



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 2, Article Number: 1C0383

**EDUCATION SCIENCES**

Received: November 2010

Accepted: February 2011

Series : 1C

ISSN : 1308-7274

© 2010 www.newwsa.com

**Erdoğan Özdemir<sup>1</sup>**

**Mustafa Erol<sup>2</sup>**

Balikesir University<sup>1</sup>

Dokuz Eylül University<sup>2</sup>

erdoganozdemir\_1979@hotmail.com

Balikesir-Turkey

**DALGA FONKSİYONU, OLASILIK KAVRAMI VE BELİRSİZLİK İLKESİNİN  
ÖĞRETİMİNDE HİBRİT MODELİN ETKİSİ**

**ÖZET**

Araştırmada kuantum fiziği belirsizlik ilkesi ve onunla ilişkili kavram yanılgıları belirleyerek, bu yanılgıların giderilmesinde ve doğru kavramların oluşturulmasında hibrit öğretim modelinin etkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Araştırmada, "eşitlenmemiş kontrol gruplu yarı deneysel desen" kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini oluşturan 36 öğrencinin ilk yarısına, deney grubunu olarak, hibrit öğretim modeli, ikinci yarısına ise kontrol grubu olarak, geleneksel öğretim modeli uygulanmıştır. Veriler 8 sorudan oluşan "Belirsizlik İlkesi Görüşme Formu (BİGF)" kullanılarak toplanmıştır. Deney ve kontrol grubundan seçilen beşer öğrenciyle BİGF kullanılarak yaklaşık 45 dakika süren görüşmeler yapılmıştır. Ortaya çıkan kavramlar ve kavram yanılgıları, Schrödinger dalgalarının fiziksel anlamı, belirsizlik ilkesi ve konum-momentum belirsizliği olarak üç başlıkta toplanmıştır. Hibrit öğretim modelinin geleneksel öğretime göre kavram yanılgılarını gidermede ve doğru kavramların oluşturulmasında daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuantum Fiziği Öğretimi, Schrödinger Dalgası, Belirsizlik İlkesi, Kavram Yanılgısı, Hibrit Öğretim

**EFFECTS OF HYBRID MODEL ON INSTRUCTING WAVE FUNCTION, CONCEPT OF  
PROBABILITY AND UNCERTAINTY PRINCIPLE**

**ABSTRACT**

This work aims to investigate effects of hybrid teaching model on student conceptions and misconceptions and how to avoid concerning uncertainty principle. Sampling of the research consists of 36 students, half of it is named as experimental group to which hybrid teaching model is administered and the other half is called as control group to which conventional teaching method is employed. The data is obtained by "Uncertainty Principle Interview Form (UPIF)" which is made up of eight questions. Overall student conceptions and misconceptions are collected into three sections namely; physical meaning of Schrödinger's waves, uncertainty principle and position-momentum uncertainty. As a result, it is concluded that hybrid teaching model is more effective on developing student conceptions and avoiding misconceptions.

**Keywords:** Instructing Quantum Physics, Schrödingers' Wave, Uncertainty Principle, Misconceptions, Hybrid Teaching

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda kuantum fiziği öğretimi üzerine yapılan çalışmalar büyük oranda artmıştır (Abhang, 2005; Akarsu, 2007; Bilal ve Erol, 2007; Charles ve diğerleri, 1999; Galvez, 2008; Hinojosa, 2008; Hobson, 2008; Johanson ve Milstead; 2008; Özdemir ve Erol, 2008). Bu çalışmalar, temel kavram yanlışları ve öğretimi güçleştiren etkenleri belirlemeye yönelik çalışmalar ile kuantum fiziğinin daha etkili öğretimi için yapılan deneysel çalışmalar olarak iki grupta toplanabilir.

Kuantum fiziği öğretimine yönelik temel kavram yanlışları üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde sonuçlarıyla birlikte şu çalışmalar ön plana çıkmaktadır: Bilal ve Erol (2007) eğitim fakültesi fizik öğretmenliği ve fen fakültesi fizik bölümü öğrencilerinin dalga fonksiyonu ve dalga fonksiyonunun olasılık kavramıyla olan ilişkisini anlayamadıklarını ortaya koymuşlardır. Steinberg ve diğerleri (1999) kuantum fiziği öğreniminde klasik fizik kavramlarının etkilerini araştırmış ve üniversite öğrencilerinin, kuantum fiziği dalga kavramına yönelik kabul edilebilir modellere sahip olmadıklarını ve klasik fizik konularının iyi düzeyde öğrenilmemesinin kuantum fiziği kavramlarının yanlış anlaşılmasına sebep olduğunu belirlemişlerdir. Mashhadi ve Woolnough (1999) lise öğrencilerinin elektron ve foton kavramlarını zihinlerinde nasıl canlandırdıklarını araştırmışlardır. Öğrencilerin zihinlerinde çok çeşitli, bilimsel olmayan temsillerin olduğunu ortaya koymuşlardır. Öğrencilerin büyük çoğunluğunun elektronu bir çeşit parçacık, fotonu ise parlak küresel bir parçacık olarak düşündüklerini belirlemişlerdir. Bethge ve Niedderer (1996) öğrencilerin kuantum fiziksel parçacıkların belirsizlik içeren yapısını kabul etmelerine rağmen klasik fizikten gelen çeşitli düşüncelerini koruduklarını ifade etmişlerdir. Ambrose ve diğerleri (1999) öğrencilerin ışığın yapısı ile ilgili modellerini belirlemiş ve öğrencilerin çoğunun ışığın yapısına yönelik mantıklı bir model geliştiremediklerini belirlemişlerdir. Örneğin birçok öğrenci, ışığın kırınımını dalgaların yarık aralıktan geçerken aralığa sızıp sızmayacağına göre açıklamışlardır. Özdemir ve Erol (2008) belirsizlik ilkesi ve kuantum fiziği dalga kuramı ile ilgili fizik öğretmenliği öğrencilerinin yanlışlarını belirlemiş ve bu yanlışların kuantum fiziğinin olasılık ve belirsizlik içeren yapısından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Müller ve Wiesner (1999) atom, sınırlandırılmış olma, belirsizlik ilkesi gibi kavramların nasıl öğrenildiğini araştırmış kuantum fiziği öğrenmenin güçlüğüne vurgulamışlardır. Olsen (2001) lise öğrencilerinin elektron ve fotonun yapısını anlamadıklarını ortaya koymuştur. Bu kavramların anlaşılmasının altında yatan nedenin klasik fizik olduğunu ifade etmiştir.

Kuantum fiziği kavramlarının öğrenilmesinde yaşanan güçlükler beraberinde kuantum fiziği öğrenimini güçleştiren etkenlerin belirlenmesini gerekli kılmıştır. Ireson (1999) kuantum fiziğinin etkili öğretimi için kuantum fiziğinin klasik fizikten bağımsız açıklanması gerektiğini ifade etmiştir. Abhang (2005) öğrencilerin klasik fizik öğretiminden elde ettiği oldukça inandırıcı ve kanıtlanabilir kavramları ile kuantum fiziğinin belirsizlik ve olasılık içeren kavramlarının öğrenilmesinin güç olduğunu vurgulamıştır. Kuantum fiziği öğretimi sırasında, klasik fizik yasalarının limit durumlarını almak, düşünce deneylerine başvurmak ve kavramları bağımsız olarak anlatmak yerine aralarındaki mantıksal bağı belirtmek gerektiğini ifade etmiştir. Akarsu (2007) kuantum fiziği öğretimini güçleştiren etkenlerin kuantum fiziğinin karmaşık matematiksel altyapısı, soyut ve birbirine paralel olmayan kavramları olduğunu belirtmiştir. Soyut kavramların öğretilmesi için, bu kavramları içeren problemlerin çözülmesi ve kuantum fiziği öğretim

programında değişikliğe gidilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Pospiech (2000) kuantum fiziğinin daha etkili olarak öğretilmesi için dalga parçacık ikilemi ve belirsizlik kavramının etkili öğretiminin gerekliliğini vurgulamıştır.

