

FEN BİLGİSİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ KUANTUM FİZİĞİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ANLAMALARI

Meryem GÖRECEK BAYBARS
Namık Kemal Ortaokulu, Torul-Gümüüşhane
E-mail: mgorecek@hotmail.com

Hüseyin KÜÇÜKÖZER
Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi
E-mail: hkucuk@balikesir.edu.tr

Özet

Ülkemizde kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimi ile ilgili çalışma sayısı çok fazla olmamakla birlikte, yapılan çalışmaların daha çok fizik bölümü veya fizik öğretmenliği öğrencileri ile gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Bu çalışma ile Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrasında kuantum fiziği ile ilgili fikirlerinin ne olduğu ve yapılan öğretimin kavramsal anlamaya etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın örneklemini Fen Bilgisi öğretmenliğinde öğrenim gören toplam 48 öğrenci oluşturmuştur. Veri toplama aracı olarak kavram testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Öğretim öncesinde Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği ile ilgili alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim sonrasında ise, Fen Bilgisi öğretmen adaylarının çoğunun kuantum fiziği ile ilgili bilimsel kavramlara sahip olduğu ve kuantum fiziği ile ilgili kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuantum fiziği, alternatif kavram, kavramsal anlama

THE PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF QUANTUM PHYSICS

Abstract

Despite of the fact that there aren't a lot of studies in quantum physic and quantum physics' instruction in Turkey, it has been observed that studies in this field were carried out with physic department or pre-service physic teachers. The purpose of this study is revealing the ratio of ideas pre-service science teachers have about quantum physic before and after instruction and determining the conceptual understanding rate. This research was conducted with a total of 48 students studying in science teaching. Data in the scope of research were obtained from the concept test and semi-structured interviews. Before the instruction, it has been understood that pre-service science teachers have alternative concepts about quantum physics. After the instruction, it can be said that most of the pre-service science teachers have scientific concepts about quantum physic and conceptual understanding concerning of quantum physic.

Key Words: Quantum physic, alternative concept, conceptual understanding

1. Giriş

20. yüzyılın başlarından itibaren yaşanan beklenmedik gelişmeler çoğu kişi tarafından devrim olarak adlandırılmıştır. Özellikle 1900'lü yıllarda Planck tarafından kuantum teorisine öncülük eden fikirlerin ortaya konulması ve bu alanda yapılan çalışmaların hız kazanması ile

kuantum mekaniği adı verilen yeni teori molekül, atom ve çekirdeklerin davranışlarını açıklamada oldukça başarılı hale gelmiştir (Wichmann,1971).

Kuantum fiziğinin ortaya çıkışı sadece yeni teoriler oluşturmakla kalmamış, aynı zamanda yeni bir bakış açısının oluşmasını da sağlamıştır. Kuantum fiziği doğaya ait bakış açımızı da yeni bir biçimde şekillendirmiştir. Artık doğanın nasıl işlediği sadece fizikçilerin anlaması gereken bir konu olmaktan çıkmıştır (Müller ve Weisner, 2002). Tüm bu nedenlerden dolayı kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimine olan ilgi son yıllarda artmış olmasına rağmen, fizik alanında yapılan tüm çalışmalar incelendiğinde, fiziğin diğer alanlarına göre kuantum fiziğinde daha az sayıda çalışma yapıldığı gözlenmektedir (Singh, 2001; Görecek, 2013). Ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde de, kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimi ile ilgili yapılan çalışmaların, diğer fizik alanlarına göre daha az sayıda olduğu, yapılan çalışmaların son yıllarda artış gösterdiği ve daha çok üniversite düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2007; Didiş, Özcan ve Abak, 2008; Özcan, 2009; Yıldız, 2009; Çalışkan, Selçuk ve Erol, 2009; Akarsu, Çoşkun ve Kariper, 2011).

1.1.Problem durumu

Klasik fizikte yer alan kavramlarla öğrenciler neredeyse ilköğretim 4. sınıfta karşılaşmaya başlarken, kuantum kavramları ile karşılaşmaları ortaöğretim sınıflarına denk gelmektedir. Ortaöğretime kadar öğrenciler günlük hayatta karşılaştıkları olayları klasik fizik ile ilişkilendirmek durumundadırlar.

Özellikle kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamaları (termal kameralar, fotoselli kapılar, barkod okuyucular vb.) incelendiğinde, bu sadece fizikçilerin bilmesi gereken bir konu olmaktan çıkmıştır. Bu nedenle bir Fen Bilgisi öğretmeninin de bu alanda donanımlı bir şekilde yetişmesi önem kazanmıştır. Literatürde bu alanda yer alan çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların çok azının kavramsal anlamaya yönelik olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma ile Fen Bilgisi Öğretmenliği ikinci sınıf öğrencilerinin öğretim öncesi ve öğretim sonrası fikirlerinin ne olduğu ve yapılan öğretimin kavramsal anlamaya etkisi incelenmiştir.

1.2. İlgili literatür

Son yıllarda fizik eğitimi araştırmacılarının yoğun olarak ilgilendikleri alanlardan birisi kuantum fiziği ile ilgili çalışmalardır. Bu konudaki pedagojik çalışmaların kavramsal öğrenme, görselleştirme, matematiksel düşünme ve problem çözme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Didiş vd., 2008). Kuantum fiziği ve kuantum fiziği öğretimi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, şu çalışmaların ön plana çıktığı gözlenmiştir: Pendrill (2012), “Kuantum Fiziği öğretiminin bir parçası olarak drama” isimli çalışmasında, bazı popüler bilim kitaplarının sınıf içi drama etkinliklerinde kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu yolla öğrencilerin, sadece kuantum fiziğini öğrenmekle kalmayacağı, aynı zamanda fizikçilerin çalışmaları ve fiziğin nasıl geliştiği ile ilgili bilgi sahibi olabilecekleri yönünde görüş bildirmiştir. Ayene, Kriek ve Dامتie (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 25 lisans fizik öğrencisinin bazı kuantum kavramlarını nasıl betimledikleri üzerinde durulmuştur. Çalışmada öğrencilerin kuantum mekaniğini yorumlarken daha klasik çerçevede yorumlar kullandıkları belirtilmiştir. Akarsu vd., (2011) üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğinin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek için Wuttiprom (2008) tarafından geliştirilen kuantum kavram testini kullanmışlardır. Öğrenciler, belirsizlik ilkesinin sadece elektron, proton gibi nesnelere uygulandığını, büyük objelerde Newton kurallarının geçerli olduğunu

