



JOURNAL OF RESEARCH
IN EDUCATION AND SOCIETY
EĞİTİM VE TOPLUM
ARAŞTIRMALARI DERGİSİ
e-ISSN:2458-9624



Cilt: 9 Sayı: 1 Sayfa Aralığı: 85-112 e-ISSN: 2458-9624 DOI: 10.51725/etad.1108748

RESEARCH

Open Access

ARAŞTIRMA

Açık Erişim

Fizik Öğretmenlerinin Parçacık Fiziğine Yönelik Alan Bilgilerinin Gelişimi*

Development of Physics Teachers' Content Knowledge on Particle Physics

Seher Pervan, Pervin Ünlü Yavaş

ÖZ

Bu çalışmanın amacı fizik öğretmenlerinin parçacık fiziğine yönelik alan bilgilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilmektir. Bu bağlamda ortaöğretim 12. sınıf Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite ünitesinde yer alan 10 adet kazanım göz önüne alınarak, parçacık fiziğine yönelik 17 adet kısa cevaplı açık uçlu bir başarı testi hazırlanmıştır. Başarı testi 23 fizik öğretmenine kazanımlara yönelik çevrimiçi etkinlikler yapılmadan önce öntest, etkinliklerden sonra da sontest olarak uygulanarak konularla ilgili bilgilerindeki değişim tespit edilmeye çalışılmıştır. Öntestte Stern-Gerlach deneyinin sonucunda görülen izler, yük ve spin özellikleri verilen parçacık gruplarının tahmini ve çekirdek içerisindeki temel atomaltı parçacıklar hakkında öğretmenlerin bilgilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Uygulama sonrasında yapılan sontestte ise yük ve spin özellikleri verilen parçacık gruplarının tahmini ve çekirdek içerisindeki temel atomaltı parçacıklar dışındaki diğer kazanımlar hakkında olumlu bir değişim elde edilmiştir.

ABSTRACT

The aim of this study is to contribute to the development of physics teachers' content knowledge about particle physics. In this context, a 17 short-answer open-ended achievement test for Particle Physics was prepared, taking into account the 10 acquisitions in the 12th grade Introduction to Atomic Physics and Radioactivity unit of secondary education. The achievement test was applied to 23 physics teachers as a pre-test before the online activities for the achievements and as a post-test after the activities to determine the change in their knowledge about the subjects. As a result of the pre-test, it was determined that teachers are lack of knowledge on the traces seen as a result of the Stern-Gerlach experiment, the estimation of the particle groups given the charge and spin properties, and the fundamental subatomic particles in the nucleus. In the post-test implemented after the activities, positive changes were obtained about the prediction of the particle groups given the charge and spin properties and the gains other than the fundamental subatomic particles in the nucleus.

Yazar Bilgileri

Seher Pervan

Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

seher.p@gmail.com

Pervin Ünlü Yavaş

Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

pervinunlu@gazi.edu.tr

Makale Bilgileri

Anahtar Kelimeler

Parçacık fiziği
Başarı testi
Fizik öğretmeni

Keywords

Particle physics
Achievement test
Physics teacher

Makale Geçmişi

Geliş: 25/04/2022

Düzeltilme: 23/05/2022

Kabul: 24/05/2022

Atıf için: Pervan, S. ve Ünlü Yavaş, P. (2022). Fizik öğretmenlerinin parçacık fiziğine yönelik alan bilgilerinin gelişimi. *JRES*, 9(1), 85-112. <https://doi.org/10.51725/etad.1108748>

Etik Bildirim: Bu araştırma, Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'nun 10.11.2020 tarih ve 80287700-302.08.01- 120208 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

* Bu çalışma ikinci yazarın danışmanlığında yürütülen doktora tezinden üretilmiştir.

Giriş

Toplum olarak ilerleyebilmek ve gelişmiş ülkelerdeki refah düzeyine erişebilmek için okullarda iyi bir eğitimin veriliyor olması gerektiği bilinen bir gerçektir. Ancak okullarda iyi bir eğitimin verilebilmesi ve öğrencilerin başarılı olabilmeleri için okuldaki öğretimin niteliğinin yükseltilmesi gereklidir. Öğrencinin merakını körükleyerek, bunun eyleme dönüşmesini sağlayacak olan kişiler ise öğretmenlerdir. Bilime olan ilginin ve başarının artması, nitelikli öğretmenler olmadan önemli düzeyde yükseltilemez. Başka bir ifadeyle, iyi öğrencilere sahip olunabilmesi için iyi öğretmenlere ihtiyaç vardır (Seferoğlu, 2004).

Gelişerek sürekli yeni kavramların ortaya çıktığı fen alanında öğretmenlerin güncel dair bir eğitimi uygulamasını isteniyorsa, modern fiziğe ve bu alanda yapılan güncel faaliyetlere gereken önem verilmelidir. Modern fizik, günlük yaşamı derinden etkileyen birçok teknolojinin temelini oluşturur. Bunlara bilgisayarlar, lazerler, dijital otomobil parçaları, GPS gibi birçok örnek verilebilir. Bir diğer önemli nokta modern fizik; fiziği 'bitmiş' olarak değil, devam eden bir süreç olarak sunmaktadır (Passon, Zügge ve Grebe-Ellis, 2019). Toplumların teknolojide birçok gelişmeye ilham veren ve vermeye de devam edecek olan bu alan uzun zamandır ilgi çeken konulardandır (Swinbank, 1992). Günümüzde özellikle 2012 yılında Higgs parçacığının keşfinden sonra, CERN başta olmak üzere hızlandırıcılarla parçacık fiziğine olan ilgi ve merak oldukça artmıştır.

Türkiye’de modern fiziğin öğretimi ile ilgili çalışmalar araştırıldığında daha çok kuantum fiziği konuları üzerinde çalışıldığı görülmektedir (Balta, 2014; Demir, 2014; Eryılmaz, 2014; Hassan Zadeh Barani, 2014; Özdemir, 2015; Paliç Şadoğlu, 2014; Yeşildağ, 2009). Parçacık fiziği ve hızlandırıcılar hakkında lise öğrencileri ve fizik öğretmen adaylarının görüşlerini tespit eden az sayıda çalışma bulunmaktadır (Demirci, 2016; Ergin, 2011; Munk-Jakobsen, 2018; Öğreten, 2019; Sağlık, 2013). Ancak parçacık fiziği ile ilgili etkinlik ya da çalışma yaprağı geliştirilmesine yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Türkiye’de modern fizik konularının, 2018 yılından itibaren uygulanmakta olan MEB Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı’nda 12. sınıfın II. yarıyıl üniteleri içerisinde yer aldığı görülmektedir. Ortaöğretimden mezuniyete doğru yaklaşan öğrencilerin motivasyonu üniversite sınavına yöneliktir. Ayrıca üniversite sınavlarında çıkmış soruların konu dağılımı incelendiğinde, modern fiziğe yönelik konuların çıkma olasılığının da oldukça düşük olduğu görülmektedir (Ayvacı, Yamak ve Duru, 2018). Bu durum da öğrencilerin ve öğretmenlerin bu konuları önemsememesine neden olmaktadır.

Türkiye’deki devlet üniversitelerinin fizik öğretmenliği lisans eğitimi dersleri incelendiğinde, bu üniversitelerin lisans ders programlarında atomaltı dünyaya ait olan konuların Çekirdek Fiziği ya da Nükleer Fizik dersleri içerisinde kapsamlı olarak verilmediği görülmektedir. Ayrıca konunun sürekli değişen, güncel bir içeriği olduğu unutulmamalıdır. Fizik öğretmenlerinin günümüz popüler fiziğin soyut konularından olan parçacık fiziğine yönelik olan kavramları öğrencilerine nasıl kazandıracağı hakkında etkinlik örnekleri ya da günlük hayat örnekleri hakkında da bir içerik sunulmamaktadır. Bu durumun fizik öğretmenlerinin parçacık fizik konularını öğrencilerine öğretiminde eksikliğe neden olacağı düşünülmektedir. Hatta bu konuların öğretiminde zorluk olduğunu düşünmelerine neden olacaktır. Modern fizik konularının lise müfredatlarında bulunmasına rağmen öğretiminden kaçınılmasının bir sebebi de matematik ve kavramsal zorluklara sahip olmasıdır (Kaur vd., 2017; Kaur vd., 2020; Shabajee ve Postlethwaite, 2000). Modern fizik

konuları; alışık olunan matematik ve klasik fizikten zordur. Soyut ve zor olan matematiksel ve kavramsal yapısından dolayı anlaşılması zor bir alandır (Eryılmaz, 2014). Bu nedenle öncelikle MEB Ortaöğretim Fizik Öğretim Programı'ndaki kazanımlar kapsamında fizik öğretmenlerinin parçacık fiziğine yönelik alan bilgileri tespit edilmek istenmektedir. Uygulanan etkinliklerle de tespit edilen durumun değişimi incelenmiştir. Bu amaçla öğretim etkinlikleri ve bir başarı testi geliştirilmiştir.

İlgili Alanyazın

Türkiye'deki alanyazına bakıldığında, MEB Ortaöğretim Fizik Öğretim Programı'nda yer alan kazanımlarla ilgili fizik öğretmenlerinin konu alanına yönelik bilgilerini tespit edecek herhangi bir başarı testine rastlanmamıştır. Alanyazında modern fizik konularında parçacık fiziğinin değil; daha çok siyah cisim ışıması ya da özel görelilik konularının çalışıldığı görülmektedir. Balta (2014) tarafından yapılan çalışmada 'öğretmenin, öğretmene öğretmesi' isimli yeni bir hizmet içi eğitim kurs modeliyle fizik öğretmenlerinin modern fiziğin doğuşu ve özel görelilik hakkında alan bilgilerinin geliştirilmesi ve öğretmenlerin de kendi sınıflarında uygulama yaparak öğrencilerinin modern fizik ünitesindeki başarılarına olan etkisi araştırılmıştır. Demir (2014) tarafından yapılan çalışmada lise son ve üniversite birinci sınıf programlarında ortak olarak yer alan modern fizik konularından dalga parçacık ikilemi, nükleer fizik, radyoaktivite, özel görelilik, Rutherford ve Bohr Atom modelleri ile ilgili kavram düzeylerini belirlemeye yönelik çoktan seçmeli sorulardan oluşan geçerli ve güvenilir bir test geliştirilmiştir. Hassan Zadeh Barani (2014) tarafından lise 12. sınıf ve üniversite ikinci sınıf fen bilgisi öğretmenliğinde öğrenim gören öğrencilerin modern fizik dersi öğretiminde, bilgisayar destekli öğretim yöntemlerinden animasyonların akademik başarıya etkisini sınamak amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada ise kara cisim ışıması, Compton olayı, fotoelektrik etki, Bohr atom modeli ve Heisenberg belirsizlik ilkesi üzerinde çalışılmıştır. Özdemir (2015), Paliç Şadoğlu (2014) ve Yeşildağ (2009) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer konular üzerinde araştırma yapıldığı görülmektedir.

