gerektiğinde düzeltmeler yapılması	Ders sürecinin takibi ve iyileştirme önerileri
Değerlendirme	Öğrenci başarısının ve ders etkinliğinin değerlendirilmesi	Öğrenci performansının analizi ve değerlendirilmesi
	Eğitim programının etkilerinin değerlendirilmesi	Dersin etkinliğinin ve öğrenme sürecinin analizi
	Düzeltilmeler ve geliştirmeler için önerilerin belirlenmesi	Programda gerektiğinde yapılacak düzeltme önerileri

- **Analiz:** Kuantum programlama öğretimi için öğrenci ihtiyaçları, mevcut bilgi düzeyi ve öğrenme hedefleri incelenmiştir. Öğrencilerin kuantum fiziği ve programlama konusundaki bilgi seviyeleri belirlenmiş ve öğrenme sürecindeki gereksinimler analiz edilmiştir.
- **Tasarım:** Öğrencilerin ihtiyaçları doğrultusunda kuantum programlama ders tasarımı oluşturulmuştur. Ders içeriği, öğrenme hedefleri, materyaller, öğretim yöntemleri ve değerlendirme kriterleri bu aşamada belirlenmiş ve düzenlenmiştir.

- Geliştirme: Belirlenen ders tasarımı doğrultusunda kuantum programlama dersi için gerekli materyaller, içerik ve öğretim araçları geliştirilmiştir. Bu aşamada, öğrenme materyalleri ve interaktif kaynaklar öğrencilerin ihtiyaçlarına uygun olarak hazırlanmıştır.
- Uygulama: Geliştirilen kuantum programlama dersi öğrencilere uygulanmıştır. Ders materyalleri ve içerikleri öğrencilere sunulmuş, öğrenme süreci bu aşamada başlamış ve öğrencilerin deneyimleri gözlemlenmiştir.
- Değerlendirme: Uygulama sonrasında öğrencilerin kuantum programlama konusundaki başarıları, öğrenme hedeflerine ne ölçüde ulaştığı ve öğrenci geri bildirimleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda dersin etkinliği ve öğrenci başarısı değerlendirilerek gerekli düzeltmeler ve iyileştirmeler yapılmıştır.

Bu tablo, her bir ADDIE aşamasının belirli görevlerini ve bu görevlerin sonucunda elde edilmesi beklenen çıktılarını içermektedir. Bu çıktılar, kuantum programlama öğretimi için her aşamada beklentileri ve hedefleri temsil etmektedir.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Eğitim öğretim planları bir toplumun gelişmişliğinin önemli göstergeleridir. Toplumların yaşam evrelerinde devrimlere uyum sağlayıp sağlamadığı da yine gelişmişliğinin bir göstergesidir. Endüstri devrimini kaçıran ülkelerin durumları yakın tarihimiz için önemli bir göstergedir. II.Kuantum devrimi ileri teknolojiler için çok önemli fırsatlar sunmaktadır. Ham maddenin insan emeği olduğu bir alandır. Bu alandaki araştırmaların, Endüstri 5.0'ın belirleyici göstergeleri arasında yer alacağı söylenebilir. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında önerilen programın Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı okullarda okutulması da, II.Kuantum devrimi açısından bir adım öne geçmeyi sağlayabilir. Özellikle Lise öğrencilerinin kuantum teknolojileri ile tanışmaları ve alanda çalışma yapmaları ülkemiz adına çok büyük bir kazanım olacaktır. Bilgi birikiminin büyük bir sermaye olduğu endüstri 5.0 için yetiştirilecek elemanlara yönelik bu müfredat programının bir kapı olma durumu vardır.

Lise öğrencilerinin kuantum hesaplama kavramlarıyla ve olasılıklarıyla mümkün olduğunca erken tanışmalarını sağlamak, henüz lise çağlarındayken mesleki geleceklerine ilişkin kariyer planlamalarında kendilerine yeni fırsatlar sunacak ve bu durum da bu alanda ihtiyaç duyulan büyük iş gücünün çeşitliliğini muhtemelen olumlu yönde etkileyecektir (Angara vd., 2022).

