

FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ KUANTUM FİZİĞİNİN TEMELİ SAYILAN KAVRAM VE OLAYLARI DEĞERLENDİRME BİÇİMLERİ

Ahmet İlhan ŞEN

Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Bölümü, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı

Beytepe-ANKARA

ÖZET

Başarılı bir eğitim-öğretim için öncelikle, iyi eğitilmiş, öğretmesi gereken konuları kendisi iyi kavramış eğitim elemanlarına ihtiyaç vardır. Son yıllarda ülkemizde yapılan araştırmalar incelendiğinde, ortaöğretimde görev yapan veya kısa bir süre sonra göreve başlayacak öğretmen adaylarının, kuantum fiziğinin temel kavramlarını anlamada karşılaştıkları zorlukları araştıran bir çalışmaya rastlanılmamaktadır.

Bu araştırmada; Hacettepe ve Gazi üniversitelerindeki fizik öğretmenliği son sınıf öğrencilerinin, modern fiziğin temeli olan kuantum fiziğinde düştükleri kavram yanılğı ve hataları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar; öğretmen adaylarının, eğitimlerinin son aşamasında bile, kuantum fiziğinin “modern”, kendine has düşünce tarzı yerine, Newton fiziğinde kullanılan klasik benzetmelere bağlı kaldıklarını göstermektedir. Başka bir deyişle; atomların dünyası olan kuantum fiziği hala alışlagelmiş benzetme ve kavramlarla açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular benzer gruplarla Almanya’da yapılan araştırmalara paralel sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Öğretmen adayları görüşleri, Kuantum fiziği öğretimi, Modern fizik.

ABSTRACT

For a successful training and education, there is primarily a need for instructors who have a good command of the subjects they need to teach. When recent studies carried out in our country are looked into, it appears that no study has been done in Turkey about the difficulties that the secondary school teachers, who presently work or who are planning to work, face in comprehending the main concepts of quantum physics.

In this study, the misconceptions that senior students of physics in Hacettepe and Gazi Universities have about quantum physics, which is the basis of modern physics, has been looked into. The result of this examination reveals that instead of the modern Quantum Physics which has its own way of thought, prospective teachers refer to the classical methods of Newton Physics even at the last stage of their education. In other words, quantum physics, the world of atoms, is still being explained by the traditional analogies and concepts. From this study, similar results have been obtained from studies made in Germany with similar groups.

Keywords: Candidate teacher’s views, teaching of quantum physics, modern physics.

1. GİRİŞ

Kuşkusuz kuantum fiziğinde olaylar, günlük hayatta alıştığımız olaylardan farklı gelişmektedir ve klasik fizikte (Newton fiziği) kullanılan konum, momentum gibi birçok kavram artık kuantum fiziğinde eski anlamını yitirmektedir. Sözelimi, elektron gibi herhangi bir “kuantum nesnesinin” kuantum fiziğinde *aynı anda* konum ve momentumundan söz edilemez. Ancak bu belirsizlik, yapılan ölçme hatalarından değil kuantum dünyasındaki olayların tabiatından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden kuantum fiziğinde elektron veya fotonun hareketi, klasik fizikteki bir tenis topunun hareketinden farklı tanımlanır. Çünkü topun verilen herhangi bir anda hem konumu hem de momentumu belirlenebilir.

Modern fiziğin temeli olan kuantum fiziğinin öğretiminde karşılaşılan en önemli zorluk, atom dünyasındaki olayların klasik fizikteki kavram ve benzetmelerle anlatılmasından kaynaklanmaktadır. Bu yol çoğu kez kavram kargaşasına neden olur [1-4]. Bu kargaşadan çıkış yolu, klasik benzetmelerden mümkün olduğunca kaçınmaktır. Örneğin daha başlangıçta, foton-tanecik (tenis veya bilardo topu) benzetmesinden mümkün olduğunca uzak durulmalıdır.