Türkiye'de parçacık fiziği hakkında az sayıda çalışma tespit edilmiştir. Bu çalışmalar parçacık fiziği konuları ile ilgili öğretmen adaylarının bilgilerinin araştırılması şeklindedir. Ergin (2011) tarafından yapılan çalışmada fizik öğretmen adaylarının atomaltı parçacıklar ve parçacık hızlandırıcılarına dair görüşleri hazırlanan açık uçlu sorularla araştırılmıştır. 11 adet açık uçlu sorudan oluşan anket, 'Particle Adventure' adlı sitenin konu anlatımlarında yer alan kavramlar ve konu sonundaki değerlendirme soruları örnek alınarak hazırlanmıştır. Fizik öğretmen adaylarının anket sorularını anlamakta ve açıklama yapmakta zorlandıkları, atom ve yapısı hakkında açıklama yaparken atomaltı parçacıklar ve parçacıklar arası etkileşimleri içeren ifadeleri kullanmadıkları ayrıca mezon, müon, gluon, graviton, Z bozonu ve foton kavramları hakkında bilgilerinin olmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Buradan çıkan sonuç öğretmen adaylarının hem lisede aldığı eğitimde hem de üniversitede aldığı derslerde atomaltı parçacıklar konusuna ait bilgilerinde eksiklik olduğunu ortaya koymaktadır. Munk-Jakobsen (2018) tarafından yapılan çalışmada fizik bölümü öğrencilerinin parçacık fiziği konularını anlama düzeyleri ve bu konulardaki kavram yanlışları belirlenmek istenmiştir. Bu amaç için araştırmacı tarafından 10 adet açık uçlu sorudan oluşan 'Parçacık Fiziği Kavramları Testi' hazırlanarak alınan yanıtlar sunulmuştur. Araştırmanın sonucunda öğrencilerin atomaltı parçacıklar hakkında oldukça fazla sayıda kavram yanlışlığı olduğu anlaşılmıştır. Öğrencilerin teste verdikleri cevaplarda kavram yanlışlarının parçacık ve temel etkileşimler hakkında olduğu görülmüştür. Sağlık (2013) tarafından yapılan çalışmada geliştirilen 'CERN Deneyleri Medya Anketi' aracılığıyla fizik öğretmen adaylarının CERN hakkındaki görüşleri tespit edilmiştir. Araştırma için uzman görüşleri alınarak oluşturulan anket, 12 adet yarı açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Öğretmen adaylarının yarısının CERN deneyleri gerçekleştiğinde yüksek düzeyde bir ses çıkacağı

görüşünde oldukları ortaya çıkmıştır. Fizik öğretmen adaylarının deneyleri patlama deneyleri olarak ya da nükleer reaksiyon gibi algıladıkları görülmüştür. Öğreten (2019) tarafından yapılan çalışmada 221 fen bilgisi öğretmen adayının CERN ve parçacık fiziği hakkındaki görüşleri, Tuzón ve Solbes (2016) tarafından geliştirilen ve 17 açık uçlu sorudan oluşan 'Parçacık Fiziği Bilgi Değerlendirme Formu' ile tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda fen bilgisi öğretmen adaylarının parçacık fiziği hakkındaki farkındalıklarının ve bilgi seviyelerinin sınırlı düzeyde olduğu, bununla birlikte bazı temel fizik düzeyindeki kavramlara ilişkin kavram yanlışlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarıyla sınırlı sayıda yapılan bu çalışmalardan başka araştırma bulunamamıştır. Bu da fizik öğretmenleriyle yapılan bu çalışmanın önemini ortaya koymaktadır.

Uluslararası çalışmalarda parçacık fiziği eğitiminde ilköğretim ve lise öğrencilerine yönelik etkinlik geliştirme çalışmalarının sayısının ise oldukça fazla olduğu görülmektedir (Andrews ve Nikolopoulos, 2018; Csörgő, 2012; 2016; Gourlay, 2016; Kontokostas ve Kalkanis, 2013; McGinness, Dührkoop, Woithe ve Jansky, 2019; Nikolopoulos ve Pardalaki, 2020; Pascolini ve Pietroni, 2002; Pavlidou ve Lazzeroni, 2016a; 2016b; Takai, t.y.; Thunyaniti, Toedtanya ve Wutti-prom, 2017; Wiener, Schmeling & Hopf, 2015; 2017). Uluslararası çalışmalarda öğrencilerin ve fizik öğretmenlerinin parçacık fiziği alan bilgisine ilişkin veriler ise oldukça azdır (Barlow, 2000; Fischler ve Lichtfeldt, 1992; Moreira ve Ostermann, 2000; Tuzón ve Solbes, 2016).

Yöntem

Bu bölümde çalışma grubu, araştırmanın modeli, katılımcıların seçimi, veri toplama araçları ve verilerin toplanma süreci açıklanmaktadır.

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu fen lisesi, mesleki ve teknik Anadolu lisesi, Anadolu imam hatip lisesi ve özel lise gibi çeşitli kurumlarda görev yapan gönüllü 23 fizik öğretmeninden oluşmaktadır. Katılımcıların seçiminde amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan, ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Cohen, Manion ve Morrison, 2007; Patton, 2014). Ölçüt örnekleme, belirlenmiş kriteri sağlayan veya araştırma için uygun özelliklere sahip olan durumlarda kullanılan yöntemlerden biridir. Ölçüt olarak çalışmaya katılan öğretmenlerin eğitim fakültesi eğitimleri sonrasında, parçacık fiziği ile ilgili herhangi bir eğitim almamış olması şartı aranmıştır. Ayrıca CERN'de yapılan Türk Öğretmen Çalıştay'ından herhangi birine katılmamış ve parçacık fiziği alanında yüksek lisans ya da doktora çalışmasında bulunmamış olması şartları aranmıştır. Aranan şartlara uygun fazla sayıda fizik öğretmeni araştırma için gönüllü olmuş ancak yalnızca 23 fizik öğretmeni tüm etkinlik oturumlarına devamlı olarak katılmıştır.

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nicel araştırma desenlerinden kontrol grupsuz yani tek gruplu öntest-sontest yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Tek gruplu desenler katılımcı sayısının kısıtlı olduğu durumlara uygun olan desenlerdendir (Creswell, 2017). Bu yöntemde katılımcılara bir müdahaleden önce bağımlı değişken öntest ile ölçülür. Daha sonra bağımsız değişken uygulanır ve bağımlı değişken tekrar ölçülür. Öntest ve sontest puanları arasındaki fark, müdahalenin ne kadar etkili olduğunun göstergesidir (Christensen, Johnson ve Turner, 2015). Gerçekleştirilen çalışmada bağımsız değişkenin (dört gün boyunca çevrimiçi olarak kazanımlara yönelik uygulanan etkinlikler) bağımlı değişken (parçacık fiziğine dair alan bilgilerinin değişimi) üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Öğretmenlere çevrimiçi etkinlikler öncesi öntest uygulanmış ve etkinliklerden sonra sontest uygulanarak kazanımlara yönelik gelişmeler belirlenmiştir.

Etik Bildirim

Bu araştırma, Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'nun 10.11.2020 tarih ve 80287700-302.08.01-120208 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

Parçacık Fiziği Başarı Testi'nin Geliştirilmesi

Bu çalışmada, fizik öğretmenlerinin geliştirilen etkinliklerle parçacık fiziğine dair alan bilgilerinin değişimini tespit etmek için Parçacık Fiziği Başarı Testi (PFBT) veri toplama aracı olarak kullanılmıştır (Bkz: s. 26; PFBT).

Alanyazında Munk-Jakobsen'in (2018) çalışmasında Parçacık Fiziği Kavramları Testi, Tuzón ve Solbes'in (2016) çalışmasında Parçacık Fiziği Bilgi Değerlendirme Formu, Sağlık'ın (2013) çalışmasında CERN Denepleri Medya Anketi geliştirilmiştir. Ancak geliştirilen bu testler Türkiye'de liselerde MEB tarafından uygulanan fizik öğretim programında parçacık fiziği hakkındaki kazanımlarla ilgili değildir. Bu nedenle fizik öğretmenlerinin MEB'in öğretim programındaki kazanımlarla ilgili parçacık fiziğiyle ilgili alan bilgilerini tespit etmeyi amaçlayan bir başarı testi geliştirilmek istenmiştir. Parçacık fiziğiyle ilgili bir başarı testinin geliştirilmesi amacıyla Odom ve Barrow (1995), Palmer (1998, 2001), Taber (1999) ve Karataş, Köse ve Coştu'nun (2003) ortaya koyduğu test geliştirme süreçleri dikkate alınmıştır.

Bir başarı testi geliştirilirken izlenen yol; kazanımları tespit etmek, her bir kazanıma uygun en az 2 adet soru geliştirmek, uzman görüşü alınarak maddeleri yeniden yapılandırmak, geçerliği artırmak için madde analizi yapmak ve teste son halini vermek şeklindedir (Akbulut, 2010; Ermiş, 2008; Eryılmaz, 2014; Gönen, Kocakaya ve Kocakaya, 2011; Öngören, 2007).

(i) *Parçacık Fiziğiyle İlgili Kazanımların Belirlenmesi:* MEB Ortaöğretim Fizik Öğretim Programı'nda parçacık fiziği konuları 12. sınıf fizik dersi ünitelendirilmiş yıllık planının II. yarıyılında yer almaktadır. 'Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite' ünitesinde yer alan atom altı dünyaya ait kavramlara ait alan bilgisini tespit etmek amacıyla geliştirilmek istenen ölçek için ilk aşamada MEB Fizik Öğretim Programı'ndaki kazanımlar belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla 12. sınıf fizik dersi 'Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite' ünitesinde yer alan konu başlıkları, kazanımlar ve kavramlar belirlenmiştir. Hem Anadolu liseleri hem de fen liseleri için hazırlanmış olan öğretim programları ayrı ayrı incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. 'Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite' ünitesinde; Atom Kavramının Tarihsel Gelişimi, Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu konu başlıkları altında yer alan 10 adet kazanım belirlenmiştir. Kazanımlara ait bilgi Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Ortaöğretim 12. Sınıf Fizik Öğretim Programı'nda Parçacık Fiziğine Dair Kazanımlar

Kazanım Numarası	Kazanım
12.4.2.2 a)	Öğrencilerin atomaltı parçacıkları Standart Model çerçevesinde tanımlamaları sağlanır. (AL + FL)*
12.4.2.2 c)	Dört temel kuvvetin açıklanması sağlanır. (AL + FL)
12.4.2.2 ç)	Abdus Salam, Sheldon Lee Glashow ve Steven Weinberg'in Nobel ödülünü elektromanyetik ve zayıf kuvvetin birleşik bir kuvvet görünümünde olduğunu keşfetmeleri üzerine aldıkları vurgulanır. (AL + FL)

12.4.2.4 a)	Atomaltı parçacıklardan başlayarak madde oluşumunun modellenmesi açıklanması sağlanır. (AL + FL)
12.4.2.4 b)	Higgs bozonuna kısaca değinilir. (AL + FL)
12.4.2.3 b)	
12.4.2.4	Madde ve antimadde kavramlarını açıklar. (AL + FL)
12.4.2.5	
12.4.1.4 b)	Öğrencilerin sis odası deneyini araştırmaları ve üzerinde tartışmaları sağlanır. (FL)
12.4.1.4 d)	Öğrencilerin sunumlarında CERN'de yapılan çalışmaların büyük patlama ile bağlantısını tartışmaları sağlanır. (FL)
12.4.1.4 a)	Stern-Gerlach deneyinin sonuçlarının incelenmesi sağlanarak elektron spini kavramı üzerinde durulur. (FL)
12.4.2.3	Öğrencilerin, atomaltı parçacıklar arasındaki etkileşim kuvvetini açıklamaları sağlanır. (FL)

*FL: Fen Lisesi, AL: Anadolu Lisesi

(ii) *Soru Maddeleri Hakkında Uzman Görüşünün Alınması*: Her kazanımdan en az iki adet soru yazılarak, toplamda 30 adet kısa cevap gerektiren açık uçlu soru maddesi yazılmıştır. Hazırlanan sorular; soru kökü, soruların kazanımları kapsama durumu ve bilimsel içerik açısından alan uzmanlarına incelenmek istenmiştir. Önsel çalışmalarda elde edilen uzman görüşleri arasındaki uyum/uyumsuzluk ile kapsam ya da yapı geçerliği için birer kestirim niteliğinde kullanılmak istenmiştir.

Bu çalışma için geliştirilen başarı testi 3 öğretim üyesi (iki fizik, bir parçacık fiziği alanında) ve en az 10 yıllık deneyime sahip 6 fizik öğretmeninin görüşüne sunulmuş, toplamda 9 uzmanın görüşü alınmıştır. Belirlenen uzman grubuna ortaöğretim 12. sınıf 'Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite' Ünitesi; Atom Kavramının Tarihsel Gelişimi, Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu konu başlıkları altında yer alan her bir kazanım için ayrı açıklamalar verilmiştir. Uzman grubundan soru maddelerinin dil açısından, bilimsel açıdan, açıklaması verilen doğru yanıt açısından ve kazanım açısından doğruluk derecelerini incelenmiştir. Bu inceleme 'uygun', 'düzeltmeli' ve 'uygun değil' bölümlerine göre yapılmıştır. Ayrıca 'uygun değil' olarak işaretlenmişse, uzmanlar önerilerini belirtmiştir. Uzmanlar eksik gördükleri yerleri soru üzerinde düzeltmiştir.

