

Fizik Öğretmeni Adaylarının Argümantasyona Dayalı Sorgulama Yaklaşımına İlişkin Görüşlerinin İncelenmesi*

Investigating Pre-service Physics Teachers' Views on Argument-Based Inquiry

Serkan Ekinci¹, Ahmet İlhan Şen²

¹Sorumlu Yazar, Dr. Arş. Gör., Hacettepe Üniversitesi, serkanekinci@hacettepe.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0001-8306-4605>)

²Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, ailhan@hacettepe.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0002-9913-8573>)

Geliş Tarihi: 18.07.2024

Kabul Tarihi: 28.11.2024

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, fizik öğretmeni adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşlerini incelemektir. Çalışmaya Ankara'da bir devlet üniversitesinde öğrenim gören toplam 12 fizik öğretmeni adayı katılmıştır. Fizik öğretmeni adaylarının görüşleri, argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımı temelinde gerçekleştirilen ve sekiz hafta boyunca süren teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimleri çerçevesinde incelenmiştir. Öğretmen adaylarıyla bireysel olarak gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler çalışma verilerini oluşturmaktadır. Görüşmelerden elde edilen veriler içerik analizi ile incelenmiş ve öğretmen adaylarının görüşleri iki kategori altında toplanmıştır: (i) argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın gerekçeleri ve (ii) argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller. Çalışmanın bulguları, fizik öğretmeni adaylarının argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmaları önündeki engeller üzerinde daha çok durduklarını göstermektedir. Bu engeller zaman, okulun/sınıfın sahip olduğu koşullar ile öğretim programı olarak belirlenmiştir. Argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımının fizik öğretmeni adaylarının perspektifinden incelendiği bu çalışmaya ait sonuçlar ışığında, öğretmen adaylarının gelecekteki mesleki kariyerlerine yönelik bir projeksiyon tutulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımı, modern fizik öğretimi, fizik öğretmeni adayları, bilgisayar simülasyonları.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate pre-service physics teachers' views of using argument-based inquiry in their future careers. A total of 12 pre-service physics teachers studying at a state university in Ankara participated in the study. Participants' views were examined based on their experiences during the eight weeks of technology-supported modern physics teaching in an argument-based inquiry environment. Semi-structured interviews were carried out individually with the participants. The interview data were analyzed using the content analysis technique, and two categories emerged: (i) the rationales for using the argument-based inquiry and (ii) the barriers to using the argument-based inquiry.

* Bu çalışma, ilk yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürüttüğü "Modern Fizik Öğretiminde Argümantasyona Dayalı Sorgulama: Bir Durum Çalışması" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

The results showed that the pre-service physics teachers focused more on the barriers to using the argument-based inquiry than on the rationales for using that approach. The barriers were time, the conditions of school/classroom environment, and secondary school physics curriculum. Based on the results drawn from this study, which explored the argument-based inquiry approach through the perspectives of pre-service physics teachers, an attempt was made to project their future careers regarding that approach.

Keywords: Argument-based inquiry approach, modern physics teaching, pre-service physics teachers, computer simulations.

GİRİŞ

Son yıllarda teknolojideki gelişmelerin sağladığı olanaklar sayesinde eğitim-öğretim süreçlerinde çeşitli multimedya teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Özellikle öğrencilerin günlük yaşamlarında gözlemleyemedikleri ve çıplak gözle göremedikleri birçok kavramın öğretiminde animasyonlar ve bilgisayar simülasyonları gibi çeşitli multimedya uygulamalarının önemli bir işlevi bulunmaktadır. Klasik fizikteki ve günlük yaşamdaki düşünme biçimlerine tezatlık oluşturan modern fizik konuları (örn., bir atomdaki elektronların davranışı) bu durumun en çarpıcı örneklerini oluştururken (Ireson, 2000), modern fizik öğretiminde birçok multimedya uygulamalarından da etkin bir şekilde yararlanıldığı görülmektedir (Mason vd., 2015). Multimedya araçları kullanımının öğrencilerin bilişsel gelişimlerine olumlu etkileri olduğu çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (örn. Kohnle vd., 2015; Müller & Wiesner, 2002; Zhu & Singh, 2012). Buna rağmen mekanik, elektrik ve optik konularına kıyasla modern fiziğin ilgi alanına giren konuların öğretiminde multimedya uygulamalarını kullanan çalışmaların sayısı sınırlı düzeydedir (Girwidz vd., 2019).

Alanyazındaki çalışmalar, farklı yaş ve öğrenim düzeyindeki öğrencilerin modern fizik konularına yönelik birçok öğrenme zorluklarına sahip olduğunu göstermektedir (Krijtenburg-Lewerissa vd., 2017). Örneğin, atomun yapısı (Griffiths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 1996), elektronun atomdaki davranışı (Ekinci & Şen, 2020; Nicoll, 2001; Olsen, 2002) ve ışık ve fotonun özellikleri (Mashhadi & Woolnough, 1999; Olsen, 2002) ile ilgili olarak çeşitli öğrenme zorlukları alanyazında rapor edilmektedir. Öğrenme zorluklarının oluşmasında birçok etkenin rol oynadığı bilinmekle birlikte (Kikas, 2004; Yip, 1998) modern fizik özelinde tespit edilen bu sorunların ortaya çıkmasında öğretim süreçlerinin rolü daha fazla ön plana çıkmaktadır (Zarkadis vd., 2017). Zarkadis vd. (2017) çalışmalarında öğrencilerin atom modellerine ilişkin zihinsel modellerinin tutarsızlığına dikkat çekerek bu durumun sebebini öğrencilerin günlük yaşantılarındaki deneyimleri yerine öğretim programına ve okuldaki öğretim süreçlerine dayandırmaktadırlar. Bir başka çalışmada Ekinci ve Şen (2020) atom kavramının fizik ve kimya derslerindeki ortak kavramlardan biri olduğuna dikkat çekmişlerdir. Araştırmacılar, öğrencilerin atomun kuantum yapısını anlamlı olarak öğrenebilmelerinin ancak ilgili kavramların her iki derse ait öğretim programında uygun şekilde kullanılmasıyla mümkün olabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar modern fizik öğretiminde öğrenme-öğretme süreçlerinin üzerinde durulması gerektiğini açıkça göstermektedir. Dolayısıyla, modern fizik öğretiminde farklı öğrenme stratejilerinin işe koşulduğu ve sınındığı yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Krijtenburg-Lewerissa vd., 2017).