belirtmişlerdir. Dalga parçacık ikilemi öğrenciler için karmaşık bir problem olmaya devam etmektedir. Özellikle elektronun ikili yapısı anlaşılmayan noktalar arasındadır. Çalışkan vd., (2009) tarafından yapılan, öğrencilerin bazı kuantum kavramlarını anlamaları isimli çalışma sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin çoğunun kuantum fiziğini olasılıklar ve istatistiksel bir dünya olarak gördüğü ve öğrencilerin, elektronun konumunun kesin olmadığı ve kesin olarak konumunun belirlenemeyeceğini düşüncesinde olduğu belirlenmiştir. Didiş vd., (2008) çalışmalarında öğrencilerin kuantum fiziğini betimleme ve betimleme yollarındaki çeşitliliği ortaya çıkartmışlardır. Öğrencilerin betimlemelerinde en çok kullanılan kavram “mikroskobik sistem” ve en önemli görülen kavram ise “heisenberg belirsizlik ilkesi” şeklinde tespit edilmiştir. Didiş vd., (2007) fizik öğretmenliği öğrencilerinin kuantum mekaniği postullarının açıklanmasına olanak veren bazı kavramların nasıl algılandığını nitel bir çalışma ile araştırmış, öğretmen adaylarının temel kavramları açıklama, ayırt etme, ilişkilendirme ve matematiksel olarak ifade etmede zorlandıklarını ortaya koymuşlardır. Akarsu’ nun (2007) yaptığı çalışma sonuçlarına göre kuantum fiziğinin öğretimini güçleştiren konuları, kuantum fiziğinin sahip olduğu matematiksel alt yapı, kuantum fiziğinin içerdiği soyut ve birbirine paralel olmayan kavramlar, kuantum fiziğine karşı var olan ön yargı ve kuantum fiziği programının oldukça hızlı işleniyor olması şeklinde belirlemiştir. Şen (2000) kuantum fiziği dersleri üzerine yaptığı çalışmada, konuların lise düzeyindeki fizik derslerinde anlatılmasının önemli olacağı üzerinde durmuştur. Troncoso ve Chrobak (2000) yaptıkları çalışmada, heisenberg belirsizlik ilkesi, schrödinger dalga denklemi ve potansiyel kuyular gibi temel noktalara değinmişlerdir. Öğrenciler tarafından en sık değinilen kavramın belirsizlik ilkesi olduğu ve öğrencilerin teknolojinin ilerlemesi ile elektronun ve diğer küçük parçacıklarının konumunun belirleneceğini düşüncesinde olduğu ortaya konulmuştur. Özdemir ve Erol (2011), çalışmalarında, birden çok öğretim yönteminin bir arada kullanıldığı hibrit öğretim yaklaşımının öğrencilerin akademik başarısı, hatırd tutma düzeyi ve belirsizlik ilkesi ile ilgili öğrenme güçlüklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada hibrit öğretim yaklaşımının akademik başarı ve kalıcılıkta oldukça etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Robblee, Garik ve Abegg (1999) yapmış oldukları çalışmada, kimya öğretmenlerinin pedagojik alan bilgilerini ve kuantum fiziği öğretiminde bilgisayar görsellerinden ne düzeyde yararlandıklarını ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma sonucunda, kuantum fiziğinin bilgisayar teknolojisinden yararlanarak öğretmenin kuantum fiziği kavramlarını anlama düzeylerini artırdığını ortaya koymuştur. Rebello ve Zollman (1999) çalışmalarında, öğrencilerin kuantum olgusu ile ilgili sahip oldukları kavramsal yapıyı belirlemek amacı ile geliştirdikleri görsel materyalleri bilgisayar yardımıyla lise öğrencilerine uygulamışlardır. Öğrencilerin bazı kavramlara ilişkin yanlışlarının azaldığını ortaya koymuşlardır. Niedderer ve Petri (1998), bir öğrencinin atom ve elektronlarla ilgili düşüncelerinin gelişimini dört ay süre ile izlemişler ve öğrencinin öğretim öncesinde gezegensel modele sahip iken öğretim sonrasında kuantum atom modeline ulaştığını belirlemiştir. Steinberg, Wittmann, Bao ve Redish (1999), çalışmalarında, kuantum mekaniğini öğrenmede klasik fiziği anlamının önemi üzerinde durmuşlardır. Çalışmada öğrencilerin kuantum mekaniği öğrenirken klasik kavramları anlamalarının etkilerinden bahsedilmiştir. Çalışmada ayrıca öğrencilerin yarısından fazlasının ışığın dalga kuramına yönelik kabul edilebilir bir model geliştiremedikleri görülmüştür. Bethge ve Niedderer (1996), öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili kavramlarını belirledikleri çalışmalarında, on üç lise öğrencisinin atom modellerine ilişkin inanışlarını ortaya koymaya çalışmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde öğrencilerin %

25'i modern fiziğe yakın yanıtlar vermişken, % 50'si de klasik modeli (Bohr atom modeli) kullanmıştır.

Yukarıda yer alan çalışmalar incelendiğinde, liseden üniversiteye çeşitli öğrenim kademelerinde öğrenci, öğretmen aday ve öğretmenlerin kuantum fiziğinde yer alan çeşitli kavramlara yönelik uygulamaların gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Literatürde kuantum fiziği alanında son yıllarda birçok çalışmaya rastlanmasına karşın, çalışmalardan çok azı kavramsal anlamaya yöneliktir. Ülkemizde yapılan çalışmaların ise oldukça sınırlı sayıda olduğu, genellikle fizik bölümü veya fizik öğretmenliği öğrencileri ile gerçekleştirildiği gözlenmiştir. Bu araştırma Fen Bilgisi öğretmen adayları ile gerçekleştirildiği için ayrıca önem taşımaktadır. Araştırmanın en önemli amaçlarından biri de Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği ile ilgili kavramsal anlama düzeylerinin belirlenmesidir. Bu doğrultuda öğrencilerin bu alanda sahip olduğu alternatif kavramların belirlenmesi, uygulanan öğretim yönteminin kavramsal anlama sürecine nasıl bir katkısı olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu araştırma kuantum fiziği öğretiminde öğrenme evreleri yaklaşımının kullanılması bakımından da ayrıca önemli bir yere sahiptir.

1.3 Araştırma yöntemi

Araştırma nitel ve nicel desenlere sahiptir. Araştırmada deneysel desen türlerinden, ilişkili iki ölçümden elde edilen puanların karşılaştırılması yöntemi kullanılmıştır. Bu doğrultuda öğrencilere öğretim öncesi ve sonrasında 3 adet açık uçlu soru yöneltilmiştir. Yöneltilen sorular şunlardır: "1-Kuantum fiziği nedir? Kısaca açıklayınız./ 2-Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir? Kısaca açıklayınız./3- Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar nelerdir?". Ayrıca öğrencilerin kuantum fiziğinde yer alan temel kavramlara ilişkin alternatif kavramlarını belirlemek ve daha derinlemesine incelemek için yarı yapılandırılmış görüşmelere öğretim öncesi ve sonrası yer verilmiştir.

1.3.1. Araştırma örnekleme

Araştırmada kolay ulaşılabilir durum örnekleme kullanılmıştır. Araştırmacılar için, zaman ve maliyetin önemli olduğu durumlarda, kolay ulaşılabilir örneklem tercih edilebilir. Bu araştırma, Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi öğretmenliği öğrencileri ile yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini ise, Fen Bilgisi öğretmenliği 2. sınıfta öğrenim gören toplam 48 öğrenci (I. ve II. öğretim) oluşturmaktadır.