Kuantum fiziği öğretimindeki yanlışlıkları ve öğrenme güçlüklerini gidermeye yönelik olarak yapılan bazı deneysel çalışmalar da yer almaktadır. Müller ve Wiesner (2002) deneylerle zenginleştirilmiş bir öğretim programı tasarlamış ve uygulama sonucunda öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarını doğru bir şekilde öğrendiklerini ortaya koymuşlardır. Niedderer ve Deylitz (1999) kuantum fiziği öğretimi için kavramların matematiksel boyutundan çok fiziksel boyutu üzerinde durulan ve çeşitli benzetimler içeren yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yeni yaklaşım ile öğrencilerin kuantum fiziğini daha iyi öğrendiğini ortaya koymuşlardır. Bergström ve diğerleri (2001) elektronun dalga yapısını elektron kırınımı deneyiyle, kuantum fiziksel sistemlerin yapısını ise klasik dalga deneyleri ile açıklamışlardır. Belirsizlik ilkesinin tek yarıktaki kırınım deneyinden yararlanarak açıklanmasının bu ilkenin öğretiminde etkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Euler ve diğerleri (1999) kuantum fiziğinin tarihsel ve felsefi temellerini içeren bir öğretimin öğrencilerin başarısını arttırdığını ortaya koymuşlardır. Hobson (2008) elektron ve ışıkla çift yarıktaki kırınım deneyi gerçekleştirmiş ve bu deney ile kuantum fiziksel parçacıkların fiziksel yapısının ve belirsizlik ilkesinin daha iyi anlaşılabilirliğini vurgulamışlardır. Galvez (2008) tek yarıktaki ve çift yarıktaki kırınım deneylerinin öğrencilerin kuantum fiziğinin temel yapısını anlamalarına yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Robblee ve diğerleri (1999) kuantum fiziğini bilgisayar teknolojilerinden yararlanarak öğretmenin öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarını anlama düzeylerini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Rebello ve Zollman (1999) geliştirdikleri görsel materyalleri bilgisayar yardımıyla lise öğrencilerine uygulamışlar ve öğrencilerin bazı kavramlar dışında bu konulara ilişkin yanlışlıklarının azaldığını ortaya koymuşlardır.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Alanyazında kuantum fiziği kavramları ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlıklarının tespitini ve bu kavramların daha etkili öğretimi için çeşitli önerileri içeren birçok çalışma olmasına rağmen kuantum fiziği öğretimine yönelik deneysel çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Bu çalışma ile bu boşluğun doldurulması amaçlanmıştır. Kuantum fiziğinin anlaşılması güç ve önemli ilkelerinden biri olması nedeniyle belirsizlik ilkesinin öğretimi üzerinde durulmuştur. Belirsizlik ilkesinin öğretimi için konunun farklı yapısı göz önünde bulundurularak farklı öğretim yöntem ve tekniklerini, farklı oranlarda içeren bir hibrit öğretim modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmada şu araştırma problemine yanıt aranmıştır: Kuantum fiziği belirsizlik ilkesi ile ilgili kavram yanlışlıklarının giderilmesinde ve doğru kavramlar oluşturulmasında hibrit öğretim modelinin etkileri nelerdir?

Araştırma sonunda on temel kavram yanlışlığı ortaya konulmuş ve bu yanlışlıkların giderilmesinde geleneksel öğretim ile hibrit öğretim modelinin etkileri incelenmiştir. Belirlenen yanlışlıklar kuantum fiziğinin öğrenciler tarafından ne şekilde algılandığını ortaya koymaktadır. Bu yönüyle araştırmanın bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutabileceği ileri sürülebilir. Araştırmanın alt problemleri:

- Kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanlışlıkları nelerdir?

- Deneysel grubu öğrencilerinin uygulama öncesi Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgıları nelerdir?
- Kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgıları nelerdir?
- Geleneksel öğretimin Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgılarını gidermedeki başarısı nedir?
- Deneysel grubu öğrencilerinin uygulama sonrası Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgıları nelerdir?
- Hibrit Öğretimin Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgılarını gidermedeki başarısı nedir?

### 3. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu araştırmada, "Eşitlenmemiş kontrol gruplu yarı deneysel desen" kullanılmıştır. Araştırmanın bağımsız değişkenlerini hibrit yaklaşımla öğretim ve geleneksel öğretim oluştururken bağımlı değişkenlerini ise öğrenci kavramları ve kavram yanılgıları oluşturmaktadır.

#### 3.1. Örneklem (Sampling)

Araştırmanın çalışma grubunu, İzmir'de bir devlet üniversitesinin fizik öğretmenliği bölümü üçüncü sınıfında eğitim gören 36 öğrenci oluşturmaktadır. Ayrıca araştırmanın başında deney ve kontrol grubu öğrencilerine uygulanan klasik sınav her iki grubun benzer bilişsel düzeye sahip olduğunu göstermektedir. Araştırmada yer alan öğrenciler rastgele iki gruba ayrılmıştır. 14 bayan ve 4 erkek öğrenci içeren gruptan biri deney (n=18), 13 bayan ve 5 erkek öğrenci içeren diğer grup ise kontrol grubu (n=18) olarak belirlenmiştir.

#### 3.2. Veri Toplama Aracı (Data Collection Tool)

Araştırma problemine ve alt problemlerine yanıt aramak için araştırmacılar tarafından Belirsizlik İlkesi Görüşme Formu (BİGF) geliştirilmiştir. BİGF'nin geliştirilmesi aşamasında ilk olarak alanyazında belirsizlik ilkesi ve bu ilke ile ilgili kavramlara yönelik öğrencilerin yanılgıları ve öğrenme güçlüğü çektiği noktalar incelenmiştir. Daha sonra taslak bir görüşme formu oluşturulmuştur. Daha sonra bu form kullanılarak kuantum fiziği dersini önceden almış 10 öğrenci ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler sonucu "dalga fonksiyonu", "belirsizlik ilkesi" ve "konum ve momentum belirsizliğinin fiziksel anlamı" kavramlarına yönelik yanılgılar ve öğrenme güçlükleri belirlenmiştir. Bu bulguları daha derinlemesine incelemek için BİGF'nin bazı soruları değiştirilmiş elde edilen bulgular ışığında yeni sorular ve sondalar eklenmiştir. BİGF'nin bu hali fizik alanında uzmanlaşmış bir öğretim üyesinin önerileri doğrultusunda bir kez daha düzenlenmiş ve son haline getirilmiştir.

#### 3.3. Verilerin Toplanması (Data Collection)

Araştırmanın bulguları deney ve kontrol grubundan eşit sayıda seçilen öğrenciler üzerinde yürütülmüştür. Öğrencilerle görüşmeler ayrı ayrı yapılmıştır. Tüm öğrenciler soruları birbirinin yanıtından habersiz olarak yanıtlamıştır.

Araştırmada tüm veriler araştırmacı tarafından toplanmıştır. Görüşmeler yaş, bilgi düzeyi açısından birbirine benzer özellik

gösteren öğrencilerle yapılmıştır. Görüşmeler ortalama 45 dakika sürmüştür. Yapılan tüm görüşmeler veri kaybına neden olmamak için ses kayıt cihazı ile kaydedilmiştir. Daha sonra tüm veriler bilgisayar ortamına aktarılarak aşağıda ayrıntıları verilmiş çerçeveye göre çözümlenmiştir.

### **3.4. Verilerin Çözümlemesi ve Değerlendirilmesi (Analyzing and Evaluation of Data)**

BİGF ile görüşmeler deney ve kontrol grubu öğrencileri ile denel işlemlerden hemen önce ve denel işlemlerden hemen sonra yapılmıştır. Görüşme sonucu elde edilen veriler içerik analizi ile çözümlenmiştir. İçerik analizi toplanan verileri açıklayabilecek kavram ve ilişkiler ulaşmak için yapılmıştır. İçerik analizinde temelde yapılan işlem, birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve anlaşılır biçimde sunmaktır. Verilerin analizi sırasında şu sıralama izlenmiştir.

