



Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (BAİBÜEFD)

Bolu Abant İzzet Baysal University
Journal of Faculty of Education



2023, 23(1), 520–541. <https://dx.doi.org/10.17240/aibuefd.2023..-1177413>

Kuantum Fiziği Kavramsal Anlama Testinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması*

The Development of Quantum Physics Conceptual Understanding Test: Validity and Reliability Studies

Ömer Ensari¹ , Celal Bayrak² 

Geliş Tarihi (Received): 19.09.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 15.03.2023

Yayın Tarihi (Published): 25.03.2023

Öz: Bu çalışma, ortaöğretim öğrencilerinin kuantum fiziği giriş konularına yönelik kavramsal anlamalarını ölçen geçerli ve güvenilir bir test geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Testin kapsamı kuantum fiziği giriş konuları olan siyah cisim ışıması, fotoelektrik olayı, Compton saçılması, ışığın ikili doğası ve madde dalgaları (de Broglie) konularından oluşmaktadır. Testte yer alan maddeler yenilenmiş Bloom taksonomisine göre sınıflandırılmıştır. Geliştirilen testin geçerlik ve güvenilirlik incelemeleri için test 12. sınıfta öğrenim gören 148 öğrenciye uygulanmıştır. Testin geçerliği için uzman görüşleri alınmış ve madde güçlük ile madde ayırt edicilik indeksleri hesaplanmıştır. Ayrıca açılmayıcı faktör analizi yapılmıştır. Testten elde edilen puanların güvenilirliğini belirlemek için KR-20 güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır. Analizler sonucunda testin üç faktörden oluştuğu tespit edilmiştir. Testten elde edilen puanların güvenilirliği için KR-20 güvenilirlik katsayısı 0,93 bulunmuştur. Testin ayırt edicilik indeksi 0,63 ve güçlük indeksi 0,48 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonunda kuantum fiziği giriş konularını geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçebilecek 24 maddeden oluşan ideal bir kavramsal anlama testi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fizik eğitimi, kavramsal anlama, kuantum fiziği, ölçek geliştirme.

&

Abstract: The development of a test to measure introductory quantum physics subjects conceptual understanding of high school students with the validity and reliability studies is the goal of this research. The scope of the test consists of black body radiation, photoelectric effect, Compton scattering, dual nature of light and matter waves. The test's items were classified accordingly the Revised Bloom Taxonomy. A total of 148 high school senior students participated in the study. Expert opinions were taken, and difficulty and discrimination indexes of the items were calculated to validate the test. In addition, test's exploratory factor analysis was performed. For the reliability studies, the KR-20 coefficient values of test and factors were calculated. According to the analysis the test consisted of three factors. The test's KR-20 value was found as 0,93. Test's difficulty index was 0,48, and the discrimination index was 0,63. An ideal conceptual understanding test consisting of 24 items with validity and reliability was developed for the introductory subjects of quantum physics with this study.

Atıf/Cite as: Ensari, Ö. & Bayrak, C. (2023). Kuantum Fiziği Kavramsal Anlama Testinin Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(1), 520-541. <https://dx.doi.org/10.17240/aibuefd.2023..-1177413>

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University– Bolu

* Birinci yazarın doktora tez çalışmasından türetilmiştir.

¹ Sorumlu Yazar: Ömer Ensari, Hacettepe Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, oensari@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8497-3429

² Prof. Dr. Celal Bayrak, Hacettepe Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, cbayrak@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9269-2029

1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılda başlayan ve günümüzde büyük bir hızla gelişen teknolojinin temelini kuantum fiziği oluşturmaktadır. Kuantum fiziği ile görelilik teorisi birlikte modern fiziğin köşe taşlarını oluşturmaktadır (Bouchée vd., 2021). Alan yazında modern fizik ve kuantum fiziği ile ilgili kaynaklar incelendiğinde çok geniş bir alanın ele alındığı ve birçok kaynaktan aynı isim ile farklı konuların ele alındığı görülmüştür. Ancak son yıllarda Avrupa ve Amerika başta olmak üzere birçok ülkede kuantum fiziği ünite adıyla ortaöğretim programlarına dahil edilmektedir (Krijtenburg-Lewerissa vd., 2017; Stadermann vd., 2019). Kuantum fiziğinin daha iyi anlaşılması ve akademik alt yapıyı oluşturması için Türkiye’de de liselerde 12. sınıf Seçmeli Fizik dersinde özel görelilik, kuantum fiziğine giriş, fotoelektrik olayı, Compton saçılması ve de Broglie dalga boyu alt başlıklarından oluşan modern fizik ünitesi bulunmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Ancak ilköğretimden itibaren klasik fizik konuları ile karşılaşan öğrenciler, kuantum fiziği ile ilk kez karşılaştıklarında aşına oldukları klasik dünya görüşüyle çeliştiği için anlamakta güçlük yaşamaktadırlar (Krijtenburg-Lewerissa vd., 2017). Yapılan çalışmalar hem lise (Bouchée vd., 2021; Dokuzfidan, 2019; Henriksen vd., 2018; Taşlıdere, 2016; hem de üniversite öğrencilerinin (Akarsu vd., 2011; Asikainen & Hirvonen, 2009; Ayene vd., 2019; Kızılcık & Ünlü Yavaş, 2017) kuantum fiziğine giriş niteliğinde olan bu konuları anlamakta güçlük çektiklerini göstermektedir. Bilimsel ve yarı-iletken, lazer, şifreleme, kuantum bilgisayarlar vb. modern teknolojik gelişmelerin temelini oluşturan kuantum fiziğinin öğretilmesi büyük öneme sahiptir. Kuantum fiziğinin bu önemine rağmen Fizik Eğitimi alanında yapılan çalışmaların sadece %1’inin modern fizik (görelilik ve kuantum fiziği) ile ilgili olduğu görülmektedir (Özcan, 2009). Yılmaz (2019), Türkiye’de 2000 – 2017 yılları arasında fizik eğitimi alanında yazılan tezlerde dinamik, termodinamik, ışık ve ses, elektrik, iş-güç-enerji ve astronomi konularına daha fazla çalışılırken kuantum fiziği alanında (%1,3) çok az çalışıldığını tespit etmiştir. Ayrıca Türkiye’de son yıllarda modern fizik (görelilik ve kuantum fiziği) ve öğretimi ile ilgili yapılan çalışmaların artmaya başladığı ve çoğunlukla üniversite düzeyinde olduğu da görülmektedir (Didiş vd., 2008; Özcan, 2009; Akarsu vd., 2011; Özcan & Gerçek, 2015; Görece Baybars & Küçüközer, 2014; Kotluk & Yayla, 2016).

Günümüzde fizik öğretiminde çok önemli bir yere sahip olan kuantum fiziği ile ilgili çok az sayıda çalışmanın olması bu konulardaki öğretimi olumsuz etkilemektedir (Kızılcık & Ünlü Yavaş, 2017). Kavramsal olarak anlaşılması zor ve öğrencilerin kavram yanlışlarına sahip olduğu kuantum fiziği (Şen, 2002) konuları ile ilgili öğrencilerin önyargı, endişe ve yabancılaşmaya benzer inançlar taşıdıkları belirlenmiştir (Aksakallı vd., 2016). Bunlara öğrencilerin sınav ve not kaygısı ile dersin zor olduğu önyargısı (Kızılcık & Ünlü Yavaş, 2017) eklendiğinde kuantum fiziği konularının öğrenciler için anlaşılmasının daha da zor olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin eğitim sürecinde bilgi, beceri ve tutumlarında meydana gelen değişim ve ilerlemelerin amaçlandığı şekilde gerçekleştiğini belirlemek için ölçme ve değerlendirme etkinliklerine ihtiyaç vardır (Tan, 2004). Eğitimde başarı ölçüt olduğundan ölçme ve değerlendirme için başarı testleri kullanılabilir (Turgut & Baykul, 2012). Geçerlik ve güvenirliliğine ilişkin kanıt toplanmış başarı testleri referans olarak alınabileceğinden yararlı oldukları söylenebilir. Bu bağlamda, kuantum fiziği giriş konularında öğrencilerin başarılarını ölçen referans alınabilecek bir ölçme aracının olmasının kuantum fiziği öğretiminde öğrencilerin ilerlemelerini belirlemede yardımcı olacağına inanılmaktadır. Alan yazın incelendiğinde Wutiprom vd. (2009), üniversite öğrencileri için Kuantum Fiziği Kavrama Testi geliştirdiği ve üniversite öğrencilerine uyguladığı görülmektedir. Üniversite öğrencileri için geliştirilen bu test fotoelektrik olay, dalga ve parçacık ikiliği, de Broglie dalga boyu, çift yarıktaki girişim ve belirsizlik ilkesi konularını içeren 25 soruluk bir tarama testidir. Geliştirilen bu test hem üniversite öğrencilerine yönelik olduğundan hem de kuantum fiziği giriş konularından olan Compton saçılmasını içermediğinden lise öğrencilerine ve Türkiye’deki ortaöğretim fizik öğretim programına uygun olmadığı düşünülerek uyarlanmamıştır. Kotluk ve Yayla (2016) ortaöğretim öğrencileri için modern fiziğin doğuşu ve görelilik