Son yıllarda fen eğitiminde bireylerin kavramsal anlamalarını, bilgi ve başarı düzeylerini geliştirmek amacıyla kullanılan yaklaşımlardan biri de argümantasyona dayalı sorgulamadır. Genel çerçevede laboratuvar gibi uygulamalı etkinliklere yönelik kavramsal öğrenmenin gerçekleşmesinin amaçlandığı bu yaklaşımda öğrencilerden araştırma sorusu, prosedür, veri, iddia ve kanıt arasında ilişki kurmaları ve topladıkları verilerden bir anlam çıkarmaları beklenmektedir (Keys vd., 1999). Geleneksel laboratuvar etkinliklerine ait rapor yapısından farklı olarak argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımına uygun şekilde hazırlanacak raporlarda öğrencilerden araştırma sorularını, kullanacakları yöntemleri, gözlemlerini, iddiaları

ile iddialarına yönelik oluşturdukları kanıtlarını yazmaları istenmektedir (Burke vd., 2006, bkz. Tablo 1). Ayrıca bu yaklaşımda bulunan yansıma bölümü ile etkinliklerin bitiminde öğrencilerin fikirlerindeki değişiklikleri sorgulamaları beklenmektedir.

Tablo 1

Geleneksel Laboratuvar Rapor Yapısı ve Argümantasyona Dayalı Sorgulama Yaklaşımı Rapor Yapısı

Geleneksel Laboratuvar Rapor Yapısı	Argümantasyona Dayalı Sorgulama Yaklaşımı Rapor Yapısı
Başlık, amaç	Başlangıç soruları – Sorularım nelerdir?
Taslak prosedür	Testler – Ne yapıyorum?
Veriler ve gözlemler	Gözlemler – Ne gördüm?
Tartışma	İddialar – Ne iddiada bulunabilirim?
Eşitlikler, hesaplamalar ve grafikler	Kanıt – Nasıl biliyorum? Neden bu iddialarda bulunuyorum?
-	Yansımalar – Fikirlerim diğer fikirlerle nasıl karşılaştırılır? Fikirlerim nasıl değişti?

Argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımında öğretmenlere rehberlik etmesi amacıyla yukarıdaki rapor yapısına paralel olarak bir öğretmen şablonu geliştirilmiştir. Öğretmen şablonunda laboratuvar kavramlarına yönelik çeşitli etkinlikler önerilirken bu etkinlikler ile öğrencilerin ilgili kavramlar üzerinde çalışmalarının sağlanması amaçlanmaktadır (Keys vd., 1999). Örneğin bu şablona göre ilk olarak öğrencilerin konuya ilişkin ön bilgileri tespit edilir. Bu doğrultuda öğrencilerden konuyla ilgili bir kavram haritası oluşturmaları istenebilir. İkinci aşamada öğrencilerin konuyla ilgili düşüncelerini ifade etmelerini sağlamaya yönelik laboratuvar öncesi etkinlikler gerçekleştirilir. İnfomal yazma, beyin fırtınası ya da gözlemler bu amaca uygun olarak kullanılabilir. Bu aşamanın devamında öğrenciler laboratuvar etkinliklerini gerçekleştirirler. Laboratuvar etkinliklerini takip eden her bir müzakere fazında ise öğrenciler bireysel olarak elde ettikleri veriler üzerinde çalışıp bir iddia ortaya koyarlar. Günlük yazma gibi kişisel yazma etkinliklerinin kullanabileceği bu sürecin devamında öğrencilerin küçük gruplar halinde bir araya gelmeleri ve elde ettikleri verileri tartışıp iddialarını açıklamaları, diğer bir ifadeyle kanıtlamaları istenir. Daha sonra, öğrenciler ortaya koydukları bu iddiaları çeşitli kaynaklardaki (ders kitapları, internet vb.) bilgilerle karşılaştırarak iddialarının doğruluğunu araştırırlar. Bireysel yazma etkinliklerinin gerçekleştirildiği son müzakere fazında ise öğrencilerden elde ettikleri iddiaları ve kanıtları içeren bir poster ya da rapor oluşturmaları istenebilir. Bu etkinliklerle öğrencilerden laboratuvar kavramlarına yönelik bilgilerinin nasıl değiştiğini yansıtılmaları beklenmektedir. Öğretmen şablonundaki son aşamada ise, öğrencilerin laboratuvar etkinlikleri sonundaki anlama düzeylerini belirlemek amacıyla öğrencilerden bir kavram haritası çizmeleri istenebilir.

Yapılan çalışmalar, öğrenim düzeyi ve kültürel etkenlerden bağımsız olarak argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımının öğrencilerin bilgi düzeylerine katkıda bulunduğunu göstermektedir (Hand vd., 2021). Örneğin kimyasal değişim ve karışımlar (Kingir vd., 2013), elektrik (Nam vd., 2011), madde ve özellikleri (Wink & Hwank-Choe, 2008) ve fiziksel denge (Rudd vd., 2001) gibi çeşitli konuları ele alan bu çalışmalar, öğrencilerin fen konularını anlamaları üzerinde bu yaklaşımın olumlu etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Öğretim sürecinin planlanması aşamasından uygulama ve değerlendirme aşamalarına kadar olan süreçlerdeki rolü dikkate alındığında, öğretmenlerin sınıfta kullanacakları öğrenme-öğretme yaklaşım ve stratejilerine ilişkin sahip oldukları bakış açıları ve inançları bu yaklaşımların etkin bir şekilde uygulanmasında belirleyici olabilmektedir (Pajares, 1992). Bu çalışmada, fizik öğretmeni adaylarının sekiz hafta boyunca süren ve argümantasyona dayalı

sorgulama yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde bu yaklaşımı kullanmalarına yönelik görüşleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında aşağıdaki araştırma sorusuna yanıt aranmıştır:

Argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak fizik öğretmeni adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde bu yaklaşımı kullanmalarına yönelik görüşleri nelerdir?

YÖNTEM

Bu çalışmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışması bir olayın, etkinliğin ya da bireylerin dahil olduğu bir durumun çeşitli veri toplama araçları ile derinlemesine incelenmesidir (Creswell, 2007). Çalışmaya ilişkin diğer bilgiler katılımcılar, veri kaynakları, prosedür, verilerin analizi, çalışmanın geçerliği ve güvenilirliğine ilişkin konular, araştırmacının rolü ve etik konulara uygunluk başlıkları altında aşağıda yer almaktadır.