- **Kodlama:** Verilerin kodlanması tümevarımcı bir analizle yapılmıştır. Veriler satır satır okunduktan sonra ortaya çıkan anlama göre belirli kodlar oluşturulmuştur.
- **Temaların Bulunması:** Araştırmada ortaya çıkan kodların benzerlik ve farklılıkları saptanmıştır. Bu benzerlik ve farklılıklara göre birbiri ile ilişkili kodları bir araya getirilebilecek türden temalar oluşturulmuştur.
- **Verilerin kodlara ve temalara göre düzenlenmesi ve tanımlanması:** Ortaya çıkan temalar frekans dağılımları ve örnek öğrenci cümleleri ile birlikte sunulmuştur.
- **Bulguların Yorumlanması:** Elde edilen bulgular araştırmacının yorumu ve alanyazındaki bulgular ışığında ele alınmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

### **3.5. Konu İçeriği (Content)**

Kuantum fiziği belirsizlik ilkesinin anlaşılabilmesi için kuantum fiziği dalga kuramının (Bilal ve Erol, 2007; Özdemir ve Erol, 2008; Steinberg ve diğerleri, 1999) iyi anlaşılması gerekmektedir. Dalga kuramının öğrenilmesini güçleştiren etken kuantum fiziği öğretiminde dalga parçacık ikileminin kullanılmasıdır (Olsen, 2002). Bu yaklaşım öğrencilere yeni bir kavram sunmadığı gibi yeni kavramların oluşmasını da engellemektedir. Öğrencilerin belirsizlik ilkesi ile ilgili olarak, kuantum fiziksel parçacıkların klasik parçacıklar gibi düşünülmesinden doğan birçok yanılgıya sahip olduğu da düşünülmektedir (Müller ve Wiesner, 1999; Özdemir, 2008). Bu tür yanılgıların oluşmasını engelleyebilmek için bu çalışmanın içeriğinde kuantum fiziği istatistiksel yorumuna yer verilmiştir. Ayrıca kuantum fiziği uygulamalarında yaygın olarak Heisenberg'in hazırladığı düşünce deneyi kullanılmaktadır. Bu deney belirsizlik ilkesini doğru bir şekilde ifade etmesine rağmen, deneyde tek bir elektronun durumu irdelendiğinden belirsizliğin tek bir elektronun konum ve momentumdaki belirsizlik olarak algılanmasına sebep olabilir. Bu nedenle içerikte Heisenberg'in düşünce deneyi yerine tek yarıktaki kırınım deneyi klasik ve kuantum fiziksel sınırların karşılaştırılmasına olanak sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır.

Yukarıda belirtilen noktalar göz önünde bulundurularak konu içeriği ve konu sıralaması 3 ünite olarak aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

- **Schrödinger Dalga Fonksiyonu ve Olasılık Kavramı:** Klasik ve Kuantum Fiziğinin Karşılaştırılması, Dalga Fonksiyonu Kavramı, Dalga Paketi Kavramı, Dalga Fonksiyonunun İstatistiksel Yorumu,

Olasılık Kavramı, Ortalama Değer ve Standart Sapmanın Klasik Fizikteki Anlamı, Normalizasyon.

- **Belirsizlik İlkesi:** Kuantum Fiziğinde Momentum Kavramı, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi'nin Fiziksel Anlamı Nedir?
- **Belirsizlik İlkesi Uygulamaları:** Tek Yarıқта Kırınım Olayında Belirsizlik: a) Klasik Sınırlarda Tek Yarıқта Kırınım Deneyi, b) Kuantum Fiziksel Parçacıklar için Tek Yarıқта Kırınım Deneyi.

### 3.6. Hibrit Öğretim Modeli (Hybrid Teaching Model)

Günümüzde öğrenme sürecinin çevresel etkenlerin dolaysız bir ürünü olmadığına, içsel bilişsel bir süreç olduğuna inanılmaktadır (Açıkgöz, 2003). Bu nedenledir ki fizik eğitiminde neyin, ne zaman ve nasıl öğretileceği önem taşımaktadır. Bir başka ifadeyle fizik eğitiminde kullanılacak yöntemler dikkatli seçilmeli ve seçilirken öğrenci, konu ve olanaklar göz önünde bulundurulmalıdır (Bilal ve Erol, 2005).

Bu araştırmada hibrit model oluşturulmadan önce kuantum fiziği dersini daha önceden almış 10 öğrenci ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerden elde edilen bulgularda ortaya çıkan ana nokta kuantum fiziği kavramlarının öğrenilmesindeki temel engelleyicinin klasik fizikten gelen öngörüler olduğudur (Özdemir ve Erol, 2008; Müller ve Wiesner, 1999; Bethge ve Niedderer (1996). Öğrenciler kuantum fiziğinin foton (küçük küresel top), elektron (küresel parçacık), belirsizlik ilkesi (ölçme hatası; teknolojik yetersizlik), dalga fonksiyonu (klasik dalga), ölçme kavramlarını klasik fizikten gelen kavramları ışığında oluşturmaktadır. Oluşturulan bu yanlış kavramlar öğrencilerin öğrenmesini güçleştirmektedir. Öğrencilerin kendi haline bırakılması durumunda öğrendikleri her kuantum fiziği kavramına yönelik klasik fizikten gelen bir karşılık oluşturma olasılıkları yüksektir. Diğer bir nokta bu kavramların soyut olması ve güçlü bir matematiksel temele dayanmasıdır. Öğrencilerin en çok zorlandıkları noktalardan biride kuantum fiziğin bu güçlü matematiksel temelidir. Öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarını klasik fizik kavramlarından bağımsız öğrenebilmeleri ve matematiksel yapısını anlayarak uygulayabilir duruma gelebilmeleri gerekir. Bunu gerçekleştirebilmek için öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarını somutlaştırabilecekleri, klasik fizik kavramları ile karşılaştırabilecekleri, fikir alışverişinde bulunup geniş ölçüde tartışabilecekleri ve bol problem çözebilecekleri bir öğretim modeli oluşturulmuştur.

Tablo 1'de bu modelin aşamaları, teknikleri, tekniklerin bir ders saatindeki süreleri ve yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 1. Hibrit öğretim modeli  
(Table 1. Hybrid teaching model)

Hibrit Öğretim Modeli			
Aşamalar	Öğretim Tekniği	Süre (Dakika)	Yüzde (%)
1) Hazırlık	Gösteri	5	4
2) Öğrenme	Akran Öğretimi	60	44
3) Sınıf İçi Uygulama	Tartışma	35	26
	Grupla Problem Çözme	35	26
4) Sınıf Dışı Uygulama	Bireysel Problem Çözme	-	-
	Problem Oluşturma	-	-

Tablo 1 de verilen, bu çalışmada kullanılan hibrit modelin aşamaları kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- **Hazırlık:** Yürütülen programların başarıya ulaşmasını sağlamak için görsel araç gereçlerden yararlanmak gerekmektedir

(Karamustafaoğlu, 2006). Ayrıca görsel araç gereçler öğrencilerin ilgisini çekerek öğrenmelerini kolaylaştırmakta ve motivasyonlarını artırmaktadır (Çepni ve diğerleri, 1997). Bu nedenle hazırlık aşamasında gösteri tekniğinden yararlanılmıştır.

