

## KUANTUM FİZİĞİNDE BELİRSİZLİK İLKESİ: HİBRİT ÖĞRETİMİN AKADEMİK BAŞARIYA VE KALICILIĞA ETKİSİ

### UNCERTAINTY PRINCIPLE OF QUANTUM PHYSICS: EFFECTS OF HYBRID TEACHING ON ACADEMIC ACHIEVEMENT AND RETENTION

Erdoğan Özdemir<sup>1</sup>, Mustafa Erol<sup>\*\*</sup>

**ÖZET:** Belirsizlik ilkesi konusunun öğretimi için %44' akran öğretimi, %26 grup ve sınıf tartışması, %26 grupta problem çözme etkinliği, %4 gösteri tekniği ile birlikte problem çözme ve problem oluşturma etkinliğinin yer aldığı ev ödevi çalışmalarını içeren hibrit yaklaşımla öğretim modeli geliştirilmiştir. Bu modelin akademik başarıya ve kalıcılığa etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmada, "eşitlenmemiş kontrol gruplu yarı deneysel desen" kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu toplam 36 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmanın verileri 5 sorudan oluşan "Belirsizlik İlkesi Yazılı Sınavı (BİYS)" ile toplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesi "Yazılı Sınav Dereceleme Ölçeği (YSDÖ)" ( $r=0,86$ ) ile yapılmıştır. Deney grubu son test ortalaması  $x=51,33$ , kontrol grubu son test ortalaması  $x=23,16$  olarak hesaplanmış ve puan ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p=,00$ ). Deney grubunda uygulanan öğretimin etki ölçüsünün (Cohen's  $d=2,48$ ), kontrol grubunda uygulanan öğretimin etki ölçüsünden (Cohen's  $d=1,85$ ) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Deney grubu gecikmiş test ortalaması  $x=40,72$ , kontrol grubu gecikmiş test ortalaması  $x=22,11$  hesaplanmış ve puan ortalamaları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p=,00$ ).

**Anahtar sözcükler:** Fizik Eğitimi, Kuantum Fiziği, Belirsizlik İlkesi, Hibrit Modelle Öğretim.

**ABSTRACT:** A hybrid teaching model, which contains %44 peer tutoring, % 26 group and class discussion, % 26 problem solving within group, % 4 demonstration and finally some homework activities that contain problem construction and problem solving activities, is developed. The hybrid teaching model is employed in order to investigate its effects on students' academic achievement and retention relating Uncertainty Principle of Quantum Physics. The study is administered by a quasi-experimental research design. Sample of the research consisted of 36 undergraduate students. Data of the research was collected by means of "Uncertainty Principle Classical Exam" which is made up of 5 questions. A Rating Scale of Classical Exam ( $r=0,86$ ), developed by the researchers and is used for the analysis of the data. Post test mean value for the experimental group is 51,33 and post test mean value for the control group is found to be 23,16 so the difference between these two mean values is meaningful ( $p=,00$ ). Also, size affects of experimental group (Cohen's  $d= 2,48$ ) higher than size affects of control group (Cohen's  $d= 1,85$ ). Retention test mean value of experimental group is 40,72 and retention test mean value of control group is 22,11 so the difference between these two mean values is meaningful ( $p=,00$ ).

**Keywords:** Physics Education, Quantum Physics, Uncertainty Principle, Modeling Hybrid Teaching.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda kuantum fiziği öğretimi üzerine yapılan çalışmalar büyük oranda artmıştır. Bu çalışmalar, temel kavram yanlışları ve öğretimini güçleştiren etkenleri belirlemeye yönelik çalışmalar ile kuantum fiziğinin daha etkili öğretimi için yapılan deneysel çalışmalar olarak iki grupta toplanabilir.

Kuantum fiziğinin temel kavram ve olaylarına yönelik öğrencilerin fikirlerini belirlemeye yönelik ayrıca kuantum fiziği öğretimini içeren çalışmalar incelendiğinde aşağıdaki çalışmalar öne çıkmaktadır. Singh, Belloni ve Christian, (2006) Schrödinger dalga

<sup>1</sup> Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir. [erdoganozdemir\\_1979@hotmail.com](mailto:erdoganozdemir_1979@hotmail.com)

<sup>\*\*</sup> Prof, Dr, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, [Izmir.mustafa.erol@deu.edu.tr](mailto:Izmir.mustafa.erol@deu.edu.tr)