Kapsam Geçerlik Oranı (KGO), herhangi bir maddeye ilişkin 'uygun' görüşünü belirten uzman sayılarının maddeye ilişkin görüş belirten toplam uzman sayısının yarısına oranının 1 eksiği ile elde edilir. Eşitliğe göre; uzmanların yarısı maddeye ilişkin uygun şekilde görüş bildirdiklerinde KGO=0, yarısından fazlası uygun şekilde görüş bildirmiş ise KGO>0 ve uzmanların yarısından fazlası uygun şekilde görüş bildirmemiş ise KGO<0 olacaktır. KGO değerleri negatif ya da 0 değerini alıyorsa, böyle maddeler ilk olarak elenen maddelerdir.

Uzmanlardan alınan görüşler ile KGO değerleri hesaplanmıştır. Dokuz uzman için minimum KGO değeri 0,75'tir (Veneziano ve Hooper, 1997). Her bir madde için elde edilen KGO'ların, istatistiksel olarak anlamsız bulunanlar çıkartıldıktan sonra geriye kalan maddeler üzerinden; tüm KGO'ların ortalamaları Kapsam Geçerlik İndeksi'ni (KGİ) vermektedir (Ayre ve Scally 2014; Lawshe, 1975; Wilson, Pan ve Schumsky, 2012). KGİ ise nihai forma alınacak maddelerin toplam KGO ortalamaları üzerinden elde edilir. PFBT için uzman görüşlerine göre hesaplanan KGO değerleri Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Parçacık Fiziği Başarı Testi için Uzman Görüşlerine Göre Hesaplanan KGO Değerleri

Kazanım Numarası	Soru Numarası	Uygun	Düzeltilmeli	Uygun değil	KGO
12.4.1.4 a)	1	6	1	2	0,33*
	2	9	0	0	1
	3	8	1	0	0,77
12.4.1.4 b)	1	9	0	0	1
	2	6	1	2	0,33*
	3	9	0	0	1
12.4.1.4 d)	1	9	0	0	1
	2	6	1	2	0,33*
	3	7	2	0	0,55*
12.4.2.2 a)	1	9	0	0	1
	2	9	0	0	1
	3	8	1	0	0,77
	4	6	1	2	0,33*
12.4.2.2 c)	1	7	2	0	0,55*
	2	8	1	0	0,77
	3	7	2	0	0,55*
12.4.2.2 ç)	1	9	0	0	1
	2	6	3	0	0,33*
12.4.2.3	1	9	0	0	1
	2	9	0	0	1
	3	9	0	0	1
12.4.2.4 a)	1	6	1	2	0,33*
	2	9	0	0	1
	3	6	1	2	0,33*
12.4.2.4 a)	1	9	0	0	1
12.4.2.3 b)	2	6	1	2	0,33*
12.4.2.4	1	9	0	0	1
	2	9	0	0	1
12.4.2.5	3	5	2	2	0,11*
	4	6	1	2	0,33*

Uzman sayısı 9

Kapsam Geçerlik Oranı (KGO) 0,75

Kapsam Geçerlik İndeksi (KGI) 0,96

*Bu maddelerin KGO değeri 0,75 değerinden küçüktür.

Tablo 2’de yer alan KGO değeri 0,75 değerinden küçük olan maddeler testten çıkarılmıştır. Geriye kalan 17 soru üzerinde gerekli düzenlemeler yapılarak testin son hâli oluşturulmuştur. Anlatılan yöntemle elde edilen KGİ değeri 0,96 olarak hesaplanmıştır. KGİ > KGO olduğu için oluşturulan tüm testin kapsam geçerliği istatistiksel olarak anlamlıdır.

(iii) *Geçerlilik ve Güvenirlik*: Araştırmada katılımcıların yanıtlarının analizinde, önceden belirlenen kategorilere göre kodlanarak frekans değerlerine yer verilmiştir. Analiz sonrasında güvenilirliği sağlamak amacıyla verilerin kodlanması sürecinde araştırmacılar ve bir uzmanın kodlamalar arasındaki tutarlılığı hesaplanmıştır. Katılımcıların formda yer alan sorulara verdikleri cevaplar bağımsız olarak araştırmacılar ve bir uzman tarafından değerlendirilmiş olup, araştırmanın güvenilirlik hesaplaması için Miles ve Huberman (1994)’ın önerdiği güvenilirlik formülü kullanılmıştır. Yapılan puanlamalar sonucunda, hesaplamalar arasında uyum yüzdesinin %70’ten büyük olması yapılan analizlerin güvenilir olduğunu gösterir (Miles ve Huberman, 1994). Bunun için araştırmacılar ve bir uzman tarafından bağımsız olarak katılımcıların PFBT’ye verilen cevapları incelenerek kodlanmıştır. Bu işlemin sonucunda tutarlılık ölçütünün %100 uyum ile sağlandığı görülmüştür.

Etkinlikler ve Uygulanma Süreci

Fizik öğretmenlerinin hem fiziksel hem de zihinsel olarak aktif olacağı, bireysel veya grup hâlinde çalışabilecekleri ve alternatif çözümler üretebilecekleri etkinlikler üretmek amaçlanmıştır. Bunun için konuyla ilgili alanyazın taraması yapılmıştır. Türkiye’de parçacık fiziği konu alanına bağlı etkinlik geliştirilmesine dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Uluslararası alanyazında ise parçacık fiziği konu alanına bağlı olarak hazırlanmış çeşitli öğretim etkinlikleri tespit edilmiştir (Alexopoulos, 2014; Cid ve Cid, 2009; 2010, Csörgő, 2012; 2016; Demirci, 2016; Ergin, 2011; Gourlay, 2016; Lindenau, 2017; Lindenau ve Kobel, 2019; McGinness vd., 2019; Pavlidou ve Lazzeroni, 2016a; 2016b; Sağlık, 2013; Tuzón ve Solbes, 2016; Wiener vd., 2015; 2017; Woithe, Wiener ve Van der Veken, 2017). Bazı kazanımlarla eşleştirilen alanyazındaki parçacık fiziği etkinlikleri uyarlanarak çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir. Kalan kazanımlar için ise yeni etkinlikler geliştirilmiştir. Her etkinlik için çalışma ve çözüm yapıları oluşturulmuştur. Tablo 3’te etkinlik numarası, etkinliğin adı, etkinliğin ait olduğu kazanım numarası ve etkinliğin kaynağına ait bilgiler görülmektedir.

Tablo 3. Parçacık Fiziğine Ait Kazanımlar ve Etkinlikler Hakkındaki Bilgiler

Etkinlik Numarası	Etkinliğin Adı	Kazanım Numarası	Kaynak
1	Stern-Gerlach Deneyi	12.4.1.4 a)	Yazarlar tarafından geliştirilmiştir.
2	Sis Odası Deneyi	12.4.1.4 b)	Woithe (2017)
3	CERN’de Neler Oluyor?	12.4.1.4 d)	Yazarlar tarafından geliştirilmiştir.
4	Parçacık Bulmacasının Parçaları	12.4.2.2 a)	The Elegant Universe: Particle Puzzle Pieces (PBS Learning Media, t.y.)
5	Kuark Kart Oyunu	12.4.2.2 a)	Csörgő (2012)
6	Etkileşimlerin Doğası	12.4.2.2 c) 12.4.2.3	The Elegant Universe: Forces of Nature, Finding Forces (PBS Learning Media, t.y.)
7	Elektrozayıf Etkileşim	12.4.2.2 ç)	Yazarlar tarafından geliştirilmiştir.

8	Atomaltı Parçacıklardan Maddeye	12.4.2.4 a)	Still (2017)
9	Higgs Bozonu	12.4.2.4 b) 12.4.2.3 b)	Yazarlar tarafından geliştirilmiştir.
10	Madde ve Antimadde	12.4.2.4 12.4.2.5	The Elegant Universe: Tracking Particle Paths (PBS Learning Media, t.y.)
11	Parçacıkların İzlerini Sürmek	12.4.2.4 12.4.2.5	Tracking Unseen Particles (Contemporary Physics Education Project, t.y.)
12	Feynman Diyagramları	12.4.2.3	Pavlidou & Lazzeroni (2016b)

Etkinliklerde video öğeleriyle ve animasyonlarla zenginleştirilmiş deneysel çalışmalar, online kuark kart oyunlarıyla hadron ya da mezon yapımı, hızlandırıcılarda gerçekleşen olaylara ait izlerin bir bilim insanı gibi incelenmesi, verilen bir bozunmaya ait Feynman diyagramının çizimi ya da verilen diyagrama ait bozunma denkleminin tahmin edilmesi, parçacık fiziğinin gelişimini ortaya koyan bir tarih şeridinin oluşturulması, atomaltı parçacıkların Legolara benzetilerek bir su molekülünün inşa edilmesi, Higgs bozonu ve alanı hakkındaki analoginin incelenmesi sonrasında orijinal bir analoginin oluşturulması gibi çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Etkinlikler için gerekli olan malzemelerin kolay temin edilebilir ya da oluşturulabilir olması göz önünde bulundurulmuştur. Söz konusu olan atomaltı parçacıklar ya da parçacık fiziği olduğundan; yalnızca kâğıt kalem ya da kartlarla oluşturulan etkinliklerin maliyetinin oldukça düşük olacağı unutulmamalıdır.

Etkinliklerin çalışma yapıları hakkında anlaşılabilirlik, bilimsellik, kazanıma uygunluk ve kazanımı kazandırma yeterliliği açısından 5 uzmanın görüşü alınarak düzeltmeler yapılmış ve etkinliklerin geliştirilme aşaması tamamlanmıştır.

Araştırma Süreci

Araştırma süreci birbirini izleyen 4 aşama olarak açıklanabilir.



Şekil 1. Araştırma Süreci

Araştırmanın ilk aşamasında veri toplama aracı olan PFBT ve uygulanacak etkinlikler geliştirilmiştir. İkinci aşamasında fizik öğretmenlerinin parçacık fiziğiyle ilgili alan bilgilerini öğrenmek için PFBT etkinliklerinden önce çevrimiçi olarak yaklaşık 20 dakikada uygulanmıştır. Belirlenen 10 adet kazanımın her birine yönelik olarak hazırlanan etkinlikler fizik öğretmenlerine çevrimiçi olarak dört günde başarıyla uygulanmıştır. Her günde bir oturum yaklaşık 3 saat sürmüştür. Etkinliklerin uygulanmasından bir hafta sonra ise tekrar PFBT çevrimiçi olarak yaklaşık 20 dakikada uygulanmıştır. Fizik öğretmenlerinin PFBT'ye verdiği cevapların, önceden belirlenen kategorilere göre betimsel analizi yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Verilen Analizi

PFBT kısa cevaplı açık uçlu sorulardan oluştuğu için yanıtlar betimsel analizle incelenmiştir. Katılımcıların PFBT'ye verdiği yanıtlar önceden belirlenmiş kategorilere göre değerlendirilmiştir. Araştırmacı tarafından belirlenen bu kategorilerin alanyazında da sıklıkla kullanıldığı görülmektedir

(Ayvacı ve Durmuş, 2016; Çakmak, 2009; Çalık, 2006; Demircioğlu, 2003; Karataş, Köse ve Coştu, 2003). Verilen yanıtlar için önceden belirlenen kategoriler şu şekildedir:

- Bilimsel açıdan geçerliliği olan cevaplar verme (Doğru cevap- DC)
- Geçerli cevabın en az bir yönünü içeren cevaplar verme (Kısmen doğru cevap- KDC)
- Tamamıyla doğru olmayan cevaplar verme (Yanlış cevap- YC)
- Boş bırakma, bilmiyorum şeklinde cevaplama (Cevapsız- C)

Bulgular

Uygulamada etkinliklerden önce ve etkinliklerin sonrasında uygulanan PFBT'ye verilen yanıtlar kaydedilerek değerlendirilmiştir. Belirlenen kategorilere ait frekans değerleri bu bölümde yer almaktadır.