Eğitim teknolojilerindeki evrim süreci, Web 2.0'ın yerini alan Web 3.0'a ulaşmıştır. Bunların en önemli farkı ise etkileşim değil deneyimlemedir. Buna bağlı olarak artık eğitim öğretim süreçlerinde de etkileşimli öğrenme değil deneyimleme ile öğrenme ön planda olacaktır. Eğitim 4.0 olarak da popüler olan bu yeni süreç, “Ezber dayalı sistemin yerine dijital teknolojilerden faydalanan ve kişiye özel eğitim ile yeni dünyanın ihtiyaçlarına yanıt veren, deneyim temelli yeni eğitim sistemidir” şeklinde tanımlanmaktadır (Göç, 2018). Tanımdan da görüldüğü gibi deneyimleme en önemli kavram olmuştur. Kuantum teknolojileri bu devrimin ilk değerleridir. Bilginin teleport edilmesi, süperpozisyon durumları üzerine yapılacak teknolojik çalışmalar Web 3.0 için önemli adımlardır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan müfredat, öğrencilerin kuantum teknolojilerini tanımalarını ve deneyimleme ile öğrenmelerini sağlamak için hazırlanmıştır.

Önerimizin odak noktası, Fen ve Anadolu liseleri başta olmak üzere tüm meslek liselerindeki yazılıma dayalı programlar aracılığıyla lise öğrencilerini kuantum teknolojileri ile tanıştırmaktır.

Bu doğrultuda, Milli Eğitim Bakanlığına bağlı Talim ve Terbiye kurulunda program içeriğinin görüşülerek, varsa eksikliklerin tamamlanıp öğretim programlarına eklenmesinin yararlı olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, böyle bir öğretim programının etkili ve verimli bir şekilde yürütülebilmesi için mevcut Bilişim öğretmenlerine de, programın parçası olarak hizmetçi eğitimlerin düzenlenmesi önemli olacaktır.

Yazılım teknolojisiyle büyüyen dijital neslin bakış açıları göz önüne alındığında, onların kuantum teknolojileri ile uyumlu olmalarını sağlamak için bu teknolojinin eğitim süreçlerine entegre edilmesi gerekir. Bu çalışma, kuantum programlama öğretiminin lise düzeyindeki öğretim programına nasıl entegre edilebileceğine yönelik örnek bir tasarım sunarak başlangıç yapmayı hedeflemiştir. Tartışmanın temelinde, kuantum teknolojilerinin eğitim sistemine entegrasyonunun, öğrencilerin bilim ve teknoloji alanındaki ilgilerini artırarak, gelecekteki iş gücünün niteliğini ve çeşitliliğini nasıl etkileyebileceği yönünde bir perspektif sunulmaktadır. Bu noktada, farklı sosyo-ekonomik arka planlardan gelen öğrencilerin bu programlama yaklaşımını benimseme ve kullanma konusundaki tutumları ve etkileşimleri, gelecekteki eğitim politikalarının oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, ileriye dönük araştırmaların, kuantum programlama öğretiminin etkinliği, öğrenci motivasyonu ve geniş katılımı üzerindeki etkilerini daha derinlemesine analiz etmeye odaklanması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Aithal, P. S. (2023). Advances and New research opportunities in quantum computing technology by integrating it with other icct underlying technologies. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*, 314.
- Angara, P. P., Stege, U., & MacLean, A. (2020). Quantum computing for high-school students an experience report. *Proceedings - IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering, QCE 2020*, 323-329. <https://doi.org/10.1109/QCE49297.2020.00047>
- Angara, P. P., Stege, U., MacLean, A., Muller, H. A., & Markham, T. (2022). Teaching quantum computing to high-school-aged youth: a hands-on approach. *IEEE Transactions on Quantum Engineering*, 3. <https://doi.org/10.1109/TQE.2021.3127503>
- Bates, T. (2014). *Is the ADDIE model appropriate for teaching in a digital age?* Online Learning and Distance Education Resources.
- Bondani, M., Chiofalo, M. L., Ercolessi, E., Macchiavello, C., Malgieri, M., Michelini, M., Zuccarini, G. (2022). Introducing quantum technologies at secondary school level: challenges and potential impact of an online extracurricular course. *Physics*, 4(4), 1150-1167. <https://doi.org/10.3390/PHYSICS4040075>
- Branch, R. M. (2010). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.
- Chiofalo, M. L., Foti, C., Michelini, M., Santi, L., & Stefanel, A. (2022). Games for teaching/learning quantum mechanics: a pilot study with high-school students. *Education Sciences*, 12(7), 446. <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI12070446>
- Chong, F.T., Franklin, D., & Martonosi, M. (2017). Programming languages and compiler design for realistic quantum hardware. *Nature*, 549, 180-187. <https://doi.org/10.1038/nature23459>
- Clarke, J., & Wilhelm, F.K. (2008). Superconducting quantum bits. *Nature*, 453, 1031-1042. <https://doi.org/10.1038/nature07128>