denklemleri ile ilgili kavram yanlışlıklarını araştırmışlardır. Bu kavram yanlışlıklarının yanlış genellemeler sonucu ortaya çıktığını ileri sürmüşlerdir. Bilal ve Erol (2007) öğrencilerin dalga fonksiyonu ve dalga fonksiyonunun olasılık kavramıyla olan ilişkisini anlayamadıklarını ortaya koymuşlardır. Steinberg, Wittman, Bao ve Redish, (1999) kuantum fiziği öğreniminde klasik fizik kavramlarının etkilerini araştırmış ve öğrencilerin, kuantum fiziği dalga kavramına yönelik kabul edilebilir modellere sahip olmadıklarını belirlemişlerdir. Mashadi ve Woolnough (1999) öğrencilerin elektron ve foton kavramlarını zihinlerinde nasıl canlandırdıklarını araştırmışlardır. Öğrencilerin zihinlerinde çok çeşitli, bilimsel olmayan temsillerin olduğunu ortaya koymuşlardır. Bethge ve Niedderer (1996) öğrencilerin kuantumfiziksel parçacıkların belirsizlik içeren yapısını kabul etmelerine rağmen klasik fizikten gelen çeşitli düşüncelerini koruduklarını ifade etmişlerdir. Ambrose, Heron, Vokos ve McDermott, (1999) öğrencilerin ışığın yapısı ile ilgili modellerini belirlemiş ve öğrencilerin çoğunun ışığın yapısına yönelik mantıklı bir model geliştiremediklerini belirlemişlerdir. Özdemir ve Erol (2008) belirsizlik ilkesi ve kuantum fiziği dalga kuramı ile ilgili yanlışlıkları belirlemiş ve bu yanlışlıkların kuantum fiziğinin olasılık ve belirsizlik içeren yapısından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Steinberg, Wittman, Bao ve Redish, (1999) kuantum fiziği öğreniminde klasik fizik kavramlarının etkilerini araştırmış, klasik fizik konularının iyi düzeyde öğrenilmemesinin kuantum fiziği kavramlarının yanlış anlaşılmasına sebep olduğunu belirlemişlerdir. Müller ve Wiesner (1999) atom, sınırlandırılmış olma, belirsizlik ilkesi gibi kavramların nasıl öğrenildiğini araştırmış kuantum fiziğini öğrenmenin güçlüğünü vurgulamışlardır. Olsen (2001) öğrencilerin 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 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 ayrı ayrı anlatmak yerine aralarındaki mantıksal bağı belirtmek gerektiğini ifade etmiştir. Akarsu (2007) kuantum fiziği öğretimi 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, Deylitz ve Zollmann (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, Johanson ve Nilson, (2001) elektronun dalga yapısını elektronun kırınımı deneyi ile, kuantum fiziksel sistemlerin yapısını klasik dalga deneyleri ile açıklamışlardır. Johanson ve Milstead (2008) belirsizlik ilkesinin tek yarıta kırınım deneyinden yararlanarak açıklanmasının bu ilkenin öğretiminde etkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Euler, Hanselmann, Müller ve Zollmann (1999) kuantum fiziğinin tarihsel ve felsefi temellerini içeren bir öğretimin öğrencilerin başarısını arttırdığını ortaya koymuşlardır. Robblee, Garik, Abegg ve Zollman (1999) kuantum fiziğinin bilgisayar teknolojisinden yararlanarak öğretmenin öğrencilerin kuantum fiziği kavramlarını anlama düzeylerini arttırdığını ortaya koymuşlardır (Charles, Abegg ve Garik, 1999). Rebello ve Zollman (1999) geliştirdikleri görsel materyalleri bilgisayar yardımıyla lise öğrencilerine uygulamışlar ve öğrencilerin bazı kavramlar dışında bu konulara ilişkin yanlışlarının azaldığını ortaya koymuşlardır. Alanyazında kuantum fiziği kavramları ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının tespiti ve kuantum fiziği kavramlarının daha etkili öğretimi için çeşitli araştırmalar yer almasına rağmen bu araştırmaların önerileri doğrultusunda kuantum fiziğinin etkili öğretimi için deneysel çalışmalar bir boşluk olarak görülmektedir. Bu çalışmada ise 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 oluşturulmuş ve bu öğretimin belirsizlik ilkesi konusunun öğretiminde akademik başarı ve kalıcılık üzerindeki etkileri nelerdir? Problemine yanıt aranmıştır.

## 2. YÖNTEM

Bu çalışmada hibrit öğretimin belirsizlik ilkesi konusunun öğretiminde akademik başarı ve kalıcılık üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu nedenle araştırmacının kontrolü altında değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkilerini belirlemeye izin veren “Eşitlenmemiş kontrol gruplu yarı deneysel desen” araştırma modeli kullanılmıştır. Araştırmanın bağımsız değişkenlerini hibrit yaklaşımla öğretim ve geleneksel öğretim oluşturmaktadır. Araştırmanın bağımlı değişkenlerini ise akademik başarı ve kalıcılık oluşturmaktadır.

### 2.1. Araştırmanın Alt Problemleri

- 1) Deney grubu ön test başarı puanı ile deney grubu son test başarı puanı arasında anlamlı düzeyde farklılık var mı?
- 2) Kontrol grubu ön test başarı puanı ile kontrol grubu son test başarı puanı arasında anlamlı düzeyde farklılık var mı?
- 3) Deney grubu son test başarı puanı ile kontrol grubu son test başarı puanı arasında anlamlı farklılık var mı?
- 4) Deney grubu son test başarı puanı ile gecikmiş ölçüm başarı puanı arasında anlamlı bir fark var mı?
- 5) Kontrol grubu son test başarı puanı ile gecikmiş ölçüm başarı puanı arasında anlamlı bir fark var mı?

6) Deney grubu gecikmiş ölçüm başarı puanı ile kontrol grubu gecikmiş ölçüm başarı puanı arasında anlamlı bir fark var mı?

## 2.2. Örneklem

Araştırmanın çalışma grubunu, İzmir’de 2007–2008 eğitim yılında bir devlet üniversitesinin fizik öğretmenliği üçüncü sınıfında okuyan 36 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışma grubunda yer alan tüm öğrenciler, fizik öğretmenliği bölümüne öğrenci seçme sınavı ile gelmişlerdir. Bu yüzden araştırmada yer alan öğrencilerin benzer bilişsel düzeye sahip olduklarını düşünebiliriz. Araştırmada yer alan öğrenciler rastgele iki gruba ayrılmıştır. 14 bayan ve 4 erkek öğrenci içeren gruplardan biri deney (n=18), 13 bayan ve 5 erkek öğrenci içeren diğer grup ise kontrol grubu (n=18) olarak belirlenmiştir. Her iki gruba denel işlemler öncesinde “Belirsizlik İlkesi Yazılı Sınavı” (BİYS) ön ölçüm olarak uygulanmıştır. Bu ölçümden elde edilen akademik başarı puanları bağımsız örneklem t-testi sonuçları Tablo 1 de verilmiştir.

**Tablo 1: Deney ve Kontrol Gruplarının BİYS Ön Ölçümlerine Göre t testi Sonuçları**

Ölçümler	Gruplar	n	AO	SS	SD	t-Değeri	p-Değeri
Ön Ölçümler	Deney	18	8,44	5,38	34	0,097*	0,924
	Kontrol	18	8,28	4,96			

\*Fark önemli değil (önem denetimi  $p > 0,05$ ) *Maksimum Puan:90*

BİYS ön ölçümlerinde, deney grubu ortalaması (AO=8,44) ile kontrol grubu ortalamasının (AO=8,28) birbirine yakın olduğu ve grupların ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir [ $SD=34$ ,  $t_{34}=0,097$ :  $p>0,05$ ]. Bu sonuçlar her iki grubun çalışmaya başlamadan önce akademik başarılarının birbirine çok yakın olduğunu göstermektedir.