2.1. Katılımcılar

Çalışmanın katılımcılarını 2017-2018 akademik yılı güz döneminde Ankara'daki bir devlet üniversitesinde öğrenim gören toplam 12 fizik öğretmeni adayı oluşturmaktadır (8 kadın, 4 erkek). Fizik öğretmeni adayları çalışma kapsamında ele alınan modern fizik konularını daha önce aldıkları Optik, Kuantum Fiziği I, Kuantum Fiziği II gibi derslerde işlemişlerdir. Dolayısıyla katılımcıların modern fizik konularına yönelik bilgilere sahip oldukları varsayılmaktadır.

Çalışma verileri *Modern Fizik Öğretimi* dersi kapsamında toplanmıştır. Bu derste temel olarak fizik öğretmeni adaylarının modern fizik öğretimine yönelik bilgi düzeylerinin artırılması ve deneyim kazanmaları hedeflenirken öğretmen adaylarının çeşitli öğrenme-öğretme yaklaşım ve stratejileri ile multimedya teknolojilerinin kullanımına yönelik bilgi edinmeleri de amaçlanmaktadır. Ders sürecinde ayrıca öğretmen adaylarının modern fizik konularındaki öğrenme zorluklarına ilişkin farkındalıklarının artırılması hedeflenmektedir.

2.2. Verilerin Toplanması

Araştırma sorusuna yanıt aramak amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme tekniğinden yararlanılmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak görüşme soruları oluşturulmuştur. Geliştirilen sorular fizik eğitimindeki bir alan uzmanının incelemesine sunulmuş ve gelen geri bildirimler sonucunda görüşme soruları yeniden değerlendirilerek bir görüşme sorusu üzerinden fizik öğretmeni adaylarının görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır (*Gelecekte öğretmenlik mesleğinizde argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanma konusunda neler düşünüyorsunuz?*). Yarı yapılandırılmış görüşmelerin doğası gereği bireysel görüşmeler sırasında fizik öğretmeni adaylarına ek sorular da yöneltilmiş (örn., argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını sınıfta uygulamak için gerekli koşullar var mıdır?, Bu koşullar ne olabilir?) ve öğretmen adaylarının görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Görüşmeler ortalama 30 dakika sürmüştür ve ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan görüşme verileri birebir transkript edilerek yazıya aktarılmıştır.

2.3. Prosedür

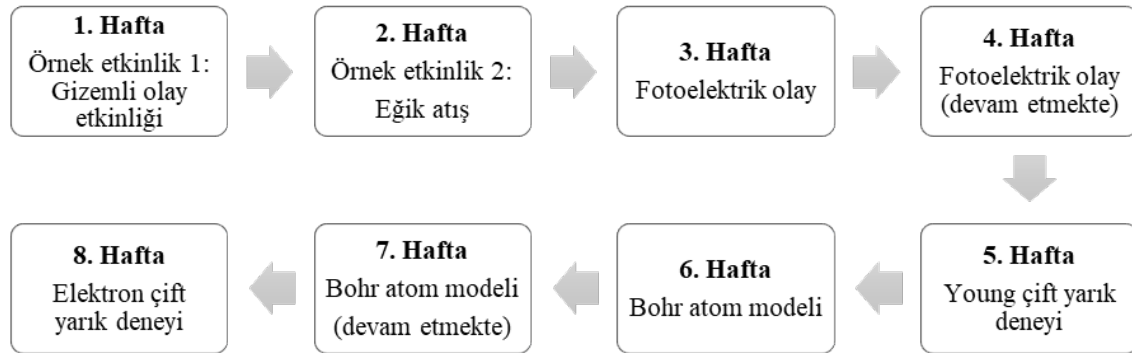
Fizik öğretmeni adaylarının argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımıyla ilgili deneyimlerine temel oluşturacak öğretim süreci tasarlanırken öncelikle bu süreçte kullanılacak interaktif bilgisayar simülasyonlarının seçilmesine karar verilmiştir. Simülasyonlar seçilirken üç

temel kriter dikkate alınmıştır: Simülasyonların (i) *Türkçe dil desteğine sahip olması*, (ii) *araştırma sorusu oluşturabilecek şekilde farklı değişkenler içermesi* ve (iii) *çevrim dışı kullanılabilir* nitelikte olmasıdır. Belirlenen ilk kriter ile çalışmaya katılan fizik öğretmeni adaylarının dil yetkinlikleri göz önünde bulundurularak seçilecek simülasyonların Türkçe dilinde geliştirilmiş olmasına karar verilmiştir. Böylelikle öğretmen adaylarının simülasyonları kullanmaları sürecinde simülasyon dilinin öğretim süreci için bir engel oluşturulmamasına dikkat edilmiştir. İkinci kriter ile argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımındaki soru-iddia-delil oluşturma süreci göz önünde bulundurularak öğretmen adaylarının bu sürece uygun şekilde simülasyonlardaki değişkenleri kullanmaları ve araştırma sorularını oluşturmaları amaçlanmıştır. Son kriter ile de öğretim sürecinin özellikle fiziksel koşullardan (internet bağlantı sorunları vb.) olumsuz etkilenmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada ele alınacak modern fizik konularının belirlenmesi sürecinde ise fizik öğretmenliği lisans programı ile ortaöğretim fizik dersi öğretim programları birlikte değerlendirilmiştir. Fizik öğretmeni adaylarının çalışma kapsamında edindikleri bilgi ve tecrübeleri gelecekteki mesleki kariyerlerine aktarabilmeleri amacıyla değerlendirme sürecinde her iki programda yer alan ortak modern fizik konuları tespit edilmiştir. Seçilen bilgisayar simülasyonları ile öğretim programları bir arada değerlendirilerek toplam dört modern fizik konusu çalışmaya dahil edilmiştir: *fotoelektrik olay*, *Young çift yarık deneyi*, *hidrojen atom modelleri-Bohr atom modeli*, *elektron çift yarık deneyi*. Eğik atış[†], fotoelektrik olay ve hidrojen atom modelleri – Bohr atom modeli simülasyonları Colorado Builder Üniversitesi tarafından geliştirilen etkileşimli PhET simülasyonları arasından seçilirken (PhET Interactive Simulations, t.y.) çift yarık deneyleri ise Kuantum Fizikini Öğrenmeye Yönelik Münih İnternet Projesi (Munich Internet Project to Learn Quantum Physics) kapsamında geliştirilen simülasyonlar arasından seçilmiştir (Munich Internet Project to Learn Quantum Physics [milq], t.y.). Toplam sekiz hafta boyunca süren etkinlikler ile de her bir etkinlikte kullanılan simülasyonlar aşağıda Şekil 1’de özetlenmektedir.