- Çepni, S. (2007). Araştırma ve proje çalışmalarına giriş (Genişletilmiş ikinci baskı). Üçyol Kültür Merkezi.
- Didiş, N., Özcan, Ö., & Abak, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: nitel çalışma quantum physics from students' perspective: a qualitative study. *Journal of Education*, 34, 86-94.
- Galindo, A., & Martín-Delgado, M.A. (2002). Information and computation: classical and quantum aspects". *Reviews of Modern Physics*, 74(2), 347. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.347>
- Göç, B. (2018). Özellikleri ve prensipleriyle: eğitim 4.0 nedir? <https://www.mentalup.net/blog/egitim-4-0-nedir-ozellikleri-prensipleri>
- Göksu, İ., Özcan, K., Çakır, R., & Göktaş, Y. (2014). Türkiye'de öğretim tasarımı modelleriyle ilgili yapılmış çalışmalar. *Ilkogretim Online*, 13(2), 694.
- Hancock, R.D. & Algozzine, B. (2006). *Doing case study research*. Teachers College Press.
- Hongqin Li, by, & Cryan, J. (2003). *An investigation of a new instructional design procedure for web-based instruction (WBI)*. Delphi.
- Ivory, M., Bettale, A., Boren, R., Burch, A. D., Douglass, J., Hackett, L., Sarovar, M. (2023). Quantum computing, math, and physics (qcamp): Introducing quantum computing in high schools. *2023 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE)*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/QCE57702.2023.20318>
- Khodabandelou, R., & Samah, S. A. A. (2012). Instructional design models for online instruction: from the perspective of iranian higher education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 67, 545-552. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2012.11.359>
- Liu, J., & Franklin, D. (2023). Introduction to quantum computing for everyone: experience report. *SIGCSE 2023 - Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1, 1157-1163. <https://doi.org/10.1145/3545945.3569836>
- MEB. (2018). *Bilişim teknolojileri ve yazılım dersi öğretim programı (İlkokul 1, 2, 3 ve 4. Sınıflar)*. MEB Yayınları.
- MEB. (2023). *Ortaöğretim bilişim teknolojileri ve yazılım dersi öğretim programı*. MEB Yayınları.
- Royal, C. (2007). *Exploring the use of instructional design models for web-based instruction in higher education: a modified delphi study*. Proquest Information and Learning Company.
- Satanassi, S. (2023). Investigating the learning potential of the second quantum revolution: development of an approach for secondary school students. <https://amsdottorato.unibo.it/10716/>
- Senemoğlu, N. (2005). *Gelişim, öğrenme ve öğretim: kuramdan uygulamaya*. Gazi Kitabevi.
- Travkin, V. S., & N. N. Bolotina (2013). The classical and sub-atomic physics are the same physics. *Hierarchical Scaled Physics and Technologies (HSPT)*, 1-14.
- Ünlü Yavaş, P., & Şahin Kızılcık, H. (2018). Investigating the Causes of Students' Having Difficulties in the Introductory Quantum Physics Topics. *Gazi Education Faculty Journal*, 38(1), 35-73. <https://www.acarindex.com/gazi-universitesi-gazi-egitim-fakultesi-dergisi/investigating-students-causes-of-difficulties-in-the-introductory-quantum-physics-topics-1243794>
- Walsh, J. A., Fenech, M., Tucker, D. L., Riegle-Crumb, C., & La Cour, B. R. (2021). Piloting a full-year, optics-based high school course on quantum computing. *Physics Education*, 57(2), 025010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/AC3DC2>
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.

Ek-A.