## 2.3. Veri Toplama Araçları

Araştırma problemine yanıt aramak için aşağıda ayrıntıları verilmiş olan veri toplama aracı kullanılmıştır.

### 2.3.1. Belirsizlik İlkesi Yazılı Sınavı (BİYS)

Araştırma problemlerine yanıt aramak için araştırmacılar tarafından BİYS geliştirilmiştir. Yazılı sınavın geliştirilmesi aşamasında ilk olarak alanyazında belirsizlik ilkesi ve bu ilke ile ilgili kavramlara yönelik öğrencilerin yanılgıları ve öğrenme güçlüğü çektiği noktalar incelenmiştir. Daha sonra belirsizlik ilkesi konusu ile ilgili hedef ve davranışlar belirlenmiştir. Öğrencilerin kavram yanılgıları, öğrenme güçlüğü çektiği noktalar ile konunun hedef, davranışları göz önünde bulundurularak 5 soruluk taslak BİYS hazırlanmıştır. BİYS’nin bu hali iki öğretim üyesi ve bir eğitim bilimleri uzmanının görüş ve önerileri doğrultusunda düzenlenmiştir. Daha sonra BİYS deney grubu ile benzer özelliklere sahip kuantum fiziği dersini bir yıl önce almış bulunan 26 öğrenciye uygulanmıştır. Bu öğrencilerin yanıtları araştırmacı tarafından geliştirilen YSDÖ kullanılarak bir ay ara ile iki

kez okunmuştur. Elde edilen puanlar arası tutarlığı gösteren Pearson Korelasyon Katsayısı  $r=0,86$  olarak bulunmuştur. Testin son halinde beş soru bulunmaktadır. Bu beş sorunun üçü nitel ikisi ise nitel soru niteliğindedir.

### 2.3.2. Verilerin Analizi

BİYS, deney ve kontrol grubu öğrencilerine denel işlemlerden hemen önce ön test ve denel işlemlerden hemen sonra son test olarak uygulanmıştır. BİYS uygulamadan dört hafta sonra ise gecikmiş test olarak tekrar uygulanmıştır. Bu testlerden elde edilen veriler SPSS 11.0 istatistiksel paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının birbirleri ile ön ölçüm, son ölçüm ile son ölçüm, gecikmiş ölçüm karşılaştırılmasında bağımsız örneklem t- testi, her bir grubun kendi içinde ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında ise bağımlı örneklem t- testi kullanılmıştır. Her iki t- testinde anlamlılık 0,05 düzeyinde sınanmıştır. Tüm ölçümler araştırmacı tarafından geliştirilen Yazılı Sınav Dereceleme Ölçeği (YSDÖ) kullanılarak değerlendirilmiştir.

YSDÖ üç boyutludur. Her boyut kendi içerisinde alt boyutlar içerecek şekilde hazırlanmıştır: **(1) Problemi Anlama:** Bu boyutta soruda istenilenlerle yapılanların tutarlılığı değerlendirilmektedir. **(2) İşlem:** Bu boyutta sorunun çözümü için gerekli bağıntı, işlem ve açıklamaların ne düzeyde gerçekleştirildiği değerlendirilmektedir. **(3) Sonuç:** Bu boyutta ise sonucun doğruluğu değerlendirilmektedir. YSDÖ' nün tamamı Tablo 2' de yer almaktadır.

**Tablo 2: Yazılı Sınav Dereceleme Ölçeği**

Dereceleme Basamakları	Soru Türü		Puanlama			
	Nitel	Nitel	0	1	2	3
A) Problemi Anlama	1. İstenilenlerle yapılanlar tutarlı mı?	1. İstenilenlerle yazılanlar tutarlı mı?				
	2. Gerekli fiziksel ana ilke var mı?	2. Gerekli fiziksel ilke var mı?				
	3. Gerekli kavramlar var mı?	3. Gerekli kavramlar var mı?				
B) İşlem	1. Temel bağıntılar ve alt bağıntılar doğru mu?	1. Metin içi açıklamalar doğru mu?				
	2. Verilenler bağıntılarda doğru kullanılmış mı?	2. Kavramlar arası ilişkiler doğru kurulmuş mu?				
C) Sonuç	1. Sonuç doğru mu?	1. Uygun mantıksal bir sonuca ulaşılmış mı?				

Puanlamanın anlam karşılıkları 0: tamamen hatalı yada boş  
1: yarıdan az  
2: yarıdan fazla  
3: tamamen doğru

### 2.3.3. Konu İçeriği

Kuantum fiziği öğretimine yönelik bir görüş, kuantum fiziğinin klasik fizik referans alınmadan öğretilmesini savunurken (Fischer & Lichtfeldt, 1992), diğer görüş ise klasik fizik ile kuantum fiziğinin karşılaştırılmasını önermektedir (Gilbert & Boulter, 1995). Bu araştırmanın içeriği ikinci görüş temel alınarak oluşturulmuş ve klasik fizikle kuantum fiziğinin karşılaştırılmasına olanak sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu görüşün seçilmesinin temel sebebi kuantum fiziği klasik fizik referans alınmadan öğretilse bile öğrenci günlük deneyimleri ile örtüşen klasik fizik düşünce biçimi ile kuantum fiziği kavramlarını değerlendirmeyi sürdürecektir.

