

Öğrencilerin Kuantum Fiziğine Giriş Konularında Zorlanma Nedenlerinin Araştırılması

Investigating the Causes of Students' Having Difficulties in the Introductory Quantum Physics Topics

Pervin ÜNLÜ YAVAŞ¹, Hasan Şahin KIZILCIK²

¹Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı.
pervinunlu@gazi.edu.tr,

²Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı.
hskizilcik@gazi.edu.tr

Makalenin Geliş Tarihi: 20.07.2017

Yayına Kabul Tarihi:08.12.2017

ÖZ

Bu araştırmanın amacı lise ve Fen Bilgisi Öğretmenliği ana bilim dallarında okuyan üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğine giriş konularında zorlanma nedenlerinin görülme sıklığını belirlemektir. Bu amaçla, önceden nitel olarak alınan öğrenci görüşleri Likert bir ölçek geliştirmek için kullanılmıştır. Ölçek, açıklayıcı faktör analizi sonucunda beş faktörlü yapı göstermiştir. Veriler, faktörlere göre incelenmiş ve yorumlanmıştır. Örneklem olarak, beş farklı üniversitede öğrenim gören 411 Fen Bilgisi Öğretmenliği öğrencisi ve beş farklı lisede öğrenim gören 291 lise öğrencisi olmak üzere toplam 702 kişi seçilmiştir. Sonuçlara göre, bazı maddeler dışındaki tüm maddeler için zorluk, orta düzeydedir. Öğrenciler, derslerin; animasyon, simülasyon ve deneyler üzerinden anlatılmasını olumlu karşılamaktadır. Öğrencilerin derse düzenli girmesi ve konuyu önemsemesi bakımından genel bir sorun yoktur. Kuantum konularının günlük yaşamda karşılaşılan durumlar içermemesi fikri, en çok görülen güçlüklerden biridir. Kadınların kuantum konularına yönelik ilgisinin erkeklerden daha fazla olduğu söylenebilir. Ayrıca anlatım yöntemleri ile ilgili üniversite öğrencileri, lise öğrencilerine göre daha olumlu yaklaşmışlardır.

Anahtar Sözcükler: Kuantum fiziği, Likert ölçek, Zorlanma nedenleri.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the frequency of the causes of difficulties in the introductory quantum physics of high school and university students in science education departments. For this purpose, qualitative data of student opinions collected in another study was used to develop a Likert scale. The scale has a five-factor structure according to the result of exploratory factor analysis. The data were analyzed and interpreted taking into consideration factors. As a sample, 702 people were selected, including 411 students of Science Education Department at five different universities and 291 high school students in five different high schools. According to the results, the difficulty levels of most of the items are medium. Students have positive opinions using animation, simulation, and experiments in courses. There is no general problem in

the regular attendance of the students to the course and to attach importance to the subjects. The idea of "there are no everyday life examples about the subjects of quantum" is one of the most common difficulties. Females are more interested in quantum physics than males. In addition, the university students are more positive than the high school students about different teaching methods.

Keywords: *Quantum physics, Likert scale, Causes of difficulties.*

GİRİŞ

Kuantum kuramı atomlar, çekirdekler ve temel parçacıkların genel davranışlarını ve birbirleriyle olan etkileşimlerini açıklar. Ayrıca kuantum kuramı mikroskobik dünya için olduğu kadar makroskobik dünya için de geçerli olması bakımından doğanın en temel yasalarından oluşmaktadır. Bu yasalar birçok kimsenin ilgisini çekmemesine rağmen bilgisayar, lazer, nükleer enerji gibi yaşantımızı doğrudan etkileyen olguları açıklar. Bu nedenle yüz yıldan fazla bir geçmişe sahip kuantum fiziğinin öğretimi de önemlidir. Önceleri sadece yükseköğretimde öğretilen kuantum fiziği son yıllarda liselerde de öğretilmektedir. Türkiye’de 2008 yılından bu yana lise seviyesinde kuantum fiziğinin öğretimine daha fazla önem verilmektedir. Bu seviyede kuantum mekaniğinin matematiksel formülasyonundan çok kuantum fiziğine giriş niteliğindeki konulara yer verilmektedir. Öğretmen adaylarıyla ve lise öğrencileriyle yapılan bu araştırma bu konular ile sınırlandırılmıştır. Bu sebepten burada sadece bu konular hakkındaki alanyazından bahsedilecektir.

Fizik eğitimi çalışmaları içerisinde öğrencilerin kuantum fiziğini anlamaları üzerine geçmişte yapılmış çalışmaların diğer konulara göre daha az olduğu rapor edilmiştir (McDermott ve Redish, 1999). Fakat son yıllarda bu konular üzerine yapılan araştırmalar artış göstermektedir. Bu araştırmalar içerisinde belirsizlik ilkesi üzerine yapılanlar önemli bir yer tutmaktadır (Akarsu, Coşkun ve Kariper, 2011; Ayene, Kriek ve Damtie, 2011; Johansson ve Milstead, 2008; Pospiech, 2000; Özdemir ve Erol, 2011; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a). Üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğini betimlemeleri ile ilgili yapılan bir araştırmada öğrencilerin Heisenberg Belirsizlik İlkesi’ni kuantum fiziğinin en önemli konusu olarak gördüğü tespit edilmiştir (Didiş, Özcan ve Abak, 2008). Fotoelektrik Etki araştırmalarda odak olan başka bir kuantum fiziği konusudur (Fletcher ve Johnston, 1999; de Leone ve Oberem, 2004; Steinberg, Oberem ve McDermott, 1996; Yıldız ve Büyükkasap, 2011b).

Kuantum fiziğinin kavramsal açıdan anlamak zordur ve öğrenciler yanlış anlama ve kavram yanlışlarına sahiptir (Ireson, 1999; Mannila, Koponen ve Niskanen, 2002; Şen,

2002). Kuantum fiziği ile ilgili yanlışların en önemli nedeni klasik fiziğin etkisi olarak görülmektedir. Gerçek dünya kuantum mekaniksel olmasına karşın, öğrencilerin dünya görüşü klasik mekaniksel, kuantum ve klasik kavramlar üst üste binmekte ve karışmaktadır (Kalkanis, Hadzidaki ve Stavrou, 2003; Ireson, 1999). Öğrenciler klasik fizik ve kuantum fiziği arasındaki temel farklardan haberdar değildir ve farkı ‘klasik fizik makro parçacıklarla ilgilenirken kuantum fiziği mikro parçacıklarla ilgilenir’ olarak tarif etmektedir (Görecek Baybars ve Küçüközer, 2014). Kuantum fiziğinin yorumsal anlamasında en büyük engel, güvenilir bir imajının olmamasıdır. Klasik fizikte bir fenomenin kendisine erişilirken kuantum fiziğinde belirtileri gözlemlenebilir. Kuantum fiziği öğretilirken klasik ve kuantum fiziğinin bilişsel çevriminin farklı olduğuna vurgu yapılmalıdır (Abhang, 2005) ve kuantum fiziği öğretilirken klasik fiziğe gönderme yapmaktan kaçınılmalıdır (Ireson, 1999). Öğrenciler mikroskobik parçacıklara ve süreçlere yönelik bir modele duyulan ihtiyacın farkında olmasına karşın, modellerini klasik fiziğe dayalı olarak oluşturmaktadır (Thacker, 2003). Levrini ve Fantini (2013) kuantum fiziğinin öğretiminde tarihsel tartışmalardan yararlanmanın klasik fizikten kuantum fiziğine geçişi kolaylaştıracağını ve bunu yaparken konu ile ilgili deneyler hakkında detaylı analizler yapılmasının önemini vurgulamaktadır.

Öğrencilerin kuantum fiziği konuları ile ilgili kavramsal güçlüklerin yanında, bu konulara yönelik algıları da önemli bir faktördür. Fizik öğretmen adayları ile yapılan bir araştırma, kuantum fiziği konularının yer aldığı dersler hakkında endişe, önyargı, yabancılaşma gibi epistemolojik inançlara sahip olduğunu göstermektedir (Aksakallı, Salar ve Turgut, 2016). Yine fizik öğretmen adayları ile yapılan diğer bir çalışma, kuantum fiziği öğrenilirken, öğrencilerin not ve sınav kaygısının ve dersin zor olduğuna yönelik önyargılarının olduğunu ortaya koymaktadır (Kızılcık ve Ünlü Yavaş, 2017).

Yukarıda sözü geçen araştırmaların birçoğu doğrudan veya dolaylı olarak öğrenci güçlükleri ile ilintilidir. Bu güçlüklerin ve kavram yanlışlarının giderilmesinde çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunlar arasında etkileşimli dersler (Singh, 2008; Steinberg ve diğerleri, 1996), Kuantum mekaniği görselleştirme materyalleri (Zollman, Rebello ve Hogg, 2002), hibrid öğrenme modeli (Özdemir ve Erol, 2011), uygulamalı araştırmalar ile

kuantum görselleştirmeyi birleştiren materyaller (Rebello ve Zollman, 1999), sanal laboratuvarlar (Müller ve Weisner, 2002), ve bilgisayar simülasyonları (Henriksen, Berit Bungum, Angell, Tellefsen, Frågåt ve Bøe, 2014) sayılabilir. Yapılan bu çalışmalarda bu yöntemlerin kuantum fiziğinin öğretimine pozitif katkıları olduğu rapor edilmiştir. Örneğin etkileşimli derslerin, kuantum fiziğinin elektronun dalga-parçacık karakteri gibi konularda öğrencilerin anlama güçlüklerini azalttığı gösterilmiştir (Sayer, Maries ve Singh, 2017).

Kuantum fiziği ile ilgili öğrenci güçlüklerinin araştırıldığı çalışmalarda, genellikle öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili sorulara verdikleri cevaplara dayanarak zorluklar belirlenmiştir. Literatürde, öğrencilerin fizikte zorlanmalarının sebeplerinin araştırıldığı birçok çalışma olmasına karşın, kuantum fiziği ile ilgili öğrencilerin zorlanma nedenlerinin yine öğrencilere sorulduğu bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu araştırma, kuantum fiziğine giriş konularında öğrenci güçlüklerinin nedenlerini belirleme açısından diğer araştırmalardan farklıdır. Bu çalışmada, öğrencilerin nitel olarak önceden verdikleri güçlük nedenleri ile ilgili yanıtlardan yararlanarak oluşturulan nicel bir ölçekten yararlanılmıştır. Araştırmanın amacı lise ve Fen Bilgisi Öğretmenliğinde okuyan üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğine giriş konularında zorlanma nedenlerinin görülme sıklığını belirlemektir. Ayrıca, eğitim düzeyi ve cinsiyete göre bu nedenlerin sıklığında farklılık olup olmadığı da incelenmiştir.

