

SİMETRİ

EVRENİN GÖRKEMİ

LEON M. LEDERMAN

CHRISTOPHER T. HILL

VakıfBank Kültür Yayınları: 0346
Bilim: 002

SİMETRİ

EVRENİN GÖRKEMİ

LEON M. LEDERMAN

CHRISTOPHER T. HILL

Özgün Adı

Symmetry and the Beautiful Universe.

Türkçesi

Bariş Akalın

Yayın Danışmanı

Ekrem Demirli

Proje Editörü

Baha Zafer

Kapak Görseli ve Sayfa Uygulama

Faruk Özcan

Son Okuma

Mehmet Alim

VakıfBank Kültür Yayınları

İnkılap Mahallesi

Dr. Adnan Büyükdenez 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., 2025

© Leon M. Lederman, 2004

© Christopher T. Hill, 2004

ISBN 978-625-6647-64-0

Kitabın Türkçe yayın hakları VakıfBank Kültür Yayınları'na 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.

Translated into and published in the Turkish language by resaement with Roman & İtefeld Publishing Group, In. A rights.

Baskı

İmak Ofset Basım Yayın A.Ş.

Akçaburgaz Mh. 137. Sk. No:12

34522 Esenyurt / İstanbul / Türkiye

Tel: +90 444 62 18

Sertifika No: 71320

1. Baskı: Şubat 2025

SİMETRİ

EVRENİN GÖRKEMİ

LEON M. LEDERMAN
CHRISTOPHER T. HILL

TÜRKÇESİ
BARIŞ AKALIN



LEON M. LEDERMAN (1922-2018)

1988 yılında, “Yüksek Enerji Fiziği” alanındaki çığır açıcı katkıları nedeniyle Nobel Fizik Ödülü’ne layık görülmüş Amerikalı fizikçidir. Parçacık fiziği üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan Lederman, Illinois Matematik ve Bilim Akademisi’nde akademisyen, Illinois Teknoloji Enstitüsü’nde Pritzker Bilim Profesörü ve Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı’nın fahri direktörü olarak görev yapmıştır. Christopher T. Hill ile birlikte *Quantum Physics for Poets* ve *Symmetry and the Beautiful Universe* kitaplarını, Dick Teresi ile birlikte ise *The God Particle* kitabını yazmış; bilimsel kavramları herkes için anlaşılır ve ilgi çekici hale getiren eserler ortaya koymuştur.

CHRISTOPHER T. HILL (1951 -)

Teorik fizik alanında tanınmış Amerikalı bilim insanıdır. Fermilab olarak bilinen Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı’nda görev yapan Hill, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nde (M.I.T.) lisans (B.S., M.S., 1972) ve Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü’nde (Caltech) doktora (Ph.D., 1977) eğitimini tamamlamıştır. Hill’in çalışmaları, laboratuvar deneyleri ve kozmoloji yoluyla keşfedilebilecek yeni fizik üzerine yoğunlaşmıştır. Araştırmaları, evrenin temel kuvvetlerinin ve parçacıklarının doğasını anlamada önemli katkılar sağlamıştır. Akademik başarılarının yanı sıra Hill, popüler bilim yazarlığı alanında da dikkat çekici işlere imza atmıştır.

BARIŞ AKALIN

1981 yılında İstanbul’da doğdu. 2003 yılında İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü’nden, 2006 yılında Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji Yüksek Lisans Programı’ndan mezun oldu. 2016 yılında Yeditepe Üniversitesi Matematik Bölümü lisans diplomasını ve 2019 yılında yine Yeditepe Üniversitesi’nden, Matematik Yüksek Lisans diplomasını aldı. Halen ilaç şirketlerine ilaç ruhsatlandırma, klinik araştırmalar ve medikal konularda çeviri ve editörlük desteği veren özel bir şirkette müdürlük yapmaktadır. Çevirdiği kitaplar arasında *Matematik Büyücüsü*, *Einstein: Bir Bilim İnsanın Tutkuları* ve *Matematik Kaşifi* yer alır.

*Leon tarafından P. S. 93, Bronx'ta yařayan
öđretmenlerine ve James Monroe Lisesi'ndekilere
ithaf edilmiřtir.*

*Christopher tarafından Ruth F. Hill ve
Gilbert S. Hill'e ithaf edilmiřtir.*

İÇİNDEKİLER

Teşekkür	11
Giriş: Simetri Nedir?	13
Müzikteki Simetri	16
Dünya Yuvarlaktır	20
Matematik ve Fizikteki Simetri	23
Emmy Noether'a Övgü	29

1. BÖLÜM

TİTANLAR'IN ÇOCUKLARI

Evrenin ve Evrenle İlgili Metaforların Evrimi	33
Titanlar	35
<i>Götterdämmerung</i> : Titanlar'ın Çöküşü	46
Dünya	49
Oklo	54
Fizik Yasalarındaki Kararlılık	56