Uygulamada 12.4.1.4 a) numaralı kazanımla ilgili PFBT'nin 1. ve 2. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Katılımcıların Soru 1 ve Soru 2'ye ait Öntest ve Sontestteki Yanıtların Kategorilere Göre Dağılımı

	Öntest				Sontest				
	Kategori	D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 1	5	2	-	16	20	-	2	1
	Soru 2	-	2	4	17	22	1	-	-

Tablo 3 incelendiğinde Stern-Gerlach deneyi sonucunda bilim insanlarının hangi kavramı ortaya attığı hakkındaki PFBT'nin birinci sorusuna öntestte 5 katılımcının doğru açıklamalarda bulunduğu görülmektedir. Buna göre Stern-Gerlach deneyinin sonucunda bilim insanlarının ortaya attığı spin kavramı hakkında katılımcılarının bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Stern-Gerlach deneyi sonucunda elde edilen izler hakkındaki ikinci soruya ise öntestte hiçbir katılımcı doğru cevap verememiştir. Buna göre katılımcıların Stern-Gerlach deneyinin sonucunda görülen izler hakkında bilgilerinin olmadığı görülmektedir. Sontestte ise PFBT'nin birinci sorusuna 20, ikinci sorusuna ise 22 katılımcı doğru cevap vermiştir. Böylece kazanımla ilgili olarak uygulanan 'Stern-Gerlach Deneyi' adlı etkinlik sonucunda doğru cevap frekansının arttığı görülmektedir.

Uygulamada 12.4.1.4 a) numaralı kazanımla ilgili PFBT'nin 3. ve 4. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Katılımcıların Soru 3 ve Soru 4'e ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Öntest				Sontest				
	Kategori	D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 3	3	4	3	18	14	5	-	-
	Soru 4	2	4	13	22	22	14	-	-

Tablo 4 incelendiğinde sis odası deney düzeneğinin kurulumu ve amacı hakkındaki PFBT'nin üçüncü sorusuna öntestte 3 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre sis odası deney düzeneğinin esaslarıyla ilgili katılımcıların bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Sis odası

deneyine ait üç izin elektron, müon ve alfa parçacıkları ile eşleştirilmesi istenen dördüncü soruya ise öntestte 2 katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre katılımcıların sis odası deneyinde görülen izlerin hangi parçacıklara ait olduğu hakkında bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Sontestte ise PFBT'nin üçüncü sorusuna 14, dördüncü sorusuna ise 22 katılımcı doğru cevap vermiştir. Kazanım ile ilgili olan 'Sis Odası Deneyi' adlı etkinlikte deney düzenine nasıl hazırlandığı hakkında bir video izletilmiştir. Etkinliğin çevrimiçi olması nedeniyle- deneyin nasıl hazırlandığı hakkındaki esasları kazandırmada etkisinin olmadığı düşünülmektedir. Sis odasında görülen izlerin hangi parçacığa ait olduğu hakkında ise doğru cevap frekansının artması nedeniyle etkinliğin etkili olduğu görülmektedir.

Uygulamada 12.4.1.4 d) numaralı kazanım ile ilgili PFBT'nin 5. ve 12. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5. Katılımcıların Soru 5 ve Soru 12'ye ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

Frekans	Kategori	Öntest				Sontest			
		D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Soru 5		15	-	-	8	23	-	-	-
Soru 12		6	2	4	11	15	5	1	2

Tablo 5 incelendiğinde CERN'de bulunan hızlandırıcının amaçları hakkındaki PFBT'nin beşinci sorusuna öntestte 15 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre uygulama öncesinde katılımcıların yarısından fazlasının CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın amaçları hakkında bilgilerinin olduğu görülmektedir. Bir pasta grafiğinde yüzdeleri verilen kavramların neler olduğu hakkındaki PFBT'nin on ikinci sorusuna öntestte 6 katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre katılımcıların evrendeki madde, karanlık madde ve karanlık enerjinin yüzdeleri hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Kazanım ile ilgili olan 'CERN'de Neler Oluyor?' etkinliğinin uygulanması sonucunda katılımcıların tamamı beşinci soruya doğru cevap vermiştir. On ikinci soruya ise sontestte 5 katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre etkinliğin katılımcıların Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın amaçlarına yönelik bilgilerin arttığı ancak madde, karanlık madde ve karanlık enerjinin evrendeki bulunmaz yüzdeleri hakkında ise istenen başarının elde edilemediği görülmektedir.

Uygulamada 12.4.2.2 a) numaralı kazanım ile ilgili PFBT'nin 6, 7, 8 ve 16. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Katılımcıların Soru 6, Soru 7, Soru 8 ve Soru 16'ya ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

Frekans	Kategori	Öntest				Sontest			
		D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Soru 6		3	9	4	7	14	8	1	-
Soru 7		16	-	1	6	23	-	-	-
Soru 8		-	3	7	13	2	9	11	1
Soru 16		6	3	6	8	9	7	7	-

Tablo 6 incelendiğinde Standart Model'e göre atomun içerisindeki temel parçacık gruplarının neler olduğunu hakkındaki PFBT'nin altıncı sorusuna öntestte 3 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre atomun içerisindeki temel parçacık sınıflarının lepton ve kuark olduğu hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Standart Model'e göre kuark türleri hakkındaki PFBT'nin yedinci sorusuna öntestte 16 katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre uygulama öncesinde katılımcıların yarısından fazlasının kuark türleri hakkında bilgilerinin olduğu görülmektedir. Yük ve spin bilgileri verilen parçacıkların hangi sınıfa ait olduğunun tahmin edilmesi istenen PFBT'nin sekizinci sorusuna öntestte hiçbir katılımcı doğru cevap verememiştir. Buna göre uygulama öncesinde katılımcıların parçacıkların yük ve spini hakkında bilgilerinin olmadığı görülmektedir. Temel parçacıklardan bileşik parçacıkların ayrılması istenen PFBT'nin on altıncı sorusuna ise öntestte 6 katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre uygulama öncesinde temel ve bileşik parçacık sınıflarının adları hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Kazanım ile ilgili olan 'Parçacık Bulmacasının Parçaları' ve 'Kuark Kart Oyunu' etkinliği uygulandıktan sonra; Standart Model'deki temel parçacık grupları, Standart Model'e göre kaç tür kuark olduğu ve temelden bileşik parçacık gruplarının adlarının ayırt edilmesi hakkında doğru cevap frekansının arttığı görülmektedir. Ancak parçacık gruplarının yük ve spin özelliklerini kazandırmada ise etkinlik etkisizdir. Katılımcılara 'Kuark Kart Oyunu' etkinliğinde Standart Model'deki parçacıkların yük ve spini hakkında bilgi verilmiş, bazı mezon ve hadronların yüklerini hesaplamaları istenmiştir. Katılımcılar etkinlikteki çalışmayı başarıyla tamamlamış olmasına rağmen PFBT'deki soruya doğru açıklamalarda bulunmamıştır. Bu nedenle etkinliğin bilginin kazanımını sağladığı ancak kalıcılığını sağlamadığı düşünülmektedir. Aynı zamanda katılımcılar 'Kuark Kart Oyunu' etkinliğini öğrencilerine sınıflarında uygulamak istediklerini belirtmiştir.

Uygulamada 12.4.2.2 c) ve 12.4.2.3 numaralı kazanımlarla ilgili PFBT'nin 9. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Katılımcıların Soru 9'a ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Öntest				Sontest				
	Kategori	D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 9	14	5	-	4	23	-	-	-

Tablo 7 incelendiğinde verilen açıklamaların hangi etkileşime ait olduğunun tahmin edilmesi istenen PFBT'nin 9. sorusuna öntestte 14 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre uygulama öncesinde evrendeki dört temel etkileşimin özellikleri hakkında katılımcıların yarısından fazlasının bilgilerinin olduğu görülmektedir. Buna göre kazanımlarla ilgili olan 'Etkileşimlerin Doğası' ve 'Feynman Diyagramları' adlı etkinliklerin atomaltı parçacıklar arasındaki etkileşimlerin özelliklerine yönelik bilgilerini arttırdığı görülmektedir. Aynı zamanda katılımcılar Feynman Diyagramları'nın çizimini öğrenmekten memnuniyet duyduklarını belirtmiştir.

Uygulamada 12.4.2.2 ç) numaralı kazanım ile ilgili PFBT'nin 10. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 8'de verilmektedir.

Tablo 8. Katılımcıların Soru 10'a ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Öntest				Sontest				
	Kategori	D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 10	4	-	-	19	7	4	3	9

Tablo 8 incelendiğinde parçacık fiziğindeki kuramların keşfinde yaşanan gecikmenin nedeni hakkındaki PFBT'nin onuncu sorusuna öntestte 4 katılımcı doğru cevap vermiştir. 19 katılımcı ise soruyu cevapsız bırakmıştır. Buna göre katılımcıların parçacık fiziğindeki kuramların keşfinde yaşanan gecikmenin nedeninin hızlandırıcı teknolojisi olduğu hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu söylenebilir. Kazanımla ilgili olan 'Elektrozayıf Etkileşim' adlı etkinlik uygulandıktan sonra ise soruya verilen doğru cevap frekansı 7'ye çıkmıştır. Bunun nedeni olarak tarih şeridi şeklindeki parçacık fiziğinin gelişimi hakkındaki kavramların tahminine odaklanılması olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda katılımcılar Kuantum Renk Dinamiği, Kuantum Elektrodinamiği, Sicim Kuramı ya da Her şeyin Teorisi gibi kavramları ilk kez duyduklarını ve bilgilerinin olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle katılımcıların kazanım hakkındaki bilgileri kazanımdırma etkinliğinin etkisiz olduğu görülmektedir.

Uygulamada 12.4.2.3 numaralı kazanımla ilgili PFBT'nin 11. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. Katılımcıların Soru 11'e ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Kategori	Öntest				Sontest			
		D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 11	15	1	1	6	23	-	-	-

Tablo 9 incelendiğinde çekirdekte protonların bir arada kalmasını sağlayan etkileşim hakkındaki PFBT'nin on birinci sorusuna öntestte 15 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre katılımcıların yarısından fazlasının çekirdeğin dağılmadan bir arada kalmasını sağlayan güçlü nükleer etkileşim olduğu hakkında bilgilerinin olduğu görülmektedir. İlgili etkinlik uygulandıktan sonra ön bilgilerinin olduğu görülmektedir. Kazanımla ilgili 'Etkileşimlerin Doğası' adlı etkinlik uygulandıktan sonra ise katılımcıların tamamının soruya doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre katılımcıların kazanım hakkındaki bilgilerinin arttığı görülmektedir.

Uygulamada 12.4.2.4 a) numaralı kazanımla ilgili PFBT'nin 13. ve 14. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10. Katılımcıların Soru 13 ve Soru 14'e ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Kategori	Öntest				Sontest			
		D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 13	10	6	-	7	22	-	-	1
	Soru 14	1	3	9	10	1	12	8	2

Tablo 10 incelendiğinde kuarktan moleküle kadar olan kavramlar hakkındaki PFBT'nin on üçüncü sorusuna öntestte 10 katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre katılımcıların yarısına yakınının verilen bir şekil üzerinde maddeyi oluşturan atomaltı parçacıklardan moleküle kadar olan kavramlar hakkında bilgilerinin olduğu görülmektedir. Çevremizde gördüğümüz kararlı maddenin içerisindeki temel parçacık grupları hakkındaki PFBT'nin 14. sorusuna ise yalnızca bir katılımcı doğru cevap vermiştir. Buna göre katılımcıların kararlı madde içerisindeki temel parçacıkların u ve d kuarkı ile elektron olduğu hakkında bilgilerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Kazanımla ilgili olan 'Atomaltı Parçacıklardan Maddeye' adlı etkinliğin uygulanması sonrasında on üçüncü soruya sontestte doğru cevap veren 22 katılımcının olduğu görülmektedir. Buna göre katılımcıların maddeyi

oluşturan temel atomaltı parçacıklar hakkında bilgilerinin arttığı görülmektedir. Ancak sontestte on dördüncü soruya verilen doğru cevap frekansının ise değişmediği görülmektedir. İlgili etkinlikte katılımcıların tamamının çalışmayı başarıyla tamamlamasına rağmen, sontestte doğru cevap frekansının artmamasının nedeni olarak katılımcıların soruyu dikkatli okumamalarının doğru cevap frekansının artmasına engel olduğu tespit edilmiştir. Katılımcılar çekirdek içerisindeki temel atomaltı parçacıklar sorusunu, atom içerisindeki tüm parçacıkların cevap olarak istendiğini anladıkları görülmüştür. Bu nedenle doğru cevap frekansında artış meydana gelmemiştir. PFBT’de ilgili soruda dikkat çekmesi için ‘atomun içerisinde’ kelimelerin altı çizili olmasına karar verilmiştir.

