

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

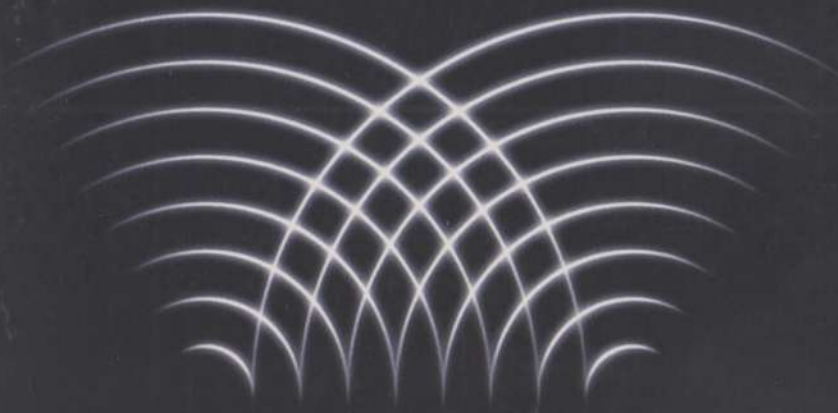
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

HELGOLAND

Kuantum Devrimini
Anlamlandırmak



CARLO
ROVELLI

Tellekt

ÇEVİRİ: TOLGA ESMEK

Ücretsiz PDF Kitap Arama: <https://kntey.org>

Tellekt_42

Helgoland, Carlo Rovelli

Çeviri: Tolga Esmer

Helgoland

İlk basım (çeviriye kaynak alınan basım): Adelphi Edizioni, 2020

© 2020, Adelphi Edizioni S.p.A. Milano

© 2022, Can Sanat Yayınları A.Ş.

Tüm hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

www.adelphi.it

1. baskı: Eylül 2022, İstanbul

Bu kitabın 1. baskısı 3000 adet yapılmıştır.

Yayına hazırlayan: Didem Bayındır

Editör: Nükhet Polat

Düzeltili: Mert Tokur

Mizanpaj: Bahar Kuru Yerek

Kapak Tasarımı ve Uygulama: Bora Başkan

İç Kapak Görseli: Bora Başkan

Baskı ve cilt: Melisa Matbaacılık Yayıncılık San ve Dış Tic. Ltd.

Maltepe Mah. Davutpaşa Çiftelhavuzlar Sk. No:16 Acar San. Sit.

Zeytinburnu, İstanbul

Sertifika No: 45099

ISBN 978-625-7118-73-6

Tellekt

tellekt.com • bilgi@tellekt.com

Maslak Mah. Eski Büyükdere Cad. İz Plaza Giz, No: 9/25 Sarıyer/ İstanbul

Telefon: (0212) 252 56 75 / 252 59 88 / 252 59 89 Faks: (0212) 252 72 33

Sertifika No: 43514

Tellekt, Can Sanat Yayınları Yapım ve Dağıtım Ticaret ve Sanayi A.Ş.'nin markasıdır.

twitter.com/tellekt • facebook.com/tellekt • instagram.com/tellekt

HELGOLAND

CARLO ROVELLI

ÇEVİRİ:
TOLGA ESMER

Tellekt

CARLO ROVELLI'in Tellekt'teki diğerk kitapları:

Fizik Üzerine Yedi Kısa Ders, 2020

Zamanın Düzeni, 2020

CARLO ROVELLI, 1956'da Verona'da doğdu. Günümüzün öncü fizik kuramcıları arasında bulunan Rovelli, 1981'de Bologna Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun oldu, 1986'da Padova Üniversitesi'nde doktora derecesini aldı. Doktora sonrası araştırma sürecinde Imperial College London (1986), Roma La Sapienza Üniversitesi (1987/88), Yale Üniversitesi (1987), Syracuse Üniversitesi (1989) ve Trieste SISSA'da çalışmalar yaptı. 1990-1999 yılları arasında Pittsburg Üniversitesi'nde öğretim üyesi, 1999-2000 yıllarında da profesör olarak görev yaptı. 2000'de Fransa'da Aix-Marseille Üniversitesi'ne geçti. Araştırma alanıyla ilgili seçkin kurumlardan çok sayıda ödüle layık görülen Rovelli, Lee Smolin'le birlikte *loop* (ilmek) kuantum kütle çekimi kuramını geliştirdi. Çok sayıda akademik yayınının yanı sıra 2011'de *Miletli Anaksimandros ya da Bilimsel Düşüncenin Doğuşu*'nu, 2014'te *Gerçeklik Görüldüğü Gibi Değil: Nesnelerin Temel Yapısı*'nı yayımladı. Aynı yıl yayımlanan *Fizik Üzerine Yedi Kısa Ders*, 40'tan fazla dile çevrildi ve yaklaşık bir milyon okurla buluştu. *Zamanın Düzeni*'nin ardından son olarak *Helgoland*'ı yayımlayan Rovelli, Aix-Marseille Üniversitesi'ne bağlı Fizik Kuramı Merkezi'nde çalışmalarını sürdürmektedir. <http://www.cpt.univ-mrs.fr/~rovelli/>

TOLGA ESMER, 1966'da İstanbul'da doğdu. St. Joseph Lisesi'ni bitirdikten sonra bir yıl ABD'de kaldı. Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra Bocconi Üniversitesi'nde Uluslararası Ekonomi ve İşletme alanında yüksek lisans derecesi aldı. İtalya ve Türkiye'de yönetim danışmanlığı yaptı. Farklı üniversitelerde işbirlikçi olarak dersler verdi. Film yapımcısı

lığı yaptı. Predrag Matvejević'in *Akdeniz'in Kitabı'nı* (1999), Umberto Eco'nun *Açık Yapıt'ını* (2016), Jonathan Wilson'ın *Kirli Yüzlü Melekler: Arjantin Futbol Tarihi'nı* (2017), Fernando Báez'in *Kitap Kıymının Evrensel Tarihi'nı* (2018), David Lewis Williams'ın *Mağaradaki Zihin'ini* (2019), Carlo Rovelli'nin *Fizik Üzerine Yedi Kısa Ders* (2017), *Gerçeklik, Göründüğü Gibi Değildir* (2018), *Zamanın Düzeni* (2020) kitaplarını ve Luigi Luca Cavalli Sforza'nın *Kültürün Evrimi'nı* dilimize kazandırdı. Açık Radyo'da Akdeniz cazı programı "Akdeniz Güneşı"ni hazırlayıp sunmaktadır.

**Kuantum mekaniğini anlamadığımı
anlamamı sağlayan Ted Newman'a**

İÇİNDEKİLER

DİPSİZ UÇURUMA GÖZÜNÜ DİKMEK	11
------------------------------	----

BİRİNCİ KISIM

I	17
---	----

1. GENÇECİK WERNER HEISENBERG'İN SAÇMA FİKRİ: "GÖZLEMLENEBİLİR OLANLAR"	19
2. ERWIN SCHRÖDINGER'İN YANILTICI Ψ 'Sİ: "OLASILIK"	29
3. EVRENİN TANECİKLİ YAPISI: "KUANTUMLAR"	35

İKİNCİ KISIM

II	43
----	----

1. SÜPERPOZİSYONLAR	45
2. Ψ 'Yİ CİDDİYE ALMAK: ÇOKLU EVRENLER, GİZLİ DEĞİŞKENLER VE FİZİKSEL ÇÖKÜŞLER	53
3. BELİRSİZLİĞİ KABULLENMEK	60

III	63
1. DÜNYANIN BASİTMİŞ GİBİ GÖRÜNDÜĞÜ BİR DÖNEM VARDI	65
2. İLİŞKİLER	67
3. KUANTUMLARIN SEYREK VE HAFİF DÜNYASI	71
IV	77
1. DOLANIKLIK	79
2. ÜÇ KİŞİLİK DANS DÜNYANIN İLİŞKİLERİNİ DOKUR	84
3. BİLGİ	86
ÜÇÜNCÜ KISIM	
V	97
1. ALEKSANDR BOGDANOV VE VLADİMİR LENİN	99
2. MADDESİZ DOĞACILIK	108
3. TEMELSİZ Mİ? NAGARCUNA	112
VI	123
1. BASİT MADDE Mİ?	125
2. "ANLAM" NE ANLAMA GELİR?	129
3. İÇERİDEN GÖRÜLEN DÜNYA	136
VII	123
AMA BU GERÇEKTEN MÜMKÜN MÜ?	125
NOTLAR	157
DİZİN	167

DİPSİZ UÇURUMA GÖZÜNÜ DİKMEK

Časlav’la [Brukner] birlikte denize bir-iki adım uzakta kumlar üstünde oturuyoruz. Hiç durmadan saatlerce konuşmuşuz. Konferans arasının verildiği öğleden sonra Hong Kong’un karşısındaki Lamma Adası’na gelmişiz. Časlav en tanınmış kuantum mekaniği uzmanlarından biridir. Konferansta karmaşık bir düşünce deneyinin bir analizini sunmuştu. Kumsala kadar ormanın kıyısını izleyen patikada, sonra da burada, deniz kıyısında bu konuyu bir daha, bir daha tartışmışız. Sonunda temelde aynı fikirde buluşuyoruz. Kumsalda aramızda uzun bir sessizlik oluyor. Denize bakıyoruz. Gerçekten inanılmaz, diye mırıldanıyor Časlav, inanılır gibi değil. Sanki... gerçeklik... yokmuş gibi.

Bu noktada aklımız kuantumlarda. Bir yüzyılda ortaya koyduğu müthiş sonuçlardan sonra, bize çağdaş teknolojiyi ve bütün 20. yüzyıl fiziğini armağan ettikten sonra, dikkatle bakıldığında bilimin bu en başarılı kuramı içimizi şaşkınlıkla, kafa karışıklığıyla, kuşkuyla dolduruyor.

Bir an için evrenin temel kuralları aydınlanmış gibiydi: Gerçek-
Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

liğin bin bir renkli tüm biçimlerinin temelinde birkaç kuvvetin yönlendirdiği parçacıklardan başka bir şey yokmuş gibi görünüyordu. İnsanlık artık Maya'nın yanılsama ile gerçeklik arasındaki perdesini* kaldırıp gerçekliğin derinliklerini gördüğünü düşünebilirdi. Ne var ki bu çok uzun sürmedi; pek çok olgu birbiriyle uyuşmuyordu.

Ta ki 1925 yazında 23 yaşındaki bir Alman genci günlerini huzursuz bir yalnızlık içinde geçirmek üzere Kuzey Denizi'nin rüzgârlı bir adasına gelene dek: Burası Kutsal Ada, Helgoland'dı. Adada çözümü zor tüm olguları açıklamaya ve kuantum mekaniğinin, belki de gelmiş geçmiş en büyük bilimsel devrim olan "kuantum kuramı"nın yapısını oluşturmaya izin veren bir fikir buldu. Bu gencin adı Werner Heisenberg'di. Bu kitabın öyküsü onunla başlıyor.

Kuantum kuramı kimyanın temellerini, atomların, katı cisimlerin, plazmaların işleyişini, gökyüzünün rengini, beynimizdeki nöronları, yıldızların dinamiğini, gökadalara kökenini, dünyanın binlerce farklı yönünü aydınlattı. Bilgisayarlardan nükleer santrallere en yeni teknolojilerin temelinde bu kuram vardır. Mühendisler, kozmologlar, astrofizikçiler, kimyacılar ve biyologlar onu her gün kullanır. Kuramın temelleri yükseköğretim programlarında yer alır. Şimdiye dek hiç yanılmadı. O, günümüz biliminin atan yüreğidir. Yine de derin gizemini korumaktadır. Altan alta ürkütücüdür.

Belirli yörüngeler boyunca hareket eden parçacıklardan meydana gelen gerçeklik imgesini yerle bir etmiş ama bunun yerine dünyayı nasıl hayal etmemiz gerektiğini açıklığa kavuşturmamıştır. Onun matematiği gerçekliği tanımlamaz, bize "neyin var olduğunu" söylemez. Birbirinden uzak nesneler sihirli bir biçimde birbirine bağlıymış gibi görünür. Maddenin yerini hayaletimsi olasılık dalgaları almıştır.

Kuantum kuramının bize gerçek dünya hakkında ne anlattığı üstüne bir an durup düşünen herkesin aklı karışır. Heisenberg'in yola çıkmasını sağlayan fikirleri önceden sezmiş olan Einstein kura-

* Maya'nın perdeleri veya peçeleri. Eski Hint inancına göre gerçekliği olduğu gibi görmemizi engelleyen unsurlardır. (C.N.)
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://rantey.org>

mı hiçbir zaman özümsememişti; 20. yüzyılın büyük kuramsal fizikçisi Richard Feynman kimsenin kuantumları anlamadığını yazmıştı.

Ama bilim budur: Dünya hakkında düşünmenin yeni yöntemlerinin araştırılması. Kavramlarımızı sürekli olarak yeniden tartışmaya açma yeteneğimizdir. Kendi kavramsal temellerini değiştirebilen, dünyayı sıfırdan yeniden tasarlayabilen asi ve eleştirel bir düşüncenin uzak görüş gücüdür.

Kuramın tuhaflığı kafamızı karıştırırsa da gerçekliği anlamamız için yeni bakış açıları ortaya koyar. Uzamdaki parçacıklara dayalı, basite indirgenmiş maddecilikten daha incelikli bir gerçekliği... Nesnelerden önce ilişkilerden oluşan bir gerçekliği...

Kuram, gerçekliğin yapısından kişisel deneyimin doğasına, metafizikten belki de bilincin doğasına dek önemli soruları yeniden ele almak için yeni yollar ortaya atar. Bunların hepsi bugün bilim dünyasında ve felsefeciler arasında son derece canlı bir tartışma konusudur, ben de bundan sonraki sayfalarda tüm bunlardan söz edeceğim.

Werner Heisenberg çıplak, uzak, kuzey rüzgârlarının dövdüğü Helgoland Adası'nda bizler ile gerçeklik arasındaki bir perdeyi kaldırdı; bu perdenin ardında dipsiz bir uçurum belirdi. Bu kitabın öyküsü Heisenberg'in düşüncesinin çekirdeğini tasarladığı bu adadan yola çıkıyor ve gerçekliğin kuantum nitelikli yapısının yarattığı, gitgide daha önemli konulara doğru adım adım genişliyor.



Bu sayfaları öncelikle kuantum fiziğini bilmeyen ve onun ne olduğunu, ne anlam ifade ettiğini becerebildiğimiz ölçüde anlamaya meraklı olanlar için yazdım. Konunun özünü kavramak için çok gerekli olmayan tüm ayrıntıları göz ardı ederek olabildiğince kısa ve öz olmaya çalıştım. Bilimin belirsizliğinin tam merkezindeki bir kuram hakkında olabildiğince açık olmaya çabaladım. Kuantum mekaniğinin nasıl anlaşılabilceğinden çok belki yalnızca onu anlamanın neden bu kadar zor olduğunu açıklayacağım.

Bununla birlikte kitabı, bu şaşırtıcı fiziğin anlamı üstünde sürmekte olan diyalogu sürdürmek ve genel bir bakış açısına doğru yönelmek için kuramı ne kadar derinleştirirlerse kafaları da o kadar karışan bilimci ve felsefeci meslektaşlarımı da düşünerek yazdım. Kitapta kuantum mekaniğini zaten iyi bilenler için de çok sayıda not var. Bunlar metinde daha kolay okunacak biçimde söz etmeye çalıştığım şeyleri daha kesin ifade ediyor.

Kuramsal fizik araştırmalarımın temel hedefi uzayın ve zamanın kuantum niteliğini anlamak, kuantum kuramını Einstein'ın uzay ve zamana ilişkin keşifleriyle tutarlı kılmak oldu. Kendimi sürekli olarak kuantumlar hakkında düşünürken buldum. Bu metin bugün vardığım noktadır. Farklı düşünceleri göz ardı etmiyor ama kararlı biçimde bir taraf tutuyor: Odağında, kuramın etkili olduğunu ve daha ilgi çekici ufuklar açtığını düşündüğüm "ilişki temelli" yorumu yer alıyor.

Başlamadan önce bir uyarı... Bilinmeyenin dipsiz derinlikleri her zaman çekici ve baş döndürücüdür. Ama kuantum mekaniğini ciddiye almak, onun sonuçları üstüne düşünmek neredeyse sanrılar yaratan bir deneyimdir: Şu ya da bu biçimde, bizden dünya anlayışımızda somut ve tartışma götürmez gibi görünen bir şeyden vazgeçmeyi talep eder. Gerçekliğin hayal ettiğimizden çok farklı olduğunu kabul etmemizi ister. Akıl sır ermez derinliklere dalmaktan korkmadan o girdabın içine gözünüzü dikmenizi ister.

Lizbon, Marsilya, Verona, London Ontario

2019-2020

BİRİNCİ KISIM

I

“Tuhaf bir güzelliğın içine bakarken”

**Genç bir Alman fizikçinin gerçekten tuhaf ama dünyayı
çok çok iyi betimleyen bir fikri buluşu ve ardından gelen
büyük kafa karışıklığı**

1. Gencecik Werner Heisenberg'in saçma fikri: "Gözlemlenebilir olanlar"

"Hesaplarımın son sonuçları önüme geldiğinde saat neredeyse sabahın üçüydü. Kendimi derinden sarsılmış hissettim. O kadar heyecanlıydım ki uyumayı düşünemiyordum. Evden çıktım ve karanlığın içinde yavaş yavaş yürümeye başladım. Adanın ucunda denize yukarıdan bakan bir kayaya tırmandım ve güneşin doğmasını bekledim..."¹

O güne dek insanlığın gözüne ilişen en baş döndürücü sırlardan birine ilk kez göz attıktan sonra Kuzey Denizi'ndeki çıplak ve rüzgârlı ada Helgoland'da denize yukarıdan bakan kayaya tırmanmış, dalgaların enginliğine bakarken güneşin doğmasını bekleyen genç Heisenberg'in düşüncelerinin ve duygularının neler olduğunu sık sık merak etmişimdir.

Heisenberg orada alerjisinin etkilerini hafifletmek için bulunuyordu. Helgoland'da –adı kutsal ada anlamına gelir– neredeyse hiç ağaç yoktur, çok az çiçek ve çok az bitki var. Joseph J. Levy'ye, "Tek bir ağa-

cı olan Heligoland*,” der. Her şeyden önce aklından bir türlü çıkmayan probleme gömülmek için orada buluyordu. Bu çetin cevizi ona Niels Bohr vermişti. Çok az uyuyor, zamanını yalnız geçirirken Bohr’un anlaşılmaz kurallarını doğrulayacak bir şeyler hesaplamayı deniyordu. Arada bir adanın kayalıklarına tırmanmak için ara veriyordu. Bu kısa aralarda en büyük Alman şairi Goethe’nin İslama duyduğu sevgiyi ortaya koyduğu *Doğu-Batı Divanı*’ndan şiirler ezberliyordu.

Niels Bohr zaten tanınan bir bilimciydi. Kimyasal elementlerin özelliklerini daha ölçülmeden önce öngörebilen basit ama tuhaf formüller yazmıştı. Örneğin ısıtılan elementlerin yaydığı ışığın frekansını, yani aldıkları rengi öngörebiliyorlardı. Kayda değer bir başarı... Oysa formüller eksikti, yayılan ışığın şiddetini hesaplamaya yaramıyorlardı.

Ama her şeyden önemlisi, bu formüllerin gerçekten saçma bir tarafı vardı: Herhangi bir neden olmaksızın, atomlardaki elektronların çekirdeğin çevresinde yalnızca *belirli* enerji düzeyleriyle, çekirdeğe *belirli* uzaklıktaki *belirli* yörüngelerde döndüklerini, sonra da sihirli bir biçimde bir yörüngeden diğerine “sıçradıkları”nı varsayıyorlardı. Bunlar ilk “kuantum sıçramaları”ydı. Neden yalnızca bu yörüngelerdi? Bir yörüngeden diğerine bu tutarsız sıçramalar neydi? Bir elektronu bu kadar tuhaf davranmaya yöneltebilen bilinmeyen kuvvet neydi?

Atomlar her şeyin yapıtaşıdır. Nasıl işlerler? İçindeki elektronlar nasıl hareket eder? Bohr ve meslektaşları bu sorular çevresinde on yıldan fazla bir süredir dönüp duruyordu. Boşu boşuna...

Bohr atomun gizemlerini araştırmak için Kopenhag’da, bir Rönesans atölyesindeki gibi, bulabildiği en parlak genç fizikçileri çevresinde toplamıştı. Bunlar arasında son derece yetenekli, çok zeki, küstah, kibirli, Heisenberg’in okul arkadaşı ve dostu Wolfgang Pauli de vardı. Pauli, kibirli olmasına karşın, arkadaşı Heisenberg’i büyük usta Bohr’a önerdi ve ilerlemek isteniyorsa onun çağrılması gerekti-

* Helgoland’a Heligoland da denir. (C.N.)
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://rantey.org>

ğini söyledi. Bohr onun söylediklerini dikkate aldı ve Göttingen'de Max Born'un asistanlığını yapan Heisenberg'i de 1924'te Kopenhag'a davet etti. Heisenberg birkaç ay Kopenhag'da kalarak Bohr'la formüllerle dolu kara tahtalar önünde bu konuları tartıştı. Genç ile usta birlikte dağlarda, atomun, fiziğin ve felsefenin gizemlerini konuştukları uzun yürüyüşler yapıyordu.²

Heisenberg probleme gömülmüştü. Onu bir saplantı haline getirdi. O da diğerleri gibi her şeyi denemişti. Hiçbir şey işe yaramıyordu. Hiçbir makul kuvvet elektronları o tuhaf yörüngelerde ve o garip Bohr sıçramalarıyla yönlendirebilecekmiş gibi görünmüyordu. Yine de bu yörüngeler ve bu sıçramalar atoma ilişkin olguları doğru olarak öngörmeyi sağlıyordu. Kafa karıştırıcı...

Cesaretin kırılması insanı uç noktalarda çareler aramaya iter. Kuzey Denizi'ndeki adada tek başına kalan Heisenberg radikal fikirler aramaya karar verdi.

Sonuçta 20 yıl önce Einstein'ın dünyayı şaşırttığı düşünceler de radikaldi. Einstein'ın radikal yaklaşımının etkili olduğu ortaya çıkmıştı. Pauli ve Heisenberg onun fiziğine hayran kalmıştı. Einstein efsaneydi. Atomlardaki elektron açmazından çıkmak için yine o kadar radikal bir adım atmanın zamanı geldi mi acaba diye merak ediyorlardı. Ya bu adımı onlar atacak olsa? Yirmili yaşlarda çılgınca hayaller kurulur.

Einstein en kökleşmiş kanıların yanlış olabileceğini göstermişti. Apaçık gibiymiş gibi görünen bir şey doğru olmayabilirdi. Mutlak doğru gibi görünen varsayımları terk etmek daha iyi anlamayı sağlayabilirdi. Var olması gerektiğini düşündüğümüzü değil, gördüğümüzü temel almayı öğretmişti.

Pauli sık sık bu düşünceleri Heisenberg'e tekrarlıyordu. İki genç bu zehirli baldan tatmıştı. Yüzyıl başında Avusturyalı ve Alman felsefecilerin gerçeklik ile deneyim arasındaki ilişki hakkındaki tartışmalarını izlemişlerdi. Einstein üstünde belirleyici bir etkisi olan Ernst Mach bilginin, tüm örtük "metafizik" varsayımlardan kurtularak yalnızca gözlemlere dayanması gerektiğini öğütüyordu. Bunlar 1925 yazında Helgoland Adası'na sığınan gencecik Heisenberg'in

düşüncelerinde bir patlayıcının kimyasal bileşenleri gibi karışan tamamen farklı içeriklerdi.

Fikir orada aklına geldi. Yalnızca yirmili yaşların sınır tanımayan radikalizmi içinde düşünülebilecek bir fikir... Bütün fiziği, bütün bilimi, bütün dünya algımızı altüst edecek bir fikir... Sanırım insanlığın henüz sindiremediği bir düşünce.

...

Heisenberg'in sıçraması basit olduğu kadar da çılgıncadır. Kimse elektronları o tuhaf davranışlara yönlendirebilen kuvveti bulmayı başaramıyor muydu? Olsun, öyleyse yeni kuvveti unutalım. Bunun yerine zaten bildiğimiz bir kuvvet kullanalım: Elektronu çekirdeğe doğru çeken elektrik kuvvetini. Bohr'un yörüngelerini ve sıçramalarını doğrulayan yeni hareket yasaları bulamıyor muyuz? Peki, o zaman zaten bildiğimiz hareket yasalarını değiştirmeden oldukları gibi tutalım.

Bunun yerine elektronu kavrayış biçimimizi değiştirelim. Elektronun bir yörünge boyunca hareket eden bir nesne olduğu düşüncesinden vazgeçelim. Yalnızca dışarıdan gözlemlediğimiz şeyi betimleyelim: Elektron tarafından yayılan ışığın şiddetini ve frekansını. Her şeyi yalnızca *gözlemlenebilir* nicelikler temeline oturtalım.

Heisenberg elektronun hareketini yalnızca gözlemlediğimiz nicelikleri, yani salınan ışığın frekansını ve genliğini kullanarak yeniden hesaplamayı dener. Elektronun enerjisini buradan yola çıkarak yeniden hesaplamaya çalışır.

Biz elektronun bir Bohr yörüngesinden diğerine *sıçramalarının* etkilerini gözlemleriz. Heisenberg fiziksel değişkenleri satırlarını çıkış yörüngesinin, sütunlarını varış yörüngesinin oluşturduğu bir *tabloya* yerleştirir. Tablonun bir satır ve bir sütun üstündeki her bir kutucuğu belirli bir yörüngeden bir başkasına sıçramayı tanımlar. Bohr kurallarını doğrulayacak bir şey hesaplamaya çalışarak adada zaman geçirir. Çok az uyur. Atomun içindeki elektronla ilgili hesap-

ları yapmayı başaramaz, çok zordur. Hesaplamaları daha basit bir sisteme uygulamayı dener: Sarkaç. Bohr kurallarını bu basitleştirilmiş örnek üstünde dener.

7 Haziran'da bir şeyler ortaya çıkmaya başlar:

“İlk terimin [Bohr kurallarına ulaşmak için] doğruymuş gibi görünmeye başladığı zaman birbiri ardına bir aritmetik hatası yapmak-tan endişelenmeye başladım. Hesaplarımın son sonuçları önüme geldiğinde saat neredeyse sabahın üçüydü. Bütün terimler doğruyd.

Birdenbire hesaplarımın gösterdiği yeni ‘kuantum’ mekaniğinin tutarlı olduğundan artık hiçbir kuşku kalmadı.

Derinden sarsılmıştım. Olguların dış görünüşlerinin ardında tuhaf bir güzelliğe bakıyormuş hissine kapıldım; kendimi artık Doğa'nın bu kadar cömertçe önüme serdiği matematiksel yapının zenginliğini soruşturmam gerektiği düşüncesiyle sersemlemiş hissediyordum.”

Tüyler ürperten sözler... Olguların yüzeyinin ardındaki “tuhaf güzellik”... insanlığın yeryüzündeki nesnelerin hareketini açıklayan ilk matematik yasası olan eğik düzlemde hareket eden nesneler üstünde Galileo'nun yaptığı ölçümlerde matematiksel bir düzen belir-meye başladığında yazdığı sözlerin yankılanması gibi: “Görünürdeki düzensizliğin ardındaki matematik yasasını görmek gibi bir duygu yoktur.”

iki

Heisenberg Helgoland Adası'ndan üniversitesine, Göttingen'e geri döner. Sonuçların bir kopyasını arkadaşı Pauli'ye göndererek şu yorumu yapar: “Henüz her şey çok belirsiz ve benim için çok açık değil ama sanki elektronlar artık yörüngeler üstünde hareket etmeyecekmiş gibi görünüyor.”

9 Temmuz'da çalışmasının bir kopyasını asistanı olduğu Profesör Max Born'a (Kopenhag'daki Niels Bohr'la karıştırmayın) şöyle bir notla teslim eder: “Çılginca bir makale yazdım ve yayımlanması

için bir dergiye gönderecek cesaretim yok.” Ondan bunu okumasını ve kendisine yol göstermesini ister.

Max Born 25 Temmuz’da Heisenberg’in çalışmasını *Zeitschrift für Physik*’e kendi gönderir.¹

Genç asistanın attığı adımın önemini sezmiştir. Bazı şeyleri açıklığa kavuşturmaya çalışır. Heisenberg’in acayip sonuçlarını düzene sokmayı denemek için öğrencisi Pascual Jordan’ı da işin içine katar.⁴ Heisenberg de Pauli’yi aralarına katmayı dener ama Pauli pek ikna olmamıştır, hesaplar ona fazlasıyla soyut ve çapraşık bir matematik oyunu gibi görünür. Dolayısıyla başlangıçta kuram üstünde çalışan yalnızca üç kişi vardır: Heisenberg, Born ve Jordan.

Hummalı bir çalışmaya girişirler ve birkaç ay içinde yeni bir mekaniğin bütün biçimsel yapısını geliştirirler. Son derece basittir: Kuvvetler klasik fiziktekiyle aynıdır; denklemler klasik fiziktekinin aynıdır (ek olarak daha sonra söz edeceğim bir denklem* vardır) ama değişkenlerin yerini sayı tabloları veya “matrisler” almıştır.