Bu konuda, eğitim-öğretim sürecinin en önemli belirleyicisi olan ve öğretmesi gereken konuları öncelikle kendisi iyi kavramış eğitim elemanlarına büyük görev düşmektedir. Ancak, son yıllarda ülkemizde yapılan araştırmalar incelendiğinde, ortaöğretimde görev yapan öğretmenlerin ve/veya kısa bir süre sonra göreve başlayacak öğretmen adaylarının kuantum fiziğinin temel kavramlarını anlama ve anlatma konusundaki karşılaştıkları veya karşılaşılabilecekleri zorlukları araştırma konusu edinen herhangi bir çalışma bulunmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, kısa bir süre sonra öğretmen olacak eğitim fakülteleri öğrencilerinin kuantum fiziğinin öğretilmesinde sıkça kullanılan kavramlar ve olaylar hakkındaki görüşleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kuantum fiziğinin öğretilmesi konusunda öğretmen adaylarının öncelikle kendilerinin karşılaştıkları sorunları belirlemek bakımından önemlidir.

Ayrıca; yapılan araştırmada elde edilen bulgular, Almanya’da benzer çalışmalardaki [5,6] sonuçlarla karşılaştırılacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Veri Toplama Aracı

Betimsel bir çalışma olan bu araştırmanın verileri anket aracılığı ile toplanmıştır. Uygulanan anket açık uçlu sorularla altı bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm, ışık konusunu kapsamaktadır. Işığı meydana getiren fotonların, öğretmen adaylarının zihninde nasıl çağrışım yaptığı bu kısımda incelenmiştir. Bu bölümde ayrıca, “fotona eşlik eden dalga” (madde dalgası) konusunda, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yayınlanmakta olan lise ders kitabından alınan bir paragrafın öğretmen adaylarında ifade ettiği anlam araştırılmıştır.

Anketin ikinci bölümü; atomun yapısını, buna bağlı olarak atomda elektronun konumunu sorgulayan sorulardan oluşmuştur.

Elektronun klasik bir parçacıktan öte, “Kuantum Nesnesi” olduğunu gösteren standart deneylerden başlıcası elektronlarla yapılan “çift yarık” deneyidir. Üçüncü bölümde öğretmen adaylarından, toplar ve elektronlarla yapılan çift yarık deneylerinin karşılaştırılması ve yorumlanması beklenmiştir.

Kuantum fiziğinin temel ilkelerinden Heisenberg Belirsiz İlkesi anketin dördüncü kısmını teşkil eder.

Son bölümde ise, kuantum fiziğinin liselerde öğretilmesi gerekliliği ve buna bağlı olarak şu andaki müfredatta ilgili konuların yeterli olup olmadığı sorulmuştur.

Anketlere verilen cevapların güvenilirliğini arttırmak için, anketler sınıf ortamında, ders saatleri içerisinde öğretim elemanlarının gözetiminde uygulanmıştır. Öğrencilerin yaklaşık bir ders saatinde sorulara cevap vermeleri istenmiştir.

2.2 Verilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Hazırlanan anket; 1998, 1999 ve 2000 yılları bahar dönemlerinde eğitim fakültesi (Hacettepe ve Gazi üniversiteleri) son sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Araştırmaya katılan öğrencilerin hepsi en azından “kuantum fiziğine giriş” dersine katılmış ve bu dersi geçmişlerdir.

Anket ilk olarak 1998 baharında toplam 15 öğrenciye uygulanmıştır. Daha sonraki yıllarda sırasıyla 38 ve 135 olmak üzere toplam 188 öğrenciyle anket çalışması yapılmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde, anketi oluşturan 5 farklı kategorideki sorular ve alınan cevapların yüzdeler halindeki kategoriye ayrılmış dağılımları verilmiştir. Kategorilerin ne ifade ettiğini daha anlaşılır hale getirmek amacıyla, ilgili kategoriye ait herhangi bir öğrencinin cevabı örneğin Ö4 olarak (ankete katılan 4. öğrenci) verilmiştir.

a) IŞIK ile İlgili Sorulara Verilen Cevapların Değerlendirilmesi

Soru 1: “Foton” ifadesinden ne anlıyorsunuz?