YÖNTEM

Araştırmaya, önceden araştırmacılar tarafından yapılan nitel bir çalışmanın (Kızılcık ve Ünlü Yavaş, 2017) verilerinden yararlanarak başlanmıştır. Önceki çalışma, kuantum fiziğine giriş konularının öğretiminden sonra 25 fizik öğretmen adayıyla yapılmıştır. Söz konusu çalışmada, katılımcıların Siyah Cisim Işıması, Fotoelektrik Olay, Compton Olayı, Atom Spektrumları, Bohr Atom Modeli, Işığın Dalga ve Tanecik Karakteri, Parçacıkların Dalga Özelliği, Elektronlarla Çift Yarık Deneyi ve Belirsizlik İlkesi konularının zorluk veya kolaylığı hakkındaki görüşleri yapılan görüşmelerle belirlenmiştir. Görüşmeler sırasında zorlanma nedenlerinin; öğrencilerin öğretim yöntemi, matematiksel sorunlar, konu hakkındaki önyargılar, diğer konular ile ilişkisi olan sorunlar, klasik fizikten modern fiziğe geçişte yaşanan sorunlar başta olmak üzere çeşitli nedenlere dayandığı görülmüştür. Bu görüşmelerin nitel analizinden elde edilen 40 görüş düzenlendi ve uzman görüşü sonrasında Likert türü bir ölçeğin maddeleri haline getirilmiştir. Böylece öğrencilerin maddelerde belirtilen zorluğa katılma derecelerini işaretleyebilecekleri 5 dereceli Likert bir ölçek elde edilmiş oldu. Ölçeğin puanlanması 5 ile 1 arasında katılma derecesini belirtecek biçimde hazırlanmıştır. Madde kolaylık bildiriyorsa bu puanlama ters çevrilerek yapılmıştır. Böylelikle, kolaylık bildiren maddeler için de, zorluk bildiren maddeler için de 5 puan “çok zor”, 1 puan ise “çok kolay” anlamına gelmiştir.

Ölçek verileri ile önce açımlayıcı, daha sonra da doğrulayıcı faktör analizleri yapılmıştır. İlk olarak yapılan açımlayıcı faktör analizi, birbirleriyle ilişkili değişkenleri birlikte grup haline getirerek veriyi tanımlamak ve özetlemek için kullanılır (Tabachnick ve Fidell, 2013). Açımlayıcı faktör analizi ölçeğin faktör yapısını ortaya çıkarırken maddelerin güvenilirliği ile ilgili bilgi de verir. Açımlayıcı faktör analizinde değişkenlerin yapısal özelliklerini ortaya koymak için üç temel bilgi kullanılır: Faktör sayısı, değişkenlerin faktör yükleri ve değişkenlerin çıkarılan faktörleri temsil etme oranı (Şencan, 2005). Açımlayıcı faktör analizinde büyük örneklem kullanımının faktörleri kesin ve kararlı olarak belirlediği konusunda fikir birliği vardır. Ancak minimum örneklem büyüklüğünün ne kadar olması gerektiği ile ilgili farklı fikirler söz konusudur. Hogarty

ve arkadaşlarının aktardığına göre (2005), Comrey ve Lee (1973) örneklem büyüklüğünü 100 = zayıf, 200 = uygun, 300 = iyi, 500 = çok iyi, 1000 ve üzeri = mükemmel olarak nitelemiştir, Catell (1978) ise örneklem büyüklüğünü madde sayısı ile ilgili olarak belirlemek ve örneklem sayısı/madde sayısı (N/p) oranının 3:1'den 6:1'e kadar olması gerektiğini önermiştir. Ayrıca Everitt (1975) bu oranın 10:1, Hair, Anderson, Tatham ve Balack (1995) ise 20:1 olmasını önermiştir (aktaran: Hogarty, Hines, Kromrey, Ferron ve Mumfor, 2005). Bu çalışma, başlangıçta 40 maddeden oluşan bir ölçekle ve 702 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre, örneklem büyüklüğü yeterli görülmüştür.

Faktör analizi yapabilmek için örneklemden elde edilen verilerin faktör analizine uygunluğunun belirlenmesi gerekir. Bunun için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testi ve Bartlett küresellik testi yapılır. KMO testi örneklem verilerinin faktör çıkarmak için uygun olduğunu belirler. KMO değeri 0 ile 1 arasında değişir. Kaiser (1974) bu değerini 0,5'ten düşük olduğunda kabul edilemeyeceğini, 0,5'lerde çok kötü, 0,6'larda vasat, 0,7'lerde orta, 0,8'lerde değerli, 0,9'larda harikulade olduğunu belirtmiştir. Bartlett Küresellik Testi, ki-kare istatistik değerini verir. Bu testte de diğer ki-kare testlerinde olduğu gibi anlamlılık değerine bakılır. Anlamlılık değeri 0,05'ten küçük ise faktör analizi yapılabileceği anlamına gelir (Şencan, 2005). Bu çalışmada verilerden elde edilen KMO değeri 0,929 olarak hesaplanmıştır ve mükemmel değer olarak nitelendirilmiştir. Bartlett küresellik testi sonuçları ise ki-kare değerinin anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır ($\chi^2_{(406)} = 6440,758; p < .00$). Bu değerler ölçek için faktör analizine devam edilebileceğini göstermektedir.

Psikolojik yapılar, genellikle bileşiktir ve kendi aralarında ilişkili alt öğelere ayrılabilir. Kendi aralarında yüksek ilişki gösteren maddeler faktörleri oluşturur. Maddelerin taşıdığı faktör yükleri doğrultusunda, birbirleriyle olan ilişki düzeylerine dayalı olarak faktörler belirlenir (Tezbaşaran, 2008). Faktör sayısına karar vermek için bazı ölçütler kullanılır. Bunlar özdeğer, açıklanan varyans oranı ve faktörlerin özdeğerlerine dayalı olarak oluşturulan yamaç-birikinti grafiğinin (scree plot) incelenmesidir (Büyüköztürk, 2002). Özdeğer bir faktörün toplam varyans içinde sorumlu olduğu varyansın miktarını açıklar. Özdeğeri 1'den büyük olan faktörler dikkate alınır, diğer faktörler ölçekten çıkarılır. Bu

kural 20 ile 50 arasında sayıda madde olduğu durumlar için güvenilirdir (Şencan, 2005). Faktör analizi için ölçek maddelerinin özdeğerleri ve ortak varyansları hesaplanmıştır. Özdeğeri 1'den büyük 5 tane faktör toplam varyansın %53,554'ünü açıklamaktadır. Faktör sayısını belirlemede açıklanan varyans oranının toplam varyansın 2/3'ü kadarını kapsaması istenir (Büyüköztürk, 2002). Bir maddenin asgari faktör yük değerinin 0,30 olması yönünde yaygın bir görüş vardır, ancak bu değer 0,40 olması gerektiğini savunanlar da vardır (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2014). Maddelerin tek bir faktörde yüksek yük değerine diğer faktörlerde ise düşük yük değerine sahip olması istenir. Bir maddenin yüksek yük değeri verdiği faktörün dışında ikinci bir faktöre verdiği yük değeri arasındaki farkın en az 0,10 olması önerilir. Çok faktörlü bir yapıda, birden çok faktöre yüksek yük değeri veren madde binişik madde olarak tanımlanır ve ölçekten çıkarılması uygundur (Büyüköztürk, 2016). Faktörleştirmeden sonra çözümün yorumlanabilmesi ve bilimsel yararı geliştirmek için döndürme işlemlerinden yararlanılır (Çokluk ve diğerleri, 2014). Döndürmenin sayısız yöntemi mevcuttur fakat en yaygın olarak kullanılan yöntem Varimax'tır. Varimax döndürmenin amacı, her faktör için yüksek olanları daha yüksek, düşük olanları ise daha düşük yaparak faktör yüklerinin varyansını en üstte çıkarmaktır (Tabachnick ve Fidell, 2013). Bu çalışmada Varimax döndürme yöntemi kullanılmıştır. Faktörlere göre dağılımını araştırmak için Varimax döndürme sonrasında faktör yük değeri 0,4'ün altında olan ve binişik olan maddeler ölçekten çıkarılmıştır. Buna göre, 11, 14, 15, 16, 20, 23, 26, 27, 28, 36 ve 40. maddeler ölçekten çıkarılmıştır. Geriye 29 madde kalmıştır. Kalan 29 maddenin madde numaraları yeniden düzenlenmiştir. Faktörlerin özdeğerleri, varyans yüzdeleri ve toplam varyans yüzdeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Ölçeğin Açıkladığı Özdeğerler, Varyans Yüzdeleri ve Toplam Varyans Yüzdeleri

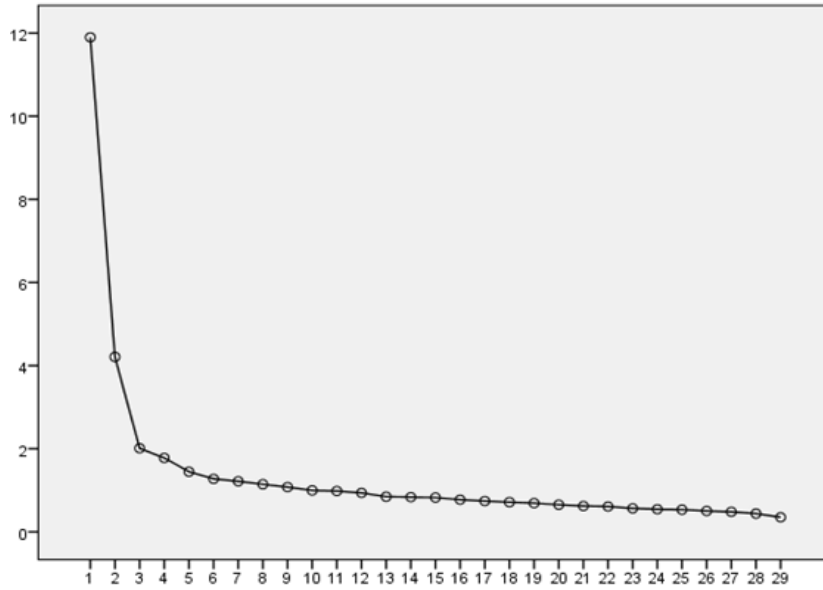
| Faktör | Özdeğer | Varyans Yüzdesi | Birikimli Varyans Yüzdesi |
|--------|---------|-----------------|---------------------------|
| 1 | 5,278 | 18,199 | 18,199 |
| 2 | 3,150 | 10,861 | 29,060 |
| 3 | 2,806 | 9,675 | 38,736 |
| 4 | 2,168 | 7,476 | 46,211 |
| 5 | 2,129 | 7,343 | 53,554 |

Elde edilen faktör desenine göre, ölçeğin faktörlerinin içerdiği maddeler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Ölçeğin Faktörlerinin İçerdikleri Maddeler

| Faktör No | Faktöre Verilen Ad | Maddeler |
|-----------|-------------------------------------|--|
| 1 | Konulara Yönelik Genel Bakış | 13, 14, 15, 16, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 |
| 2 | Öğretim Tekniklerinin Etkisi | 1, 2, 3, 6, 9, 22 |
| 3 | Ön bilgilerin ve Becerilerin Etkisi | 4, 5, 7, 8, 11 |
| 4 | Konulara Verilen Önem | 10, 17, 21 |
| 5 | Sağduyuyla Uyum | 12, 18, 19 |

Faktör sayısını belirlemede son ölçüt yamaç-birikinti grafiğinin incelenmesidir. Bu grafik baskın faktörleri ortaya koyarak faktörleri azaltmaya yardımcı olur. Grafikte dikey eksen özdeğerleri, yatay eksen ise faktörleri gösterir ve hızlı düşüşlerin olduğu faktör önemli faktör sayısını verir (Çokluk ve diğerleri, 2014). Yamaç-birikinti grafiği Şekil 1'de verilmiştir. Grafik ölçeğin 5 faktörlü olduğunu desteklemektedir.