2. BÖLÜM

ZAMAN VE ENERJİ

Mümkün Olmayan Şey	59
Peki Ya Enerji Nedir?	73
Bizi Bekleyen Enerji Krizi	84

3. BÖLÜM

EMMY NOETHER

Matematik Fiziğe Karşı	93
Emmy Noether'in Yaşamı	97
Simetri ve Fizik	110

4. BÖLÜM

SİMETRİ, UZAY VE ZAMAN

Gedankenlab	114
Uzaysal Ötelenme	118
Zamansal Ötelenme	122
Dönmeler	125
Hareketin Simetrisi	129
“Genel” “Yerel”e Karşı	133

5. BÖLÜM

NOETHER TEOREMİ

Temel Fizikteki Korunum Yasaları	139
Momentumun Korunumu	141
Enerjinin Korunumu	153
Açısal Momentumun Korunumu	161

6. BÖLÜM

EYLEMSİZLİK

Güneş Sistemimizin, Eylemsizliğin ve Simetrinin Kısa Tarihi	174
Eylemsizliğin Fark Edilmesi	186
Simetrinin, Eylemsizliğin ve Fizik Yasalarının Birliği	189
Newton'un Hareket Yasaları	191
İvme	194
Kütle Çekimi	198

7. BÖLÜM

GÖRELİLİK

Işığın Hızı	207
Hareketli Bir Gözlemci İçin Işığın Hızı	214
Görelilik Prensibi	220
Galileo'nun Göreliliğinin Yıkılışı	222
Einstein Göreliliği	225

Özel Göreliliğin Garip Etkileri	231
Özel Göreliliğin Enerji ve Momentumu	236
Genel Görelilik	242

8. BÖLÜM

YANSIMALAR

Yansıma Simetrisi	246
Denklik Simetri ve Fizik Yasaları	253
Denklik Simetrisinin Yıkılışı	257
Zamanın Tersine Çevrilme Simetrisi	266
Zamanın Tersine Dönme Değişmezliği ve Antimadde	270
Her Şeyi Bir Araya Koymak: CPT	274

9. BÖLÜM

SİMETRİNİN KIRILMASI

Ucu Üzerinde Duran Kalem	278
Mıknatıslar	281
Doğada Kendiliğinden Simetri Kırılması	289
Kozmik Şişme	293

10. BÖLÜM

KUANTUM MEKANİĞİ

Işık Bir Parçacık mıdır yoksa Bir Dalga mı?	300
Kuantum Teorisi Daha Da Garip Bir Hal Alıyor	308
Belirsizlik İlkesi	312
Dalga Fonksiyonu	317
Bağlı Hal	324
Kuantum Teorisinde Spin ve Yörünge Açısız Momentum	330
Eş Parçacıkların Simetrisi	333
Yer Değiştirme Simetrisi Maddenin ve Tüm Kimyanın Kararlılığı	339
Kuantum Teorisi Özel Görelilik İle Buluşuyor: Antimadde	343

11. BÖLÜM
İŞİĞİN GİZLİ SİMETRİSİ

Simetrinin İzleri	351
Yerel Ayar Değişmezliği	354
Kuantum Radyasyon Süreci: KRS	363
Feynman Diyagramları	365
Doğadaki Tüm Kuvvetleri Birleştirmeye Doğru	374

12. BÖLÜM
KUARKLAR VE LEPTONLAR

Yirminci Yüzyılın Ortalarında Atomun Yapısı	379
Kuarklar	383
Parçacıkların ve Kuvvetlerin Standart Modeli	386
Güçlü Kuvvet Bir Ayar Simetrisidir	395
Zayıf Kuvvet	405
Higgs Alanına Giriş	409
Higgs Bozununun Ötesi: Süpersimetri?	413
Felsefi Yorumlar	419
Eğitinciler İçin Bir Sonsöz	421

EK
SİMETRİ GRUPLARI

Simetrinin Matematiği	425
Sibel'in Ünivesite Sınavındaki Basit Bir Problem	440
Sürekli Simetri Grupları	447

TEŞEKKÜR

Bizimle fikirlerini paylaştıkları, eğlendikleri, bize yeni bakış açıları sundukları ve kitabın yazılma sürecinin çeşitli aşamalarında taslak metinleri okudukları için, Shari Bertane, Carol Brandt, Ronald Ford, Stanke Jovanovic, Gilbert Hill, Donald Lorek, Neil Newton, Lavro Nickerson, Irene Pritzker, Bonnie Schnitta ve Susan Tatnall'a çok teşekkür ediyoruz. Aynı zamanda aralarında Andy Beretvas, Bill Bardeen, Roger Dixon, Josh Frieman, Drasko Jovanovic, Chris Quigg, Stephen Parke ve Al Stebbins'in olduğu birçok fizikçi meslektaşımıza, yararlı yorumları için minnettarız.