Cevaplar:

Kategori a): *Enerji paketi* (%36,7)

Ö4: Elektromagnetik dalgalar küçük enerji paketlerinden oluşmuştur. Bunların belli bir momentumları vardır ve taneciklerin bir çok özelliklerini gösterirler, ancak kütleleri yoktur. Bu paketler, foton olarak bilinirler.

Kategori b): *Işık tanecikleri* (%30,4)

Ö8: Fotonlar, ışığı oluşturan taneciklerdir.

Kategori c): *Dalga paketi* (%29,8)

Ö1: Fotonu, belli bir alana yoğunlaşmış bir çok dalga olarak düşünüyorum...

Kategori d): *“Kuantum nesnesi”* (%3,1)

Ö10: Foton ifadesinden ne tanecik ne de dalga olan yeni bir şey anlıyorum.

Foton ifadesi; öğretmen adayları tarafından yaklaşık aynı ağırlıkta, “enerji paketi”, “ışık tanecikleri” ve “dalga paketi” olarak algılanmaktadır. Kuantum mekaniğinde fotonlar için ifade edilen ve fotonların kendisine has yapısını vurgulayan “kuantum nesnesi (objesi)” kavramı sadece %3,1’lik bir öğrenci grubu tarafından kullanılmış veya bunu çağrıştıran açıklamalar yapılmıştır. Öğretmen adayı öğrencilerin foton kavramını çoğunlukla klasik benzetmelerle açıkladıkları tespit edilmiştir.

Soru 2: Gerek lise gerekse üniversitedeki fizik derslerinizde Young deneyini gördünüz. Bu deneyde, ışık demeti bir çift yarık düzlemi üzerine gönderildiğinde, ekran üzerinde girişim saçakları görülmektedir. Eğer aynı deneyi, şiddeti çok düşük bir ışık demetiyle yani tek tek fotonlarla yaparsak ekran üzerinde ne beklersiniz?

Cevaplar:

Kategori a): *Tekrar girişim saçacağı gözlenir (%44,7)*

Ö89: Tekrar girişim saçakları gözlenir. Çünkü girişim, ışığın şiddetinden bağımsızdır.

Kategori b): *Girişim saçacağı gözlenmez (%34,3)*

Ö61: Girişim saçaklarının gözlenmesine, birçok dalga karakterine sahip taneciğin birbirini söndürmesi ve birbirini kuvvetlendirmesi neden olur. Tek tek fotonlarla bu olay yapılırsa girişim deseni gözlenemez.

Kategori c): *Cevapsız (%21,0)*

Işık demeti ile yapılan çift yarık deneylerinde fotonların, girişim desenlerini oluşturması; fotonların, bir başka fotonla olan etkileşiminden bağımsız bir özelliğidir. Ancak ankete katılan öğrencilerin önemli bir kısmı (%34,3), Young deneyini ışık demeti yerine tek tek fotonlarla yaptığımızda tekrar girişim saçacağı *gözlenmediğini* ifade etmiş ya da soruyu cevapsız bırakmışlardır (%21,0). Bu sonuç; öğrencilerin büyük çoğunluğunun, girişim saçaklarının fotonların kuantum dünyasındaki kendine özgü yapısının bir sonucu olduğu düşüncesinde olmadıklarını göstermiştir. Bir başka deyişle; fotonlar klasik Newton fiziğindeki tanecik özellikleri ön planda olan bir parçacık gibi düşünülmektedir.

Soru 3: Aşağıdaki ifade Lise 3 fizik kitabında bulunmaktadır:

“Işık, foton denilen çok küçük parçacıklar halinde etrafa yayılmaktadır. Bunların momentumları ve enerjileri vardır. Fotonlara hareketleri sırasında bir dalga da eşlik etmektedir. Bu dalgaların dalga boyuna “de Broglie dalga boyu” denir. (...)