1.3.2. Kullanılan araçlar ve Araştırma Süreci

Öğrencilerin kuantum fiziğine ilişkin kavramsal anlamalarını belirleyebilmek için 14 sorudan oluşan Kuantum Fiziği Kavram Testi kullanılmıştır. Soru dağılımında, kuantum fiziğine giriş bölümü ile ilgili 3, siyah cisim ışıması ile ilgili 1, fotoelektrik olay ile ilgili 3, atomun yapısı ile ilgili 1, dalga-parçacık ikilemi ile ilgili 3 ve Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili 3 sorunun yer aldığı gözlenmektedir. Bu çalışma kapsamında, yöntem kısmında belirtilen, araştırmacı tarafından geliştirilen ve Kuantum Fiziğine Giriş bölümü ile ilgili açık uçlu 3 sorudan elde edilen verilere yer verilmiştir. Sorular, içerik (kapsam) geçerliğini sağlamak amacıyla konunun uzmanı olan iki fizik eğitimi öğretim elemanı tarafından incelenmiştir. Soruların yapı geçerliği için ise yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılarak, kuantum fiziğinin temel kavramları konusunda, teste başarılı olan öğrencinin görüşmelerde de başarılı olup

olmadığına, aynı şekilde başarısız öğrencinin görüşmelerdeki sorularda da başarısız olup olmadığına bakılarak test sonuçları ve görüşmeler karşılaştırılmıştır.

Kuantum Fiziği Kavram Testi'nin güvenilirliği için 230 öğrenci üzerinde yapılan ön pilot çalışma sonrasında Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı .70 olarak bulunmuştur. 2009–2010 eğitim öğretim yılı bahar döneminde Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi öğretmenliği 2. sınıf öğrencileri (95 öğrenci) ile pilot çalışma yürütülmüştür. Pilot çalışma yapılan Fen Bilgisi öğretmen adayları kuantum fiziği ile ilgili formal eğitim almadığı için araştırmanın örneklemini ile aynı düzeyde kabul edilmiştir. Cronbach Alfa güvenilirlik katsayısı .64 olarak bulunmuştur. Asıl uygulama 2010–2011 eğitim öğretim yılı bahar döneminde gerçekleştirilmiş olup, kavram testi ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Ayrıca araştırmada, yarı yapılandırılmış görüşmelere yer verilmiştir. Öğrencilerin ön kavramlara nasıl ulaştıklarını ortaya koymak ve sahip oldukları alternatif kavramları daha derinlemesine inceleyebilmek için 10 öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeler uygulama öncesi ve sonrası gerçekleştirilmiştir.

Öğretim sürecinde 7E öğretim modeli kullanılmıştır. 7E öğretim modeli çerçevesinde, öğrencilere ön bilgileri yoklama aşamasında, “Ne bildiğini fark et” isimli bir çalışma yaprağı uygulanmıştır. Çalışma yaprağında “Ortaya çıkan bu bakış açısı nedir? Bu bakış açısının ortaya çıkmasına neler sebep olmuştur? Bu bakış açısının klasik fizikten farkı var mıdır? Varsa nelerdir?” gibi sorulara yer verilmiştir. Merak uyandırma aşamasında kuantum teorisi hakkında farklı bilim adamlarının düşüncelerinin yer aldığı bir çalışma yaprağı sunulmuş, bunun sonrasında “Peki sınırimız ne olacak? Nereye kadar klasik fiziği kullanacağız? Nasıl ki göreliliği ve göresiz fizik arasında sınırı belli eden ‘c ışık hızı’ ise acaba kuantum fiziğini kullanma alanımızda da böyle bir sabit var mıdır?” soruları yöneltilerek öğrencinin konuya olan ilgisi pekiştirilmeye çalışılmıştır. Keşif aşamasında ise öğrencilere kuantum fiziği ile ilgili bir video izlettirilmiştir. Video kapsamında, klasik fizik ile kuantum fiziği arasındaki farklar, eylem boyutu ve Planck sabitinin anlamından bahsedilmektedir. Açıklama bölümüne ‘Kuantum fiziği ne ile uğraşır?’ sorusu öğrencilere yöneltilerek başlanmıştır. Öğrenci yanıtlarından sonra, öğrencilerin, klasik fizik ve kuantum fiziği kavramları arasındaki farkları kendi cümleleri ile açıklamaları istenmiştir. Bu noktada öğrencilerin tartışmalarına ve birbirlerinin açıklamaları ile ilgili sorular sormalarına izin verilmiştir. Sonrasında ise araştırmacı tarafından, kuantum fiziğinin kapsamı, atomlar ve temel parçacıklar, klasik teorinin uygulanabilirlik sınırları (h Planck sabiti) konuları sırası ile kısaca açıklanmıştır. Genişletme aşamasında, “21. yüzyıl Kuantum Fiziği”, ‘Minyatür deney aletleri’ okuma parçaları sunulmuştur. Okuma parçalarında öğrenciler, kuantum fiziğinin gelişimine katkı sağlamış tarihsel olayları kronolojik sırada kısaca bulabilmişler ve kuantum fiziğinin yaşamla iç içe olduğunu fark etmeleri sağlanmıştır. Öğrenciler uygulama boyunca edindikleri kavramlar ışığında; değerlendirme aşamasında; farklı sorulara yanıt bulmaya çalışmışlardır. Değerlendirme aşaması çalışma yaprağında yer alan sorular; “Planck sabitinin değeri çok büyük olsaydı (örneğin 1 j.s), böyle bir dünyada yaşamın ne gibi zorlukları olurdu? / Bir kol saatindeki hareketli parçalar oldukça küçüktür. Tipik bir kol saatinin belirleyici fiziksel parametrelerinin büyüklüklerini uygun bir şekilde belirleyerek (örneğin: $m = 1 \text{ g}$, $r = 3 \text{ mm}$, $w = 1 \text{ rad/s}$ alabilirsiniz), saat yapımında kuantum mekaniğinin tümü ile gereksiz olduğunu gösteriniz.” şeklindedir. İlişkilendirme aşamasında ise öğrencilerin yeni kavram ve konu hakkında bildiklerini diğer öğrenciler ile paylaşmalarına fırsat verilmiştir. Bu amaçla kuantum

fiziğinin uygulama alanları ve günlük yaşamda karşılaştığımız örnekleri ile ilgili bir araştırma ödevi hazırlamaları istenmiştir.

1.3.3. Analiz

Araştırmanın amacına yönelik olarak öğrencilere yöntem kısmında belirtilen, 3 adet açık uçlu sorunun betimsel analizi yapılmıştır. Literatürde yer alan, Trundle, Atwood ve Christopher (2002), Uçar (2007), Saçkes'in (2010) yaptığı çalışmada kodlar oluşturularak veri analizi yapılmıştır. Öğrencilerin kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar, tek tek incelenmiştir. Görüşme videolarındaki görüntüler ve ses kayıt cihazındaki sesler teker teker yazılı metin haline dönüştürüldükten sonra, kodlamalar belirlenmiş ve öğrencilerin verdikleri yanıtlar bu kodlamalara göre değerlendirilmiştir. Ön test ve son test yanıtları bu oluşturulan kodlama sistemine göre değerlendirilip, aradaki fark analiz edilmiştir. Kodlar ve anlamları oluşturulurken, "BİL." ile başlayan kodlar bilimsel kavramları, "ALT." ile başlayan kodlar alternatif kavramları ifade edecek şekilde düzenleme yapılmıştır. Kodlamalar tamamlandıktan sonra Tablo 1'de belirtilen kodlar altında öğrencilerin kavramsal anlamaları gruplanmış, frekans ve yüzde çizelgeleri oluşturulmuştur.