konularından 25 soruluk bir modern fizik başarı testi geliştirmişlerdir. Uygulama yılına bakıldığında başarı testinin 2008-2009 fizik öğretim programına yönelik olduğu anlaşılmaktadır. Demir ve Akarsu (2014) ise özel görelilik, nükleer fizik ve kuantum teorisi konularını içeren modern fizik kavram testi geliştirmişlerdir. Aynı şekilde uygulama yılına bakıldığında testin 2008-2009 fizik öğretim programına göre düzenlendiği anlaşılmaktadır. Belirtilen çalışmalar dışında alan yazında kuantum fiziği konuları için geliştirilen herhangi bir test geliştirme çalışmasına rastlanmamıştır. Var olan bu testlerin de içerdiği konuların birbirinden farklı olması bu testlerin ortaöğretim öğrencilerine uygunluğunun sorgulanmasına neden olmaktadır. Ortaöğretim öğrencileri için kuantum fiziğinin hangi konuları kapsadığına yönelik bir standart olmadığından, Stadermann vd. (2019) on beş farklı ülkenin ortaöğretim fizik öğretim programlarını inceleyerek, kuantum fiziğine giriş için ana başlıkları belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmada on ve üzeri ülkede ortak olan siyah cisim ışıması, Bohr atom modeli, enerji seviyeleri, ışık madde etkileşimi, dalga-parçacık ikiliği, madde dalgaları ve teknik uygulamalar konularının kuantum fiziğinin ortak konuları olabileceğinin belirtildiği görülmektedir (Stadermann vd., 2019).

Türkiye’de fizik öğretim programlarının çeşitli ihtiyaçlar doğrultusunda güncellenme ve sadeleştirilme çalışmaları yapıldığı görülmektedir (MEB, 2007; MEB, 2013; MEB, 2018). En son 2018 yılında güncellenen fizik öğretim programının Modern Fizik ünitesinde özel görelilik ve kuantum fiziğine giriş başlığı altında siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, Compton olayı ve de Broglie bağıntısı adlı konu başlıkları yer almaktadır (MEB, 2018). Diğer ülkelerin öğretim programında yer alan kuantum fiziği konuları (Stadermann vd., 2019) ile MEB (2018) öğretim programında yer alan konuların paralellliği göz önünde bulundurulduğunda, siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, Compton olayı, ışığın ikili doğası ve madde dalgaları başlıkları kuantum fiziği giriş konuları olarak kabul edilebilir. Alan yazın incelendiğinde ortaöğretim öğrencilerine yönelik güncel öğretim programına uygun kuantum fiziği giriş konularını içeren hem Türkiye’de hem de yurt dışında kullanılabilecek herhangi bir başarı testinin olmadığı belirlenmiştir. Tüm bu noktalar doğrultusunda, kuantum fiziği giriş konularını kapsayan bir testin geliştirilmesinin önemli olduğu ve alan eğitimine katkı sağlayabileceği söylenebilir. Fizik öğretim programında (MEB, 2018) kuantum fiziği başlığı altında siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, Compton olayı ve de Broglie bağıntısı konuları ve bu konuların alt başlıklarında ışığın ikili doğası yer aldığından bu çalışmada da kuantum fiziği giriş konularını içeren bir Kuantum Fiziği Kavramsal Anlama Testi (KuFKAT) geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen test ortaöğretim 12. sınıfta öğrenim gören ve seçmeli fizik dersini alan öğrencilere yönelik olup kavramsal anlama düzeylerini belirlemede kullanılması düşünülmektedir. Çalışma sonunda son hali verilecek olan test ve maddeleri herhangi bir yerde yayınlanmayacak ancak testi kullanmak isteyen öğretmen ve araştırmacılara yazar tarafından herhangi bir yerde yayınlanmaması şartıyla test verilebilecektir. Bu bağlamda geliştirilen kavramsal anlama testinin öğrencilerin kuantum fiziği konularını anlama düzeylerini belirlemede alan eğitimine çok katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın modeli

Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden korelasyonel desen kullanılmıştır. Korelasyonel desende iki ya da daha fazla değişken veya puan grubu arasındaki derece ya da ilişkiyi tanımlamak ve ölçmek için korelasyon istatistiği kullanılmaktadır (Creswell, 2012). Araştırmada maddeler arasındaki ilişkiye dayalı olarak bir yapı oluşturulmaya çalışıldığından korelasyonel desen tercih edilmiştir.

2.2. Araştırmanın çalışma grubu

Çalışma Van merkez ilçelerinden İpekyolu ve Tuşba’da bulunan 10 farklı okulda, 12. sınıfta öğrenim gören ve seçmeli fizik dersini alan 148 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma, pandemi dönemine denk geldiğinden ve öğrencilerin devam zorunluluğu olmadığından ulaşılan öğrenci sayısı, madde sayısının beş katı ($24 \times 5 = 120$) olan örneklem büyüklüğünden fazla olduğundan açılımlayıcı faktör analizi için yeterli bulunmuştur (Child, 2006). Çalışmaya sınavla öğrenci alan fen liseleri ile nitelikli Anadolu liseleri ve sınavsız yerel yerleştirmeye dayalı Anadolu liseleri dâhil edilmiştir. Mesleki program uygulayan

ortaöğretim kurumlarında seçmeli fizik-12 dersi tercih edilmediğinden bu okullar çalışmaya dahil edilmemiştir. Uygulamadan önce tüm okullarda testte yer alan konuların işlenmiş olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilere ait cinsiyet ve okul türleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.

Katılımcıların Cinsiyet ve Okul Türlerine Göre Dağılımları

	Değişken	Frekans	Yüzde
Okul türü	Fen lisesi	45	30,41
	Anadolu Lisesi (sınavlı)	30	20,27
	Anadolu Lisesi (yerel yerleştirme)	73	49,32
Cinsiyet	Kız	71	47,97
	Erkek	77	52,03

Tablo 1’de görüldüğü üzere ölçek geliştirme çalışmalarına katılan öğrencilerin 71’i (%48) kız, 77’si (%52) erkek öğrencilerden oluşmaktadır. Ayrıca öğrencilerin 45’i (%30,4) fen lisesi, 30’u (%20,3) liseye geçiş sınavı puanına göre öğrenci alan Anadolu Lisesi ve 73’ü (%49,3) sınavsız yerel yerleştirme ile öğrenci alan Anadolu lisesinde öğrenim görmektedir. Fen liseleri ve sınavlı Anadolu liseleri aynı merkezi sınavla öğrenci seçtiklerinden, çalışmaya katılan öğrencilerin yaklaşık yarısı merkezi sınavla öğrenci alan okullarda öğrenim görmektedirler. Bu bağlamda, öğrencilerin cinsiyet ve okul türleri dağılımının dengeli olduğu söylenebilir.

2.3. Veri toplama araçları ve süreci

Çalışma verileri 2020-2021 eğitim öğretim yılı ikinci dönem sonunda yüz yüze toplanmıştır. İzinler alındıktan sonra Tablo 2’de yer alan okullar ile iletişime geçilmiş ve testte yer alan konuların işlenip bitirildikten sonra uygun bir tarih belirlenmiş ve uygun olan okullar için öğrencinin kayıtlı olduğu okulda ders saatleri dışında gönüllü öğrencilere bir ders saati süresi verilerek test uygulanmıştır. Uygulamadan önce çalışmaya katılmak isteyen tüm öğrencilerin velilerinden onay alınmıştır. Veri toplama süreci iki hafta sürmüştür.

Bu çalışmada ortaöğretim öğrencilerinin kuantum fiziğine giriş konularındaki kavramsal anlamalarını belirlemek amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilen Kuantum Fiziği Kavramsal Anlama Testi (KuFKAT) kullanılmıştır. Test geliştirilmeden önce belirtke tablosu hazırlanmış ve bu tabloya göre çoktan seçmeli 24 soruluk KuFKAT geliştirilmiştir. Daha sonra bu sorular yenilenmiş Bloom taksonomisine göre sınıflandırılmıştır. KuFKAT için Kuantum Fiziği giriş konuları olan ve 12. sınıf öğretim programında yer alan siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, Compton olayı, ışığın ikili doğası ve madde dalgaları kazanımları belirlenmiştir. MEB 2018 Fizik öğretim programında (FÖP) yer alan kazanımlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.