Fotonlara eşlik eden dalgalar da girişim ve kırınım gibi olayları meydana getirirler.

Louis de Broglie ışık dalgaları için ortaya koyduğu $\lambda = h/p$ denkleminin, diğer maddesel taneciklere de uygulanabileceğini gösterdi. Buna göre, kütlesi m ve hızı v olan maddesel bir taneciğe dalgaboyu,

$$\lambda = h/mv$$

olan bir dalga eşlik eder. Bu dalgalara de Broglie dalgaları veya madde dalgaları diyoruz.” [7]

“Fotonlara dalga eşlik etmesi” ifadesinden ne anlıyorsunuz?

Cevaplar:

Kategori a): *Fotonun dalga özelliğinin bir ifadesi (%30,8)*

Ö40: Eşlik etme ifadesinden, fotonların dalga özellikleri göstermesini algılıyorum.

Kategori b): *Fotonun dalga biçiminde hareketi (%24,2)*

Ö48: Bu ifadeden fotonların dalga şeklinde ilerlemesini düşünüyorum.

Kategori c): *Beraber hareket etmek (% 17,5)*

Ö91: Fotonlar hareket ederken onun yanında bir dalganında hareket ettiğini anlıyorum.

Kategori d): *Matematiksel ifade olarak (%6,7)*

Ö67: Hareketli parçacıklar olan fotonların hareketini daha kolay dalga denklemi şeklinde ifade etmek için, fotonlara eşlik ettiği düşünülen dalgalardan bahsedebiliriz.

Kategori e): *Fotonun bir yerde bulunma olasılığı (%1,7)*

Ö10: Fotonlara eşlik ettiği düşünülen dalga, fotonun belirli bir konumda hangi olasılıkta bulunduğunu verir.

Kategori f): *Cevapsız (%19,1)*

“Fotona dalga eşlik etmesi” ifadesi geniş bir dağılımda cevaplanmıştır. Lise kitabından alınan alıntı, ancak De Broglie'nin “Pilot Wave” teorisiyle açıklanabilir (cevaplarda c kategorisine karşılık gelen). Ancak, hiçbir kitap veya kuantum fiziği dersinde bu teorinin artık bahsi geçmediğinden, cevapların bu geniş spektrumda verilmesi doğal karşılanabilir. Lise fizik ders kitabında bulunan ancak kısa bir süre sonra öğretmen olacak adayların dahi anlamakta zorluk çektiği bu kavram ve ifadelerin tekrar ele alınmasında fayda olacağı düşünülmektedir.

b) ATOM ile İlgili Sorulara Verilen Cevapların Değerlendirilmesi

Soru 4: Elektronun atomda bizim için belirli olmasa da herhangi bir an için belirli bir konumu varmıdır?

Cevaplar:

Kategori a): Elektronun ait konum özelliği vardır.

i) *Elektronun her zaman belirli bir konumu vardır (%32,8)*

Ö63: Elektron bir parçacık olduğuna göre her zaman konumu vardır.

ii) *Konum özelliğinin belirsizliği (%31,3)*

Ö99: Elektronun sadece herhangi bir anda herhangi bir yerde bulunma ihtimalinden bahsedebiliriz.

iii) *Elektronun her zaman belirli bir konumu vardır, ancak ölçme sırasında olumsuz etkilenir (%6,1)*

Ö77: Elektronun herhangi bir an için belirli bir konumu vardır. Ama biz bu konumu ölçmek istediğimizde konumunu değiştiririz.

Kategori b): Elektronun ait konum özelliğinden bahsedilemez.

i) *“Anlık” konum değeri (%6,9)*

Ö10: Elektron sadece bir anlık için konuma sahiptir.

ii) *Heisenberg Belirsizlik İlkesinden dolayı belirli bir konumu yoktur (%5,3)*

Ö6: Elektronun, Heisenberg Belirsizlik İlkesine göre belirli bir konumundan bahsedemeyiz.

