DENEYSEL FİZİK EPİSTEMİYOLOJİSİ

NORA MILLS BOYD

VakıfBank Kültür Yayınları: 0497
Bilim: 014

DENEYSEL FİZİK EPİSTEMİYOLOJİSİ
NORA MILLS BOYD

Özgün Adı
Epistemology of Experimental Physics

Türkçesi
Mustafa Bayrak

Yayın Danışmanı
Ekrem Demirli

Proje Editörü ve Son Okuma
Baha Zafer

Sayfa Uygulama
Onur Canpolat

Kapak
Faruk Özcan

VakıfBank Kültür Yayınları
İnkılap Mahallesi
Dr. Adnan Büyükdeniz Caddesi
No: 7/A1 – Kat 13
34768 Ümraniye / İstanbul
Telefon: 0 216 285 9571
www.vbky.com.tr - info@vbky.com.tr
Sertifika No: 40141

© Vakıf Pazarlama San. ve Tic. A.Ş., 2026
© Nora Mills Boyd, 2021

ISBN 978-625-8825-16-9

Kitabın Türkçe yayın hakları Kalem Telif Hakları Ajansı aracılığıyla VakıfBank Kültür Yayınlarına aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak sınırlı alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir elektronik veya mekanik araçla çoğaltılamaz. Eser sahiplerinin manevi ve mali hakları saklıdır.

This translation of Epistemology of Experimental Physics is published by arrangement with Cambridge University Press.

Baskı
Mega Basım Yayın San. ve Tic. A.Ş.
Cihangir Mah. Güvercin Cad. No: 3/1
Baha İş Merkezi A Blok Kat: 2
34310 Haramidere, Avcılar / İstanbul
Tel: 0212 412 1700
www.mega.com.tr - info@mega.com.tr
Sertifika No: 44452

1. Baskı: Ekim 2026

DENEYSEL FİZİK EPİSTEMİYOLOJİSİ

NORA MILLS BOYD

TÜRKÇESİ

MUSTAFA BAYRAK



NORA MILLS BOYD

Bilim felsefesi, ampirizm, astrofizik ve kozmoloji felsefesi ile deney epistemolojisi alanlarında uzmanlaşmış bir akademisyendir. Doktora derecesini ise 2018 yılında Pittsburgh Üniversitesi Bilim Tarihi ve Felsefesi Bölümünden almıştır. Halen Siena College Felsefe Bölümünde yardımcı doçent doktor olarak görev yapmaktadır.
Boyd'un akademik çalışmaları, fiziksel bilimlerde veri toplama süreçleri, bilimsel kanıtın doğası ve deneysel fiziğin epistemolojik temelleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Astrofizikte laboratuvar deneyleri ve simülasyonların geçerliliği üzerine önemli akademik katkılar sunmuş, *Philosophy of Astrophysics: Stars, Simulations, and the Struggle to Determine What is Out There* (2023) kitabının eş editörlüğünü yapmıştır.

MUSTAFA BAYRAK

1994 yılında Ankara'da doğdu. 2017 yılında İstanbul Tıp Fakültesinden mezun oldu ve aynı fakültenin Fizyoloji Anabilim Dalında doktorasını tamamladı. İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde pratisyen hekim olarak görev yapmaktadır. Bayrak'ın VakıfBank Kültür Yayınları'ndan *Zamanın Olmadığı Bir Evren: Gödel ve Einstein'ın Unutulan Mirası* (2024), *Marie Curie ve Radyoaktivite Bilimi* (2025), *Nikolas Kopernik: Dünya Gezegen Olunca* (2025) *ve Rastgelelik ve Entropiden Zaman Okuna* (2025) *Fiziksel Büyüklüklerin Felsefesi* (2026) çevirileri bulunmaktadır.