Ünitelendirilmiş Yıllık Kuantum Programlama Ders Planının Fizik Konularına Ait Ders Dağılımının Planı

Hafta	Saat	Kazanım	Konular	Yöntem-Teknik	Araç-Gereç
1.hafta	2 saat	1. Büyük patlama kavramını açıkla	Büyük Patlama (Big Bang)	Anlatım Soru cevap Gösterip yapıtırma Sunuş Tartışma 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Kitabı Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
		2. Büyük Patlama Kuramı'na dayanan evrenin zaman çizelgesi açıkla			
		3. Evrenin zaman çizelgesinde oluşan olayları açıkla			
		4. Büyük patlama deneyini uygula			
		5. Hubble teleskopu yapılacak gözlemin yorumlanması sağlanır			
2.hafta	2 saat	1. Dalga fonksiyonunu açıkla	Süperpozisyon	Anlatım Soru cevap Gösterip yapıtırma Sunuş Tartışma 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Kitabı Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
		2. Genlik kavramını açıkla			
		3. Süperpozisyon kavramını açıkla			
		4. Çift yarık deneyini açıkla			
		5. Işık kaynağı ile kuantum para atma deneyinin sonuçlarını yorumlanması sağlanır			
3.hafta	2 saat	1. Dalga fonksiyonunun çökme durumunu açıkla	Kopenhag yorumu	Anlatım Soru cevap Gösterip yapıtırma Sunuş Tartışma 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Kitabı Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
		2. Schrödinger denklemini açıkla			
		3. Schrödinger'in kedisi deneyini açıkla			
		4. Kuantum mekaniğinin problemlerini yorumla			
		5. Schrödinger'in kedisi düşünce deneyini interaktif			

Hafta	Saat	Öğretim İçeriği	Yöntem	Değerlendirme Yöntemi	Materyal
4.hafta	2 saat	<p>bir etkinlikle gerçekleştirir ve sonuçlarını tartışır.</p> <ol style="list-style-type: none">1. EPR paradoksu ve dolanıklık kavramını açıklar2. Herhangi bir parçacık konum, momentum, spin (dönme) ve polarizasyon gibi fiziksel özelliklerini açıklar3. Dolanık parçacıkların davranışlarını yorumlar4. Heisenberg belirsizlik ilkesini açıklar5. Heisenberg belirsizlik ilkesini interaktif bir etkinlikle gerçekleştirir ve sonuçlarını tartışır.	Solvay ve Dolanıklık	Anlatım Soru cevap Gösterip yaptırma Sunuş Tartışma 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
5.hafta	2 saat	<ol style="list-style-type: none">1. Kuantum bilgisayar kavramını açıklar.2. Kuantum bilgisayar türlerini açıklar.3. Kuantum algoritmalarını açıklar4. Kuantum bilgisayarların üstünlüklerini yorumlar	Kuantum Bilgisayarlar	Anlatım Soru cevap Gösterip yaptırma Sunuş Tartışma 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi

Ek-B.

Ünitelendirilmiş Yıllık Kuantum Programlama Ders Planının Matematik Konularına Ait Ders Dağılımının Planı

Hafta	Saat	Kazanım	Konu	Yöntem-Teknik	Araç-Gereç
1.hafta	2 saat	1. Olasılık ile ilgili temel kavramları açıkla ve özellikleri hakkında bilgi sahibi	İmkansız Olay, Kesin Olay, Örnek Olasılık Olasılıkların Toplamı,	Olay, Uzay, Hesap, Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler
		2. Bir olayın olma olasılığını matematiksel gösterimle ifade eder ve hesaplar	Bağımlı ve Bağımsız Olaylar, Koşullu Olasılık		
		3. Bağımlı ve bağımsız olayları ayırt eder ve bunların gerçekleşme olasılığını hesaplar			
		4. Koşullu olasılık kavramını açıkla ve hesaplar			

2.hafta 2 saat

1. Vektörlerin özelliklerini açıkla. Satır ve sütun vektörler hakkında bilgi sahibi olur. Vektörler, Vektör Bileşenleri, Vektörlerin görselleştirilmesi, Skaler Çarpım, Ortogonal Vektörler
2. Bir vektörü bir sayı ile çarpabilir
3. Birden fazla vektör üzerinde toplama işlemi yapabilir
4. Bir vektörün uzunluğunu belirleyebilir
5. Vektörlerin görselleştirmesi hakkında bilgi sahibi olur
6. Vektörlerin skaler çarpımını hesaplayabilir
7. Ortogonal (dik) vektörleri tanımlamayı bilir ve işlem yapabilir