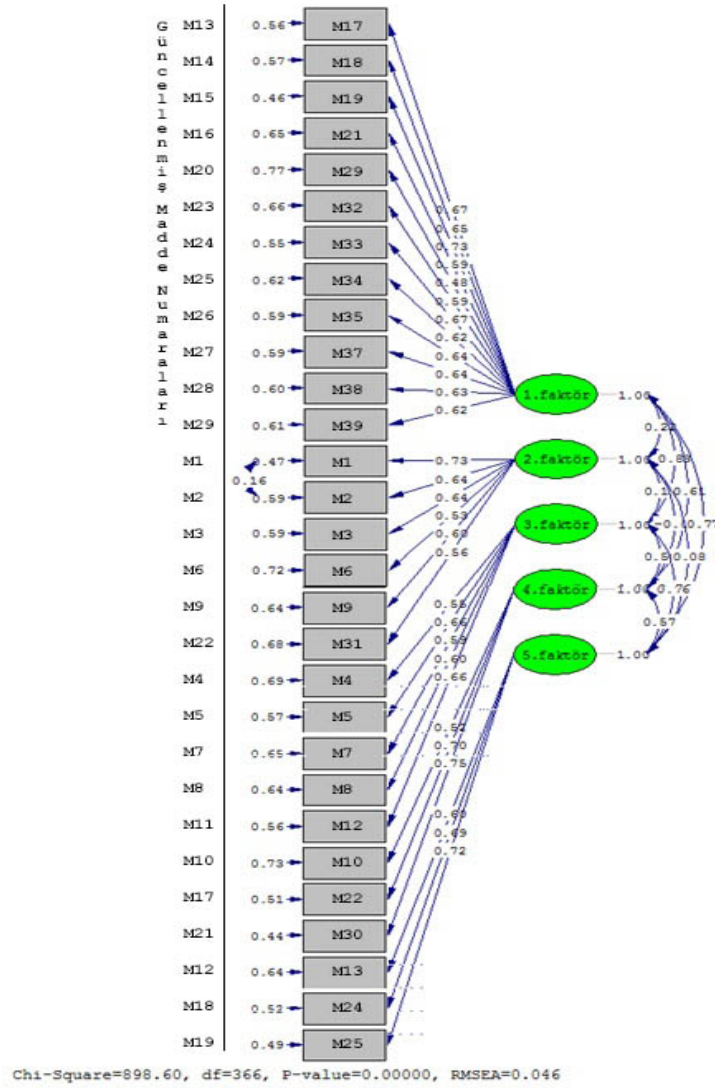
Şekil 1. Ölçeğin Yamaç-Birikinti Grafiği

İkinci olarak doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Doğrulayıcı faktör analizinde kurama bağlı olarak geliştirilen modelin gözlem verileri tarafından doğrulanıp doğrulanmadığı veya öngörülen modelle gözlem verilerinin ne ölçüde uyum gösterdiği belirlenmeye çalışılır. (Şencan, 2005). Bu çalışmada, doğrulayıcı faktör analizi yapılarak açımlayıcı faktör analizi ile elde edilen faktör modelinin uyumu incelenmiştir. Analizler LISREL paket programı ile yapılmıştır. Bilgisayar ile yapılan analizler sonucunda oluşturulan modelin veri yapısına ne ölçüde uygun olduğunu gösteren bir dizi istatistik değer elde edilir. En temel istatistik değer Ki-kare/serbestlik derecesi oranıdır. Ki-kare değerinin küçük olması istenir ancak örneklem büyüklüğüne karşı duyarlı olduğundan, ortaya çıkan belirsizlikler nedeniyle başka istatistik teknikler geliştirilmiştir (Şencan, 2005). Modelin veri yapısına uyumunu gösteren bu parametrelere uyum indeksleri denir. Açımlayıcı faktör analizi sonucunda 29 madde ve 5 faktörden oluşan ölçeğin doğrulayıcı faktör analizi ile elde edilen faktör modelinin uyumu incelenmiştir. Madde 1 ile Madde 2 arasında önerilen modifikasyon dikkate alınarak uyum indeksleri hesaplanmıştır. Modelin veri yapısına uygunluğuna ilişkin uyum değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Doğrulayıcı Faktör Analizi İçin Modelin Uyum Değerleri

| x^2 | x^2/df | RMSEA | RMR | GFI | AGFI |
|--------|----------|-------|-------|------|------|
| 884,35 | 2,416 | 0,046 | 0,057 | 0,92 | 0,90 |

Tablo 4’de x^2/df değerinin 2,416 olduğu görülmektedir. Bu değer ideal uyum olması durumunda 2 ve daha küçük olması istenir. 2 ile 5 arasındaki x^2/df değeri ise kabul edilebilir uyumu gösterir (Özdamar, 2016). Uyum değerlerinden GFI ve AGFI 0,90’dan büyük olduğunda ve RMR 0,05’den küçük iyi uyum olduğu, RMSEA 0,50’den küçük olduğunda ise mükemmel uyum olduğu kabul edilir (Çokluk ve diğerleri, 2014). Bu çalışmada incelenen modelin uyum değerlerinin iyi olduğu ve modelin doğrulandığı söylenebilir. Doğrulayıcı faktör analizine ilişkin yol şeması Şekil 2’de verilmiştir. Maddelerin faktörleri ile ilişkilerini gösteren standardize edilmiş katsayılar 0,44 ile 0,77 arasında değişmektedir.



Şekil 2. Ölçeğin Doğrulayıcı Faktör Analizi Yol Şeması

Böylece ölçeğin yapı geçerliliği faktör analizleriyle sağlanmıştır. Ölçeğin kapsam geçerliliğini sağlayıp sağlamadığı ise, araştırmacılar tarafından değerlendirilmiştir. Faktör analizi sırasında ölçekten çıkarılan maddelerin kapsamı etkilemediğine araştırmacılarca karar verilmiştir. Araştırmada kullanılan ölçek maddeleri, önceki

çalışmanın verilerinden derlenirken, araştırmacıların ortak görüşü çerçevesinde belirlenmiştir. Ayrıca uzman görüşü alınmamıştır.

Likert tipi bir ölçekte güvenilirlik düzeyini saptamak için iç tutarlığın bir ölçütü olan, Cronbach tarafından geliştirilmiş olan α katsayısının kullanılması uygundur. Birbiriyle yüksek ilişki gösteren maddelerden oluşan ölçeklerin α katsayısı büyük olur. Ölçeğin α katsayısının yüksek oluşu, ölçekte bulunan maddelerin o ölçüde birbiriyle tutarlı ve aynı özelliğin öğelerini ölçen maddelerden oluştuğunu gösterir (Tavşancıl, 2014). Bu nedenle faktör analizi yapılarak son halini alan ölçeğin faktörlerinin Cronbach- α iç tutarlık katsayıları hesaplanmıştır. Özdamar (2016) Cronbach-alfa değerini 0,60 ile 0,70 arasında yeterli, 0,70 ile 0,90 arasında yüksek, 0,90 ve yukarısını çok yüksek güvenilirlik olarak değerlendirmiştir. Buna göre ölçekte yer alan faktörlerin güvenilirlikleri ve değerlendirmeleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Ölçeğin ve Faktörlerin Güvenirlik Katsayıları

| Faktörler | Cronbach-alfa | Değerlendirme |
|-----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,890 | Yüksek |
| 2 | 0,768 | Yüksek |
| 3 | 0,753 | Yüksek |
| 4 | 0,698 | Yeterli |
| 5 | 0,689 | Yeterli |

Maddeler arasında korelasyonun genelde yüksek olduğu saptanmıştır. Buna göre ölçeği iç geçerliliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

Çalışma Grubu

Çalışmanın evreni, kuantum fiziğine giriş konularını içeren dersleri almış olan lise ve Fen Bilgisi Öğretmenliğinde okuyan üniversite öğrencileridir. Bu nedenle söz konusu ölçek, örneklem olarak kuantum fiziğine giriş konularını içeren ders almış olan 411 fen bilgisi öğretmen adayına ve 291 lise öğrencisine olmak üzere, toplam 702 kişiye uygulanmıştır. Burada amaç, önceki çalışmada belirlenen zorlanma nedenlerinin öğrenciler arasında ne derecede yaygın olduğunu belirlemektir. Örnekleme ilişkin tanımlayıcı veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Örneklemin Tanımlayıcı Özellikleri

| <i>Grup</i> | <i>Altgrup</i> | <i>N</i> | <i>Toplam</i> | |
|----------------|----------------|------------|---------------|-----|
| Öğretim Düzeyi | Lise | Lise 1 | 74 | 291 |
| | | Lise 2* | 34 | |
| | | Lise 3 | 84 | |
| | | Lise 4 | 59 | |
| | | Lise 5* | 19 | |
| | Bilinmiyor | 21 | 411 | |
| | Üniversite | Fakülte 1 | | 165 |
| | | Fakülte 2 | | 73 |
| | | Fakülte 3 | | 52 |
| | | Fakülte 4 | | 43 |
| Fakülte 5 | | 78 | | |
| Sınıf Düzeyi | Lise | 11 | 257 | 291 |
| | | 12 | 32 | |
| | | Bilinmiyor | 2 | |
| | Üniversite | 2 | 89 | 411 |
| | | 3 | 124 | |
| | | 4 | 169 | |
| Bilinmiyor | 29 | 702 | | |
| Cinsiyet | Kadın | | 461 | |
| | Erkek | | 232 | |
| | Bilinmiyor | 9 | | |

(*) imi olan liseler Ankara çevre ilçelerindeki liselerdir. (*) imi olmayan liseler, Ankara merkez ilçelerindeki liselerdir.

Fakülte 1 Marmara Bölgesinden, Fakülte 2 İç Anadolu Bölgesinden, Fakülte 3-4 Karadeniz Bölgesinden, Fakülte 5 ise Akdeniz Bölgesinden seçilmiştir.

Verilerin Analizi

Betimsel analizler ve alt gruplar arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Likert maddelere, seçilebilecek en düşük zorluk düzeyinin 1, en yüksek zorluk düzeyinin ise 5 olması nedeniyle zorlanmaya etkisi derecelendirilmiştir. Verileri değerlendirirken uygulanan dereceler Tablo 6'da verilmiştir.

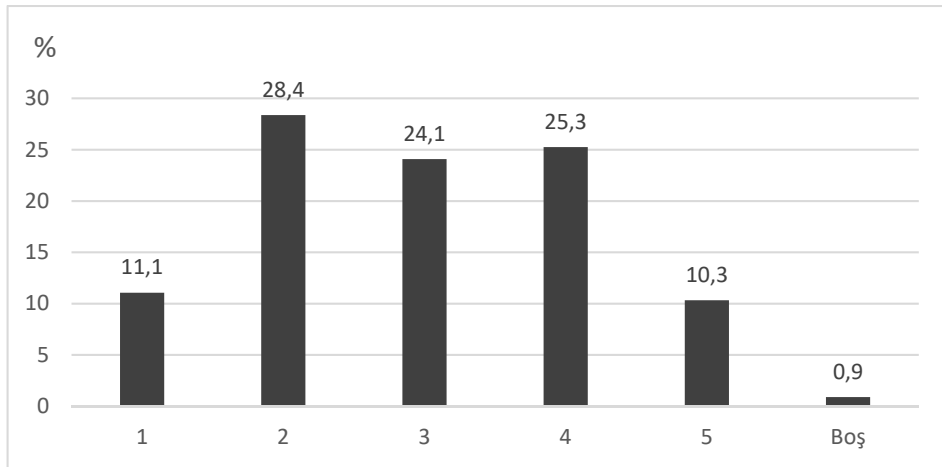
Tablo 6. Verilerin Değerlendirilme Dereceleri

| Ölçüt | Zorlanmaya etkisi |
|-------------|-------------------|
| 1.00 – 1.79 | Çok kolay |
| 1.80 – 2.59 | Kolay |
| 2.60 – 3.39 | Orta |
| 3.40 – 4.19 | Zor |
| 4.20 – 5.00 | Çok zor |

Likert türü maddelerin her birinin puanlarının Tablo 6’da belirttiğimiz aralıklardan hangisine düştüğüne bakılmıştır ve buna göre yorum yapılmıştır. Ayrıca öğretim düzeyine göre ve cinsiyete göre anlamlı fark olup olmadığı, bağımsız örneklem t-testinden yararlanarak incelenmiştir.