Şekil 1

Uygulama Sürecinde Yapılan Etkinlikler



İlk etkinlikte fizik öğretmeni adaylarının argümantasyon süreçleri ile soru, iddia ve delil kavramlarını anlamlandırmaları için gizemli olay etkinliğinden yararlanılmıştır (Kıngır, 2011).

[†] Eğik atış simülasyonu çalışmada modern fizik simülasyonlarından önce örnek bir etkinlik çerçevesinde kullanılmıştır.

Bir sonraki etkinlikte öğretmen adaylarının bu kavramları örnek bir fizik simülasyonu (eğik atış) üzerinde yeniden ele almaları sağlanmıştır. Öğretmen adayları eğik atış simülasyonunu inceleyerek belirledikleri değişkenler üzerinden araştırma sorularını oluşturmuşlardır. Daha sonra öğretmen adayları simülasyon üzerindeki değişkenleri değiştirerek gözlemlerini ve verilerini kaydetmişlerdir. Bir sonraki aşamada öğretmen adayları elde ettikleri gözlemleri ve verileri kullanarak iddia ve delillerini oluşturmuşlardır. Etkinlik sürecinde öğretmen adayları araştırmacılarından elde ettikleri geri bildirimleri dikkate alarak oluşturdukları soru, iddia ve delillerin niteliği üzerinde çalışmışlardır. Bu etkinlikleri takip eden süreçte fizik öğretmeni adayları sırasıyla fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi, Bohr atom modeli ile elektron çift yarık deneyi simülasyonlarını kullanarak argüman becerilerini geliştirmeye çalışmışlardır. Bu çerçevede 2-3 kişilik gruplar halinde simülasyonlardaki değişkenler üzerinde çalışarak araştırma sorularını oluşturmuşlardır. Fizik öğretmeni adayları araştırma sorularına yanıt aramak amacıyla simülasyonlardaki değişkenleri değiştirerek elde ettikleri gözlem ve verileri bu yaklaşıma uygun olarak geliştirilen etkinlik raporlarına kaydetmişlerdir.

Argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımındaki müzakere süreçleri dikkate alınarak her bir grup tamamladıkları etkinlik raporlarındaki bilgiler doğrultusunda büyük grup tartışması için bir poster hazırlamışlardır. Bu posterlerde özellikle argümantasyon bileşenlerinden soru, iddia ve delil kavramları üzerinde durulmuş ve her grup sorularını, iddia ve bu iddialarını destekleyen kanıtları sınıfta tartışmışlardır. Bu aşamalar her bir modern fizik konusu için tekrarlanmıştır.

Yukarıda her bir aşaması özetlenen etkinliklerin ardından fizik öğretmeni adaylarıyla etkinliklerde elde ettikleri deneyimlere dayanarak yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiş ve çalışmanın verileri toplanmıştır.

2.4. Verilerin Analizi

Fizik öğretmeni adaylarıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler içerik analizi kullanılarak analiz edilmiştir. İçerik analizi verilerin anlamlı bir şekilde organize edilerek kategoriler yoluyla anlamlandırılmasına olanak tanımaktadır (Fraenkel vd., 2012). Kayıt altına alınan görüşmelere ait transkriptleri ilk araştırmacı tarafından içerik analizine tabi tutularak kodlanmış ve kategoriler belirlenmiştir. Tutarlılığı sağlamak amacıyla ham verilerin %25'ini oluşturan veri seti başka bir alan uzmanı tarafından kodlanmış ve ortaya çıkan farklılıklar üzerinde tartışılarak bir görüş birliğine varılmıştır.

2.5. Çalışmanın Geçerliliği ve Güvenirliğine İlişkin Konular

Nitel bir yaklaşımla yürütülen bu çalışmada geçerlik ve güvenilirlik kavramları *inandırıcılık*, *aktarılabirlik*, *teyit edilebilirlik* ve *tutarlık* kavramları üzerinden ele alınmıştır (Lincoln & Guba, 1985). İnanırıcılığın sağlanmasında en önemli strateji olarak kabul edilen *katılımcı teyidi* kullanılmış (Lincoln & Guba, 1985) ve fizik öğretmeni adaylarının görüşme sorularına verdikleri yanıtlar ile ilk araştırmacının bu yanıtlara ilişkin kendi çıkarımları arasındaki tutarlık incelenmiştir. Araştırmacı elde ettiği çıkarımları her bir katılımcı ile paylaşmış ve katılımcılardan görüşmelerde verdikleri yanıtlar ile elde edilen çıkarımların ne kadar benzerlik gösterdiğini teyit etmeleri istenmiştir. İnanırıcılığı sağlamak amacıyla *uzun süreli etkileşim* stratejisi de işe koşulmuştur. Çalışmaya dahil olan öğretmen adaylarının daha önceden aldıkları laboratuvar derslerinden itibaren ilk araştırmacı öğretmen adaylarıyla uzun bir süredir iletişime sahip ve etkileşim içinde olmuştur.

Çalışma sonuçlarının aktarılabir olması için *ayrıntılı betimleme* stratejisi kullanılmıştır. Çalışmanın tüm süreçleri ayrıntılı bir şekilde ele alınırken görüşmelerden birebir alıntılara da yer verilmiştir. Araştırma sonuçlarının teyit edilebilirliğini sağlamak amacıyla *teyit incelemesi* stratejisinden yararlanılmıştır. Bu doğrultuda görüşme verileri başka bir alan uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. Son olarak çalışma sonuçlarının tutarlılığı için *tutarlık incelemesi* stratejisi

kullanılmıştır. Tutarlık incelemesinde ders sorumlusunun etkinliklerin gerçekleştirilmesi sürecinde doldurduğu gözlem formu ile ilk araştırmacının etkinliklere yönelik tuttuğu günlükler kullanılmıştır.