Kategori c): *Cevapsız (%17,6)*

Öğrencilerin yaklaşık 2/3'ü “Atomda elektronun herhangi bir an için belirli bir konumu vardır.” ifadesine benzer açıklamalar yapmıştır. Bu sonuç; öğrencilerin, kuantum dünyasının bir parçası olan elektronu hala belirli bir zamanda belirli bir yerde bulunması

gereken klasik bir parçacık gibi düşündüğünü ortaya koymaktadır. Öğretmen adaylarının sadece %5,3'ü Heisenberg Belirsizlik İlkesine dayanarak elektronların konum özelliğini taşımadığı düşüncesindedir.

Soru 5: İlerde öğrencilerinize atomu nasıl açıklarsınız?

Cevaplar:

Kategori a): *Bohr/Sommerfeld Atom modeli ile (%45,6)*

Ö98: Bohr atom modelini kullanırdım. Bunun içinde Güneş sistemimizden yararlanırdım. Elektronları, gezegenlerin enerji kaynağı güneşin etrafında çekim nedeniyle hareket etmesine benzetirdim.

Kategori b): *"Elektron bulutu" –Orbital- modeli yardımı ile (%35,0)*

Ö8: Modern atom teorisine göre belirli yörüngeler yoktur, sadece elektron bulutları vardır.

Kategori c): *Bohr Atom modelinin olasılık yorumunu kullanarak (%10,7)*

Ö19: Atomda çekirdek ve elektronlar vardır. Bu elektronlar çekirdek etrafında, belirli olasılıktaki yörüngelerde dairesel hareket yaparlar.

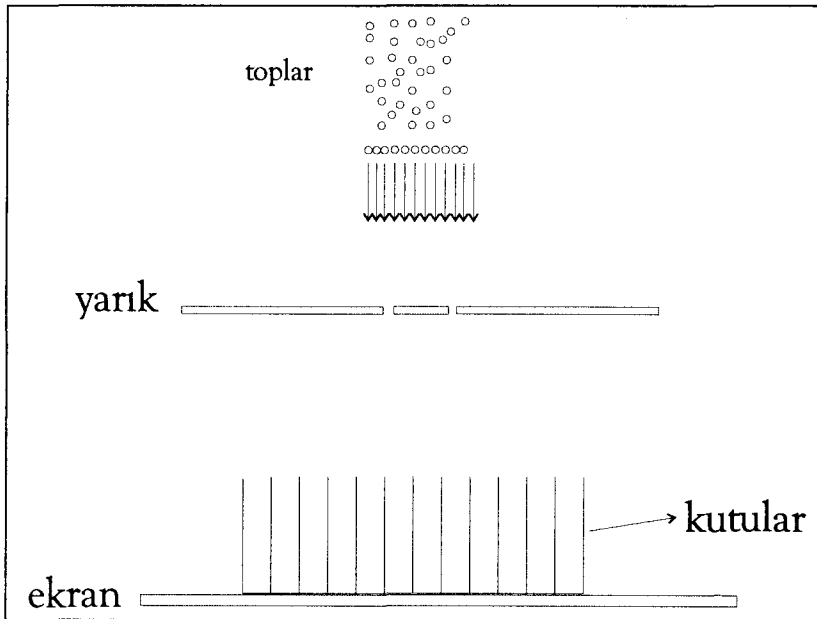
Kategori d): *Tarihsel bir giriş yaparak (%8,7)*

Ö16: Öğrencilere atomu izah ederken, zaman içerisinde Thomson'dan Bohr'a kadar atom düşüncesinin nasıl geliştiğini açıklardım.