- **Öğrenme:** Bu aşamada öğrencilerin sosyal etkileşimini sağlamak ve birbirlerinin "Yaklaşık Gelişim Alanı"na girerek öğrenenin gereksinim duyduğu ipuçları, yardım ve desteği almaları amaçlanmıştır (Açıkgöz, 2003). Bunu gerçekleştirmek için aktif öğrenme tekniklerinden biri olan akran öğretimi kullanılmıştır (Eggen ve Kauchak, 1998; Shunk, 2000). Öğrenciler heterojen gruplara ayrılarak grupça konu içeriğine çalışmaları sağlanmıştır. Bu aşamada dönüt ve düzeltmelerin anında verilmesine dikkat edilmiştir. Bu şekilde ilgili kavramlara yönelik oluşabilecek yanlışların hızlı bir şekilde tanınması ve düzeltilmesine olanak sağlanmıştır (Sönmez, 2004).
- **Sınıf İçi Uygulama:** Bu aşama sırasıyla tartışma ve grupla problem çözme tekniklerini içeren iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde araştırmanın öğrenme aşamasında yeterli kuramsal alt yapıya sahip olan öğrenciler, konu ile ilgili kavram yanlışları göz önünde bulundurularak hazırlanmış soruları grupça tartışmışlardır. Araştırmacı ise gruplar arasında dolaşarak tartışmanın konu çevresinde yapılmasını sağlamıştır. Ardından sınıf tartışması ile uygulamanın tartışma bölümü sonlandırılmıştır. Bu yolla kuantum fiziği kavramlarının, öğrenciler tarafından sorgulanması, analiz edilmesi ve daha derin bir şekilde öğrenilmesi amaçlanmıştır. İkinci bölümde ise problem çözme yoluyla öğrencilerin kavramların matematiksel temellerini daha iyi anlamaları amaçlanmıştır (Akarsu, 2007). Bu amaçla grupların, konu içeriği ile ilgili problemleri çözmeleri sağlanmış, ardından ise gruplardan rastgele seçilen öğrencilerin bu problemleri grup adına tahtada çözmeleri istenmiştir.
- **Sınıf Dışı Uygulama:** Bu aşamada öğrencilerin bireysel çalışmasını sağlamak için öğrenilen konu ile ilgili ev ödevleri verilmiştir (Yücel, 2004). Bu ödevler konunun tamamına ait problem çözme ve problem oluşturma bölümlerini içermektedir. Verilen ödevler bir hafta sonra değerlendirilerek eksikler öğrenciye bildirilmiştir. Öğrencilerin bu uygulamaya ne kadar zaman ayırdığı öngörülemediği için Tablo 1'de yüzde ile ifade edilememiştir. Tablo 1'deki dakika ve yüzdeler 135 dakikalık bir ders saatinin ne kadarlık bölümünün ilgili tekniğe ayrıldığını göstermektedir.

#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

##### 4.1. Deney Grubu (Experimental Group)

- Uygulamanın ilk haftasında çift yarık deneyi, ikinci haftasında kuantum fiziksel parçacıklar için ölçme kavramı, üçüncü haftasında ise tek yarıktaki kırınım deneyi ile ilgili kısa bir film izletilmiştir. Bu filmler seçilirken o hafta işlenecek konu göz önünde bulundurulmuştur. Filmlerin daha çok öğrenilecek konu üzerinde merak duygusu uyandırmasına dikkat edilmiştir. Bu şekilde modelin öğrenme aşamasının verimliliği artırılmak istenmiştir.
- Dörderli gruplara ayrılan öğrencilerin "Ders İçeriği Çalışma Metni" ile 60 dakika boyunca akran öğretimi tekniğiyle konuya çalışmaları sağlanmıştır. "Ders içeriği Çalışma Metni"ni kuantum fiziğinin zor bir konu alanı olması göz önünde bulundurularak öğrencilerin birlikte çalışabilecekleri ve konuyu

öğrenebilecekleri düzeyde açık, anlaşılır bir dille sunulmuştur. Bu metinlerin hazırlanmasında Gasirowicz, S. (1974), Griffiths, D. (1995), Liboff, R. L. (1980) kitaplarından yararlanılmıştır.

- Her bir gruba çalışılan ünite ile ilgili "Ünite Çalışma Yaprağı" grup üyeleri arasında bağlılık yaratmak amacıyla birer adet dağıtılmıştır. Çalışma yapraklarında üç tartışma sorusu ve üç problem yer almaktadır. Çalışma yaprağındaki tartışma soruları grupça tartışıldıktan sonra araştırmacı önderliğinde sınıfça tartışılmıştır. Çalışma yaprağının problem çözümü kısmında yer alan problemler gruplar tarafından çözülmüştür. Daha sonra gruplardan rastgele seçilen öğrencilerin problemleri tahtada çözmeleri sağlanmıştır.
- Dersin sonunda araştırmacı tarafından hazırlanan konunun tamamına ait beş problem ve bir problem oluşturma etkinliğinin yer aldığı "Ev Ödevi Çalışma Yaprağı" her öğrenciye bir adet olarak dağıtılmıştır. "Ev Ödevi Çalışma Yaprağı" bir sonraki dersin başında toplanarak değerlendirilmiştir.

#### **4.2. Kontrol Grubu (Control Group)**

Deney grubu için hazırlanmış olan "Ders İçeriği Çalışma Metni"nde yer alan içerik, araştırmacı tarafından Düz Anlatım Yöntemi ve Soru Yanıt Teknikleri kullanılarak hazırlanan günlük planlara uygun bir şekilde işlenmiştir. Daha sonra deney grubu öğrencilerinin çalışma yapraklarında yer alan problemlerin aynıları araştırmacı tarafından kontrol grubu öğrencilerine derste çözülmüştür. Deney grubu öğrencilerine ev ödevi olarak verilen problemlerin hepsi kontrol grubu öğrencilerine de dağıtılmıştır. Deney grubu öğrencilerinin tartışma soruları kontrol grubuna soru yanıt tekniği ile uygulanmıştır.

#### **5. BULGULAR (RESULTS)**

Bu bölümde öncelikle uygulama öncesi ve uygulama sonrasında kontrol ve deney grubunu kapsayan öğrencilerin tamamında gözlenen en belirgin kavram yanlışları belli başlıklar altında gruplanmıştır. Söz konusu kavram yanlışları ve bu yanlışlara karşılık örnek öğrenci cümleleri aşağıda verilen Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4 üzerinde sunulmuştur. Bu tablolarda ifade edilen kavram yanlışları daha sonraki açıklamalarda da aynen kullanılmıştır. Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4 te ifade edilen kavram yanlışları ve onların karşılığı olan kodlamalar (A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, C1, C2) aşağıdaki grafiklerde de aynen kullanılmıştır.



Tablo 2. Görüşmeler boyunca uygulama öncesi ve uygulama sonrası tüm öğrencilerde gözlenen Schrödinger dalgasıyla ilgili kavram yanlışları ve örnek öğrenci cümleleri

(Table 2. Overall student misconceptions and sample student sentences relating the Schrödinger's wave detected throughout the pre and post-interviews)

Schrödinger Dalgası ile İlgili Kavram Yanlışları (Temalar)	
Kavram Yanlışlığı	Örnek Öğrenci Cümlesi
A1) Schrödinger dalgasının genliği enerjiyi temsil eder.	Ö7: "Schrödinger dalga fonksiyonu tüm uzaya yayılmış bir dalgadır ve dalganın genliğinin büyük olduğu yerde enerjisi daha büyüktür."
A2) Schrödinger dalgası gerçekte elektromanyetik dalgadır.	Ö10: "Schrödinger dalgası elektromanyetik dalgadır. Çünkü ışık fotonlardan oluşan elektromanyetik dalgadır. Bu yüzden mikroskobik parçacıklara eşlik eden dalgalarda elektromanyetik dalgadır."
A3) Schrödinger dalgası kuantum fiziksel parçacığın hareketinin yörüngesini ifade eder.	Ö8: "Schrödinger dalgası elektronun yörüngesini gösterir. Elektron hızlandıkça dalga fonksiyonunun dalga boyuda büyür..."
A4) Schrödinger dalgası klasik dalga özelliklerini aynen gösterir.	Ö7: "Schrödinger dalgası yay dalgaları gibidir..."
A5) Schrödinger dalga fonksiyonu doğrudan kuantum fiziksel parçacıkların bulunma olasılığını ifade eder.	Ö5: "Schrödinger dalga fonksiyonunun kendisi parçacığın bulunma olasılığını ifade eder. Dalganın maksimum uzanımının tepe noktasında elektronun bulunma olasılığı diğer bölgelere göre daha yüksektir."