Sanatsal çalışmaları için Shea Ferrell'a ve Bryn Mawr College Archives görsel koleksiyonlar uzmanı Barbara Grubb'a teşekkürü bir borç biliriz.

Web sitemiz olan <https://www.emmynoether.com>'u ziyaret eden birçok insanın e-posta yoluyla gönderdikleri yorumlardan fazlasıyla yararlandık; bu yorumlar aynı zamanda kitabı yazarken kullandığımız bakış açısının doğruluğunu da bize kanıtladı. Tüm bunlara ek olarak Fermi Lab's Saturday Morning Physics Program'dan mezun olan yaklaşık yedi bin öğrenciye yürekten teşekkür ediyoruz; onlar sayesinde bu kitabı yazma ilhamını sürekli koruduk. Onlara hayatta başarılar diliyoruz. Aslına bakarsanız geleceğimiz buna bağlı...

GİRİŞ SİMETRİ NEDİR?

Simetri her yerededir ve doğa tarafından tasarlanmış sayısız motifte kendisini somut şekilde gösterir. Simetri anahtar öğedir; müzikte, dansa, şiirde ve mimaride sıklıkla merkezi ya da belirleyici tema olarak çıkar karşımıza. Özellikle kimya, biyoloji, fizyoloji ve astronomi olmak üzere bilimlerin tümünün içine sızmıştır. Maddenin iç yapısı, dışımızdaki evren ve matematiğin soyut dünyasının kendisi bile simetrinin örnekleriyle doludur. Doğa hakkında söyleyebileceğimiz en temel ifadeler olan fiziğin temel yasaları da simetriye dayanır.

Simetrilerle ilk olarak çocukken karşılaşırız. Onları önce görürüz, duyarız ve sonra da simetrik iç ilişkilere sahip olan kimi olay ve durumu tecrübe ederiz. Çiçeklerin taç yapraklarında, bir yumurta ya da deniz kabuğunda, ulu bir çınarın dallarında, bir kar tanesinde ya da sahilde denizi gökyüzünden ayıran ufuk çizgisinde zarif bir simetri gözümüze çarpar her zaman. Ay'ın ve Güneş'in, bize kusursuz derecede simetrik daireler olarak görüldüğünü ve onların gündüz ya da gece gökyüzündeki hareketlerinin, mükemmel bir simetriye sahip dairesel rotalar olduğunu fark ederiz. Davul sesinde, bir şarkıyı oluşturan basit nota dizisinde ya da bir kuşun ötüşünde bulunan simetrileri duyarız. Zamanla, canlıların yaşam döngülerinde ya da her sene art arda gelen mevsimlerde simetrinin kendisini göstermesine tanık oluruz.

İnsanlar binlerce yıldan beri içgüdüsel olarak simetriyi mükemmellikle eş tutmaya eğilimli oldular. Antik mimarlar simetrisini, her zaman tasarım ve yapılarının bir parçası olarak kullandı. Bunlar ister antik Yunan tapınağı, ister firavunun geometrik lahdi, isterse de Ortaçağ katedrali olsun, hepsi de bir “Tanrı’nın” oturmayı isteyebileceği ikametgâhı simgeliyordu. Klasik şiir sanatı –*İlyada*, *Odysseia* ve *Aeneis* gibi başyapıtlarda da görebileceğimiz gibi– hikâyeler ya da şarkılardaki tanrıçalara ve ilham perilerine methiyeler düzerken simetrik lirik tempoları kullanmaktadır. Büyüleyici bir katedralin içinde yankılanan görkemli Bach org fûğü de görünüşe göre matematiksel bir simetriden doğmuştur; adeta bize gök kubbenin derinliklerinden çalınıyormuşçasına... Simetri, tıpkı kesintisiz bir okyanus ufkundaki gün batımı gibi, rahatsız edici bir haleti ruhiye yaratır bizde. Çevremizdeki dünyada hissettiğimiz ve gözlemlediğimiz simetrisizlikler, evrendeki her şeyin altında yatan mükemmel bir düzen ve uyumun işaretini vermektedir. Simetri aracılığı ile bizim dışımızda var olan, yine de kendi aklımızla kavrayabileceğimiz belirgin mantıksal yapının evrende işlemekte olduğunu hissederiz.

Öğrencilerden simetriyi tanımlamaları istendiğinde genellikle hepsinin de verdiği cevaplar doğrudur. “Simetri nedir?” sorusu karşısında duyacağımız cevaplardan bazıları şunlardır:

O, eşkenar üçgenin tüm kenarlarının ya da tüm açılarının aynı olması durumuna benzer.

Nesnelerin birbirlerine oranının aynı olmasıdır.