Bir önceki sonucu destekleyici nitelikte; öğretmen adaylarının önemli bir kısmı, ileride öğrencilerine atomu, yarı klasik model olan "Bohr Atom Modeli" ile anlatmayı tercih etmişlerdir. Ancak, atom teorisinin gelişmesinde önemli katkılar sağlayan bu modelin, kuantum fiziğinin öğretiminde klasik konum özelliğini temel almasından dolayı gerek öğrenme zorluklarına gerekse de yanlış anlamalara neden olacağı düşünülmektedir.

c) ÇİFT YARIK DENEYİ ile İlgili Soruya Verilen Cevapların Değerlendirilmesi

Soru 6: Aşağıdaki şekilde gösterilen toplar, her ikiside açık olan çift yarık üzerine gönderiliyor.



Toplarla yapılan bu deneyde; yarık düzlemine gelmeden önce işaretleyebileceğimiz bir topun (örneğin maviye boyanmış) sağ veya sol yarıktan geçtiğini söyleyebiliriz. Elektronlarla yapılan çift yarık deneyinde de her iki yarık birden açıkken; elektron “sağdaki yarıktan” veya “soldaki yarıktan” geçti diyebiliriz mi? Bir cümle ile cevabınızı açıklayınız!

Cevaplar:

Kategori a): “Evet”

i) *Belirli bir yol izler (%13,9)*

Ö2: Eğer elektronun kütlesi ve yükü varsa, belirli bir yarıktan geçmesi gerekir.

Kategori b): “Hayır”

i) *Belirli bir konum özelliğinden bahsedilemez (%47,4)*

Ö72: Feynman deneylerindeki sonuçlara göre, elektronların konum özelliğinden bahsedilemez.

ii) *Olasılık (%10,2)*

Ö102: İki yarık açıkken elektronun hangisinden geçtiğine karar veremeyiz, ancak olasılığından bahsedebiliriz.

iii) *Ölçmeden kaynaklanan olumsuz etki (%8,1)*

Ö64: Elektronu takip edersek hareketini değiştiririz yani bir şekilde zorlarız. Elektronu takip etmesek bu seferde konumunu belirleyemeyiz.

Kategori c): Cevapsız (%20,4)

Öğrencilerin yaklaşık yarısı, “Elektronlarla Yapılan Çift Yarık Deneyi”ni kuantum mekaniğini temel alan bir yaklaşımla cevaplandırmışlardır (kategori b, i şikkı). Deneklerin diğer bir yarısı ise hala klasik mekaniğin düşünce çerçevesinde, çift yarık deneyinde elektronlara ya belirli bir yörünge çizmişler ya da bir yerde bulunmanın belli bir olasılıkla söylenebileceğini veya ölçme ile konum özelliğinin olumsuz etkileneceğini ifade etmişlerdir.

d) HEISENBERG BELİRSİZLİK İLKESİ ile İlgili Soruya Verilen Cevapların Değerlendirilmesi

Soru 7: Heisenberg Belirsizlik İlkesi $\Delta x \cdot \Delta y \geq h/(4\pi)$ şeklindedir. Bu formül ne ifade eder?

Cevaplar:

Kategori a): *İki büyüklüğün aynı anda ölçülememesi (%57,7)*

Ö91: Birbirine bağlı büyüklükleri aynı anda ölçmeye çalışırsak, belirli bir hassasiyet oranında ölçebiliriz.

Kategori b): *Parçacığın konum ölçümünün momentumuna olumsuz etkilemesi (%22,8)*

Ö80: Konum ve momentum fiziksel niceliklerinin ölçümünde, birini hatasız belirlemeye çalışırken diğerini belirlemedeki hata artıyor.

Kategori c): *Ölçme hatası (%11,4)*

Ö55: Bir deneyde konum ve momentum ölçmeleri yapılırken yapılan hatalar arasındaki ilişkiyi verir.

Kategori d): *Olasılık yorumu (%8,1)*

Ö28: Heisenberg belirsizlik ilkesi bize, örneğin konum ölçümünde hangi değer için hangi olasılıkla çıkacağı olasılığını verir.