Uygulamada 12.4.2.4 b) ve 12.4.2.3 b) numaralı kazanımla ilgili PFBT’nin 15. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 11’de verilmektedir.

Tablo 11. Katılımcıların Soru 15’e ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Kategori	Öntest				Sontest			
		D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 15	10	3	3	7	21	-	1	1

Tablo 11 incelendiğinde Standart Model’e göre kütleli parçacıklar hakkındaki PFBT’nin on beşinci sorusuna öntestte 10 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre katılımcıların yaklaşık yarısının kütleli bir parçacık ismi bildiği görülmektedir. Kazanımla ilgili ‘Higgs Bozonu’ ve adli etkinlik uygulandıktan sonra ilgili soruya sontestte 21 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre ilgili etkinlik uygulandıktan sonra katılımcıların kazanımla ilgili olan doğru cevap frekansının arttığı görülmektedir.

Uygulamada 12.4.2.4 ve 12.4.2.5 numaralı kazanımlarla ilgili PFBT’nin 17. sorusuna verilen yanıtlara ait kategoriler Tablo 12’de verilmektedir.

Tablo 12. Katılımcıların Soru 17’ye Ait Öntest ve Sontest Yanıtlarının Kategorilere Göre Dağılımı

	Kategori	Öntest				Sontest			
		D	KD	Y	C	D	KD	Y	C
Frekans	Soru 17	12	2	1	8	22	-	-	1

Tablo 12 incelendiğinde parçacık ve anti parçacığın özellikleri hakkındaki PFBT’nin son sorusuna öntestte 12 katılımcının doğru cevap verdiği görülmektedir. Buna göre katılımcıların yarısının parçacık ve anti parçacığın yüklerinin zıt olduğu hakkında bilgilerinin olduğu görülmektedir. Kazanımla ilgili olan ‘Madde ve Antimadde’ ve ‘Parçacıkların İzlerini Sürmek’ adlı etkinlikler uygulandıktan sonra ise sontestte 22 katılımcı soruya doğru cevap vermiştir. Buna göre ‘Madde ve Antimadde’ etkinliğinde kabarcık odasında oluşan izler hakkındaki açık uçlu soruların cevaplanması ve ‘Parçacıkların İzlerini Sürmek’ etkinliğinde çeşitli dedektörlerde elde edilen izlerden olayların tahmini çalışmaları sonrasında doğru cevap frekansının arttığı görülmektedir. Aynı zamanda katılımcılar bir bilim insanı gibi izlere bakarak parçacıklara ait bozunmanın tahmin edilmesinden memnuniyet duyduklarını belirtmiştir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada; fizik öğretmenlerinin MEB Ortaöğretim Fizik Öğretim Programı'nda parçacık fiziği hakkındaki kazanımlardan yola çıkılarak, konu alanına yönelik alan bilgilerinin durumu tespit edilmek istenmiştir. Geliştirilen etkinliklerden önce ve etkinlikler uygulandıktan sonra parçacık fiziği hakkındaki alan bilgilerinin durumu yine araştırmacılar tarafından geliştirilen PFBT ile tespit edilmiştir.

Öntestte fizik öğretmenlerinin Stern-Gerlach deneyinin sonucunda ortaya atılan kavramın spin olduğu hakkında bilgilerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Stern-Gerlach deneyinin sonucunda beklenen ve elde edilen izler hakkında ise hiçbir bilgilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Özcan (2013) lisans eğitiminde fizik eğitimi okuyan öğretmen adaylarının spin kavramını bir cismin kendi eksenini etrafında dönmesine benzeterek açıklamaya çalıştığını tespit etmiştir. Fizik öğretmen adaylarının lisans eğitiminde aldığı dersler içerisinde, Stern-Gerlach deneyi ya da sonuçları hakkında bilgi verilmemektedir. Ortaöğretimde ise Stern-Gerlach deneyi hakkında yalnızca MEB Fen Lisesi Fizik ders kitabında kısa bir bilgi yer almaktadır. MEB Anadolu Lisesi Fizik ders kitabında ise bu konuda herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Deneyin sonucunda elde edilen izlerle ilgili bilgi ise hem Anadolu hem de fen lisesi ders kitabında yer almamaktadır. Bu nedenle fizik öğretmenlerinin Stern-Gerlach deneyinde elde edilen izler hakkında öntestte bilgilerinin yetersiz olması beklenen bir durumdur. Stern-Gerlach deneyinin spin için bir öğretim aracı olarak uygulanması hakkında önceki araştırmalar son derece sınırlıdır (Manogue vd., 2012; Sadaghiani ve Munteanu, 2015; Zhu ve Singh, 2011). Sadaghiani ve Munteanu (2015) yaptığı çalışmada lisans eğitiminde fizik okuyan öğrencilerin spin kavramını anlamakta zorluk çektiğini ancak Stern-Gerlach deneyinin öğretimi ve ilgili simülasyonların spini öğretmekte etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu araştırmada da 'Stern-Gerlach Deneyi' etkinliğinde spinin tarihsel öyküsü, deneyin hazırlanma nedeni, deneyin sonucunda beklenenler ve bir animasyonun izletilmesi çalışması sonucunda bilgilerinin arttırdığı görülmüştür.

Öntestte fizik öğretmenlerinin sis odası deney düzeneğinin esasları ve sis odası deneyinde görülen izlerin hangi parçacıklara ait olduğu hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Küçük bulut odaları okullarda uzun yıllardır kullanılmaktadır (Green, 2012). Sis odası ya da diğer adıyla da bulut odası deneyi, TÜBİTAK 4007 bilim şenlikleri kapsamında ortaokul ve liselerde öğrenciler tarafından yaygın olarak yapılan bir gösteri deneyidir. Chaloner (1997) Wilson'ın sis odası deney düzeneğinin atom fiziğinde son yirmi yılda kaydedilen ilerlemelerin en çarpıcı ve en önemlilerinden birini temsil ettiği görüşünde olduğunu belirtmiştir. Ancak çalışmaya katılan fizik öğretmenlerinin bu önemli ve bir o kadar da kolay kurulabilen deneyi yapmadığı ortaya çıkmıştır. Fizik öğretmenlerine 'Sis Odası Deneyi' etkinliğinde deneyin hazırlanması ve deneyde ortaya çıkan izler hakkında bir video izletilmesi sonucunda son testte deneyde görülen izlerin ait olduğu parçacıklar hakkındaki bilgilerinin arttığı görülmüştür. Ancak sis odası deney düzeneği hakkında son testte istenilen artışın görülemediği tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak gerçek bir deneyim yaşamak yerine, deneyin çevrimiçi olarak uygulanmasının sonucu olduğu düşünülmektedir.

Öntestte fizik öğretmenlerinin madde, karanlık madde ve karanlık enerjinin evrende bulunma yüzdeleri hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Uluay (2020) yaptığı çalışmada evrenin açıklanması istendiğinde hiçbir öğretmenin karanlık madde ya da karanlık enerji kavramlarından bahsetmediğini ve bunun nedeni olarak evrenin yapısını açıklarken genellikle enerji-madde döngüsüne ve Büyük Patlama'ya odaklanılmasının neden olduğunu belirtmiştir. MEB ortaöğretim Anadolu ve fen lisesi ders kitaplarında madde ve antimadde hakkında kısaca bilgi

verilirken, karanlık madde ve karanlık enerji hakkında ise herhangi bir bilgi verilmemektedir. Bu nedenle karanlık madde, karanlık enerjinin ne olduğu ya da evrende bulunma yüzdeleri hakkında öntestte bilgilerinin yetersiz oluşu beklenen bir sonuçtur. Fizik öğretmenlerinin parçacık fiziği hakkında popüler bilim kitap ya da dergileri okumaları sonucunda bu bilgiyi edinmeleri söz konusu olabilir. Ancak bütün öğretmen adayı yetiştiren bölümlerde ve tüm sınıf seviyelerinde bilimsel kitapların çok az öğrenci tarafından tercih edildiği ortaya çıkmıştır (Çintaş Yıldız, Ceran ve Sevmez, 2015). Çalışmaya katılan fizik öğretmenlerinin de alanına yönelik bilimsel kitap okumadığı sonucu çıkartılabilir. 'CERN'de Neler Oluyor?' etkinliğinin uygulanması sonucunda ise sontestte ilgili sorunun doğru cevap frekansındaki artışın istenen düzeyde olmadığı görülmektedir. Bunun sonucunda ise araştırmacılar ilgili olan etkinliğin geliştirilmesi gerektiğini düşünmektedir.

Öntestte fizik öğretmenlerinin Standart Model'deki temel parçacık grupları hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Ergin (2011) de yaptığı araştırmada fizik öğretmen adaylarının atomaltı temel ve bileşik parçacıklar konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını belirlemiştir. Kaya da (2010) fen bilgisi öğretmen adayları ile ilgili yaptığı benzer çalışmada, öğretmen adaylarının atom kavramının yapısını %37'sinin tam, %60'ının da kısmen anladıklarını belirlemiştir.

Öntestte fizik öğretmenlerinin parçacık fiziğindeki kuramların keşfinde yaşanan gecikmenin hızlandırıcı teknolojisine bağlı olduğu hakkındaki bilgilerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Parçacık hızlandırıcıları 20. yüzyılın ilk yarısında atom çekirdeği incelemek için ilk olarak kullanılmaya başlanmış ve günümüzde gerek temel fizik araştırmalarında gerekse uygulama alanlarında kullanılmak üzere hem enerji hem de teknoloji bakımından önemli bir noktaya gelmiştir (Akkurt, 2013). Böylece temel etkileşimler arasındaki ilişkiler ortaya çıkmıştır. İlgili olan 'Elektrozayıf Etkileşim' etkinliğinde elektrozayıf etkileşimin nasıl ortaya çıktığı açıklanmış ve bir tarih şeridi üzerine fiziğin gelişimi hakkındaki kuramların tahmin edilmesi istenmiştir. Bu etkinliğin uygulanması sonrasında sontestte doğru cevap frekansında büyük bir artışın olmaması; fizik öğretmenlerinin daha önce hiç duymadıklarını belirttikleri Kuantum Elektrodinamiği, Sicim Kuramı ve Her şeyin Teorisi gibi kavramlara odaklanarak etkinliğin amacından sapıldığını göstermektedir.

Öntestte fizik öğretmenlerinin madde ve antimaddenin farkı, Standart Model'e göre kaç tür kuark olduğu, verilen bir şekil üzerinde kuarktan başlayarak maddenin oluşumunu sağlayan kavramlar, çekirdekte protonların birarada kalmasını sağlayan etkileşim, evrendeki dört temel etkileşimlerin özellikleri, CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın temel amacı hakkında ise yeterli bilgilerinin olduğu görülmektedir.

Sontestte elde edilen sonuçlara göre etkinlikler parçacıkların yük ve spini ile çekirdek içerisindeki temel atomaltı parçacıkların türleri hakkındaki bilgileri kazandırmada etkili olmamıştır. Katılımcıların belirtilen unsurlarla ilgili sorulara verdiği doğru cevap frekansı sontestte değişmemiştir. Diğer tüm kazanımlarla ilgili olan bilgileri kazandırmada ise etkinlikler etkili olmuştur.