Kuantum Fiziği Konularına Ait 12. Sınıf Kazanımları

Konu	Kazanım	Alt Kazanım ve Kazanım Açıklamaları
12.5.2. Kuantum Fiziğine Giriş	12.5.2.1. Siyah cisim ışımasını açıklar.	a) Planck hipotezi açıklanır. b) Dalga boyu-ışıma şiddeti grafiğinden hareketle klasik yaklaşımla modern yaklaşımın çelişkisi ve bu çelişkinin kuantum fiziğinin doğuşuna etkisi vurgulanır.
12.5.3. Fotoelektrik Olayı	12.5.3.1. Foton kavramını açıklar.	

Tablo 2. Devamı*Kuantum Fiziği Konularına Ait 12. Sınıf Kazanımları*

Konu	Kazanım	Alt Kazanım ve Kazanım Açıklamaları
	12.5.3.2. Fotoelektrik olayını açıklar.	a) Hertz'in çalışmaları üzerinde durulur. b) Einstein'ın fotoelektrik denklemi üzerinde durulur. c) Öğrencilerin simülasyonlar yardımıyla fotoelektrik olaya etki eden değişkenleri gözlemlemeleri ve yorumlamaları sağlanır.
	12.5.3.3. Farklı metaller için maksimum kinetik enerji-frekans grafiğini çizer.	
12.5.3. Fotoelektrik Olayı	12.5.3.4. Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji, durdurma gerilimi ve metalin eşik enerjisi arasındaki matematiksel ilişkiyi açıklar.	
	12.5.3.5. Fotoelektrik olayın günlük hayattaki uygulamalarına örnekler verir.	Fotoelektrik olayın günlük hayattaki olumlu (musluklarda hijyenin sağlanması gibi) ve olumsuz (sahte güneş gözlüklerinin kullanımı gibi) etkileri üzerinde durulur.
	12.5.4.1. Compton olayında foton ve elektron etkileşimini açıklar.	a) Öğrencilerin model veya simülasyonlar kullanarak Compton saçılmasını açıklamaları sağlanır. b) Matematiksel hesaplamalara girilmez.
12.5.4. Compton Saçılması ve De Broglie Dalga Boyu	12.5.4.2. Compton ve fotoelektrik olaylarının benzer yönlerini belirterek ışığın tanecik doğası hakkında çıkarım yapar.	
	12.5.4.3. Işığın ikili doğasını açıklar.	Işığın tanecik, dalga, hem tanecik hem de dalga doğası ile açıklanan olaylar vurgulanır.
	12.5.4.4. Madde ve dalga arasındaki ilişkiyi açıklar.	a) De Broglie bağıntısı verilir. b) Matematiksel hesaplamalara girilmez.

Tablo 2'de verilen MEB 2018 Fizik Öğretim Programında Kuantum fiziği giriş konuları kuantum fiziğine giriş, fotoelektrik olayı ve Compton saçılması ve de Broglie dalga boyu adları ile üç ana başlıkta verilmiştir. Ancak kazanımlar incelendiğinde bu konuların siyah cisim ışıması, fotoelektrik olayı, Compton saçılması, ışığın ikili doğası ve madde dalgaları (de Broglie dalga boyu) olarak beş konudan oluştuğu belirlenmiştir. Tablo 2'de yer alan 10 adet kazanım ve bu kazanımlara ait açıklamalar ve alt kazanımlar dikkate alınarak siyah cisim ışıması konusundan 3, fotoelektrik olay konusundan 11, Compton saçılması konusundan 5, ışığın ikili doğası konusundan 2 ve madde dalgaları konusundan 3 sorunun yer aldığı 24 soruluk bir test hazırlanmıştır. Kazanım açıklamaları incelendiğinde, sadece fotoelektrik olay ile ilgili matematiksel hesaplamalara izin verildiği ancak diğer konularda "Matematiksel hesaplamalara girilmez" denilerek hesaplamalara izin verilmediği anlaşılmaktadır. Madde havuzu oluştururken Fizik 12 Ders Kitabı (Alpegemen, 2019), MEB Ortaöğretim Genel Müdürlüğü tarafından sunulan www.ogmmateryal.eba.gov.tr ve Eğitim Bilişim Ağı (EBA) platformunda yer alan maddeler incelenmiş ve öğretim programına uygun özgün maddeler yazılmıştır. Maddelere ait çeldiriciler yazılırken özellikle alan

yazında yer alan ve Güneş (2017) tarafından derlenen kavram yanlışlarına yer verilmiştir. Konulara ait kazanımların öğretim programındaki kazanımlar içindeki yüzdeleri ile KuFKAT'ta yer alan yüzdeleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3.

KuFKAT Sorularının Kazanımlara Göre Dağılımları

Konu Adı	FÖP Kazanım Yüzdesi	KuFKAT Kazanım Yüzdesi
Siyah Cisim Işıması	10	12,50
Fotoelektrik Olay	50	45,83
Compton Olayı	20	20,83
Işığın İkili Doğası	10	8,33
Madde Dalgaları	10	12,50

Tablo 3 incelendiğinde, ilgili konuya ait kazanım yüzdesi dikkate alındığında, KuFKAT'ta yer alan madde sayılarının kuantum fiziği kazanımları ile dengeli bir dağılım içinde olduğu görülmektedir.

Belirtke tablosu doğrultusunda kazanımlara uygun hazırlanan sorular yenilenmiş Bloom taksonomisine göre sınıflandırılmıştır. Öğretim sonunda öğrencilerden beklenen durumların aşamalı ve iki boyutlu sınıflanmasına olanak tanıyan iskelet olarak tanımlanan taksonomiye Bloom taksonomisi denilmektedir (Krathwohl, 2002). Günümüzde yenilerek son hali verilen yenilenmiş Bloom taksonomisi öğretme-öğrenme süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu taksonominin dikey boyutunu Olgusal, Kavramsal, İşlemsel ve Üstbilişsel bilgilerden oluşan Bilgi Boyutu oluştururken, yatay boyutunu Hatırlama, Anlama, Uygulama, Çözümleme, Değerlendirme ve Yaratma adlı Bilişsel Süreç Boyutu oluşturmaktadır (Krathwohl, 2002). KuFKAT'ta yer alan soruların yenilenmiş Bloom taksonomisine göre sınıflandırılmış hali Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4.

KuFKAT sorularının yenilenmiş Bloom taksonomisine göre sınıflandırılması

Bilgi-Bilişsel Süreç Kazanım	Olgusal- Anlama	Kavramsal- Anlama	İşlemsel- Uygulama	Kavramsal- Çözümleme	İşlemsel- Çözümleme
12.5.2.1. Siyah cisim ışımalarını açıklar.		M2, M3		M1	
12.5.3.1. Foton kavramını açıklar.	M4				
12.5.3.2. Fotoelektrik olayını açıklar.		M6	M7	M8	M5
12.5.3.3. Farklı metaller için maksimum kinetik enerji-frekans grafiğini çizer.			M9		M10
12.5.3.4. Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji, durdurma gerilimi ve metalin eşik enerjisi arasındaki matematiksel ilişkiyi açıklar.		M12	M11		
12.5.3.5. Fotoelektrik olayın günlük hayattaki uygulamalarına örnekler verir.		M14		M13	

Tablo 4. Devamı*KuFKAT sorularının yenilenmiş Bloom taksonomisine göre sınıflandırılması*

Bilgi-Bilişsel Süreç	Olgusal-Anlama	Kavramsal-Anlama	İşlemsel-Uygulama	Kavramsal-Çözümleme	İşlemsel-Çözümleme
12.5.4.1. Compton olayında foton ve elektron etkileşimini açıklar.		M16, M19		M15	
12.5.4.2. Compton ve fotoelektrik olaylarının benzer yönlerini belirterek ışığın tanecik doğası hakkında çıkarım yapar.		M17, M18			
12.5.4.3. Işığın ikili doğasını açıklar.		M20, M21			
12.5.4.4. Madde ve dalga arasındaki ilişkiyi açıklar.	M23			M24	M22

Tablo 4 incelendiğinde, KuFKAT'ta için hazırlanan madde havuzundaki 24 sorudan 2 tanesinin Olgusal Bilgi, 16 tanesinin Kavramsal Bilgi ve 6 tanesinin İşlemsel Bilgi basamaklarında yer aldığı ve Üstbilişsel Bilgi basamağında herhangi bir sorunun yer almadığı görülmektedir. Bilişsel Süreç boyutuna bakıldığında ise, 13 sorunun Anlama, 3 sorunun Uygulama ve 8 sorunun Çözümleme basamağında yer aldığı; Hatırlama, Değerlendirme ve Yaratma basamaklarında herhangi bir sorunun yer almadığı anlaşılmaktadır. Bu sınıflandırma, Tablo 4'te yer alan kazanım açıklamaları ile değerlendirildiğinde KuFKAT'ta yer alan soruların kazanımlara uygun olduğu söylenebilir.