Tablo 1: Kodlar ve kodların anlamları

Kodlar	Kodların anlamları
BİL. TEMEL	Atom, atom altı parçacıklar ve temel parçacıkları inceler.
BİL. KFİZİK	Klasik fiziğin açıklayamadığı olayları açıklayan bilim dalıdır.
BİL. PLANCK	Klasik fizik ile kuantum fiziği arasında bazı temel farklar vardır; Planck sabiti
BİL. ENERJİ	Klasik fizik ile kuantum fiziği arasında bazı temel farklar vardır; Enerjinin kesikli olması
BİL. BELİRSİZLİK	Kuantum fiziğinde belirsizlik vardır.
BİL. IŞIK	Işığın yapısı ile ilgili kabullerde farklılık vardır.
ALT. ALGI	İnsanların algıları dışında gerçekleşen, soyut olayları inceler.
ALT. ASTRONOMİ	Yıldızları, galaksileri ve uzayı inceleyen bilim dalıdır.
ALT. GÖRELİLİK	Kuantum fiziğinde görelilik vardır.(zaman genişlemesi gibi kavramları açıklar.)
ALT. BOYUT	Klasik fizik makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği mikro parçacıklarla ilgilenir.
ALT. BAŞKA	Başka bir sebeple yanılığın varsa
YOK. MAN.	Mantıksal açıklama ya da yanıt yoksa
YOKSAY	Kodlanacak yanıt oluşmamışsa

Kavramsal kategorileri istatistiksel açıdan karşılaştırabilmek amacıyla kategoriler puanlanmıştır. Bilimsel kategori 14 puan ve diğerleri azalan puanlar olacak şekilde Tablo 2'de gösterilmiştir. Öğretim öncesinde ve sonrasında kavram testinden elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık "parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)" kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 2: Kavramsal kategoriler ve puanları

Kavramsal kategori	Puan	Kriterler
Bilimsel	14	6 kriteri de içeriyorsa; Yazılan açıklamanın doğru yanıtın bütün bileşenlerini içermesidir.
Bilimsel Bölümlü		Bu 6 kriterin hepsini içermeyen durumlar; bireyde alternatif model gelişmemiş.
	13	Bilimsel kategoriden 5'ini yazanlar
	12	Bilimsel kategoriden 4'ünü yazanlar
	11	Bilimsel kategoriden 3'ünü yazanlar
	10	Bilimsel kategoriden 2'sini yazanlar
	9	Bilimsel kategoriden 1'ini yazanlar
Bilimsel ve alternatif	8	Bilimsel kategorideki 6 kriteri de içeriyor ancak bunun yanı sıra alternatif kavramlara da sahip olunan durumlar
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif		Hem bilimsel hem de alternatif kavramlara sahip olunan durumlar
	7	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 5'inde sahip
	6	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 4'ünde sahip
	5	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 3'ünde sahip
	4	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 2'sinde sahip
	3	Bireyde alternatif kavram gelişmiş, bunun yanında bilimsel kriterlerin 1 tanesine sahip
Alternatif	2	Bilimsel anlatımın hiçbirini içermeyen durumlar, 1 alternatif kavrama sahip
Alternatif Bölümlü	1	Alternatif kavramlardan birden çoğunu içeren
Kavramsal Anlama yok	0	Hiçbir anlama, hiçbir yanıt ya da kodlama için yeterli bilgi yok

2. Araştırma Sonuçları

Bu bölümde, öğrencilere yöneltilen 3 adet sorunun değerlendirilmesine yer verilmiştir. Öğrencilerin sorulara öğretim öncesi ve sonrasında verdikleri yanıtlar ile bu yanıtlara ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: Öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili açıklamalarından elde edilen yanıt türleri

Yanıt Türleri	Ön test		Son test	
	N	%	N	%
Bilimsel	-	-	2	4,2
Bilimsel Bölümlü	-	-	36	75
Bilimsel ve Alternatif	-	-	-	-
Bilimsel Bölümlü ve Alternatif	5	10,4	10	20,8
Alternatif	24	50	-	-
Alternatif Bölümlü	9	18,8	-	-
Hiçbir şey	10	20,8	-	-
Genel Toplam	48	100	48	100

Öğretim öncesi:

Öğrencilerin öğretim öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel ve alternatif” olarak kabul edilebilir yanıtlara rastlanmamıştır. Öğrencilerin sadece % 10,4'ü “bilimsel bölümlü ve alternatif”, % 50'si “alternatif” ve % 18,8'i “alternatif bölümlü” kategorisinde yanıt vermiştir. Öğrencilerin % 20,8'inde ise

kodlama için yeterli bilgi yer almamıştır. Aşağıda öğrencilerde tespit edilen kavramsal kategorilere örnekler sunulmuştur.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Eğer öğrenciler hem bilimsel hem de alternatif kavramları birlikte kullanıyorsa, bu durumda olan öğrenciler, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisine dahil edilmektedir. Aşağıda “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeye bir örnek verilmiştir.

Ö41: “Işık gibi uzaydaki olayları (**ALT. ASTRONOMİ**) inceleyen bilim dalı olabilir ya da atom ve atom altı parçacıkları (**BİL. TEMEL**) araştıran bilim dalı da olabilir./Kuantum fiziğinin klasik fizikten farkı vardır. Bizim algılayamadığımız, dokununca hissedemediğimiz, gözümüzle göremediğimiz olayları inceler (**ALT. ALGI**).-/”

Alıntıda da gözleendiği gibi, Ö41 kuantum fiziğini temel parçacıklarla ilişkilendirirken, bir taraftan da kuantum fiziğini astronomi ve algımız dışında gerçekleşen olaylar ile ilişkilendirmektedir. Görüşme verileri incelendiğinde de Ö41’in benzer açıklamalarda bulunduğu gözlenmiştir.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö41: Kuantum fiziği tam olarak bilmiyorum ama işte bu elektronlarla falan ilgilenen maddenin parçacıkları ile ilgilenen bir araştırma şeyi olarak (**BİL. TEMEL**).

A: Kuantum fiziği ve klasik fizik arasında fark var mı?

Ö41: Olabilir gördüğümüz klasik fizikte genellikle gözlemediğimiz olaylar ele alınıyor da ama bunda gözle görülemeyen (**ALT. ALGI**), bizim ölçemeyeceğimiz küçük ölçümler yapılıyor olabilir.

A: Kuantum fiziğinin ortaya çıkmasına ne sebep olmuştur?

Ö41: Mesela kuantum fiziği olmasaydı, elektronmuş, protonmuş atom altı parçacıkları tespit edemezdik. Bunun incelenmesi için ortaya çıkmış olabilir.

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö41: Gezegenler, onların arasındaki ilişki, uzaklık (**ALT. ASTRONOMİ**), atom altı parçacıklar.

Bu açıklamadan da görüldüğü gibi, Ö41 görüşme verilerinde de kuantum fiziğini astronomi ile ilişkilendirmekte klasik fizikten farkını da insanların algıları dışında gerçekleşen olaylar ile açıklamaktadır. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde de (Ö18,Ö34,Ö35,Ö39) benzer açıklamalar gözlenmiştir.

Alternatif:

Bilimsel kavramlardan hiç birini içermeyen durumlarda öğrenciler alternatif kategorisine dahil edilmiştir. Aşağıda “alternatif” düzeye örnekler verilmiştir.