İÇİNDEKİLER

Özet 7

1. Giriş 9

2. Deneysel Fizikteki Epistemik Zorluklar 17

3. Verileri Hariç Tutmanın Epistemiyolojisi 43

4. Deneysel Fizik Epistemiyolojisi Diye Bir Şey Var mı? 67

Kaynakça 109

ÖZET

Bu kitapta iyi bilinenlerin yanı sıra henüz felsefi olarak yeterince incelenmemiş fizik deneyleri üzerinden deneysel fizik epistemiyolojisindeki temel meseleleri ele alacağız. Esas konu fizikçilerin ampirik araştırmalar sırasında verdikleri kritik kararları nasıl temellendirdiklerini anlamaktır. Bir sonucun epistemik açıdan önemli olduğuna veya aletlerin teknik açıdan daha detaylı incelenmesini gerektirdiğine kanaat getirmek, bu tür kararlar için mühim bir bağlam teşkil eder. Aletin kalibre edilip edilmediğine ve analize hangi verilerin dâhil edilmesi gerektiğine karar vermek yine bu açıdan önemlidir. Bu tür kararlar için felsefi bir analiz ortaya koymak, bunları sistematik hâle getirmek ve bunlarla ilgili bir tarif sunmak ne kadar mümkündür? Bunları epistemik olarak ne kadar gerekçelendirebiliriz? Bu kitaptaki temel amacımız, bilimsel faaliyetlere ilişkin incelikli bir anlayışın güçlü sosyal inşacılıktan uzak bir deneysel fizik epistemiyolojisine nasıl temel teşkil edebileceğini göstermektir.

Anahtar kelimeler: Deney, fizik, kalibrasyon, deney yapanların çıkmazı, devreye alma

1

GİRİŞ

Burada epistemiyolojiyle kastettiğimiz, belirli bir bilgi türünün nasıl elde edildiğini anlamamıza yardımcı olan felsefi araçtır. Belirli epistemik faaliyetler için uygun yapıları ve adımları ortaya koyar. Yirminci yüzyılda ve yirmi birinci yüzyılın başlarında bilim felsefesinden öğrendiğimiz önemli bir husus, düzgün bir bilim epistemiyolojisi ortaya koyacaksak bunun bağlamı içerisinde değerlendirilen bilimsel faaliyetlerden temel alması gerektiğidir. Deneysel fizikte, deneysel fizikçiler ve onların becerileriyle, bilimde kullanılan aletlerle, laboratuvarın maddi kültürüyle ve deneysel çalışmaların nasıl farklı aşamalardan geçtiğiyle alakalı detayları incelemenin faydalı olduğu anlaşılmıştır (örneğin Ackermann 1985; Chang 2004; Daston ve Galison 2007; Franklin 1986, 2002, 2013; Galison 1987, 1997; Hacking 1983). Bu bağlamda, kitapta temsili örnek çalışmalar üzerinden deneysel fizik epistemiyolojisindeki temel meseleleri inceleyeceğiz.

Deneysel fizik, ampirik araştırmaların yapıldığı fizik dalıdır. Çeşitli alt başlıkları vardır: Bunlar arasında yüksek enerji fiziği, nükleer fizik, yoğun madde fiziği, katı hâl fiziği, termodinamik, akustik, biyofizik, astronomi, astrofizik ve kozmolojideki ampirik araştırmalar yer alır. Günümüzde fizik deneyleri ev şartlarında (okul binalarının çatılarına kozmik ışın dedektörleri yerleştirmek veya şarap üreticilerinin asmalarını kafesleyerek özel radyo teleskopları kurmak gibi), ezoterik uğraşlar şeklinde (fizikçilerin DNA'yı nanoporlardan geçirerek DNA dizilimini

çıkarmaya çalıştıklarında veya karanlık madde etkileşimlerini tespit etmek için minyatür patlamalardan yararlandıklarındaki gibi), fayda gözeten amaçlarla (tıp, enerji ve savunma projeleriyle "temel fizik araştırmaları" arasındaki ilişkiden anlaşılacağı üzere) yapılabildiği gibi Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (*Large Hadron Collider,* LHC) ve beraberindeki birçok deney gibi devasa milyar dolarlık alt yapılarla da ilişkili olabilir.