BULGULAR

İlk olarak Likert türü ölçeğin betimleyici analizi yapılmıştır. Öğrencilerin yaptıkları seçimlerin 1-5 aralığında zorluk derecelendirmesine göre dağılımı, ölçeğin tüm maddelerinin ortalamaları alınarak bulunmuştur ve Şekil 3’teki grafikte verilmiştir.

**Şekil 3.** Zorluk Derecesinin Yüzdeleri Dağılımı

Şekil 3'e göre, öğrencilerin daha çok 2, 3 ve 4. seçenekleri işaretlediği görülmektedir. Grafiğin zorluk derecelendirmesine göre ortadaki seçenek olan "3" baz alındığında simetriğe yakın bir dağılıma sahip olması öğrencilerin genel olarak kuantum fiziği konularının zorlandıkları kadar kolay olduğunu da düşündüklerini göstermektedir. Ancak 2'ye olan eğilimin biraz daha fazla olması dikkat çekicidir. Hiçbir seçeneğin işaretlenme oranının %30'u aşmadığı görülmektedir.

Tüm maddelerin ortalama puanları hesaplandığında, Tablo 6'da belirtilen ölçüte göre 1, 9, 10 ve 17. maddeler dışında tümünün orta düzeyde güçlüğe sahip olduğu görülmüştür. Söz konusu 1, 9, 10 ve 17. maddelerde öğrenciler, "Kolay" eğilimindedir. Madde puanlarının ortalamalarının orta düzeyde olması, öğrencilerin kuantum fiziği konularında zorlanma nedenleri açısından bize fazla bir bilgi vermez. Bu yüzden, her bir faktörü oluşturan maddeleri birlikte ele almak ve buna göre yorum yapmak yararlı olacaktır.

Faktörlere Göre Verilerin İncelenmesi

Uygulanan 29 maddelik Likert türü ölçeğin verileri analiz edildiğinde beş faktörden oluştuğu belirtilmişti. Bu faktörler ayrı ayrı incelenmiş ve tablolar halinde sunulmuştur. Şekil 3'te verilen zorluk derecesinin yüzdelik dağılımları grafiğinde belirlenen en yüksek değer %28,4 idi. Bu nedenle tablolarda, toplam yanıtların %28,4'ü olan 199 yanıt ve üzerinde olanlar koyu olarak işaretlenmiştir. Bu durum, yorum yapmayı kolaylaştıracaktır.

Birinci faktör olan konuya yönelik algının ağırlıklı olarak yer aldığı faktörün verileri, Tablo 7'de görülmektedir.

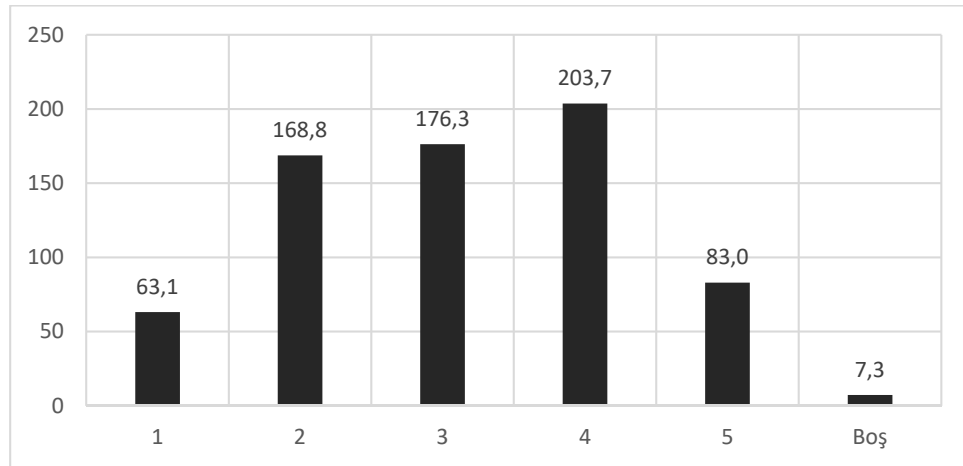
Tablo 7. Birinci Faktörde Yer Alan Maddelere Verilen Yanıtların Frekans ve Yüzdelik Dağılımı

| Madde No | Madde | Çok Kolay ← | | | | | → Çok Zor | | Ort Puan | Aralık |
|----------|---------------------------------------|-------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------|------------|------|----------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Boş | | | |
| 13 | Günlük hayatta karşılaşılan bir durum | 57 (8,1) | 154 (21,9) | 125 (17,8) | 265 (37,7) | 99 (14,1) | 2 (0,3) | 3,28 | Orta | |

| | | | | | | | | | |
|----|--|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|------|------|
| | olmaması anlamamı zorlaştırdı. | | | | | | | | |
| 14 | Harcanması gereken çaba ve zamanın çok olması zorlanmama neden oldu. | 51 (7,3) | 170 (24,2) | 180 (25,6) | 219 (31,2) | 72 (10,3) | 10 (1,4) | 3,13 | Orta |
| 15 | Kafa karıştırıcı konular olduğundan zorlandım. | 49 (7,0) | 141 (20,1) | 147 (20,9) | 263 (37,5) | 97 (13,8) | 5 (0,7) | 3,31 | Orta |
| 16 | Konunun zor olduğu hakkında önyargılıyım. | 74 (10,5) | 168 (23,9) | 175 (24,9) | 194 (27,6) | 88 (12,5) | 3 (0,4) | 3,08 | Orta |
| 20 | Not kaygısı yüzünden strese girdiğim için zorlandım. | 80 (11,4) | 152 (21,7) | 149 (21,2) | 192 (27,4) | 124 (17,7) | 5 (0,7) | 3,18 | Orta |
| 23 | Klasik ölçme kavramından kuantum mekaniksel ölçmeye geçiş zor. | 53 (7,5) | 111 (15,8) | 228 (32,5) | 226 (32,2) | 68 (9,7) | 16 (2,3) | 3,21 | Orta |
| 24 | Problemleri çözmek zor. | 58 (8,3) | 177 (25,2) | 163 (23,2) | 205 (29,2) | 93 (13,2) | 6 (0,9) | 3,14 | Orta |
| 25 | Bana saçma/tuhaf geldiğinden zorlandım. | 88 (12,5) | 223 (31,8) | 176 (25,1) | 133 (18,9) | 75 (10,7) | 7 (1,0) | 2,83 | Orta |
| 26 | Soyut olduğundan zorlandım. | 66 (9,4) | 181 (25,8) | 177 (25,2) | 201 (28,6) | 70 (10,0) | 7 (1,0) | 3,04 | Orta |
| 27 | Sıkıcı olduğu için zorlandım. | 66 (9,4) | 205 (29,2) | 188 (26,8) | 151 (21,5) | 82 (11,7) | 10 (1,4) | 2,97 | Orta |
| 28 | Sürekli enerjiden kesikli enerjiye geçişte zorlandım. | 55 (7,8) | 172 (24,5) | 217 (30,9) | 190 (27,1) | 60 (8,5) | 8 (1,1) | 3,04 | Orta |
| 29 | Yeni bir algı ve felsefe gerektirdiğinden anlamak zor. | 60 (8,5) | 171 (24,4) | 190 (27,1) | 205 (29,2) | 68 (9,7) | 8 (1,1) | 3,07 | Orta |
| | Ortalamalar | 63,1 (9,0) | 168,8 (24,0) | 176,3 (25,1) | 203,7 (29,0) | 83,0 (11,8) | 7,3 (1,0) | 3,11 | Orta |

Tablo 7 incelendiğinde, öğrencilerin yeni bir algıya gerek duymaları, çaba gerektirmesi, günlük yaşam ile ilişkilendirememeleri, önyargıları ve kaygıları ile ilişkili maddelerden oluştuğu görülmüş ve faktöre “Konulara Yönelik Genel Bakış” adı verilmiştir. Birinci

faktörün genel ortalamasına bakıldığında, “Orta” düzeyde zorlanmanın olduğu söylenebilir. Ancak, maddelerin üçü hariç tümünde beşli derecelendirmenin zorlanmayı belirten “4”e doğru yanıtların daha çok yığıldığı görülmektedir. Buradaki maddelerin büyük çoğunluğunun öğrencilerin klasik fizik ile kuantum fiziği arasındaki farkları algılamakta, yeni anlayışa uyum sağlamakta zorlanmaları, günlük deneyimlerine uyarlayamadıkları, fazladan çaba gerektirdiğini düşündükleri, birtakım kaygı ve önyargılara sahip oldukları görülmektedir. Klasik fizik-modern fizik paradigma değişiminin ortaya çıkardığı güçlükler ile ilgili maddelerde (Madde 23, 29); fazladan çaba, zaman ve emek harcama ile ilgili maddede (Madde 14), günlük yaşamda karşılaşılmamasından kaynaklanan zorlukla ilişkili maddede (Madde 13) ve soyut ve kafa karıştırıcı olduğu ile ilgili maddelerde (Madde 15, 26) yüksek güçlük düzeyinde (Zor) yığılma olduğu görülmüştür.



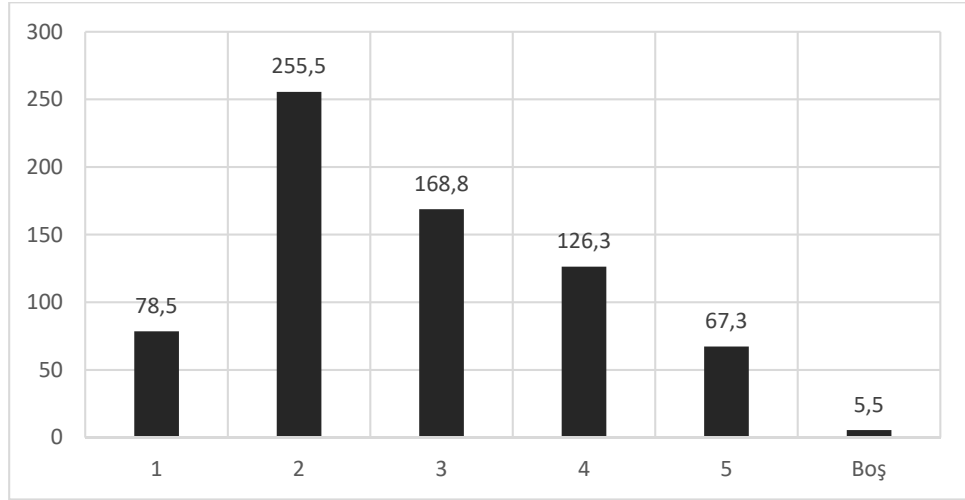
Şekil 4. Birinci Faktör İçin Ortalama Zorluk Derecesinin Dağılımı

Şekil 4’te görüldüğü gibi, birinci faktöre ait öğrencilerin genel zorluk derecelerinin, beşli derecelendirmede “4”e eğilimli olduğu görülmektedir. Yani, her ne kadar ortalamalar “Orta” düzeyde bir zorluk olduğunu gösterse de, bu faktörde “Zor”a doğru bir eğilimin olduğunu söylenebilir.