Kuantum fiziği belirsizlik ilkesinin anlaşılabilmesi için kuantum fiziği dalga kuramının (Steinberg, Wittman, Bao ve Redish, 1999; Bilal ve Erol, 2007; Özdemir ve Erol, 2008) iyi anlaşılması gerekir. Dalga kuramının öğrenilmesini güçleştiren etken kuantum fiziği öğretiminde dalga parçacık ikileminin kullanılmasıdır (Olsen, 2002). Bu yaklaşım öğrencilere yeni bir kavram sunmadığını gibi yeni kavramların oluşmasını da engellemektedir. Bu yüzden ders içeriğinde dalga parçacık ikilemi yerine öğrencilerin daha kabul edilebilir modeller oluşturmalarına olanak sağlayacak istatistiksel yorum kullanılmıştır (Müller and Wesner, 2001).

Öğrencilerin belirsizlik ilkesi ile ilgili olarak, kuantum fiziksel parçacıkların klasik parçacıklar gibi düşünülmesinden doğan birçok yanılgıya sahip olduğu düşünülmektedir (Özdemir, 2008). Bu yanılgıların oluşmasını engelleyebilmek için içerikte kuantum fiziği istatistiksel yorumuna yer verilmiştir. Ayrıca kuantum fiziği uygulamalarında yaygın olarak Heisenberg'in hazırlamış olduğu düşünce deneyi kullanılmaktadır. Bu deney Belirsizlik İlkesi'ni 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 yüzden içerik Heisenberg'in Düşünce deneyi yerine tek yarıқта kırınım deneyi klasik ve kuantum fiziksel sınırların karşılaştırılmasına olanak sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır.

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

1) *Dalga Fonksiyonu ve Olasılık Kavramı*: Klasik Fizik 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.

2) *Belirsizlik İlkesi*: Kuantum Fiziğinde Momentum Kavramı, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi'nin Fiziksel Anlamı Nedir?

3) *Belirsizlik İlkesi Uygulamaları*: Tek Yarıқта Kırınım Olayında Belirsizlik: a) Klasik Sınırlarda Tek Yarıқта Kırınım Deneyi, b) Kuantum Fiziksel Parçacıklar için Tek Yarıқта Kırınım Deneyi.

### 2.3.4. Hibrit Öğretim Modeli

Fizik eğitimi çalışmalarında yer alan Hibrit öğretim modelleri (Ramsier, 2001; Bilal, 2005) ile kuantum fiziğinin etkili öğretimi için yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak,

öğretim yöntemleri belirlenmiş ve bu yöntemleri belirli oranlarda içeren hibrit bir öğretim modeli oluşturulmuştur. Geliştirilen hibrit öğretim modeli, Hazırlık, Öğrenme, Sınıf İçi Uygulama ve Sınıf dışı Uygulama aşamalarından oluşmaktadır.

Aşağıdaki Tablo.3'te geliştirilen hibrit öğretim modelinin aşamaları, aşamalarda yer alan teknikler ve bu tekniklerin uygulamadaki yüzdeleri verilmiştir.

**Tablo 3. Hibrit Öğretim Modeli**

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	-	-

#### 2.3.4.1. Hazırlık

Görsel araç gereçler öğrencilerin ilgisini çekerek öğrenmelerini kolaylaştırmakta ve motivasyonlarını artırmaktadır (Çepni ve ark; 1997). Bu yüzden bu aşamada, gösteri tekniğinden yararlanılmıştır. Gösteri tekniği modelin 5 dakikalık ve tüm uygulamanın %4'lik kısmını içermektedir.

#### 2.3.4.2. Öğrenme

Bu aşama dersin 60 dakikalık bölümünü ve tüm uygulamanın %44'lük kısmını oluşturmaktadır. Hazırlık aşamasında sorulan soru ile odaklanması sağlanan öğrencilerin sosyal etkileşimi sağlamak ve böylece öğrencilerin birbirinin yaklaşık gelişim alanına (zone of proximal) girerek (Açıkgöz, 2003) öğrenenin gereksinim duyduğu ipuçları yardım ve desteği almaları amaçlanmıştır. Bunu gerçekleştirmek için aktif öğrenme tekniklerinden biri olan akran öğretim kullanılmıştır (Shunk, 2000; Eggen, 1998). Öğrenciler heterojen gruplara ayrılarak grupça konu içeriğine çalışmaları sağlanmıştır. Bu aşamada dönüt ve düzeltmelerin anında verilmesine dikkat edilmiştir. Bu şekilde ilgili kavramlara yönelik oluşabilecek yanlışlarının hızlı bir şekilde tanımlanması ve düzeltilmesine olanak sağlanmıştır (Sönmez, 2004).

#### 2.3.4.3. Sınıf İçi Uygulama

Bu aşama dersin 70 dakikalık bölümünü ve tüm uygulamanın %52'lik kısmını oluşturmaktadır. 35 dakikalık ilk bölümü grupla ve sınıfla tartışma tekniği oluşturmaktadır. Araştırmanın öğrenme aşamasında yeterli kuramsal alt yapıya sahip olan öğrenciler, konu ile ilgili kavram yanlışları göz önünde bulundurularak hazırlanmış tartışma sorularına grupça çalışmışlardır. Araştırmacı ise gruplar arasında dolaşarak tartışmanın konu çevresinde

yapılanmasını 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. Bu aşamanın 35 dakikalık ikinci kısmını ise problem çözme tekniği oluşturmaktadır. Grupların, konu içeriği ile ilgili problemlere 20 dakika boyunca tartışması ardından ise 15 dakikalık süre boyunca gruptan rastgele seçilen öğrencilerin bu problemleri grup adına tahtada çözmeleri ile gerçekleştirilmiştir. Aşamanın bu bölümüyle problem çözme yoluyla öğrencilerin kavramların matematiksel temellerini daha iyi anlamalarını sağlamak amaçlanmıştır (Akarsu, 2007).

#### **2.3.4.4. Sınıf Dışı Uygulama**

Bu aşamada öğrencilerin bireysel çalışmasını sağlamak için öğrenilen konu ile ilgili ev ödevleri verilerek gerçekleştirilmiştir (Yücel, 2004). Bu ödevler konunun tamamına ait problem çözme ve problem oluşturma bölümlerinden oluşur. Verilen ödevler bir hafta sonra değerlendirilerek eksikler öğrenciye bildirilmiştir. Öğrencilerin bu uygulamaya ne kadar zaman ayırdığı öngörülememiştir için Tablo 3’te yüzde ile ifade edilememiştir.