Araştırma deneyimleri, öğretmenlerin fen uygulamalarını fen öğretimi ile bütünleştirmelerine yardımcı olur, bu da onların bilime derinlemesine katılım sağlayan sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları yaratmalarına olanak tanımaktadır (Bardeen, Johansson ve Young, 2011). Etkinlikler çevrimiçi olsa da; sis odası deneyinin tanıtılarak açıklanması, kabarcık odasındaki izlerin tartışılması, dedektörlerdeki izlerden bozunmaların tahmini ya da Feynman diyagramlarının çizimi gibi fizik öğretmenleri için oldukça yeni olan bu içerikler ilgiyle karşılanmıştır. Bunun nedeni fizik öğretim programlarında yüzyıllardır bilinen temel fizik kavramları hakkında gösterilere/deneylere oldukça

aşına olunmasına rağmen, modern araştırmalar ve son teknolojiler hakkında bilgiye yer verilmemesidir (Kourkoumelis ve Vourakis, 2016). Öğrencilere ve öğretmenlere özgün bir araştırma sürecinde yer almaları için fırsatlar sağlamak, bilimsel araştırma anlayışını geliştirmenin ilgi çekici bir yoludur (Johansson vd., 2007). Etkinliklerde de belirtilen çalışmalarla fizik öğretmenlerinin bir bilim insanı gibi araştırma yapmasını sağlamıştır.

Etkinliklerde parçacık türlerine ait yük ve spin bilgilerinin öğretilmesi için çalışmalar yapılmış olsa da bilginin kalıcı olması sağlanamamış ve hem öntest hem de sonteste ilgili olan soruya doğru cevap veren olmamıştır. Kuark, fermiyon, bozon ya da leptonlar gibi parçacık türlerinin yük ve spinlerinin bilinmesi oldukça zor bir süreç olarak görülebilir. Robinson 1978'de bile bilinen yüzden fazla hadron türü olduğunu ve bunun da 'hayvanat bahçesi' (particle zoo) terimine yol açtığını belirtmiştir. Günümüze gelindiğinde durum daha da karışıktır. Schmitz 2019'da parçacıklar ve özellikleri hakkında genel bir bakışa sahip olduğunuzu düşünüyorsanız bir hayal kırıklığı yaşayacağınızı, tavşan deliğinin çok daha derine indiğini belirtir. Bu nedenle fizik öğretmenleri için yeni olan bu bilgilerin kafa karıştıcı görülmüş olabileceği kabul edilebilir.

Ergin (2011) tarafından yapılan çalışmada fizik öğretmen adaylarının bazı atom altı parçacıkları açıklamakta zorluk çektiğini ve bu parçacıklara dair net bir görüşlerinin olmadığını; parçacık hızlandırıcıları ve hızlandırıcılarda yapılan çalışmalara dair güncel gelişmeleri takip etmede yetersiz kaldıklarını belirtmiştir. Yapılan çalışmada da etkinlikler uygulanmadan önce fizik öğretmenlerinin parçacık fiziğiyle ilgili çoğu bilgilerinin eksik olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya gönüllü olarak katılanlar en az 2 yıllık öğretmenlik deneyimi bulunan fizik öğretmenleridir. Yapılan her iki çalışmanın benzer sonuçları göstermesi fizik öğretmenlerinin lisans eğitimlerinde belirlenen kazanımlarla ilgili yeterli bilgileri olmadığını ve mesleğini yaparken de bu alanla ilgili herhangi bir eğitim almadıklarını ortaya koymaktadır. Bardeen ve diğerleri (2011) modern fizik dünyasını sınıflara şu yollarla getirerek bugünün öğrencilerine ve yarının bilim insanlarına ilham vermeyi önermektedir: öğrenciler için gayri resmi öğrenme fırsatları, öğretmenlere destek ve kaynaklar sağlamak, öğretmenler için mesleki gelişim çalışmaları ve öğretmenler ve/veya öğrenciler için araştırma deneyimleri sunmak. Ancak fizik öğretmenlerinin bu yollardan hiçbirinden faydalanamaması sonucunda, fizik öğretmen adayları ile fizik öğretmenlerinin parçacık fiziği alan bilgilerindeki eksiklikler benzerdir.

Hizmet içi eğitim ile ilgili yapılan birçok araştırmanın sonuçları, fen ve fizik öğretmenleri için yeterli sayıda ve etkili hizmet içi eğitim faaliyetlerinin düzenlenmediğini belirtmektedir (Çepni, Kaya ve Küçük, 2005; Kanlı ve Yağbasan, 2002). MEB tarafından merkezi ve yerel olarak düzenlenen hizmet içi eğitim uygulamalarında üniversitelerle yeterli seviyede iş birliği yapılmadığını ortaya koymaktadır. Etkinliklerden önce fizik öğretmenlerinin yetersiz olduğu konularda, etkinlikler uygulandıktan sonra pek çoğu hakkında yeterli bilgilerinin olması; uygulanan etkinliklerin olumlu etkisi olarak görülmektedir. Fizik öğretmenleri günümüz bilimine yön veren parçacık fiziği ve atomaltı parçacıklar konusuna yönelik alan bilgilerini geliştirme yönündeki isteklerini göstermektedir. Üniversitelerin MEB'le iş birliği içerisinde fizik öğretmenlerinin parçacık fiziği konu alanına bağlı görüşlerini geliştirmek için hizmet içi eğitimler düzenlenmelidir.

Kruse, parçacık fiziğinde karışık matematiksel denklemleri günlük dilde ifade etmenin çok zor olduğunu ve bu nedenle çeşitli yanlış bilgilerin oluşabileceğini belirtmiştir. Bilimsellikten uzak yazılmış gazete makalelerinin de kavram yanlışlığı oluşturabileceğini belirtilmiştir (aktaran Yeager, 2012, Kasım 13). Yapılan alanyazın çalışması sonucunda Higgs hakkında çeşitli kavram yanlışlarının olduğu tespit edilmiştir (Nomura, Poirier ve Terning, 2018). Fizik öğretmenlerinin Higgs ya da

parçacık fiziği hakkında kavram yanlışlığına sahip olup olmadıkları hakkında üç ya da dört aşamalı kavram yanlışlığı tespitine yönelik testler geliştirilebilir.

Ülkemizde ders kitapları hakkında yapılan araştırmalar incelendiğinde genel olarak kitapların temel bilgi kaynağı olarak kullanıldığı, öğrencilerin bilgi kaynağı olarak ders kitabını gördükleri, ders kitaplarından bir öğretim aracı olarak %70 ve üzeri bir oranda faydalandığı, öğrencilerin sınıf ortamındaki zamanlarının %70-%75'ini ders kitaplarıyla ilgili etkinliklerle geçirdikleri görülmektedir (Kanlı ve Yağbasan, 2004; Karamustafaoğlu, Aydın ve Özmen, 2005; Şengören, Tanel, Yıldırım Benli & Kavcar, 2010; Tertemiz, Ercan ve Kayabaşı, 2001; Tor, 2003). Ancak ders kitabında parçacık fiziği ile ilgili herhangi bir etkinlik bulunmamaktadır. Bu nedenle ders kitaplarına parçacık fiziğiyle ilgili etkinliklerin eklenmesinin, fizik öğretmenlerine bu konuda yardımcı olacağı düşünülmektedir. Şimşek (2010) tarafından yapılan çalışmada Fizik 12 Ders Kitabı araştırmaya katılan öğretmenler tarafından görsel, biçimsel, içerik, laboratuvar etkinlikleri, alıştırma ve değerlendirme yönünden yeterli bulunmamıştır. Fizik öğretmenlerin önemli bilgi ve desteğe erişimleri olmadıkça, parçacık fiziği öğretme konusunda kendilerini güvende hissetmeyecektir (Swinbank, 1992). Bu nedenle MEB Ortaöğretim Fizik 12. Sınıf Ders Kitabı yazarlarına da parçacık fiziğiyle ilgili ilgi çekici güncel bilgilerin veya etkinliklerin eklenmesi önerilmektedir.

HYPATIA ve MINERVA, CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndaki ATLAS deneyinden elde edilen verilerin analizi için bir araçtır. Uluslararası Ustalık Sınıfları'nda (International Masterclass) CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndan alınmış gerçek ATLAS verileri bu programlarla kullanılmaktadır. İleri seviyede bir proton-proton çarpışması ve dedektörlerde parçacıkların nasıl tespit edildiği hakkında bilgi edinmek isteyen fizik öğretmenleri için düzenli olarak kullanılan indirilebilir bir sürümü ve bir web uygulaması biçiminde bulunan çevrimiçi bir sürüm de mevcuttur.

Kaynaklar

- Akbulut, H. H. (2010). *Sıvıların kaldırma kuvveti ve yüzme kavramlarına yönelik probleme dayalı öğrenme uygulaması ve değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akkurt, İ. (2014). Parçacık hızlandırıcıları ve Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) projesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 10-11. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdufenbed/issue/20802/222025> sayfasından erişilmiştir.
- Alexopoulos, A. (2014). *Playing with protons in primary*. CERN Document Server <http://cds.cern.ch/record/1998688> sayfasından erişilmiştir.
- Andrews, I. ve Nikolopoulos, K. (2018). Introducing particle physics concepts through visual art. *Physics Education*. <https://arxiv.org/pdf/1806.11490.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Ayre, C. ve Scally A. J. (2014). Critical values for Lawshe's content validity ratio: revisiting the original methods of calculation. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 47(1), 79-86. <https://doi.org/10.1177/0748175613513808>.
- Ayvacı, H. Ş. ve Durmuş, A. (2016). Bir başarı testi geliştirme çalışması: ısı ve sıcaklık başarı testi geçerlik ve güvenilirlik araştırması. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, 35(1), 87-103. <https://dergipark.org.tr/en/pub/omuefd/issue/26353/277708> sayfasından erişilmiştir.