3.hafta 2 saat

1. Bir matrisi bir sayı ile çarpabilir
2. Birden fazla matrisler üzerinde toplama işlemi yapabilir
3. Bir matrisin transpozisini alabilir
4. Bir vektör ile bir matris üzerinde çarpma işlemini gerçekleştirebilir
5. İki matrisi birbirleriyle çarpabilir

4.hafta	2 saat	1. Tensör Çarpımının nasıl yapıldığını öğrenir	Tensör Çarpımı, İki Vektör Çarpımı, İki Matris Çarpımı	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler
		2. İki vektörün tensör çarpımını hesaplayabilir			
		3. İki matrisin tensör çarpımını yapabilir			
5.hafta	2 saat	1. Karmaşık sayıların temellerini kavrar	Karmaşık Sayılar, Karmaşık Sayıların Geometrik	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler
		2. Karmaşık sayıların yapısını öğrenir	Gösterimi, Kutup formu		
		3. Karmaşık sayılar üzerinde temel işlemler yapabilir			
		4. Karmaşık sayıların geometrik gösterimi hakkında bilgi sahibi olur			
		5. Kutup formu			
6.hafta	2 saat	1. Dirac (Bra-Ket) gösterimi hakkında bilgi sahibi olur ve temel işlemler yapabilir	Dirac (Bra-Ket) Gösterimi, İç Çarpımlar, Üniter Matrisler	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Kitabı Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
		2. İç çarpımlar hakkında bilgi sahibi olur ve temel işlemler yapabilir			
		3. Üniter matrisler hakkında bilgi sahibi olur ve temel işlemler yapabilir			

Ek-C.

Ünitelendirilmiş Yıllık Kuantum Programlama Ders Planının Python Ve Qiskit Konularına Ait Ders Dağılımının Planı

Hafta	Saat	Kazanım	Konu	Yöntem- Teknik	Araç-Gereç
1.hafta	2 saat	1. Python programlama dilinde değişken tanımlamayı öğrenir. 2. Python'da kodların girintisi hakkında bilgi sahibi olur. 3. Python'da toplama ve çarpma operatörleri hakkında bilgi sahibi olur ve problemleri çözebilir.	Python'un Temelleri, Değişken Tanımlama, Temel İşlemler ve Operatörler	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler
2.hafta	2 saat	1. Python'un sayısal nesne türleri ve bunlara uygulayabilecek işlemler hakkında bilgiler verilecektir. 2. Standart tamsayı ve kayan nokta türleri ile karmaşık sayılar gibi daha egzotik ve daha az kullanılan türler; kesirler ve kümeler tanıtılacaktır. 3. Python'un ifade sözdizimini, tür dönüşümlerini, bitsel işlemleri ve komut dosyalarında sayıları kodlamak için çeşitli değişmez formları incelenecektir.	Sayılar/Numbers	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler

3.hafta	2 saat	4. Dizi nesne tipinde derinlemesine bilgi verilecektir.	Diziler/Strings	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler
		5. Dizi değişmezlerinin kodlaması öğrenilecektir.			
		6. Dizi ifadeleri, dize yöntemi çağruları ve hem ifadeler hem de yöntem çağrularıyla dize biçimlendirme dahil olmak üzere dize işlemleri öğrenilecek.			
		7. Dilimleme, yöntem çağrısı sözdizimi ve üç tırnaklı blok dizileri gibi çeşitli kavramları incelenecektir.			
4.hafta	2 saat	1. Python if deyimini incelenecek. Ek olarak, bu bizim ilk bileşik ve mantıksal ifademiz olduğu için Python'un genel sözdizimi kurallarını gözden geçirilecek ve doğruluk testlerinin işleyişini daha önce yapılabildiğinden daha derinlemesine araştırılacak.	Koşul Yapısının Mantığı	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler
5.hafta	2 saat	1. Python'da döngü yapılarının mantığı hakkında bilgi sahibi olur.	Döngü Yapısının Mantığı	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Etkileşimli tahta sunuları ve EBA materyalleri, Ders Kitabı, Web 2.0 Araçları, Bilgisayar, Projeksiyon Makinesi, Multimedya Araçları Çalışma Yaprakları ve Etkinlikler