#### **2.3.5. İşlem Yolu**

##### **2.3.5.1. Deney Grubu**

1. Uygulamanın ilk haftasında kuantum ve klasik parçacıklar için çift yarık deneyi izlenilmiş ve kuantum fiziksel parçacıkların neden dalga fonksiyonu ile ifade edildikleri sorusu yöneltilmiştir. Uygulamanın ikinci haftasında kuantum fiziksel parçacıklar için ölçme kavramı ile ilgili kısa bir film gösterisi izlenmiş ve belirsizlik ilkesinin fiziksel anlamı sorulmuştur. Uygulamanın üçüncü haftasında ise kuantum fiziği tek yarıktaki kırınım deneyinin gerçekleştirildiği bir film izletilmiş ve belirsizlik ilkesinin klasik ve kuantum fiziksel sınırlarını irdelemeleri istenmiştir.

2. Gruplara ayrılan öğrencilerin “Ders İçeriği Çalışma Metni”ni ile çalışmaları sağlanmıştır.

3. Her bir gruba çalışılan ünite ile ilgili “Ünite Çalışma Yaprağı” bağlılık yaratmak için bir tane dağıtılmıştır. Çalışma yapraklarında üç tartışma sorusu, üç problem yer almaktadır. Çalışma yaprağındaki tartışma soruları grupça tartışılmıştır. Daha sonra araştırmacı önderliğinde sınıfça tartışılmıştır. Çalışma yaprağının problem çözümü kısmında yer alan problemler gruplar tarafından çözülmüştür. Daha sonra rastgele gruptan seçilen öğrencilerle problemlerin tahtada çözülmesi sağlanmıştır.

4. Dersin sonunda araştırmacı tarafından hazırlanan konunun tamamına ait beş problem ve bir problem oluşturma etkinliğinin yer aldığı “Ev Ödevi Çalışma Yaprağı” her öğrenciye bir tane olacak şekilde dağıtılmıştır. “Ev Ödevi Çalışma Yaprakları” bir sonraki dersin başında toplanarak değerlendirilmiştir.

##### **2.3.5.2. Kontrol Grubu**

Deney grubu için hazırlanmış olan Çalışma Metni’nde yer alan içerik araştırmacı tarafından Sunuş Yoluyla Öğrenme, Düz Anlatım Yöntemi, Anlatma ve Soru Yanıt Teknikleri



kullanılarak hazırlanan günlük planlara uygun bir şekilde anlatılmıştır. Ders anlatımının sonunda deney grubu öğrencilerinin çalışma yapraklarında yer alan problemler araştırmacı tarafından kontrol grubu öğrencilerine derste çözülmüştür. Deney grubu öğrencilerine ev ödevi olarak verilen problemlerin hepsi kontrol grubu öğrencilerine de dağıtılmıştır.

### 3. BULGULAR

Bu bölümde, BİYS ön ölçüm, son ölçüm ve gecikmiş ölçüm puanları araştırmanın alt problemlerine çözüm oluşturacak şekilde her iki grup için ortaya konulmuştur.

#### 3.1. Hibrit Yaklaşımın Öğrencilerin Akademik Başarısı Üzerindeki Etkileri

Araştırmanın birinci alt problemi “Deney grubu ön test başarı puanı ile deney grubu son test başarı puanı arasında anlamlı düzeyde farklılık var mı?” ve ikinci alt problemi “Kontrol grubu ön test başarı puanı ile kontrol grubu son test başarı puanı arasında anlamlı düzeyde farklılık var mı?” şeklinde ifade edilmiştir. Bu alt problemlere ait bulgular Tablo 4.’te sunulmuştur.

**Tablo 4. Deney ve Kontrol Gruplarının BİYS Ön- Son Ölçümlerinin Karşılaştırılması**

Gruplar	Ö.Ö.		S. Ö.			t-Değeri	p-Değeri
	AO	SS	AO	SS	SD		
Deney (n=18)	8,44	5,38	51,33	15,52	34	-10,541	0,00*
Kontrol (n=18)	8,28	4,97	23,16	7,32	34	-7,86	0,00*

\*Fark önemli (önem denetimi  $p < 0,05$ ) *Maksimum Puan:90*

Tablo 4.’e göre, deney grubunun son ölçüm ortalaması ( $O=51,33$ ), ön ölçüm ortalamasından ( $O=8,44$ ) yüksektir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda, ön ölçüm ve son ölçüm ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır [ $SD=34$ ,  $t_{34}=-10,541$ ,  $p=0,00$ ,  $p<0,05$ ]. Yine Tablo 4.’e göre, kontrol grubunun son ölçüm ortalamasının ( $O=23,16$ ) ön ölçüm ortalamasından ( $O=8,28$ ) yüksektir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda, ön ölçüm ve son ölçüm ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır [ $t_{34}=-7,86$   $p=0,00$ ,  $p<0,05$ ]. Ayrıca deney grubunda uygulanan öğretimin etki ölçüsünün (Cohen’s  $d=2,48$ ), kontrol grubunda uygulanan öğretimin etki ölçüsünden (Cohen’s  $d=1,85$ ) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın üçüncü alt problemi “Deney grubu son test başarı puanı ile kontrol grubu son test başarı puanı arasında anlamlı farklılık var mı?” biçiminde ifade edilmiştir. Bu alt probleme ait bulgular Tablo 5. te sunulmuştur.

**Tablo 5. Deney ve Kontrol Gruplarının BİYS Son Ölçümlerine Göre Aritmetik Ortalama, Standart Sapma ve t testi Sonuçları**

Ölçümler	Gruplar	n	O	SS	SD	t-Değeri	p-Değeri
Son Ölçümler	Deney	18	51,33	15,52	34	6,96	0,00*
	Kontrol	18	23,16	7,32			

\*Fark Önemli (Önem denetimi  $p < 0,05$ ) Maksimum Puan:90

Tablo 5. incelendiğinde BİYS son ölçümlerinde, deney grubunun ortalamasının (O=51,33), kontrol grubunun ortalamasından (O=23,16) yüksek olduğu görülmektedir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda, deney ve kontrol grubu son ölçüm ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır [SD=34,  $t_{34}=6,96$ ;  $p<0,05$ ].