- Ayvacı, H. Ş., Yamak, S. ve Duru, M. K. (2018). 2016 LYS ve YGS fizik sorularının bloom taksonomisi ve öğretim programında yer alan kazanımlar açısından analizi. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 47(2), 798-832.
- Balta, N. (2014). *The effect of a professional development program on physics teachers' knowledge and their students' achievement in modern physics unit*. Doktora Tezi, Middle East Technical University Department of Secondary Science and Mathematics Education, Ankara.
- Barlow, R. (1992). Particle physics: from school to university. *Physics Education*, 27(2). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/27/2/007> sayfasından erişilmiştir.
- Bardeen, M., G., Johansson, K., E. ve Young, M., J. (2011). Particle physics outreach to secondary education. *Fermilab Pub and Annual Review of Nuclear and Particle Science*, 61, 149-170.
- Chaloner, C. (1997). The most wonderful experiment in the world: A history of the cloud chamber. *The British Journal for the History of Science*, 30(3), 357-374. <https://doi.org/10.1017/S0007087497003130>.
- Christensen, L. B., Johnson, R. B. ve Turner, L. A. (2015). *Araştırma yöntemleri desen ve analiz* (A. Aypay, Çev.) Ankara: Anı.
- Creswell, J. W. (2017). *Nicel ve nitel araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi* (H. Ekşi, Çev.). İstanbul: EDAM.
- Cid, X. ve Cid, R. (2009). Taking energy to the physics classroom from the large hadron collider at CERN. *Physics Education*, 44, 78-83. https://igfae.usc.es/gaes/articles/2009/14_0031-9120_44_1_011.pdf sayfasından erişilmiştir.
- Cid, X. ve Cid, R. (2010). The Higgs particle: a useful analogy for physics classrooms. *Physics Education*, 45(1), 73-75. <https://libgen.ggfwws.net/book/36813394/b54b98> sayfasından erişilmiştir.
- Cohen, L., Manion, L. ve Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6. Basım). London: Routledge.
- Contemporary Physics Education Project (t.y.). Activity four: tracking unseen particles. <https://www.cpepphysics.org/education/activity-4.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Csörgő, T. (2012). "Higgs Boson – on Your Own", talk given at the Zimányi 2012 Winter School on Relativistic Heavy Ion Collisions, 2012 December 3-7, Budapest, Hungary. <http://zimanyischool.kfki.hu/12> sayfasından erişilmiştir.
- Csörgő, T. (2016). LHC and its experiments- on Rubik's void, with a black hole. <https://indico.cern.ch/event/472823/contributions/2180538/attachments/1288931/1918632/2016-06-10-Csorgo-LHC-Rubiks-Void-Black-Hole.pptx> sayfasından erişilmiştir.
- Çakmak, G. (2009). *Altıncı sınıfta yer alan bazı temel kimya kavramlarının öğretimine yönelik hazırlanan yapılandırmacı temelli materyallerin etkililiğinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Çalık, M. (2006). *Bütünleştirici öğrenme kuramına göre lise 1 çözümler konusunda materyal geliştirilmesi ve uygulanması*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Çepni, S., Kaya, A. ve Küçük, M. (2005). Fizik öğretmenlerinin laboratuarlara yönelik hizmet-içi ihtiyaçlarının belirlenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 181-196. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/256397> sayfasından erişilmiştir.
- Çintaş Yıldız, D., Ceran, D. ve Sevmez, H. (2015). Eğitim fakültesi öğrencilerinin okuma alışkanlıkları profili. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(3), 141-166. <https://dergipark.org.tr/en/pub/usaksosbil/issue/21660/232894> sayfasından erişilmiştir.
- Demir, N. (2014). *Lise düzeyinde modern fizik konuları ile ilgili kavram testi geliştirilmesi modern fizik kavram testi (MKFT)*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Eğitim Bölümleri Enstitüsü, Kayseri.
- Demirci, N. (2016). Teaching the history of science in physics classrooms—the story of the neutrino. *Physics Education*, 51(1), 1-11. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/51/4/043003> sayfasından erişilmiştir.
- Demircioğlu, H. ve Atasoy, Ş. (2006). Çalışma yapıklarının geliştirilmesine yönelik bir model önerisi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 71-79.
- Ergin, A. (2011). *Fizik öğretmeni adaylarının temel ve bileşik parçacıklar ile parçacık hızlandırıcılarına dair görüşlerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Ermış, F. (2008). *Kuvvet ve hareket konusunun kavram çarkı ile öğretimi*. Yüksek Lisans Tezi Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=_PumW1cv7F743t6om6rZvw&no=An_4q_c_5c-rp5zaOBGC5A sayfasından erişilmiştir.
- Eryılmaz, Ö. (2014). Lise modern fizik konularının iki farklı öğretim programına göre öğrenilme durumlarının karşılaştırılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimler, Enstitüsü, Ankara.
- Fischler, H. ve Lichtfeldt, M. (1992). Modern physics and students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 181–190. <https://doi.org/10.1080/0950069920140206>.
- Gourlay, H. (2016). Learning about a level physics students' understandings of particle physics using concept mapping. *Physics Education*, 52(1). <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/14369/3/FullText.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Gönen, S., Kocakaya, S. ve Kocakaya, F. (2011). Dinamik konusunda geçerliği ve güvenilirliği sağlanmış bir başarı testi geliştirme çalışması. *Yüzüncü Yıl Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 40-57.
- Green, F. (2012). Making a fish tank cloud chamber. *Physics Education*, 47(3), 338–341. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/47/3/338>.
- Hassan Zadeh Barani, G. (2014). *Bilgisayar destekli animasyonla öğretim yönteminin fen bilgisi öğretmenliği fizik 4 (modern fizik) dersi ile ortaöğretim 11. sınıf modern fizik dersindeki akademik başarıya etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Johansson, K., E., Kobel, M., Hillebrandt, D., Engeln, K. ve Euler, M. (2007). European particle physics masterclasses make students into scientists for a day. *Physics Education*, 42(6). 636-644. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/42/6/012> sayfasından erişilmiştir.

- Kanlı, U. ve Yağbasan, R. (2002). Fizik öğretmenleri için düzenlenen hizmet içi eğitim yaz kursları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 32-38. <https://www.gefad.gazi.edu.tr/en/download/article-file/77456> sayfasından erişilmiştir.
- Kanlı, U. ve Yağbasan, R. (2004). Ortaöğretim fen ve matematik ders kitaplarının eğitimsel tasarımının değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 29(133), 3-10. <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/5056/1171> sayfasından erişilmiştir.
- Karamustafaoğlu, O., Aydın, M. ve Özmen, H. (2005). Bilgisayar destekli fizik etkinliklerinin öğrenci kazanımlarına etkisi: basit harmonik hareket örneği. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(4), 67-81.
- Karataş, F. Ö., Köse, S. ve Coştu, B. (2003). Öğrenci yanılgılarını ve anlama düzeylerini belirlemede kullanılan iki aşamalı testler. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 54-69. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/114820> sayfasından erişilmiştir.
- Kaur, T., Blair, D., Moschilla, J., Stannard, W. ve Zadnik, M. (2017). Teaching Einsteinian physics at schools: part 1, models and analogies for relativity. *Physics Education*, 52(6), 1-17. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aa83e4> sayfasından erişilmiştir.
- Kaur, T., Blair, D., Stannard, W., Treagust, D., Venville, G., Zadnik, M., Mathews, W. ve Perks, D. (2020). Determining the intelligibility of einsteinian concepts with middle school students. *Research in Science Education* 50, 2505–2532.
- Kaya A. (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık ve atom kavramlarını anlama seviyelerinin tespiti. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 15–37.
- Kontokostas, G. ve Kalkanis, G. (2013). Teaching electron—positron—photon interactions with hands-on Feynman diagrams. *The Physics Teacher*, 51, 232-233. <https://aapt.scitation.org/doi/pdf/10.1119/1.4795369> sayfasından erişilmiştir.
- Kourkoumelis, C. ve Vourakis, S. (2016). How the HYPATIA analysis tool is used as a hands-on experience to introduce HEP to high schools. *Nuclear and Particle Physics Proceedings*, 273–275. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysbps.2015.09.198>.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28, 563–575.
- Lindenau, P. (2017). Teaching the standard model of particle physics at school – an alternative approach. *EDULEARN17 Proceedings*, 3836-3846. <http://iktp.tudresden.de/IKTP/pub/17/PhilippLindenauTeachingtheStandardModelofParticlePhysicsatSchool-AnAlternativeApproachEDULEARN17Proceedings.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Lindenau, P. ve Kobel, M. (2019). Introducing an innovative approach of teaching the Standard Model of particle physics at high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1287(1), 636-644. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1287/1/012045/pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Manogue, C., Gire, E., McIntyre, D. ve Tate, J. (2012). Representations for a spins-first approach to quantum mechanics. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:16643562> sayfasından erişilmiştir.
- McGinness, L., Dührkoop, S., Woithe, J. ve Jansky, A. (2019). 3D Printable Quark Puzzle: A Model to Build Your Own Particle Systems. *The Physics Teacher* 57(8). <https://doi.org/10.1119/1.5131116>.

- Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook*. (2. Baskı). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Moreira, M. ve Ostermann, F. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación y Experiencias Didácticas*, 18(3), 391-404. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21689/21522> sayfasından erişilmiştir.
- Munk-Jakobsen, N. (2018). *Lisans öğrencilerinin parçacık fiziği kavramlarını anlama düzeyleri ve kavram yanlışları*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Nikolopoulos, K., ve Pardalaki, M. (2020). Particle dance: particle physics in the dance studio. *Physics Education* 55(2), 1-6. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ab6952/pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Nomura, Y., Poirier, B. ve Terning, J. (2018). *Quantum Physics, Mini Black Holes, and the Multiverse*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:125512304>.
- PBS Learning Media (t.y.). NOVA teachers, the elegant universe: particle puzzle pieces. https://www.pbs.org/wgbh/nova/teachers/activities/3012_elegant_01.html sayfasından erişilmiştir.
- PBS Learning Media (t.y.). NOVA teachers, the elegant universe: forces of nature, finding forces. https://www.pbs.org/wgbh/nova/teachers/activities/3012_elegant_02.html sayfasından erişilmiştir.
- PBS Learning Media (t.y.). NOVA teachers: the elegant universe: tracking particle paths. https://www.pbs.org/wgbh/nova/teachers/activities/3012_elegant_05.html sayfasından erişilmiştir.
- Odom, A. L. ve Barrow, H. L. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.434239>.
- Öğreten, A. S. (2019). *CERN'de yapılan çalışmalar doğrultusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının parçacık fiziği üzerine farkındalıkları ve bilgi düzeylerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Öngören, H. (2007). *İlköğretim yedinci sınıf fen bilgisi dersi "kuvvet, hareket ve enerji" ünitesinde çoklu zeka kuramı tabanlı öğretimin öğrenci başarısı ve tutumları üzerindeki etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli. <http://hdl.handle.net/11499/2859> sayfasından erişilmiştir.
- Özcan, Ö. (2013). Investigation of mental models of Turkish pre-service physics students for the concept of "spin". *Eğitim Araştırmaları-Eurasian Journal of Educational Research*, 52, 21-36. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1060360.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Özdemir, E. (2015). *Bilgisayar destekli 10. sınıf modern fizik ünitesi öğretiminin öğrencilerin kavramsal ve duyuşsal değişimlerine etkisi*. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

- Paliç Şadoğlu, G. (2014). *Lise modern fizik ünitesine yönelik 7E öğretim modeline uygun tasarlanan materyalin etkisinin incelenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Palmer, D. H. (1998). Measuring contextual error in the diagnosis of alternative conceptions in science. *Issues in Educational Research*, 8(1), 65-76. <http://www.iier.org.au/iier8/palmer.html> sayfasından erişilmiştir.
- Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23(7), 691-706. <https://doi.org/10.1080/09500690010006527>.
- Pascolini, A. ve Pietroni, M. (2002). Feynman diagrams as metaphors: borrowing the particle physicist's imagery for science communication purposes. *Physics Education*, 37(4), 324-328. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/37/4/306/pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Passon, O., Zügge, T. ve Grebe-Ellis, J. (2019). Pitfalls in the teaching of elementary particle physics. *Physics Education*, 54, 1-14. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aadbc7/pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Patton, M. Q. (2014). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri* (M. Bütün ve S. B. Demir, Çev.). Ankara: Pegem Akademi.
- Pavlidou, M. ve Lazzeroni, C. (2016a). Particle physics for primary schools—enthusing future physicists. *Physics Education*, 51, 1-5. <https://doi.org/10.22323/1.282.0337>.
- Pavlidou, M. ve Lazzeroni, C. (2016b). Particle physics workshop: The world of particles and interaction. University of Birmingham, STFC Public <https://www.birmingham.ac.uk/Documents/college-eps/physics/outreach-documents/primary-schools-documents/particle-physics-workshop/Feynman-diagrams.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Robinson, A. L. (1978). The new physics: quarks, leptons, and quantum field theories. *Science*, 202(4369), 734-737. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.202.4369.734> sayfasından erişilmiştir.
- Sadaghiani, H., R. ve Munteanu, J. (2015). Spin First instructional approach to teaching quantum mechanics in sophomore level modern physics courses. 2015 Physics Education Research Conference. <https://doi.org/10.1119/perc.2015.pr.067>.
- Sağlık, S. (2013). *Fizik öğretmen adayları ve medyadaki CERN*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Seferoğlu, S. S. (2004). Öğretmen yeterlikleri ve mesleki gelişim. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, 58, 40-45.
- Shabajee, P. ve Postlethwaite, K. (2000). What happened to modern physics?, *School Science Review*, 81(297), 51-56. <https://arxiv.org/ftp/physics/papers/0401/0401016.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Schmitz, W. (2019). Particle Zoo. *Recht - Schnell Erfasst*, 193-200. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12878-4_14.
- Still, B. (2017). *Brick by brick atomic and subatomic physics explained... in LEGO*. London: Octopus.