Farklı noktalardan bakıldığında nesnelerin aynı şekilde görülmesidir.

Yüzümüzde gözlerimizin ya da kulaklarımızın yerleşimi gibi bir nesnenin farklı kısımlarının aynı görünmesidir.

Bunlar büyük ölçüde simetrisinin görsel anlatımlarıdır. Ama yine de onların daha soyut bir kavramı barındırdığını görüyoruz: Tüm bu tanımlarda “aynılık” kavramı bir bileşen olarak bulunmaktadır. Aslında *simetri* kelimesinin genel bir tanımı şöyle verilebilir:

simetri *i.* Nesnelere arasındaki eşdeğerliğin ifadesi.

Simetri en temel matematiksel kavramlardan birisiyle sıkı bir ilişki içindedir: *eşdeğerlik*. Matematikte iki şey birbirinin aynısı ya da eşdeğeri olduğunda biz bunlara eşit deriz ve bunu göstermek için her yerde rastladığımız = işaretini kullanırız. Bu nedenle simetri, şeyler arasındaki eşitliğin ifadesidir. Bunlar farklı nesnelere ya da bir nesnenin farklı parçaları olabilir. Ya da bu şeyler, bir nesnenin, biz ona bir şey yaptıktan *önceki* ve *sonraki* görünüşleri olabilir.

Fiziksel sistem, bir atom gibi herhangi basit bir parçacık olabileceği gibi, parçacıkların kompleks şekilde bir araya gelmesiyle oluşan, bir molekül, bir kaya, bir insan, bir gezegen ya da fizik yasalarına göre hareket eden tüm evren de olabilir. Aslında fiziğin perspektifinden bakıldığında her şey fiziksel sistem olarak düşünülebilir. Sistemde herhangi bir *değişiklik* yapıldığında, *sistem değişiklikten önceki durumunda kalıyorsa* fiziksel sistemin *simetriye sahip olduğu* söylenir. Sistemde yaptığımız bu değişikliğe *simetri işlemi* ya da *simetri transformasyonu* deriz. Eğer sistem transformasyona uğrattığımızda aynı kalıyorsa, *sistemin transformasyon karşısında değişmez olduğunu* söyleriz.

Bu nedenle bir bilim adamının simetri tanımı şunun gibi bir şey olacaktır: *simetri, bir nesne ya da sistemin transformasyon karşısındaki değişmezliğidir. Değişmezlik*, sistemin biçimindeki, görünüşündeki, bileşimdeki, düzenlemesindeki ya da diğer başka özelliklerindeki aynılık ya da sabitliktir; *transformasyon* ise sisteme uyguladığımız ve onu bir durumdan alıp eşdeğer başka bir

duruma sokan soyut etkidir. Belirli bir sisteme uygulayarak onu eşdeğer başka bir duruma sokabileceğimiz birçok transformasyon çeşidi vardır.

Geometrik simetriye güzel bir örnek, bir Çin çiçek vazosunun, üzerine süslemeler yapılmadan önceki hali olabilir. Eğer vazoyu bir masaya koyup belirli bir açıyla döndürürsek (örneğin 37.742 ... derece), fiziksel yapısı ya da görünüşünde hiçbir şeyin değişmediğini görürüz –vazonun döndürülmeden “önceki” ve “sonraki” fotoğrafları aynıdır. Uzayda, vazonun ortasından geçen *simetri eksenini* dediğimiz hayali çizgi etrafındaki herhangi bir döndürme işlemi karşısında vazonun durumu değişmez. Bu örnek bize, matematiksel simetri tanımımızın duyusal tecrübelerimizle uyuştuğunu ve simetrinin, vazoda kendisini biçim ve şekil olarak ifade eden güzelliği daha da arttırdığını göstermektedir.

MÜZİKTEKİ SİMETRİ

Şimdi gelin simetri kavramını görsel olmayan ama yakından tanıdığımız bir konu içinde değerlendirelim. Daha önce de belirttiğimiz gibi simetri her yerdedir ve sanatın içine de sızmıştır; özellikle de sanatın en büyük dallarından birisine: müziğe.

Batı müziği Johann Sebastian Bach'ın zamanında, Rönesans'tan miras aldığı, ana hatları bakımından görece daha basit olan barok tarzın ötesine geçmeye başlıyordu. Müzik yeni bir çağa girmişti; artık onda daha fazla duygu ve ruh hali ifade edilebiliyor ve daha fazla duygusal tatmin sağlanabiliyordu –bu akım *Affekt* olarak adlandırıldı. Buna ek olarak müziğin biçimi, yapısı ve mimarisi evrimsel bir değişiklik geçirmekteydi.

1700 yılında on beş yaşında olan Bach, kuzeydeki Hamburg kentinden kırk sekiz kilometre uzakta, bugün Almanya olarak bil-