### 3.2. Hibrit Yaklaşımın Kalıcılığa Etkisi

Araştırmanın dördüncü ve beşinci alt problemleri “Deney grubu son test başarı puanı ile gecikmiş ölçüm başarı puanı arasında anlamlı bir fark var mı?” ve “Kontrol grubu son test başarı puanı ile gecikmiş ölçüm başarı puanı arasında anlamlı bir fark var mı?” şeklinde ifade edilmiştir. Bu alt problemlere bağlı olarak elde edilen bulgular Tablo 6.’de sunulmuştur.

**Tablo 6. Deney Grubu Son ve Gecikmiş Ölçümleri ile Kontrol Grubu Son ve Gecikmiş Ölçümleri t-Testi Sonuçları**

Gruplar	S.Ö.		G. Ö.		SD	t-Değeri	p-Değeri
	AO	SS	AO	SS			
Deney (n=18)	51,33	15,52	40,72	12,99	17	3,789	0,00*
Kontrol (n=37)	23,16	7,32	22,11	11,19	17	0,383	0,707

\*Fark önemli (Önem Denetimi  $p < 0,05$ ) Maksimum Puan:90

Tablo 6.’e göre, deney grubunun son ölçüm ortalaması (O=51,33) geciktirilmiş ölçüm ortalamasından (O=40,72) yüksektir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda, son ölçüm ve gecikmiş ölçüm ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır [SD=17,  $t_{17}=3,789$ ,  $p=0,00$ ,  $p<0,05$ ].

Yine Tablo 6. incelendiğinde, kontrol grubunun son ölçüm ortalamasının (O=23,16) gecikmiş ölçüm ortalamasından (O=22,11) yüksek olduğu görülmektedir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda, son ölçüm ve gecikmiş ölçüm ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır [ $t_{17}= 0,383$ ,  $p=0,707$ ,  $p>0,05$ ].

Araştırmanın altıncı alt problemi “Deney grubu gecikmiş ölçüm başarı puanı ile kontrol grubu gecikmiş ölçüm başarı puanı arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilmişti. Bu alt probleme bağlı olarak elde edilen bulgular Tablo 7.’de sunulmuştur.

**Tablo 7. Deney ve Kontrol Gruplarının BİYS Son ve Gecikmiş Ölçümlerine Göre Aritmetik Ortalama, Standart Sapma ve t testi Sonuçları**

Ölçümler	Gruplar	n	O	SS	SD	t-Değeri	p-Değeri
Gecikmiş Ölçüm	Deney	18	40,72	15,52	34	4,643	0,00*
	Kontrol	18	22,11	7,32			

\*Fark Önemli (Önem Denetimi  $p < 0,05$ ) *Maksimum Puan:90*

Tablo 7.’ye göre, deney grubunun gecikmiş ölçüm ortalaması (O=40,72) kontrol grubunun gecikmiş ölçüm ortalamasından (O=22,11) yüksektir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan t testi sonucunda, deney ve kontrol grubu gecikmiş ölçüm ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır [SD=34,  $t_{34}=4,643$ ,  $p=0,00$ ,  $p<0,05$ ].

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kontrol grubu ve deney grubu ön-son test akademik başarı puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık tespit edilmiştir. Bu fark hem geleneksel öğretimin, hem de hibrit yaklaşımla öğretimin öğrencilerin akademik başarısını arttırdığı göstermektedir. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test akademik başarı puanları arasında deney grubu lehine anlamlı düzeyde farklılık tespit edilmiştir. Bu sonuç Belirsizlik ilkesi konusunun öğretiminde geliştirilen hibrit yaklaşımla öğretimin, geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarısını daha fazla arttırdığını göstermektedir. Bu sonuç, “Ramsier ve Bilal tarafından aktif öğrenme tekniklerini birleştiren hibrit yaklaşımla öğretim çalışmaları ile benzerlik göstermektedir (Ramsier, 2001; Bilal, 2005).” Her iki çalışmada da hibrit yaklaşımla öğretimin, geleneksel öğretime göre öğrenci başarısını daha fazla arttırdığı bulgularına ulaşılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, kuantum fiziği öğretimi sırasında görsel araç gereçlerden ve problem çözme tekniğinden yararlanılmıştır. Kuantum fiziği öğretiminde farklı öğretim tekniklerinin özellikle görsel araç gereçlerin kullanılmasının öğrenci başarısını arttırdığını ortaya koyan çalışmalar yer almaktadır. Zollman (1999) ve çalışma grubu kuantum fiziği öğretimi için bilgisayar ve laboratuvar temelli öğretim materyalleri geliştirmişlerdir. Bu yolla kuantum fiziği kavramlarının daha iyi derecede öğrenildiği ortaya konulmuştur. Maine Üniversitesinde Redish (2008) ve araştırma grubu içerisinde görsel araç gereçler ve problemlerin yer aldığı bir kurs geliştirdiler. Bu kursun sonucunda sınırlı matematik bilgisine rağmen kuantum fiziği kavramlarının öğrenciler tarafından öğrenilebileceği ortaya konulmuştur.

Kontrol grubu son-gecikmiş test akademik başarı puanları arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Deney grubu son-gecikmiş test akademik başarı puanları arasında anlamlı düzeyde bir farklılık tespit edilmiştir. Bu sonuç belirsizlik ilkesinin öğretiminde geleneksel öğretiminin, hibrit yaklaşımla öğretime göre kalıcılık üzerine daha fazla katkısı

olduğunu göstermektedir. Bu beklenmedik sonuç kontrol grubu öğrencilerinin son test ve gecikmiş test akademik başarı puanlarının düşüklüğü dikkate alındığında öğrenmiş oldukları az bilgiyi korudukları şeklinde yorumlanabilir. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin gecikmiş test ortalamaları karşılaştırıldığında ise deney grubu lehine anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Bu sonuç ise uygulamadan bir ay sonra hibrit yaklaşımla öğretim yapılan deney grubu öğrencilerinin, geleneksel öğretim yapılan kontrol grubu öğrencilerinden daha yüksek akademik başarıya sahip olduklarını göstermektedir.