2.4. Verilerin analizi

Araştırma kapsamında geliştirilen KuFKAT'ın veri analizleri SPSS 26 programı ve FACTOR yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Testte öğrencilerin doğru cevapladığı maddelere "1", yanlış cevapladığı veya boş bıraktığı maddelere "0" puanı verilerek programa girişleri yapılmıştır. Böylece testten en fazla 24 puan, en az 0 puan alınabilmektedir. Kapsam geçerliği çalışmaları için uzman görüşü alınmıştır. Örneklem büyüklüğü göz önünde bulundurularak tüm veriler kullanılarak ayırt edicilik indeksi için nokta çift-serili korelasyon katsayısı ve güçlük için madde güçlük indeksi hesaplanmıştır. Yapı geçerliğine ilişkin kanıt elde etmek amacıyla da açımlayıcı faktör analizi (AFA) yapılmıştır. Verilerin faktör analizine uygunluğunu belirlemek üzere Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değeri ile Bartlett küresellik testi sonuçları incelenmiştir. Veriler 1-0 şeklinde puanlandığından faktör çıkarma tetrakorik korelasyonu matrisi üzerinden gerçekleştirilmiş ve faktör sayısı belirlemenin en güvenilir yöntemlerinden olan paralel analiz kullanılmıştır (Timmerman & Lorenzo-Seva, 2011). Güvenirlik çalışması için hem KuFKAT hem de alt boyutları için KR-20 güvenirlilik katsayısı hesaplanmıştır.

2.5. Araştırmanın etik izni

Yapılan bu çalışmada "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Hacettepe Üniversitesi

Etik değerlendirme kararının tarihi: 15.03.2021

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: E-35853172-300-00001497594

3. BULGULAR

Kuantum fiziği kavramsal anlama testi (KuFKAT) geçerlik ve güvenirlik çalışması

Kuantum Fiziği Kavramsal Anlama Testi (KuFKAT) kapsam geçerliğine yönelik, fizik eğitimi anabilim dalında öğretim üyesi olan 4 profesörden ve MEB'e bağlı okullarda fizik öğretmeni olarak çalışan bir öğretmenden uzman görüşü alınmıştır. KuFKAT geliştirilmeden önce hazırlanan belirtke tablosu ve soruların Yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre sınıflandırılmış hali sorular ile uzman görüşüne sunulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda KuFKAT'ta gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra MEB'e bağlı okullarda 10 yılı aşkın süre edebiyat öğretmeni olarak çalışan bir öğretmen tarafından KuFKAT Türkçe anlam ve dil bilgisi açısından incelemiştir. Uzmanların görüşleri doğrultusunda KuFKAT'taki soruların bazılarında düzeltme yapılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. KuFKAT son halini aldıktan sonra 10 öğrenci ile ön deneme yapılarak tüm maddelerin anlaşılır ve testin uygulanması için 40 dakikalık bir ders süresinin yeterli olduğuna karar verilmiştir.

KuFKAT için madde güçlük ile ayırt edicilik indekslerinin hesaplanması

KuFKAT çoktan seçmeli beş seçeneğe sahip maddelerden oluşmaktadır. Her madde için doğru yanıtlar "1", yanlış ile boş yanıtlar "0" şeklinde değerlendirilerek her öğrencinin testten aldığı toplam puanlar hesaplanmıştır. Böylece testten en çok 24, en az 0 puan alınabilmektedir. Madde güçlük indeksi (p_j) hesaplanırken her madde için o maddeye doğru cevap veren tüm öğrencilerin sayısı toplanmış ve elde edilen değer tüm katılımcıların sayısına (148 kişi) bölünmüştür. Madde ayırt ediciliği (r_{pb}) için nokta-çift serili korelasyon katsayısına başvurulmuştur. Hesaplanan madde güçlük indeksleri (p_j) ile nokta-çift serili korelasyon katsayı değerleri (r_{pb}) Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5.

KuFKAT Maddeleri İçin Hesaplanan Madde Güçlük İndeksleri ile Düzeltilmiş Madde-Toplam Korelasyonu Değerleri

Madde	p_j	r_{pb}	Madde	p_j	r_{pb}
1	0,32	0,34	13	0,36	0,71
2	0,46	0,44	14	0,59	0,66
3	0,53	0,49	15	0,40	0,64
4	0,55	0,69	16	0,51	0,74
5	0,61	0,69	17	0,51	0,69
6	0,56	0,61	18	0,45	0,73
7	0,53	0,66	19	0,41	0,66
8	0,51	0,81	20	0,53	0,69
9	0,60	0,74	21	0,56	0,63
10	0,51	0,72	22	0,29	0,50
11	0,68	0,61	23	0,21	0,50
12	0,61	0,65	24	0,27	0,48
			Test	0,48	0,63

Madde güçlük indeksi testin öğrenciler için kolay ya da zor olduğunu göstermektedir. Madde güçlük indeksinin değeri 0 ile 1 aralığında olabilir, değeri 0'a yakın olan maddeler zor, 1'e yakın olan maddeler ise kolay kabul edilir. Testin güçlük indeksinin genellikle 0,50 olması istenir ancak bu, tüm maddelerin bu düzeyde olması gerektiği anlamına gelmez. Madde güçlük indeksinin 0,30 ile 0,70 arasında olması istenen bir durumdur (Büyüköztürk, 2013; Yiğit, 2008). KuFKAT'ın ortalama güçlüğü 0,48 olduğu için orta güçlükte bir test olduğu söylenebilir.

Madde ayırt edicilik indeksi başarı seviyesi yüksek yani bilen öğrencilerle başarı seviyesi düşük yani bilmeyen öğrencileri ayırt etme derecesini göstermektedir. Ayırt edicilik indeksinin değeri -1 ile 1 aralığında olabilir. Eğer indeks değeri 1'e yakın ise maddenin ayırt ediciliği yüksek demektir, eğer değer negatif ise alt gruptakiler maddeyi doğru yanıtlarken üst gruptakiler yanlış yanıtlamış demektir. Negatif değerli madde, olası hatalar tespit edildikten sonra testten çıkarılır. Ayırıcılık değeri 0,20 ve altında olan maddeler testten mutlaka çıkarılmalı, 0,30 altında olan maddelerin ise düzeltilmesi veya çıkarılması yoluna gidilmelidir. Ayırıcılığı 0,30 ve üzerinde olan maddelerin ise ayırt ediciliği iyidir (Büyüköztürk, 2013; Yiğit, 2008). Tablo 5'te görüldüğü üzere testte yer alan tüm maddelerin toplam puan ile pozitif korelasyon gösterdiği ve elde edilen değerlerin 0,30 ve üzerinde olduğu bulunmuştur. Bu bağlamda KuFKAT'ın ayırt ediciliği yüksek ideal bir test olduğu sonucuna varılmıştır.

KuFKAT için açılımlayıcı faktör analizi (AFA)

Açılımlayıcı faktör analizinden (AFA) önce SPSS ile tüm veri üzerinde çok değişkenli uç değer olup olmadığına bakmak için Mahalanobis uzaklığı hesaplanmıştır. Hesaplanan uzaklık değerleri ki-kare dağılımı ile karşılaştırılarak 0,001 değerinin altında kalan değerler uç değer olarak kabul edilmiş ve herhangi bir uç değere rastlanmamıştır. Verinin faktör analizine uygunluğuna yönelik olarak Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değeri incelenmiş ve Bartlett küresellik testi yapılmıştır (Awang, 2015). KMO değerinin 0,6 üzeri olması faktör çıkarmak için örneklemin yeterli büyüklükte olduğu anlamına gelmektedir. KuFKAT için yapılan analizde KMO değeri 0,890 çıktığı için faktör analizi için örneklem büyüklüğünün yeterli olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca ki-kare istatistik değerinin anlamlılığına Bartlett küresellik testi ile bakılmış ve anlamlılık değerinin 0,05'ten küçük olduğu görülmüştür ($X^2(276)=1590,7$; $p<,05$) (Awang, 2015; Hair vd., 2014). Bu bağlamda KuFKAT verileri için faktör analizinin yapılması uygun bulunmuştur. Veriler 1 ve 0 şeklinde kategorik olarak kodlandığından tetrakorik korelasyon matrisi üzerinden AFA yapılması daha uygundur. Ancak tetrakorik analizlerin yapılabilmesi için verilerin ya asimetrik dağılıma sahip olması ya da baskınlığın fazla olması gerekmektedir (Muthen & Kaplan, 1992). KuFKAT maddeleri için baskınlık katsayısı 670,642 ($df=2600$ ve $p<,05$) olduğundan tetrakorik analizlerin yapılması uygun bulunmuştur. Tetrakorik korelasyon matrisi üzerinden AFA, FACTOR adlı yazılım ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucu hesaplanan madde konum ve madde uyumluluk indeksleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6.