Ö45: “Kuantum fiziği denince akla mekanik ve optik dışındaki konular geliyor./Klasik fizikte gözle görülebilir konular var ama kuantum fiziğinde, ışın içine enerji gibi gözle görülemeyen konular giriyor (**ALT. ALGI**).-/”

Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerde, (Ö4,Ö13,Ö19,Ö21,Ö22,Ö23,Ö24,Ö26,Ö27,Ö29,Ö31) “ALT. GÖRELİLİK” kavramının ön plana çıktığı gözlenmiştir. Ö7,Ö25,Ö33,Ö42 ve Ö47’de ise Ö45’e benzer açıklamalar gözlenmiştir

Görüşme verileri incelendiğinde Ö45’in benzer açıklamalarda bulunduğu gözlenmektedir.

A: Kuantum fiziği nedir? Kuantum fiziği ile klasik fizik arasında fark var mıdır?

Ö45: *Klasik fizikte hani arabanın hızı gittiği yol, Newton kanunları, hep klasik fizikte normal bir hızdan hepimizin görebileceği, genelde gözlemlediğimiz olaylar ele alınıyor, kuantum fiziğinde ise gözlemleyemediğimiz olaylar(ALT. ALGI).*

A: *Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?*

Ö45: *ehhh,*

Alıntıda da gözlendiği gibi, Ö45, kuantum fiziğini ve kuantum fiziğinde yer alan temel kavramları algımız dışında gerçekleşen olaylar ile ilişkilendirmektedir.

Tüm alternatif kategorideki yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin öğretim öncesinde kuantum fiziği ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir kavramlara sahip olmadığı, öğrenci yanıtlarının “görelilik ve algı” kavramları üzerinde yoğunlaştığı gözlenmiştir.

Alternatif bölümlü:

Eğer öğrenci alternatif kavramlardan birden çoğuna sahipse, bu durumdaki öğrenciler “alternatif bölümlü” düzeye dahil edilmiştir. Aşağıda “alternatif bölümlü” düzeye ait örnekler verilmiştir.

Ö46: *“Fiziksel olayları felsefi açıdan (ALT. ALGI) inceleyen, farklı bakış açısı ile bakan bilim dalıdır./ Klasik fizikte belirli konular vardır (Formül veya kesin sonuçlar) Ama kuantum fiziğinde bu kadar net şeyler yoktur, görelidir(ALT. GÖRELİLİK)./-/”*

Tüm “alternatif bölümlü” yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar arasında en sık gözlenenlerin “ALT. ALGI, ALT. GÖRELİLİK” olduğu görülmektedir. Bu kategoride yer alan diğer öğrencilerinde (Ö8,Ö9,Ö16,Ö28,Ö30,Ö38,Ö43,Ö44) benzer yanıtlar verdiği gözlenmektedir.

Görüşme verileri incelendiğinde Ö44’ün benzer açıklamalarda bulunduğu görülmüştür.

A: *Kuantum fiziği nedir?*

Ö44: *Kuantum fiziği bana göre, fizik dalında enerjinin uygulanma şeklidir (ALT. BAŞKA).*

A: *Biraz açıklayabilir misin?*

Ö44: *İnsan vücudunda belirli bir enerji vardır. Bu sıcaklıkla doğru orantılıdır. Sıcak olduğunda enerjimiz yükselir mesela kızgınlık anında, koştığımız zamanlarda bana göre.*

A: *Kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki en temel fark nedir?*

Ö44: *Kuantum fiziği mesela klasik fizikteki hızlar kütleler ya da birimler daha gözle görülebilir ve ölçülebilir ama kuantum fiziğinde hızlar, kütleler büyük, insanların gözleyemeyeceği büyükte (ALT. BOYUT).*

A: *Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?*

Ö44: *Kesinlikle enerji, kinetik enerji en başında ehh, ondan sonra başka tek enerji geliyor aklıma(ALT. BAŞKA).*

Alıntıda da gözlendiği gibi, Ö44, kuantum fiziğini ve kuantum fiziğinde yer alan temel kavramları enerji ile ilişkilendirmektedir. Ö44, kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki en temel farkı da ilgilendikleri boyut şeklinde belirtmektedir.

“Alternatif” ve “alternatif bölümlü” kategorilerinde yer alan yanıtlar incelendiğinde, öğrenciler, kuantum fiziğini klasik fiziğe göre daha düşüncesele ve soyut olarak ifade etmektedirler. Yanıtlarda göze çarpan en belirgin noktalardan bir tanesi de, kuantum fiziği ve klasik fizik arasındaki en temel farklardan bir tanesinin ışık hızı olarak görülmesidir. Tüm yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin kuantum fiziğini normal şartlarda gözlemleyebileceğimiz günlük olayların dışında tutarak sadece üst düzey laboratuvarlarda, üst düzey deneylerle veya çok yüksek hızlarla ilişkilendirdikleri gözlenmektedir. Öğrencilerin kuantum fiziği ve klasik fizik arasında yer alan en belirleyici farklardan “Belirsizlik, enerjinin kesikli olması, Planck

sabiti vb.” bilimsel fikirlerine sahip olmadığı gözlenmiştir. Öğrenciler ile yapılan ön görüşmeler de bu verileri destekler niteliktedir.

Öğretim sonrası:

Öğrencilerin öğretim sonrasında, kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde, yanıtların “bilimsel”, “bilimsel bölümlü”, “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorilerinde olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin öğretim sonrasında verdikleri yanıtlar incelendiğinde, “alternatif” ve “alternatif bölümlü” kategorilerinde yanıt gözlenmemiştir. Öğrencilerin kavram testinde yer alan sorulara verdikleri yanıtlar incelendiğinde; öğretim öncesinde “bilimsel” ve “bilimsel bölümlü” yanıt yok iken, öğretim sonrasında yanıtların % 4,2’sinin “bilimsel”, % 75’nin ise “bilimsel bölümlü” olduğu gözlenmiştir. “Bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yanıt veren öğrenci yüzdesi öğretim öncesinde %10,4 iken öğretim sonrasında % 20,8 olmuştur.

Bilimsel:

Öğretim sonrasında “bilimsel” kategoride değerlendirilen öğrenciler Ö46 ve Ö47’dir. Ö46’ya ait yanıt aşağıda sunulmuştur.

Ö46: “Klasik fiziğin açıklayamadığı (**BİL. KFİZİK**) olayları açıklar, olayların derinliğine iner, maddeleri tanecik boyutunda ele alır. Öncelikle siyah cisim ışıması sebep olmuştur. Klasik fizik siyah cisim ışımasının grafiklerini çözememiştir. Temel parçacıkların hareketini (**BİL. TEMEL**) inceler. Planck sabiti ayırım noktasıdır. (**BİL. PLANCK**)/Kuantum fiziği ile klasik fizik arasındaki fark; klasik fizikte her şey belirli iken, kuantum fiziğinde belirsizlik vardır (**BİL. BELİRSİZLİK**). Kuantum fiziğinde enerjinin kesikli (**BİL. ENERJİ**) olduğu anlaşılmıştır. Bir de h Planck sabiti vardır./Kuantum fiziğinin temel kavramları foton (**BİL. IŞIK**), belirsizlik ve h Planck sabitidir.”