2.6. Araştırmacıların Rolü

Çalışmanın ilk yazarı etkinliklerin uygulanmasında uygulayıcı rolüne sahiptir. Bu kapsamda etkinliklerin başarıyla gerçekleştirilmesi için araştırmacının ilgili alana yönelik sahip olduğu nitelikler ve çalışmaya yönelik hazırlıklarını tartışmakta yarar vardır. İlgili araştırmacı çalışma öncesinde yaklaşık beş yıl boyunca lisans programındaki çeşitli fizik laboratuvarı derslerinde görev almıştır. Bu çalışmaya katılan öğretmen adaylarının da yer aldığı laboratuvar etkinliklerinin yürütülmesine katkıda bulunmuştur. Ayrıca laboratuvar etkinliklerinin bazıları çalışmada ele alınan bazı modern fizik konularını içermektedir. Bununla birlikte çalışma öncesinde bir dönem boyunca çalışma verilerinin toplandığı *Modern Fizik Öğretimi* dersini gözlemleyerek dersin amaçlarına ve içeriğine ilişkin doğrudan bilgi edinme olanağına sahip olmuştur. İkinci araştırmacı ise çalışma verilerinin toplandığı süreçte dersin sorumlusu olarak planlanan etkinliklerin çalışmanın amaçlarına uygun şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini yerinde gözlemlemiştir. Her bir etkinliğin bitiminde ilk araştırmacıyla bir araya gelerek etkinliğe ilişkin geri bildirimlerde bulunmuştur. Bu bakımdan ikinci araştırmacı etkinliklerin çalışmanın amacı doğrultusunda gerçekleştirilmesinde önemli rol oynamıştır.

Çalışma öncesinde fizik öğretmeni adayları çalışmanın amaçları ile araştırmacıların yukarıda ele alınan rolleri hakkında bilgilendirilmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar çalışma verilerinin toplanması sürecinde herhangi bir müdahalede bulunmamış, tarafsız bir dil kullanarak öğretmen adaylarına görüşme sorularını yöneltmiş ve öğretmen adaylarının doğal bir ortam içinde bu sorulara samimi yanıtlar vermelerine özen göstermişlerdir.

2.7. Etik Kurallara Uygunluk

İlk yazarın doktora tezinin bir bölümünü oluşturan bu çalışmanın bütün süreçleri etik kurallara uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde gerekli etik komisyonu başvurusunda bulunulmuş ve Hacettepe Üniversitesi Senatosu Etik Komisyonu tarafından bu çalışma verilerinin de dahil olduğu tez çalışması etik açıdan uygun bulunmuştur (sayı: 35853172/433-3334). Ayrıca veriler toplanmadan önce fizik öğretmeni adayları çalışmanın kapsamı hakkında bilgilendirilmiş, öğretmen adayları gönüllü onam formundaki izinleri doğrultusunda çalışmaya dahil edilmişlerdir. Gönüllü onam formunda kişisel bilgilerin gizli tutulacağı ve yalnızca bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacağı da açık bir şekilde ifade edilmiştir. Görüşmelerden alıntılara yer verilirken her bir fizik öğretmeni adayına bir sayı atanarak (örn., Fizik Öğretmeni Adayı 1: FÖA1) anonimliğin sağlanmasına ayrıca dikkat edilmiştir.

BULGULAR

Yarı yapılandırılmış görüşme verilerinin analizi doğrultusunda fizik öğretmeni adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşleri iki kategori altında toplanmıştır: (i) *argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın gerekçeleri* ve (ii) *argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller*. Elde edilen bulgular görüşmelerden alıntılara yer verilerek aşağıda tartışılmaktadır.

3.1. Argümantasyona Dayalı Sorgulama Yaklaşımını Kullanmanın Gerekçeleri

Gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmaya ilişkin olumlu yönde görüş bildiren fizik öğretmeni adaylarının yanıtlarının analizi sonucunda “anlamli öğrenme” ve “müzakere süreçleri” olmak üzere iki kod ortaya çıkmıştır. İlk olarak anlamli öğrenmeye ilişkin iki fizik öğretmeni adayı argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımında yeni öğrenmelerin kalıcılığı temelinde bu öğrenmelerin anlamli olduğuna dikkat çekmişlerdir. Örneğin, görüşme sırasında bir öğretmen adayı (FÖA4) kendi deneyimlerinden yola çıkarak etkinliklerdeki rolüne vurgu yapmış ve şu ifadeleri kullanmıştır:

“... Burada [etkinlikleri kastediyor] kendimiz araştırıyoruz, buluyoruz, bir şeyler yapmaya çalışıyoruz. Bu nedenle öğrendiklerimiz daha kalıcı oluyor...”

Diğer fizik öğretmeni adayı da (FÖA5) öğrenen gözüyle bu yaklaşımın öğrenme üzerindeki rolünü aşağıdaki ifadeleri kullanarak ele almaktadır:

“Daha akılda kalıcı oluyor. Ne yaptığını, nasıl bir yol izlediğini ve neler bulunduğunu biliyorlar.”

Ayrıca görüşme sırasında FÖA5 yukarıdaki ifadelerini açıklarken lise öğrencilerinin girecekleri üniversite sınavına hazırlık sürecine değinmiştir. Ülkemizde yükseköğretim kurumlarına geçiş için gerçekleştirilen sınavların önemi göz önünde bulundurulduğunda bu ifadeler, öğretmen adayının bu yaklaşıma yönelik sahip olduğu olumlu bakış açısını yansıtmaması bakımından önemli bir bulgu olarak değerlendirilebilir. Buna ek olarak görüşmeler sırasında öğretmen adaylarının tamamı, argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını temelinde gerçekleştirilen teknoloji destekli modern fizik öğretimi etkinliklerinin kendi öğrenme süreçlerine olumlu katkısının olduğunu ifade etmişlerdir. Bu ifadeler de öğretmen adaylarının anlamli öğrenmeye ilişkin görüşlerinin kendi deneyimleri temelinde oluştuğunu somut olarak ortaya koymaktadır.

Diğer yandan argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanma gerekçeleri kategorisine ait diğer kod “müzakere süreçleri” olarak tanımlanmıştır. Görüşmeler sırasında bir fizik öğretmeni adayı (FÖA7) şu ifadeleri kullanmıştır:

“Bu yaklaşım şu açıdan iyi. İlk önce soru yazıp iddiaları yazıyoruz ya birinin aklına gelmeyen şey diğerinin aklına gelmiş oluyor, ondan da yeni şeyler öğrenmiş oluyorsun.”