KuFKAT Madde Konum ve Madde Uyumluluk İndeks Değerleri

Madde	QIM	RDI	Normlu MSA
M23	2	0,21	0,75
M24	2	0,27	0,79
M22	2	0,29	0,82
M1	2	0,32	0,84
M13	2	0,36	0,97
M15	2	0,40	0,86
M19	2	0,41	0,88
M18	2	0,45	0,93
M2	3	0,46	0,76
M8	3	0,51	0,92
M16	3	0,51	0,95
M10	3	0,51	0,90
M17	3	0,51	0,91
M3	3	0,53	0,78
M7	3	0,53	0,94
M20	3	0,53	0,88
M4	3	0,55	0,90
M6	3	0,56	0,88

Tablo 6. Devamı

KuFKAT Madde Konum ve Madde Uyumluluk İndeks Değerleri

Madde	QIM	RDI	Normlu MSA
M21	3	0,56	0,89
M14	3	0,58	0,89
M9	3	0,60	0,91
M12	3	0,61	0,89
M5	3	0,61	0,91
M11	3	0,68	0,93

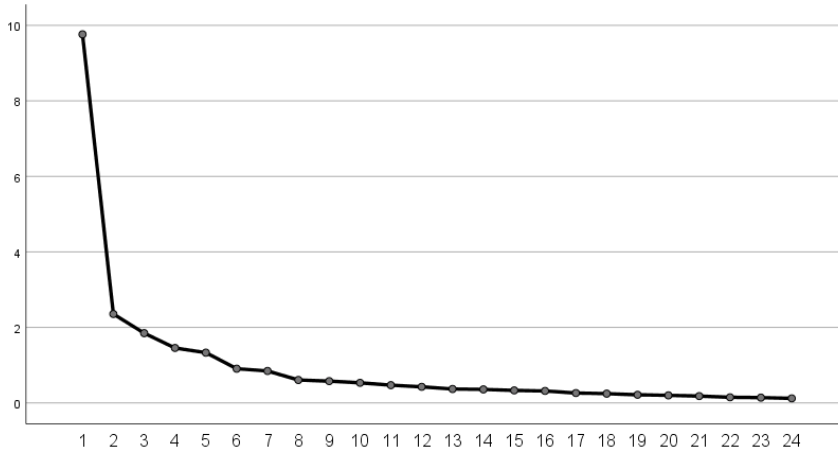
Tablo 6’da verilen QIM değeri, her katılımcı için kaydedilen değerlerin ortalamasının normal dağılıma yerleştiğinde hangi çeyreklikte yer aldığını göstermekte, 1 değeri sorunun çok zor olduğunu, 4 değeri ise sorunun çok kolay olduğunu belirttiğinden maddelerin çoğunluğunun merkezi çeyreklikte yerleşmesi beklenmektedir (Lorenzo-Seva & Ferrando, 2021). KuFKAT’ta tüm maddelerin merkezi çeyreklikte olduğu 1 ve 4 olan uç çeyrekliklerde herhangi bir maddenin olmadığı görülmektedir. RDI değeri ise madde konumu değeri olup normal aralıklı bir test için madde havuzundaki soruların yaklaşık %75’inin RDI değerinin 0,40 ile 0,60 arasında olması geriye kalanların her iki uca dağılması gerekmektedir (Lorenzo-Seva & Ferrando, 2021). KuFKAT’ta maddelerden beşi alt uca iken üçü üst uca yer almış geriye kalan tüm maddelerin arada konumlandığı görülmektedir. Normlu MSA değeri ise maddenin diğer maddeler ile aynı etki alanını ölçüp ölçmediğini gösterir ve değeri 0,50’nin altında olanlar aynı etki alanını ölçmediğinden testten çıkarılması gerekir (Lorenzo-Seva & Ferrando, 2021). KuFKAT’ta tüm maddelerin MSA değerlerinin 0,50’nin üzerinde olduğu görülmüştür. Böylece testte yer alan tüm maddelerin geliştirilen teste yönelik olduğu söylenebilir.

Testi oluşturan maddelerin kendi aralarında sahip oldukları yüksek ilişki, faktörleri oluşturur. Faktörlerin belirlenmesinde özdeğer, açıklanan varyans oranı ve yamaç birikinti grafiğine bakılmaktadır (Hair vd., 2014). Özdeğer, faktörün toplam varyans içindeki miktarını açıklar ve 1’den büyük olmalı ve toplam varyans en az %60 olmalıdır (Hair vd., 2014). KuFKAT’a ait ilk on toplam varyans değerleri Tablo 7’de ve yatay eksenle faktör numarasının ve dikey eksenle özdeğerlerin yer aldığı yamaç-birikinti grafiği Şekil 1’de yer almaktadır.

Tablo 7.

KuFKAT Toplam Varyans Değerleri

Faktör	Özdeğer	Varyans Yüzdesi	Birikimli Varyans Yüzdesi
1	12,23239	50,968	50,968
2	2,54845	10,619	61,587
3	1,74250	7,260	68,847
4	1,30312	5,430	74,277
5	1,07331	4,472	78,749
6	0,76370	3,182	81,931
7	0,69555	2,898	84,829
8	0,49416	2,059	86,888
9	0,47289	1,970	88,858
10	0,42428	1,768	90,626



Şekil 1. KuFKAT için yamaç-birikinti grafiği

Tablo 7'de görüldüğü gibi beş faktörün özdeğeri 1'den büyük olup toplam varyansın %78,75'ini açıklamaktadır. Ayrıca Şekil 1 incelendiğinde, beşinci faktörden sonra eğimin düzleştiği ama beşten az faktör çıkabileceği yorumu da yapılabilir. Ancak faktör belirlemek için sadece özdeğer sayısına ve bakış açısına göre değişebilen subjektif bir yöntem olan yamaç birikinti grafiğine bakılması yanlış yorumlara yol açabilmektedir (Koçak vd., 2016). Özdeğerler ve yamaç grafiği birlikte değerlendirildiğinde beşten daha az faktör çıkabileceği tahmin edildiğinden, gözlenen toplam varyansın olabildiğince korunarak daha az sayıda faktör çıkarmaya uygun olan temel bileşenler analizi faktör çıkarma yöntemi olarak kullanılmıştır (Akbaş vd., 2019). Faktör sayısı ölçütü için ise faktör çıkarmakta daha doğru sonuçlar veren paralel analizler kullanılmıştır. Temel bileşenler analizine dayalı paralel analizler ile rastgele özdeğerlerin ortalaması ve rastgele özdeğerlerin %95'ine bakılmıştır (Timmerman & Lorenzo-Seva, 2011). Paralel analizler sonucu elde edilen değerler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8.

KuFKAT için Temel Bileşenler Analizine Dayalı Paralel Analiz Sonuçları

Faktör	Gerçek Veri Özdeğerleri	Rastgele Özdeğerlerin Ortalaması	Rastgele Özdeğerlerin %95'i
1	12,23239	1,81933	1,96361
2	2,54845	1,67584	1,78270
3	1,74250	1,57110	1,64640
4	1,30312	1,48155	1,55020
5	1,07331	1,39852	1,46387
6	0,76370	1,32939	1,38953
7	0,69555	1,26203	1,31429
8	0,49416	1,20136	1,25104
9	0,47289	1,14287	1,19142
10	0,42428	1,08790	1,13627

Tablo 8 incelendiğinde hem rastgele özdeğerin ortalaması hem de rastgele özdeğerin %95'i değerlerinin gerçek özdeğerden küçük olduğu üç faktör vardır (Timmerman & Lorenzo-Seva, 2011). Dolayısıyla paralel analizler sonucu KuFKAT'ın üç faktörden oluştuğu görülmektedir. Böylece testi oluşturan üç faktörün Tablo 7'de görüldüğü üzere toplam varyansın %68,85'ini oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Aynı konulara ait maddelerin aynı faktör altında toplanıp toplanmadığını incelemek için maddelerin faktör yük değerlerine bakılmıştır. Maddenin bir faktörde faktör yük değerinin yüksek iken diğer faktörler için düşük olması ve faktör yük değerinin 0,30'dan büyük olması gerekir (Tabachnick & Fidell, 2013). KuFKAT maddelerinin döndürülmemiş faktör yük değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9.