Neden sayı tabloları? Bir elektronda gözlemlediğimiz şey, Bohr’un hipotezine göre, elektronun bir yörüngeden bir başkasına sıçradığında salınan ışıktır. Bir sıçrama *iki* yörüngeyi kapsar: Terk edilen yörünge ile varılan yörünge. Bu nedenle her gözlem, daha önce söz ettiğim gibi, terk edilen yörüngeyi satırları, varılan yörüngeyi sütunları oluşturduğu bir tablonun kutucuklarına yerleştirilerek düzenlenebilir.

Heisenberg’in düşüncesi elektronun hareketini tanımlayan *tüm* nicelikleri sayı yerine sayı tabloları olarak yazmaktır. Elektron başına tek bir x konumu yerine, olası konumlara ait bütün bir X tablosu elde edilir: Olası her sıçrama için bir sayı tablosu. Yeni kuramın anafikri, her zamanki fizik denklemlerini, alışlagelmiş niceliklerin (yörünge-

* $XP-PX=i\hbar$. [Aksi belirtilmedikçe dipnotlar yazara aittir. (Y.N.)]
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://ranney.org>

nin konumu, hızı, enerjisi, frekansı...) yerine bu tabloları koyarak kullanmaya devam etmektir. Örneğin bir sıçrama sırasında salınan ışığın şiddeti ve frekansı tablonun o sıçramaya karşılık gelen kutucuğuyla belirlenir. Enerjiye karşılık gelen tabloda yalnızca köşegende sayılar vardır, bunlar da Bohr yörüngelerinin enerjisi olacaktır.

		VARİŞ YÖRÜNGESİ				
		Yörünge 1	Yörünge 2	Yörünge 3	Yörünge 4	...
ÇIKIŞ YÖRÜNGESİ	Yörünge 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	
	Yörünge 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	
	Yörünge 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	
	Yörünge 4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	

Bir Heisenberg matrisi: Elektronun konumunu “temsil eden” sayı tablosu. Örneğin X_{23} sayısı ikinci yörüngeden üçüncü yörüngeye sıçramayı gösterir.

Açık mı? Hiç değil. Her şey zifirî karanlıkta.

Yine de değişkenlerin yerine tabloların konması gibi saçma bir yöntem doğru sonuçların hesaplanmasını sağlar: Deneylerde gözlemlediğimiz şeyleri birebir öngörür.

Yıl sona ermeden önce Born’un eline postadan, tanınmamış genç bir İngiliz’in yazdığı, Göttingen’in üç silahşorunu büyük şaşkınlığa düşüren kısa bir makale geçer.⁷ Makalede temel olarak aynı kuram, Göttingen matrislerinden bile daha soyut bir matematik diliyle oluşturulmuştur. Bu genç, Paul Dirac’tir. Heisenberg o yılın haziran ayında İngiltere’de bir konferans vermiş, sonunda da fikirlerinden söz etmiştir; Dirac dinleyiciler arasındadır ama yorgundur ve hiçbir şey anlamamıştır. Daha sonra Heisenberg’in çalışmasını profesöründen temin etmiştir, postayla ulaştırılan bu çalışmadan profesörü de hiçbir şey anlamamıştır. Dirac makaleyi okur, saçma olduğuna karar verir ve bir kenara koyar. Buna karşın, birkaç hafta sonra bir doğa yürüyüşü sırasında bunun üstüne derin düşüncelere daldığında

Heisenberg'in tablolarının bir derste araştırdığı şeylere benzediğini fark eder, ne olduğunu tam olarak hatırlamaz ve bir kitap üstünde düşüncelerini tazelemek için kütüphanenin pazartesi günü açılışını beklemesi gerekir.⁶ Oradan yola çıkarak o da kısa süre içinde Göttingen'in üç büyücüsünün kuramının eksiksiz olarak aynısını onlardan bağımsız biçimde oluşturur.

Geriye yalnızca yeni kuramı atomdaki elektrona uygulamak ve gerçekten işe yarayıp yaramadığını görmek kalır. Gerçekten de tüm Bohr yörüngelerini hesaplamaya izin verecek midir?

Hesabın zor olduğu ortaya çıkar, üçlü işi tamamlamayı başaramaz. Her zaman için hepsinin en parlağı (ve en küstahı) olan Pauli'den yardım isterler.⁷ Pauli şöyle yanıtlar: "Doğrusu bu çok zor bir hesap... sizin için." Birkaç hafta içinde teknik cambazlıklarla hesaplamayı tamamlar.⁸

Sonuç mükemmeldir. Heisenberg, Born ve Jordan'ın matris kuramıyla hesaplanan enerji değerleri Bohr'un hipotezindekilerle tıpatıp aynıdır. Bohr'un atomlarla ilgili tuhaf kuralları bu yeni modele uymaktadır. Bu kadarla da kalmaz. Kuram, Bohr kurallarının başaramadığı, salınan ışığın şiddetinin hesaplanmasına da izin verir. Deneylerle bunun da doğru olduğu ortaya çıkar!

Bu bir zaferdir.

Einstein Born'un eşi Hedi'ye bir mektupta şunları yazar: "Heisenberg ve Born'un fikirleri herkesin soluğunu kesiyor ve kurama ilgi duyan herkesin zihnini meşgul ediyor."⁹ Kadim dostu Michele Besso'ya da şöyle yazar: "Son zamanların en ilgi çekici kuramı Heisenberg-Born-Jordan'ın kuantum durumlarıyla ilgili olanı: Tam anlamıyla bir büyücülük hesabı."¹⁰

Usta Bohr yıllar sonra o günleri şöyle hatırlayacaktır: "O zamanlar yalnızca kuramın, klasik fikirlerin uygun olmayan herhangi bir biçimde kullanılmasını adım adım terk edildiği yeni bir düzenlemesi[ne ulaşabilmek] için belli belirsiz bir umut vardı. Böyle bir gündemin zorluğuyla etkilenmiş olarak hepimiz en büyük hayranlığı, daha 23 yaşındayken tek atışta hedefi tutturan Heisenberg'e duyuyorduk."¹¹

Kırklarındaki Born dışında Heisenberg, Jordan, Dirac ve Pauli yirmili yaşlarındaydılar. Onların fiziğine Göttingen’de *Knabenphysik*, delikanlı fiziği deniyordu.



16 yıl sonra. Avrupa dünya savaşıyla altüst olmuştur. Heisenberg ünlü bir bilimci olmuştur. Hitler ona savaşı kazandıracak bir bombanın yapımı için atomla ilgili bildiklerini kullanması görevini verir. Heisenberg trenle Alman işgali altında bulunan Danimarka’daki Kopenhag’a gider ve yaşlı ustayı ziyaret eder. Yaşlı ile genç konuşurlar. Birbirlerini anlamadan ayrılırlar. Heisenberg, Bohr’a korkunç bir bomba olasılığının ortaya çıkardığı ahlaki sorunla ilgili konuşmak için gittiğini söyleyecektir. Buna herkes inanmamıştır. Bundan kısa süre sonra bir İngiliz komandosu Bohr’u kendi isteği doğrultusunda kaçırarak işgal altındaki Danimarka’nın dışına çıkarır. Bohr İngiltere’ye geçer, Churchill onu şahsen kabul eder, daha sonra atomlarla uğraşmak için kuantum mekaniğini kullanmayı öğrenen genç fizikçiler kuşağıyla birlikte bilgilerini uygulamaya geçirdiği ABD’ye gider. Hiroşima ve Nagazaki yerle bir edilir ve erkek, kadın, çocuk, iki yüz bin insan bir saniyeden az bir süre içinde ölür. Bugün kentlerimize yöneltmiş on binlerce nükleer başlıkla birlikte yaşıyoruz. Biri aklını yitirirse yeryüzündeki yaşamı yok edebilir. “Delikanlı fiziği”nin ölümcül gücü herkesin gözleri önündedir.



Şükürler olsun ki elimizde yalnızca bomba yok. Kuantum mekaniği atomlara, atom çekirdeklerine, temel parçacıklara, kimyasal bağların fiziğine, katı madde fiziğine, sıvıların ve gazların fiziğine, yarı iletkenlere, lazerlere, Güneş gibi yıldızların fiziğine, nötron yıldızlarının fiziğine, evrenin ilk dönemlerine, gökadalara oluşum fiziğine... vb. uygulanmıştır, daha sayfalarca devam edebilirim. Doğa’nın, örneğin elementlerin periyodik tablosu gibi büyük parçaları-

nı anlamayı ve milyonlarca insanın yaşamını kurtaran tıbbi uygulamaların, yeni aletlerin, yeni teknolojilerin, bilgisayarların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Daha önceden ne gözlemlenmiş ne de akla gelmiş yeni olguların varlığını öngörmüştür: Kilometrelerce öteden kuantum korelasyonları, kuantum bilgisayarları, ışınlama... doğru oldukları sonradan ortaya çıkan öngörülerdir bunlar. Zaferler dizisi bir yüzyıldır hiç kesilmeden sürdü ve hâlâ devam ediyor.

Heisenberg, Born, Jordan ve Dirac'ın hesaplama yaklaşımı, “kendini yalnızca gözlemlenebilir olanla sınırlamak” gibi tuhaf bir fikir ve fiziksel değişkenlerin yerine matrisleri koyma yöntemi¹² hiç yanılmadı. Bu kuram şimdiye dek hiç yanılmamış olan ve sınırlarını bilmediğimiz tek temel kuramdır.

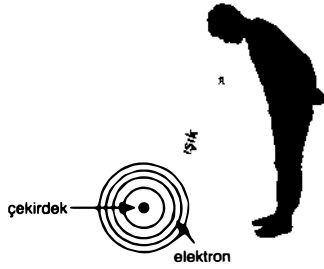


Peki ama elektronun ona bakmadığımızda nerede olduğunu ve ne yaptığını neden tanımlayamıyoruz? Neden yalnızca onun “gözlemlenebilir” özelliklerinden söz etmemiz gerekiyor? Neden yalnızca onun bir yörüngeden diğerine sıçradığı zamanki etkisinden söz edebiliriz de basitçe herhangi bir anda nerede olduğunu söyleyemeyiz? Sayıların yerine sayı tabloları koymak ne anlama gelir?

“Henüz her şey çok belirsiz ve benim için çok açık değil ama elektronlar artık yörüngeler üstünde hareket etmeyecekmiş gibi görünüyor” ne demektir? Arkadaşı Pauli, Heisenberg için şunları yazacaktı: “Berbat biçimde akıl yürütüyordu, her şey önseziydi, temel varsayımları ve bunların var olan kuramlarla olan ilişkilerini açıklıkla ele almaya hiç dikkat etmiyordu...”

Werner Heisenberg'in, temeli Kuzey Denizi'ndeki Kutsal Ada'da atılan ve her şeyi başlatan makalesi şu tümceyle açılıyordu: “Bu çalışmanın amacı, yalnızca ilke olarak gözlemlenebilir nicelikler arasındaki ilişkilere dayanan bir kuantum mekaniği kuramının temellerini atmaktır.”

Gözlemlenebilir olanlar mı? Doğa gözlemleyen biri olup olmadığını nereden bilecek?



Kuram elektronun bir sıçrama sırasında nasıl hareket ettiğini söylemez. Yalnızca sıçradığı zaman ne gördüğümüzü söyler. Neden?

2. Erwin Schrödinger'in yanıltıcı ψ 'si: "Olasılık"

Ertesi yıl, 1926'da her şey açıklığa kavuşmuş gibi görünür. Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger, Pauli'nin sonuçlarının aynılarını elde etmeyi başarır, yani atomun Bohr enerjilerini hesaplar ama bambaşka bir yolla.

Bu sonuç da bir üniversite bölümünde ortaya çıkmaz: Schrödinger onu İsviçre Alpler'indeki bir şalede gizli aşkıyla kaçamak yaparken bulur. Yüzyıl başında Avusturya'nın özgürlükçü ve hoşgörülü atmosferinde büyüyen parlak ve büyüleyici Erwin Schrödinger'in her zaman aynı anda farklı sevgilileri olmuştur, küçük çocuklara olan ilgisini de gizlememiştir. Yıllar sonra, aldığı Nobel ödülüne karşın, sözde düzen karşıtı İngilizler için bile pek konformist bulunmayan yaşam biçimi nedeniyle Oxford'daki görevini kaybeder: Karısı Anny ve asistanının karısı, kendisinden bir çocuk bekleyen sevgilisi Hilde'yle birlikte oturmaktadır. ABD'de işler daha iyi gitmez: Erwin, Anny ve Hilde Princeton'da, o sıralar yeni doğmuş olan küçük Ruth'a birlikte bakmak için beraber yaşamak ister; Princeton buna katlanamaz. Daha özgürlükçü olan Dublin'e taşınırlar. Ama Schrödinger iki farklı kız öğrenciden iki çocuk sahibi olduktan sonra orada da bir skandala yol açar. Eşi Anny'nin yorumu şöyledir: "Bir kanaryayla yaşamak bir yarış atıyla yaşamaktan daha kolay olurdu ama ben yarış atını tercih ederim."¹³

Schrödinger'in 1926'nın ilk günlerinde dağdaki kaçamağında yanında olan sevgilisini adı sır olarak kalmıştır. Yalnızca onun eski bir Viyanalı arkadaşı olduğunu biliyoruz. Söylenceye göre oraya yalnızca sevgilisini, fizik hakkında düşünmek istediğinde kendisini dış dünyadan yalıtılabilmek için kulaklarına koyacağı iki inci tanesini ve Einstein'ın ona okumasını önerdiği, genç bir Fransız bilimci olan Louis de Broglie'nin tezini götürmüştü.

De Broglie'nin tezi elektronlar gibi parçacıkların aslında dalga olabilecekleri düşüncesini inceler. Tıpkı denizdeki dalgalar ya da elektromanyetik dalgalar gibi... De Broglie oldukça muğlak bazı kuramsal analogilere dayanarak elektronu hızla hareket eden bir dalgacık gibi düşünebileceğimizi öne sürer.

Her yöne dağılan bir dalga ile tek parça halinde kalarak sabit bir yörünge izleyen bir parçacık arasında ne gibi bir ilişki olabilir? Bir lazer ışını düşünün: Çok açık bir rota izlemiş gibi görünür. Oysa ışıktan meydana gelir, ışık da bir dalgadır, elektromanyetik alanın bir titreşimidir. Lazer ışını aslında çok uzaklarda uzayda dağılır gider. Bir ışık ışınının rotasının çizdiği kesin hat yalnızca bu dağılmayı göz ardı eden yaklaşık bir değerlendirmedir.

Schrödinger temel parçacıkların yörüngelerinin de yalnızca alttaki bir dalganın davranışının yaklaşık bir dışavurumu olduğu düşüncesiyle büyülenmiştir.¹⁴ Zürih'teki bir seminerde bu düşünceden söz etmiş, bir öğrenci de ona bu dalgaların bir denkleme uyup uymadığını sormuştur. Schrödinger dağda, Viyanalı kız arkadaşıyla geçirdiği tatlı anlara ara verdiğinde, kulaklarında incilerle bir dalga denkleminin bir ışık ışınının rotasına götüren yolu ustalıklı geriye doğru izler¹⁵ ve bu cambazca yöntemle dalga-elektronun bir atomun içindeyken uyması gereken denklemi tahmin eder. Bu denklemin çözümlerini araştırır ve... Bohr enerjilerinin tıpatıp aynılarını elde eder.¹⁶ Müthiş!

Sonra Heisenberg, Born ve Jordan'ın kuramıyla tanışarak, matematik açısından iki kuramın temelde eşdeğer olduğunu kanıtlamayı başarır: Her ikisi de aynı değerleri öngörmektedir.¹⁷

Dalga fikri o kadar basittir ki Göttingen’li küçük grubu hazırlıksız yakalar ve gözlemlenebilir nicelikler hakkındaki ezoterik tahminlerinin rüzgârını keser. Bu durum Kolomb’un yumurtasına benzer: Heisenberg, Born, Jordan ve Dirac yalnızca dolambaçlı ve yanlış yönde bir yol izledikleri için karmaşık ve anlaşılmaz bir kuram inşa etmiştir. Olay çok daha basittir: Elektron bir dalgadır, bu kadar. “Gözlemler”in hiçbir ilgisi yoktur.

Schrödinger de Viyana’nın yüzyıl başındaki canlı felsefe ve düşünce dünyasının bir ürünüdür: Felsefeci Hans Reichenbach’ın arkadaşı olarak Doğu düşüncesinden, özellikle Hindu Veda’larından büyülenmiştir ve (Einstein gibi o da) dünyayı temsili bir imge, bir “suret” olarak yorumlayan Schopenhauer’e hayrandır. Kesinlikle ne konformizmle frenlenen ne de “el âlem ne düşünür” diye bir kaygı duyan Schrödinger, bir madde dünyasının yerine bir dalga dünyasını koymaktan korkmaz.

Schrödinger’in dalgalarını belirtmek için kullandığı harf ψ , Psi’dir. ψ niceliği genellikle “dalga fonksiyonu” olarak adlandırılır.¹⁸ Schrödinger’in müthiş hesabı mikroskobik dünyanın parçacıklardan meydana gelmediğini gösteriyor gibidir; ψ dalgalarından oluşmaktadır. Atom çekirdeklerinin yörüngesinde madde noktacıları dönmez; Schrödinger dalgalarının, sürekli olarak rüzgârla küçük bir gölü çalkalayan dalgalara benzeyen kesintisiz dalgalanmaları vardır.

Bu “dalga mekaniği” aynı öngörülerini vermesine karşın, birdenbire Göttingen’in “matris mekaniği”nden daha ikna edici görünmeye başlar. Schrödinger’in hesabı Pauli’ninkinden daha basittir. 20. yüzyılın ilk yarısında fizikçiler dalga denklemlerine alıştı, matrislerle pek içli dışlı değillerdi. “Schrödinger’in kuramı imdada yetişti: Artık o tuhaf matris matematiğini öğrenmek zorunda değildik,” diye hatırlıyor zamanın tanınmış bir fizikçisi.¹⁹

Her şeyden önemlisi de, Schrödinger dalgalarını hayal etmek ve gözde canlandırmak kolaydır. Heisenberg’in yok etmek istediği “elektron rotası”ndan ne sonuç çıktığını açık olarak gösterir: Elektron çevreye yayılabilen bir dalgadır, hepsi bu.

Schrödinger tüm cephelerde zafer kazanmış gibidir.



Ama bu bir yanılsamadır.

Heisenberg, Schrödinger dalgalarının kavramsal olarak anlaşılabilir olmasının bir göz boyama olduğunu hemen fark eder. Bir dalga er geç uzayda dağılır gider, bir elektron dağılmaz: Bir yerden geldiğinde tek bir noktaya her zaman ve yalnızca bir bütün halinde ulaşır. Schrödinger denklemi bir elektronun bir atom çekirdeği tarafından fırlatılması durumunda, ψ dalgasının uzayın her yerine homojen biçimde yayılacağını öngörür. Buna karşın elektron, örneğin bir Geiger sayacı veya bir televizyon ekranı tarafından saptandığı zaman yalnızca tek bir noktaya ulaşır, uzayda dağılmaz.

Schrödinger'in dalga mekaniği üstüne tartışma hızla alevlenir ve hemen düşmanca bir hal alır. Buluşunun öneminden kuşku duyulduğunu hisseden Heisenberg iğneleyicidir: "Schrödinger'in kuramının fiziksel yönlerini ne kadar çok düşünürsem o kadar itici buluyorum. Schrödinger, kuramının 'gözde canlandırılabilme'si hakkında yazdıklarının 'muhtemelen tamamen doğru olmadığını' söylüyor, aslına bakılırsa yazdıkları tümünden saçmalık."²⁰ Schrödinger ironiyle karşılık vermeye çalışır: "Bir elektronun pire gibi oradan oraya sıçradığını hayal edemiyorum."²¹

Oysa Heisenberg haklıdır. Dalga mekaniğinin Göttingen matrislerinden daha anlaşılır olmadığı yavaş yavaş kesinleşir. Doğru sayılar veren, bir başka hesaplama tekniğidir, belki kullanması daha kolaydır ama tek başına bize, Schrödinger'in umduğu gibi olup bitenlerle ilgili açık ve doğrudan bir imge sunmaz. Dalga mekaniği Heisenberg matrisleri kadar anlaşılmazdır. Bir elektronu gördüğümüz her defasında onu tek bir noktada görüyorsak, elektron nasıl uzayda yayılan bir dalga olabilir?

Yine de kuantumların ortaya çıkardığı sorunlar hakkında en zekice düşüncelere sahip bir düşünür olacak olan Schrödinger yıllar sonra yenilgiyi kabul edecektir: "Bir an için," diye yazar, "dalga mekaniğinin yaratıcıları [yani kendisi] kuantum kuramının süreksizliklerini ortadan kaldırmış olma yanılsamasına kendilerini kaptırmıştı.

Ama kuramın denklemlerinin ortadan kaldırılmış olan süreksizlikleri, kuramı gözlemlediğimiz şeylerle karşılaştırdığımız anda yeniden ortaya çıkıyordu.”²²

“Gözlemlediğimiz şey” kavramı yeniden karşımıza çıkıyor. Ama –bir kez daha– Doğa onu gözlemleyip gözlemlemediğimizi nereden bilecek?



Yapbozun eksik parçalarından birini tamamlayan yine, Schrödinger’in ψ ’sinin ne anlama geldiğini ilk kavrayan Max Born oldu.²³ Ciddi bir mühendis havası ve biraz alçakgönüllü görünümüyle Born, kuantum kuramının yaratıcıları arasında en az göze batanı ve en az tanınanıydı ama belki de mecazi olduğu kadar kelimenin tam anlamıyla da Amerikalıların dediği gibi “odadaki yetişkin” olmanın yanı sıra kuramın gerçek mimarıydı. 1925’te kuantum olgularının yepyeni radikal bir mekanik gerektirdiğini açıkça ortaya koyan oydu, bu fikri gençlere aşılayan oydu, Heisenberg’in karışık ilk hesaplarındaki doğru fikri bir bakışta anlayan ve bunu gerçek bir kurama dönüştüren oydu.

Born, Schrödinger ψ dalgasının uzayda bir noktadaki değerinin bir elektronu o noktada gözleme *olasılığını* belirlediğini anlar.²⁴ Bir atom bir elektron fırlatırsa ve çevresi Geiger sayaçlarıyla kuşatılmışsa, ψ ’nin bir sayacın olduğu yerdeki değeri elektronu bir başka sayacın değil de o sayacın saptamasının olasılığını belirler.

Schrödinger ψ ’sı bu nedenle gerçek bir varlığı temsil etmez; bize gerçek bir şeyin olma olasılığını söyleyen bir hesaplama aracıdır. Tıpkı bize ne olabileceğini söyleyen hava durumu tahminleri gibidir.

Aynı şey –hemen sonra anlaşılır ki– Göttingen matris mekaniği için de geçerlidir: Işın matematiği bize kesin öngörüler değil, olasılık temelinde öngörülen sonuçlar verir. Kuantum kuramı, gerek Heisenberg yorumunda gerek Schrödinger yorumunda kesinlikler değil, olasılıklar öngörür.

Neden olasılıklar? Genellikle soruna ilişkin tüm veriler elimizde değilse olasılıktan söz ederiz. Rulette 5 çıkması olasılığı 37'de l'dir. Atılışı sırasında rulet topunun başlangıç durumunu ve ona etki eden kuvvetleri kesin olarak bilseydik çıkacak sayıyı öngörebilirdik. (Seksenli yıllarda bir grup parlak genç, bir ayakkabıya sakladıkları küçük bir bilgisayarlarla Las Vegas kumarhanelerinde çok para kazanmıştı...)”²⁵ Olasılık ancak ne olacağını kesin olarak bilemeyeceğimiz biçimde probleme ait tüm verilere sahip olmadığımız zaman söz konusu olur.

Heisenberg ve Schrödinger'in kuantum mekaniği olasılıkları tahmin eder: Öyleyse probleme ilişkin tüm verileri hesaba katmayan bir kuram mıdır? Bu nedenle mi bize yalnızca olasılıklar verir? Yoksa doğa gerçekten de rasgele biçimde buradan oraya sıçrayıp durur mu?

Ateist Einstein soruyu renkli bir dille ortaya koyar: “Tanrı gerçekten zar atar mı?”

Einstein simgesel dile bayılırdı ve ateist olduğunu ilan etmesine karşın “Tanrı”yı benzetmeleri için kullanmayı severdi. Ama bu örnekte tümcesi gerçek anlamıyla okunabilir: Einstein, “Tanrı”yı “Doğa”yla anlamdaş gören Spinoza’yı çok severdi. Dolayısıyla “Tanrı gerçekten zar atar mı?” aslında “Doğa yasaları gerçekten determinist değil midir?” demektir. Daha sonra göreceğimiz gibi, bu soru Heisenberg ile Schrödinger arasındaki polemiklerden yüz yıl sonra bile hâlâ tartışılıyor.

tat

Öyle veya böyle, Schrödinger ψ dalgası kuantumların gizemini aydınlatmak için yeterli değildir. Elektronun yalnızca bir dalga olduğunu düşünmek yetmez. ψ dalgası, her zaman yalnızca tek bir noktada yoğunlaşmış biçimde ortaya çıkan bir parçacık olan elektronun bir başka yerde değil de belirli bir yerde gözlemlenmesinin olasılığını belirleyen, pek de açık olmayan bir şeydir. ψ , zaman içinde *yalnızca biz bakmadığımız sürece* Schrödinger'in yazdığı denklem doğrultu-

sunda değişir. Ona baktığımızda puf! diye tek bir noktada yoğunlaşır, biz de parçacığı orada görürüz.²⁶

Sanki gerçekliği değiştirmek için yalnızca gözlem yapmak yeterliymiş gibi...

Heisenberg'in, kuramın iki gözlem arasında ne olduğunu değil yalnızca gözlemleri tanımladığı yönündeki anlaşılması güç düşüncesine, kuramın yalnızca bir şeyin veya bir diğerinin gözlemlenme olasılığını öngördüğü düşüncesi eklenir. Gizem daha da derinleşir.

3. Evrenin tanecikli yapısı: "Kuantumlar"

Kuantum mekaniğinin 1925 ve 1926 yıllarındaki doğuşunu anlatıp kuramın iki temel düşüncesini tanıttım: Heisenberg tarafından ortaya atılan, yalnızca *gözlemlenebilir olanların* betimlenmesi yönündeki tuhaf düşüncesi ile Born'un, kuramın yalnızca *olasılıkları* öngördüğü düşüncesi.

Bir üçüncü önemli kavram daha vardır. Açıklamak için geriye, Heisenberg'in Kutsal Ada'ya yaptığı tarihî yolculuğun 20 yıl öncesi-ne gitmek daha iyi olur.

20. yüzyılın başında tek garip ve anlaşılmaz olgu yalnızca atomlardaki elektronların tuhaf davranışları değildi. Başka olgular da gözlemlenmişti. Hepsinin ortak bir noktası vardı: Enerjinin ve başka fiziksel niceliklerin ilginç tanecikli olma özelliğini ortaya koyuyorlardı. Kuantumlardan önce kimse enerjinin tanecikli yapıda olabileceğinden kuşkulananmamıştı. Havaya atılan bir taşın enerjisi örneğin, taşın hızına bağlıdır; taş herhangi bir hıza, dolayısıyla da herhangi bir enerjiye sahip olabilir. Buna karşın, yüzyıl boyunca yapılan deneylerde enerjinin tuhaf davranışları ortaya çıkmıştı.

tit

Bir fırının içinde örneğin, elektromanyetik dalgalar ilginç biçimde davranır. Isı (enerji) doğal olarak beklendiği gibi tüm frekans-

lardaki dalgalar arasında dağılmaz; asla yüksek frekanslı dalgalara ulaşmaz. Tam 1900 yılında, Heisenberg'in Helgoland'a yaptığı yolculuktan yirmi beş yıl önce, Alman fizikçi Max Planck ısı enerjisinin, laboratuvarında ölçüldüğü biçimde, farklı frekanslardaki dalgalar arasındaki dağılımını başarıyla türetebilen bir denklem²⁷ olabileceğini tahmin etmişti.²⁸ Planck bu formülü, tuhaf bir hipotez ekleme pahasına da olsa genel yasalarla yola çıkarak elde etmeyi başarmıştı: Bu tuhaf hipotez, enerjinin her bir dalgaya yalnızca tam sayı katları halinde ulaşabilir olmasıydı.

Enerji sanki paketlerle aktarılıyormuş gibidir. Bu paketlerin boyutu, Planck'ın hesabının tutması için farklı frekanslardaki dalgalar için farklı olmalıdır: Dalganın frekansıyla orantılı olması gerekir.²⁹ Yani yüksek frekanslı dalgalar daha yüksek enerjili paketlerden meydana gelir. Enerji çok yüksek frekanslara ulaşmaz çünkü yeteri kadar büyük paketler için yeterli enerji yoktur.