“Heisenberg Belirsizlik İlkesi” genellikle, iki büyüklüğün aynı anda *ölçülememesi* olarak değerlendirilmiştir. “Bir ölçüm (konum veya momentum) diğer ölçümü (momentumu veya konumu) etkiler” ifadesi de çoğu öğretmen adayı tarafından dile getirilmiştir. Bu iki görüş içerisinde birincisi, modern kuantum fiziği düşüncesine daha yakın bir ifadedir.

e) ORTAÖĞRETİMDE KUANTUM FİZİĞİ ÖĞRETİMİ ile İlgili Sorulara Verilen Cevapların Değerlendirilmesi

Soru 8: Ortaöğretim müfredatında bulunan kuantum fiziği ile ilgili konuları yeterli buluyor musunuz? Kısaca açıklayınız!

Cevaplar:

Kategori a): *Şu andaki konular ve içerik yeterli (%49,2)*

Ö131: Halihazırdaki konular, öğrencinin ilerdeki hayatında gerektiği kadar yeterli ve doyurucudur.

Kategori b): *Konular içerik olarak desteklenmelidir (%40,8)*

Ö69: Liselerde girişim, kırınım ve fotoelektrik olaylarından bahsediliyor ama öğrenciler neyin ne olduğunu anlamadan hangi olayda ışığın tanecik, hangisinde dalga özelliğinin ele alınmasıyla açıklandığını anlamıyorlar. Bunlar daha ayrıntılı bir şekilde, daha düzenli olarak öğrencilere verilmelidir.

Kategori c): *Ortaöğretimde şu an öğretilen konular ve içerik bilinmiyor (%10,0)*

Ö72: Şu anda ki müfredat programını bilmiyorum. Ama fazla derine inilmeden genel olarak öğretilmelidir.

Ankete katılan öğretmen adaylarının büyük bölümü, günümüzde ortaöğretimde öğretilen kuantum fiziğinin gerekliliğini vurgulayıp, yaklaşık yarısı şu anda ki konuları yetersiz bulmaktadır.

Soru 9: Sizce, ortaöğretimde kuantum fiziği ile ilgili konular öğretilmeli midir? Nedenini kısaca açıklayınız!

Cevaplar:

Olumlu

- i. Kuantum fiziği modern fiziğin temelidir.
- ii. Eğitimin diğer basamaklarında gereklidir.
- iii. Eğitime devam etmeyenler veya fen bilimlerinde öğrenim görmeyenler için, modern fizik hakkında bir şeyler öğrenmenin tek fırsatıdır.
- iv. Modern teknolojiyi anlamak için ihtiyaç vardır.

Olumsuz

- i. Ortaöğretimde okutulan matematik dersi ile “doğru” bir kuantum fiziği öğretilmez.
- ii. “Kuantum fiziğini, üniversite öğrencileri olarak biz bile (!) tam olarak anlamış değiliz.”
- iii. Detaylı bir kuantum fiziği zaman ve emek bakımından zahmetli olacağından modern fizik konuları atom fiziği ile sınırlandırılmalıdır.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada; fizik öğretmenliği son sınıf öğrencilerinin, modern fiziğin temeli sayılan kuantum fiziğinde düştikleri kavram yanlışlığı ve hataları incelenmiştir. Elde edilen bulgular; öğretmen adaylarının, kuantum fiziğinin “modern”, kendine has düşünce tarzı yerine, hala Newton fiziğinde kullanılan klasik benzetmelere bağlı kaldıklarını göstermektedir. Başka bir deyişle; atomların dünyası kuantum fiziği, hala günlük hayatta alışlagelmiş benzetme ve kavramlarla açıklanmaya çalışılmaktadır.