KuFKAT'a Ait Döndürülmemiş Faktör Yük Değerleri

Madde	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
M1	-0,329	-0,728	0,373
M2	-0,446	-0,691	0,302
M3	-0,498	-0,701	0,283
M4	-0,763	0,059	-0,371
M5	-0,784	0,017	0,215
M6	-0,685	-0,231	0,094
M7	-0,729	-0,204	0,023
M8	-0,875	-0,131	0,056
M9	-0,825	-0,106	-0,151
M10	-0,803	-0,015	-0,116
M11	-0,734	0,159	0,095
M12	-0,733	-0,143	-0,287
M13	-0,809	-0,085	-0,026
M14	-0,733	-0,170	-0,258
M15	-0,717	0,118	-0,056
M16	-0,822	0,288	0,008
M17	-0,775	0,289	-0,021
M18	-0,803	0,111	-0,027
M19	-0,742	0,299	-0,020
M20	-0,754	-0,039	-0,418
M21	-0,693	-0,076	-0,415
M22	-0,602	0,489	0,334
M23	-0,623	0,437	0,520
M24	-0,576	0,346	0,554

Faktör yüklerinin varyansını en üste çıkarmak için döndürme işlemi yapılır (Tabachnick & Fidell, 2013). Faktörlerin tümü kuantum fiziği giriş konularına yönelik olduğundan ve aralarında korelasyon olduğundan Direct Oblimin döndürme işlemi yapılmış ve elde edilen faktör yükleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10.

KuFKAT'a Ait Döndürülmüş Faktör Yük Değerleri

Madde	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
M1	-0,014	0,912	-0,105
M2	-0,016	0,863	0,046
M3	-0,020	0,817	0,101
M4	-0,039	-0,111	0,899
M5	0,262	0,249	0,460
M6	0,166	0,385	0,408
M7	0,136	0,331	0,506
M8	0,259	0,311	0,578
M9	0,074	0,168	0,738
M10	0,155	0,102	0,687
M11	0,428	0,048	0,436
M12	-0,101	0,109	0,801
M13	0,193	0,214	0,608

Tablo 10. Devamı*KuFKAT'a Ait Döndürülmüş Faktör Yük Değerleri*

Madde	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
M14	-0,092	0,148	0,774
M15	0,263	-0,001	0,567
M16	0,460	-0,097	0,580
M17	0,420	-0,123	0,573
M18	0,313	0,038	0,602
M19	0,416	-0,137	0,548
M20	-0,146	-0,051	0,938
M21	-0,186	-0,028	0,892
M22	0,803	-0,140	0,110
M23	0,943	0,012	-0,050
M24	0,900	0,012	-0,114

Tablo 10'daki faktör yükleri incelendiğinde Faktör 1'de yer alan üç maddenin madde dalgaları (de Broglie), Faktör 2 altında toplanan maddelerin siyah cisim ışıması ve Faktör 3 altında toplanan maddelerin fotoelektrik olay, Compton saçılması ve ışığın ikili doğası kazanımlarına ait olduğu tespit edilmiştir. Fotoelektrik olayı ve Compton saçılmasında foton ve elektron etkileşimi olduğundan ve sorular içinde fotoelektrik olayı ve Compton saçılmasını karşılaştıran maddeler yer aldığından aynı faktör altında birleşmeleri beklenen bir durumdur. Faktörler arası korelasyon matrisi Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11.*Faktörler Arası Korelasyon Matrisi*

Bileşen	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Faktör 1	1,000		
Faktör 2	0,163	1,000	
Faktör 3	0,475	0,330	1,000

Faktörlere verilen isimler ve içerdikleri maddeler Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12.*KuFKAT Faktörlerinin İçerdikleri Maddeler*

Faktör No	Faktör Adı	Maddeler
1	Madde dalgaları	22, 23, 24
2	Siyah cisim ışıması	1, 2, 3
3	Fotoelektrik olay ve Compton saçılması	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

KuFKAT güvenilirlik hesaplanması

KuFKAT'ın güvenilirlik düzeyi KR-20 güvenilirlik katsayısı ile belirlenmiştir. Maddelerin birbiriyle arasındaki ilişkiyi gösteren KR-20 katsayı değerinin yüksek olması beklenir. Yüksek KR-20 katsayısı testteki maddeler arasında uyum olduğunu ve testin aynı özelliğin bileşenlerini ölçen soruları içerdiğini belirtir (Taber, 2018). KR-20 güvenilirlik katsayısı 0,60-0,70 aralığında ise yeterli, 0,70-0,90 aralığında ise yüksek, 0,90 ve üzeri ise çok yüksek güvenilirlik olarak değerlendirilmektedir (Taber, 2018). Hem tüm test için hem de her faktör için hesaplanan KR-20 güvenilirlik katsayıları Tablo 13'te yer almaktadır.

Tablo 13.

KuFKAT ve Faktörlerinin KR-20 Güvenirlik Katsayıları

Faktör	Katsayı	Değerlendirme
1	0,869	Yüksek
2	0,843	Yüksek
3	0,938	Çok Yüksek
KuFKAT	0,933	Çok Yüksek

Tablo 13'te verilen KR-20 güvenirlik katsayılarına bakıldığında ilk iki faktör için yüksek iken üçüncü faktör ve KuFKAT için çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu bağlamda KuFKAT'ın iç tutarlılığının yüksek olduğu ve testten elde edilen puanların güvenilir olduğu belirtilebilir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, 12. sınıf öğrencileri için MEB 2018 Fizik Öğretim Programı'nda yer alan kazanım ve kazanım açıklamaları dikkate alınarak kuantum fiziği giriş konuları için bir kavramsal anlama testi (KuFKAT) geliştirilmiştir. Yenilenmiş Bloom taksonomisine göre maddelerinin sınıflandırıldığı KuFKAT'ta, 24 maddeden iki madde olgusal ve 16 madde kavramsal düzeydeyken altı madde işlemsel düzeydedir. Yapılan geçerlik ve güvenirlik çalışmaları sonucunda KuFKAT'ın kuantum fiziği giriş konularını oluşturan siyah cisim ışıması, fotoelektrik olayı, Compton saçılması, ışığın ikili doğası ve madde dalgaları konularında öğrencilerin kavramsal anlamalarını belirlemede kullanılabileceği belirlenmiştir.

Geçerlik ve güvenirlik çalışmaları sonucunda KuFKAT için yazılan 24 maddeden herhangi bir maddenin çıkarılmasına gerek duyulmamış ve böylece öğretim programında yer alan kuantum fiziği giriş konularına ait tüm kazanımlara öğretim programına uygun kapsamda yer verildiği görülmüştür. KuFKAT'ın ortalama güçlüğü 0,48 iken testte yer alan tüm maddelerin ayırt ediciliği 0,30 ve üzerindedir. Bu bağlamda hem madde güçlüğü hem de ayırt edicilik bakımından KuFKAT'ın ideal bir test olduğu söylenebilir.

Açımlayıcı faktör analizi sonucunda KuFKAT'ın üç faktörden oluştuğu belirlenmiştir. MEB 2018 Fizik Öğretim Programında Kuantum fiziği giriş konuları kuantum fiziğine giriş, fotoelektrik olayı ve Compton saçılması ve de Broglie dalga boyu adları ile üç ana başlıkta verilmiştir. Araştırmada geliştirilen KuFKAT da bu üç ana konuyu kazanımlarla orantılı içerecek şekilde hazırlanmıştır (Bkz. Tablo 2). KuFKAT maddelerinin güçlük ve ayırt edicilik indeksleri incelendiğinde fotoelektrik olayı ve ışığın ikili doğası sorularının genel olarak ayırt ediciliklerinin yüksek olmasına rağmen kolay kategorisinde yer aldıkları belirlenmiştir. Siyah cisim ışıması ile Compton saçılması sorularının genel olarak orta güçlükte ancak madde dalgaları ile ilgili soruların zor kategorisinde olduğu görülmüştür. Son sınıfta üniversiteye yerleştirme sınavına hazırlanan öğrenciler sınav odaklı çalıştıkları için 12. Sınıf öğretim programında yer alan konulara sınavda sorulma ihtimaline göre önem vermektedirler (Dicle Erdamar, 2019). Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından yayınlanan Alan Yeterlilik Testi (AYT) sorularına bakıldığında 2018, 2019 ve 2021 AYT'de fotoelektrik olay ile ilgili birer soru varken diğer konulardan soru yer almadığı görülmektedir (ÖSYM, 2018; 2019; 2021). Bundan dolayı öğrenciler sınavda çıkma ihtimali yüksek olan fotoelektrik olayı konusuna daha çok çalıştıkları için soruları kolay buldukları düşünülebilir.