Hatta "deney" kelimesi fizikçilerin yaptığı ampirik araştırmaların kapsamını ifade etmek için en doğru seçim olmayabilir. Örneğin laboratuvarlarda ve gözlemevlerinde çalışan fizikçiler sıklıkla üretim (örneğin Büyük Hadron Çarpıştırıcısında Higgs bozonlarının üretilmesi) ve tespitle [örneğin Lazer İnterferometre Kütle Çekimi Dalgası Gözlemevi (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory,* LIGO) kullanılarak kütle çekimi dalgalarının tespit edilmesi] ilgilenirler. Bu nedenle kitapta "fizik deneyleri" veya "deneysel fizik" derken aslında daha geniş bir kategori olan "fizikteki ampirik araştırmaları" kastediyorum. Fizikteki deneylerin, ampirik kanıtlar elde etme, tespit etme gibi diğer etkinliklerden farklı olarak epistemik açıdan kendine has bir rol üstlenip üstlenmediği sorusuna burada yer vermeyeceğiz.

Deneysel fizikteki epistemik başarıların kapsamı geniş olduğu gibi aynı zamanda etkileyicidir. Kozmik Mikrodalga Arka Plandaki 10^{5}'te birlik anizotropi, netliğin hedeflendiği kozmoloji çağının önde gelen bilgi kaynaklarından biri olmuştur. Higgs bozonu üretilmiş, kütle çekimi dalgaları kaydedilmiş, bir kara delik yığılma diski görüntülenmiştir. Fakat hayret uyandıran çok çeşitli başarısızlıklara da imza atılmıştır. DAMA/LIBRA yıllarca karanlık madde sinyali bildirmesine rağmen bu başka bir deneyle doğrulanamamıştır. Ortak çalışmanın şeffaflıktan uzak olması nedeniyle camianın geri kalanı buna şüpheyle yaklaşmıştır. BICEP2 ekibi aceleye getirilmiş bir veri analiziyle, bazılarının çoklu

evrenlerin var olduğu anlamına geldiğini düşündüğü kozmik genişlemenin "kesin kanıtını" keşfettiklerini duyurmuş ancak daha sonra bu iddiayı geri çekmek zorunda kalmıştır. OPERA ekibi ışık hızından daha hızlı nötrinolar şeklinde yorumladıkları, şu anki hâliyle fizik kuramı için yıkıcı sonuçlar doğuracak sonuçlarını yayımlamış ama daha sonra karmaşık deney düzeneğinde bir kablonun yerinden oynadığı tespit edilince bu yorumu düzeltmiştir.

Deneysel fizikte sergilenen muhakemeyi nasıl anlamalıyız? Muhakeme ne zaman yanlış yola sapar? Deneysel fizik epistemiyolojisi nereye kadar ifade edilebilir ve gerekçelendirilebilir?

Ampirik araştırmalarda kullanılan yöntemlerin evrenin fiziksel özelliklerini öğrenme noktasında bize nasıl yardımcı olduğunu anlamak isteriz. Ayrıca deney epistemiyolojimizin açıklama gücü bakımından mümkün mertebe yeterli bir düzeyde olmasını bekleriz: Deneysel fizikçilerin bilimsel bilgi elde edebilmek için genel olarak nasıl davrandıklarını ve akıl yürüttüklerini anlamak isteriz. Bilimsel faaliyetlere yakın olan ancak bilim insanları hata yaptığında bunları görmemizin önüne geçecek kadar yakın olmayan bir deney epistemiyolojisinin peşindeyiz. Amacımız bilimsel faaliyetlerden uzak, betimleyici bir aklî yeniden inşa ortaya koymak değil. Bunun yerine bilimin sunduğu epistemik ürünlere ilişkin ortak anlayışımızı geliştirecek şekilde, aramıza işlerin ne zaman ve nasıl yolunda gittiğini ve gitmediğini görmeye yetecek kadar bir mesafe koyarak ama bir yandan da gerçek örnekleri yakından inceleyerek deney epistemiyolojisini araştırmaktır. Bu bağlamda Perović (2017) ve Tal (2016b)'ın metodolojik yaklaşımlarından etkilendiğimi söyleyebilirim.