Çalışma kapsamında fizik öğretmeni adayları Tablo 2’deki dört müzakere fazını takip ederek etkinlikleri tamamlamışlardır. Bu süreçte öğretmen adayları hem küçük gruplar halinde soru, iddia ve delillerini müzakere etmişler hem de hazırladıkları posterler aracılığıyla da bu kavramlar üzerinden elde ettikleri sonuçları diğer gruplarla paylaşmışlardır. FÖA7’nin yukarıdaki ifadelerinin de özellikle küçük gruplar halinde gerçekleştirdikleri müzakere süreçleri ile ilişkili olduğu söylenebilir.

3.2. Argümantasyona Dayalı Sorgulama Yaklaşımını Kullanmanın Önündeki Engeller

Fizik öğretmeni adaylarının görüşlerine yönelik yapılan içerik analizine göre argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller kategorisi altında “zaman”, “okulun/sınıfın sahip olduğu koşullar” ve “öğretim programı” olmak üzere 3 kod ortaya çıkmıştır. İlk olarak görüşmeler sırasında öğretmen adaylarının yarıya yakını (f=5), gelecekteki öğretmenlik deneyimlerinde argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmalarında zamanın önemli bir engel teşkil edebileceği yönünde görüş belirtmişlerdir. Örneğin, öğretmen adaylarından FÖA11 şu ifadeleri kullanmıştır:

“Genelde zaman çok kısıtlı oluyor. 40 dakika ders oluyor... tabiki bir konu bir derste bitmiyor. 2-3 ders belki hatta 3-4 hafta süren konular oluyor... Bu yüzden büyük zaman

sıkıntımız olduğu için belki ekstra derslerle yapılabilir... Çünkü bu yaklaşım tartışma ortamı gerektiriyor... Çok yeterli bir süre değil 40 dakika...”

Bir diğer öğretmen adayı da (FÖA7) çalışma kapsamında gerçekleştirilen etkinliklerin sürelerine değinerek zaman konusunda aşağıdaki ifadeleri kullanmıştır:

“Zaman sıkıntısı olmasa soru-iddia-delil yaklaşımı kullanılır. Çünkü lisede dersler 40 dakika. 40 dakikaya bunu uyarlamak zor bir şey. Öğrencileri gruplara ayıracaksın, iddia yazdıracaksın, poster hazırlatacaksın... biz dört saatte yaptık, o da bazen bir sonraki haftaya kalıyordu...”

Diğer taraftan fizik öğretmeni adayları bu yaklaşımın fizik derslerinde uygulanması sürecinde karşılaşılabilecekleri engellerden biri olarak öğretmenlik yapacakları okulun ve sınıfın koşullarına dikkat çekmişlerdir (f=3). Örneğin, bir öğretmen adayı (FÖA12) görüşme sırasında şu ifadeleri kullanmıştır:

“Burada sınıfın özelliklerinin devreye gireceğini düşünüyorum. Çünkü sizi dinlemeyen bir sınıfta bunları yapmak çok zor bence.”

Fizik öğretmeni adayları argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın önündeki engellerden biri olarak öğretim programına dikkat çekmişlerdir (f=4). Öğretmen adayları ortaöğretim fizik dersi öğretim programının yoğun bir içeriğe sahip olması sebebiyle bu yaklaşımı sınıflarında kullanmalarının mümkün olamayabileceği yönünde görüş belirtmişlerdir. Buna ilişkin öğretmen adaylarından FÖA6'nın görüşleri şu şekildedir:

“Müfredatı yetiştirebilirim soru-iddia-delil yaklaşımını kullanırdım.”

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak fizik öğretmeni adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde bu yaklaşımı kullanmalarına yönelik görüşleri incelenmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin içerik analizi sonucunda *argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın gerekçeleri* ve *argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller* olmak üzere iki kategoriye ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular çerçevesinde çalışmanın sonuçları aşağıda tartışılmaktadır:

Öncelikle fizik öğretmeni adayları argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımının anlamlı öğrenmeyi sağlaması nedeniyle bu yaklaşımını gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde kullanabilecekleri yönünde görüş bildirmişlerdir. Öğretmen adaylarının çalışma kapsamında sekiz hafta boyunca süren etkinliklerdeki deneyimlerine dayanarak ortaya koydukları bu görüş alanyazındaki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir (Yaman, 2018). Yaman (2018) fen bilgisi öğretmeni adaylarıyla gerçekleştirdiği çalışmasında, öğretmen adaylarının çoğunun gerçekleştirilen laboratuvar etkinliklerinde başlangıç soruları üzerinde çalışarak iddia ve deliller oluşturmaları ile yazılı kaynaklar üzerinde araştırma yapmalarının kendi öğrenmelerine yardımcı olduklarını ifade ettiklerini ortaya koymuştur. Ayrıca Yaman, öğretmen adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerleri için de bu yaklaşımın katkı sağladığını düşündüklerini ortaya koymuştur.

Fizik öğretmeni adaylarının argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanma gerekçelerinden biri de müzakere süreçleriyle ilgilidir. Her ne kadar yalnızca bir fizik öğretmeni adayı tarafından bu yaklaşıma uygun şekilde gerçekleştirilen müzakere fazlarına dikkat çekilse de, elde edilen bu bulgu küçük grup tartışmalarının yeni öğrenmelerin gerçekleşmesine yardımcı olduğunu ortaya koymasından önem arz etmektedir. Küçük grup tartışmaları sürecinde fizik öğretmeni adayları 2-3 kişilik gruplar halinde araştırma sorularını yazmışlar ve bu sorular

üzerinde çalışarak iddialarını ve iddialarını destekleyen delilleri oluşturmuşlardır. Alanyazındaki bulgularla paralellik gösteren bu bulgu (Chen vd., 2013), argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımının etkin bir şekilde uygulanmasında öğretmenin rolüne dikkat çekmesi bakımından ayrıca önemlidir. Hand vd. (2021) öğrencilere bilgilerini ne kadar fazla müzakere etme fırsatı tanınırsa bilişsel yapılarında oluşturdukları bilgilerin de aynı düzeyde gelişebileceğini ifade etmektedirler. Dolayısıyla, öğrencilerin hem küçük hem de büyük gruplarla halinde öğrendiklerini tartışarak yeni öğrenmelerin gerçekleşmesinde öğretmenlerin önemli bir rolü bulunmaktadır.