## 5. ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarına göre öğrencinin düzeyine, konunun yapısına uygun olarak seçilen farklı öğretim tekniklerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulabilecek hibrit yaklaşımla öğretim modelleri geliştirilebilir.

Hibrit öğretim modelinde uygulanan tekniklerin, öğrencilerin akademik başarısına ne oranda katkı sağladıkları uygulama sonucunda ortaya çıkan bir sorudur. Bu soruya yönelik bir araştırma yapılabilir.

Araştırmada veri toplama aracı olarak, öğrencilerin konu hakkındaki bilgilerini derinlemesine incelemek için yazılı sınav kullanılmıştır. Yazılı sınavın değerlendirilmesindeki sübjektifliği azaltmak için yazılı sınav dereceleme ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçek yeni alt boyutlar eklenerek geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abhang, R. Y. (2005). Making Introductory Quantum Physics Understandable and Interesting, *Classroom-Resonance Journal of Science Education*, 10, 63-73.
- Açıkgöz, K. Ü. (2003). *Aktif öğrenme* (3. Baskı). İzmir: Eğitim Dünyası Yayınları.
- Akarsu, B. (2007). *Students' Misconceptual Understanding of Quantum Physics in College Level Classroom Environments*. Unpublished doctoral dissertation, Indiana Universty, USA.
- Ambrose, B.S., Heron, P.R.L., Vokos, S. & McDermott, L.C. (1999). Student Understanding of Light as an EM Wave: Relating the Formalism to Physical Phenomena. *American Journal of Physics*, 67, 891-898.
- Bergström, L., Johanson, K.E. & Nilson, C.H. (2001). The Physics of Copenhagen for Students and the General Public. *Physics Education, Special Feature: Nuclear Physics*, 388-393.
- Bethge, T. & Niedderer, H. (1996). *Students' Conceptions in Quantum Physics*. 12.05.2008 tarihinde <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1995-AJP-TBHN.pdf>. adresinden alınmıştır.
- Bilal, E. (2005). *Lisans Düzeyinde Elektrostatik Konusunun Hibrit Yaklaşımla Öğretimi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bilal, E. & 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. 499.
- Charles, L. H., Abegg, G. & Garik, P. (1999). *How Computer Simulations Affect High School Students' Reasoning in Quantum Chemistry*. 12.05.2008 tarihinde <http://www.bu.edu/smec/qsad/ed/narst.clh.htm> adresinden alınmıştır.
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, F. (1997). *Fizik Öğretimi*. Ankara: YÖK/ Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi.
- Eggen P. & Kauchak D. (1998). *Learning and Teaching: Research Based Methods*. Boston: Allyn and Bacon.
- Euler, M., Hanselmann, M., Müller, A. & Zollmann, D. (1999). *Students' Views of Models and Concepts in Modern Physics*. 12.05.2008 tarihinde [http://www.physics.umd.edu/perg/qm/qmcourse/NewModel/research/qm\\_narst\\_full.pdf](http://www.physics.umd.edu/perg/qm/qmcourse/NewModel/research/qm_narst_full.pdf) adresinden alınmıştır.
- Fischler, H. & Lichtfeldt, M. (1992). Modern Physics and Students' Concepts. *International Journal of Science Education*, 14, 181-190.
- Gilbert, J.K., Boulter, C. J., & Emler, R. (1995). *Stretching Models too Far*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Education Research Association, San Francisco, C. A.
- Ireson, G. (1999). A Multivariate Analysis of Undergraduate Physics Students' Conceptions of Quantum Phenomena. *European Journal of Physics*. 20, 193-199.
- Johanson, K.E. & Milstead, D. (2008). Uncertainty in the Classroom-Teaching Quantum Physics. *Physics Education*. 43, 173-179.
- Masshadi, A. & Woolnough, B. (1999). Insights into Students' Understanding of Quantum Physics: Visualizing quantum entities. *European Journal of Physics*. 20, 511-516.
- Müller, R. & Wiesner, H (1999). *Students' Conceptions of Quantum Physics*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching.
- Müller, R. & Wiesner, H. (2002). Teaching Quantum Mechanics on an Introductory Level. *American Journal of Physics*. 70(3), 200-209.
- Niedderer, H., Deylitz, S. & Zollmann, D. (1999). *Evaluation of a New Approach in Quantum Atomic Physics in High School*. 12.05.2008 tarihinde [http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM\\_papers.pdf](http://www.phys.ksu.edu/perg/papers/narst/QM_papers.pdf). adresinden alınmıştır.
- Olsen, R. V. (2001). *A study of Norwegian Upper Secondary Physics Specialist Conception of Atomic Models and Wave Particle Duality*. 03.08.2007 tarihinde [http://folk.uio.no/rolfvo/Publications/Tessaloniki\\_paper.pdf](http://folk.uio.no/rolfvo/Publications/Tessaloniki_paper.pdf). adresinden alınmıştır.
- Olsen, R. V. (2002). Introducing Quantum Mechanics in the Upper Secondary