Bilim felsefesinin önemli bir kısmında ki buna fizikteki deneylere odaklanan kısmı da dâhildir, deney sonuçlarının kuramsal anlayış üzerindeki epistemik yansımaları vurgulanmıştır.

Eterin rafa kaldırılmasında son noktayı Michelson-Morley deneyi mi koymuştur? Eddington'un tutulma seferi izafiyetin genel kabul görmesini sağlayan belirleyici adım mıdır? Ancak metodolojik ve epistemiyolojik açıdan bunlardan önce gelen başka bir soru vardır. Deneysel bir düzenek ne zaman iyi bir veri ortaya çıkarır? Bir deneyin başarısı, yeterince iyi bir veriye bağlıdır. Fakat bir veriyi *yeterince iyi* yapan şey nedir? Bu soru, Peter Galison'un 1987 tarihli *Deneyler Nasıl Biter* kitabında ilgilendiği konuyla alakalıdır. Galison deney yapılırken yeni bir parçacığın keşfedilmesi gibi deneysel bir sonuca güvenin nereden geldiğiyle ilgilenir: Fizikçiler "bulduklarının pirit değil, altın olduğundan," "bir etkinin 'kaybolup gitmeyeceğinden'" nasıl emin olurlar?" (1987, 2, 13). Bu soruyu küçük ölçekte tek bir deney için sorabiliriz: Her şey elde edilen verileri nihai analize dâhil etmeyi haklı çıkaracak şekilde, olması gerektiği gibi mi olmuştur? Daha en baştan bu temel soru, deney epistemiyolojisi açısından önem arz eden ve birbiriyle ilişkili üç meseleyi barındırır. Bunları *yardımcılar*, *çıkmaz* ve *gerekçeler* şeklinde isimlendirelim. Bu üç mesele sonraki bölümlerde okurun karşısına tekrar tekrar çıkacaktır. Veriler ilgilenilen hedef açısından doğru bir şekilde üretiliyor mu yoksa potansiyel birçok başka etki kaynağı sürece dâhil mi oluyor? Deney düzeneği düzgün bir şekilde çalışıyor mu? Üretilen veriler saklanıp analizde kullanılmalı mı yoksa bunları hesaba katmamak için geçerli sebepler var mı? Bilim insanlarının bu tür sorulara nasıl cevap verdikleri, deneysel fizik epistemiyolojimize temel teşkil etmelidir. Deneylerin sonuçlarını "ufak tesadüfler," deney yapan kişinin tanımlanamayan iyi karar verme becerisi, amansız kısır döngüler veya prestij sahibi olmayı istemek gibi sosyal unsurlar belirliyorsa, dikkate değer bir deneysel fizik epistemiyolojisi için pek ümit yok demektir.

Kitabın genel düzeninden bahsedelim. 2. bölümde tarihi öneme sahip bazı deneylerden ve bunlarla alakalı yapılan felsefi,