Tablo 8. İkinci Faktörde Yer Alan Maddelere Verilen Yanıtların Frekans ve Yüzdeler Dağılımı

| Madde No | Madde | Çok Kolay ← | | → Çok Zor | | | Boş | Ort Puan | Aralık |
|-------------|---|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|--------------|----------|--------|
| | | 1 f (%) | 2 f (%) | 3 f (%) | 4 f (%) | 5 f (%) | | | |
| 1 | Animasyon ve görseller ile anlatıldığı için kolay. | 122 (17,4) | 289 (41,2) | 130 (18,5) | 88 (12,5) | 68 (12,5) | 5 (9,7) | 2,56 | Kolay |
| 2 | Tartışma biçiminde anlatıldığı için kolay. | 54 (7,7) | 238 (33,9) | 211 (30,1) | 139 (19,8) | 58 (8,3) | 2 (0,3) | 2,87 | Orta |
| 3 | Anlatımı açık ve sade olduğundan kolay. | 70 (10,0) | 204 (29,1) | 177 (25,2) | 184 (26,2) | 64 (9,1) | 3 (0,4) | 2,95 | Orta |
| 6 | Bilim tarihinden örnekler verildiği için kolay. | 50 (7,1) | 240 (34,2) | 188 (26,8) | 145 (20,7) | 71 (10,1) | 8 (1,1) | 2,92 | Orta |
| 9 | Yapılmış bir deneyler üzerinden anlatılması anlamamı kolaylaştırdı. | 110 (15,7) | 307 (43,7) | 136 (19,4) | 74 (10,5) | 71 (10,1) | 4 (0,6) | 2,55 | Kolay |
| 22 | Konu anlatılırken yapılan modellemeler sayesinde anladım. | 65 (9,3) | 255 (36,3) | 171 (24,4) | 128 (18,2) | 72 (10,3) | 11 (1,6) | 2,84 | Orta |
| Ortalamalar | | 78,5 (11,2) | 255,5 (36,4) | 168,8 (24,0) | 126,3 (18,0) | 67,3 (9,6) | 5,5 (0,8) | 2,78 | Orta |

İkinci faktördeki maddelerin öğretim tekniklerinin kolaylaştırıcı etkisi ile ilgili olduğu görülmektedir. Bu faktöre “Öğretim Tekniklerinin Etkisi” adı verilmiştir. Tablo 8’de, konuların anlatım biçimine ilişkin maddelerden oluşan ikinci faktörün genel ortalamasına bakıldığında, iki madde hariç “Orta” düzeyde zorlanmanın olduğu söylenebilir. Ancak, maddelerin tümünde “2”ye (“Kolay”)a doğru yanıtların yığıldığı söylenebilir. Buna göre, öğrencilerin konunun anlatım biçiminin anlamayı kolaylaştırdığını düşündükleri söylenebilir. Öğretim tekniği ile ilgili olduğu görülen maddelerde çoğunlukla güçlük düzeyinin düşük olduğu belirlenmiştir.



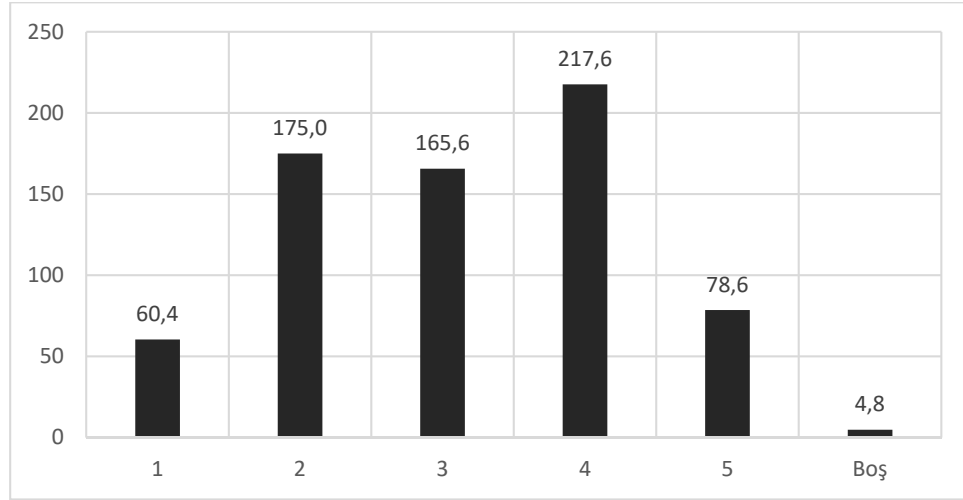
Şekil 5. İkinci Faktör İçin Ortalama Zorluk Derecesinin Dağılımı

Şekil 5'te görüldüğü gibi, ikinci faktöre ait öğrencilerin genel zorluk derecelerinin "2"ye eğilimli olduğu görülmektedir. Yani, her ne kadar ortalama orta düzeyde bir zorluk olduğunu gösterse de bu faktörde "Kolay"a doğru eğilimin olduğu söylenebilir.

Tablo 9. Üçüncü Faktörde Yer Alan Maddelere Verilen Yanıtların Frekans ve Yüzdeler Dağılımı

| Madde No | Madde | Çok Kolay ← → Çok Zor | | | | | Boş f (%) | Ort Puan | Aralık |
|----------|--|-----------------------|----------------------|-----------------|------------------------|----------------|--------------|----------|--------|
| | | 1 f (%) | 2 f (%) | 3 f (%) | 4 f (%) | 5 f (%) | | | |
| 4 | Atomlarla ilgili konularda genel sorunum olduğu için zor. | 72 (10,3) | 228 (32,5) | 189 (26,9) | 153 (21,8) | 50 (7,1) | 10 (1,4) | 2,83 | Orta |
| 5 | Bağıntıları anlayıp akılda tutmak zor. | 48 (6,8) | 149 (21,2) | 154 (21,9) | 243 (34,6) | 104 (14,8) | 4 (0,6) | 3,30 | Orta |
| 7 | Birimleri çevirmekte zorlanıyorum. | 72 (10,3) | 173 (24,6) | 153 (21,8) | 219 (31,2) | 82 (11,7) | 3 (0,4) | 3,09 | Orta |
| 8 | Klasik fizik konularında da genel eksikliklerim olduğu için zorlandım. | 56 (8,0) | 148 (21,1) | 144 (20,5) | 253 (36,0) | 100 (14,2) | 1 (0,1) | 3,28 | Orta |
| 11 | Parçacıkların dalga özelliğini anlamak zor. | 54 (7,7) | 177 (25,2) | 188 (26,8) | 220 (31,3) | 57 (8,1) | 6 (0,9) | 3,07 | Orta |
| | Ortalamalar | 60,4 (8,6) | 175,0 (24,9) | 165,6 (23,6) | 217,6 (31,0) | 78,6 (11,2) | 4,8 (0,7) | 3,11 | Orta |

Üçüncü faktörü oluşturan maddelerin, öğrencilerin matematiksel zorlanmalarına ve önbilgilerine ilişkin maddelerden oluştuğu görülmektedir. Bu faktöre “Önbilgilerin ve Becerilerin Etkisi” adı verilmiştir. Tablo 9’da üçüncü faktörün genel ortalamasına bakıldığında, “Orta” düzeyde zorlanmanın olduğu söylenebilir. Ancak, 4. maddeye verilen yanıtlar dışındaki tüm yanıtların “4”e doğru yığıldığı görülmektedir. Söz konusu matematiksel becerilerin ve gerekli önbilgilerin farklı bilgi ve beceriler olması buna neden olabilir.



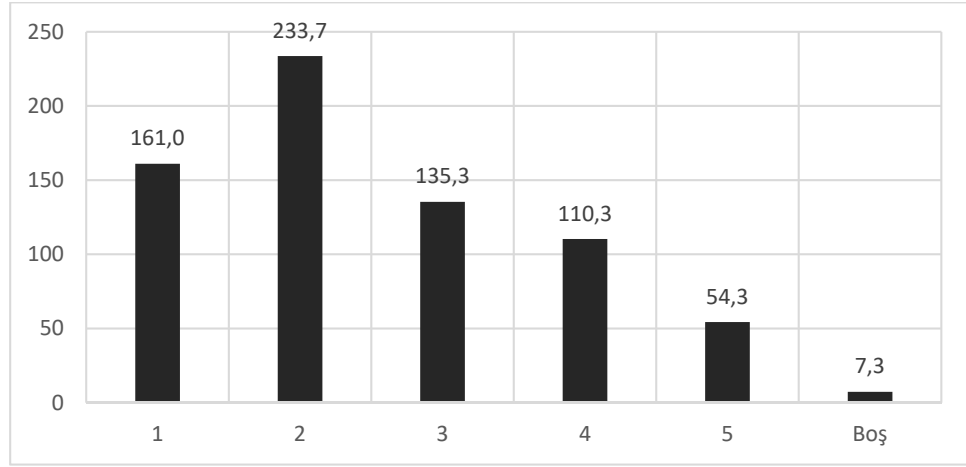
Şekil 6. Üçüncü Faktör İçin Ortalama Zorluk Derecesinin Dağılımı

Şekil 6’da görüldüğü gibi, üçüncü faktöre ait öğrencilerin ortalama zorluk derecelerinde 4’e doğru bir eğilim söz konusudur. Yani, her ne kadar ortalamada orta düzeyde bir zorluk olduğunu gösterse de bu faktörde “Zor”a doğru eğilimin olduğu söylenebilir.

Tablo 10. Dördüncü Faktörde Yer Alan Maddelere Verilen Yanıtların Frekans ve Yüzdeler Dağılımı

| Madde No | Madde | Çok Kolay ← | | | | | → Çok Zor | | Ort Puan | Aralık |
|-------------|--|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|------|----------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Boş | | | |
| | | f (%) | f (%) | f (%) | f (%) | f (%) | f (%) | | | |
| 10 | Derse düzenli giremediğim için zorlandım. | 216 (30,8) | 218 (31,1) | 91 (13,0) | 120 (17,1) | 52 (7,4) | 5 (0,7) | 2,39 | Kolay | |
| 17 | Konuyu önemsemediğim için anlamadım. | 152 (21,7) | 255 (36,3) | 154 (21,9) | 88 (12,5) | 46 (6,6) | 7 (1,0) | 2,45 | Kolay | |
| 21 | Olayı anlamakla uğraşmadığım için anlamadım. | 115 (16,4) | 228 (32,5) | 161 (22,9) | 123 (17,5) | 65 (9,3) | 10 (1,4) | 2,70 | Orta | |
| Ortalamalar | | 161,0 (22,9) | 233,7 (33,3) | 135,3 (19,3) | 110,3 (15,7) | 54,3 (7,7) | 7,3 (1,0) | 2,52 | Kolay | |

Dördüncü faktörü oluşturan maddelerin, öğrencilerin konuya olan ilgisizliği (kuantum konularına verdiği önem) ile ilgili maddelerden oluştuğu görülmektedir. Bu faktöre “Konulara Verilen Önem” adı verilmiştir. Tablo 10’da dördüncü faktörün genel ortalamasına bakıldığında, “Kolay” düzeyde zorlanmanın olduğu söylenebilir. Ancak, 21. maddeye verilen yanıtlar “Orta” düzeydedir. Buradan söz konusu maddelerde “Katılmıyorum” ve “Hiç Katılmıyorum” yanıtının baskın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, öğrencilerin konuya olan ilgilerinde bir eksiklik olmadığı söylenebilir.