6.hafta

2 saat

1. Fonksiyon tanımının arkasındaki temel fikirleri öğrenecekler	Fonksiyonların Esasları	Sözlü anlatım, Soru cevap, Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.	Ders Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi	Kitabı
2. def ve return ifadelerinin sözdizimi ve işleyişi,				
3. def ifadesi, çalışma zamanında bir Fonksiyon nesnesi oluşturulan yürütülebilir koddur;				
4. Fonksiyon çağırısı ifadelerinin davranışı ve Fonksiyonlarda polimorfizm kavramı ve faydaları.				
5. Fonksiyon daha sonra çağrıldığında, nesnelere ona atama yoluyla iletilir, (Bu atama Python'da nesne referansı anlamına gelir, Gerçekten dahili olarak pointer anlamına gelir) ve hesaplanan değerler dönüşle geri gönderilir.				
6. Yerel değişkenler kavramını da keşfetmeye başlayacaklar				

7.hafta 2 saat

1. Liste türünün konumsal olarak sıralanmış rastgele nesne koleksiyonlarını desteklediğini ve isteğe bağlı olarak serbestçe iç içe yerleştirilip büyütülebileceğini ve küçültülebileceğini öğrenecekler
2. Sözlük türü benzerdir, ancak öğeleri konum yerine anahtara göre depolar ve Öğeleri arasında güvenilir bir soldan sağa sırayı korumaz.
3. Hem listeler hem de sözlükler değiştirilebilir ve böylece dizeler için mevcut olmayan çeşitli yerinde değişiklik işlemlerini destekler:
4. Listeler ekleme çağrılarıyla ve sözlükler yeni anahtarlara atanarak büyütülebilir
5. Farklı nesne tipleri hakkında analiz yapabilir ve bunun sonucunda ne tür liste tiplerini kullanabileceği hakkında görüşte bulunabilir.

Listeler
Sözlükler

ve Sözlü Ders Kitabı
anlatım, Soru Etkileşimli Tahta,
cevap, Web 2.0 Araçları
Gösterip Bilgisayar
yaptırma, Projeksiyon
Sunuş Makinesi
Tartışma,
Analiz Etme,
5E Modeli
Problem
Çözme Y.

8.hafta 2 saat

1. Kuantum programlama için kullanılan Qiskit Framework'üne ait ön bilgiye sahip olur. Qiskit Framework, Sözlü anlatım, Soru Ders Kitabı Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
2. Ana nesnelere Qiskit'ten Python'a aktarma Kuantum programlama; Nesnelere Kuantum Devre Tasarımı, Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.
3. Qiskit'te bir devre tasarlanabilir, tasarlanmış olan devrenin görselleştirmesini gerçekleştirebilir ve bununla birlikte devre üzerinde çalışmalar yapabilir. Kuantum Devrelerinin Görselleştirilmesi, Kuantum Devrelerinin Çalıştırılması,
4. Kuantum derleme dili hakkında bilgi sahibi olur. Kuantum Bitlerinin Devreler Üzerinde Okunması
5. Devre üzerinden birden fazla kuantum biti ile nasıl çalışacağını bilir ve devre tasarımını gerçekleştirebilir.
6. Devre üzerinde kuantum bitlerinin okuma sırası hakkında bilgi sahibi olur ve uygular

9.hafta 2 saat

1. Tek kübit, İki Kübit ve Üç Kübit Kapıları Kapıların (Operatörlerin) Kübitin Durum Sözlü anlatım, Soru Ders Kitabı Etkileşimli Tahta, Web 2.0 Araçları Bilgisayar Projeksiyon Makinesi
2. Kuantum devresini ölçme Vektörlerine etkileri Gösterip yaptırma, Sunuş Tartışma, Analiz Etme, 5E Modeli Problem Çözme Y.
3. Klasik bir kayıt tarafından kontrol edilen kuantum işlemi Kübitlerin Ölçülmesi Ölçme sonrası kübit değerlerinin klasik bite aktarılması
4. Kuantum devresi çizme veya yazdırma Devre şemaları yazdırma ve yorumlama