tarihi ve sosyolojik çalışmalardan bahsederek deney epistemiyolojisinin karşı karşıya olduğu temel meseleleri ortaya koyacağız. İki temel felsefi sorun karşımıza çıkacak. İlki deneylerde işin içine giren yardımcı nitelikteki çok sayıda detaya rağmen "belirleyici bir deneyin" mümkün olup olmadığıdır (Deneysel fizik bağlamında eksik belirlenim problemi). İkincisi deney epistemiyolojisinde spesifik bir epistemik zorluk teşkil eden alet kalibrasyonudur. Basit bir iş olan kalibrasyon, felsefi açıdan bu zamana kadar epey ilgi görmüştür. Bu şaşırtıcı bir durum değildir çünkü kullanılacak alet kalibre edilmediyse deney sahnesinin perdeleri açık kalamaz. Ancak kalibrasyonla ilgili akademik çalışmalar, deneysel pratiğin ilk adımlarından biri olan bu önemli basamağın nasıl yapıldığını gizemli bir şeymiş gibi lanse etmiştir. Harry Collins'in ifade ettiği gibi epistemik problem, bilim insanlarının sadece epistemik olmayan kaynaklara başvurarak kaçabildikleri berbat bir çıkmazdır. Bir aletin düzgün çalıştığına nasıl kanaat getiririz? Hedeflediğimiz işlemin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi dışında, bu başarıyı değerlendirmek için herhangi bir dayanağımız var mı? Bu deney epistemiyolojisinin bir şekilde çözmesi gereken "deney yapanların çıkmazı" problemidir.

3. bölümde deneysel fizik epistemiyolojisiyle ilgili olan fakat felsefi açıdan belirleyici deneyler-eksik belirlenim ve kalibrasyon-deney yapanların çıkmazı konularından daha az ilgi gören üçüncü bir meseleden bahsedeceğiz. Bu üçüncü mesele, verilerin usulüne uygun şekilde hariç tutulmasıyla ilgilidir. Görünüşe göre bazen belirli verilerin analizden hariç tutulması gerekir. Örneğin veriler kalibrasyon işlemi sırasında elde edildiyse veya deneyi yapanların aletin düzgün çalışmadığını düşünmek için geçerli sebepleri varsa, bunlar deneyin nihai sonucunu ortaya çıkaran veri analizine dâhil edilmeyebilir. Bu şekilde hariç tutulan veriler "bilimsel verilerin" veya "deney sürecinin" bir par-

çası olarak görülmeyebilir. Ancak verileri hariç tutmanın geçersiz sebepleri olduğu da açıktır: Veriler deneyi yapanların beklentilerini karşılamadığı veya bunları dâhil etmek deneyi yapanların imajını zedeleyeceği için verileri hariç tutmak buna örnektir. Verileri hariç tutmak için hangi *gerekçeler* geçerli kabul edilebilir? Belki fark etmişsinizdir ama verilerin epistemik açıdan geçerli sebeplerle hariç tutulup tutulmadığını belirleme meselesi, *yardımcılar* ve *çıkmaz* şeklindeki epistemik zorluklarla ilişkilendirilebilir.

Özetle 2. ve 3. bölümün konusu, deney epistemiyolojisinde geçerli olan sebeplerle olmayanlar arasında neden bir ayrım yapılması gerektiğidir. Deney felsefesi literatüründe bilim insanlarının elde ettikleri sonuçların önemini başarılı bir şekilde nasıl savunduklarını tespit etme konusunda Allan Franklin öncülük etmiştir (Franklin 2016; Franklin ve Perović 2019). Bu tür birçok argümanla ilgili kapsamlı metinler kaleme almış ve bunları ayrıntılı örnekler üzerinden tartışmıştır. Bu bağlamda Franklin'in tespit ettiği ve incelediği argümanların farklı başlıklar altında toplanıp toplanamayacağı hususunda ek çalışmalar yapılabilir. 4. bölümde Franklin'in deney epistemiyolojisini tanzim etmek için ilk adımları atacağız. 4. bölümde aynı zamanda kalibrasyon literatüründen hareketle farklı bir yönde yeni bir çalışma alanına yer vereceğiz. Kalibrasyon deney epistemiyolojisiyle alakalı uygulamaları kapsayan geniş bağlam içerisinde ele alındığında, deneylerin daha kapsamlı "devreye alma evresinin" önemli bir ciheti olarak görülebilir. Aletlerin kalibrasyonu devreye alma sırasında yapılabilir, hatta bu işlem defalarca tekrarlanabilir ancak devreye alma evresindeki epistemik açıdan önemli faaliyetler kalibrasyon işlemlerinden ibaret değildir. Deneysel fizikçiler sonuçlarının epistemik açıdan önemli olduğunu savunabilmek için yapmaları gereken şeylerin çoğunu devreye alma aşamasında yaparlar. Dolayısıyla 4. bölümde deney epistemiyolojisiyle ilgili devreye