Planck deneysel gözlemler kullanarak bir paketin enerjisi ile dalgasının frekansı arasındaki oran sabitini hesaplamıştı. Bu sabite h adını verdi. Ne anlama geldiğini tam olarak bilmeden... Bugün genellikle h yerine $h/2\pi$ anlamına gelen $\hbar$ simgesi kullanılır. h üstüne küçük bir çizgi çizme alışkanlığı edinen kişi Dirac'ti çünkü hesaplar da h genellikle 2π 'ye bölünüyordu, o da her defasında $h/2\pi$ yazmaktan bıkmıştı. $\hbar$ simgesine İngilizcede *h bar**, İtalyancada *acca taglia-ta*** denir. Bu simge de çizgisiz h gibi Planck sabiti olarak adlandırılır, bu da biraz karışıklık yaratır. Bugün kuantum kuramının en belirgin simgesi olmuştur. (Üstüne küçük bir $\hbar$ işlenmiş çok gurur duyduğum bir tişörtüm var.)

tit

Beş yıl sonra Einstein ışığın ve diğer tüm elektromanyetik dalgaların *gerçekten* her biri frekansa bağlı sabit bir enerjiye sahip olan temel "tanecikler"den oluştuğunu öne sürdü.³⁰ Bunlar ilk "kuantum-

* (İng.) H çizgi. (Ç.N.)

** (İt.) Kesik h . (Ç.N.)

lar”dı. Bugün bunlara *fotonlar*, ışık kuantumları diyoruz. Planck sabiti h bunların boyutunu ölçer: Her bir foton h çarpı parçası olduğu ışığın frekansı kadar bir enerjiye sahiptir.

Einstein bu “temel enerji tanecikleri”nin gerçekten var olduklarını varsayarak fotoelektrik etki denen, o zaman için henüz anlaşılammış olan bir olguyu³¹ açıklamayı ve daha ölçülmeden özelliklerini öngörmeyi başarır.

Bu olguların bütün mekaniğin gözden geçirilmesini gerektirecek ölçüde ciddi sorunlara yol açtığını daha 1905’te ilk fark eden Einstein olur. Bu onu kuantum kuramının manevi babası yapar. Onun, ışığın bir dalga olmanın yanı sıra aynı zamanda bir foton bulutu olduğu düşüncesi kafa karıştırıcıdır ama de Broglie’nin *tüm* temel parçacıkların dalga olduğunu düşünmesine, sonra da Schrödinger’in ψ dalgasını ortaya atmasına esin kaynağı olur. Bu nedenle Einstein pek çok açıdan kuantum mekaniğinin esin kaynağıdır: Born ondan mekaniğin tamamen yeniden düzenlenmesi gerektiğini öğrenir; Heisenberg dikkati yalnızca ölçülebilen niceliklere verme konusunda ondan esinlenir; Schrödinger de Broglie’nin Einstein’ın fotonlarından esinlenen düşüncesinden yola çıkar. Dahası da var: Einstein aynı zamanda atomlara ait olguları olasılığı kullanarak araştıran ilk kişidir, böylece Born’un ψ dalgasının bir olasılık anlamına geldiğini anlamasının yolunu açar. Kuantum kuramının oluşturulması bir takım oyunu olmuştur.



Planck sabiti Bohr yasalarıyla 1913’te yeniden ortaya çıkar.³² Buradaki mantık da aynıdır: Atomdaki elektronların yörüngeleri, enerji sanki paketler halinde, tanecikliymiş gibi yalnızca belirli enerji düzeylerine sahip olabilir. Bir elektron bir Bohr yörüngesinden bir diğerine sıçradığı zaman bir ışık kuantumuna dönüşen bir enerji paketi açığa çıkarır. Sonra yine 1922’de Otto Stern’in tasarladığı ve Frankfurt’ta Walther Gerlach tarafından gerçekleştirilen bir deneyde atomların dönme hızının da sürekli olmadığı, yalnızca belirli *kesikli* değerler aldığı gösterilir.

Bu olguların hepsi –fotonlar, fotoelektrik etki, enerjinin elektromanyetik dalgalar arasındaki dağılımı, Bohr yörüngeleri, Stern ve Gerlach’ın ölçümleri– Planck sabiti h tarafından düzenlenir.

Heisenberg ve arkadaşlarının kuramı sonunda 1925’te ortaya çıktığında bir çırpıda *tüm* bu olguların anlaşılmasını, öngörülmesini ve özelliklerinin hesaplanmasını sağlar. Sıcak bir fırında ısının frekanslar arasındaki dağılımını veren Planck denkleminin elde edilmesini, fotonların varlığını, fotoelektrik etkiyi, Stern ve Gerlach’ın ölçüm sonuçlarını ve diğer tüm tuhaf “kuantum” olaylarını aydınlatmaya izin verir.

Kuantum kuramının adı tam da “kuantumlar”dan yani “tanecikler”den gelir. Kuantum olguları evrenin çok küçük ölçeklerde tanecikli yönünü ortaya çıkarır. Taneciklilik yalnızca enerjiye özgü değildir; son derece geneldir. Benim araştırma alanım olan kuantum kütleçekimi konusunda içinde yaşadığımız fiziksel uzayın çok çok küçük ölçeklerde tanecikli olduğu gösterilir. Bu durumda da “temel uzay kuantumları”nın (minicik) ölçeğini belirleyen yine Planck sabitidir.

Taneciklilik, olasılık ve gözlemlerle birlikte kuantum kuramının üçüncü temel kavramsal unsurudur. Heisenberg matrislerinin satırları ve sütunları doğrudan enerjinin aldığı tek tek *tanecik* değerlerine, ya da başka bir ifadeyle *kesikli* değerlere karşılık gelir.

tek

Kitabın kuramın doğuşunu ve yarattığı kafa karışıklığını anlatan ilk bölümünün sonuna yaklaşıyoruz. İkinci bölümde bu karmaşıklıktan çıkmak için tutulan yolları açıklayacağım. Yine de bu bölümü bitirmeden önce kuantum kuramının, daha önce söz ettiğim gibi, klasik fiziğe eklediği tek denklem hakkında birkaç şey söylemek istiyorum.

Bu ilginç bir denklemdir. Konumu hızla çarpmanın, hızı konumla çarpmaktan farklı olduğunu söyler. Konum ve hız sayılar ol-

saydı bir fark olmazdı çünkü 7 kere 9 ile 9 kere 7 aynı şeydir. Ama konum ve hız artık sayı *tablolarıdır*, iki tablo çarpıldığında da sıra önemli olur. Bu yeni denklem bize iki niceliğin bir sırayla veya ters sırayla çarpıldığında ortaya çıkan farkı verir.

Kısacık ve çok basittir. Anlaşılmazdır.

Şifresini çözmeye çalışmayın, bilimciler ve felsefeciler hâlâ didi-nip durmaktadır. Ama yine de yazacağım çünkü kuantum kuramının özüdür ve kuramın sunuşunu onsuz kapatamayız. Buyurun, işte şu denklem:

$$XP-PX=i\hbar$$

Bu kadar. *X* harfi bir parçacığın konumunu, *P* harfi onun hızıyla kütlesinin çarpımını (teknik jargonda “hareket niceliği” [momentum]) gösterir. *i* harfi -1’in karekökünü gösteren matematik simgesidir, $\hbar$ de daha önce gördüğümüz gibi Planck sabiti bölü 2π ’dir.

Bir anlamda, Heisenberg ve arkadaşları fiziğe yalnızca bu basit denklemi eklemiştir; gerisi bunun sonuçlarıdır. Bu sonuçlar kuantum bilgisayarlar ve atom bombasıdır.

Denklemin biçimin bu olağanüstü basitliğinin bedeli, anlamının olağanüstü anlaşılmaz olmasıdır. Kuantum kuramı, tanecikliliği, sıçramaları, fotonları ve geri kalan her şeyi yalnızca klasik fiziğe eklenen sekiz harflik tek bir denklemle öngörür. Konumu hızla çarpmanın, hızı konumla çarpmaktan farklı olduğunu söyleyen bir denklem... Zifirî bir karanlık... Murnau’nun *Nosferatu*’nun bazı sahnelerini Helgoland’da çekmiş olması belki de tesadüf değildir.

iii

Niels Bohr 1927’de, İtalya’da Como Gölü kıyısında yeni kuantum kuramıyla ilgili anlaşılan (ve anlaşılmayan) her şeyi özetlediği ve onun nasıl kullanılacağını açıkladığı bir konferans düzenler.¹³ Dirac 1930’da kuramın biçimsel yapısının harika biçimde aydınlığa kavuş-

turulduğu bir kitap yazar.³⁴ Kuramı öğrenmek için hâlâ en iyi kitap budur. İki yıl sonra dönemin en büyük matematikçisi John von Neumann müthiş bir matematiksel fizik makalesiyle biçimsel sorulara çözüm getirir.³⁵

Kuramın inşası tarihte bir benzeri görülmemiş, yağmur gibi gelen Nobel ödülleriyle ödüllendirilir. Einstein Nobel'i 1922'de fotoelektrik etkiyi ışık kuantumlarını kullanarak aydınlattığı için alır. Bohr 1922'de atomun yapısına ilişkin kurallar için... De Broglie 1929'da maddenin dalgaları düşüncesiyle... Heisenberg 1932'de "kuantum mekaniğini yaratması" nedeniyle... Schrödinger ve Dirac 1933'te atom kuramında "yeni buluşlar" için... Pauli 1945'te kurama teknik katkılarından dolayı... Born 1954'te olasılığın oynadığı rolü anlamış olduğu için (bundan çok daha fazlasını yapmıştır). Dışarıda yalnızca, Einstein'ın (haklı olarak) kuramın gerçek yazarları olarak Heisenberg, Born ve Pascual Jordan'ı önermesine karşın Jordan kalır. Ama Jordan Nazi Almanyası'na fazla bağlılık göstermiştir, insanlar da yenilenleri pek takdir etmez.³⁶

Bütün bu ödüllere, müthiş başarıya, yarattığı teknolojiye karşın kuram kapkaranlık bir gayya kuyusu olarak kalmaya devam eder. Niels Bohr şöyle yazar: "Bir kuantum dünyası yoktur. Yalnızca kuantum nitelikli soyut bir betimleme vardır. Fiziğin görevinin Doğa'nın nasıl olduğunu betimlemek olduğunu düşünmek yanlışdır. Fizik yalnızca Doğa hakkında söyleyebileceğimiz şeylerle ilgilenir."

Werner Heisenberg'in Helgoland'daki özgün içgüdüüne sadık kalan kuram bize herhangi bir madde parçacığının ona bakmadığımız zaman nerede bulunduğunu söylemez. Yalnızca *onu gözlemlememiz durumunda* bir noktada bulma olasılığının ne olduğunu söyler.

Ama bir madde parçacığı onu gözlemleyip gözlemlemediğimizi nereden bilecek? İnsanlığın şimdiye dek yarattığı en etkili ve en güçlü bilimsel kuram tam bir gizemdir.

İKİNCİ KISIM

II

Matrak bir uç fikirler ansiklopedisi

Burada tuhaf kuantum olguları betimlenir ve farklı bilimcilerin ve felsefecilerin her birinin kendince bunları nasıl anlamaya çalıştıkları anlatılır.

1. Süperpozisyonlar

Eğitim alanımı seçerken çok kararsız kalmıştım. Fizik okuma kararını olabilecek en son anda verdim. Üniversiteye kayıt olurken (o zamanlar daha çevrimiçi kayıt olunamıyordu), Bologna'da çeşitli fakülteler için farklı uzunlukta kuyruklar vardı, fiziğinkinin en kısa kuyruk olması karar vermeme yardım etti.

Beni fiziğe çeken şey lise fiziğinin bunaltıcı sıkıcılığı ve yaylar, kaldıraçlar ve toplanan yapıları aptalca deneylerin ardında gerçekliğin doğasını anlamak için gerçek bir merakın gizlendiği kuşkusuydu. Benim her şeyi denemek, okumak, öğrenmek, görmek, her yere gitmek isteyen heyecanlı ergenlik merakıma hitap eden bir merak: Her yere, her ortama, her kıza, her kitaba, her müziğe, her deneyime, her düşünceye karşı duyulan bir merak...

Ergenlik beyindeki sinir ağlarının ansızın yeniden düzenlendiği dönemdir. Her şey yoğun görünür, her şey çekicidir, her şey kafa karıştırır. Ben ergenlikten, sorulara susamış, aklım karmakarışık halde çıktım. Her şeyin doğasını anlamak istiyordum. Zihnimizin

bunu kavramayı nasıl başardığını anlamak istiyordum. Gerçeklik nedir? Düşünce nedir? Düşünen ben neyim?

Beni, çağımızın Yeni Büyük Bilgeligi olan bilimin sunabileceği ışığın izini sürmeye iten şey işte bu uç noktadaki ve ateşli meraklardı. Bırakın kesin yanıtları, gerçek yanıtlar bile beklemiyordum... ama insanlığın son iki yüzyıl içinde nesnelerin zarif yapısı hakkında anladığı şeyler nasıl görmezden gelinir?



Klasik fizik eğitimi beni biraz eğlendirdi, biraz da sıktı. Sadeliği zarifti. Lisede yalayıp yutmamı istedikleri anlamsız formüllerden daha anlamlı ve tutarlıydı. Einstein'ın uzay ve zamana ilişkin buluşlarını öğrenmek içimi hayranlık ve neşeyle doldurdu, kalbimin hızla çarpmasına yol açtı.

Ama beynimde rengârenk ışıklar yakan asıl şey kuantumlarla karşılaşmam oldu. Gerçekliğin bizim onun hakkında sahip olduğumuz önyargıları sorguladığı yere gidip onun göz kamaştırıcı özüne dokunmak...

Kuantum kuramıyla karşılaşmam doğrudan oldu. Dirac'ın kitabıyla yüz yüze... Şöyle oldu: Bologna'da Profesör Fano'nun "Fizik İçin Matematik Yöntemleri" başlıklı matematik derslerini izlemiştim; konu bizim için "Yöntemler"di. Ders bir konuyu bireysel olarak derinleştirip sınıfta arkadaşlara sunmayı öngörüyordu. Ben günümüzde artık fizik bölümünde de okutulan ama o zamanlar programda yer almayan küçük bir matematik konusu seçmiştim: "Grup kuramı". Sunumumun neler içermesi gerektiğini sormak için Profesör Fano'yla konuşmaya gittim. Beni şöyle yanıtladı: "Grup kuramının temelleri ve bunların *kuantum kuramına uygulanması*." Çekinerek ona kuantum kuramıyla ilgili henüz hiçbir ders almadığımı söyledim... hiç ama hiçbir şey bilmiyordum. O da, "Ne olmuş yani? Gidin öğrenin," dedi.

Şaka yapıyordu.

Ama şaka yaptığını anlamamıştım.

Dirac'ın Boringhieri Yayınevi'nin gri serisinden çıkmış kitabının bir kopyasını aldım. Güzel kokuyordu (kitapları almadan önce hep koklarım; bir kitabın kokusu belirleyici bir etkindir). Eve kapalı bir ay boyunca üstünde çalıştım. Dört kitap daha aldım, onları da okudum.

Yaşamımın en güzel aylarından biriydi.



Bir de daha sonra tüm yaşamım boyunca peşimi bırakmayan soruların kaynağıydı... ve onca yıldan, onca dersten, onca tartışmadan ve onca belirsizlikten sonra bu satırları yazmamı sağlayan şeydi.

Bu bölümde kuantum dünyasının garipliklerine gireceğim. Onun tuhaflığını ortaya koyan somut bir olgudan söz edeceğim: Bizzat gözleme olanağı bulduğum bir olgu. Çok incelikli bir olgu ama işin özünü özetliyor. Sonra bugün bu garipliğe anlaşılabilir bir anlam vermeye çalışan bazı düşüncelerin en çok tartışılanlarının bir listesini vereceğim.

En ikna edici bulduğum fikri bir sonraki bölüme saklıyorum. Ona hemen ulaşmak isterseniz bu bölümün geri kalanındaki eğlenceli ama karman çorman acayiplikleri atlayıp hızla bir sonraki bölüme geçebilirsiniz.

Kit

Peki, kuantum olgularında bu kadar garip olan ne var? Sonuçta elektronların belirli yörüngelerde bulunmaları ve sıçramaları dünyanın sonu değil...

Kuantum tuhaflıklarını doğuran şeye “kuantum süperpozisyonları” denir. Bir “kuantum süperpozisyonu” bir anlamda, iki çelişen özelliğin bir arada bulunduğu zaman olan şeydir. Örneğin bir

nesne hem burada hem orada olabilir. Bu, Heisenberg'in "Elektro-
nun artık bir rotası yoktur," derken aklında olan düşüncedir: Elekt-
ron kendini ne bir yerde ne başka bir yerde var olurken bulur. Bir
anlamda her iki konumda birden yer alır. Tek bir konumu yoktur.
Sanki aynı anda birçok konumu varmış gibidir. Teknik jargonda bir
nesnenin birden çok konum "süperpozisyon"unda olabileceğinden
söz edilir. Dirac bu tuhaflığa "süperpozisyon ilkesi" der ve onun için
bu, kuantum kuramının kavramsal temelini oluşturur.

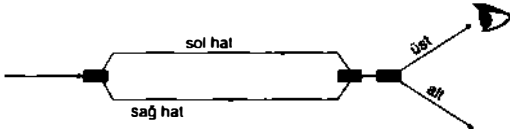
Bir nesnenin iki konumda birden olması ne anlama gelir?

Dikkat: Bir "kuantum süperpozisyon"nu doğrudan *gördüğümüz*
anlamına gelmez. Bir elektronu asla iki yerde birden görmeyiz. "Ku-
antum süperpozisyonu" doğrudan görülebilen bir şey değildir. Do-
laylı olarak gözlemlenebilen etkiler yaratan bir şeydir. Gördüğümüz
şey bir parçacığın bir anlamda aynı anda birden çok yerde bulunma-
sının, fark edilmesi güç *sonuçlarıdır*. Bu sonuçlara "kuantum girişi-
mi"* denir. Gözlemlediğimiz şey süperpozisyon değil, girişimdir.
Bunun ne olduğunu görelim.

Kuantum girişimini kendi gözlerimle ilk kez bu konuyu kitap-
larda araştırdıktan yıllar sonra gözlemledim. Innsbruck'ta, koca sa-
kallı ve sakın bir ayağa benzeyen, son derece cana yakın Avusturyalı
Anton Zeilinger'in laboratuvarındaydım. Zeilinger kuantumlarla
mucizeler yaratan deneysel fizikçilerin en büyüklerinden biridir:
Kuantum bilgisayarlarının, kuantum şifrelemenin ve kuantum ışı-
nıların öncüsü olmuştur. Ne gördüğümü anlatayım; fizikçilerin
aklının neden karıştığını özetleyecektir.

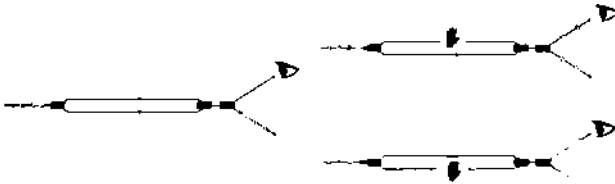
Anton bana üstünde optik aletler bulunan bir masa gösterdi:
Küçük bir lazer, mercekler, lazer ışınını ayırıştırıp sonra tekrar bir-
leştiren prizmalar, foton algılayıcılar vb. Az sayıda fotondan oluşan
zayıf bir lazer ışını ikiye ayrılıyor ve diyelim ki biri "sağ" diğeri "sol"
iki farklı hatta ayrılıyordu. İki hat sonra birleşiyor ve tekrar ayrıştırı-
rılarak sonunda iki algılayıcıya ulaşıyordu: Bunlardan birine "üst"
diğerine "alt" algılayıcı diyelim.

* Enterferans. Fizikte iki enerji dalgasının birbirinin içine geçmesiyle yeni özellikte bir dalganın açılması. *Çokuluslu PDF Kitap Arsivi* - <https://rantey.org>



Bir prizmayla ayrılan, birleştirilen ve yeniden ayrıştırılan bir foton ışını.

Gördüğüm şey şuydu: Hatların her ikisi de (hem sağ hem sol hat) açık bırakıldığında fotonların *hepsi* alttaki algılayıcıya ulaşıyordu (aşağıdaki resimde ilk çizim). Ama herhangi bir hattın önüne elinizi koyup geçişi engellediğinizde fotonların yarısı alt, yarısı üst algılayıcıya doğru gidiyordu (aşağıdaki resimde ikinci çizim). Bunun nasıl olabildiğini kendinize sormayı deneyin.



Kuantum girişimi. Her iki hat da açıksa tüm fotonlar alt algılayıcıya gider (ilk çizim). Öte yandan bir hattı elimle engellersem fotonların yarısı üst algılayıcıya varır. Bir hat üstüne koyduğum elim diğer hattan geçen fotonların yukarı gitmesini nasıl sağlar? Yanıtı kimse bilmiyor.

Burada tuhaf bir şey var: *Her bir* hattan geçen fotonların yarısı yukarıya ulaşıyor (ikinci çizim). Dolayısıyla *her iki* hattan geçen fotonların da yukarıya ulaşmasını beklemek çok doğal görünürdü. Oysa bu olmaz: *Hiçbir zaman* yukarıya ulaşmazlar (ilk çizim).

Nasıl oluyor da bir hattı engelleyen elim *diğer hattan geçen* fotonlara yukarı gitmelerini söylüyor?

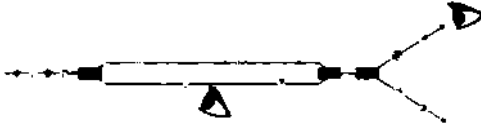
Fotonların *her iki* hattın da açık olması durumunda yukarıda ortadan yok olması bir kuantum girişimi örneğidir. Bu, iki hat, sağ hat ile sol hat arasında bir “girişim”dir. Her ikisi de açık olduğunda bir hattan ya da diğerinden geçen fotonların başına gelmeyen bir şey olur: Yukarı giden fotonlar yok olur.

Schrödinger’in kuramı her bir fotonun ψ dalgasının ikiye, iki dalgacığa ayrıldığını söyler. Bir dalgacık sağ hattı, diğeri de sol hattı izler. Dalgacıklar yeniden karşılaştıkları zaman ψ dalgası yeniden oluşur ve aşağı yöne doğru gider. Oysa iki hattan birini elimle kapatırsam ψ dalgası önceki gibi yeniden oluşmaz ve dolayısıyla farklı davranır: Tekrar ikiye bölünür ve bir bölümü yukarı gider.

Dalgaların böyle davranması garip değildir: Dalgaların girişimi bilinen bir olgudur. Işık dalgaları ve denizdeki dalgalar böyle şeyler yapar. Buna karşın burada hiçbir zaman bir dalgayı ikiye ayrılırken gözlemlemeyiz, her zaman yalnızca *her biri sadece bir kesitten geçen* tekil fotonları görürüz. Hatlar boyunca foton algılayıcılar yerleştirirsek aslında bu algılayıcılar hiçbir zaman “yarım foton” saptamaz: Her bir fotonun (bir bütün halinde) sağdan veya (bir bütün halinde) soldan geçtiğini gösterir. Her bir foton dalgaların yaptığı gibi her iki hattın da geçiyormuş gibi davranır (yoksa girişim olmazdı) ama nerede olduğuna bakarsak onu hep yalnızca tek bir hat üstünde görürüz.

Bu, sonuçlarını gördüğümüz “kuantum süperpozisyonu”dur: Foton “hem sağdan hem soldan geçer”. İki konfigürasyonun, sağ ve sol yapılandırmanın kuantum süperpozisyonunda bulunur. Bunun sonucu, fotonların iki hattın birinden ya da diğerinden geçtiklerinde gidecekleri gibi artık yukarı doğru yönelmemeleridir.

Ama yetmedi. Başka şeyler de var. Gerçekten müthiş: Fotonun iki hattın hangisinden geçtiğini ölçersem... girişim ortadan kalkar!



Girişimin ortadan kalkması için fotonların hangi hattı geçtiğini ölçmek yeter! Nereden geçtiklerini ölçmem durumunda fotonların yarısı yeniden yukarı doğru gider.

Sanki olan şeyin değişmesi için gözlemlemek yetermiş gibi görünüyor. Saçmalığa dikkat edin: Fotonun nereden geçtiğine *bakmadığımda* foton hep aşağıya ulaşıyor ama nereden geçtiğine bakarsam yukarıya da varabiliyor.

Şaşırtıcı olan bir fotonun *onu görmesem bile* yukarıya ulaşabilmesi. Yani foton yalnızca geçmediği tarafta “pusuda beklediğim” için yolunu değiştiriyor. Onu görmesem bile...

Kuantum mekaniği kitaplarında fotonun nereden geçtiğini *gözlemlersem* ψ 'sinin bir bütün olarak bir rotaya sıçradığı yazar. Fotonu sağda görürsem ψ dalgası tamamen sağa sıçrar. Eğer fotonu sağda gözlemler ve onu görmezsem, ψ dalgası tamamen sola sıçrar. Her iki durumda da artık girişim söz konusu değildir. Teknik jargonda dalga fonksiyonunun “çöktüğü” söylenir, yani gözlem anında bir bütün halinde bir noktaya sıçrar.

Bu, “kuantum süperpozisyonu”dur: Foton her iki hatta birden bulunur. Ona bakarsam yalnızca tek bir hatta sıçrar ve girişim ortadan kalkar.

İnanılır gibi değil.

Oysa olan budur; kendi gözlerimle gördüm. Üniversitede bunun eğitimini o kadar uzun süre almış olmama karşın onu görmek ve ona doğrudan el atmak aklımı karıştırdı. Bu hareket tarzına mantıklı bir açıklama getirmeyi sen de dene sevgili okur... Hepimiz bir yüzyıldır deniyoruz. Tüm bunlar aklını karıştırıyorsa ve hiçbir şey anlamıyorsa, yalnız değilsin. Feynman bu nedenle kimsenin kuantumları an-

lamadığını söylerdi. Eğer her şey net ve anlaşılır gibi görünüyorsa demek ki ben net anlatmamışımıdır; Niels Bohr şöyle derdi: “Kendinizi asla düşündüğünüzden daha açıkça ifade etmeyin.”³⁸



Erwin Schrödinger bu bilmeceyi çok ünlü bir benzetmeyle açıklar:³⁹ Aynı anda hem sağ hem sol hattı seçen bir foton yerine, Schrödinger hem uyanık hem uyuyan bir kedi hayal eder.

Öykü şöyle: Bir kedi bir aletle birlikte gerçekleşme olasılığının $\frac{1}{2}$ olduğu bir kuantum olayının olduğu bir kutuya kapatılır. Olay gerçekleşirse alet bir narkoz şişesinin kapağını açar ve kediyi uyutur. Kuram kedinin ψ 'sinin bir uyanık-kedi ile uyuyan-kedi “kuantum süperpozisyonu”nda bulunduğunu ve biz gözlemleyene kadar bu durumda kalacağını söyler.*

Dolayısıyla kedi bir uyanık-kedi ile uyuyan-kedi “kuantum süperpozisyonu”nda bulunur.

Bu, kedinin uyanık olup olmadığını *bilmediğimizi* söylemekten farklıdır. Aradaki fark kedinin uyanıkken de uyur durumdayken de ortaya çıkmayacak olan (Zeilinger’in fotonlarının iki hat arasındaki girişim etkileri gibi) uyanık-kedi ile uyuyan kedi arasında girişim etkilerinin olmasıdır. Bunlar kedi eğer uyanık-kedi ile uyuyan-kedi “kuantum süperpozisyonu”nda bulunuyorsa gerçekleşir. Tıpkı Zeilinger’in deneyinde fotonların yalnızca “her iki hattın da geçmesi” durumunda ortaya çıkan girişim gibi...

Bir kedi gibi büyük bir sistemde kuramın öngördüğü girişim etkilerini gözlemlemek son derece güçtür.⁴⁰ Buna karşın, gerçekliklerinden kuşku duymak için ikna edici bir neden de yoktur. Kedi ne uyanık ne uyur durumdadır. Uyanık-kedi ile uyuyan-kedi arasındaki kuantum süperpozisyonundadır.

* Özgün halinde şişede uyutucu ilaç değil zehir vardı, kedi de uyumuyor, ölüyordu. Ama bir kedinin ölümüyle ilgili şaka yapmaktan hoşlanmıyorum.

Ama bu ne anlama gelir?

Bir kedi uyanık-kedi ile uyuyan kedi kuantum süperpozisyonundaysa ne hisseder? Sevgili okuyucu, sen uyanık-sen ve uyuyan-sen kuantum süperpozisyonunda olsaydın kendini nasıl hissederdin? Kuantum bilmececi budur.



2. ψ 'yi ciddiye almak: Çoklu Evrenler, Gizli Değişkenler ve fiziksel çöküşler

Bir fizik konferansının akşam yemeğinde ateşli bir tartışma çıkarmak için sofrada yanınızdaki kişiye havadan sudan konuşmuş gibi şu soruyu sormak yeter: “Sana göre Schrödinger’in kedisi gerçekten hem uyur hem uyanık durumda mıdır?”

Kuantumların gizemleri hakkındaki tartışmalar, 1930’larda, kuramın doğuşunun hemen sonrasında son derece heyecanlıydı. Einstein ile Bohr arasında, buluşmalarla, konferanslarla, makalelerle, mektuplarla yıllarca süren tartışma hâlâ ünlüdür. Einstein olguların daha gerçekçi bir imgesinden vazgeçme fikrine direniyordu. Bohr kuramın kavramsal yeniliğini savunuyordu.⁴¹

1950’lerde sorunu görmezden gelme eğilimi yaygınlaştı: Kuramın gücü o kadar muhteşemdi ki fizikçiler çok fazla sorgulamadan onu mümkün olan her alana uygulamak için ellerinden geleni yapıyordu. Ama sorgulamadan hiçbir şey öğrenilmez.