Tablo 3. Görüşmeler boyunca uygulama öncesi ve uygulama sonrası tüm öğrencilerde gözlenen belirsizlik ilkesi ile ilgili kavram yanlışları ve örnek öğrenci cümleleri

(Table 3. Overall student misconceptions and Sample student sentences relating the uncertainty principle detected throughout the pre and post-interviews)

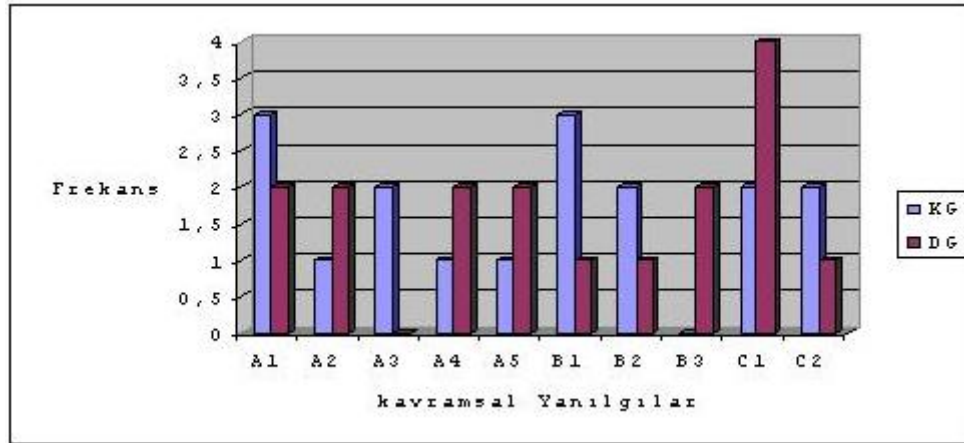
Belirsizlik İlkesi ile ilgili Kavram Yanlışları (Temalar)	
Kavram Yanlışlığı	Örnek Öğrenci Cümlesi
B1) Belirsizlik ilkesi teknolojik yetersizlikten kaynaklanır.	Ö3: "Belirsizlik ilkesi ölçü aletinin aynı anda iki fiziksel büyüklüğe odaklanamıyor olmasından kaynaklanıyor olabilir."
B2) Belirsizliğin ilkesinin sebebi kuantum fiziksel parçacıkların klasik parçacıklara göre çok daha küçük ve hızlı olmasıdır.	Ö10: "Kuantum fiziksel parçacıklar çok küçük ve hızlıdır. O kadar küçük ve hızlı parçacıkları yakalayıp ölçebilecek cihazlar yoktur."
B3) Belirsizlik ölçme işleminin doğasından kaynaklanır.	Ö5: "Kuantum fiziksel parçacığın bir özelliğini ölçmek istediğimizde o parçacığa müdahale ettiğimizden elde ettiğimiz değer gerçekten ölçmek istediğimiz değerden farklıdır."

Tablo 4. Görüşmeler boyunca uygulama öncesi ve uygulama sonrası tüm öğrencilerde gözlenen konum ve momentum belirsizliği ile ilgili kavram yanlışları ve örnek öğrenci cümleleri.

(Table 4. Overall student misconceptions and Sample student sentences relating the position-momentum uncertainty detected throughout the pre and post-interviews)

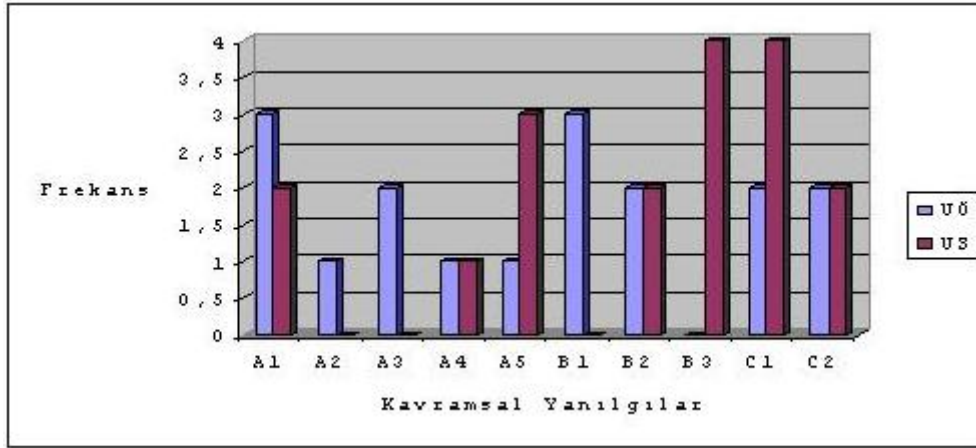
Konumdaki Belirsizlik $\Delta x$ ve Momentum Belirsizlik $\Delta p_x$ 'ye yönelik yanlışlar (Temalar)	
Kavram Yanılgısı	Örnek Öğrenci Cümlesi
C1) Kuantum fiziksel bir parçacığın konumundaki belirsizlik ( $\Delta x$ ) ve momentumundaki belirsizlik ( $\Delta p_x$ ) klasik fizikteki mutlak hatayı ifade eder.	Ö10: " $\Delta x$ ve $\Delta p_x$ aradığımız değer ile ölçmek istediğimiz değer ne kadar farklı olduğunu gösterir... "
C2) Kuantum fiziksel bir parçacığın konumundaki belirsizlik $\Delta x$ , kuantum fiziksel parçacığın ölçülen iki konumu arasındaki mesafedir.	Ö9: "... $\Delta x$ parçacığın iki konum ölçümü arasındaki mesafedir. Elektronun konumun ölçtüğümüzde gönderdiğimiz fotonlardan dolayı bir hız kazanacak ve yeri değişecektir. İki ölçüm arasındaki fark ( $\Delta x$ ) ve $\Delta p_x$ dir."

Araştırmanın birinci alt problemi "Kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanlışları nelerdir?" ikinci alt problemi Deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanlışları nelerdir? Şeklinde ifade edilmiştir. Bu alt problemlere ait bulgular Şekil 1'te sunulmuştur.



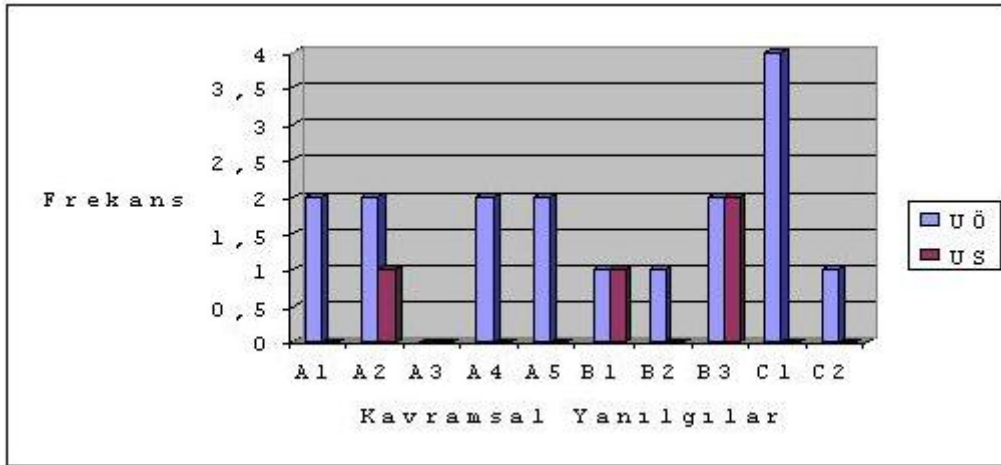
Şekil 1. Kontrol grubu ile deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi kavram yanlışlarının karşılaştırılması  
(Figure 1. Comparison of the control and the experimental group students' misconceptions detected before the actual application)

Araştırmanın üçüncü alt problemi "Kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanlışları nelerdir? Araştırmanın dördüncü alt problemi "Geleneksel öğretimin Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanlışlarını gidermedeki başarısı nedir? Şeklinde ifade edilmiştir. Bu alt problemlere ait bulgular Şekil 2'de sunulmuştur.