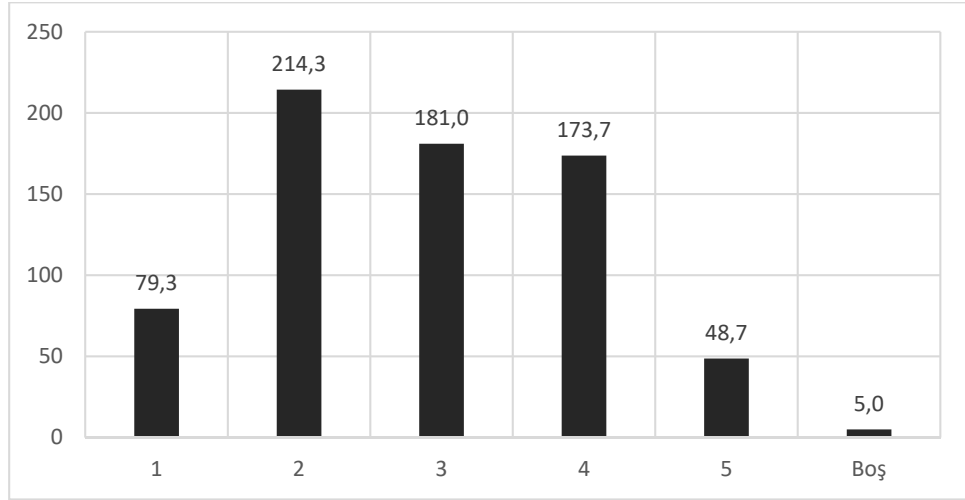
Şekil 7. Dördüncü Faktör İçin Ortalama Zorluk Derecesinin Dağılımı

Şekil 7’de görüldüğü gibi, dördüncü faktöre ait öğrencilerin ortalama zorluk derecelerinde 2’ye doğru bir eğilim söz konusudur. Yani, ortalamada da olduğu gibi bu faktörde “Kolay”’a doğru eğilimin olduğu söylenebilir.

Tablo 11. Beşinci Faktörde Yer Alan Maddelere Verilen Yanıtların Frekans ve Yüzdeler Dağılımı

| Madde No | Madde | Çok Kolay ← | | | | | → Çok Zor | | Ort Puan | Aralık |
|-------------|--|----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|------|----------|--------|
| | | 1 f (%) | 2 f (%) | 3 f (%) | 4 f (%) | 5 f (%) | Boş f (%) | | | |
| 12 | Enerji seviyeleri fikri tuhaf geliyor. | 79 (11,3) | 217 (30,9) | 169 (24,1) | 180 (25,6) | 53 (7,5) | 4 (0,6) | 2,87 | Orta | |
| 18 | Kütlesi olmayan bir taneciği düşünmek zor olduğundan fotonu anlamadım. | 89 (12,7) | 218 (31,1) | 193 (27,5) | 160 (22,8) | 36 (5,1) | 6 (0,9) | 2,76 | Orta | |
| 19 | Madde dalgasını hayal etmek zor olduğundan zorlandım. | 70 (10,0) | 208 (29,6) | 181 (25,8) | 181 (25,8) | 57 (8,1) | 5 (0,7) | 2,92 | Orta | |
| Ortalamalar | | 79,3 (11,3) | 214,3 (30,5) | 181,0 (25,8) | 173,7 (24,7) | 48,7 (6,9) | 5,0 (0,7) | 2,85 | Orta | |

Beşinci faktörü oluşturan maddelerin, konunun öğrencilerin sağduyularıyla uyumsuzluğu veya öğrencilerin kuantum konularını somutlaştıramamasıyla ilgili maddelerden oluştuğu görülmektedir. Bu faktöre “Sağduyuyla Uyum” adı verilmiştir. Tablo 11’de beşinci faktörün genel ortalamasına bakıldığında, “Orta” düzeyde zorlanmanın olduğu söylenebilir. Ancak yanıtların “Kolay” aralığına doğru eğilimli olduğu da gözlenmektedir. Bu faktördeki maddelerin öğrencilerin algılarına ve sağduyularına ve aykırı olması ile ilgili olduğu düşünülürse, 2 yanıtını içeren “Katılmıyorum” yanıtına olan fazla eğilimin, öğrencilerin konuya ilişkin algılarının sağduyuları ile büyük oranda çelişmediği anlamına gelebilir.

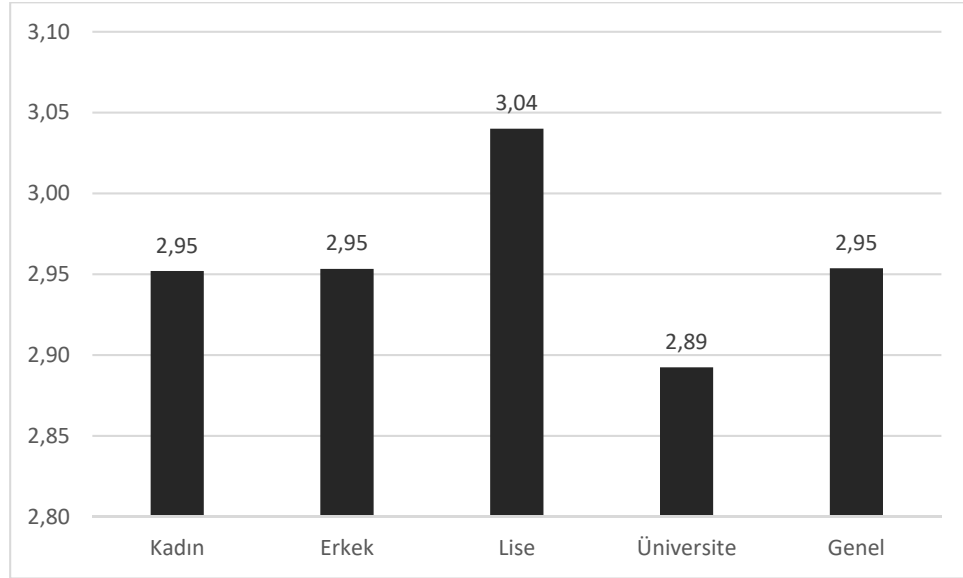


Şekil 8. Beşinci Faktör İçin Ortalama Zorluk Derecesinin Dağılımı

Şekil 8’de görüldüğü gibi, beşinci faktöre ait öğrencilerin ortalama zorluk derecelerinde 2’ye doğru bir eğilim söz konusudur. Yani, ortalamada her ne kadar “Orta” düzeyde bir sonuç çıkmış olsa da bu faktörde “Kolay”a doğru eğilimin olduğu söylenebilir.

Öğrenim Düzeyi ve Cinsiyete Göre Verilerin Karşılaştırılması

Öğrencilerin yanıtlarının cinsiyete veya öğrenim düzeyine bağlı olarak farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu amaçla, kadın ve erkek öğrencilerle, lise öğrencilerinin ve üniversite öğrencilerinin yanıtlarının ortalamaları ayrı ayrı ele alınmıştır.



Şekil 9. Grupların Ortalama Puanları

Şekil 9’da görüldüğü gibi, grupların ölçeğe verdikleri yanıtların ortalamaları arasında oldukça küçük farklar vardır. Bu nedenle, verilen yanıtların faktörlere ve faktörlerde yer alan maddelere göre daha ayrıntılı bir karşılaştırma yapmak yararlı olacaktır. Kadın ve erkek öğrencilerle, lise öğrencilerinin ve üniversite öğrencilerinin yanıtlarının ortalamalarının faktörlere göre dağılımı Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Cinsiyete ve Okul Düzeyine Göre Ortalama Puanlar

| Faktörler | Kadın | | Erkek | | Lise | | Üniversite | | Genel | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------------|-------|-------|-------|
| | Ort. | Düzye | Ort. | Düzye | Ort. | Düzye | Ort. | Düzye | Ort. | Düzye |
| 1. Faktör | 3,13 | Orta | 3,06 | Orta | 3,16 | Orta | 3,07 | Orta | 3,11 | Orta |
| 2. Faktör | 2,78 | Orta | 2,80 | Orta | 3,05 | Orta | 2,59 | Kolay | 2,78 | Orta |
| 3. Faktör | 3,10 | Orta | 3,13 | Orta | 3,15 | Orta | 3,08 | Orta | 3,11 | Orta |
| 4. Faktör | 2,43 | Kolay | 2,66 | Orta | 2,48 | Kolay | 2,54 | Kolay | 2,52 | Kolay |
| 5. Faktör | 2,85 | Orta | 2,86 | Orta | 2,88 | Orta | 2,83 | Orta | 2,85 | Orta |
| Genel | 2,95 | Orta | 2,95 | Orta | 3,04 | Orta | 2,89 | Orta | 2,95 | Orta |

Tablo 12 incelendiğinde, cinsiyet açısından biri dışında tüm zorluk düzeylerinin “orta” düzey aralığında olduğu görülmektedir. Yalnızca dördüncü faktörde kadın öğrencilerinin ortalaması “kolay” düzey aralığında çıkmıştır. Eğitim düzeyi açısından bakıldığında ise, dördüncü faktörde hem lise hem de üniversite öğrencilerinin “kolay” aralığında yanıtlar verdiği, ayrıca ikinci faktörde üniversite öğrencilerinin “kolay” aralığında yanıtlar verdiği, diğer tüm aralıkların “orta” düzeyde olduğu görülmektedir. Bu da göstermektedir ki, üniversite öğrencileri, konunun öğretim yöntemleri ile ilgili lise öğrencilerine göre daha az zorluk yaşamaktadır. Ayrıca, kadınların konuya olan ilgisi erkeklerden daha fazladır denebilir.

Tüm ölçek maddeleri incelendiğinde, lise ve üniversite öğrencilerinin aynı zamanda kadın ve erkek öğrencilerin faktörlere göre yanıtları arasında anlamlı fark olup olmadığı MANOVA analizi ile belirlenmiştir. MANOVA çok değişkenli test (Wilks' Lambda: 0,398; p: 0,000), okul türü (Wilks' Lambda: 0,908; p: 0,000) ve cinsiyet (Wilks' Lambda: 0,961; p: 0,000) değişkenleri çerçevesinde incelenmiştir. Söz konusu veriler Tablo 13'te ve Tablo 14'te sunulmuştur.