Çalışma bulgularına göre, fizik öğretmeni adayları argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller üzerinde daha fazla durmuşlardır. Bu çerçevede öğretmen adayları için zaman önemli bir engel olarak değerlendirilmektedir. Alanyazında da vurgulandığı üzere bu yaklaşımın başarıyla uygulanmasında zaman önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Cikmaz vd., 2021). Fizik öğretmeni adaylarının zaman kavramına dikkat çekmelerinin sebeplerinden biri olarak ortaöğretim düzeyindeki fizik derslerine ait ders saatleri gösterilebilir. Ortaöğretim kurumlarında her bir ders saati 40 dakika ile sınırlıyken öğrencilerin almaları gereken haftalık fizik dersi saatleri sınıf seviyelerine göre 2-4 saat aralığında değişmektedir. Diğer yandan çalışma kapsamında gerçekleştirilen etkinliklere ayrılan süre 3-4 saat aralığında değişmekteydi. Dolayısıyla, öğretmen adaylarının lisans programında yer alan *Okul Deneyimi* dersleri kapsamında ortaöğretim kurumlarında edindiği gözlem ve deneyimleri doğrultusunda zamanı bir engel olarak değerlendirdikleri ifade edilebilir.

Fizik öğretmeni adayları argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımını kullanmaları önündeki bir diğer engel olarak okulun/sınıfın sahip olduğu koşullarına dikkat çekmişlerdir. Geleneksel öğrenme-öğretme yaklaşımlarından farklı olarak argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımı, öğretmenlerin sınıf ortamını (örn. öğrencilerin düşünceleri) iyi bir şekilde değerlendirme becerisine sahip olmalarını gerektirmektedir (Collins vd., 2019). Hatta öğrencilerin yeteneklerine ilişkin öğretmenlerin sahip oldukları algıları bile bu yaklaşımın sınıflarda etkin bir şekilde uygulanmasında önemli bir faktör olarak görülmektedir (Cavagnetto, 2008). Alanyazındaki bilgiler ışığında bu bulgu, öğretmenlerin sınıfın özelliklerine göre öğrenme-öğretme süreçlerine yön verebilme yetkinliğine ve esnekliğine sahip olmaları gerektiğini ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan fizik öğretmeni adaylarının öğretim programının yapısına ilişkin görüşleri, okuldaki öğrenme-öğretme süreçlerinin tamamını ilgilendiren bir değerlendirme olarak ele alınabilir. Ancak son dönemlerde ortaöğretim fizik dersi öğretim programlarındaki kazanım sayılarının azaltılmasına ve programların sadeleştirilmesine yönelik yapılan çalışmalarla birlikte ilerleyen yıllarda bu yaklaşımın sınıflarda kullanılmasının daha mümkün olabileceği ön görülmektedir.

Bu çalışmada fizik öğretmeni adaylarının argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımına ilişkin görüşleri belirlenerek bu yaklaşım bağlamında gelecekteki öğretmenlik kariyerlerine yönelik bir projeksiyon tutulmaya çalışılmıştır. Çalışma sonuçları doğrultusunda fizik öğretmeni adaylarının yukarıdaki engeller başta olmak üzere tüm engellerle baş ederek bu yaklaşımı etkin bir şekilde uygulayabilmeleri için lisans düzeyinden itibaren mesleki gelişimlerinin desteklenmesi önerilmektedir. Ancak öğretmenlik mesleğinin dinamiği gereği bu desteğin yalnızca öğretmen yetiştirme lisans programlarındaki çabalarla sınırlı kalmaması gerektiği de ortadadır. Öte yandan katılımcı sayısının az sayıda olması sebebiyle çalışma sonuçlarının genellenebilirliği sınırlı düzeydedir. Bu çalışma daha geniş katılımcı grubu ile tekrarlanabileceği gibi modern fizik dışındaki konular bağlamında da fizik öğretmeni adaylarının deneyimlerine dayanan yeni çalışmalar yapılabilir.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın yazarları Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) sağladığı kısmi maddi destek için teşekkür etmektedirler.

KAYNAKÇA

- Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1032-1038.
- Cavagnetto, A. R. (2008). Factors influencing implementation of the science writing heuristic in two elementary classrooms. In B. Hand (Ed.), *Science inquiry, Argument and language: The case for the science writing heuristic* (pp. 37–52). Rotterdam: Sense Publishers
- Chen, Y., Hand, B., & Mcdowell, L.. (2013). The Effects of Writing-to-Learn Activities on Elementary Students' Conceptual Understanding: Learning About Force and Motion Through Writing to Older Peers. *Science Education*, 97(5), 745–771. <https://doi.org/10.1002/sce.21067>
- Cikmaz, A., Fulmer, G., Yaman, F., & Hand, B. (2021). Examining the interdependence in the growth of students' language and argument competencies in replicative and generative learning environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(10), 1457–1488.
- Collins, L., Cavagnetto, A., Ferry, N., Adesope, O., Baldwin, K., Morrison, J., & Premo, J. (2019). May I Have Your Attention: An Analysis of Teacher Responses During A Multi-Year Professional Learning Program. *Journal of Science Teacher Education*, 30(6), 549–566. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1589846>
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design, choosing among five approaches*. (2nd Ed.). Sage Publications, Inc.
- Girwidz, R., Thoms, L.-J., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A., Greczyło, T., Müller, A., Gregorcic, B., & Hömöstrei, M.. (2019). Physics teaching and learning with multimedia applications: a review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1181–1206. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1597313>
- Ekinci, S., & Şen, A. İ. (2020). Investigating grade-12 students' cognitive structures about the atomic structure: a content analysis of student concept maps. *International Journal of Science Education*, 42(6), 977-996. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1744045>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education*. McGraw-Hill.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamanetal characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Hand, B., Chen, Y.-C., & Suh, J. K.. (2021). Does a Knowledge Generation Approach to Learning Benefit Students? A Systematic Review of Research on the Science Writing Heuristic Approach. *Educational Psychology Review*, 33(2), 535–577. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09550-0>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.