- Swinbank, E. (1992). Particle physics: a new course for schools and colleges. *Physics Education*, 27(2), 87-91. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/27/2/006>.
- Şengören, S. K., Tanel, R., Yıldırım Benli, A., ve Kavcar, N. (2010). Fizik öğretmenlerinin 9. sınıf fizik kitabına ilişkin görüşleri: İzmir ili örneği. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(1), 224-245. <https://doi.org/10.17522/nefemed.09916>.
- Taber, K. S. (1999). Ideas about ionisation energy: a diagnostic instrument. *School Science Review*, 81, 97-104.
- Takai, H. (t.y.). Quark-Tzee dice game. <http://ippog.org/resources/2011/quark-tzee-dice-game> sayfasından erişilmiştir.
- Thunyaniti, T., Toedtanya, K. ve Wuttiptom, S. (2017). Learning particle physics with diy play dough model. *Journal of Physics: Conference Series*, 901. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/901/1/012128>.
- Tertemiz, N., Ercan, I. ve Kayabaşı, Y. (2001). *Ders kitabı ve eğitimdeki önemi, konu alanı ders kitabı inceleme kılavuzu*. Nobel: Ankara.
- Tuzón, P. ve Solbes, J. (2016). Particle physics in high school: a diagnose study. *PLOS ONE* 11(6),1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156526>.
- Tor, H. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgi teknolojilerinden yararlanma düzeyleri üzerine bir araştırma. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3(1), 734-737.
- Uluay, G. (2020). Fen bilgisi öğretmen adaylarının evren hakkındaki görüşleri. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 4(2), 209-225. <https://doi.org/10.35346/aod.799809>.
- Veneziano, L. ve Hooper, J. (1997). A method for quantifying content validity of health-related questionnaires. *American Journal of Health Behavior*, 21(1), s. 67-70.
- Wiener, G. J., Schmeling, S. M. ve Hopf, M. (2015). Can grade-6 students understand quarks? Probing acceptance of the subatomic structure of matter with 12-year-olds. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(4), 313-322. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1107802.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Wiener, G. J., Schmeling, S. M. ve Hopf, M. (2017). An alternative proposal for the graphical representation of anticolor charge. *The Physics Teacher* 55(8), 472-474. https://www.researchgate.net/publication/320439860_An_Alternative_Proposal_for_the_Graphical_Representation_of_Anticolor_Charge sayfasından erişilmiştir.
- Wilson, F. R., Pan, W. ve Schumsky, D. A. (2012). Recalculation of the critical values for Lawshe's content validity ratio. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 45, 197-210. <https://doi.org/10.1177/0748175612440286>.
- Woithe, J. (2017). Cloud chamber – do – it – yourself manuel. S'cool LAB CERN. https://ippog-static.web.cern.ch/ippog-static/sites/ippog.web.cern.ch/files/SCoolLAB_CloudChamber_DIYManual_2016_v2.pdf sayfasından erişilmiştir.
- Woithe, J., Wiener, G. J. ve Van der Veken, F. F. (2017). Let's have a coffee with the Standard Model of particle physics!. *Physics Education*, 52(3), 1-9. https://indico.cern.ch/event/803074/attachments/1832320/3001970/PED_52_034001.pdf sayfasından erişilmiştir.

- Yeager, A. (2012, Kasım 13). Top 5 common misconceptions about the Higgs particle. *Duke Today*. <https://today.duke.edu/2012/11/higgsmisconceptions#:~:text=Misconception%3A%20The%20Higgs%20boson%20creates,not%20create%20the%20Higgs%20field> sayfasından erişilmiştir.
- Yeşildağ, F. (2009). *Modern fizik öğretiminde öğrencilerin çoklu modsal betimlemeleri algılamaları ve modsal betimlemelerle hazırladıkları yazma aktivitelerini değerlendirme sürecinin öğrenmeye etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zhu, G. ve Singh, C. (2011). Improving students' understanding of quantum mechanics via the Stern–Gerlach experiment. *American Journal of Physics* 79(5), 499-507. <https://doi.org/10.1119/1.3546093>.

Yazarların Katkı Oranı Beyanı

Bu çalışmanın tüm aşamaları iki yazar tarafından yürütülmüştür.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışmanın uzman görüşü kısmındaki katkılarından dolayı fizik ve fizik eğitimci akademisyenlerimize teşekkür ederiz.

Çatışma Beyanı

Araştırma ile ilgili diğer kişi ve kurumlarla herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Bildirim

Bu araştırma, Gazi Üniversitesi Etik Kurulu'nun 10.11.2020 tarih ve 80287700-302.08.01-120208 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

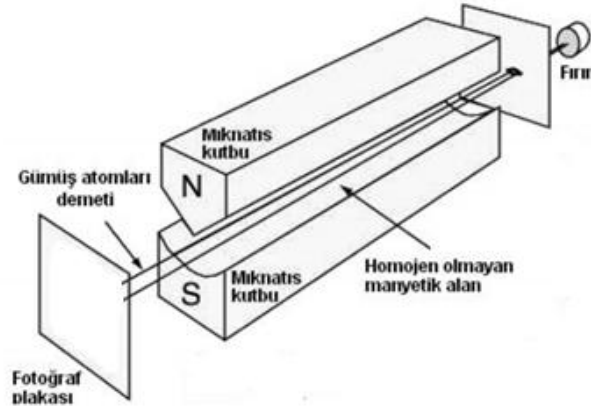
EK 1

Parçacık Fiziği Başarı Testi (PFBT)

1.) Stern-Gerlach deneyi, bir parçacık demetini her yerde aynı yönlü olan fakat şiddeti değişen bir manyetik alan bölgesinden geçirmeye dayanır. Atomun manyetik momentinin, yük dağılımından geldiği fikrine bağlı olarak, homojen olmayan eksen boyunca manyetik momentin izdüşümlerinde demetin sürekli sapmasının beklendiği deney sonucunda, gözlenen ise beklenenden oldukça farklı olmuştur.

Bu deney sonuçlarının açıklanması için bilim insanları hangi kavramı ortaya atmıştır?

2.) Şekilde verilen Stern-Gerlach deney düzeneğinde, fotoğraf plakası üzerinde deneyden önce beklenen izler ve deney sonucunda görülen izler birbirinden oldukça farklı olmuştur.



Şekil. Stern-Gerlach Deney Düzeneği

Buna göre manyetik alan yokken, manyetik alan varken (klasik beklentiye göre) ve deney sonucuna göre görülen izler sizce nasıl olmalıdır? (Çizim yapmanız gerekmektedir)

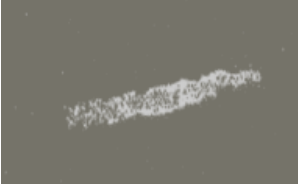
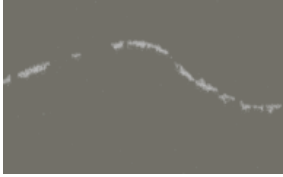
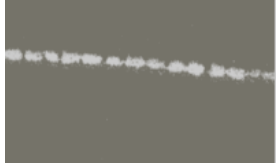
3.) Bulut odası ya da diğer adıyla sis odası deneyi için aşağıda verilen ifadelerde yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

(...) Parçacıkları doğrudan gözlemlememizi sağlar.

(...) Parçacıkların diğer parçacıklarla etkileşimi sonucunda parçacıkların bıraktıkları izleri gözlemlememizi sağlar.

(...) Doymuş alkol yerine sıvı olarak su da kullanılabilir.

4.) Bulut odası deneyi yapan öğrenciler aşağıdaki izleri gördüğüne göre, öğrenciler hangi parçacıkları gözlemlemiş olabilirler?

Ali	Ayşe	Veli
		
Çok kısa ve diğer izlere göre kalın olan bir çizgi	Ali'nin gözlemlediği izlere göre uzun ve zikzaklı bir çizgi	Ayşe'nin gözlemlediğine göre uzun ve düz çizgi

5.) Dünyada doğrusal ya da dairesel olarak çeşitli amaçlarla kurulmuş olan hızlandırıcılar bulunmaktadır. CERN'de yer alan dairesel hızlandırıcı ise Büyük Hadron Çarpıştırıcısı- BHC adını almaktadır.

Buna göre BHC'nin kuruluş amaçları nedir?

6.) Standart Model'e göre atomun içerisinde hangi temel parçacıkları bulabiliriz?

7.) Standart Model'e göre evrende temel parçacık olarak kabul edilen kaç çeşit kuark vardır?

8.) Aşağıda verilen tabloda K, L ve M parçacıklarına ait yük ve spin özellikleri verilmiştir.

Parçacık Adı	Yük	Spin
K	0	0
L	-e	1
M	+e	$\frac{1}{2}$

Buna göre K, L ve M hangi parçacık olabilir ya da hangi parçacık grubuna ait olabilir?

9.) Aşağıda evrendeki dört temel kuvvetten X, Y ve Z hakkında kısa açıklamalar verilmektedir.

X → Temel kuvvetler içerisinde şiddeti en büyük olan kuvvettir.

Y → Radyoaktif bozunmaların birçoğunda pay sahibidir.

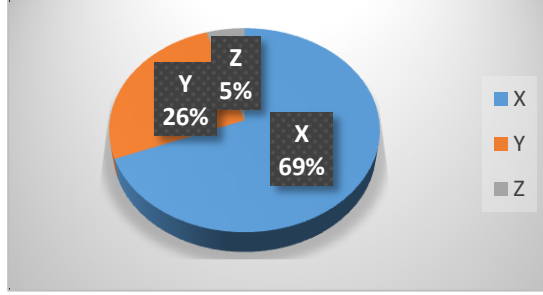
Z → Temel kuvvetler içerisinde en zayıf olan kuvvettir.

Buna göre yukarıda verilen ifadelerde yer alan X, Y ve Z hangi kuvvetlerdir?

10.) Elektrozayıf etkileşmelerin birleşik teorisi 1960'lı yılların sonlarına doğru kurulmasına rağmen bu etkileşmenin taşıyıcı parçacıkları ise çok geç gözlenmiştir. Bu olayın nedeni ne olabilir?

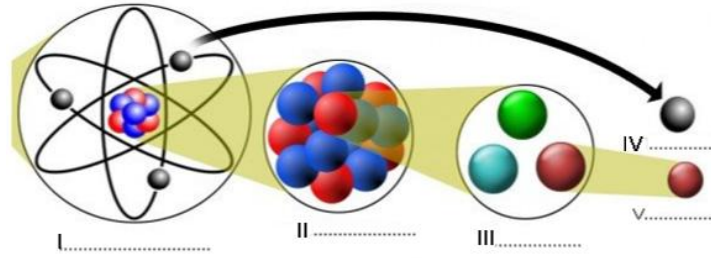
11.) Çekirdek içerisinde proton ve nötron yer almaktadır. Nötronlar bilindiği gibi yüksüzdür ancak protonlar yüklüdür ve aynı yükle yüklü olan protonların birbirlerini itmelerini bekleriz. O halde protonların çekirdek içerisinde bir arada kalmalarını sağlayan nedir?

12.) Bilim insanları evrenin nelerden oluştuğuna dair bir araştırma yapmış ve yaklaşık olarak yüzdeleri verilen kavramlardan evrenin tamamının oluştuğunu keşfetmişlerdir.



Buna göre yukarıdaki grafikte verilen X, Y ve Z değerleri hangi kavramlara aittir?

13.) Günlük yaşamımızdaki maddeyi oluşturan en küçük yapıları modelleyen görsel aşağıdaki gibidir.



Buna göre şekilde verilen numaralarla belirtilen yerlere gelmesi gereken kavramlar nelerdir?

14.) Standart Model'de yer alan bazı parçacıklar etrafımızda gördüğümüz tüm maddenin oluşumundan sorumludur ve çevremizde bol miktarda bulunurlar. Bazı parçacıklar ise evrenin ilk anlarında oluşmuş olup, şu anda ise kozmik ışıklarda ya da parçacık hızlandırıcılarında oluşturulurlar ancak bunlar kararsızlardır ve yine en kararlı olan parçacıklara bozunurlar. Buna göre çevremizde gördüğümüz madde içerisinde bulunan kararlı parçacıklar nedir ya da hangi parçacık grubuna aittir?

15.) Kütleli parçacık olabilir mi? Eğer varsa hangi parçacıklar Standart Model'e göre kütlelidir?

16.) Tüm kuark ve/veya tüm anti kuark çeşitlerine sahip olduğunuzu düşünürsek:

•Proton •Anti nötron •Tau •Ksi •Lambda

verilen parçacıklardan hangisini oluşturamayız?

17.) Parçacık ve antiparçacığın hangi özellikleri birbirinden farklıdır?