Tablo 13. Öğrenim Düzeyi Grupları İçin MANOVA Sonuçları

| | 1. Faktör | | 2. Faktör | | 3. Faktör | | 4. Faktör | | 5. Faktör | | Genel | |
|---------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|---------|------|
| | Lise | Üni. | Lise | Üni. | Lise | Üni. | Lise | Üni. | Lise | Üni. | Lise | Üni. |
| N | 291 | 411 | 291 | 411 | 291 | 411 | 291 | 411 | 291 | 411 | 291 | 411 |
| Ortalama | 3,16 | 3,07 | 3,05 | 2,59 | 3,16 | 3,08 | 2,48 | 2,54 | 2,89 | 2,84 | 3,04 | 2,89 |
| Std. Sapma | 0,83 | 0,73 | 0,91 | 0,66 | 0,91 | 0,74 | 1,04 | 0,90 | 0,99 | 0,82 | 0,63 | 0,56 |
| Serb. Der. Kareler | 700 | | 700 | | 700 | | 700 | | 700 | | 700 | |
| Tpl. (G.içi) Kareler | 421,512 | | 416,597 | | 463,333 | | 642,811 | | 559,942 | | 243,858 | |
| Tpl. (G.arası) Kareler | 1,423 | | 35,881 | | 0,986 | | 0,528 | | 0,402 | | 3,700 | |
| G.içi ort. ² | 0,60 | | 0,60 | | 0,66 | | 0,92 | | 0,80 | | 0,35 | |
| G.arası ort. ² | 1,42 | | 35,88 | | 0,99 | | 0,53 | | 0,40 | | 3,70 | |
| F | 2,36 | | 60,29 | | 1,49 | | 0,58 | | 0,50 | | 10,62 | |
| Anlamlılık | 0,125 | | 0,00 | | 0,223 | | 0,449 | | 0,479 | | 0,001 | |
| Eta Kare | 0,003 | | 0,079 | | 0,002 | | 0,001 | | 0,001 | | 0,015 | |

Tablo 13'teki verilere göre, öğrenim düzeyi açısından 2. faktör ve genel sonuçlarda gruplar arasında anlamlı bir fark belirlenmiştir. Genel sonuçlardaki anlamlı farkın 2. faktördeki anlamlı farkın yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. "Öğretim Tekniklerinin Etkisi" adındaki 2. faktör için lise öğrencilerinin üniversite öğrencilerine göre anlamlı olarak daha fazla zorlandıkları bulunmuştur. Buna göre, lisede öğretim tekniklerinin konunun anlaşılmasını yeterince kolaylaştırmadığı, çeşitli ve kolaylaştırıcı öğretim teknikleri açısından sorun olduğu söylenebilir.

Tablo 14. Cinsiyet Grupları İçin MANOVA Sonuçları

| | 1. Faktör | | 2. Faktör | | 3. Faktör | | 4. Faktör | | 5. Faktör | | Genel | |
|---------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|---------|------|
| | K | E | K | E | K | E | K | E | K | E | K | E |
| N | 461 | 232 | 461 | 232 | 461 | 232 | 461 | 232 | 461 | 232 | 461 | 232 |
| Ortalama | 3,14 | 3,06 | 2,77 | 2,79 | 3,11 | 3,13 | 2,43 | 2,66 | 2,85 | 2,86 | 2,95 | 2,95 |
| Std. Sapma | 0,77 | 0,79 | 0,78 | 0,85 | 0,79 | 0,87 | 0,93 | 0,99 | 0,90 | 0,88 | 0,60 | 0,59 |
| Serb. Der. | 691 | | 691 | | 691 | | 691 | | 691 | | 691 | |
| Kareler Tpl. (G.İçi) | 419,215 | | 446,200 | | 461,942 | | 624,596 | | 555,340 | | 246,493 | |
| Kareler Tpl. (G.arası) | 1,025 | | 0,052 | | 0,077 | | 8,120 | | 0,008 | | 0,000 | |
| G.İçi ort. ² | 0,61 | | 0,65 | | 0,67 | | 0,90 | | 0,80 | | 0,36 | |
| G.arası ort. ² | 1,03 | | 0,05 | | 0,08 | | 8,12 | | 0,01 | | 0,00 | |
| F | 1,69 | | 0,08 | | 0,11 | | 8,99 | | 0,01 | | 0,01 | |
| Anlamlılık | 0,194 | | 0,777 | | 0,735 | | 0,003 | | 0,920 | | 0,976 | |
| Eta Kare | 0,002 | | 0,000 | | 0,000 | | 0,013 | | 0,000 | | 0,000 | |

Tablo 14'teki verilere göre, cinsiyet açısından 4. faktör sonuçlarında gruplar arasında anlamlı bir fark belirlenmiştir. 4. faktördeki anlamlı fark genel sonuçları etkileyecek kadar büyük etki büyüklüğüne sahip değildir. "Konulara Verilen Önem" adındaki 4. faktör için erkek öğrencilerin kadın öğrencilere göre anlamlı olarak daha fazla zorlandıkları bulunmuştur. Buna göre erkek öğrencilerin kuantum fiziğine giriş konularına yeterince önem vermediği söylenebilir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bulgulardan elde edilen genel sonuçlara göre araştırmaya katılan tüm öğrencilerin 1, 9, 10 ve 17. maddeler dışındaki tüm maddeler için zorluk derecelendirmesi “orta” aralığındadır. Belirtilen dört maddenin puan ortalaması ise “kolay” aralığındadır. Buna göre öğrenciler, dersin animasyon, simülasyon (1. madde) ve deneyler üzerinden (9. madde) anlatılmasını olumlu görmektedir. Öğrencilerin derse düzenli girmesi (10. Madde) ve konuyu önemsemesi (17. madde) bakımından genel itibariyle bir sorun olmadığı söylenebilir.

Kuantum fiziğine giriş konularının güçlükleri hakkındaki bulguların faktörlere göre incelenmesi daha ayrıntılı bilgi sahibi olmamızı sağlamıştır. Ölçeğin birinci faktöründe kuantum fiziği konularına yönelik algıların bahsedildiği maddeler yer almaktadır. 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. Bunun ardından gelen yüksek güçlük oranı klasik-kuantum ilişkisini içeren maddelerde görülmektedir. Gerçek dünya, kuantum mekaniksel olması rağmen bireylerin dünyayı algılaması klasik mekaniksel olduğundan klasik ve kuantum kavramları birbirine karıştırılmaktadır (Ireson, 1999; Kalkanis, Hadzidaki ve Stavrou, 2003). Levrimi ve Fantini (2013) kuantum fiziğinin öğretiminde tarihsel tartışmalardan yararlanmanın klasik fizikten kuantum fiziğine geçişi kolaylaştıracağını ileri sürmektedir. Bu çalışmada, öğrenciler kuantum konularının saçma ve sıkıcı olduğu fikrine katılmamaktadırlar. Öğrenciler bu konuları öğrenmek için çaba ve zaman gerektirdiği düşüncesine ise katılmaktadır. Konuların soyut olması ile ilgili güçlük için yüksek katılım oranı da dikkati çekmektedir. Benzer biçimde, başka çalışmalarda da kavramların soyut oluşundan kaynaklanan sorunlar, diğer fizik konularında da görülen genel bir sorun olarak görülmektedir (Chen ve Gladding, 2014; Podolefsky ve Finkelstein, 2007).

İkinci faktör, kuantum konularının anlaşılmasına katkı sağladığı düşünülen bazı yöntemleri içeren maddelerden oluşmaktadır ve öğrenciler bu yöntemler için olumlu görüş belirtmiştir. Tüm maddeler için yüksek katılım oranı görülmektedir ancak en

yüksek katılım oranı “konuların yapılmış bir deney üzerinden anlatılması” düşüncesine olmuştur. Abhang (2005)’a göre de kuantum fiziği konuları sadece teorik fikirler olarak değil deneylerin ışığında tartışılmalı ve düşünce deneyleri etkin olarak kullanılmadır. Vokos, Shaffer, Ambrose ve McDermott (2000), maddenin dalga özelliklerini öğretmek için girişim deneyinde elde edilen desen üzerinden öğretim yapmış ve bunun öğrencilerin bu kavramları anlamasına yardımcı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada öğrencilerin, animasyon, görseller ve modellemelerin konunun anlaşılmasını kolaylaştıracağı görüşü oldukça yüksek oranda bulunmuştur. Zollman ve diğerleri (2002), web tabanlı olarak kuantum mekaniğinin görselleştirildiği materyalleri öğretimde kullanmış ve bazı soyut kavramları öğretmede başarılı olmuştur. Singh (2008), öğrencilerin kuantum fiziğindeki zorluklarını gidermek için etkileşimli öğretimler yapmış ve olumlu etkilerini göstermiştir. Kuantum mekaniğine göre atom için çizilmiş tüm resimler yanlıştır ve kuantum fiziği görselleştirilemez. Kuantum fiziğinde görselleştirmenin sakıncaları olmasına rağmen, öğretim için oldukça önemli olduğu da yadsınamaz. Mashhadi ve Woolnough (1999) görselleştirilemeyen kuantum fiziğinin görselleştirilebilir klasik fizik ile bağdaştırmak için öğretim yaklaşımlarına ihtiyaç olduğunu belirtmektedir.

Üçüncü faktör kuantum fiziğini öğrenmede matematiksel sorunlar, klasik fizik kavramları ile ilgili sorunlar gibi ön bilgi eksiklikleri ve kavrama ile ilgili zorluklar içeren maddelerden oluşmaktadır. Öğrenciler, klasik fizik konularında genel eksikliklerinin olmasının kuantum konularını anlamalarında zorluk oluşturduğu fikrine en yüksek oranda katılmaktadır. Kuantum konularındaki bağıntılar ve birimleri çevirme gibi zorluklar da oldukça yüksek orandadır. Bu araştırmadan farklı olarak önceki çalışmada, kuantum fiziğine giriş konularında matematiksel güçlüklerle ilgili olumlu görüşler belirgin olarak ortaya çıkmıştı (Kızılcık ve Ünlü Yavaş, 2017). Önceki araştırma fizik öğretmen adayları ile yapılmıştı ve kuantum fiziğin konuları bakımından bu çalışmanın katılımcılarından farklı matematiksel işlemlerle karşılaştıkları göz önüne alınmalıdır. Önceki çalışmanın katılımcıları için kuantum mekaniğinin daha ileri matematiksel işlemleri söz konusudur. Farklılığın nedeni, önceki çalışmada, fizik öğretmen adaylarının, öğrencilerin, kuantum

fiziğinin giriş konularının matematiği ile kuantum mekaniğinin matematiğini karşılaştırmalı olarak betimlemeleri olduğu düşünülebilir.

Dördüncü faktör öğrencilerin konulara yönelik ilgisizliklerini içeren maddelerden oluşmaktadır. Öğrencilerin bu maddelere verdikleri yanıtlara göre kuantum konularını önemsedikleri ve ilgisiz olmadıkları söylenebilir.

Beşinci faktör kuantum kavramlarının sağduyuyla uyumsuz yani günlük yaşamda edindiğimiz deneyimlerle ters gibi görünmesinin oluşturduğu zorlukları içeren maddelerden oluşmaktadır. Öğrencilerin büyük çoğunluğu için kavramların günlük deneyimlerle ters olması ile ilgili bir sorun olmadığı görülmektedir. Fakat sonuçların böyle çıkmasının nedeni, kuantum kavramlarının devrimsel niteliğinin öğrenciler tarafından algılanmaması olabilir. Yapılan diğer araştırmalarda öğrencilerin kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki temel farklardan haberdar olmadığı (Görece Baybars ve Küçüközer, 2014), kuantum fiziğini küçük parçacıklarla ilgilenen bir fizik dalı olarak nitelendirdikleri (Didiş ve diğerleri, 2008) görülmüştür. Bu nedenle, kuantum fiziğini özel durumlar için sınırlayan bir anlayışla, genelleştirmeden kabullendikleri söylenebilir.