Daha 1960’larda kavramsal problemlere olan ilgi, ilginç biçimde kuantumlar tuhaflığına hayranlık duyan hippie kültürünün de etkisiyle yeniden ortaya çıkmaya başladı.⁴²

Günümüzde farklı görüşlerin olduğu felsefe ve fizik bölümler-

rinde bu tartışmalara sık rastlanıyor. Yeni fikirler doğuyor, incelikli sorular aydınlığa kavuşuyor. Bazı düşünceler terk ediliyor, diğerleri ayakta kalıyor. Eleştiriye direnen fikirler bize kuantumları anlamak için olası yollar sunuyor ama bu yolların her birinin yüksek bir kavramsal bedeli var. Her durumda bizi gerçekten garip bir şeyi kabul etmeye zorluyor. Kuram hakkındaki farklı görüşlerin son fayda maliyet bilançosunun ne olacağı henüz açık değil.

Düşünceler evrim geçirir. Ben, çözülemezmiş gibi görünen başka büyük bilimsel tartışmalarda olduğu gibi sonunda anlaşıp anlaşılmıyacağını umuyorum: Dünya hareketsiz midir, hareketli midir? (Hareket eder). Isı bir sıvı mıdır yoksa moleküllerin hızla hareket etmesi mi? (Moleküllerin hareketi). Atomlar gerçekten var mı? (Evet). Evren yalnızca enerji midir? (Hayır). Maymunlarla ortak atalarımız var mı? (Evet), vb... Bu kitap sürmekte olan bir diyalogdan bir kesittir: Tartışmanın şu sıralar hangi noktada olduğunu ve bizi hangi yöne doğru götürdüğünü değerlendirmeye çalışıyorum.

Bir sonraki bölümde en inandırıcı olduğunu düşündüğüm fikir- lere geçmeden önce en çok tartışılan seçenekleri aşağıda özetleyeceğim. Bunlara “kuantum mekaniğinin yorumları” denir. Hepsi, şu ya da bu şekilde, bazı çok radikal düşünceleri kabul etmemizi ister: Çoklu Evrenler, Görünmeyen Değişkenler, hiç gözlemlenmeyen olaylar ve başka bir sürü acayiplik. Bu, kimsenin suçu değil: Bizi uç çözümlere zorlayan şey kuramın tuhaflığı. Bu nedenle bu bölümün geri kalanında yoğun olarak spekülatif tahminler yer alıyor. Bunları sıkıcı bulursanız işin özüne, kuramın ilişkisel bakış açısına değindiğim bir sonraki bölüme atlayabilirsiniz. Bunun yerine sürmekte olan tartışmanın bir panoramasını görmek ve oyuna katılan savlar hakkında bir fikir edinmek isterseniz, spekülasyonlar eğlendirici de olabilir... İşte, buyurun.

Çoklu Evrenler

“Çoklu Evrenler” yorumu günümüzde bazı felsefe çevrelerinde ve bazı kuramsal fizikçiler ile kozmologlar arasında moda. Anafikri Schrödinger’in kuramını ciddiye almak. Yani ψ dalgasını olasılık

olarak yorumlamamak. Aksine onu, evreni olduğu gibi betimleyen gerçek bir varlık olarak yorumlamak. Bu fikir, bir anlamda, ψ dalgasının *yalnızca* bir olasılık değerlendirmesi olduğunu anladığı için Max Born'a verilen Nobel ödülünü tanımamak demektir.

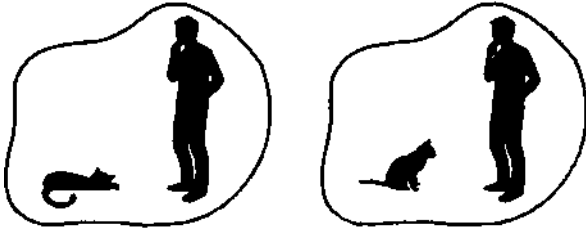
Schrödinger'in kedisi, durum böyleyse, gerçekten tamamen gerçek olan ψ 'siyle betimlenir. Dolayısıyla gerçekten de uyanık-kedi, uyuyan-kedi süperpozisyonunda bulunur; her ikisi de somut olarak vardır. O zaman neden kutuyu açıp kediye baktığımda onu ya uyanık ya uyur durumda görüyorum da her ikisini birden görmüyorum?

Sıkı durun. Çoklu Evrenler yorumuna göre bunun nedeni, benim, Carlo'nun da kendi ψ dalgam tarafından tanımlanmış olmamadır. Kediye gözlemlediğim zaman benim ψ dalgam kedinin dalgasıyla etkileşime girer ve benim ψ dalgam da iki bileşene ayrılır: Bunlardan biri benim kediye uyanık gördüğümü temsil eden durum, biri de kediye uyurken gördüğüm durum. Bu bakış açısına göre her ikisi de gerçektir.

Dolayısıyla toplam ψ 'nin iki bileşeni, iki evreni vardır. Dünya "iki evren" biçiminde dallanır: Kedinin uyanık olduğu ve Carlo'nun onu uyanık gördüğü bir dünya ile kedinin uyuduğu ve Carlo'nun kediye uyurken gördüğü bir başka dünya. Dolayısıyla artık iki Carlo vardır: Her bir dünya için birer Carlo.

O zaman *ben* neden –örneğin– yalnızca uyanık kedi görüyorum? Yanıt, benim artık *iki Carlo'dan yalnızca biri olmamdır*. Aynı ölçüde gerçek, aynı ölçüde somut bir paralel evrende kediye uyurken gören bir kopyam vardır. İşte bu nedenle kedi hem uyanık hem uyur durumda olabilir ama ona bakarsam yalnızca tek bir şey görürüm: Çünkü ona bakarsam benim de iki kopyam oluşacaktır.

Carlo'nun ψ 'si sürekli olarak kediden başka sayısız sistemle etkileşimde olduğu için, bunun sonucunda benim alternatif gerçekliklerin her türlüşünü deneyimleyen sonsuz sayıda kopyamın olduğu eşit düzeyde var olan, aynı ölçüde gerçek sonsuz sayıda paralel evren var olmalıdır. Çoklu Evrenler kuramı budur.



Kulağa çılgınca mı geliyor? Öyle de ondan.

Yine de saygın fizikçiler ve saygın felsefeciler bunun kuantum mekaniğinin mümkün olan en iyi yorumu olduğunu düşünüyor.⁴³ Çılgın olan onlar değil, bir yüzyıldan beri bu kadar tıkr tıkr işleyen bu inanılmaz kuram.

Ama... bu sisli ortamdan çıkmak için gerçekten de bizim, gözlemleyemediğimiz, devasa bir evrensel ψ içinde gizlenmiş sonsuz sayıda somut ve gerçek kopyalarımızın olduğunu varsaymamıza gerçekten değer mi?

Ben bu düşüncede bir başka zorluk daha buluyorum. Tüm evrenleri içeren bu devasa evrensel ψ dalgası, Hegel'in bütün ineklerin kara olduğu karanlık gecesine benziyor; başlı başına gözlemlediğimiz olgusal gerçekliği hesaba katmıyor.⁴⁴ Gözlemlediğimiz olguları açıklamak için ψ 'den başka matematiksel unsurlar da gerekiyor, Çoklu Evrenler yorumuysa bunları açıklamıyor.

Gizli Değişkenler

Evrenlerin ve kendi kopyalarımızın sonsuz sayıda çoğalmasından kaçınmak için bir yol var. Bu yöntem "Gizli Değişkenler" denen bir dizi kuram tarafından sunulur. Bunların en iyisi, madde dalgalarının fikir babası de Broglie'nin olduğu, David Bohm'un düzenlediği kuramdır.

David Bohm, Demir Perde'nin yanlış tarafında komünist olduğu için yaşamı zorluklar içinde geçen Amerikalı bir bilimcidir. Mc-

Carthy'cilik sırasında hakkında soruşturma açılır, 1949'da tutuklanarak kısa süre cezaevinde kalır. Aklanmasına karşın Princeton Üniversitesi yine de bağnazca bir yaklaşımla işine son verir. Güney Amerika'ya sığınmak zorunda kalır. Amerikan Elçiliği onun Sovyetler Birliği'ne gideceği korkusuyla pasaportuna el koyar.

Kuramı basittir: Bir elektronun ψ dalgası, Çoklu Evrenler yorunda olduğu gibi, gerçek bir varlıktır ama ψ dalgasının yanı sıra her zaman belirli bir konumu olan gerçek bir maddi parçacık olan elektronun da etkisi vardır. Bu, kuramı gözlemlediğimiz olaylarla ilişkilendirme sorununu çözer. Klasik mekanikte olduğu gibi yalnızca tek bir konum vardır; dolayısıyla hiçbir “kuantum süperpozisyonu” söz konusu değildir. ψ dalgası Schrödinger denkleminde uygun olarak değişim geçirirken gerçek elektron ψ dalgasının yönlendirmesiyle fiziksel uzayda hareket eder. Bohm ψ dalgasının elektronun yönünü aslında nasıl belirleyebileceğini gösteren bir denklem üstünde çalışmıştır.”

Bu, parlak bir fikirdir: Girişim olguları nesneleri yönlendiren ψ dalgası tarafından belirlenir ama nesneler kuantum süperpozisyonunda değildir. Her zaman belirli bir konumda bulunurlar. Kedi ya uyanıktır ya da uyuyordur. Oysa ψ 'si her iki bileşene de sahiptir; bunlardan biri gerçek kediye karşılık gelir, diğeri gerçek kedinin olmadığı “boş” bir dalgadır ama boş dalga gerçek kedinin dalgasıyla etkileşime girerek girişime neden olabilir.

Dolayısıyla, her ne kadar girişim etkileri olsa da kediyi ya uyanık ya uyur durumda görmemin nedeni işte budur; Kedi yalnızca tek bir durumdadır ama diğerk durumda ona ait dalganın girişim yaratan bir parçası vardır.



Bu, Zeilinger'in yukarıda açıklanan deneyini açıklar. İki hattan *birini* engelleyen elim *diğer* hattan geçen fotonun hareketini nasıl etkiler? Yanıt: Foton tek bir hattan geçer ama onun dalgası her ikisinden birden geçer. Benim elim daha sonra fotonu elim yokken olacağından farklı biçimde yönlendiren dalgayı değiştirir. Böylece elim, fotonun gelecekteki hareketini, foton elimden uzakta geçse bile değiştirir. Güzel açıklama.

Gizli Değişkenler yorumu kuantum fiziğini klasik fiziğin mantığının aynısına geri götürür: Her şey determinist ve öngörülebilirdir. Elektronun konumunu ve dalganın değerini bilirsek her şeyi öngörebiliriz.

Ama bu o kadar da kolay değildir. Aslında dalganın durumunu hiçbir zaman gerçekten *bilemeyiz* çünkü dalgayı asla görmeyiz, yalnızca elektronu görürüz.⁴⁶ Dolayısıyla, elektronun davranışı bizim için "gizli" kalan değişkenler (dalga) tarafından belirlenir. Değişkenler ilke olarak gizlidir, onları *asla* belirleyemeyiz. Kuram bu nedenle Gizli Değişkenler adını alır.⁴⁷

Bu kuramı ciddiye almanın bedeli bizim için erişilmez olan bütün bir fiziksel gerçekliğin olduğunu var saymaktır. Bunun da tek amacı aslında kuramın bize *söylemediği* şeyle bizi rahatlatmasıdır. Kuantum kuramının zaten öngörmediği herhangi bir etkiye sahip olmadan, sırf belirsizlik korkumuzu ortadan kaldırmak için gözlemlenemez bir evrenin var olduğunu varsaymaya değer mi?

Başka zorluklar da var. Bazı felsefeciler net bir kavramsal çerçeve sunduğu için Bohm kuramını sever. Bununla birlikte fizikçiler tarafından pek az sevilir çünkü tek bir parçacıktan daha karmaşık bir şeye uyarlanmak istendiğinde sorunlar yığılmaya başlar. Birden çok parçacığın ψ dalgası örneğin, her bir parçacığın dalgalarının toplamı değildir: Fiziksel uzayda değil, soyut bir matematik uzayında hareket eden bir dalgadır.⁴⁸ Gerçekliğin Bohm kuramının tek bir parçacık için sunduğu sezgisel ve net imgesi yok olur.

Öte yandan görelilik hesaba katılır katılmaz gerçekten ciddi sorunlar ortaya çıkar. Kuramın Gizli Değişkenler'i göreliliği acımasızca ihlal eder; ayrıcalıklı bir referans sistemi belirlerler. Evrenin, kla-

sık fizikteki gibi belirlenen değişkenlerden meydana geldiğini düşünmenin bedeli bu değişkenlerin sonsuza dek gizli kalacaklarını kabul etmenin de ötesinde onların, evren hakkında tam da o klasik fizikle öğrendiğimiz her şeyle çeliştiğini kabul etmektir. Değer mi?

Fiziksel çökme

ψ dalgasını gerek Çoklu Evrenler'den gerek Gizli Değişkenler'den kaçınarak gerçek olarak kabul etmenin üçüncü bir yolu vardır: Kuantum mekaniğinin öngörülerini, her şeyi daha tutarlı hale getirebilecek biçimde bir başka şeyi ihmal eden *yaklaşık tahminler* olarak düşünmek.

Bizim gözlemlerimizden bağımsız, zaman zaman kendiliğinden gerçekleşen ve dalganın dağılmasını engelleyen gerçek bir fiziksel süreç var olabilir. Şimdiye dek gözlemlenmeyen bu varsayımsal mekanizmaya dalga fonksiyonunun “fiziksel çökmesi” denir. “Dalga fonksiyonunun çökmesi” bu nedenle biz gözlemlediğimiz için değil, kendiliğinden ve nesneler ne kadar büyükse o kadar hızlı gerçekleşecektir.

Kedi örneğinde ψ tek başına hemen iki durumdan birine sıçrayacak, kedi de hızla ya uyanık ya uyur durumda olacaktır. Yani varsayım, olağan kuantum mekaniğinin kediler gibi büyük boyutlu şeyler için artık geçerli olmamasıdır.⁴⁹

Dünyadaki çeşitli laboratuvarlar kimin haklı olduğunu görmek için bu öngörülerini kontrol edegelmiştir. Şimdilik kuantum kuramı hep haklı çıkmıştır. Aralarında bu satırları yazan naçiz dostunuzun da olduğu fizikçilerin büyük bölümü kuantum kuramının bir süre daha haklı çıkacağından emindir...



3. Belirsizliği kabullenmek

Kuantum mekaniğinin buraya kadar tartışılan yorumları ψ 'yi gerçekmiş gibi ele alarak belirsizlikten kaçınmaya çalışır.⁵⁰ Bunun bedeli gerçekliğe Çoklu Evrenler, erişilemez değişkenler veya hiç gözlemlenmemiş süreçler gibi unsurlar eklemektir.

Oysa ψ dalga fonksiyonunu bu kadar ciddiye almak için bir neden yoktur.

ψ gerçek bir varlık değildir; bir hesaplama aracıdır. Hava durumu tahminlerine, bir şirketin bütçesine, at yarışı tahminlerine benzer.⁵¹ Dünyadaki gerçek olaylar olasılık temelinde gerçekleşir, ψ de gerçekleşme olasılıklarını hesaplama yöntemimizdir.

Kuramın ψ dalgasını o kadar ciddiye almayan yorumlarına “epistemik” yorum denir çünkü ψ 'yi yalnızca olan bitenle ilgili bilginin (*ἐπιστήμη*) bir özetimiş gibi yorumlar.

Bu düşünce biçimine bir örnek QBizm'dir. QBizm kuantum kuramını evreni “tamamlamaya” çalışmadan, olduğu gibi ele alır.

QBizm adını kuantum bilgisayarları için kullanılan bilgi birimi “q-bit”ten alır.

Anafikir ψ 'nin yalnızca *bizim* evren hakkında sahip olduğumuz bilgi olduğu yönündedir. Buna göre fizik dünyayı betimlemez, *bizim* evren hakkında bildiklerimizi betimler. Evren hakkında sahip olduğumuz bilgiyi tanımlar.

Bir gözlem yaptığımızda bilgi artar. ψ gözlem yaptığımız zaman bu nedenle değişir: Dış dünyada bir şey olduğu için değil, yalnızca onun hakkında elimizde olan bilgi değiştiği için. Hava tahminlerimiz bir barometreye baktığımızda değişir: Hava barometreye baktığımız an aniden değiştiği için değil, bir çırpıda daha önce bilmediğimiz bir şey öğrendiğimiz için.

“QBizm” adı, Braque ve Picasso'nun, kuantum kuramının olgunlaştığı yıllarda ortaya çıkan kübizmiyle ses benzerliğiyle sözcük oyunu oynar. Hem kübizm hem kuantum kuramı dünyanın figüratif biçimde temsil edilebileceği fikrinden uzak durur. Kübist tablolar

genellikle bir nesne veya bir kişinin farklı bakış açılarından alınmış uzlaşmaz imgelerini üst üste bindirir. Benzer biçimde, kuantum kuramı da aynı fiziksel nesnenin çeşitli özelliklerinin birbirleriyle bağdaşmaz olabileceğini kabul eder (bu düşünceyi az ileride yeniden ele alacağım).

20. yüzyılın ilk 10-20 yılında bütün Avrupa kültürü dünyanın artık basit bir biçimde ve tam olarak temsil edilebileceğini düşünmemektedir. İtalya'da kuantum kuramının doğduğu 1909 ile 1925 arasında Pirandello farklı gözlemcilerin bakış açısından gerçekliğin parçalanışından söz eden *Biri, Hiçbiri, Binlercesi*'ni yayımlar.

QBizm dünyanın, gördüğümüz ve ölçtüğümüzün ötesinde gerçekçi bir imgesinden vazgeçer. Kuram yalnızca bir unsurun gördüğü şeyden söz eder. Bakmadığımız zaman kedi ya da foton hakkında herhangi bir şeyin söylenmesi kabul edilemez.



QBizm'in zayıf noktası bilimi araç olarak algılamasıdır. Bilimin amacı öngörülerde bulunmak değildir. Aynı zamanda bir gerçeklik imgesi, nesneler ve olaylar hakkında düşünmek için kavramsal bir çerçeve sunmaktır. Bu tutku bilimsel düşünceyi etkili kılmıştır. Bilimin tek amacı öngörülerde bulunmak olsaydı Ptolemaios'la karşılaştırıldığında Copernicus hiçbir şey bulamamış olurdu; onun astronomi tahminleri Ptolemaios'unkilerden daha iyi değildi. Buna karşın her şeyi yeniden düşünmek ve daha iyi anlamak için bir anahtar buldu.

Bütün tartışmanın kilit taşı olan bir nokta daha var: Qbizm gerçekliği doğanın dışındaymış gibi görünen bir bilgi öznesine, bir bilen “ben”e bağlar. Gözlemciyi evrenin bir parçası olarak görmek yerine gözlemciye yansıyan evreni görür. Naif bir materyalizmi terk eder ama sonunda bezgin bir idealizme yenik düşer.⁵² Kritik nokta gözlemcinin kendisinin de gözlemlenebilir olmasıdır. Her bir gerçek gözlemcinin de kuantum kuramıyla betimlendiğinden kuşku duy-
mak için bir nedenimiz yoktur.

Bir gözlemciyi gözlemlersem onun görmediği şeyleri görebili-
rim. Bundan, mantıklı bir benzetmeyle, gözlemci olarak benim de
görmediğim şeyler olduğu sonucunu çıkarırım. Bu nedenle gözlem-
leyebileceğimden daha çok şey vardır. Evren ben onu gözlemleme-
sem de vardır. Evreni benim gözlemime bağımlı kılan bir kuram
değil, evrenin yapısını göz önünde tutan, bir evren içindeki bir göz-
lemcinin ne olduğunu açıklığa kavuşturan bir fizik kuramı isterim.



Sonuçta, bu bölümde ana hatlarıyla özetlenen yorumların
hepsi Schrödinger ile Heisenberg arasındaki tartışmayı yinelemek-
ten öte bir şey yapmaz: Bedeli ne olursa olsun dünyadaki belirsiz-
likten ve olasılıklardan kaçınmaya çalışan bir “dalga mekaniği” ile
“delikanlı fiziği”nin “gözlem yapan” bir özneye fazlasıyla bağımlı
görünen radikal sıçraması arasındaki tartışma. Bu bölüm bizi pek
çok ilginç düşünceye götürdü ama ileri doğru gerçekten bir adım
atmamızı sağlamadı.

Bilen ve bilgiyi elinde tutan bu özne kimdir? Sahip olduğu bilgi
nedir? Gözlem yapan özne nedir? Doğa yasalarının dışında mıdır
yoksa o da doğa yasaları tarafından mı tanımlanır? Doğanın dışında
mıdır yoksa doğal dünyanın bir parçası mıdır? Doğanın bir parçasıy-
sa neden özel bir biçimde ele alınır?

Heisenberg’in ortaya attığı ve zilyonuncu kez yeniden sorulan
soru –Gözlemi belirleyen nedir? Gözlemci nedir?– bizi sonunda iliş-
kilere götürür.

III

Bir şeyin sana göre gerçek olması,
bana göre olmaması mümkün müdür?

Sonunda ilişkilerden söz edilir.

1. Dünyanın basitmiş gibi görüldüğü bir dönem vardı

Dante'nin yapıtlarını yazdığı sıralarda Avrupa'da dünyayı göklerdeki büyük hiyerarşinin puslu bir aynası olarak hayal ederdik: Yüce bir Tanrı ve onun melek küreleri gezegenleri gök kubbedeki yörüngelerinde taşır, Evren'in merkezinde hayranlık, isyan ve pişmanlık arasında gidip gelen kırılğan insanlığa, bizim yaşamımıza kaygıyla ve sevgiyle katılırdı.

Sonra fikrimizi değiştirdik. Sonraki yüzyıllarda gerçekliğin farklı yönlerini kavradık, gizli kuralları keşfettik, amaçlarımıza uygun stratejiler bulduk. Bilimsel düşünce karmaşık bir bilgi yapısı dokudu. Fizik itici ve birleştirici bir rol oynayarak gerçekliğin net bir görüntüsünü sundu: Kuvvetler tarafından çekilip itilen parçacıkların hızla hareket ettiği uçsuz bucaksız bir uzay. Faraday ve Maxwell buna, sayesinde birbirlerinden uzak cisimlerin birbirleri üstünde kuvvet uyguladığı, uzayda yayılmış varlık olan elektromanyetik "alan"ı ekledi. Einstein kütleçekiminin de bir "alan" tarafından ta-

şındığını göstererek resmi tamamladı: Bu alan uzayın ve zamanın kendi geometrisinden başka bir şey değildi. Sentez açık ve güzeldi.

Gerçeklik katman katman ve çok zengindir: Karlı dağlar ve ormanlar, dostların bakışları, kirli kış sabahlarında metronun homurtusu, huzursuz susuzluğumuz, cep telefonun ekranı üstünde parmakların gidip gelmesi, ekmegin tadı, dünyanın acıları, gece gökyüzü, yıldızların enginliği, alacakaranlıkta deniz üstünde mavi gökyüzünde tek başına parlayan Venüs... Bu sürekli değişim içindeki bin bir renkli kaynaşma içinde arka planın dokusunu, görünümünün düzensiz perdesi ardında gizlenen düzeni bulduğumuzu sanıyorduk. Dünyanın basitmiş gibi görüldüğü zamanlardı.

Oysa biz ölümlü minicik yaratıkların büyük umutları kısa süren düşlerdir. Klasik fiziğin kavramsal berraklığı kuantumlarla silinip gitti. Gerçeklik klasik fiziğin betimlediği gibi *değildir*.

Newton'ın başarısının yanılsamalarının bizi beşiğinde salladığı huzurlu bir uykudan sarsılarak uyandık. Ama bu, elde edilmiş kesinliklerden meydana gelmeyen bilimsel düşüncenin çarpan yüreğine tekrar geri götüren bir uyanıştı: Bilimsel düşünce gücünü her şeyi hep tartışmaya açabilmek ve yeniden yola çıkabilmekten, daha etkilisini bulmak için dünyanın bir düzenini altüst etmekten korkmaktan, sonra da her şeyi yeniden sorgulamak ve yeniden altüst edebilmekten alan, sürekli hareket halindeki bir düşüncedir.

Anaksimandros'un yeryüzünün dayandığı sütunları ortadan kaldırdığından, Copernicus'un onu gökyüzünde dönmesi için fırlattığından, Einstein'ın uzayın ve zamanın katı geometrisini yumuşattığından ve Darwin'in insanın başkalığı yanılsamasının maskesini indirdiğinden beri dünyayı yeniden düşünmekten korkmamak bilimin gücüdür. Gerçeklik sürekli olarak gitgide daha etkili biçimlerde yeniden tasarlanır. Dünyayı derinlemesine yeniden icat etme cesareti: Bilimin ergenliğimin isyancısını ele geçiren incelikli çekiciliği işte buydu...

2. İlişkiler

Bir atom ya da bir foton gibi küçük bir nesnenin Zeilinger'in lazerleriyle incelendiği bir fizik laboratuvarında kimin gözlemci olduğu açıktır: Atomdan salınan ışığı veya fotonların vardığı yeri saptayan ölçüm cihazlarını kullanarak kuantum nesnesini hazırlayan, gözlemleyen ve ölçen bilimcidir.

Ama uçsuz bucaksız evren, laboratuvarlardaki bilimcilerden ve ölçme aletlerinden meydana gelmez. Ölçen bir bilimcinin olmadığı durumda gözlem nedir? Kuantum kuramı gözlem yapan kimse olmadığı zaman bize ne söyler? Kuantum kuramı başka bir gökadada olup bitenler hakkında ne anlatır?

Anahtar yanıtın ve bu kitapta yer alan düşüncelerden en önemlisinin, ölçme aletleri gibi bilimcinin de doğanın bir parçası olduğunu kabul etmek olduğunu sanıyorum.

Kuantum kuramının, burada açıkladığım “ilişkisel” yorumunun özü, kuramın kuantum cisimlerinin *bize* (ya da “gözlem yapan” özel varlıklara) hangi yolla kendilerini gösterdiklerini betimlemediği düşüncesidir. Herhangi bir fiziksel nesnenin kendini herhangi başka bir nesneye nasıl gösterdiğini, onu nasıl etkilediğini betimler.

Dünyayı zihnimizde nesneler, eşyalar, varlıklar çerçevesinde canlandırırız (bilimsel jargonda bunlara “fiziksel sistemler” deriz): Bir foton, bir kedi, bir taş, bir saat, bir ağaç, bir çocuk, bir ülke, bir gökkuşağı, bir gezegen, bir gökada kümesi... Bu nesnelerin hiçbiri kibirli yalnızlık içinde değildir. Aksine birbirlerini karşılıklı olarak etkilemekten başka bir şey yapmazlar. Bizim de doğayı anlamak için çevrelerinden yalıtılmış bu nesnelere değil, bu etkileşimlere bakmamız gerekir. Bir kedi saatin tik taklarını dinler; bir çocuk bir taş fırlatır, taş içinde uçtuğu havayı değiştirir, bir başka taşa çarpar ve onu hareket ettirir, durduğu yerde toprağı bastırır; bir ağaç güneş ışınlarından enerji çeker, yıldızları gözlemleyen insanların soluduğu oksijeni üretir, yıldızlar da başka yıldızların kütleçekimiyle gökadada hızla hareket eder. Gözlemediğimiz evren sürekli bir *etkileşimdir*... Yoğun bir etkileşim ağıdır.

Nesneler etkileşim biçimleriyle nitelendirilir. Herhangi bir etkileşimi olmayan, hiçbir şeyi etkilemeyen, hiçbir değişiklik yaratmayan, ışık yaymayan, çekmeyen, itmeyen, dokunulmayan, kokmayan bir nesne olsaydı sanki hiç yokmuş gibi olurdu. Hiçbir zaman etkileşime girmeyen şeylerden –var olsalar bile– söz etmek, bizi ilgilendirmeyen şeylerden söz etmektir. Böyle şeylerin “var olduğu”nu söylemenin de ne anlama geldiği bile iyi anlaşılmaz. Tanıdığımız, bizi ilgilendiren dünya, “gerçeklik” dediğimiz şey, kendilerini birbirlerine etkileşim yoluyla gösteren etkileşim içindeki varlıkların oluşturduğu, bizim de bir parçası olduğumuz bu uçsuz bucaksız ağıdır. Uğraştığımız şey işte bu ağıdır.

Bu varlıklardan biri Zeilinger’in laboratuvarında gözlemlediği bir fotondur. Ama bir diğeri de Zeilinger’in kendisidir. Zeilinger, fotonun, bir kedinin veya bir yıldızın olduğu gibi bir başka varlıktır. Bu satırları okuyan okuyucu, sen de bir başka varlıksın; çalışma odamın camlarının dışında havanın henüz aydınlanmadığı bir Kanada kışı sabahında, yanımda benimle yazı yazdığım bilgisayar arasında kıvrılmış, mırıldayan bir kediyle bu yazıyı yazmakta olan ben de diğerleri gibi bir varlığım.