- Ireson, G. (2000). The quantum understanding of pre-university physics students. *Physics Education*, 35(1), 15-21.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Kingir, S. (2011). *Using the Science Writing Heuristic Approach to Promote Student Understanding in Chemical Changes and Mixtures* (Doctoral Dissertation). Middle East Technical University, Ankara.
- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.
- Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2013). Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. *Research in Science Education*, 43(4), 1645-1663.
- Kohnle, A., Baily, C., Campbell, A., Korolkova, N., & Paetkau, M. J.. (2015). Enhancing student learning of two-level quantum systems with interactive simulations. *American Journal of Physics*, 83(6), 560–566. <https://doi.org/10.1119/1.4913786>
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & van Joolingen, W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010109.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage.
- Mashhadi, A., & Woolnough, B. (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: visualizing quantum entities. *European Journal of Physics*, 20(6), 511-516.
- Mason, B., Dębowska, E., Arpornthip, T., Girwidz, R., Greczyło, T., Kohnle, A., Melder, T., Michelini, M., Santi, L., & Silva, J. (2015). Report and recommendations on multimedia materials for teaching and learning quantum physics. *Teaching/Learning Physics: Integrating Research into Practice*.
- Munich Internet Project to Learn Quantum Physics [milq]. (t.y.). <https://www.milq.info/en/>
- Müller, R., & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. *American Journal of Physics*, 70(3), 200-209.
- Nam, J., Choi, A., & Hand, B. (2011). Implementation of the science writing heuristic (SWH) approach in 8th grade science classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1111-1133.
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730.
- Olsen, R. V. (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: A study in Norway. *International Journal of Science Education*, 24(6), 565-574.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of educational research*, 62(3), 307-332.
- PhET Interactive Simulations. (t.y.). University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/>.
- Rudd, J. A., Greenbowe, T. J., Hand, B. M., & Legg, M. J. (2001). Using the science writing heuristic to move toward an inquiry-based laboratory curriculum: an example from physical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(12), 1680-1686.

- Wink, D. J., & Hwang-Choe, J. H. (2008). Pennies and eggs: initiation into inquiry learning for preservice elementary education teachers. *Journal of Chemical Education*, 85(3), 396-398.
- Yaman, F.. (2018). Effects of the Science Writing Heuristic Approach on the Quality of Prospective Science Teachers' Argumentative Writing and Their Understanding of Scientific Argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(3), 421-442. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9788-9>
- Yip, D. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20(4), 461-477.
- Zhu, G., & Singh, C. (2012). Improving students' understanding of quantum measurement. II. Development of research-based learning tools. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 010118. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010118>
- Zarkadis, N., Papageorgiou, G., & Stamovlasis, D. (2017). Studying the consistency between and within the student mental models for atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 893-902.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Research has shown that students in different grade levels have many learning difficulties regarding modern physics concepts (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017). There are many factors leading to these problems (Kikas, 2004; Yip, 1998;); however, the emergence of problems encountered in modern physics may generally stem from teaching (Zarkadis et al., 2017). Thus, there is a need for more research investigating the effectiveness of new strategies in modern physics teaching (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017).

In recent years, there has been a growing interest in using argument-based inquiry in science education research. Regardless of culture and grade level, research studies have shown that argument-based inquiry contributes to students' understanding (Hand et al., 2021). This approach has also been shown to be effective for various subjects such as chemical change and mixture (Kingir et al., 2013), electricity (Nam et al., 2011), properties of matter (Wink & Hwank-Choe, 2008), and physical equilibrium (Rudd et al., 2001).

Teachers' beliefs about the teaching/learning approaches they use in the classroom may be decisive in the effective implementation of these approaches (Pajares, 1992). In the present study, pre-service physics teachers were involved in eight weeks of technology-supported modern physics teaching in an argument-based inquiry environment. Based on the pre-service physics teachers' experiences, their views on using argument-based inquiry in their future careers were investigated.

Method

The participants of this study were 12 pre-service physics teachers (8 female, 4 male) studying at a state university in Ankara. Semi-structured interview technique was used to answer the research question. The following four modern physics topics were included in the study: the photoelectric effect, Young's double-slit experiment, the hydrogen atomic models-Bohr model, and the electron double-slit experiment. The participants' responses to the semi-structured interviews were analyzed using the content analysis technique. To ensure the trustworthiness of this study, we used the concepts of credibility, transferability, confirmability,

and dependability (Lincoln & Guba, 1985). To ensure credibility, member checking and prolonged engagement were used. For transferability, thick description was employed. To ensure confirmability and dependability, confirmability and dependability audits were used respectively.

Results and Discussion

The analysis of pre-service physics teachers' responses revealed two categories: (i) rationales for using argument-based inquiry and (ii) barriers to using argument-based inquiry. First, the pre-service physics teachers ($n=2$) stated that they could use this approach in their future teaching careers, as the argument-based inquiry could promote meaningful learning. This finding is in line with the results obtained from the literature (Yaman, 2018). Another rationale was related to the negotiation phases. Although this issue was underlined by one pre-service physics teacher only, it is argued that this finding is important, as it has revealed that negotiations led to new learning. Moreover, this finding is crucial because it underlines the role of teachers when they implement argument-based inquiry. Hand et al. (2021) stated that the more opportunities students have to negotiate their knowledge, the more they may develop knowledge in their cognitive structures.

The research findings suggest that pre-service physics teachers focused more on the barriers to using argument-based inquiry than on rationales for using it. In this respect, five pre-service physics teachers believed that time could be an important barrier. As highlighted in many studies, time is an important factor for effectively implementing this approach (Cikmaz et al., 2021). Additionally, three pre-service physics teachers considered the conditions of the school/classroom to be a barrier to using that approach. Unlike traditional learning/teaching approaches, argument-based inquiry requires teachers to evaluate the classroom environment (e.g., what students think) (Collins et al., 2019). This finding suggests that teachers should have the ability to manage the learning/teaching process by using the characteristics of the classroom. In addition, four pre-service physics teachers also viewed the secondary school physics curriculum as a barrier to using that approach. However, this view may be regarded as an evaluation of the entire learning/teaching process in a school setting. Due to recent efforts in the Turkish secondary school physics curriculum (e.g., reducing the number of learning outcomes), teachers are more likely to use that approach in their classrooms.

In the present study, we attempted to project pre-service physics teachers' future careers in terms of their views on argument-based inquiry. The results suggest that beginning from undergraduate education, there is a need to support physics teachers' professional development to help them overcome the barriers they encounter during the implementation of argument-based inquiry. However, it is evident that this support should not be restricted to efforts at the undergraduate level only.