Elde edilen veriler cinsiyete göre genel ortalamalar dikkate alınarak değerlendirildiğinde bir farklılığın olmadığı söylenebilir. Ancak dördüncü faktör için erkeklerin ortalaması kadınlara oranla daha zor düzeyine yakın çıkmıştır. Buna göre kadınların kuantum konularına yönelik ilgisi erkeklerden daha fazladır. 4. faktöre ait maddelerin ortalamalarına bakıldığında ise konulara yönelik ilginin diğer faktörden farklı olarak kolay derecelendirmesinde olduğu görülmektedir. Konuların anlatım yöntemleri ile ilgili ikinci faktörde lise öğrencileri ile üniversite öğrencileri arasında farklılık olduğu görülmektedir. Üniversite öğrencileri konuları öğrenmede çeşitli öğretim yöntemlerinin katkısı olacağını kabul etmektedir. Lise öğrencileri için oranın düşük olmasının sebebi lise öğrencilerinin bu yöntemlerle henüz karşılaşmaması olabilir.

Araştırma sonuçları, farklı ve görsel öğretim tekniklerinin yoğun olarak kullanılmasının öğrencilerin bu konuları kavraması için kolaylaştırıcı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla öğreticilerin farklı ve görsel açıdan zengin öğretim tekniklerinden

yararlanması başarıyı olumlu etkileyebilir. Ayrıca, bu konuların öğretilmesinde zorlanmayı artırdığı belirlendiği için, gerek matematiksel gerekse klasik fizik konuları ile ilgili öğrencilerin altyapısındaki eksikliklerin giderilmesine yönelik çalışmalar yapılması da uygun olacaktır. Gelecekte, bu araştırmada belirlenen faktörlerin ve öğrenmeyi zorlaştıran unsurların daha derinlemesine inceleneceği araştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abhang, R. Y. (2005). Making introductory quantum physics understandable and interesting. *Resonance Journal of Science Education*, 10(1), 63-73.
<https://doi.org/10.1007/bf02835894>
- Akarsu, B., Coşkun, H. & Kariper, İ. A. (2011). An investigation on college students' conceptual understanding of quantum physics topics. *Mustafa Kemal University Journal of Social Sciences Institute*, 8(15), 349-362.
- Aksakallı, A., Salar, R. & Turgut, Ü. (2016). Modern fizik dersi alan lisans öğrencilerinin bu ders ile ilgili açığa çıkan kişisel epistemolojik inançları ve bunların nedenlerinin incelenmesi. *Fizik Eğitimi ve Felsefesi*, 1(1), 1-17.
- Ayene, M., Kriek, J. & Dantie, B. (2011). Wave-particle duality and uncertainty principle: Phenomenographic categories of description of tertiary physics students' depictions. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 7, 020113-1-13. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020113>
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32, 470-483.
- Büyüköztürk, Ş. (2016). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Ankara: Pegem Akademi.
- Chen, Z. & Gladding, G. (2014). How to make a good animation: A grounded cognition model of how visual representation design affects the construction of abstract physics knowledge. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10, 010111-1-24.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010111>
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2014). *Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik SPSS ve Lisrel uygulamaları*. Ankara: Pegem Akademi.
- De Leone, C. J. & Oberem, G. E. (2004). Toward understanding student conceptions of the photoelectric effect. *AIP Conference Proceedings*, 720, 85-88.
<https://doi.org/10.1063/1.1807260>
- Didiş, N., Özcan, Ö. & Abak, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: Nitel çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 86-94.
- Fletcher, P. & Johnston, I. (1999). *Quantum mechanics: exploring conceptual change*. Paper presented at the annual meeting National Association for Research in

- Science Teaching. 10 Mayıs 2017 tarihinde https://web.phys.ksu.edu/papers/narst/QM_papers.pdf adresinden alınmıştır.
- Henriksen, E. K., Berit, B. B., Angell, C., Tellefsen, C. W., Frågåt, T. & Bøe, M. V. (2014). Relativity, quantum physics and philosophy in the upper secondary curriculum: challenges, opportunities and proposed approaches. *Physics Education*, 49(6), 678-684. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/6/678>
- Hogarty, K.Y., Hines, C.V., Kromrey, J.D., Ferron, J.M. & Mumfor, K.R. (2005). The quality of factor solutions in exploratory factor analysis: The influence of sample size, communality, and overdetermination. *Educational and Psychological Measurement*, 65(2), 202-226.
- Ireson, G. (1999). A multivariate analysis of undergraduate physics students' conceptions of quantum phenomena. *European Journal of Physics*, 20, 193-199. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/20/3/309>
- Johansson, K. E., & Milstead, D. (2008). Uncertainty in the classroom-teaching quantum physics. *Physics Education*, 43(2), 173-179. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/43/2/006>
- Görecek Baybars, M. G. & Küçüközer, H. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziğine ilişkin kavramsal anlamaları. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1). <http://dx.doi.org/10.21666/mskuefd.36735>
- Kaiser, H.F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31-36.
- Kalkanis, G., Hadzidaki, P. & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. *Science Education*, 87, 257-280. <https://doi.org/10.1002/sce.10033>
- Kızılıcık, 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. <https://doi.org/10.11114/jets.v5i1.2012>
- Levrini, O. & Fantini, P. (2013). Encountering productive forms of complexity in learning modern physics. *Science & Education*, 22, 1895-1910. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9587-4>
- Manilla, K., Koponen, I. T. & Niskanen, J. A. (2002). Building a picture of students' conceptions of wave- and particle-like properties of quantum entities.

- European Journal of Physics*, 23, 45-53. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/23/1/307>
- Mashhadi, A. ve Woolnough, B. (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: visualizing quantum entities. *European Journal of Physics*, 20, 511-516.
- McDermott, L. C. & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67, 755-767. <https://doi.org/10.1119/1.19122>
- Müller, R. & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. *American Journal of Physics*, 70, 200-209. <https://doi.org/10.1119/1.1435346>
- Özdamar, K. (2016). *Ölçek ve test geliştirme yapısal eşitlik modellemesi*. Eskişehir: Nisan Kitapevi.
- Özdemir, E. & Erol, M. (2011). Kuantum Fiziğinde Belirsizlik İlkesi: Hibrit Öğretimin Akademik Başarıya ve kalıcılığa etkisi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 20-35.
- Podolefsky, N. S. & Finkelstein, N. D. (2007). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3, 010109-1-12. <https://doi.org/10.1103/physrevstper.3.010109>
- Pospiech, G. (2000). Uncertainty and complementarity: The heart of quantum physics. *Physics Education*, 35(6), 393-399. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/6/303>
- Rebello, N. S. & Zollman, D. (1999). *Conceptual understanding of quantum mechanics after using hands-on and visualization instructional materials*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching. 10 Mayıs 2017 tarihinde https://web.phys.ksu.edu/papers/narst/QM_papers.pdf adresinden alınmıştır.
- Sayer, R., Maries, A. & Chandralekha, S. (2017). Quantum interactive learning tutorial on the double-slit experiment to improve student understanding of quantum mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 13, 010123-1-23.
- Singh, C. (2008). Interactive learning tutorials on quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4), 400-405. <https://doi.org/10.1119/1.2825387>

- Steinberg, R. N., Oberem, G. E. & McDermott, L. C. (1996). Development of a computer-based tutorial on the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 64, 1370-1379. <https://doi.org/10.1119/1.18360>
- Şen, A. İ. (2002). Fizik öğretmen adaylarının kuantum fiziğinin temeli sayılan kavram ve olayları değerlendirme biçimleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4, 76-85.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve davranışsal ölçümlerde güvenilirlik ve geçerlilik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2013). *Çok değişkenli istatistiklerin kullanımı*. 6. Baskıdan Çeviri Editörü: Mustafa Baloğlu. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Tavşancıl, E. (2014). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi*. (5. Basım) Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Tezbaşaran, A.A. (2008). *Likert tipi ölçek hazırlama kılavuzu*. (Üçüncü sürüm) e-Kitap, Mersin.
- Thacker, B. A. (2003). A study of the nature of students' models of microscopic processes in the context of modern physics experiments. *American Journal of Physics*, 71, 599-606. <https://doi.org/10.1119/1.1566431>
- Vokos, S., Shaffer, P.S., Ambrose, B.S. & McDermott, L.C. (2000). Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles. *American Journal of Physics*, 68, S42-S51. <https://doi.org/10.1119/1.19519>
- Yıldız, A. & Büyükkasap, E. (2011a). Öğretmen adaylarının belirsizlik ilkesini anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazmanın akademik başarıya etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 8(4), 134-148.
- Yıldız, A. & Büyükkasap, E. (2011b). Öğretmen Adaylarının Fotoelektrik Olayını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Başarıya Etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11(4), 2259-2274.
- Zollman, D. A., Rebello, S., & Hogg, K. (2002). Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology. *American Journal of Physics*, 70, 252-259. <https://doi.org/10.1119/1.1435347>

SUMMARY

The difficulties have often been identified based on the students' answers to quantum physics questions in the studies that investigate student difficulties related to quantum physics. Although there are many studies in the literature that investigate the causes of the physical difficulties of students, studies in which the reasons for the students get difficulties related to quantum physics were asked again to the students were not found much. The aim of this study is to determine the frequency of causes of get difficulty of high school and university students in the topics of introduction to quantum physics.

The study was initiated by using data of a qualitative study that was made by researchers before. In the previous study, participants were interviewed about the difficulty or easeness of the topics: Black Body Radiation, Photoelectric Effect, Compton Event, Atomic Spectrum, Bohr Atom Model, Wave and Particle Character of Light, Wave Characteristics of Particles, Double Slit Experiment with Electrons and the Uncertainty Principle. 40 views from the qualitative analysis of these interviews were edited and turned into materials of a 5 level Likert type scale after expert opinion. If the item reports convenience, this score is reversed. The maximum contribution to the stated difficulty for each item was 5.

The scale was applied to 702 participants in total, including 411 science teacher candidates in different five universities and 291 high school students who had taken courses of introductory quantum physics in different five high schools.

Data were first analyzed with an explanatory factor and then by confirmatory factor analysis. Some items were removed from the scale. 29 items remained backward. Reliability of the scale was respectively found; 0.890 for factor 1; 0,768 for factor 2; 0.753 for factor 3; 0.698 for factor 4 and 0.689 for factor 5.

The first factor of the scale contains the materials on which the perceptions of quantum physics are mentioned. The idea that quantum topics do not have situations that are encountered in daily life is the highest difficulty in this factor. Other high difficulty rates are seen in materials containing classical-quantum interrelation. Students have an idea that they need time and effort to learn about these topics. The second factor consists of items containing some methods thought to contribute to the understanding of quantum issues. Students expressed positive views on these methods. High participation rates are seen for all items, but the highest participation rate has been for "telling the story through an experiment" thought. The third factor consists of prior knowledge deficiency and difficulties in understanding such as mathematical problems when learning quantum physics and problems with classical physics concept. Students are involved at the highest level in the idea that general deficiencies in classical physics make it difficult to

understand the quantum physics subjects. The fourth factor consists of the items which include the students' indifference towards the subjects. It can be said that the students consider the quantum issues and they are not indifferent according to the answers given to these items. The fifth factor consists of items that contain the difficulties that quantum concepts seem inconsistent with common sense and opposite to the experiences we have in daily life. It seems that there is no question that the concepts are in contradiction to everyday experience for the vast majority of students.

It can be said that there is no difference when evaluating the obtained data considering the general average according to gender. Women's interest in quantum issues is more than men. University students acknowledge that various teaching methods will contribute to learning subjects. It is possible that high school students do not yet meet these methods and it can be the reason of low ratio.