Eğer kuantum kuramı bir fotonun Zeilinger’e nasıl görüldüğünü betimliyorsa ve bunlar iki fiziksel sistemse, o zaman *herhangi* bir nesnenin *herhangi* başka bir nesneye nasıl görüldüğünü de betimlemelidir. Bir foton ile onu gözlemleyen Zeilinger arasında olan şeyin özü herhangi iki nesne birbiriyle etkileşime girdiklerinde, birbiri üstünde etkide bulunarak birbirine görünür kılındığında aralarında olan şeyle aynıdır.

Elbette dar anlamda “gözlemci” olan özel fiziksel sistemler vardır: Duyu organları, bellekleri vardır, bir laboratuvar da çalışır, büyük boyutlardadırlar... Bununla birlikte, kuantum mekaniği yalnızca bunları betimlemez; fiziksel gerçekliğin yalnızca laboratuvar gözlemlerine değil, her etkileşime tabi olan temel ve evrensel kurallarını betimler.

Olaylara böyle bakarsak kuantum mekaniğinin “gözlemler”inin, Heisenberg’in ortaya attığı “gözlemler”in hiçbir özelliği kal-

maz. “Gözlemciler”in kuram açısından hiçbir özel ayrıcalığı yoktur: İki fiziksel nesne arasındaki herhangi bir etkileşim bir gözlem sayılır, bizim de herhangi bir nesneyi, başka nesnelerin ona görünür olmasını göz önünde tuttuğumuzda, yani başka nesnelerin ona görünen özellikleri gibi ele aldığımızda bir “gözlemci” olarak kabul edebilmemiz gerekir. Kuantum kuramı nesnelerin birbirlerine görünmelerini betimler.

Kuantum kuramının bulunması, öyle inanıyorum ki her nesnenin özelliğinin başka şeyleri etkileme biçiminden ibaret olduğunun bulunmasıdır. Yalnızca başka şeylerle etkileşim içinde olduklarında var olurlar. Kuantum kuramı nesnelerin birbirlerini nasıl etkilediklerinin kuramıdır ve doğanın bugün elimizdeki en iyi açıklamasıdır.⁵³

Bu, basit bir fikirdir ama kuantumları anlamak için gerekli kavramsal alanı açan iki radikal sonucu vardır.

Etkileşim yoksa özellik de yoktur

Bohr, “atom sistemlerinin davranışlarını, olgunun ortaya çıktığı koşulları tanımlamaya yarayan ölçüm aletiyle etkileşimden net olarak ayırmanın mümkün olmaması”ndan söz eder.⁵⁴

1940’lı yıllarda o bu satırları yazarken kuramın uygulamaları atom sistemlerini ölçen laboratuvarlarla sınırlıydı. Neredeyse bir yüzyıl sonra artık kuramın evrendeki *tüm* nesneler için geçerli olduğunu biliyoruz. “Atom sistemleri” yerine “herhangi bir nesne”, “ölçüm aletiyle etkileşim” yerine de “herhangi bir şeyle etkileşim” ifadelerini kullanmamız gerekiyor.

Bu açıdan yeniden bakıldığında, Bohr’un gözlemi kuramın temelindeki buluşu yakalamış olur: Bir nesnenin özelliklerini, bu özelliklerin ortaya çıktığı etkileşimlerden ve görünür oldukları nesnelerden ayırmak olanaksızdır. Bir nesnenin özellikleri onun başka nesneler üstündeki etki etme biçiminin *kendisidir*. Nesne başka nesnelerle bir etkileşim bütününden başka bir şey değildir. Gerçeklik, dışına çıkıldığında neden söz edeceğimizin bile anlaşılmadığı bu etkileşim ağıdır. Kuantum kuramı bizi fiziksel dünyayı belirli özellikleri olan

nesneler olarak görmek yerine nesnelerin düğüm noktalarını oluşturduğu bir ilişki ağı olarak görmeye davet eder.

Öyleyse bir şeye mutlaka her zaman bazı özellikler yüklemek gereksizdir ve yanıltıcı olabilir. Bu, var olmayan bir şeyden söz etmek demektir: *Etkileşimlerin dışında özellikler yoktur.*⁵⁵

Heisenberg'in özgün sezgisinin anlamı budur: Hiçbir şeye etkileşimde bulunmayan bir elektronun yörüngesini sormak boş bir sorudur. Elektron bir yörünge izlemez çünkü fiziksel özellikleri yalnızca, örneğin yaydığı ışık gibi, bir başka şeye nasıl etki ettiğini belirleyen özelliklerdir. Elektron etkileşim içinde değilse herhangi bir özelliği olmaz.

Bu çok radikal bir düşünce sıçramasıdır. Her şeyi *yalnızca* bir başka şeyi etkileme biçimi olarak düşünmek gerektiğini söylemekle eşdeğerdir. Elektron hiçbir şeye etkileşimde olmadığında fiziksel özelliklere sahip olmaz. Konumu da yoktur, hızı da yoktur.

Özellikler görelidir

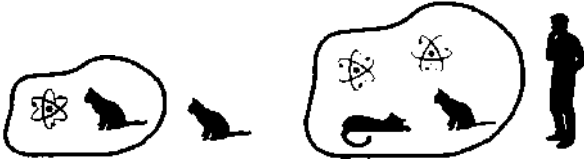
İkinci sonuç daha da radikal niteliktedir.

Sevgili okuyucu, Schrödinger'in önceki bölümde yer alan öyküsündeki kedi olduğunu varsay. Bir kutuya kapatılmış durumdasın ve bir kuantum mekanizmasının (örneğin radyoaktif bir atomun) uyutucu bir gaz yayılmasını tetiklemesinin $\frac{1}{2}$ oranında bir olasılığı var. *Sen* uyutucunun salınmasını ya algılersin ya algılamazsın. İlk durumda uyursun, ikincisinde uyanık kalırsın. *Senin* için uyutucu gaz ya salınmıştır ya salınmamıştır. Hiç kuşku yoktur. *Senin* için, sen ya uyanıksındır ya uyuyorsundur. Kesinlikle ikisi birden değil.

Oysa ben kutunun dışındayım ve ne uyutucu şişesiyle ne seninle etkileşiyorum. Daha sonra uyanık-sen ile uyuyan-sen arasındaki girişim olgularını gözlemleyebilirim: Bu olgular seni uyurken gördüğümde veya uyanıkken gördüğümde gerçekleşmeyecektir. Bu anlamda, benim için, sen ne uyanıksın ne uyur durumdasın. *Senin* "uyanık ile uyuyan süperpozisyonu"nda olduğunu söylerim.

Senin için uyutucu ilaç ya salınmıştır ya salınmamıştır, sen de ya

uyanıksındır ya uyuyorsundur. *Benim için* sen ne uyanık ne uyur durumdasındır. Benim açımdan “farklı durumlar arasında bir kuantum süperpozisyonu vardır”. Senin için uyanık olma ya da olmama gerçekliği vardır. İlişkisel bakış açısı *her ikisinin de doğru olmasına* izin verir çünkü her biri iki farklı gözlemciye göre etkileşimlerle ilgilidir: Sen ve ben.



Bir şeyin sana göre gerçek olması, bana göre gerçek olmaması mümkün müdür?

Kuantum kuramı, öyle sanıyorum ki bu sorunun yanıtının evet olduğunun bulunmasıdır. *Bir nesnenin ikinci bir nesneye göre gerçek olan özellikleri, bir üçüncüsü için mutlaka öyle olmak zorunda değildir.** Bir özellik bir taşa göre gerçek olabilir, bir başka taşa göre gerçek olmayabilir.⁶

3. Kuantumların seyrek ve hafif dünyası

Umarım bir önceki hassas ama önemli paragrafta çok fazla okuyucumu kaybetmemişimdir. Özetle, nesnelerin özellikleri yalnızca etkileşim ânında var olur ve bir nesneye göre gerçek olabilirken bir başka nesne için gerçek olmayabilir. Yalnızca bir başka şeye göre belirli özelliklerin olması bizi o kadar da şaşırtmamalıydı. Bunu zaten biliyorduk.

Örneğin *hız* bir nesnenin bir başka nesneye göre bir özelliğidir.

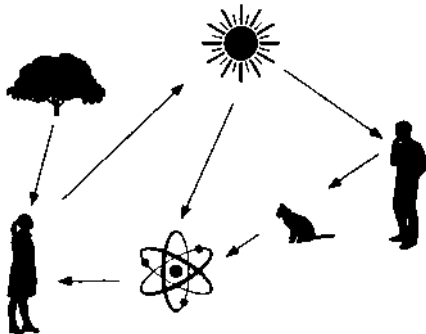
Kuantum mekaniğinin sorunu iki yasa arasındaki çelişkidir: Bunlardan biri bir “ölçüm”de neler olduğunu, diğeri de “bütünleşik” evrimi betimler. İlişkisel yorum, her ikisinin de doğru olduğu fikridir: İlki etkileşim içindeki sistemlere ilişkin olaylarla, ikincisi de diğer sistemlere ilişkin olaylarla ilgilidir.

Bir nehir vapurunun güvertesinde yürüdüğü zaman vapura göre bir hızın vardır, nehrin sularına göre başka bir hızın, yeryüzüne göre başka, Güneş'e göre başka, gökadayı göre başka bir hızın vardır ve bu sonsuza dek gider. *Neye göre olduğu* (dolaylı biçimde ya da doğrudan) belirlenmeden hız söz konusu olmaz. Hız iki nesneye ilişkin bir kavramdır (sen ve vapur, sen ve Dünya, sen ve Güneş...). Yalnızca bir başka şeye göre var olan bir özelliktir. İki nesne arasındaki bir *ilişkidir*.

Çok sayıda benzer örnek vardır: Dünya'nın bir küre olduğu düşüncesini kabul etmek "yukarı" ve "aşağı" kavramlarının mutlak değil, Dünya'nın neresinde olduğumuza bağlı olarak *görelî* olduğu fikrini de kabul etmek demektir. Einstein'ın özel görelilik kuramı, eş-zamanlılık kavramının bir gözlemcinin hareket durumuna bağlı olduğunun bulunmasıdır, vb. Kuantum kuramının bulunması yalnızca biraz daha radikaldir. Hızda söz konusu olduğu gibi *tüm* nesnelerin, *tüm* (değişken) özelliklerinin ilişkisel olduğunun keşfedilmesidir.

Fiziksel değişkenler nesneleri tanımlamaz; nesnelerin birbirlerine görünme biçimlerini betimler. Onlara, bir etkileşim süresi dışında bir değer vermenin bir anlamı yoktur. (Parçacığın konumu veya hızı gibi) bir değişken, bir şeyle etkileşim içindeyken, o bir şeye göre bir değere sahip olur.

Dünyamız bu etkileşimlerin meydana getirdiği ağıdır. Fiziksel nesneler, etkileşime girdikleri zaman ortaya çıkan ilişkilerdir. Bir taş bir başka taşa çarpar. Güneş'in ışığı tenime ulaşır. Sen, okuyucu, bu satırları okursun.



Bundan doğan dünya seyreltilmiş bir dünyadır. Belirli sabit özellikleri olan bağımsız varlıkların değil, yalnızca başka varlıklara göre ve yalnızca onlarla etkileşim içinde oldukları zaman bazı özellikleri olan varlıkların olduğu bir dünya... Bir taşın kendine ait bir konumu yoktur; yalnızca çarptığı bir başka taşla göre bir konumu vardır. Gök-yüzünün kendi rengi yoktur; ona bakan gözüme göre bir rengi vardır. Bir yıldız gökte bağımsız bir varlık gibi parlamaz; yer aldığı gökadayı oluşturan bir etkileşim ağında bir düğüm noktasıdır...

Dolayısıyla, kuantum dünyası eski fiziğin hayal ettiğinden daha ince yapılıdır, yalnızca etkileşimlerden, olaylardan, kalıcılığı olmayan kesintili etkinliklerden oluşur. Bir oya gibi örülmüş, ince-cik dokulu bir dünyadır. Her etkileşim bir olaydır, gerçekliği yaratan da felsefemizin bu olayların destekleyicisi olarak gördüğü, mutlak özelliklerle yüklü bu ağır cisimler değil, bu hafif ve kısa ömürlü olaylardır.

Bir elektronun ömrü uzayda bir çizgi değildir; o bir başka şeyle etkileşime girdiğinde olayların kesintili olarak bir şurada bir burada tezahür etmesidir. Noktasal, kesikli, olasılık temelindeki ve göreceli olaylar...

Fiziğin gizemleri konusunda keyifli bir kitap olan *Cosmological Koans*'ta [Kozmolojik Koanlar] Anthony Aguirre, bütün bunların ortaya çıkardığı sonucu ve şaşkınlığı şöyle anlatır: "Nesneleri hep daha küçük parçalara ayırırız ama sonra incelediğimizde parçaların var olmadığını görürüz. Yalnızca onların bir araya gelme biçimleri vardır. Öyleyse bir tekne, onun yelkeni ya da tırnaklarınız gibi şeyler nedir? Nedir bunlar? Eğer bunlar biçimlerin biçimlerinin biçimleri ve biçimler düzensiz, düzen de bizim tarafımızdan tanımlanmışsa... o zaman bunlar, öyle görünüyor ki yalnızca biz ve evren tarafından yaratılmıştır ve bizimle ve evrenle ilişkili olarak var olur. Bunlar, Buda'nın diyeceği gibi, boşluktur."⁵⁷

Gündelik yaşamımızdan alışkın olduğumuz o sağlam süreklilik gerçeğinin özünü yansıtmaz; bizim makro ölçekteki bakış açımızın sonucudur. Bir lamba sürekli bir ışık yaymaz, giderek zayıflayan yavaş yavaş bir fotoncuk tipisi yayar. Küçük ölçeklerde gerçek dünyada ne

süreklilik ne sabitlik vardır; kesikli olaylar, seyrek ve süresiz etkileşimler vardır.

Schrödinger, kuantum süresizliğine, Bohr'un kuantum sıçramalarına, Heisenberg'in matrisler dünyasına karşı aslanlar gibi savaşmıştı. Klasik bakış açısının sürekli gerçeklik imgesini savunmak istiyordu. Ama sonunda o da teslim oldu, 1920'lerdeki çatışmalardan yıllar sonra yenilgiyi kabul etti. Schrödinger'in yukarıda aktardığım ("Bir an için dalga mekaniğinin yaratıcıları kuantum kuramının süresizliklerini ortadan kaldırmış olma yanılsamasına kendilerini kaptırmıştı") ifadesini izleyen sözler açık ve kesindir:

"... bir parçacığı sabit bir varlık yerine anlık bir olay olarak görmek daha iyidir. Kimi zaman bu olaylar sabit varlıklar yanılsaması doğuran zincirler oluşturur ama bu yalnızca özel durumlarda ve yalnızca her bir tekil durumda son derece kısa bir süre için geçerlidir."⁵⁸



Öyleyse ψ dalgası nedir? Bir sonraki olayın, *bize göre* nerede gerçekleşeceğini beklediğimize ilişkin olasılık hesabıdır.⁵⁹ Farklı değerler alabilen bir niceliktir. Bir nesnenin tek bir ψ dalgası yoktur, etkilere girmiş olduğu her bir başka nesneye göre farklı bir ψ dalgası vardır. Bizden başka şeylerle ilişkili olarak gerçekleşen olaylar, gelecekte bize göre gerçekleşecek olan olayların olasılıklarını etkilemez.* ψ tarafından betimlenen "kuantum durumu", bu nedenle her zaman görelî bir durum olur.⁶⁰

Bir önceki bölümde özetlenen Çoklu Evrenler ve Gizli Değişkenler yorumları, klasik dünyanın "doluluğu"nu yeniden elde etmek ve kuantumların belirsizliğinden kurtulmak için dünyayı gördüğümüzün ötesindeki ek gerçekliklerle "doldurmaya" çalıştı. Bunun be-

* Bu, kuantum kuramının ilişkisel yorumunun temel teknik anlayışıdır. Daha iyi açıklamak gerekirse: Bize göre gerçekleşen olayların olasılığı, başka sistemlerle olan tüm etkileşimlerin dinamiğini içeren ama başka sistemlere göre gerçekleşen olaylardan etkilenmeyen ψ dalga fonksiyonun bize göre olanının evrimiyle belirlenir.

deli görülme-yen şeylerle dolu bir dünya oldu. İlişkisel bakış açısı ise, dünyanın seyretilmiş betimlenmesi ve QBizm yaklaşımında olduğu gibi belirsizlikle dolu olduğu* kabulüyle, kuramı olduğu gibi ele alır –sonuçta elimizdeki en iyi kuram budur. Buna karşın QBizm’den farklı olarak, bir öznenin sanki doğanın dışındaymış gibi sahip olduğu bilgiden değil, bütün evrenden söz eder.

Anaksimandros’un Dünya’nın şeklini “yukarı” ve “aşağı” kavramlarının anlam kurallarını değiştirerek anladığı zaman olduğu gibi, bizim de değiştirmeyi kabul etmemiz gereken şey, gerçekliği algılama kurallarımızdır.⁶¹ Nesneler etkileşime girdikleri zaman bir değer alan değişkenler tarafından tanımlanır, bu değer de başka nesnelerle değil etkileşimde olan nesnelerle ilişkilidir. Bir nesne *biri, hiç-biri ve binlercesidir*.

Dünya tek bir evrensel görüşü kabul etmeyen bir bakış açısı oyunu içinde paramparça olur. Bu, belirli özellikleri olan varlıkların ve kesin olayların değil, bakış açılarının, dışavurumların dünyasıdır. Özellikler nesnelerin bir parçası değildir, nesneler arasında bir köprüdür. Nesneler yalnızca bir bağlam çerçevesinde, yani başka nesnelere göre oldukları gibidir, köprülerin birbirlerine bağlandıkları düğüm noktalarıdır. Dünya, yalnızca birbirlerini yansıttıklarında var olan aynalar gibi bir bakış açısı oyunudur.

Nesnelerin ince taneciği, değişkenlerin görelisi olduğu, geleceğin şimdiki zaman tarafından belirlenmediği bu tuhaf ve hafif dünyadır. Bizim dünyamız kuantumların bu hayali dünyasıdır.

* Çoklu Evren yorumunda bir olayı her gözlemlediğimde, farklı bir şey gözlemleyen “başka bir ben” vardır. Bohr kuramı ψ ’nin iki bileşeninden yalnızca birinin beni içerdiğini varsayar; diğeri boştur. İlişkisel yorum, gözlemlediğim şey ile bir başka gözlemcinin gözlemleyeceği şey arasındaki bağlantıyı keser: Eğer ben bir kediye ya uyanıyordum ya uyuyordum ama bu, bir başka nesneye göre girişim olgularını engellemez çünkü bu nesneye göre bu girişimleri sınırlayan bir gerçeklik unsuru yoktur. Yaptığım gözlem başkalarıyla ilişkili değil, bana göredir.

IV

Gerçekliği dokuyan ilişkiler ağı

Nesnelerin birbirleriyle nasıl konuştuğundan söz ediliyor.

1. Dolanıklık

Bir önceki bölümde kuantum kuramının özünden söz ettim: Nesnelerin özellikleri başka nesnelerle ilişkilidir ve etkileşimler sırasında ortaya çıkar. Burada nesnelerin karşılıklı bağımlılıklarını daha iyi gösteren olguyu açıklayacağım. Bu, incelikli, büyüleyici, kuantum olguları arasında en çok hayal kurduran olgudur: *Entanglement*.*

Bizi yaşlı dünyamızdan en çok uzaklaştıran, en garip olgudur. Schrödinger'in vurguladığı gibi kuantum mekaniğinin gerçek tipik özelliğidir. Ama aynı zamanda tam da gerçekliğin yapısını dokuyan genel bir olgudur.

Bu olguyu adlandırmak için İtalyancada gerçek bir karşılığı olmayan İngilizce terim *entanglement* kullanılır. Dolanıklık, iki şeyin veya iki kişinin sözcüğün tam anlamıyla veya mecazi olarak birbirlerine dolanmış biçimde bulunduğu durumdur. Düşümlenme, birbirine bulaşma, karıştırma, kesişme, karmakarışık olma, duygusal ilişki vb.

* (İng.) Dolanıklık. (Ç.N.)

Kuantum fiziğinde birbirinden uzak iki nesnenin, örneğin geç-
mişte karşılaşmış olan iki parçacığın sanki aralarında konuşmaya
devam edebilirlermiş gibi tuhaf bir bağı korudukları olguya dolanık-
lık denir. Tıpkı birbirinden ayrı iki âşığın birbirlerinin ne düşündü-
ğünü tahmin etmesi gibi... Birbirlerine bağlı, dolanık kaldıkları söy-
lenir. Laboratuvarlarda geçerliliği kanıtlanmış bir olgudur. Yakın
zamanlarda Çinli bilimciler aralarında binlerce kilometre olan iki
fotonu dolanık bir durumda tutmayı başarmıştır.⁶²

Bunun ne olduğunu görelim.

Her şeyden önce dolanık iki foton *ilimli* [aralarında korelasyon
olan] özelliklere sahiptir: Yani bir kırmızıysa diğeri de kırmızı, biri
maviyse diğeri de mavidir. Buraya kadar garip hiçbir şey yok. Bir çift
eldivenin bir tekini Viyana'ya diğerini Pekin'e gönderirsem, Viya-
na'ya ulaşan eldiven Pekin'e ulaşanla aynı renktedir: Aralarında bir
korelasyon vardır.

Tuhaflik biri Viyana'ya diğeri Pekin'e gönderilen foton çiftinin
bir kuantum süperpozisyonu içinde olduğu durumda ortaya çıkar.
Örneğin, her ikisinin de kırmızı olduğu bir konfigürasyonla her iki-
sinin de mavi olduğu durumun bir süperpozisyonunda olabilirler.
Fotonların her biri gözlem ânında kırmızı olarak da mavi olarak da
ortaya çıkabilir ama eğer biri kırmızı olarak ortaya çıkarsa –uzakta-
ki– diğeri de aynı şeyi yapacaktır.

Olayın kafa karıştırıcı yönü şudur: Her ikisi de gerek kırmızı
gerek mavi olarak görünebiliyorsa, her ikisinin de hep aynı renkte
ortaya çıkması nasıl olur? Kuram bize, baktığımız âna dek iki foto-
nun her birinin ne kesinlikle kırmızı ne kesinlikle mavi olduğunu
söyler. Renk yalnızca baktığımız an rasgele belirlenir. Ama öyleyse,
Viyana'da rasgele belirlenen rengin, sonunda Pekin'de rasgele belir-
lenen renkle aynı olması nasıl mümkün olur? Hem Pekin'de hem
Viyana'da yazı tura atarsam, iki sonuç birbirinden bağımsızdır, ilin-
tili değildir: Pekin'de her tura geldiğinde Viyana'da da tura gelmez.

Yalnızca iki olası açıklama varmış gibi görünüyor. Birincisi, fo-
tonun rengini taşıyan bir sinyalin diğerine çok büyük bir hızla iletil-
mesi, yani bir fotonun kırmızı mı mavi mi olmaya karar verir vermez

uzaktaki kardeşine bunu ânında haber vermesidir. Daha mantıklı olan ikinci olasılık, rengin aslında, eldiven örneğinde olduğu gibi, birbirinden ayrılma ânında zaten belirlenmiş olmasıdır (Einstein buna benzer bir şey umuyordu).

Sorun şu ki iki açıklama da işe yaramaz. İlki, uzay-zamanın çok hızlı sinyallerin gönderilmesini engelleyen yapısı hakkında bildiğimiz her şeye aykırı olacak biçimde çok uzaklara ulaşan çok hızlı bir sinyal gerektirir. Aslında sinyal göndermek için dolanık nesnelerin kullanılamayacağı kanıtlanabilir. Dolayısıyla bu korelasyonlar hızlı sinyal aktarımına bağlı değildir.

Ama ikinci olasılık da –fotonların, eldivenler gibi, daha birbirinden ayrılmadan önce her ikisinin de kırmızı veya her ikisinin de mavi olacağını bilmesi– mümkün değildir. Bu olasılık 1964'te İrlandalı fizikçi John Bell'in yazdığı çok güzel bir makalede sunulan zekiçe değerlendirmelerle reddedilir.⁶³ Bell, zarif, incelikli ve teknik bir akıl yürütmeyle, iki fotonun tüm ilintili özelliklerinin (gözlem ânında rasgele belirlenmek yerine) ayrılma ânında belirlenmesi durumunda, gözlemlenen şeyle açıkça çelişen (bugün Bell eşitsizliği denen) kesin sonuçlar doğacağını gösterdi. Dolayısıyla korelasyonlar önceden belirlenmiş *değildir*.⁶⁴

Çözümsüz bir bilmeceye benziyor. İki dolanık parçacık, önceden anlaşılmadan ve herhangi bir mesaj göndermeden aynı biçimde karar vermeyi nasıl başarıyor? Onları birbirine bağlayan nedir?



Arkadaşım Lee çocukluğunda dolanıklığı öğrendikten sonra saatlerce yatağa uzanıp tavana bakarken gövdesindeki her atomun uzak bir geçmişte evrenin sayısız atomuyla etkileşime girdiğini düşündüğünü anlatmıştı. Bedenindeki her atom, bu nedenle, gökadaya yayılmış milyarlarca başka atomla iç içe geçmiş olmalıydı... Kendini evrenle kaynaşmış hissediyordu.

Dolanıklık gerçeğinin her durumda sandığımızdan farklı olduğunu gösterir. İki nesne –birlikte– iki ayrı nesneden daha çok özelli-

ğe sahiptir. Daha doğru bir ifadeyle, öyle durumlar vardır ki bir nesne ve bir başka nesneyle ilgili o durumda öngörebileceğim her şeyi bilsem bile yine de iki nesne bir aradayken bir şey öngöremem. Bunların hiçbiri klasik dünyada geçerli değildir.

Eğer ψ_1 bir nesnenin, ψ_2 de ikinci nesnenin Schrödinger dalgasıysa, sezgimiz bize iki nesneyle ilgili gözlemleyebileceğimiz her şeyi öngörmek için ψ_1 ile ψ_2 'yi bilmenin yeterli olması gerektiğini söyler. Oysa öyle değildir. İki nesnenin Schrödinger dalgası iki dalganın toplamı değildir. Başka bilgiler de içeren daha karmaşık bir dalgadır: Bu bilgi ψ_1 ve ψ_2 dalgalarıyla yazılamayacak olan olası kuantum korelasyonları hakkındadır.⁶⁵

Özetle, belirli bir durumda bir nesne hakkında bilinecek her şeyi bilsek bile, eğer bu nesne başkalarıyla etkileşime girmişse onun hakkında her şeyi bilmeyiz; evrenin diğer nesneleriyle ilintilerini göz ardı ederiz. İki nesne arasındaki ilişki, ne birinin ne diğerinin içerdği bir şeydir; bundan daha fazlasıdır.⁶⁶

Evrenin tüm bileşenleri arasındaki bu karşılıklı bağıllık durumu son derece şaşırtıcıdır.



Bilmeceye geri dönelim: İki parçacık önceden anlaşmadan ve birbirine uzaktan mesaj göndermeden nasıl aynı biçimde davranabiliyor?

Bilmecenin ilişkisel bakış açısı çerçevesinde bir çözümü var ama bu bakış açısının ne kadar radikal bir yaklaşım olduğunu gösterir.

Çözüm özelliklerin bir şeye göre var olduğunu hatırlamaktır. Fotonun Pekin'de gerçekleştirilen renk ölçümü rengi *Pekin'e göre* belirler, *Viyana'dakine göre* belirlemez. Viyana'da gerçekleştirilen renk ölçümü rengi *Viyana'ya göre* belirler, *Pekin'e göre* belirlemez. İki ölçümün yapıldığı anda *her iki* rengi de gören fiziksel hiçbir nesne yoktur. Dolayısıyla sonuçların aynı olup olmadığını merak etmek anlamsızdır. Hiçbir anlam ifade etmez çünkü kesinlikle saptanabilecek bir şeye karşılık gelmez.

Yalnızca Tanrı aynı anda iki yeri birden görebilir ama, varsa eğer, Tanrı bize ne gördüğünü söylemez. O'nun gördüğü şey gerçeklik için önemsizdir. Yalnızca Tanrı'nın gördüğü şeyin var olduğunu varsayamayız. Her iki rengin de var olduğunu varsayamayız çünkü her ikisini birden kendine göre belirleyen hiçbir şey yoktur. Yalnızca bir şeye göre var olan özellikler vardır; iki rengin oluşturduğu küme hiçbir şeye göre var olmaz.

Tabii ki Pekin ile Viyana'daki iki ölçümü karşılaştırabiliriz ama bu karşılaştırma bir sinyal alışverişi gerektirir: İki laboratuvar birbirine e-posta gönderebilir veya telefon edebilir. Ama hem e-postanın hem telefondaki sesin yerine ulaşmak için zamana ihtiyacı vardır – hiçbir şey ânında yolculuk etmez.

Pekin'deki ölçümün sonucu, e-postayla veya telefon hattı üstünden Viyana'ya ulaştığında *yalnızca o zaman* Viyana'ya göre de gerçek olur.

Ama bu noktada artık gizemli uzaktan sinyal ortadan kalkmış olur: Viyana'ya göre Pekin'deki fotonun renginin somutlaşması yalnızca bilgi sinyalleri Viyana'ya ulaştığı zaman gerçekleşir.