- School: A Study in Norway. *International Journal of Science Education*. 24 (6), 565-574.
- Özdemir, E. (2008). *Kuantum Fiziğinde Belirsizlik İlkesi: Hibrit Yaklaşımla Öğretimin Akademik Başarıya Etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özdemir, E. & Erol, M. (2008). Student Misconceptions Relating Wave Packet and Uncertainty Principle in Quantum Physics. *Balkan Physics Letter. Special Issue*. 641-635.
- Pospiech, G. (2000). Uncertainty and Complementarity: The Heart of Quantum Physics. *Physics Education*. 35(6), 393-399.
- Ramsier, R. D. (2001). A Hybrid Approach to Active Learning. *Physics Education*. 36, 124-128.
- Rebello, N.S. & Zollman, D. (1999). *Conceptual Understanding of Quantum Mechanics After Using Hands-on and Visualization Instruction Materials*. 12. 08. 2006 tarihinde <http://didaktik.physik.unibremen.de/niedderer/download/181999na.PDF#page=4> adresinden alınmıştır.
- Redish, E.F., Steinberg, R. N. & Wittmann, M.C. (2008). *A New Model Course in Applied Quantum Physics*. 12.05.2006 tarihinde <http://www.physics.umd.edu/perg/qm/qmcourse/NewModel/index.html>. adresinden alınmıştır.
- Robblee, K. M., Garik, P., Abegg, G. & Zollman, D. (1999). *Using Computer Visualization Software to Teach Quantum Science: The Impact on Pedagogical Content Knowledge*. 12. 05. 2008 tarihinde <http://www.doocu.com/pdf/view/21054> adresinden alınmıştır.
- Shunk, D. (2000). *Learning Theories, an Educational Perspective*. Ohio: An Imprint Prentice Hall.
- Singh, C., Belloni, M. & Christian, W. (2006). Improving Students' Understanding of Quantum Mechanics. *Physics Today*, 59(8), 43-49.
- Steinberg R, Wittman, M. C., Bao, L. & Redish, E. F. (1999). The Influence of Student Understanding of Classical Physics when Learning Quantum Mechanics.12.05.2008tarihinde [http://perlnet.umephy.maine.edu/research/qm\\_narst.pdf](http://perlnet.umephy.maine.edu/research/qm_narst.pdf) adresinden alınmıştır.
- Yücel, A., S., (2004). Ortaöğretim Düzeyindeki Öğrencilerin Kimya Derslerinde Verilen Ev Ödevlerine Karşı Tutumlarının İncelenmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* 24, 147-159.
- Zollman, D., Rebello, N.S. & Hogg, K. (2001). Quantum Mechanics for Everyone:

Hands-on Activities Integrated with Technology. *American Journal of Physics*, 70(3), 252-260.

### EXTENDED ABSTRACT

In spite of some studies about fundamental concepts and student's misconceptions in quantum physics and various suggestions on how quantum physical concepts can be thought in a more effective way, there seems to be clear gap on how those suggestions can experimentally be realized. In this work, we aim to contribute to fill this gap. In order to serve this aim, we deal with uncertainty principle which is one of the most important principles of quantum physics. We structured a hybrid instruction approach which includes different instruction methods and techniques in certain proportions and employed in instructing uncertainty principle. To investigate affects of developed hybrid approach and conventional teaching approach on student academic achievement and retention level a pre test-post test control grouped quasi-experimental research design is employed. Sampling of the research consists of 36 voluntary undergraduate students all attending third grade in department of physics education in a state university in İzmir. The students are divided randomly into two groups in accordance with the method of the research. According to outcomes of "Uncertainty Principle Classical Exam (UPCE)" which performed before experimental procedure, it is found that mean of experimental (mean value=8,44) and conventional group (mean value=8,28) are very close and the difference is statistically not meaningful.

In order to answer research questions, a measurement tool that is "UPCE" was prepared by the researchers. During the preparation process of UPCE, student misconceptions, learning difficulties and behavioral objectives are taken into account and the tool is comprised of five questions. Following three expert view and suggestions, the exam was administered to 26 students, all completed quantum physics course a year ago and have similar characteristics in comparison to the experimental group. Outcomes of the application are evaluated twice in a month by using "Rating Scale of Classical Exam" which is developed by the researchers. The scale had a Pearson Correlation Coefficient, which indicates the coherence of scores of the students of  $r=0,86$ . UPCE comprised of three dimensions and each dimension is divided into various sub dimensions. The scale has following dimensions: 1. Understanding of The Problem: In this dimension, coherence between desired concepts and student approach is evaluated. 2. Procedure: In this dimension, it is evaluated that to what level needed equation, procedure and explanations are satisfied. 3. Conclusion: In this dimension, level of accuracy of the results is evaluated.

Content of the materials is structured by considering statistical interpretation of quantum physics and single slit diffraction experiment is designed in a way that one can compare classical physics and quantum physical concepts. Content and order of the topic are designed in the following way.

1) Wave function and concepts of probability: Comparison of classical and quantum physical concepts of wave function, concepts of wave packet, statistical interpretation of wave

function, concepts of probability, classical physics of mean value and standard division, normalization.

2) Uncertainty Principle: Momentum concepts in quantum physics, Heisenberg's uncertainty principle, what is the physical meaning of Heisenberg's Uncertainty Principle.

3) Applications of uncertainty principle: Uncertainty in single slit diffraction: a) Single slit diffraction experiment at classical limit. b) Single slit diffraction experiment for quantum physics.

Hybrid approach develop by the researcher is made up of the sections of preparation, learning in-class and out-class activities. In the preparation section % 5 demonstration, in the learning section % 44 peer instruction, during the in-class activities % 35 discussion and % 35 problem solving technique and finally during the out-class activities personal problem solving and problem development techniques are employed.

Statistical t-test is employed in order to analyses whether a meaningful difference between pre and post applications of experimental and control group students concerning academic achievement and retention level. Furthermore, size affect on pre and post measurement mean values is calculated by using Cohens'd values. The difference between experimental group pre and post academic achieved levels are found meaningful in the control group it is found to be meaningless. Comparison of the size affect applied to both groups, it is found to be both large. On the other hand, experimental group has a larger size effect in comparison with the control group. Post test mean value for the experimental group is 51,33 and post test mean value for the control group is found to be 23,16 so the difference between these two mean values is meaningful. In addition, the difference between post and retention academic achievement levels is found to be meaningless for the control group but it is found meaningful for the experimental group. Post test mean value of experimental group is 40,72 and post test mean value of control group is 22,11 and the difference between these two is calculated to be meaningful.