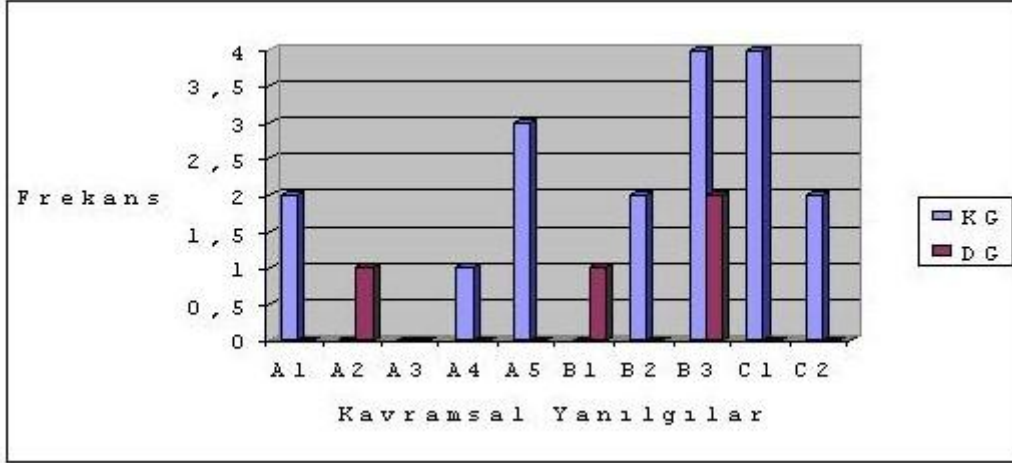
Şekil 2. Kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve uygulama sonrası yanıtlarının karşılaştırılması  
(Figure 2. Comparison of the pre and post application answers of the control group students)

Araştırmanın beşinci alt problemi "Deney grubu öğrencilerinin uygulama sonrası Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgıları nelerdir? ve araştırmanın altıncı alt problemi "Hibrit Öğretimin Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik kavram yanılgılarını gidermedeki başarısı nedir? Şeklinde ifade edilmiştir. Bu alt problemlere ait bulgular Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve uygulama sonrası yanıtlarının karşılaştırılması  
(Figure 3. Comparison of the pre and post application answers of the experimental group students)

Kontrol grubu ve deney grubu öğrencilerinin uygulama sonrası yanıtlarının karşılaştırılması Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Kontrol grubu ile deney grubu öğrencilerinin uygulama sonrası yanıtlarının karşılaştırılması

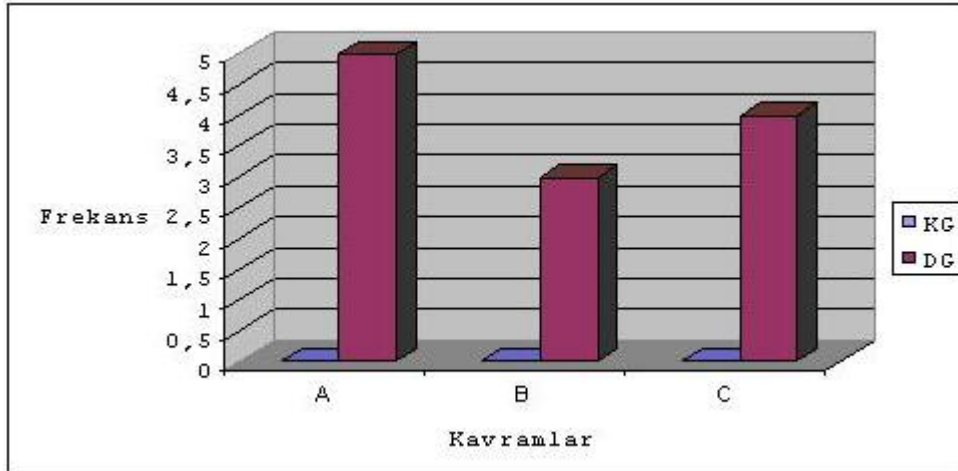
(Figure 4. Comparison of the control and the experimental group students' misconceptions detected after the actual application)

Yukarıda belirlenen kavram yanılgılarına ek olarak öğrencileri Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ve konum-momentum belirsizliğine yönelik sahip oldukları doğru kavramların belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Öğrencilerin sahip olduğu doğru kavramlar ve örnek öğrenci cümleleri Tablo5'de ifade edilmiştir.

Tablo 5. Uygulama sonrası tüm öğrencilerde Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ve konum-momentum belirsizliği üzerine oluşturulan öğrenci kavramları ve örnek öğrenci cümleleri  
(Table 5. Overall student conceptions and sample student sentences relating the Schrödingers' wave, uncertainty principle and position-momentum uncertainty detected throughout the post-interviews)

Schrödinger Dalgası (Temalar)	
Öğrenci Kavramı	Örnek Öğrenci Cümlesi
A) Schrödinger dalga fonksiyonunun tek başına fiziksel bir anlamı yoktur. Özdeş birçok kuantum fiziksel parçacığın istatistiksel bilgisini taşır.	Ö4: "Schrödinger dalga fonksiyonu tek başına fiziksel bir anlam içermez. Fakat parçacığın fiziksel özelliklerini tanımlamak için kullanılır. Örneğin karesi alındığı zaman parçacığın bulunma olasılığını verir."
Belirsizlik İlkesi	
Öğrenci Kavramı	Örnek Öğrenci Cümlesi
B) Belirsizlik ilkesi kuantum fiziksel parçacıkların bazı fiziksel özelliklerinin eş zamanlı yüksek duyarlılıkla ölçülemeyeceğini ifade eder.	Ö1: "Birbirinin komütü olan iki fiziksel büyüklüğü temsil eden operatörleri aynı deneyde, eş zamanlı eş duyarlılıkta ölçemiyoruz... belirsizlik tek bir elektronun konum ve momentum ölçümleri sonucu elde edilmediğinden, gönderilen fotonun elektronun hızını değiştirmesiyle ilgili değildir. Belirsizlik kuantum fiziksel parçacıkların farklı yapılarından kaynaklanır. Parçacık ölçülene kadar birçok olası değere sahiptir... "
Konum ve Momentum Belirsizliği	
Öğrenci Kavramı	Örnek Öğrenci Cümlesi
C) $\Delta x$ kuantum fiziksel bir parçacığın olası konum değerlerinin dağılımının genişliğini, $\Delta p_x$ ise kuantum fiziksel bir parçacığın olası momentum değerlerinin dağılımının genişliğini ifade eder.	Ö3: " $\Delta x$ ve $\Delta p_x$ kuantum fiziksel parçacıkların konum ve momentum ölçümlerindeki belirsizliktir. $\Delta x$ 'in daralması o parçacığın bulunabileceği olası değerlerin azalması anlamına gelir. Bulunabileceği değerlerin azalması daha duyarlıklı ölçüm yapabileceğimiz anlamını taşır. "

Uygulama sonrası deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin Schrödinger dalgaları (A), Belirsizlik ilkesinin fiziksel anlamı (B) ve konum-momentum belirsizliği (C) ne yönelik ortaya çıkan kavramlarının frekans dağılımları aşağıdaki gibidir.



Şekil 5. Kontrol ve deney grubu öğrencilerinin uygulama sonrasında Schrödinger dalgası, belirsizlik ilkesi ile konum-momentum belirsizliğine yönelik öğrenci kavramları.