Pekin'deki ölçüm ânında *Viyana'ya göre* ne olur? Ölçümleri yapan cihazların, onları okuyan bilimcilerin, not tuttukları defterlerin, ölçüm sonuçlarını yazdıkları mesajların da *hepsinin kuantum nesneleri* olduklarını hatırlamak gerekir. Viyana'yla iletişime geçmedikleri sürece *Viyana'ya göre* durumları belirlenmiş değildir: Hepsi, Viyana'ya göre uyanıklık ve uyku süperpozisyonunda olan kedi gibidir. Birinde mavi ölçtükleri, diğerinde kırmızı ölçtükleri iki konfigürasyonun kuantum süperpozisyonunda bulunurlar.

Pekin'e göre tersi geçerlidir. Viyana'daki laboratuvar ile Viyana'dan gelen mesaj, ölçüm sonucunu taşıyan mesaj Pekin'e ulaşana dek kuantum süperpozisyonunda kalır.

Her ikisi için de korelasyonlar, sinyal alışverişi olmadan gerçeğe dönüşmez. Böylece korelasyonları sihirli sinyal iletimi ya da sonucun önceden belirlenmesi söz konusu olmadan da anlayabiliriz.

Bilmecenin çözümü budur ama bedeli yüksektir: Olayların tek

bir öyküsü yoktur; olayların Pekin'e göre bir öyküsü vardır, Viyana'ya göre de bir başkası ve bu ikisi *örtüşmez*. Bir gözlemciye göre gerçek olan olaylar diğeri için gerçek değildir. Gerçekliğin göreliliği burada tamamen göz kamaştırıcıdır.

Bir nesnenin özellikleri yalnızca bir başka nesneye göre öyledir. Dolayısıyla *iki* nesnenin özellikleri de bir *üçüncüye* göre şekillenir. İki nesne arasında korelasyon olduğunu söylemek bir üçüncü nesneyle ilişkili bir şey beyan etmek demektir: Korelasyon, aralarında ilinti olan iki nesnenin *her ikisinin de* bu üçüncü nesneyle etkileşime girdiği zaman ortaya çıkar.

İki dolanık nesne arasında uzaktan iletişime benzeyen şeyin yol açtığı görünürdeki bağdaşmazlık bu gerçeğin unutulmasından kaynaklanır: Korelasyonları ortaya çıkarmak ve onlara bir gerçeklik vermek için her iki sistemle birden etkileşimde olan bir üçüncü nesnenin var olması gerekir. Görünürdeki bu uyumsuzluk kendini görünür kılan her şeyin kendini *bir şeye* gösterdiğinin unutulmasından doğar. İki nesne arasındaki korelasyon iki nesnenin bir özelliğidir: Tüm özellikler gibi yalnızca bir başka, üçüncü bir nesneyle ilişkili olarak var olur.

Dolanıklık iki değil, üç kişilik bir danstır.

2. Üç kişilik dans dünyanın ilişkilerini dokur

Bir nesnenin bir özelliğinin gözlemlendiğini hayal edelim. Zeilinger bir foton saptar ve onu kırmızı görür. Bir termometre bir kekin sıcaklığını belirler.

Bir ölçüm bir nesne (foton, kek) ile başkası (Zeilinger, termometre) arasında bir etkileşimdir. Etkileşimin sonunda “bir nesne bir başka nesne hakkında bilgi toplamıştır”. Termometre pişen kekin sıcaklığı hakkında bilgi toplamıştır.

Termometrenin kekin sıcaklığı hakkında “bilgi sahibi olması” ne demektir? Hiç karmaşık değil: Yalnızca termometre ile kek arasında bir *korelasyon* olduğu anlamına gelir. Yani, ölçümden sonra, kek

soğuksa termometre soğuğu gösterir (küçük cıva sütunu alçaktır), kek sıcaksa sıcaklığı gösterir (cıva sütunu yüksektir). Sıcaklık ve termometre iki foton gibi, ilintili olmuştur.

Bu, herhangi bir gözlemden ne olduğunu açıklığa kavuşturur. Ama yine de dikkat; eğer kek farklı sıcaklıklar arasında bir kuantum süperpozisyonunda idiyse, o zaman:

– Termometreye göre kek bir özelliğini (sıcaklığını) etkileşim sırasında görünür kılmıştır;

– bu etkileşime katılmayan herhangi bir üçüncü sisteme göre, hiçbir özellik ortaya çıkmamıştır ama şimdi kek ile termometre dolanık bir durumdadır.

Schrödinger’in kedisinin başına gelen budur. Kediye göre uyku verici ya salınmıştır ya da salınmamıştır. Kutuyu henüz açmamış olan bana göre uyku ilacı şişesi ile kedi dolanık bir durumdadır: Serbest-bırakılmış-uyku-ilacı/uyuyan-kedi ve serbest-bırakılmamış-uyku-ilacı/uyanık-kedi kuantum süperpozisyonundadır.

Dolanıklık, bu nedenle, özel durumlarda gerçekleşen ender bir olay değildir; eğer etkileşim kendi dışındaki fiziksel sistemlere göre değerlendirilirse bir etkileşimde sürekli olarak meydana gelir.

Dışarıdan bakışla, bir nesnenin bir başka nesneye görünür kılınması, yani bir özelliğin açığa çıkması, bir ilişkide görünür olan nesne ile o nesnenin ilişki içinde olduğu nesne arasında bir ilintinin ortaya çıkmasıdır – genel olarak iki nesne arasında bir dolanıklığın gerçekleşmesidir.

Dolanıklık, kısaca, gerçekliği dokuyan ilişkiye dışarıdan bir bakış açısından başka bir şey değildir: Nesnelerin özelliklerinin somutlaştığı bir etkileşim sırasında bir nesnenin diğerine belirmesidir.

ak

Bir kelebeğe bakıyorsun ve onun kanatlarının rengini görüyorsun. Bana göre olan şey seninle kelebek arasında bir ilintinin kurulmasıdır: Sen ve kelebek şimdi dolanık bir durumdasınız. Kanatları-

nın rengine bakacak ve sana hangi rengi gördüğünü soracak olsam, kelebeğin bir başka renkte olduğu bir konfigürasyonla belli belirsiz girişim olgularının var olması olanaksız olmasa bile, yanıtların örtüştüğünü göreceğim gerçeği, kelebek senden uzaklaşsa bile geçerli olmaya devam eder...

Dışarıdan değerlendirildiğinde, evrenin durumu hakkında sahip olunabilecek bütün bilgi bu ilintilerdedir. Tüm özellikler de yalnızca görelî özellikler olduğu için, evrendeki her şey ancak bu dolanıklık ağı içinde var olur.

Ama bir düzen var bu deliliğin içinde.* Senin kelebeğin kanatlarına baktığını bilirsem, sen de bana onları mavi gördüğünü söylersen, baktığımda benim de mavi göreceğimi bilirim; *özelliklerin görelî olmalarına karşı* kuram bunu öngörür.⁶⁷ Görüş açılarının parça parça olması, özelliklerin yalnızca görelî olmasından kaynaklanan bakış açılarının çokluğu, kuramın kurallar dizisinin özünde yer alan ve bizim ortak dünya görüşümüzün nesnelliğini meydana getiren öznelarası olma durumunun temeli olan bu tutarlılık tarafından yeniden birbirine dikilerek bir araya getirilir.

Birbirleriyle konuşan hepimiz için kelebeğin kanadı hep aynı renktedir.

3. Bilgi

Sözcükler hiçbir zaman tam anlamıyla açık değildir; onlara yakından eşlik eden belli belirsiz anlamlar bulutu sözcüklerin ifade gücüdür. Bununla birlikte kafa karışıklığı da yaratabilirler *'cause you know sometimes words have two meanings'*. Birkaç satır yukarıda kullandığımı "bilgi" [enformasyon] sözcüğü, farklı bağlamlarda farklı

* Yazar *Hamlet*'e göndermede bulunuyor: "Delilik olsa bile bir düzen var içinde." W. Shakespeare, *Hamlet*, çev. Bülent Bozkurt, Remzi Kitabevi, İstanbul, 2007, II. Perde, II. Sahne, s. 94. (Ç.N.)

** (İng.) "Çünkü bilirsin bazen sözcüklerin iki anlamı vardır." "Stairway to Heaven" parçasına gönderme. Jimmy Page, Robert Plant, *Led Zeppelin IV*, 1971. (Ç.N.)

kavramları belirtmek için kullanılan, çok farklı anlamları olan bir sözcüktür.

Bu sözcük genellikle *anlamı* olan bir şeye göndermede bulunmak için kullanılır. Babamızdan gelen bir mektupta “çok bilgi” vardır. Bu tür bir bilgiyi deşifre etmek için mektuptaki tümcelerin *anlamını* kavrayan bir zihin gerekir. Bu, bilginin “semantik” nosyonudur, yani anlama bağlıdır.

Oysa “bilgi” sözcüğünün daha basit ve hiç “semantik” ya da zihinle ilgili olmayan bir anlamı da vardır; ne zihinlerin ne anlamların doğrudan söz konusu olduğu fiziğin kapsamına girer. Bu, “bilgi sözcüğünün, az yukarıda yalnızca kek soğuksa termometrenin soğduğu, kek sıcaksa sıcaklığı gösterdiğini söylemek için termometrenin kekin sıcaklığı hakkında “bilgisi olduğunu” yazdığım kullandığım biçimidir.

Bu, “bilgi” sözcüğünün fizikte kullanılan basit ve genel anlamıdır. Bir madenî parayı yere düşürdüğümde iki olası sonuç söz konusu olur: Yazı ya da tura. İki madenî para atarsam, *dört* olası sonuç olur: Yazı-yazı, yazı-tura, tura-yazı ve tura-tura. Ama eğer iki madenî parayı, her ikisinin de tura tarafı yukarı bakacak biçimde saydam bir plastik tabakaya yapıştırarak atarsam, elde edebileceğim sonuçların sayısı artık dört değil, yalnızca *iki* olur: Yazı-yazı ve tura-tura. Bir madenî paranın tura olması diğerinin de tura olmasını gerektirir. Fizik dilinde iki madenî paranın yüzlerinin “korele” [ilintili] olduğu ya da iki madenî paranın yüzlerinin, birini gördüğümde bunun beni diğeri hakkında “bilgilendirdiği” anlamında, “birbiri hakkında bilgi sahibi olduğu” söylenir.

Bir fiziksel değişkenin bir başka fiziksel değişkenle ilgili “bilgiye sahip olduğunu” söylemek, bu anlamda, basit olarak bir değişkenin değerinin diğerinin değeriyle ilgili bir şey belirttiği bir tür fiziksel bağ (ortak bir geçmiş, fiziksel bir bağlantı, plastik levhadaki yapıştırıcı) var olduğu anlamına gelir.⁶⁸ “Bilgi” sözcüğünün burada kullandığım anlamı budur.

Bu kitapta bilgi konusundan söz etmekte tereddüt etmiştim çünkü “bilgi” sözcüğünün birçok anlamı vardır; herkes onu istediği

gibi okur ve birbirimizi anlamayız. Buna karşın bilgi kavramı kuantumlar için önemlidir, ben de yine de ondan söz etme riskini alıyorum. Lütfen “bilgi”nin burada zihinsel ya da semantik anlamda değil, fiziksel bir anlamda kullanıldığını hatırlayın.

Bir fiziksel nesnenin özellikleri bir başka nesneye göre gerçekliğe bürünür, daha önce gördüğümüz gibi, bu özellikleri her ikisi arasında kurulan bir korelasyon olarak, bir başka deyişle ikinci nesnenin ilk nesne hakkında sahip olduğu *bilgi* olarak düşünebiliriz.

Dolayısıyla kuantum fiziğini sistemlerin birbirleri hakkında sahip oldukları (az önce gördüğümüz anlamda) bilgiyle ilişkili bir kuram gibi düşünmek mümkündür.

Klasik fizikte de kendimizi fiziksel sistemlerin birbirleri hakkında sahip olabilecekleri bilgiyi düşünmekle sınırlayabiliriz. Bununla birlikte, kuantum fiziğini klasik fizikten radikal biçimde ayıran ve yenilikleri ortaya koyan iki genel yasa ya da “postulat” tarafından özetlenebilecek iki fark vardır:⁶⁹

I. Fiziksel bir nesne⁷⁰ hakkında sahip olabileceğimiz anlamlı [işe yarayan, konuyla ilgili, uygun] bilgi miktarı sınırlıdır.

II. Bir nesneyle etkileşime girerek her zaman yeni anlamlı bilgi elde edebiliriz.

İlk bakışta bu iki postulat birbiriyle çelişiyormuş gibi görünür. Bilgi sınırlıysa yenisini nasıl elde edebilirim? Çelişki yalnızca görünümdeydir çünkü postulatlar “anlamlı”, “işe yarar” bilgiden söz etmektedir. Anlamlı bilgi nesnenin gelecekteki davranışını belirlememize izin veren bilgidir. Yeni bilgi edindiğimizde eski bilginin bir bölümü “anlamsız”, “konuyla ilgisiz” hale gelir, yani nesnenin gelecekteki davranışıyla ilgili söylenebilecek şeyleri değiştirmez.⁷¹

Bu iki postulat kuantum kuramını özetler.⁷² Nasıl olduğunu görelim.

I. Bilgi sonludur: Heisenberg prensibi

Bir şeyi sonsuz bir hassaslıkla betimleyen tüm fiziksel değişkenleri bilseydik sınırsız bilgiye sahip olurduk. Ama olamayız. Bu sınır Planck sabiti $\hbar$ tarafından belirlenir.⁷³ Bu, fiziksel değişkenlerin belirlendiği sınırdır.

Bu önemli gerçeği 1927’de, kuramı geliştirdikten kısa süre sonra gün ışığına çıkaran Heisenberg oldu.⁷⁴ Bir şeyin konumuna ilişkin sahip olduğumuz bilginin kesinliği ΔX ve hızı (çarpı kütlesi) hakkında sahip olduğumuz bilginin kesinliği de ΔP ise, her iki kesinliğin birlikte keyfî olarak yüksek duyarlılıkta olamayacağını gösterdi. Kesinliklerin çarpımı bir minimum değerden, Planck sabitinin yarısından daha küçük olamaz. Formül olarak şöyle yazılır:

$$\Delta X \Delta P \geq \hbar/2$$

Şöyle okunur: “Delta X çarpı Delta P her zaman $\hbar$ çizginin yarısından büyük veya ona eşittir.” Gerçekliğin bu son derece genel özelliğine “Heisenberg belirsizlik ilkesi” denir. Her şey için geçerlidir.

Bunun doğrudan bir sonucu tanecikliliktir. Örneğin ışık, fotonlardan, ışık taneciklerinden meydana gelir çünkü daha da küçük enerji parçaları bu ilkeye aykırı olurdu: (Işık için X ve P gibi olan) elektrik alanının ve manyetik alanın her ikisi de fazla belirli olur, ilk postulatı ihlal ederdi.

II. Bilgi tükenmez: Yer-değiştirmezlik

Belirsizlik ilkesi bir parçacığın hızını yüksek duyarlılıkla ölçtükten sonra konumunu yüksek duyarlılıkla ölçemeyeceğimiz anlamına gelmez. Ölçebiliriz. Buna karşın, ikinci ölçümden sonra hız artık aynısı olmayacaktır: Konumu ölçerek hıza ilişkin *bilgiyi kaybederiz*, yani yeniden ölçersek hızın değişmiş olduğunu buluruz.

Bu, bir nesne hakkında maksimum bilgiye ulaştığımız zaman bile, yine de hâlâ beklenmedik bir şey öğrenebileceğimiz postulatın-

dan çıkan sonuçtur (ama önceki bilgiyi yitiririz). Gelecek, geçmiş tarafından belirlenmez: Evren bir olasılıklar dünyasıdır.

P 'yi ölçmek X 'i değiştirdiği için önce X 'i sonra P 'yi ölçmek, önce P 'yi sonra X 'i ölçmekten farklı sonuçlar verir. Dolayısıyla matematikte “önce X , sonra P ”, “önce P , sonra X ”ten farklı olmak zordur.⁷⁵ Bu, tam da matrislerin tipik özelliğidir: Sıra önemlidir.⁷⁶ Kuantum kuramının biricik yeni denklemini hatırlıyor musunuz?

$$XP - PX = i\hbar$$

Bu denklem bize tam olarak şunu söyler: “Önce X , sonra P ”, “önce P , sonra X ”ten farklıdır. Ne kadar farklıdır? Kuantum olgularının ölçeği olan Planck sabitine bağlı bir nicelik kadar. Heisenberg matrisleri bu nedenle işe yarar çünkü bilgilerin edinilme sırasını dikkate almaya izin verir.

Heisenberg ilkesi, yani önceki sayfadaki denklem, yalnızca birkaç adımda bu sayfadaki denklemden elde edilebilir, dolayısıyla her şeyi özetler. Bu denklem kuantum kuramının her iki postulatını da matematik terimlerine çevirir. Bu iki postulat, bugün kavrayabileceğimiz en üst düzeyde fiziksel anlamı temsil eder.

Kuantum kuramının Dirac yorumunda matrislere bile gerek yoktur: Her şey yalnızca “yer değiştirmeyen değişkenler” yani bu denkleme uygun değişkenler kullanılarak elde edilir. “Yer değiştirmeyen” şu anlama gelir: Sonuçları umursanmadan yerleri öylece değiştirilemez. Dirac bunlara bu denklem tarafından *tanımlanan* nicelikler anlamında “q-sayıları” diyordu. Matematikteki gösterişli adı “yer-değiştiremez [sırabağımlı, komütatif olmayan] cebirler”dir. Dirac fizik hakkında hep şairane biçimde yazar; her şeyi en uç noktada sadeleştirir.

Kuantum olgularını anlatmaya başladığım Zeilinger fotonlarını hatırlıyor musunuz? “Sağdan ya da soldan” geçebilir, sonunda “yukarı ya da aşağı” ulaşabilirlerdi. Bu iki değişken bir parçacığın konumu ve hızı gibidir: Her ikisi de aynı anda belirlenemez. Bu ne-

denle bir hat kapatılıp ilk değişken (“sağ” veya “sol” olarak) belirlenirse ikincisi belirsiz olur: Fotonlar rasgele “yukarı” veya “aşağı” gider. Tersine, ikinci değişkenin belirli olabilmesi, yani fotonların hepsinin “aşağıya” gitmesi için, ilk değişkenin belirli olmaması, yani fotonların iki hattan da geçebilmeleri gerekir. Bütün bu olgu, bu nedenle, bu iki değişkenin “yer-değiştirmez” olduklarını, dolayısıyla ikisinin birden belirlenemeyeceğini söyleyen bu biricik denklemin sonucudur.



Bu son düşünceler teknik nitelikteydi, bunlara belki bir dipnotta yer verebilirdim... Ama kitabın bu ikinci bölümünün sonuna geliyoruz, ben de kuantum kuramının çerçevesini, onu özetleyen bilgiye ilişkin postulatları ve tek bir denklemle verilen matematiksel yapısının özünü ekleyerek tamamlamak istedim.

Bu yapı bize çok kısaca evrenin sürekli değil, tanecikli olduğunu, belirlenebilir olma durumunun bir alt sınırının olduğunu söyler. Küçük ölçeğe doğru gidildikçe sonsuz diye bir şey yoktur. Bize geleceğin şimdiki zaman tarafından belirlenmediğini söyler. Fiziksel şeylerin yalnızca başka fiziksel şeylere göre özellikleri olduğunu ve bu özelliklerin yalnızca bu şeylerin etkileşime girdikleri zaman var olduğunu söyler. Farklı bakış açıları çelişkiler ortaya çıkmadan yana gelemez.

Gündelik yaşamımızda bunların hiçbirinin farkına varmayız. Dünya bize belirlenmiş gibi görünür çünkü kuantum girişimi olguları makro ölçekteki dünyanın uğultusu içinde kaybolur gider. Bunları yalnızca çok duyarlı gözlemlerle ve nesneleri mümkün olduğunca yalıtarak saptamayı başarabiliriz.⁷⁷

Girişim gözlemlenmediğimiz zaman kuantum süperpozisyonlarını göz ardı edebilir, onları bilgi eksikliğimiz olarak yeniden yorumlayabiliriz: Kutuyu açmazsak kedinin uyanık ya da uyur durumda olduğunu bilmeyiz. Yani, girişim görmüyorsak bir kuantum süperpozisyonunun olduğunu düşünmemize gerek yoktur: “Kuantum

süperpozisyonu” –hatırlatıyorum çünkü bu konu çok sık karıştırılıyor– *yalnızca* girişimler gördüğümüz anlamına gelir. Uyanık-kedi ile uyuyan-kedi arasındaki kırılğan girişim olgularını görmeyiz çünkü dünyanın gürültüsü içinde kaybolurlar. Aslında kuantum olayları *küçük* nesnelerden çok, belli belirsiz kuantum girişimlerinin saptanmasını ve ortaya çıkarılmasını sağlayan *çok iyi yalıtılmış* nesneler söz konusu olduğunda ortaya çıkar.

Ayrıca, dünyayı genellikle büyük ölçeklerle gözlemleriz, dolayısıyla onun tanecikli yapısını görmeyiz. Çok sayıda küçük değişkenin ortalama değerlerini görürüz. Tek tek molekülleri görmeyiz, bütün kediyi görürüz. Çok fazla sayıda değişken olduğunda dalgalanmalar önemini yitirir, olasılık kesinliğe yaklaşır.⁷⁸ Dalgalı ve çalkantılı kuantum dünyasının milyarlarca süreksiz ve kesintili değişkenin sayısı gündelik deneyimimizin sürekli ve iyi tanımlanmış birkaç değişkenine iner. Bizim ölçeğimizde evren, dalgalarla çalkalanan bir okyanusun aydan gözlemlendiği haline benzer: Hareketsiz bir misketin düz yüzeyi gibi.

Gündelik deneyimimiz bu nedenle kuantum dünyasıyla uyumludur: Kuantum kuramı, klasik mekaniği ve bizim alışık olduğumuz dünya görüşünü yaklaşık kestirimler olarak görür. İyi gören birinin, ocağın üstünde bir tenceredeki kaynamayı göremeyen gözleri miyop birinin deneyimini anladığı gibi anlar. Bununla birlikte molekül ölçeğinde çelik bir bıçağın keskin kenarı, bir fırtınada beyaz bir kumsala vuran okyanusun kenarı gibi dalgalı ve belirsizdir.

Dünyanın klasik bakış açısından görünürdeki somutluğu bizim miyopluğumuzdan başka bir şey değildir. Klasik fiziğin kesinlikleri yalnızca olasılıktır. Eski fiziğin kesin hatlı ve somut dünya imgesi bir yanılsamadır.

tü

İngiliz donanması 18 Nisan 1947’de Kutsal Ada’da, Helgoland’da Alman ordusunca terk edilmiş askerî teçhizattan geriye kalanları 6.700 ton dinamitle havaya uçurdu. Bu, muhtemelen konvan-

siyonel patlayıcılarla gerçekleştirilmiş en büyük patlamadır. Helgoland tamamen tahrip oldu. İnsanlık sanki adadaki delikanlının gerçekliğin dokusunda açtığı yırtığı ortadan kaldırmaya çalışıyordu.

Ama yırtık olduğu gibi duruyor. O delikanlının fitilini ateşlediği kavramsal patlama birkaç bin ton dinamitten daha yıkıcıdır: Paramparça olan şey, algıladığımız biçimiyle gerçekliğin dokusunun kendisidir. Bütün bunda kafa karıştırıcı bir şey var. Gerçekliğin somutluğu referans noktalarının bitmek tükenmek bilmeyen azalmasıyla birlikte parmaklarımız arasında eriyormuş gibi görünüyor.

Bu satırları yazmaya ara veriyorum ve pencereden dışarı bakıyorum. Hâlâ kar yağıyor. Burada, Kanada'da ilkbahar geç geliyor. Odamda yanan bir şömine var. Odun atmak için kalkmam gerekiyor. Gerçekliğin doğası hakkında yazıyorum. Ateşe bakıp hangi gerçeklikten söz ettiğimi merak ediyorum. Bu kardan mı? Bu belirsiz ateşten mi? Yoksa kitaplarda okuduğum gerçeklikten mi? Ya da yalnızca şöminenin tenime ulaşan sıcaklığından, yaklaşan şafağın o gök beyazının isimsiz turuncumsu kırmızı titrek ışıklarından mı?

Bir an için bu algılar da birbirine karışıyor. Gözlerimi kapıyorum, bir perde gibi önümde açılan ve bana içine batmışım hissini veren canlı renklerden oluşan parlak göller görüyorum. Bu da mı gerçeklik? Mor ve turuncu biçimlerin dansı var, ben artık yokum. Bir yudum çay içiyorum, ateşi canlandırıyorum, gülümsüyorum. Belirsiz bir renk denizinde yol alıyoruz ve elimizde yönümüzde bulmak için iyi haritalar var. Oysa zihinsel haritalarımız ile gerçeklik arasında, denizcilerin haritaları ile martıların uçtuğu falezlerin beyaz kayalarını döven dalgaların hiddeti arasındaki farkın aynısı var.

Narin bir yelken olan zihinsel yapımız, kendimizi hayranlık içinde var olur bulduğumuz bu ışıltılı parlayan büyülü kaleydoskopun sonsuz gizemleri arasında yol almak için pek uygun olmayan bir araçtan hallicedir.

Sonuçta bizim oldukça iyi yaşamamızı sağlayan haritalarımıza sadık kalarak, soru sormadan da yol alabiliriz. Bizi derinden etkileyen ışıktan ve sonsuz güzelliğinden altüst halde sessiz kalabiliriz. Sabırla bir masaya oturup bir mum yakabilir ya da bir MacBook Air

açabiliriz, laboratuvarlara gidebiliriz, dostlarla düşmanlarla tartışabiliriz, hesap yapmak ve şafakta kayalara tırmanmak için Kutsal Ada'da inzivaya çekilebiliriz. Ya da biraz çay içip şöminenin ateşini canlandırarak yazmaya yeniden başlayabilir, bir-iki kırıntı daha anlamaya çalışabiliriz, denizcilerin o haritasını yeniden ele alabilir, geliştirilmesine bir nebze katkıda bulunabiliriz. Bir kez daha doğayı yeniden düşünebiliriz.

ÜÇÜNCÜ KISIM

V

“Bir olgunun kesin tanımı o olgunun
kendini gösterdiği nesneleri içerir”

Tüm bunların bizim gerçeklik hakkındaki düşüncelerimiz
için ne ifade ettiği sorgulanıyor ve kuantum kuramının
getirdiği yeniliklerin aslında o kadar da yeni olmadığı
bulunuyor.

1. Aleksandr Bogdanov ve Vladimir Lenin

Lenin, başarısız 1905 Devrimi'nden dört yıl sonra, başarılı Ekim Devrimi'nden sekiz yıl önce 1909'da "V. Il'in" takma adıyla en felsefi metni *Materyalizm ve Ampiryokritisizm, Gerici Bir Felsefe Üzerine Eleştirel Notlar*'ı yayımlar.⁷⁹ Metnin isim vermeden gösterdiği politik hedef, o zamana dek onun arkadaşı ve yoldaşı olmuş, onunla birlikte Bolşeviklerin baş düşünürü ve kurucusu olan Aleksandr Bogdanov'dur.

Devrim öncesi yıllarda Aleksandr Bogdanov devrim hareketine genel bir kuramsal temel sunmak için üç ciltlik bir yapıt⁸⁰ yayımlamıştır. *Ampiryokritisizm* denen bir felsefi bakış açısına gönderme yapar. Lenin Bogdanov'u bir rakip olarak görmeye başlar ve onun ideolojik etkisinden korkar. Kitabında "gerici felsefe" ampiryokritisizmi şiddetle eleştirir ve *materyalizm* adını verdiği yaklaşımı savunur.

Ampiryokritisizm Ernst Mach'ın kendisinininki gibi düşünceleri belirtmek için kullandığı addır. Ernst Mach'ı hatırlıyor musunuz? Einstein ve Heisenberg'in felsefi esin kaynağıdır.

Mach sistemli bir felsefeci değildir, bazen de anlaşılmaz olur ama çağdaş kültür üstünde bana kalırsa çok değeri bilinmemiş bir etkisi olmuştur.⁸¹ 20. yüzyılın büyük fizik devrimleri görelilik ve kuantum kuramlarının ikisinin de esin kaynağı olmuştur. Algılar üstüne bilimsel araştırmaların başlamasında doğrudan rol oynamıştır. Rus Devrimi'yle sonuçlanan felsefi-politik tartışmanın merkezinde yer almıştır. Mantıksal deneyciliğin filizlendiği, pek çok çağdaş bilim felsefesinin temeli olan ve Mach'tan "antimetafizik" söylemini miras almış bir felsefe çevresi olan (resmî adı "*Verein Ernst Mach*" olan) Viyana Çevresi kurucuları üstünde belirleyici bir etkiye sahip olmuştur. Etkisi günümüz analitik felsefesinin bir başka kökeni olan Amerikan pragmatizmine dek ulaşır.