Ö46, öğretim öncesinde “Fiziksel olayları felsefi açıdan (**ALT. ALGI**) inceleyen, farklı bakış açısı ile bakan bilim dalıdır. Klasik fizikte belirli konular vardır (Formül veya kesin sonuçlar) Ama kuantum fiziğinde bu kadar net şeyler yoktur, görelidir (**ALT. GÖRELİLİK**).” alternatif fikirlere sahip iken, öğretim sonrasında yukarıdaki alıntıda da görüldüğü gibi, bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir.

Bilimsel bölümlü:

Öğretim sonrasında, “bilimsel bölümlü” kategoride yer alan yanıtlara örnek aşağıda sunulmuştur.

Ö40: “Klasik fiziğin yetersiz kaldığı yerde devreye giren fiziktir. Yani temel yapıtaşlarını kuantum fiziği ile açıklar ve öğreniriz (**BİL. TEMEL**)./Kuantum fiziği klasik fizikten Planck sabiti ile ayrılır./Planck sabiti en önemli kavramlardandır (**BİL. PLANCK**).”

Görüşme verileri incelendiğinde Ö40’ın benzer açıklamalarda bulunduğu görülmüştür.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö40: Kuantum fiziği günümüzde, 1900’ lü yılların başlarında ortaya çıkan klasik fiziğin yetersiz kaldığı yerlerde ortaya çıkmış fizik bilimi (**BİL. KFİZİK**).

A: Ehh, peki kuantum fiziği ve klasik fizik birbirinden farklı mı?

Ö40: Ehh, klasik fizik, çevremizde gördüğümüz temel yapıları, büyük kütleli cisimleri incelerken, kuantum fiziği bu cisimlerin temel yapılarını, küçük en küçük yapı birimlerini inceliyor. 1900’ lü yıllarda planck’ ında açıkladığı gibi temel fark planck sabiti (**BİL. PLANCK**).

A: Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar nelerdir?

Ö40: *ehh, Kuantum fiziği ile ilgili en başta Kuantum, foton fotoelektrik olay (BİL. IŞIK), planck sabiti, planck eh, başka.....*

Alıntıda da görüldüğü gibi, Ö40'ın, öğretim öncesinde yapılan görüşmede, sahip olduğu “İnsanların algıları dışında gerçekleşen soyut olayları inceler. Kuantum fiziği daha düşüncesel, soyut ve yorumsaldır.” alternatif fikrinden vazgeçtiği ve “bilimsel bölümlü” düzeyde kabul edilebilir yanıtlar verdiği gözlenmiştir.

Öğretim sonrasında, tüm öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde en çok gözlenen kavramlar “Planck sabiti ve belirsizlik” şeklindedir.

Bilimsel bölümlü ve alternatif:

Öğretim sonrasında bu kategoride yer alan öğrenciler; Ö1, Ö2, Ö3, Ö12, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö21 ve Ö45'tir. “bilimsel bölümlü ve alternatif” kategoride yer alan yanıtlara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Ö45: “Kuantum fiziği temel parçacıkların (**BİL. TEMEL**) davranışını inceler. Maddenin sahip olduğu enerjiyi inceler./h Planck sabiti ile klasik fizikten ayrılır(**BİL. PLANCK**). Klasik fizik küçük parçacıkları ele almamıştır. Işık hızında (**ALT. GÖRELİLİK**) hareket eden cisimlerde, klasik fiziğin ortaya attıkları geçersiz kalmıştır./Kuantum fiziği ile temel ilgili kavramlar, görelilik kuramı, enerji ve momentumdur (**ALT. BAŞKA**).”

Görüşme verileri incelendiğinde Ö45'in benzer açıklamalarda bulunduğu görülmüştür.

A: Kuantum fiziği nedir?

Ö45: Kuantum fiziği, temel parçacıkların hareketini inceliyorduk, klasik fizikte normal hızlarda bakarken olaylara, ışık hızına çıktığında klasik fizik yetersiz kalıyordu, kuantum fiziği devreye giriyordu(**ALT. GÖRELİLİK**). Bir çok alanda kuantum fiziği uygulamalarını gördük. Klasik fizik için geçerli şeyler, kuantum fiziği için de vardı. Formüllerde yerine koyduğumuzda klasik fizikteki şeyleri de elde ediyorduk.

A: Klasik fizik ile kuantum fiziği arasındaki fark?

Ö45: Bunları birbirinden ayıran h planck sabiti(**BİL. PLANCK**). Bu sabiti gördüğümüz yerde kuantum fiziği devreye giriyordu.

A: Kuantum fiziğinin ortaya çıkmasına ne sebep olmuştur?

Ö45: Siyah cisim ışıması sebep olmuştur. Öyle hatırladım. Klasik fizik bazı şeyleri açıklayamıyordu kuantum fiziği devreye giriyordu. Birçok yerde karşımıza çıkabiliyor. Hayatımıza birçok artı getirmiş. Hayatımıza da kolaylaştıran yönleri var. Barkod okuma sistemleri. Biraz teknolojik gelişmelerle bir çok katkısı var hayatımızda yürürken direkt otomatik yanan ışıklar, otomatik açılan kapılar bunlar en basit örnekler(**BİL. KFİZİK**).

A: Kuantum fiziğindeki temel kavramlar nelerdir?

Ö45: Enerji derim. h Planck sabiti(**BİL. PLANCK**). diyebiliriz mesela, c diyebiliriz ışık hızı(**ALT. GÖRELİLİK**).

Ö45'in, kavram testi ve görüşme alıntılarında, Planck sabiti, temel parçacıklar ve kuantum fiziğinin günlük yaşam uygulamalarından bahsettiği görülmektedir. Ö45, öğretim öncesinde kuantum fiziğinin klasik fizikten farkını insanların algıları dışında gerçekleşen olaylar ile açıklarken, öğretim sonrasında açıklamalarında “ALT. GÖRELİLİK” kavramını kullanmıştır. Öğrencinin öğretim öncesinde sahip olduğu “ALT. ALGI” kavramından vazgeçtiği, bunun yerine görelilik ile ilgili yeni bir alternatif kavram kazandığı söylenebilir.

“Bilimsel bölümlü ve alternatif” kategorisinde yer alan tüm yanıtlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin bilimsel kavramlardan “Planck sabiti” üzerinde, alternatif kavramlardan ise daha çok “Görelilik” kavramı üzerinde durduğu gözlenmektedir.

Kuantum Fiziği İle İlgili Öğrencilerin Kavramsal Anlama Düzeylerine Ait İstatistiksel Bulgular

Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlarına ait betimsel istatistikler Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4: Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini gösteren puanlara ait betimsel istatistikler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Ön test	48	,00	3,00	1,5000	,94531
Son test	48	3,00	14,00	9,1042	3,22384

Tablo 4’te görüldüğü gibi, öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili yöntem kısmında belirtilen 3 soruya verdikleri yanıtlardan elde edilen puanların aritmetik ortalaması öğretim öncesinde 1,5 iken öğretim sonrasında 9,1042 olduğu gözlenmektedir. Tüm öğrenci yanıtları değerlendirildiğinde, ön testte 10 öğrencide “kavramsal anlama yok”, 9 öğrenci “alternatif bölümlü”, 24 öğrenci “alternatif” düzeyde ve 5 öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif” düzeyde bulunmuştur. Son testte ise, 2 öğrenci “bilimsel” düzeyde, 36 öğrenci “bilimsel bölümlü” ve 10 öğrenci “bilimsel bölümlü ve alternatif”, düzeyde yer almıştır.