alma evresinin, neden felsefi açıdan daha detaylı incelenmesi gerektiğinden bahsedeceğiz. 4. bölümün son kısmında bu kitabın kapsamının dışında kalan, deneysel fizik epistemiyolojisindeki başka konulara yer vereceğiz.

Sonraki üç bölümde okurun karşısına çıkacak temel felsefi meseleleri kısaca anlattım fakat deneysel fizikteki hangi örneklerden nerede bahsedileceğini önceden belirtmekte fayda var. 2. bölümdeki felsefi meseleleri, Boyle'un bağlamla ilişkili deneysel muhakemede karşımıza çıkan üstü kapalı kararlar hakkındaki düşünceleri üzerinden ortaya koydum. Bunu böyle yaparken iki amacım vardı: Deneysel fizik tarihinin önde gelen bir ismine yer vermek ve bu kadar eski bir çalışmada hâlihazırda var olan ve tekrar tekrar karşımıza çıkan felsefi meseleleri göstermek. Bilimsel aletlerle çalışma ve deney yapma deneyimi olan okurlara Boyle'un bahsettiği zorluk ve badireler tanıdık gelebilir. 3. bölümde Milikan'ın yağ damlası deneyine ve meşhur 1919 tutulma keşif seferine yer verdim. İkisinde de hariç tutulan veriler vardır ve buna ilişkin sunulan gerekçeler sorgulanmıştır. İki örnekte de konuyla ilgili önde gelen bazı akademik çalışmaların iddialarının aksini savundum. 4. bölümde Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve KATRIN nötrino kütlesi deneyinin yanı sıra metrolojiden birkaç örnekten bahsettim. Bu örnekler üzerinden çoğu deneyde aletlerin kalibre edilmesinin gerekli olduğunu ve bunun döngüsel bir süreç olmak zorunda olmadığını savundum. Faydalı kalibrasyon işlemlerinde (Franklin'in savunduğu gibi) deneyin esas hedefi olandan farklı bir sinyal kullanılır. Dolayısıyla kalibrasyon, epistemik açıdan önceki işlemlere dayanır. Pratikte deneysel sonuçlara uymayan ve bu çerçevede sonradan düzeltilebilen bazı varsayımların benimsenmesiyle bunun beraberinde getirdiği çıkmazın önünü almak mümkündür (Chang 2004). Bu temelcilerin deneyime dayandırmasıyla ya da başka bir şeyle aynı olmasa da bilimsel araştırma-

ların epistemik açıdan ilerlemesinin gelenek veya spekülasyon değil, evrenin düzeni tarafından sınırlandırıldığını gösterir. Ölçümler, hatta genel olarak alet kullanımı, araştırmanın maddi amacına uygun bir şekilde yapıldığında ampirik veriler üretir. Bu özellik bilimin kendine has epistemik stastüsü açısından kilit öneme sahiptir. Deneyin devreye alma aşamasında, belirlenen hedefler için hazır olduğunu göstermek üzere kalibrasyon dışında birçok test ve kontrol yer alır. Bu uygulamaların sonuçlarını insanlar arasındaki güç dengeleri belirlemek zorunda değildir. Deneysel çerçevenin özgün özellikleri belirli kararlar için geçerli gerekçeler sunabilir.