Bu etki edebiyata da yansır, 20. yüzyılın en büyük romancılarından Robert Musil doktora tezini Ernst Mach üstüne yazmıştır. İlk romanı *Genç Törless*'teki kahramanın ateşli tartışmaları evrenin bilimsel okunmasının anlamı üstüne yazdığı tezin temalarının izinden gider. Aynı konular, güneşli bir günün kurnazca bilimsel ve gündelik olarak iki açıdan betimlenmesiyle açılan başyapıtı *Niteliksiz Adam*'da da daha ilk sayfadan itibaren incelikle işlenmiştir.⁸²

Mach'ın fizik devrimleri üstündeki etkisi neredeyse kişisel düzeyde olmuştur. Mach, Heisenberg'in felsefe tartışmaları yaptığı arkadaşısı Wolfgang Pauli'nin kayınpederi ve babasının çok eski bir dostuydu. Mach, gençliğinde onun yazdığı her şeyi satır satır okumuş olan Schrödinger'in en gözde felsefecisiydi. Einstein'ın Zürih'te, Mach ve Marx'ın fikirlerinin bir noktada birleşmelerini destekleyen, Avusturya'daki Sosyal Demokrat Parti'nin eş kurucusunun oğlu Friedrich Adler adında bir dostu ve sınıf arkadaşı vardı. Adler Sosyal Demokrat İşçi Partisi'nin genel başkanı olacaktı; Avusturya'nın Birinci Dünya Savaşı'na girmesini protesto etmek için Avusturya Başbakanı Karl von Stürgkh'e suikast düzenleyecek ve hapiste bir kitap yazacaktı... Mach hakkında.⁸³

Özetle Mach bilim, politika, felsefe ve edebiyatın kesiştiği etki-leyici bir kavşakta yer alıyordu. Bir de bugün doğa bilimlerinin sosyal bilimlerin ve edebiyatın iç içe geçemeyecek alanlar olarak görül-
düğünü düşünün...

Mach'ın tartışma hedefi tüm olguların uzayda hareket eden madde parçacıkları tarafından meydana getirildiği düşüncesi olan 18. yüzyıl mekanikçiliğiydi. Mach'a göre *bu* “madde” kavramı temelsiz bir “metafizik” varsayımdır; bir süre kullanışlı olan bir modeldir ama metafizik önyargıya dönüşmemesi için onu terk etmeyi öğrenmek gerekir. Mach bilimin *tüm* “metafizik” varsayımlardan kurtulması gerektiği konusunda ısrar eder. Bilgiyi yalnızca “gözlemlenebilir” olana dayandırmak gerekir.

Hatırlıyor musunuz? Bu, Heisenberg'in Helgoland Adası'nda tasarladığı büyülu çalışmanın başlangıç düşüncesinin tıpatıp aynısıdır. Kuantum kuramının yolunu açan ve bu kitaba konu olan çalışmanın... Heisenberg'in makalesi işte şöyle başlar: “Bu çalışmanın amacı yalnızca ilke olarak gözlemlenebilir nicelikler arasındaki ilişkilere dayanan bir kuantum mekaniği kuramının temellerini atmaktır,” sanki Mach'tan bir alıntı gibi.

Bilgiyi deneylere ve gözlemlere dayandırmak kesinlikle özgün bir fikir değildir; Locke ve Hume'a, hatta Aristoteles'e kadar giden klasik deneycilik geleneğidir. Bilginin öznesi ile nesnesi arasındaki ilişkiye yöneltlen dikkat ve dünyayı “gerçekten olduğu gibi” öğrenme olasılığı konusunda duyulan kuşku, klasik Alman idealizminde felsefenin merkezine bilen özneyi yerleştirmişti. Bilimci Mach, dikkatin yönünü öznenin –Mach'ın “duyumlar” dediği– deneyimin kendisine doğru çevirir. Bilimsel bilginin deney temelinde gelişmesinin somut biçimini araştırır. En bilinen yapıtı⁸⁴ mekaniğin tarihsel evrimini inceler. Onu duyuların saptadığı hareketin algılanan unsurlarını en ekonomik biçimde özetleme çabası olarak yorumlar.

Dolayısıyla bilme eylemi Mach tarafından *duyumların ötesindeki varsayımsal bir gerçekliğin* çıkarsanması veya tahmin edilmesi olarak değil, bu duyumları düzenleme biçimimizi en etkin biçimde organize etme arayışı olarak görülür. Mach için bizi ilgilendiren dünya duyumlardan *meydana gelir*. “Duyumların” ardında neyin gizlendiğine ilişkin herhangi bir varsayım “metafiziksel” olma kuşkusunu doğurur.

Yine de Mach'ta “duyum” kavramı belirsizdir. Bu onun zayıf noktası olmakla birlikte aynı zamanda güçlü noktasıdır: Mach bu

kavramı fiziksel duyumların fizyolojisinden alır ve onu *psikolojik dünyadan bağımsız* evrensel bir kavrama dönüştürür. (Budizm felsefesindeki *darma* terimine benzer bir anlamda) “elementler” terimini kullanır. “Elementler” yalnızca bir insanın veya bir hayvanın deneyimlediği duyumlar değildir. Evrende ortaya çıkan herhangi bir olgudur. “Elementler” bağımsız değildir: Birbirlerine Mach’ın “fonksiyonlar” dediği ilişkilerle bağlıdır, bilimin araştırdığı şey de bunlardır. Dolayısıyla, belirsiz olmasına karşın Mach’ın felsefesi, hareket eden maddenin mekaniği yerine elementlerden ve fonksiyonlardan oluşan genel bir bütünlük koyan gerçek bir doğa felsefesidir.⁴⁵

Bu felsefi yaklaşımın yararı, görünür olanın ardındaki bir gerçekliğe ilişkin tüm hipotezlerin yanı sıra deneyimleyen öznenin gerçekliğine dair tüm hipotezleri de ortadan kaldırmasıdır. Mach için fiziksel dünya ile zihinsel dünya arasında fark yoktur; “duyum” aynı zamanda hem fiziksel hem zihinseldir. Gerçek odur. Bertrand Russell aynı düşüncüyü şöyle betimler: “Dünya biri madde, diğeri zihin olan iki tür hammadde den meydana gelmez, karşılıklı ilişkileriyle farklı örüntüler çerçevesinde düzenlenmiştir ve bu düzenlemelerden bazılarını zihinsel denebilirken başka düzenlemelere de fiziksel denebilir.”⁴⁶ Olguların ardında maddi bir gerçeklik olduğu hipotezi de bilinçli bir ruh hipotezi de ortadan kalkar. Mach için bilgi sahibi olan kişi, idealizmin “özne”si değildir; tarihin somut akışı içinde etkileşimde olduğu dünyanın gerçeklerini gitgide daha iyi biçimde organize etmeyi öğrenen insanın somut bir etkinliğiştir.

Bu tarihsel ve somut bakış açısı bilgiyi insanlık tarihi çerçevesi içine yerleştiren Marx ve Engels’in düşünceleriyle kolayca aynı noktada buluşur. Bilgi tarih dışı tüm kişiliklerden, tüm mutlaklık heveslerinden veya kesinlik iddialarından sıyrılır ve insanın gezegenimizdeki biyolojik, tarihsel ve kültürel evriminin somut sürecine indirgenir. Dünyayla etkileşimi basitleştirmek için bir araç olarak biyolojik ve ekonomik terimlerle yorumlanır. Nihai bir kazanım değil, ucu açık bir süreçtir. Mach için bilme eylemi doğabilimidir ama bakış açısı diyalektik materyalizmin tarihselciliğinden uzak değildir. Mach ile Engels ve Marx’ın düşünceleri arasındaki uyum Bogdanov tarafından geliştirilmiş ve devrim öncesi Rusya’da destek görmüştür.

Lenin'in tepkisi şiddetlidir; *Materyalizm ve Ampiryokritisizm*'de Mach'a, onun Rus taraftarlarına ve üstü örtülü olarak Bogdanov'a şiddetle saldırır. Onu, hakaretlerin en büyüğü olan "gerici" felsefe yapmakla suçlar. Bogdanov 1909'da Bolşeviklerin yeraltı gazetesi *Proletari*'nin yayın kurulundan, kısa süre sonra da Parti Merkez Komitesi'nden atılır.

Lenin'in Mach'a yönelttiği eleştiri ve Bogdanov'un yanıtı⁸⁷ bizi de ilgilendiriyor. Lenin, Lenin olduğu için değil ama onun eleştirisinin kuantum kuramının ortaya çıkmasını sağlayan fikirlere doğal bir tepki olduğu için. Aynı eleştiri bize de doğal geliyor, Lenin ve Bogdanov'un tartıştığı konu da çağdaş felsefeye geri dönüyor ve kuantumların devrimci önemini anlamak için bir anahtar durumuna geliyor.



Lenin Bogdanov ve Mach'ı "idealist" olmakla suçlar. Lenin için bir idealist, ruhun dışında gerçek bir dünyanın varlığını reddeder ve gerçekliği bilincin içeriğine indirger.

Yalnızca "duyumlar" varsa, diye tartışır Lenin, o zaman dışarıda bir gerçeklik yoktur, yalnızca duyumlarımla benim olduğum tekbenci bir dünyada yaşıyor olurum. Kendimi, özneyi biricik gerçeklik olarak kabul ederim. Lenin için idealizm, düşmanı burjuvazinin ideolojik dışavurumudur. Lenin idealizmin karşısına insanı, onun bilincini, ruhu somut, nesnel, bilinebilir, yalnızca uzayda hareket eden maddeden meydana gelen bir dünyanın görünüşleri olarak görür.

Komünizm anlayışı hakkında hangi yargıya varılırsa varılsın, Lenin hiç şüphesiz olağanüstü bir politikacıydı. Felsefe ve bilim literatürüne ilişkin bilgisi de etkileyicidir; bugün bu kadar kültürlü politikacılar seçseydik muhtemelen onlar da daha etkili olurdu. Ama Lenin pek de büyük bir felsefeci değildir. Felsefi düşüncesinin etkisi tezlerinin derinliğinden çok, politika sahnesindeki uzun süreli egemenliğine bağlıdır. Mach daha fazlasını hak eder.⁸⁸

Bogdanov, Lenin'e eleştirisinin hedefini şaşırdığını söyleyerek yanıt verir. Mach'ın düşünceleri tekbenci olmak şöyle dursun, idealist bile değildir. Bilen insan, yalıtılmış, aşkın bir özne değildir, idealizmin felsefi "ben"i değildir; gerçek, tarihsel, doğal dünyanın bir parçası olan insandır. "Duyumlar zihnimizin içinde" değildir. Dünyanın olgularıdır, dünyanın kendini dünyaya sunduğu biçimdir. Dünyadan ayrı bir *ben'e* ulaşmazlar; hepsi doğanın unsurları olan deriye, beyne, retina sinirlerine, kulağın algılayıcılarına ulaşır.

Lenin kitabında "materyalizm"i zihnin dışında bir dünyanın var olduğu inancı olarak tanımlar.⁸⁹ "Materyalizm" in tanımı buysa, Mach kesinlikle materyalisttir, hepimiz materyalistiz, hatta papa bile materyalisttir. Ama öte yandan Lenin için materyalizmin tek yorumu "dünyada uzay ve zaman içinde hareket halindeki maddeden başka hiçbir şey yoktur" yönündedir ve "kesin gerçekler" e maddeyi tanıyarak ulaşabileceğimizi düşünmektedir. Bogdanov bu buyurgan iddiaların gerek *bilimsel* gerek *tarihsel* zayıflığını ortaya serer. Dünya elbette zihnimizin dışındadır ama bu naif materyalizmden daha inceliklidir. Tek seçenek dünyanın ya yalnızca zihinde var olduğu ya da uzayda devinen madde parçacıklarından meydana geldiği değildir yalnızca.

Mach zihnin dışında hiçbir şey olmadığını kesinlikle düşünmez. Tersine, onu ilgilendiren şey tam da zihnin ("zihin" her neyse) dışında kalan şeydir, parçası olduğumuz karmaşıklığıyla doğadır. Doğa kendini bir olgular bütünü olarak ortaya koyar, Mach da altta yatan gerçekler hakkında kanıtsız varsayımlar öne sürmek yerine, olguların araştırılmasını, onların nedenlerini açıklayan sentezlerin ve kavram yapılarının oluşturulmasını önerir.

Mach'ın radikal önerisi, olguları nesnelerin dışavurumu olarak değil, nesneleri olguların düğüm noktaları olarak düşünmektir. Bu Lenin'in anladığı gibi bilincin içeriklerinin metafiziği değildir; nesnelerin kendilerinin metafiziğinden geriye doğru atılmış bir adımdır. Mach'ın ifadesi serttir: "[Mekanistik] dünya düşüncesi bize antik dinlerin animist mitolojileri [gibi] mekanik mitolojiler olarak görünür."⁹⁰

Einstein, Mach'a borçlu olduğunu birkaç kez kabul etmişti.⁹¹ Nesnelerin, "içinde" hareket ettiği sabit bir fiziksel uzayın var olduğunun (metafizik olarak) varsayılmasına yöneltilen eleştiri ona genel görelilik kuramının kapılarını açmıştır.

Mach'ın, olguları düzenlemeye izin verecekler dışında herhangi bir şeyin gerçekliğini sorgulamadan kabul etmeyen bilim anlayışının açtığı alana, elektronun rotasını ortadan kaldırmak ve onu yalnızca dışavurumları çerçevesinde yeniden yorumlamak için Heisenberg girerir.

Yine bu açık alanda, dünyanın, kullanışlı unsurların her bir fiziksel sistemin mutlak özellikleri değil, bu sistemlerin birbirlerine görünür olmaları olduğunu betimlediği kuantum mekaniğinin ilişkisel yorumu için bir olasılık da ortaya çıkmıştır.

Bogdanov, Lenin'i "madde"yi mutlak, tarihdışı ve Mach'ın kullandığı anlamda "metafiziksel" bir sınıflandırma haline getirmekle suçlar. Onu özellikle de Engels ve Marx'ın dersini unutmuş olmakla ağır biçimde eleştirir: Tarih süreçtir, bilgi süreçtir. Bilimsel bilgi artmaktadır, diye yazar Bogdanov, günümüz biliminin madde düşüncesinin de yalnızca bilginin ilerlemesi sırasında bir ara etap olduğu ortaya çıkabilir. Gerçeklik 18. yüzyıl fiziğinin naif materyalizminden daha karmaşık olabilir. Kehanet gibi sözlerdir bunlar; birkaç yıl sonra Werner Heisenberg gerçekliğin kuantum düzeyindeki kapılarını açar.

Bogdanov'un Lenin'e verdiği *politik* yanıt da bir o kadar etkileyicidir. Lenin mutlak kesinliklerden söz eder. Marx ve Engels'in tarihsel materyalizmini sonsuza dek edinilmiş bir şey gibi sunar. Bu ideolojik dogmatizmin bilimsel düşüncenin dinamiğini iskalamakla kalmayıp, politik dogmatizme de yol açtığını söyler. Rus Devrimi –diye savunur Bogdanov, devrimi izleyen çalkantılı yıllarda– yeni bir ekonomik yapı yaratmıştır. Kültür, Marx'ın ileri sürdüğü gibi ekonomik yapıdan etkileniyorsa devrim sonrası toplumun, devrimden önce tasarlanmış Ortodoks Marksizm olamayacak yeni bir kültür meydana getirebilmesi gerekir.

Bogdanov'un politik programı, devrimci hayalin umduğu yeni,

kolektif ve cömert yeni kültürü beslemek için iktidarı ve kültürü halka bırakmaktı. Lenin'in politik programıysa tersine, proletaryayı yönlendirmesi gereken, gerçeğin bekçisi devrimci öncü kuvvetleri güçlendirmektir. Bogdanov, Lenin'in dogmatizminin devrimci Rusya'yı artık evrimleşemeyecek bir buz kütlesi içinde donduracağını, devrimin kazanımlarını boğacağını, katılaştığını öngörür. Bunlar da kâhince sözlerdir.



Bogdanov bir takma addır. Onun çarın polisinden saklanmak için kullandığı birçok addan biridir. Bir köy okulu öğretmeninin altı çocuğundan ikincisi olarak Aleksandr Aleksandroviç Malinovski adıyla dünyaya gelir. Daha çok küçük yaşlarda bağımsız ve asi yarıdılıştadır, söylenceye göre 18 aylıkken ilk söylediği sözler bir aile kavgası sırasında "Babam aptal!" olmuştur.⁹²

Küçük Aleksandr (aptal olmayan) babasının terfi ederek bir kentteki daha büyük bir okula fizik öğretmeni olarak atanması sayesinde bir kütüphaneye ve basit bir fizik laboratuvarına ulaşma olanağına kavuşur. Liseye devam etmek için bir burs kazanır, o günleri şöyle hatırlar: "Öğretmenlerin dar kafalılığı ve kötülüğü bana güçlülere güvenmemeyi ve her türlü otoriteyi reddetmeyi öğretti."⁹³ Bu, ondan birkaç yaş daha küçük olan Einstein'ın eğitimi yönlendiren, otoriteye karşı içgüdüsel tahammülsüzlüğün aynısıydı.

Okulunu parlak bir dereceyle bitirerek doğabilimleri eğitimi görmek üzere Moskova Üniversitesi'ne kaydolur. Uzak bölgelerden gelen arkadaşlarına yardım eden bir öğrenci örgütüne katılır. Politik eylemlere karışır. Birkaç kez tutuklanır. Marx'ın *Kapital*'ini Rusçaya çevirir. Politik propagandalar yapar, işçiler için ekonomi metinleri kaleme alır. Ukrayna'da tıp okur, bir kez daha tutuklanır ve sınır dışı edilir. Zürih'te Lenin'le temas kurar. Bolşevik hareketinin önderlerinden biri, bir süre de başkan yardımcısı olur. Lenin'le girdiği polemikten sonraki yıllarda yönetimden uzaklaştırılır ve güç merkezlerinden uzakta tutulur. Tüm dünyada saygınlığı ve kültürel, ahlaki ve politik alanlarda güçlü etkisi devam eder. 1920'lerde ve 30'larda, dev-

rimin kazanımlarını Bolşeviklerin baskı rejimine karşı, Stalin farklı düşünceleri ezene dek korumaya çalışan yeraltı “sol” muhalefetin başvurduğu ana kaynaklardan biridir.

Bogdanov’un kuramsal üretiminin ana kavramı “örgütlenme” düşüncesidir. Toplumsal yaşam kolektif çalışmanın örgütlenmesidir. Bilgi deneyimin ve kavramların örgütlenmesidir. Gerçekliği örgütlenme, yapı olarak kavrayabiliriz. Bogdanov’un önerdiği dünya imgesi gittikçe karmaşıklaşan bir örgütlenme biçimleri yelpazesi çerçevesindedir: Doğrudan etkileşimde olan en küçük unsurlardan canlıdaki maddenin örgütlenmesine, bireylerde örgütlenmiş kişisel deneyimin biyolojik açıdan gelişimine, sonunda Bogdanov’a göre kolektif olarak örgütlenmiş deneyim olan bilimsel bilgiye dek ulaşır. Bu fikirler, Norbert Wiener’in sibernetiği ve Ludwig von Bertalanffy’nin sistem kuramı aracılığıyla çağdaş düşünce üstünde pek farkında olunmayan ama derin etkiler yaratmış, sibernetiğin, karmaşık sistemler biliminin hatta çağdaş yapısal gerçekliğin doğmasında etkili olmuştur.

Bogdanov Sovyet Rusya’da Moskova Üniversitesi’nde ekonomi profesörü olur, Komünist Akademi’yi yönetir, *Kızıl Yıldız* başlıklı büyük ilgi gören bir bilimkurgu romanı yazar. Roman Mars’ta, erkekler ile kadınlar arasındaki tüm ayrımları aşmış ve fabrikalara ne üretilmesi gerektiğini, işsizlere de hangi fabrikada iş bulabileceklerini gösterebilen ekonomik verileri işlemek için etkin bir istatistiksel aygıt kullanan ama herkesi de nasıl yaşayacağını seçme konusunda özgür bırakan özgürlükçü ütöpik bir toplumu anlatır.

Bogdanov, dayanışmaya dayalı yeni bir kültürün özerk olarak filizlenmekte özgür olduğu proletarya kültür merkezleri örgütlemekle ilgilenir. Lenin tarafından bu etkinlikten de uzaklaştırılınca kendini tıbbı adar. Hekim olarak Birinci Dünya Savaşı sırasında cephe hizmet etmiştir. Moskova’da bir tıbbi araştırma enstitüsü kurar ve kan nakli tekniklerinin öncülerinden biri olur. Onun devrimci ve kolektivist ideolojisinde kan nakilleri insanların işbirliği yapabilmelerinin ve paylaşabilmelerinin simgesiydi.

Hekim, ekonomist, felsefeci, doğabilimci, bilimkurgu yazarı, şair, öğretmen, politikacı, sibernetiğin ve organizasyon biliminin

müjdecisi, kan naklinin öncüsü, ömür boyu devrimci Aleksandr Bogdanov 20. yüzyılın ilk yıllarının en karmaşık ve en büyüleyici kişiliklerinden biridir. Demir Perde'nin her iki tarafı için de fazla radikal olan düşünceleri alttan alta ve yavaşça yayıldı. Lenin'in eleştirisine neden olan üç ciltlik yapıtı İngilizceye ancak geçen yıl çevrildi. İlginç biçimde edebiyatta daha çok iz bırakmıştır: Wu Ming'in *Proletkult* romanının⁹⁴ ve Kim Stanley Robinson'ın harika üçlemesi *Red Mars* [Kızıl Mars], *Green Mars* [Yeşil Mars] , *Blue Mars*'ındaki [Mavi Mars] büyük kişilik Arkady Bogdanov'un esin kaynağı olur.⁹⁵

Paylaşmacı ideallerine sadık kalan Aleksandr Bogdanov, verem ve sıtma hastası bir genci tedavi etmeyi denerken kendi kanıyla hastanın kanını değiştirdiği bir bilimsel deney sırasında korkunç biçimde ölecektir.

Sonuna kadar deney yapma cesareti, paylaşma cesareti, kardeşlik hayali...

2. Maddesiz doğacılık

Konudan biraz uzaklaştım. Mach'ın Heisenberg'in kritik bir adım atmasını sağlayan bakış açısı, kuantumlar sayesinde dünyaya ilişkin neler keşfettiğimizi anlamak için önemli. Lenin ile Bogdanov arasındaki polemik yanlış anlamaları doğuran noktayı ortaya koyuyor.

Mach'ın savunduğu “antimetafiziksel” ruh bir açılım yaklaşımıdır; dünyaya nasıl olması gerektiğini öğretmeye çalışmıyoruz. Bunun yerine kendisini nasıl daha iyi kavrayacağımızı bize öğretmesi için dünyayı dinliyoruz.

Einstein kuantum mekaniğine, “Tanrı zar atmaz,” diyerek karşı çıktığında Bohr onu şöyle yanıtlamıştı: “Tanrı'ya ne yapması gerektiğini söylemekten vazgeç.” Açık söylemek gerekirse, Doğa bizim metafiziksel önyargılarımızdan daha zengindir. Hayal gücü bizden daha geniştir.

Kuantum kuramını en ayrıntılı biçimde incelemiş felsefecilerden biri olan David Albert bir keresinde bana şu soruyu sordu: “Carlo, bir laboratuvarda metal ve cam parçacıklarıyla yapılan deneylerin dünyanın nasıl olduğuna ilişkin en kökleşmiş metafiziksel inançlarımızı sorgulatacak kadar büyük ağırlığı olduğunu nasıl düşünebilirsin?” Bu soru uzun süre peşimi bırakmadı. Şimdi ise yanıt bana basitmiş gibi geliyor: “Peki ‘en kökleşmiş metafiziksel inançlarımız’ da yalnızca tam da taşlara ve tahtalara dokunduğumuzda doğru olduğuna inanmaya alışmış olduğumuz bir şey değilse, nedir o zaman?”

Gerçekliğin nasıl bir şey olduğuna ilişkin önyargılarımız deneyimlerimizin sonucudur. Deneyimlerimiz sınırlıdır. Geçmişte yaptığımız genellemeleri Tanrı kelamı kabul edemeyiz. Bunu bütün ironisiyle Douglas Adams’tan daha iyi dile getiren yoktur: “Derin bir yerçekimi kuyusunun dibinde, yaklaşık 150 milyon kilometre uzaklıktaki nükleer bir ateş topu etrafında dönen, gazla kaplı bir gezegenin yüzeyinde yaşadığımız gerçeği ve bunun normal olduğunu düşünmemiz, besbelli ki, bakış açımızın çarpılmaya nasıl yatkın olduğunun göstergesi.”⁹⁶

Bir şeyler daha öğrenirsek, taşralı metafiziksel bakış açımızı değiştirmemiz gerektiği düşüncesine hazır olalım. Dünyaya ilişkin öğrendiğimiz yenilikleri, gerçekliğin ne olduğuna yönelik önyargılarımızla çatışmalar bile ciddiye alalım.

Bu, bana bilginin küstahlığını reddetmenin yanı sıra akla ve onun öğrenme yetisine güvenme tavrı olurmuş gibi geliyor. Bilim, Gerçeğin Bekçisi değildir, Gerçeğin Bekçilerinin *olmadığının* bilincinde olmaya dayanır. Öğrenmek için en iyi yol, dünyayla etkileşime girerek onu anlamaya çalışmak ve zihinsel şemalarımızı bulduğumuz şeye göre yeniden düzenlemektir. Dünya hakkındaki bilgilerimizin kaynağı olarak bilime gösterilen bu saygı, kendi bilincimizin de sayısız doğal süreçten biri olduğunu ve bu şekilde ele alınması gerektiğini düşünen Willard Quine gibi felsefecilerin radikal doğalcılığına varana dek artmaya devam etmiştir. İkinci Kısım’da sıraladığım, kuantum mekaniğine ilişkin pek çok “yorum” bana temel fizikteki buluşları metafiziksel önyargıların dogmaları içine sıkıştırma

çabası gibi görünüyor. Dünyanın determinist nitelikte olduğuna, geleceğin ve geçmişin kesinlikle dünyanın şu anki durumu tarafından belirlendiğine mi inanıyoruz? O zaman, gözlemlenebilir olmasalar bile geçmiş ve geleceği belirleyen nicelikler ekleyelim. Bir kuantum süperpozisyonunun bir bileşeninin yok olması bizi rahatsız mı ediyor? Öyleyse bu bileşenin gidip saklandığı, gözlemlenemeyen bir paralel evren ekleyelim vb. Felsefemizi bilime uydurmamız gerektiğini düşünüyorum, tersi değil.

titi

Niels Bohr kuantum kuramını geliştiren Jöntürklerin manevi babasıydı. Konuyla ilgilenmesi için Heisenberg'i teşvik eden oydu, ona atomların gizemi içinde eşlik etti. Heisenberg ile Schrödinger arasındaki kavgada arabulucu oydu. Sonunda bütün dünyadaki fizik kitaplarında yer alan, kuantum kuramını düşünme biçimini tasarlayan oydu. Tüm bunların ne anlama geldiğini anlamak için belki herkesten daha çok çabalayan bilimci oydu. Kuramın mantıklı olup olmadığı konusunda onunla Einstein arasındaki efsanevi tartışma, iki devi de konumlarını açıklığa kavuşturmaya, geri adım atmaya zorlayarak yıllarca sürdü.

Einstein kuantum mekaniğinin dünyayı anlama yönünde ileri doğru atılmış bir adım olduğunu her zaman kabul etti; Heisenberg, Born ve Jordan'ı Nobel ödülüne aday gösteren o oldu. Buna karşın kuramın aldığı biçime hiç ikna olmadı. Kuramı farklı dönemlerde tutarsız, mantıksız ve eksik olmakla suçladı.

Bohr, Einstein'ın eleştirilerine karşı kuramı bazen mantıkla, bazen hatalı savlarla olsa da savundu ve tartışmaları hep kazandı.⁹⁷ Bohr'un düşünceleri açık değildir, hep biraz muğlaktır. Ama sezgileri çok keskindir ve kuramın günümüzdeki anlayışının önemli bir bölümünü oluşturmuşlardır.

Bohr'un ana sezgisi, daha önce değindiğim şu değerlendirmede özetlenir:

Klasik fizik bağlamında bir nesne ile ölçüm aygıtı arasındaki etkileşimler göz ardı edilebilir –veya gerekiyorsa göz önünde tutulup telafi edilebilir– oysa kuantum fiziğinde bu etkileşim olgunun ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle bir kuantum olgusunun muğlak olmayan bir betimlemesi ilke olarak deney düzeneğinin önemli tüm yönlerini içermelidir.⁹⁸

Bu sözler kuantum mekaniğinin ilişkisel yönünü vurgular ama bu vurgu bir olgunun laboratuvarında ölçüm aygıtlarıyla ölçüldüğü kısıtlı çerçeve dahilindedir. Bu nedenle bir yanlış anlamaya yol açarlar: Yalnızca ölçmek için araçlar kullanan özel bir varlığın olduğu bir durumdan söz edildiğini düşünmek gibi yanlış bir yoruma. Bir insanın, onun zihninin veya kullandığı sayıların doğanın işleyiş kuralları arasında özel bir rol oynadığını düşünmek saçmalaktır.

Bohr'un paragrafına eklenmesi gereken şey, kuramın yüz yılda edindiği başarılarla birlikte gelişen, *bütün* doğanın kuantum nitelikli olduğu ve bir ölçüm aygıtının olduğu laboratuvarın hiçbir özel durumu olmadığı bilgisidir. Laboratuvarında olgular kuantum niteliklidir ama laboratuvar dışındaki olgular kuantum nitelikli değildir gibi bir önerme doğru değildir: Son tahlilde bütün olgular kuantum niteliklidir. Herhangi bir doğal olguya genişletildiğinde Bohr'un sezgisi şuna dönüşür:

Önceden her bir nesnenin özelliklerinin bu nesne ile diğerleri arasında gerçekleşmekte olan etkileşimi göz ardı etmemize karşın belirli olduklarını düşünürdük, oysa kuantum fiziği bize etkileşimin olguların ayrılmaz parçası olduğunu gösterdi. Herhangi bir olgunun muğlak olmayan betimlemesi olgunun ortaya çıktığı etkileşim içinde yer alan tüm nesneleri içermelidir.