Araştırmada geliştirilen KuFKAT'ın güvenirlik düzeyi için KR-20 güvenirlik katsayısı 0,93 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca her faktör için de KR-20 güvenirlik katsayısı hesaplanmış ve fotoelektrik ve Compton saçılması faktörü için 0,94, madde dalgaları faktörü için 0,87 ve siyah cisim ışıması faktörü için 0,84 bulunmuştur. Böylece iki faktör için yüksek, diğer faktör ve KuFKAT için çok yüksek güvenirlik değerlerine ulaşılmıştır. Araştırma sonucunda geliştirilen 24 çoktan seçmeli sorudan oluşan KuFKAT'ın, kuantum fiziği giriş konularında öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek için geçerlik ve güvenirliğine ilişkin kanıt toplanmış bir başarı testi olarak kullanılabileceğine inanılmaktadır. Bu

bağlamda Anadolu ve fen liselerinde öğretimden sonra ve ortaöğretim öğrencilerinin kuantum fiziği giriş konularında kavramsal anlama düzeylerini araştırmak isteyen araştırmacılar için KuFKAT'ın alan yazındaki eksikliği gidereceğine ve önemli katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Özellikle araştırmacılar ortaöğretim öğrencilerinin kuantum fiziği konularında geliştirilecek öğretim modeli uygulamalarından sonra öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerindeki değişimi ölçmek için öntest ve sontest olarak KuFKAT'ı kullanabilirler. Ayrıca öğrencilerin kavramsal anlamada yaşadıkları zorlukları veya sahip oldukları kavram yanlışlarını araştırmak için geliştirilen bu teste her maddeye açıklama istenen aşamalar eklenerek test kullanılabilir.

Araştırmada geliştirilen testin geçerlik ve güvenirlik çalışması pandemi döneminde gerçekleştirildiğinden örneklem sayısı düşüktür. Pandemi döneminde yeterli sayıda öğrenciye ulaşılamadığından farklı bir veri seti üzerinden yapılması gereken doğrulayıcı faktör analizi yapılamamıştır. Gelecekte kuantum fiziği giriş konularında başarı veya kavramsal anlamayı ölçecek testler için standart belirleme çalışmaları yapılabilir.

Kaynakça/Reference

- Akarsu, B., Coşkun, H., & Kariper, İ. A. (2011). An investigation on college students' conceptual understanding of quantum physics topics. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 349-362.
- Akbaş, U., Karabay, E., Yıldırım-Seheryeli, M., Ayaz, A., & Demir, Ö. O. (2019). Türkiye ölçme araçları dizininde yer alan açılımlayıcı faktör analizi çalışmalarının paralel analiz sonuçları ile karşılaştırılması. *Journal of Theoretical Educational Science*, 12(3), 1095-1123.
- Aksakallı, A., Turgut, Ü., & Salar, R. (2016). Modern fiziğe karşı negatif algılar ve yabancılaşma algısının nedenleri: Lisans öğrencileri üzerine nitel bir araştırma. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 771-794.
- Alpegemen, S. (2019). *12. sınıf fizik ders kitabı*. Başak Yayınları.
- Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2009). A study of pre- and in-service physics teachers' understanding of photoelectric phenomenon as part of the development of a research-based quantum physics course. *American Journal of Physics*, 77(7), 658-666. <https://doi.org/10.1119/1.3129093>.
- Awang, P. (2015). *SEM made simple: A gentle approach to learning Structural Equation Modeling*. MPWS Rich Publication, Bangi.
- Ayene, M., Krick, J., Damitie, B., Ingerman, A., & Thacker, B. (2019). A holistic Picture of physics student conceptions of energy quantization, the photon concept, and light quanta interference. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(6), 1049-1070. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9906-y>
- Bouchée, T., de Putter-Smits, L., Thurlings, M., & Pepin, B. (2021). Towards a better understanding of conceptual difficulties in introductory quantum physics courses. *Studies in Science Education*, 1-20.
- Büyüköztürk, Ş. (2013). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. 8. Baskı. Ankara: Pegem Akademi.
- Child, D. (2006). *The Essentials of Factor Analysis*, (3. Baskı). London: Continuum.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., & Büyüköztürk, Ş. (2014). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik SPSS ve Lisrel uygulamaları*. Ankara: Pegem Akademi.
- Demir, N., & Akarsu, B. (2014). Modern fizik konuları ile ilgili kavram testi geliştirilmesi ve uygulanması: Modern fizik kavram testi (MKFT). *Journal of European Education*, 4(2), 39-51.
- Dicle Erdamar, I. Y. (2019). Lise fizik dersi öğretim programının program geliştirme bağlamında analizi. *Harran Maarif Dergisi*, 4 (2), 29-44. doi: 10.22596/2019.0402.29.44
- Didiş, N., Özcan, Ö., & Abak, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: Nitel çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(34), 86-94.
- Dokuzfidan, G. (2019). *Lise öğrencilerinin fotoelektrik ve Compton olaylarına ilişkin fikirleri* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Görececk Baybars, M., & Küçüközer, H. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziğine ilişkin kavramsal anlamaları. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1).
- Güneş, B. (2017). *Doğru Bilinen Yanlışlardan, Yanlış Bilinen Doğrulara: Fizikte Kavram Yanılgıları*. Bilal Güneş (Ed.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). *Multivariate data analysis*. Pearson Prentice Hall, Uppersaddle River.
- Henriksen, E. K., Angell, C., Vistnes, A. I., & Bungum, B. (2018). What is light?: Students' reflections on the wave-particle duality of light and the nature of physics. *Science & Education*, 27(1-2), 81-111.

- Kızılcık, H. Ş., & Ünlü Yavaş, P. (2017). Pre-service physics teachers' opinions about the difficulties in understanding introductory quantum physics topics. *Journal of Education and Training Studies*, 5(1), 101-109.
- Koçak, D., Çokluk, Ö., & Kayri, M. (2016). Faktör sayısının belirlenmesinde MAP testi, paralel analiz, K1 ve yamaç birikinti grafiği yöntemlerinin karşılaştırılması. *Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 330-359.
- Kotluk, N., & Yayla, A. (2016). Yenilenmiş Bloom taksonomisine göre modern fizik başarı testinin geliştirilmesi: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 213-231.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & Van Joolingen, W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010109.
- Lorenzo-Seva, U., & Ferrando, P.J. (2022). *A simulation-based scaled test statistic for assessing model-data fit in least-squares unrestricted factor-analysis solutions*. Technical report, Universitat Rovira i Virgili.
- MEB (Milli Eğitim Bakanlığı). (2007). *Ortaöğretim 9, 10, 11 ve 12. sınıflar Fizik dersi öğretim programı*. Ankara: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- MEB (Milli Eğitim Bakanlığı). (2013). *Ortaöğretim 9, 10, 11 ve 12. sınıflar Fizik dersi öğretim programı*. Ankara: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- MEB (Milli Eğitim Bakanlığı). (2018). *Ortaöğretim 9, 10, 11 ve 12. sınıflar Fizik dersi öğretim programı*. Ankara: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Muthen, B., & Kaplan, D. (1992). A comparison of some methodologies for the factor analysis of non-normal Likert variables: A note on the size of the model. *British journal of mathematical and statistical psychology*, 45(1), 19-30.
- ÖSYM (2018). *AYT soru ve cevapları*. https://dokuman.osym.gov.tr/pdfdokuman/2018/YKS/AYT_01072018.pdf
- ÖSYM (2019). *AYT soru ve cevapları*. https://dokuman.osym.gov.tr/pdfdokuman/2019/YKS/TSK/ayt_yks_2019_web.pdf
- ÖSYM (2021). *AYT soru ve cevapları*. https://dokuman.osym.gov.tr/pdfdokuman/2021/YKS/TSK/ayt_yks_2021.pdf
- Özcan, Ö. (2009). *Kuantum mekaniği ve görelilik öğreniminde karşılaşılan kavramsal ve matematiksel zorlukların araştırılması* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özcan, Ö., & Gerçek, C. (2015). Students' mental models of light to explain the Compton Effect. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 2195-2197.
- Stadermann, H. K. E., van den Berg, E., & Goedhart, M. J. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010130.
- Şen, A. İ. (2002). Fizik öğretmen adaylarının kuantum fiziğinin temeli sayılan kavram ve olayları değerlendirme biçimleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 76-85.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L.S. (2013). *Çok değişkenli istatistiklerin kullanımı*. 6. Baskıdan Çeviri Editörü: Mustafa Baloğlu. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in science education*, 48(6), 1273-1296.
- Tan, Ş. (2004). *Öğretimi planlama ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Taşlıdere, E. (2016). Development and use of a three-tier diagnostic test to assess high school students' misconceptions about the photoelectric effect. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 164-186.
- Timmerman, M. E., & Lorenzo-Seva, U. (2011) Dimensionality assessment of ordered polytomous items with parallel analysis. *Psychol. Methods*, 16, 209-220