(Figure 5. Overall student conceptions and sample student sentences relating the Schrödingers' wave, uncertainty principle and position-momentum uncertainty detected throughout the post-interviews)

## 6. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Geleneksel öğretim yöntemlerinin uygulandığı kontrol grubu ile farklı öğretim tekniklerini farklı oranlarda içeren hibrit öğretim modelinin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve uygulama sonrası görüşmelerinde belirgin bir şekilde ortaya çıkan 10 adet kavram yanılığı vardır. Bu kavram yanılığları tablo 2, tablo 3 ve tablo 4' de kodlanmıştır. Bu yanılığların bir kısmı uygulama öncesinde var olan yanılığlar iken bir kısmı uygulama sırasında ortaya çıkmıştır. Bu kavram yanılığları kuantum fiziği kavramlarının anlaşılmasının güç olduğunu göstermektedir (Abhang 2005; Bilal ve Erol, 2007; Ireson, 1999; Mashhadi ve Woolnough, 1999; Müller ve Wiesner, 1999; Olsen, 2001; Pospiech, 2000; Steinberg ve diğerleri, 1999; Styler, 1996).

Uygulama öncesinde kontrol grubu ve deney grubu öğrencilerinin kavram yanılığları aynı düzeydedir. Ancak kontrol grubunda Schrödinger dalgasının parçacıkların hareketinin yörüngesini ifade ettiği yanılığı (Steinberg ve diğerleri, 1999), mevcutken deney grubunda bu yanılığa rastlanmamıştır. Deney grubunda kuantum fiziğindeki belirsizliğin ölçme işleminin doğasından kaynaklandığı yanılığı mevcutken kontrol grubunda ise bu yanılığa rastlanmamıştır. Son olarak kontrol grubunda belirsizliğin teknolojik yetersizlikten kaynaklandığı (Müller ve Wiesner, 1999; Özdemir ve Erol, 2008) deney grubunda ise belirsizliğin klasik anlamda mutlak hataya karşılık geldiği yanılığlarına ağırlıklı olarak rastlanmıştır.

Kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve uygulama sonrası temel kavram yanılığları karşılaştırıldığında "Schrödinger dalgasının elektromanyetik dalgalar şeklinde olduğu", "Schrödinger dalgasının hareketli parçacığın yörüngesini ifade ettiği" ve "belirsizlik ilkesinin teknolojik yetersizlikten kaynaklandığı" kavram yanılığlarının tamamen ortadan kalktığını görülmektedir. Kontrol grubunda uygulama sonrası bazı kavram yanılığları tamamen ortadan kalkarken bazı kavram yanılığlarının arttığı görülmektedir. "Schrödinger dalgasının doğrudan kuantum fiziksel parçacıkların bulunma olasılığını ifade ettiği" (Bilal ve Erol, 2007), "belirsizliğin kaynağının ölçme işlemi olduğu" ve "kuantum fiziksel parçacıkların konum ve momentumdaki belirsizliğin mutlak hatayı ifade ettiği"

(Styler, 1996) kavram yanlışlarının artmış olduğu görülmektedir. Uygulama öncesinde hiç gözlenmediği halde uygulama sonrasında gözlenen yanlış ise "kuantum fiziğindeki belirsizliğin ölçmenin doğasından kaynaklandığı" yanlışsıdır. Bu durum geleneksel öğretimin yapıldığı grupta uygulama öncesinde olmayan kavram yanlışlarının ortaya çıktığını göstermektedir. Geleneksel öğretimin kavram yanlışlarını gidermede etkili olmadığı gibi yeni kavram yanlışlarının oluşmasına sebep olduğu şeklinde yorumlanabilir. Belirsizlikle ilgili yanlışlar öğrencilerin bu kavramı klasik ölçme kavramı ile açıklamaya çalıştıklarını göstermektedir. Bu sonuç geleneksel öğretimin kuantum fiziği kavramlarının öğretiminde yetersiz kaldığı şeklinde yorumlanabilir. Bu yüzden öğrenciler kuantum fiziği kavramlarını var olan klasik kavramları ile açıklama eğilimine gitmişlerdir.

Deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve uygulama sonrası temel kavram yanlışları karşılaştırıldığında "Schrödinger dalgalarının enerjiyi temsil ettiği", "Schrödinger dalgasının klasik dalga özelliklerini aynen gösterdiği" (Fischler ve Lichtfeldt, 1992; Özdemir ve Erol, 2008; Mashhadi ve Woolnough, 1999; Steinberg ve diğerleri, 1999; Styler, 1996), "Schrödinger dalgasının parçacığın bulunma olasılığını ifade ettiği", "belirsizliğin parçacıkların çok küçük ve hızlı olmasından kaynaklandığı", "kuantum fiziğindeki belirsizliğin mutlak hatayı ifade ettiği" ve "kuantum fiziğindeki belirsizliğin parçacığın konum ve momentumundaki değişim olduğu" (Özdemir ve Erol, 2008) şeklindeki kavram yanlışlarının tamamen ortadan kalktığı görülmektedir. Bir başka gözlem, uygulama öncesi var olan hiçbir yanlış uygulama sonrasında artmamıştır. Bu durum hibrit yaklaşımla öğretimin kavram yanlışlarını gidermede başarılı olduğunu göstermektedir.

Kontrol grubu ve deney grubu öğrencilerinin uygulama sonrası kavram yanlışları karşılaştırıldığında kontrol grubu öğrencilerinin yanlışlarının çok daha yoğun olduğu görülmektedir. Özellikle "Schrödinger dalgasının genliğinin enerjiyi temsil ettiği", "Schrödinger dalgasının klasik dalga özelliklerini aynen gösterdiği", "Schrödinger dalgasının kuantum fiziksel parçacıkların bulunma olasılığını ifade ettiği", "belirsizliğin sebebinin parçacıkların çok küçük ve hızlı olmasından kaynaklandığı", "kuantum fiziğindeki belirsizliğin mutlak hatayı ifade ettiği" ve "kuantum fiziğindeki belirsizliğin parçacığın konum ve momentumdaki değişimi ifade ettiği" şeklindeki kavram yanlışları kontrol grubunda gözlenirken deney grubunda tamamen ortadan kalkmıştır. Buna karşılık "Schrödinger dalgalarının elektromanyetik dalga olduğu" ve "belirsizliğin teknolojik yetersizlikten kaynaklandığı" (Sadaghiani, 2005) kavram yanlışlarının kontrol grubunda gözlenmezken deney grubunda gözlendiği görülmektedir. Bu durum hibrit yaklaşımla öğretimin belirsizlik ilkesi ile ilgili kavram yanlışlarını gidermede geleneksel öğretime göre daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Ayrıca deney ve kontrol grubunun üç başlık altında kavramları yapılandırma düzeyleri incelendiğinde deney grubundaki bütün öğrencilerin Schrödinger dalgasına yönelik doğru kabul edilebilecek ifadeler kullanırken kontrol grubundan hiçbir öğrencinin Schrödinger dalgasına yönelik doğru kabul edilebilecek yanıtlar vermedikleri görülmektedir. Deney grubunda üç öğrenci belirsizlik ilkesine yönelik doğru ifadeler kullanmıştır. Fakat kontrol grubunda hiçbir öğrenciden bu yönde yanıtlar gelmemiştir. Son olarak deney grubunda dört öğrencinin konum-momentum belirsizliğinin ( $\Delta p_x$ ) fiziksel anlamına yönelik doğru ifadeler kullanmasına rağmen, kontrol grubundaki hiçbir öğrenciden doğru kabul edilebilecek yanıtlar gelmemiştir. Bu sonuçlar hibrit yaklaşımla öğretimin öğrencilerin klasik fizik kavramlarından

bağımsız bir şekilde kuantum fiziği kavramlarını öğrendiklerini göstermektedir.