Almanya’da benzer gruplarla yapılan çalışmalarda da; fizik öğretmenliği son sınıf öğrencilerinin, kuantum dünyasında gelişen olayları hala klasik fizikte sıkça kullanılan benzetmelerle anlama ve anlatma eğiliminde oldukları saptanmıştır [5,6]. Bu benzetmeler gerek Türkiye’de gerekse Almanya’da temel eğitimden başlayıp yüksek öğretime varıncaya kadar eğitim-öğretimin birçok aşamasında sıkça kullanılmaktadır. Bu araştırma, erken yaşlarda yanlış öğrenilen kavramların, ilerdeki yaşlarda düzeltilmesinin zorluğunu göstermektedir. Buradan, özellikle ortaöğretimde nasıl bir modern fizik verilmesi dolayısıyla buna bağlı olarak kuantum fiziğinin nasıl öğretilmesi sorusunun cevabını bulabiliriz:

Kuantum fiziğinin öğretilmesinde günlük davranış ve alışkanlıklarımıza ters gelse de klasik benzetmelerden kaçınıp, kuantum fiziğinin kendine özgü doğası mümkün olduğunca anlatılmalıdır. Bilgisayar, video gibi eğitim teknolojisi araç ve gereçleri, kuantum fiziğinin çoğu kez soyut olan kavramlarının açıklanmasında büyük bir destek sağlayacaktır. Örneğin “Işık” konusunda sorulan 2. soruya öğrencilerin verdikleri, fotonların girişim özelliklerinin birbirleriyle olan etkileşimlerinin sonucu olması cevabı veya “Çift Yarık Deneyi” bölümünde elde edilen elektronlara belirli bir yörünge çizilmesi düşüncesi, uygun bir bilgisayar simülasyon programı yardımıyla [8] bilimsel olarak daha kabul edilebilir düzeye getirilebilir.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlardan bir diğeri de; öğretmen adaylarının kuantum fiziğini anlayıp ifade edebilmekte, matematiksel işlem becerilerine kıyasla daha yetersiz olduklarıdır. Bohr-Einstein arasında yıllarca tartışılan ve günümüzde kuantum fiziğinin yorumunda temel sayılan Bohr’un “Kopenhag Yorumu” ve EPR-Paradoksu gibi konuların derslerde tartışılması [8,9] bu ihtiyacın giderilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

5. KAYNAKÇA

- [1] Brachner, A. und Fichtner, R. "Quantenmechanik im Unterricht", **Physik und Didaktik**, 2: 81-94, (1974).
- [2] Brachner, A. und Fichtner, R. "Quantenmechanik im Unterricht", **Physik und Didaktik**, 4: 249-275, (1974).
- [3] Fischler, H. "Didaktische Probleme einer "Einführung in die Quantenphysik", **Vorträge der Physikertagung der DPG**, Bonn, S: 378-383, (1989).
- [4] Müller, R. und Wiesner, H. "Ein neuer Unterrichtsvorschlag zur Quantenphysik", **Zur Didaktik der Physik und Chemie**, Essen, S: 268-270, (1998).
- [5] Müller, R. und Wiesner, H. "Vorstellungen von Lehramtsstudenten zur Interpretation der Quantenmechanik- Ergebnisse von Befragungen", **Zur Didaktik der Physik und Chemie**, Alsbach, S: 382, (1997).
- [6] Müller, R. und Wiesner, H. "Vorstellungen von Lehramtsstudenten zu begrifflichen Fragen der Quantenmechanik", Deutsche Physikalische Gesellschaft Fachverband Didaktik: **Didaktik der Physik: Vorträge-Physikertagung**, Regensburg, S: 458-463, (1998).
- [7] Özmen, A., Tanrikulu, N.İ., Özdemir, B., Aydemir, İ., Kaya, F., Gürel, İ. ve Dunay, R. "**Fizik III**", Ankara, Devlet Kitapları, s. 76-77, (1996).
- [8] Sen, A.I. "**Moderne Physik in den türkischen Schulen**", München, Herbert Utz Verlag, (2000).
- [9] Müller, R., Schmincke, B. und Wiesner, H. "Atomphysik und Philosophie, Niels Bohrs Interpretation der Quantenphysik - Ein Thema für die Schule", **Physik in der Schule**, 34: 165-170, (1996).