Öğretim öncesinde ve sonrasında elde edilen puanlar SPSS 16.0 programına girilmiş, puanlar arasındaki farklılık “parametrik olmayan testlerden Wilcoxon Signed Rank Test (Wilcoxon İşaretli sıralar testi)” kullanılarak incelenmiştir. İstatistiksel veri analizleri yardımıyla elde edilen sonuçlar Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5: Öğretim öncesi ve sonrası puanların wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları

Öntest-sontest	n	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	z	p
Negatif sıra	0	,00	,00	-6,009*	,00
Pozitif sıra	47	24,00	1128,00		
Eşit	1	-	-		

* negatif sıralar temeline dayalı

Analiz sonuçları öğrencilerin öğretim öncesi ve öğretim sonrası puanları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ($z=6,009$, $p<.05$). Fark puanlarının sıra ortalaması ve toplamı dikkate alındığında, gözlenen bu farkın pozitif sıralar, yani son test puanı lehine olduğu görülmektedir.

3. Tartışma

Kuantum fiziği ile ilgili olarak öğretim öncesinde hiçbir öğrencinin “bilimsel” kavramsal anlama düzeyinde olmadığı gözlenmiştir. Öğrencilerin kuantum fiziği ile ilgili “Klasik fizik daha çok makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği daha çok mikro parçacıklarla ilgilenir. / İnsanların algıları dışında gerçekleşen, açıklayamadığımız sezgisel olayları inceler. / Işık hızında hareket eden parçacıkların hareketini inceler ve açıklar. / Yıldızları, galaksileri ve uzayı inceleyen bilim dalıdır. / Kuantum fiziği deneyleri özel laboratuvarlarda yapılır, klasik fizik deneyleri ise normal ortamlarda basit deneylerle yapılır. / Kuantum fiziği klasik fiziğe göre daha düşünceseldir, soyuttur ve yorumsaldır.” alternatif fikirlere sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu alternatif fikirlerden bazılarının “Klasik fizik daha çok makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği daha çok mikro parçacıklarla ilgilenir.” Didiş vd.,

(2008) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile tutarlı olduğu gözlenmiştir. Didiş vd., (2008), iki farklı üniversiteden toplam 65 öğrenci ile çalışma yürütmüş olup, öğrenciler fizik eğitimi ve fizik bölümü öğrencileridir. Çalışmaya katılan tüm öğrenciler kuantum fiziği zorunlu dersini almıştır. Öğrencilerin sadece kuantum fiziğini betimlemeleri üzerinde durulmuştur. Benzer sonuçlar Müller ve Wiesner (2002) tarafından da ortaya konulmuştur. Müller ve Wiesner (2002) çalışmalarında, öğrencilerin, klasik fizik ile kuantum fiziği arasında düz bir geçiş olduğunu düşündüklerini ve nesnelere küçüldükçe kuantum davranışlarının daha net gözlemlendiğini ifade ettiklerini, aynı zamanda kuantum nesnelere çok büyük hızlara sahip olduğu düşüncesinde olduklarını ortaya koymuştur.

Araştırma sonuçlarımız ile tutarlılık gösteren bir diğer çalışma Yıldız (2009) tarafından yapılan çalışmadır. Yıldız (2009), çalışmada fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim görmekte olan ve modern fiziğe giriş dersi alan öğrencilerin kuantum fiziği konularını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğrencilerin akademik başarısına etkisini araştırmıştır. Elde edilen verilerin analizinde, öğrencilerin kuantum fiziği konuları ile ilgili anlama düzeylerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Yıldız (2009) çalışmasında araştırmamızdan farklı olarak deney ve kontrol grubu kullanmış ve uygulamış olduğu yöntemin geleneksel yaklaşıma göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bu alternatif kavramlardan “İnsanların algıları dışında gerçekleşen, açıklayamadığımız sezgisel olayları inceler. / Kuantum fiziği klasik fiziğe göre daha düşünceseldir, soyuttur ve yorumsaldır.” alternatif kavramlarının oluşmasında, son yıllarda kuantum kuramının sosyal yaşamda ön plana çıkması etkili olmuş olabilir.

Modern fizik dersi, kuantum mekaniği, özel ve genel görelilik kuramından oluşmaktadır. Araştırma kapsamında öğrencilerin modern fizik dersi içerisinde yer alan görelilik kuramı ile kuantum fiziğini ilişkilendirdikleri gözlenmiştir. Bu noktada tespit edilen alternatif kavramlar, “Işık hızında hareket eden parçacıkların hareketini inceler ve açıklar. / Kuantum fiziğinde görelilik vardır (zaman genişlemesi gibi kavramları açıklar.) / Kuantum fiziği ile ilgili temel kavramlar; c ışık hızı, Görelilik teorisi” şeklindedir.

Bir diğer alternatif kavram ise “Kuantum fiziği deneyleri özel laboratuvarlarda yapılır, klasik fizik deneyleri ise normal ortamlarda basit deneylerle yapılır.” şeklindedir. Öğrenciler ilköğretim birinci kademedan itibaren klasik fizik konu ve deneyleri ile karşılaşmaktadır. Öğrenciler kuantum fiziği konuları ile ortaöğretim 11. sınıf kapsamında ilk olarak karşılaşmaktadır. Öğrencilerde bu alternatif kavramın oluşmasında geçmiş deneyimleri etkili olmuş olabilir.

Araştırma kapsamında Fen Bilgisi öğretmen adaylarının öğretim öncesi ve öğretim sonrası aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Araştırmada yer alan Fen Bilgisi öğretmen adaylarının birçoğunun kavramsal anlama düzeyi öğretim sonrasında “bilimsel” düzeyde yer almıştır. Bu süreç içerisinde öğretim haricinde, öğrenciler kuantum fiziği ile ilgili farklı bir uygulama içerisinde yer almamışlardır. Bu nedenle araştırmada kullanılan 7E öğretim modelinin ve 7E öğretim modeli içerisinde yer alan etkinliklerin kavramsal anlamada etkili olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Öğretim öncesinde Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği ile ilgili alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim öncesinde öğrenciler, kuantum fiziğini klasik fiziğe göre daha düşüncesele ve soyut olarak ifade etmektedirler. Yanıtlarda göze çarpan en belirgin noktalardan bir tanesi de, kuantum fiziği ve klasik fizik arasındaki en temel farklardan bir tanesinin ışık hızı olarak görülmesidir. Öğrencilerin kuantum fiziği ve klasik fizik arasındaki temel farklardan haberdar olmadığı belirlenmiştir. Öğretim sonrasında ise, Fen Bilgisi öğretmen adaylarının çoğunun kuantum fiziği ile ilgili bilimsel kavramlara sahip olduğu ve kuantum fiziği ile ilgili kavramsal anlamının gerçekleşmiş olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında tespit edilen alternatif kavramların bazıları daha önceki çalışmalarda da tespit edilmiş, bazılarına ise çalışmamız sonucunda ulaşılmıştır. Tespit edilen alternatif kavramlar Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6: Tespit edilen alternatif kavramlar

Literatür ile benzerlik gösterenler	
Klasik fizik daha çok makro parçacıklarla ilgilenirken, kuantum fiziği daha çok mikro parçacıklarla ilgilenir.	Müller ve Wiesner (2002) Didiş vd., (2008) Akarsu vd., (2011)
Çalışma sonucunda tespit edilenler	
Kuantum fiziği klasik fiziğe göre daha düşüncesele, soyuttur ve yorumsaldır. İnsanların algıları dışında gerçekleşen, açıklayamadığımız sezgisel olayları inceler.	
Işık hızında hareket eden parçacıkların hareketini inceler ve açıklar.	
Yıldızları, galaksileri ve uzayı inceleyen bilim dalıdır.	
Kuantum fiziği deneyleri özel laboratuvarlarda yapılır, klasik fizik deneyleri ise normal ortamlarda basit deneylerle yapılır.	