#### 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

Araştırmadaki denek sayısının azlığı yukarıda ifade edilen sonuçların güvenilirliğini azaltmaktadır; fakat alanyazında defalarca ortaya konulmuş bu yanlışların kaynaklarının ayrıntılı bir şekilde incelemesine olanak sağlamıştır. Bu araştırma ile Schrödinger dalgası ve belirsizlik ilkesi ile ilgili kavram yanlışlarının kaynağında klasik fizikten ve günlük deneyimlerden gelen öngörülerin olduğu anlaşılmaktadır. Kuantum fiziğinde görülen öğrenme güçlükleri ve yanlışlar klasik fizikte görülen öğrenme güçlükleri ve yanlışlardan farklıdır. Öğrencinin geçmiş deneyimlerinden elde ettiği bilgiler doğru olsa bile kuantum fiziği kavramlarını yanlış yapılandırabilmektedir. Bu yüzden kuantum fiziği öğretiminde öncelikle öğrencinin kuantum fiziği kavramlarını hangi klasik kavramlarla ne şekilde yapılandırdığını bilmek gerekir. Öğretimde uygulanacak tekniklerin seçiminde öğrencilerin zihinlerindeki bu kavramlar ile kuantum fiziğinin matematiksel ve soyut yapısı göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak öğrencilerin yanlış kavramları ile sürekli yüz yüze geldikleri, birbirleri ile fikir alışverişinde buldukları ve bol problem çözdükleri durumlarda kuantum fiziği kavramlarını klasik fizik kavramlarından bağımsız bir şekilde yapılandırabildikleri görülmüştür.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Abhang, R.Y., (2005). Making introductory quantum physics understandable and interesting. *Resonance*, Volume: 10, pp: 63-73.
2. Açıkgöz, K.Ü., (2003). *Aktif Öğrenme*. (3. Basım). İzmir: Eğitim Dünyası Yayınları.
3. Akarsu, B., (2007). *Students' Misconceptual Understanding of Quantum Physics in College Level Classroom Environments*. Unpublished doctoral dissertation, Bloomington: Indiana University.
4. Ambrose, B.S., Shaffer, P.S., Steinberg, R.N., and McDermott, L.C., (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics*, Number: 67, pp: 146-155.
5. Bergström, L., Johanson, K.E., and Nilsson, C.H., (2001). The physics of copenhagen for students and the general public. *Physics Education*, Special Feature: Nuclear Physics, pp: 388-393.
6. Bethge, T. and Niedderer, H., (1996). Students' conceptions in quantum physics. [Online]: Retrieved on 10-May-2006, at URL: <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1995-AJP-TBHN.pdf>.
7. Bilal, E. and Erol, M., (2009) Influence of Hybrid Teaching Approach on Attitude and Success Concerning Electrostatics. *Journal of Science Education*. Volume: 6, Number: 2, pp: 63-74.
8. Bilal, E. and Erol, M., (2007). Student understanding of some quantum physical concepts: wave function, schrödinger's wave equation and wave-particle duality. *American Institute of Physics*, C.P. 899, pp:, 499.
9. Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, F., (1997). *Fizik Öğretimi*. Ankara: YÖK/ Dünya Bankası Milli Eğitim Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi.



10. Charles, L. H., Abegg, G., and Garik, P., (1999). How computer simulations affect high school students' reasoning in quantum chemistry. The annual meeting of national association for Research in Science Teaching. Boston, Massachusetts.
11. Eggen, P. and Kauchak, D., (1998). Learning and teaching: research based methods. Boston: Allyn and Bacon.
12. Euler, M., Hanselmann, M., Müller, A., and Zollmann, D., (1999). Students' views of models and concepts in modern physics. [Online]: Retrieved on 12-May-2008, at URL:<http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARST-WKSQAP.pdf#page=34>
13. Fischler, H. and Lichtfeldt, M., (1992). Modern physics and students' concepts. International Journal of Science Education, Volume: 14, pp: 181-190.
14. Galvez, E.J., (2008). Photon quantum mechanical labs. The annual meeting of American Association of Physics Teachers (AAPT). Edmonton.
15. Gasirowicz, S., (1974). Quantum Physics. New York: John Wiley and Sons.
16. Griffiths, D., (1995). Introduction to Quantum Mechanics. New York: Prentice Hall.
17. Hinojosa, C.M., (2008). Learning the uncertainty principle: a study of its difficulties. The annual meeting of American Association of Physics Teachers (AAPT). Edmonton.
18. Hobson, A., (2008). Teaching quantum physics: what is an electron? The annual meeting of American Association of Physics Teachers (AAPT). Edmonton.
19. Ireson, G., (1999). A multivariate analysis of undergraduate physics students' conceptions of quantum phenomena. European Journal of Physics, Volume: 20, pp: 193-199.
20. Johanson, K.E. and Milstead, D. (2008). Uncertainty in the classroom-teaching quantum physics. Physics Education, Volume: 43, pp:173-179.
21. Liboff, R.L., (1980). Introductory Quantum Mechanics. USA: Addison-Wesley Publishing Company.
22. Karamustafaoğlu, O. (2006). Fen ve Teknoloji Öğretmenlerinin Öğretim Materyallerini Kullanma Düzeyleri: Amasya ili Örneği. A.Ü. Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt: I, ss: 90-101.
23. Mashhadi, A. and Woolnough, B., (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: Visualizing quantum entities. European Journal of Physics, Volume: 20, pp: 511-516.
24. Müller, R. and Wiesner, H., (1999). Students' conceptions of quantum physics. The annual meeting of National Association for Research in Science Teaching. Boston, Massachusetts.
25. Müller, R. and Wiesner, H., (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. American Journal of Physics, Volume:70, Number: 3, pp: 200-209.
26. Niedderer, H. and Deylitz, S., (1999). Evaluation of a new approach in quantum atomic physics in high school. The annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Boston, Massachusetts.
27. Olsen, R.V., (2001). A study of Norwegian upper secondary physics specialist conception of atomic models and wave particle duality. [Online]: Retrieved on June-3-2007, at URL: [http://folk.uio.no/rolfvo/Publications/Tessaloniki\\_paper.pdf](http://folk.uio.no/rolfvo/Publications/Tessaloniki_paper.pdf).
28. Olsen, R.V., (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: A study in Norway. International Journal of Science Education, Volume:24, Number: 6, pp: 565-574.

29. Özdemir, E., (2008). Kuantum Fiziği Belirsizlik İlkesi: Hibrit Yaklaşımla Öğretiminin Akademik Başarıya etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. DEÜ: Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
30. Özdemir, E. and Erol, M., (2008). Student misconceptions relating wave packet and uncertainty principle in quantum physics. *Balkan Physics Letters, Special Issue*. pp: 641-635.
31. Pospiech, G., (2000). Uncertainty and complementarity: The heart of quantum physics. *Physics Education, Volume:35, Number: 6*, pp: 393-399.
32. Rebello, N.S. and Zollman, D., (1999). Conceptual understanding of quantum mechanics after using hands-on and visualization instruction materials. National Association for Research in Science Teaching. Boston, Massachusetts.
33. Robblee, K.M., Garik, P., Abegg, G., and Zollman, D., (1999). Using computer visualization software to teach quantum science: the impact on pedagogical content knowledge. The annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Boston, Massachusetts.
34. Sadaghiani H.R., (2005). Conceptual and Mathematical Barriers to Students Learning Quantum Mechanic. Unpublished Doctoral Dissertation, Ohio: The Ohio State Universty.
35. Shunk, D., (2000). Learning theories: An educational perspectives. Ohio: Prentice Hall.
36. Sönmez, V., (2004). Program Geliştirmede Öğretmen El Kitabı. (11. Basım). Ankara: Anı Yayıncılık.
37. Steinberg, R., Wittmann, M.C., Bao, L., and Redish, E.F., (1999). The influence of student understanding of classical physics when learning quantum mechanics. The annual meeting of National Association for Research in Science Teaching. Boston, Massachusetts.
38. Styler, F.D., (1996). Common misconceptions regarding quantum mechanics. *American Journal of Physic, Volume: 64*, pp: 31-34.
39. Yıldırım, A. ve Şimşek H., (2008). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri (7. Basım). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
40. Yücel, A.S., (2004). Ortaöğretim Düzeyindeki Öğrencilerin Kimya Derslerinde Verilen Ev Ödevlerine Karşı Tutumlarının İncelenmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Çilt: 24*, ss:147-159.