- Turgut, M. F., & Baykul, Y. (2012). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme*. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.
- Ünlü Yavaş, P., & Kızılcık, H. Ş. (2018). Öğrencilerin kuantum fiziğine giriş konularında zorlanma nedenlerinin araştırılması. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(1), 35-73.
- Wuttiptom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R., & Soankwan, C. (2009). Development and use of a conceptual survey in introductory quantum physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), 631-654.
- Yılmaz, Z. A. (2019). 2000-2017 yılları arasında Türkiye’de fizik eğitimi ile ilgili yapılan tezlerin içerik analizi. *Journal of Social Sciences/Sosyal Bilimler Dergisi* (2146-4561), 9(17).
- Yiğit, N. (2008). Test geliştirme. G.Başol (Ed.) *Eğitimde ölçme değerlendirme içinde*(153-171). İstanbul: Lisans Yayıncılık.

EXTENDED ABSTRACT

1. INTRODUCTION

Quantum physics forms the basis of technology that started in the twentieth century and is developing rapidly today. Quantum physics and the theory of relativity together form the cornerstones of modern physics (Bouchée et al., 2021). When the sources related to modern physics and quantum physics are examined in the literature, it is seen that a very wide field is discussed, and different subjects are discussed under the same name in many sources. However, in many countries, especially in Europe and America, in recent years, quantum physics subjects have been included in high school programs as a unit (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017; Stadermann et al., 2019). In Turkey, there is a Modern Physics unit consisting of special relativity, introduction to quantum physics, photoelectric effect, Compton scattering, and matter waves (de Broglie wavelength) subheadings in the 12th grade elective physics course in secondary education to better understand quantum physics and create an academic infrastructure (Ministry of National Education [MoNE], 2018). Considering the parallelism of the quantum physics subjects in the curricula of other countries (Stadermann et al., 2019) with the subjects in the MoNE (2018) curriculum, the topics of black body radiation, Compton scattering, photoelectric effect, matter waves, and the dual nature of light can be considered to be introductory quantum physics subjects.

Studies conducted on both secondary education (Bouchée et al., 2021; Dokuzfidan, 2019; Henriksen et al., 2018; Taşlıdere, 2016) and university students (Akarsu et al., 2011; Asikainen & Hirvonen, 2009; Ayene et al., 2019; Kızılcık & Ünlü Yavaş, 2017) show that they have difficulties in understanding these topics that are introductory to quantum physics. Teaching quantum physics, which forms the basis of scientific and modern technological developments such as semiconductors, lasers, encryption, quantum computers, etc., is of great importance. Despite this importance of quantum physics, it is seen that only 1% of the studies in the field of physics education are related to modern physics (relativity and quantum physics) (Özcan, 2009). In addition, it is seen that studies on modern physics (relativity and quantum physics) and its teaching have started to increase in recent years in Turkey, and it is mostly at the university level (Akarsu et al., 2011; Didiş et al., 2008; Görecek Baybars & Küçüközer, 2014; Kotluk & Yayla, 2016; Özcan, 2009; Özcan & Gerçek, 2015).

In the literature, there is a Quantum Physics Conceptual Survey improved by Wuttiptom et al. (2009) for university students. Kotluk and Yayla (2016) developed a modern physics achievement test with 25 questions about the emergence of modern physics and relativity for secondary education students. It is understood that this test is based on the 2008-2009 physics curriculum of Turkey by looking at the year of implementation. In addition, Demir and Akarsu (2014) developed the modern physics concept test, including special relativity, nuclear physics, and quantum theory.

It has been determined that there is no scale that can be used both in Turkey and other countries, including quantum physics introductory topics suitable for secondary education students. In line with all these points, it can be said that the development of a scale that covers quantum physics introductory topics is important and can contribute to physics education. The goal of this research is to improve the Quantum Physics Conceptual Understanding Test (QPCUT), which includes black body radiation, photoelectric effect, Compton scattering, de Broglie wavelength, and the dual nature of light. It is believed that this

conceptual understanding test will contribute a lot to physics education by determining the level of student' understanding of quantum physics topics.

2. METHOD

Correlational design, one of the quantitative research methods, was used in the research. In the correlational design, correlation statistics are used to define and measure the degree or relationship between two or more variables or score groups (Creswell, 2012). In the study, correlational design was preferred as a structure was tried to be created based on the relationship between the items.

The study was carried out with the participation of 148 students studying in the 12th grade and taking the elective physics course in 10 different schools in the central districts of Van, İpekyolu and Tuşba. Since the study coincided with the pandemic period and the students were not required to attend, the number of students reached was found to be sufficient for the exploratory factor analysis, since the number of students reached was more than the sample size, which was five times the number of items ($24 \times 5 = 120$) (Child, 2006).

Before the test was developed, a specification table was prepared, and according to this table, QPCUT with 24 multiple-choice questions was developed. These questions were then classified according to the revised Bloom's taxonomy. Data analysis of QPCUT, which was developed within the scope of the research, was performed using the SPSS 26 program and FACTOR software. In the test, students were given a score of "1" for the items they answered correctly, and a score of "0" for the items they answered incorrectly or left blank. Thus, a maximum of 24 points and a minimum of 0 points can be obtained from the test. Expert opinion was taken for content validity studies. Using all the data and considering the sample size, the point bi-serial correlation coefficient for the discrimination index and the item difficulty index for the difficulty were calculated. Exploratory factor analysis (EFA) was also performed to obtain evidence for construct validity. Since the data were scored as 1-0, factor extraction was performed over the tetrachoric correlation matrix, and parallel analysis, which is one of the most reliable methods of determining the number of factors, was used (Timmerman & Lorenzo-Seva, 2011). For the reliability study, the KR-20 reliability coefficient was calculated for both QPCUT and its sub-dimensions.

3. FINDINGS, DISCUSSION AND RESULTS

For the content validity of the QPCUT, expert opinions were obtained from four professors who are lecturers in the department of physics education and a teacher who works as a physics teacher in schools affiliated with the Ministry of National Education. In line with the opinions of the experts, some of the questions in QPCUT were corrected and made ready for use. After QPCUT took its final form, a pre-test was conducted with 10 students, and it was decided that all items were understood, and a 40-minute course time was sufficient for the application of the test.

Since the mean difficulty of QPCUT is 0,48, it can be said that it is a medium difficulty test. It was found that all items in the test showed a positive correlation with the total score and the values obtained were 0,30 and above. In this context, it was concluded that QPCUT is an ideal test with high discrimination. As a result of parallel analyses, it was determined that the items in the test were grouped under three factors.

These factors are called black body radiation, photoelectric effect and Compton scattering, and matter waves.

Reliability level was determined with KR-20. The KR-20 value for matter waves is 0,869; 0.843 for blackbody radiation; 0.938 for the photoelectric and Compton factors; and 0.933 for the QPCUT. When the KR-20 reliability coefficients are examined, it is seen that while they are high for the first two factors, they are very high for the third factor and QPCUT. In this context, it can be stated that the internal consistency of QPCUT is high, and the scores obtained from the test are reliable.

Since the validity and reliability study of the test developed in the research was carried out during the pandemic period, the number of samples is low. Since a sufficient number of students could not be reached during the pandemic period, the confirmatory factor analysis, which should be done on a different data set, could not be performed. In the future, standard-setting studies can be conducted for tests that will measure success or conceptual understanding in introductory quantum physics subjects.

ARAŞTIRMANIN ETİK İZİNİ

Bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerektiği belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Hacettepe Üniversitesi

Etik değerlendirme kararının tarihi: 15.03.2022

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: E-35853172-300-00001497594

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI

Araştırma Yazar 2'nin danışmanlığında yürütülen Yazar 1'in doktora tezinden türetilmiştir.

Yazar 1: Araştırmanın tasarlanması, veri analizi, geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları, raporlaştırma.

Yazar 2: Yöntemin belirlenmesi, danışmanlık, geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları.

DESTEK ve TEŞEKKÜR BEYANI

Çalışmaya bilgi ve desteği ile büyük emek sağlayan sayın Doç. Dr. Işıl Aykutlu'ya teşekkürlerimizi sunarız.

ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.