Öğretim öncesinde, öğretmen adaylarının sınıf ortamına birçok alternatif kavram ile geldiği söylenebilir. Öğretim sonrasında bu alternatif kavramların bir kısmı giderilmiş olmasına rağmen, bazı kavramların (ALT. GÖRELİLİK / ALT. BOYUT) görülmeye devam ettiği belirlenmiştir. Bu noktada klasik fizikten kuantum fiziğine geçişte özellikle tarihsel süreçte yer alan olaylardan yararlanılarak adım adım ilerleme sağlanmalıdır. Öğretim çerçevesinde kuantum fiziği modern fizik dersi kapsamında yer aldığı için, öğrenciler kuantum fiziğini görelilik kuramı ile karıştırmakta ve kuantum fiziğinin sadece ışık hızı ile hareket eden cisimler için geçerli olduğunu düşünmektedir. İki konu arasındaki ayrım öğrencilere kavratılmalıdır. Araştırma kapsamında sadece bir üniversitede öğrenim gören Fen Bilgisi öğretmen adayları ile çalışma yapılmış olup, daha fazla çalışma grubu ile uygulama yapıp, araştırma sonuçları desteklenebilir ve genellenebilir.

Kaynakça

Akarsu, B. (2007). *Students' Misconceptual Understanding of Quantum Physics in College Level Classroom Environments*. Unpublished Doctoral Dissertation, Indiana University, Faculty of the Graduate School.

Akarsu, B., Çoşkun, H. ve Kariper, A. İ. (2011). An Investigation on College Students' Conceptual Understanding of Quantum Physics Topics. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8 (15), 349–362.

Ayene, M., Kriek, J. and Damtie, 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.

Bethge, T. and Niedderer, H. (1996). *Students' Conceptions in Quantum Physics*. (13 Mart 2009) <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1995-AJP-TBHN.pdf>

Çalışkan, S., Selçuk, G. and Erol, M. (2009). Student Understanding of Some Quantum Physical Concepts, *Lat. American Journal of Physics Education*. 3(2), 2–15.

Didiş, N., Eryılmaz, A., ve Erkoç, Ş., (2007). *Students' Comprehension of Fundamental Concepts in Quantum Mechanics: A Qualitative Study*. GIREP-EPEC Conference- Frontiers of Physics Education, Croatia.

Didiş, N., Özcan, Ö. ve Abak, M. (2008). Öğrencilerin Bakış Açısıyla Kuantum Fiziği: Nitel Çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 86–94.

Görecek, M. (2013). *Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Fiziği Temel Kavramlarını Anlama Düzeylerine 7E Öğretim Modelinin Etkisi. Doktora Tezi*. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Müller, R. and Wiesner, H. (2002). Teaching Quantum Mechanics on An Introductory Level. *American Journal of Physics*. 70(3), 200–209.

Niedderer H., and Petri J. (1998). A Learning Pathway in High-School Level Quantum Atomic Physics. *Internaitonal Journal of Sciende Education*. 9, 1075-1088.

Özcan, Ö. (2009). *Kuantum Mekaniği ve Görelilik Öğreniminde Karşılaşılan Kavramsal ve Matematiksel Zorlukların Araştırılması*. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi, Ankara.

Özdemir, E. ve Erol, M. (2011). Kuantum Fiziğinde Belirsizlik İlkesi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29, 20-35.

Pendrill A.M. M. (2012). *Drama as Part of Quantum Physics Teaching*. 44th Conference of the European Group on Atomic Systems. (9–13 July). University of Gothenburg, Sweden.

Rebello, N.S. and Zollman, D. (1999). *Conceptual Understanding of Quantum Mechanics After Using Hands-On and Visualization Instruction Materials*. Papers presented at The Annual Meeting National Association for Research in Science Teaching. (12 Mayıs 2008), http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM_papers.pdf.

Robblee, K.M., Garik., P. and Abegg, G., (1999). *Using Computer Visualization Software to Teach Quantum Science: The Impact on Pedagogical Content Knowledge*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching. (13 Mart 2009), <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARSTWKSQAP>

Saçkes, M. (2010). *The Role of Cognitive, Metacognitive, and Motivational Variables in Conceptual Change: Preservice Early Childhood Teachers' Conceptual Understanding of the Cause of Lunar Phases*. Unpublished Doctoral Dissertation, Graduate Program in Education, The Ohio State University, The Ohio State.

Singh, C. (2001). Student's Understanding of Quantum Mechanics. *American Journal of Physics*. 69, 885–895.

Steinberg R., Wittmann M. C., Bao L. and Redish E. F. (1999) *The influence of student understanding of classical physics when learning quantum mechanics*, in D. Zollman (Eds) (1999), 41-44. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching. (13 Mart 2009).

Şen, A. İ. (2000). Kuantum Fiziği Alan Öğretimi Konusunda Almanya'da Yapılan Tartışmaların Son Durumu. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 122–127.

Trundle, K. C., Atwood, R. K. and Christopher, J. E. (2002). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases Before and After Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633–655.

Troncoso, C. E. and Chrobak, R. (2000). *Modern Physics in Engineering Carrers*. (21 Nisan 2009), <http://www.ineer.org/Events/ICEE2000/Proceedings/papers/WD1-3.pdf>

Uçar, S. (2007). *Using Inquiry-Based Instruction with Web-Based Data Archives to Facilitate Conceptual Change About Tides Among Preservice Teachers*, Ph. D. Thesis, Ohio State University.

Wichmann, E. H.(1971) *Kuantum Fiziği Berkeley Fizik Dersleri Cilt 4* (Çev: Durlu T. N., ve Elerman Y.) Bilim yayınevi (2005)

Wuttiptom, S. (2008). *Development and use of a conceptual survey in introductory quantum physics*, Unpublished doctoral dissertation. Mahidol University, Bangkok.

Yıldız, A. (2009). *Üniversite Öğrencilerinin Kuantum Fiziği Konularını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitelerinin Akademik Başarıya Etkisi*, Doktora tezi, Atatürk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Meryem GÖRECEK BAYBARS	Fen Bilgisi Öğretmeni. Gümüşhane-Torul Namık Kemal Ortaokulu E-mail: mgorecek@hotmail.com
Hüseyin KÜÇÜKÖZER	Doç. Dr. Balıkesir Üniversitesi,Necatibey Eğitim Fakültesi E-mail: hkucuk@balikesir.edu.tr
NOT	Bu çalışma Meryem GÖRECEK BAYBARS'ın doktora tezinin bir bölümünden uyarlanmıştır.