İşte *bu* radikal ama açık bir ifadedir. Olgular doğal dünyanın bir parçasının doğal dünyanın bir başka parçası üstünde yarattığı etkilerdir. Lenin'in hatası bu buluşu zihnimizle ilgili bir şeyle karıştırmaktır; düalist Mach'la girdiği polemikte olguları aşkın bir özneye ilişkili değillerse anlayamayan kendisidir.

Zihnin konuyla hiçbir ilgisi yoktur. Özel “gözlemciler” kuram-

da hiçbir gerçek rol oynamaz. İşin özü daha basittir: Nesnelerin özellikleri bu özelliklerin ortaya çıktığı etkileşim içinde bulunan nesnelerden ayrılamaz. Bir nesnenin tüm (değişken) özellikleri son tahlilde yalnızca başka nesneler göre öyledir.

Yalıtılmış, tek başına ele alınan, tüm etkileşimlerden bağımsız bir nesnenin belirli bir durumu yoktur. Ona en fazla şu veya bu biçimde ortaya çıkmasına ilişkin bir tür olasılık eğilimi⁹⁹ verebiliriz. Ama bu da gelecekteki olguların öngörülmesinden ve geçmişteki olguların yansımından başka bir şey değildir ve ne olursa olsun her zaman bir başka nesneyle ilişkilidir.

Bu, radikal bir sonuç doğurur. Dünyanın özellikleri olan¹⁰⁰ bir maddeden meydana gelmesi gerektiği düşüncesine darbe vurur ve bizi her şeyi ilişkiler çerçevesinde düşünmeye zorlar.

Kuantumlu dünyayla ilgili keşfettiğimiz şey, sanırım budur.

3. Temelsiz mi? Nagarcuna

Kuantum mekaniğinin temel buluşunu anlayanın bu yolu Heisenberg ve Bohr'un özgün sezgilerine dayanır ama 1990'lı yılların ortalarında "kuantum mekaniğinin ilişkisel yorumu"nun doğmasıyla birlikte aydınlanmaya başlamıştır.¹⁰¹ Felsefe dünyası kuantumların keşfinin bu yorumuna farklı tepkiler verdi. Farklı düşünce okulları onu çeşitli felsefi terimlerle bir çerçeveye oturtmaya çalıştı. Çağdaş felsefecilerin en parlak isimlerinden biri olan Bas van Fraassen kendi "yapıcı deneycilik" yaklaşımı çerçevesinde bu yorumun derin bir analizini yaptı.¹⁰² Michel Bitbol ona yeni-Kantçı bir okuma sundu.¹⁰³ F.-I. Pris de bağlamcı gerçekçilik çerçevesinden bir okuma önerdi.¹⁰⁴ Pierre Livet onu bir süreç ontolojisi bakış açısıyla okudu.¹⁰⁵ Mauro Dorato farklı felsefi yönlerini incelediği etkileyici bir makalede¹⁰⁶ onu gerçekliğin yapılardan meydana geldiğini savunan yapısal gerçekçilik içine yerleştirdi.¹⁰⁷ Laura Candiotti aynı tezi çok sağlam savlarla savundu.¹⁰⁸

Burada çağdaş felsefe akımları arasındaki tartışmaya girmeyeceğim. Bununla birlikte şöyle bir değinip kişisel bir öykü anlatacağım.

Mutlak olduğunu sandığımız niceliklerin aslında görelî olduklarının keşfi fizik tarihi boyunca hiç kopmayan bir zincirdir. Galileo'nun ele aldığı hız göreliliği bunun bir örneğidir. Einstein'ın buluşları da aynı doğrultudadır. Bir elektrik alanı ile bir manyetik alan arasındaki fark ilişkiseldir: Nasıl hareket ettiğimize bağlıdır. Elektrik potansiyelinin değeri başka bir yerdeki potansiyele göre değişir vb.

İlişkisel düşünce fiziğin ötesinde tüm bilim dallarında karşımıza çıkar. Biyolojide canlı sistemlerin özellikleri başka canlı varlıklardan meydana gelen ortamla ilişkili olarak anlaşılabilir. Kimyada elementlerin özellikleri bu elementlerin diğer elementlerle etkileşime girme biçimidir. Ekonomide ekonomik ilişkilerden söz edilir. Psikolojide bireysel kişilik ilişkisel bir bağlamda var olur. Bu örneklerde ve pek çok başka durumda şeyleri (biyolojik yaşam, psikolojik yaşam, kimyasal bileşikler vb.) başka şeylerle *ilişki içinde* olmalarıyla anlarız.

Batı felsefesi tarihinde “varlık” kavramının gerçekliğin temeli olarak kabul edilmesine yöneltilen eleştiri tekrar tekrar karşımıza çıkar. Herakleitos'un “Her şey akar” ifadesinden çağdaş ilişki metafiziğine dek birbirlerinden çok farklı felsefe geleneklerinde yer alır.¹⁰⁹ *Formal Approach to the Metaphysics of Perspectives: Points of View as Access* [Bakış Açılarının Metafiziğine Biçimsel Yaklaşım: Yaklaşım Olarak Bakış Açıları]¹¹⁰ ve *Viewpoint Relativism: A New Approach to Epistemological Relativism based on the Concept of Points of View* [Bakış Açısı Göreceliği: Epistemolojik Göreceliğe Bakış Açıları Kavramına Dayanan Yeni Bir Yaklaşım]¹¹¹ gibi felsefe kitapları ancak geçtiğimiz yıl yayımlanmıştır.

Analitik felsefede yapısal gerçekçilik¹¹² ilişkilerin nesnelerden önce geldiği düşüncesine dayanır: Ladyman'e göre, örneğin, dünyayı anlamanın en iyi yolu onu ilişki içindeki nesneler olmadan bir ilişkiler bütünü olarak düşünmektir.¹¹³ Michel Bitbol yeni-Kantçı bir bakış açısıyla *De l'intérieur du monde: Pour une philosophie et une science des relations* [Dünyanın İçinden: Bir İlişki Felsefesi ve Bilimi İçin] başlıklı kitabı yazmıştır.¹¹⁴ İtalya'da, Laura Candiottto, Giacomo Pezzano'yla birlikte *Filosofia delle relazioni* [İlişki Felsefesi] başlıklı bir kitap yayımlanmıştır.¹¹⁵

Oysa bu fikir çok eskidir. Batı'da daha Platon'un yazdığı son diyaloglarda bile karşımıza çıkar. Platon *Sofist*'te zamandışı ideaların bir anlamı olması için olgusal gerçeklikle ilişkiye girmeleri gerektiğini sorgular ve sonunda diyalogun baş kişisi Elea'lı Yabancı'nın ağzından tamamen ilişkisel nitelikteki –ama Elea felsefesinden son derece uzak– şu ünlü tanımı dile getirir: “Şunu söylüyorum: Doğası gereğince bir şey üzerine etkisi olan ya da çok önemsiz bir etki edenin etkisine maruz kalma gücünde olan şey gerçekten de vardır. O, böylesine bir güç bir kere bile görülse vardır. Varlığı tanımlayan birisi olarak varlığın güçten [δύναμις] başka bir şey olmadığını söyleyebilirim.”¹¹⁶ Genellikle olduğu gibi birileri Platon'un söylenecek her şeyi bir tümcede zaten söylediğini mırıldanabilir...

Yalnızca bu kısacık ve bölük pörçük genel bakış bile dünyanın dokusunu ören şeyin nesnelerden çok ilişkiler ve etkileşimler olduğu düşüncesinin nasıl tekrar tekrar karşımıza çıktığını göstermek için yeterlidir.



Bir nesneyi, önümde gördüğüm sandalyeyi ele alalım. Gerçektir ve gerçekten de önümde durmaktadır; bunda hiç kuşku yok. Ama bu bütünlüğün gerçek bir nesne, bir varlık, bir sandalye olması tam olarak ne demektir?

Sandalye kavramı sandalyenin işleviyle tanımlanır: Oturmak için üretilmiş bir mobilya. İnsanların oturduğunu varsayar. Sandalyenin kendisiyle ilişkili değildir; onu kavrama biçimimizle ilgilidir. Bu, sandalyenin, rengi, sertliği vb. bariz özellikleriyle orada var olduğu gerçeğini etkilemez.

Öte yandan bu özellikler de bize göredir. Renk sandalyenin yüzeyinden yansıyan ışığın frekansı ile retinadaki özel algılayıcıların karşılaşmasından doğar. Diğer hayvan türlerinin çok büyük bölümü renkleri bizim gibi görmez. Sandalyenin kendi yaydığı frekanslar da atomlarının dinamiği ile onu aydınlatan ışık arasındaki etkileşimden doğar.

Sandalye, yine de renginden bağımsız bir nesnedir. Onu hareket ettirirsem bütün halinde hareket eder... Aslında bu bile tam olarak doğru değildir: Sandalye elime aldığımda havaya kalkan bir çerçeveye dayanan bir oturma parçasından meydana gelir. Bir araya gelmiş parçalardır. Bu birleşmenin bir nesne, bir bütünlük oluşturmasını sağlayan şey nedir? Bu bütünlüğün bizim için oynadığı rolden pek fazla bir şey değil...

Sandalyenin kendisini dışarıyla, özellikle de bizimle olan ilişkilerinden bağımsız olarak aramaya kalkarsak bulamayız.

Bunda hiç gizemli bir şey yoktur; dünya bağımsız varlıklara ayrılmamıştır. Kolayımıza geldiği için onu nesnelere ayıran biziz. Bir sıradağ tek tek dağlara ayrılmaz; onu bize belirgin gelen parçalara biz ayırırız. Sayısız –hatta tüm– tanımlarımız ilişkiseldir: Bir anne çocuğu olduğu için annedir, bir gezegen bir yıldızın çevresinde döndüğü için gezegendir, bir yırtıcı av var olduğu için avcıdır, bir konum bir başka şeyle ilişkili olacak biçimde söz konusu olur. Zaman bile ilişkilerle tanımlanır.¹⁷

Bunların hiçbiri yeni değildir. Ama fizikten bu ilişkilerin dayanaacağı sağlam bir temel, bu ilişkiler dünyasının temelinde yatan ya da ayakta durmasını sağlayan bir gerçeklik sunması talep edilmiştir. İkincil niteliklerin (renk) temelini oluşturan birincil nitelikleriyle (biçim) nitelenen hareket eden madde düşüncesiyle klasik fizik, bu rolü oynayabilirmiş gibi görünüyordu: Birleşmeler ve ilişkiler oyunu temelinde, dünyanın kendi başlarına var olduklarını düşünebileceğimiz birincil bileşenlerini sağlamış gibiydi.

Dünyanın kuantum özelliklerinin keşfi fiziksel maddenin bu rolü yerine getirmeyeceğinin bulunmasıdır. Temel fizik elbette temel ve evrensel bir işleyiş kuralı betimler ama bu kurallar hareket eden ve kendine ait birincil nitelikleri olan basit maddeden meydana gelmez. Bütün evrene sızan ilişkisellik bu temel işleyiş kurallarına dek iner. Hiçbir temel varlığı, onunla etkileşimde olan şeylerin oluşturduğu bağlam dışında tanımlayamayız.

Bu bizi dayanacak sağlam bir zeminden yoksun bırakır. Belirli ve kendine özgü özellikler taşıyan madde dünyanın temel yapısını

oluşturmuyorsa, bilgi sahibi olan özne doğanın bir parçasıysa, dünyanın temel yapısını oluşturan şey nedir?

Dünyayı kavrayışımızı neye dayandıracağız? Nereden yola çıkacağız? Temel olan nedir?

Batı felsefesi tarihi büyük ölçüde neyin temel olduğu sorusuna yanıt verme denemesidir. Geriye kalan her şeyin türetildiği başlangıç noktasının arayışıdır: Madde, Tanrı, ruh, atomlar ve boşluk, Platon’cu biçimler, bilginin öncül biçimleri, özne, Mutlak Ruh, bilincin temel anları, olgular, enerji, deneyim, duyular, dil, doğrulanabilir savlar, bilimsel veriler, çürütülebilir kuramlar, yorumsal döngüler, yapılar... Hiçbiri asla herkesi birden ikna etmeyi başaramamış uzun bir temel önerileri listesi...

Mach’ın “duyular”ı veya “elementler”i temel olarak görme denemesi bilimcilere ve felsefecilere esin kaynağı oldu ama sonuçta bana diğerlerinden daha ikna edici görünmüyor. Mach metafiziğe karşı esip gürlüyor ama aslında, daha hafif, daha esnek de olsa bir metafizik olarak elementlere ve fonksiyonlara dayanan kendi metafiziğini geliştirir. Bir olgular gerçekliği ya da bir “gerçekçi deneycilik” yaklaşımı...¹¹⁸

Kuantumları anlamlandırma çabalarım sırasında, bu inanılmaz kuramın sunduğu tuhaf dünya imgesini anlamak için kavramsal bir temel arayışıyla felsefecilerin metinlerini karıştırdım. Çok güzel öneriler ve zekice eleştiriler buldum ama hiçbiri beni tam anlamıyla ikna etmedi.

Sonra bir gün beni hayranlık içinde bırakan bir metinle karşılaştım, sonuç bölümünün olamayacağı bu bölümü de bu karşılaşmanın öyküsüyle kapatacağım.



O noktaya şans eseri ulaşmadım; kuantumlardan ve ilişkisel niteliklerinden söz ederken kendimi tekrar tekrar, “Nagarcuna’yı okudun mu?” diyen insanlarla konuşur halde buldum.

Bilmem kaçınıcı kez, “Nagarcuna’yı okudun mu?” sorusunu duyduğumda onu okumaya karar verdim. Batı’da az bilinir ama önemsiz bir metin değildir; Hint felsefesinin temel taşlarından biridir, onu bilmemem Asya düşüncesine ilişkin Batılılara özgü acıklı bilgisizliğim nedeniyledir. Başlığı şu söylenmesi veya çevrilmesi olanaksız Hintçe sözcüklerden biridir: *Mulamadhyamakakarika*, pek çok farklı biçimde, örneğin *Orta Yol Dörtlükleri* olarak çevrilebilir. Ben metni Amerikalı bir analitik felsefeci tarafından yorumlanmış bir çeviriden okudum.¹¹⁹ Üstümde derin bir etki bıraktı.

Nagarcuna 2. yüzyılda yaşadı. Metni hakkında sayısız yorum ve farklı düzeylerde yığınla tefsir vardır. Bu kadar eski metinlerin yararı tam da farklı anlam düzeyleriyle zenginleşen bu çok katmanlı okumalardır. Kadim metinlerde bizi gerçekten ilgilendiren, yazarın aslen ne söylemek istediği değil, metnin bize bugün ne düşündürebileceğidir.

Nagarcuna’nın kitabının anafikri, çok basit olarak, kendiliğinden var olanın, başka şeylerden bağımsız şeyler olmadığıdır. Kuantum mekaniğiyle çok uyumlu. Elbette Nagarcuna kuantumlar hakkında hiçbir şey bilmiyordu, bilmesi de mümkün değildi, konu bu değil. Önemli olan nokta felsefecilerin bize dünyayı hayalimizde canlandırmanın özgün yollarını sunmaları, bizim de işe yaradıkları ortaya çıkarsa bunlardan yararlanabilmemizdir. Nagarcuna’nın bakış açısı kuantum dünyasını belki biraz daha kolay kavramamızı sağlar.

Hiçbir şey tek başına var olmuyorsa, her şey bir başka şeye bağlı, bir başka şeye göre var olur. Nagarcuna’nın bağımsız var olmanın yokluğu için kullandığı teknik terim “boşluk”tur (*sunyata*) [hiçlik]: Şeyler, bağımsız bir gerçeklikleri olmadığı, bir başka şey sayesinde, bir başka şeye bağlı olarak, bir başka şeye göre, bir başka şeyin bakış açısına göre var oldukları anlamında “boş”tur.

Safça bir örnek olacak ama – bulutlu bir gökyüzüne bakarsam orada bir kale ve bir ejderha görebilirim. Gökyüzünde gerçekten bir ejderha ve bir kale var mı? Elbette hayır; kale ve ejderha bulutların görüntüsü ile kafamın içindeki duyumların ve düşüncelerin

karşılaşmasından doğar; kendi başlarına boş varlıklardır, yoklardır. Buraya kadarı kolaydı. Ama Nagarcuna bulutların, gökyüzünün, duyumların, düşüncelerin hatta benim başımın da aynı biçimde başka şeylerle, boş varlıklarla karşılaşmasından doğduğunu öne sürer.

Ya bir yıldız gören ben? Var mıyım? Hayır, ben bile yokum. O zaman yıldızı gören kim? Hiç kimse, der Nagarcuna. Yıldızı görmek, kolaylık olsun diye alışkanlıkla ben olarak adlandırdığım o bütünlüğün bir bileşenidir. “Dilin ifade ettiği şey yoktur. Düşünce alanı yoktur.”¹²⁰ Varlığımızın gerçek özü olan hiçbir nihai veya gizemi anlaşılabilecek öz yoktur. “Ben” onu oluşturan engin ve birbirlerine bağlı ve bağımlı olgular bütününden başka bir şey değildir. Batı’nın özneye ve bilince ilişkin yüzyıllardır öne sürdüğü spekülasyonlar sabah güneşi altındaki kırağı gibi erir gider.

Nagarcuna, felsefenin ve bilimin sıkça yaptığı gibi iki düzeyi birbirinden ayırır: Aldatıcı ve bakış açısına göre değişen yönleriyle görünen, sıradan gerçeklik ile nihai gerçeklik. Ama bu ayrımı beklenmedik bir yöne taşır: Nihai gerçeklik, öz, hiçliktir, boşluktur. Yoktur.

Her metafizik bir birincil madde, her şeyin bağlı olduğu bir öz, sonra geriye kalan her şeyin türetilbildiği bir başlangıç noktası ararken Nagarcuna nihai maddenin, çıkış noktasının olmadığını öne sürer.

Batı felsefesinde de benzer yönere doğru yönelen çekingen sezgiler vardır. Ama Nagarcuna’nın bakış açısı radikaldir. Sıradan gündelik varoluş reddedilmez; tersine bütün karmaşıklığıyla, tüm farklı düzeyleri ve yönleriyle kabul edilir. Araştırılabilir, incelenabilir, çözümlenebilir, daha temel unsurlara indirgenebilir. Ama Nagarcuna onda nihai maddeyi aramanın bir anlamı olmadığını söyler. Örneğin çağdaş yapısal gerçekçilikten farkı bana açık geliyor: Nagarcuna’nın bugün kitapçığına şöyle küçük bir bölüm ekleyeceği hayal edilebilir: “Yapılar da boştur.” Yalnızca başka bir şeyi düzenlemek için düşündüğünüz ölçüde var olurlar. Onun diliyle ifade edilecek olursa: “Ne nesnelerden önce gelen şeyler, ne nesnelerden

önce gelmeyen şeyler, ne her ikisi de, son olarak da ne biri ne diğeri vardır.”*

Dünyanın aldatıcılığı, *samsara*, Budizmin genel temasıdır; bunu kabul etmek, özgürleşmek ve huzura kavuşmak, nirvana'ya ulaşmaktır. Nagarcuna'ya göre *samsara* ve nirvana aynı şeydir: Her ikisi de kendi var oluşlarından yoksundur. Yokturlar.

O zaman tek gerçek boşluk mudur? Nihai gerçek bu mudur? Nagarcuna kitabının en baş döndürücü bölümünde hayır der, her bakış açısı yalnızca bir başka şeye bağımlı olma çerçevesinde var olur, hiçbir zaman nihai gerçeklik değildir, bu Nagarcuna'nın bakış açısı için de geçerlidir: Boşluk da bir özden yoksundur, genel kabuldür. Hiçbir metafizik ayakta kalamaz. Boşluk boştur.

Nagarcuna kuantumların ilişkisel niteliği hakkında düşünmek için harika bir kavramsal araç hediye eder: Daha sonra ilişkiye girecek bağımsız özler olmadan da karşılıklı bağımlılık üstüne düşünülebilir: Hatta, karşılıklı bağımlılık –bu, Nagarcuna'nın temel savıdır– bağımsız özleri unutmayı *gerektirir*.

Maddeden, moleküllerden, atomlardan, alanlardan, teinel parçacıklardan vb. geçen uzun “nihai madde” arayışı kuantum alan kuramı ve genel görelilik kuramının ilişkisel karmaşıklığı içinde başarısızlığa uğramış olur.

Çok eski çağlardan bir düşünür bizim için çıkış yolu gösterecek bir kavramsal araç sunabilir mi?



Her zaman başkalarından, farklı olandan öğrenilir. Aralarında-ki binlerce yıldır kesilmeyen diyaloga karşın, Doğu ile Batı'nın belki de hâlâ birbirine söyleyecek şeyleri vardır. Tıpkı en iyi evliliklerdeki gibi...

* Bu, Nagarcuna'nın savlarının mantıksal biçimi *tetralemma*'ya [dörtlem, dörtlü önerme] bir örnektir.

Nagarcuna'nın düşüncesinin büyüğü modern fiziğin konularının ötesine geçer. Bakış açısının baş döndürücü bir yanı vardır. Batı klasik ve son dönem felsefesinin en iyileriyle çok uyumludur. Hume'un radikal kuşkuculuğuyla, Wittgenstein'in düşünceleri sayesinde ortaya atılan kötü soruların maskelerinin indirilmesiyle... Ama bana öyle geliyor ki Nagarcuna, pek çok felsefenin sonunda hep uzun vadede pek ikna edici olmadıkları ortaya çıkan çıkış noktalarını postulat olarak kabul etmeleriyle düştüğü tuzağa düşmemiştir. Gerçeklikten, onun karmaşıklığından ve anlaşılabilir olmasından söz eder ama bizi onda nihai bir temel bulma isteği gibi kavramsal bir tuzağa düşmekten korur.

Onunki metafiziksel bir aşırılık değildir; ağır başlılıktır. Her şeyin nihai temelinin ne olduğu sorusunun basit olarak anlamsız olabileceğini kabul etmektir.

Bu, araştırma olasılığını ortadan kaldırmaz. Tersine onu özgür bırakır. Nagarcuna dünyanın gerçekliğini reddeden bir nihilist değildir, gerçeklik hakkında hiçbir şey bilemeyeceğimizi söyleyen bir şüpheci de değildir. Olgular dünyası araştırabileceğimiz ve hep daha iyi anlayabileceğimiz, genel özelliklerini bulabileceğimiz bir dünyadır. Bununla birlikte, bir Mutlak'tan türetmeye çalışmaya geçecek bir dünya değil, karşılıklı bağımlıklar ve olasılıklar dünyasıdır.

İnsanların bir şeyi anlamaya çalışırken yaptıkları en büyük hatalardan birinin kesinlik istemek olduğuna inanıyorum; bilgi arayışı kesinliklerden beslenmez. Bilgisizliğimizin bilgece farkında olmamız sayesinde kuşkuya açık oluruz ve hep daha iyi öğrenebiliriz. Bu, her zaman bilimsel düşüncenin, merak düşüncesinin, isyanın, değişimin gücü olmuştur. Öğrenme serüvenini sıkıca sabitleyebileceğimiz felsefi veya metodolojik bir temel kavram, nihai bir sabit nokta yoktur.

Nagarcuna'nın metninin çok sayıda yorumu var. Olası okumaların çokluğu kadim bir metnin canlılığının ve bize hitap edebildiğinin kanıtıdır. Bir kez daha tekrar edeyim, bizi ilgilendiren şey yaklaşık iki bin yıl önce Hindistan'daki bir manastırdaki keşişin aslında ne düşündüğü değildir – bunlar onu ilgilendirir. Bizi ilgilendiren şey,

bıraktığı satırlardan bugün yayılan düşüncelerin gücüdür; nesiller boyu zenginleştirilmiş biçimleriyle bunlar, kültürümüzle ve bilgi birikimimizle kesişerek bizim için yeni düşünce alanları açabilir. Kültür budur; bizi deneyimlerle, bilgilerle ve özellikle alışverişlerle zenginleştiren sürekli bir diyalog.

Ben bir felsefeci değilim, bir fizikçiyim, *değersiz bir amele*yim.* Nagarcuna kuantumlarla uğraşan bu *değersiz amele*'ye fiziksel nesnelerin dışavurumları hakkında, fiziksel bir nesnenin dışavurumlarından bağımsız olarak ne olduğunu sorgulamam gerekmeden de düşünebileceğimi öğretiyor.

Bununla birlikte, Nagarcuna'nın boşluğu son derece iç açıcı ah-laki bir tavrı da besliyor: Özerk varlıklar olarak var olmadığımızı anlamak, tutkunluktan ve acı çekmekten kurtulmamıza yardımcı eder. Tam da Mutlak hiçbir şey olmadığı, geçici olduğu için yaşam anlamlıdır ve değerlidir.

Bir insan olarak bana Nagarcuna dünyanın dinginliğini, hafifliğini ve güzelliğini öğretiyor; biz imgelerin imgelerinden başka bir şey değiliz. Kendimizi de kapsayan gerçeklik, ardında hiçbir şey olmayan incecik ve narin bir perdeden başka bir şey değildir.

* Özgün metinde yer alan "*vile meccanico*" ifadesindeki *meccanico* sözcüğü hem mekanik hem de amele anlamına gelmektedir. Yazar bu betimlemeyle Alessandro Manzoni'nin İtalyan edebiyat tarihinin en çok okunan romanı *Nişanlılar*'a göndermede bulunmanın yanı sıra (kuantum) "mekanik"çiliğe de işaret etmektedir. (Ç.N.)

VI

“Doğa için bu zaten çözülmüş bir problemdir”

Biraz konu dışına çıkıyorum. Düşüncelerin nerede bulunduğunu merak ediyorum. Bir de yeni fiziğin tartışmalı sorunun şartlarını biraz değiştirip değiştirmeyeceğini...

1. Basit madde mi?

“So, however mysterious the mind-body problem may be for us, we should always remember that it is a solved problem for nature”.^{*121}

Ara sıra internette “kuantum” adının arkasına saklanan yığınla aptallığı büyük üzüntüyle okuyarak veya dinleyerek birkaç saat geçiriyorum. Kuantum tıbbı, her türlü holistik kuram, gizem eğilimli kuantum spiritüalizmleri vb. inanılmaz bir saçmalık geçidi.

En kötülerini tıpla ilgili olanlar. Bazen telaşlı bir e-posta alırım: “Kız kardeşim bir kuantum doktoruna tedavi oluyor, siz ne düşünüyorsunuz profesör?” Dünyanın tüm kötülüklerini düşünürüm, kız kardeşinizi mümkün olduğunca en kısa zamanda kurtarmaya çalışın.

* (İng.) Dolayısıyla, zihin-beden problemi bizim için ne kadar gizemli olursa olsun, bunun doğa için çözülmüş bir problem olduğunu hep hatırlamalıyız. (Ç.N.)

Tıp söz konusu olduğunda hukukun devreye girmesi gerekir. Herkesin istediği gibi tedavi olmaya hakkı vardır ama kimsenin bir sonraki hastayı onun yaşamına mal olabilecek şarlatanlıklarla kandırmaya hakkı yoktur.

Birileri bana şöyle yazıyor: “Sanki bu ânı daha önce yaşamış gibiyim, bu bir kuantum etkisi midir profesör?” Hay Allah, hayır! Belleğimizin ve düşüncelerimizin karmaşıklığının kuantumlarla ne ilgisi var? Hiç ama hiçbir ilgisi yok! Kuantum mekaniğinin doğaüstü olaylarla, alternatif tıpla, bizi taşıyan dalgalarla ve gizemli titreşimlerle hiçbir ilişkisi yoktur.

Tanrı aşkına, iyi titreşimlere bayılırım. Benim de kırmızı bir saç bandıyla tutturulmuş uzun saçlarım vardı, gençken de Allen Ginsberg’ün yanı başında bağdaş kurup OM diye mırıldanmıştım. Ama bizimle evren arasındaki duygusal ilişkinin hassas karmaşıklığının kuantum kuramının ψ dalgalarıyla olan ilişkisi Bach’ın bir kantatının arabamın karbüratörüyle olan ilişkisi kadardır.

Bizler Bach’ın müziğinin büyüsunü, iyi titreşimleri ve derin manevi yaşantımızı açıklamaya çabalarken dünya yeterince karmaşa sunuyor, ayrıca kuantumların tuhaflıklarına başvurmaya gerek yoktur.

Ya da isterseniz, tam tersine, kuantumların gerçekliği psikolojik gerçekliğimizin ve manevi yaşamımızın tüm hassas, gizemli, harika, çapraşık yönlerinden çok *daha* tuhaftır da diyebiliriz. Ayrıca zihnin işleyişi gibi pek anlamadığımız karmaşık olguları açıklamak için kuantum mekaniğini kullanma denemelerini de hiç ikna edici bulmuyorum.



Yine de doğrudan gündelik deneyimimize uzak olmasına karşın, dünyanın kuantum nitelikli doğasının keşfi, tam da zihnin doğası gibi çözülmemiş büyük problemler için *herhangi* bir öneme sahip olmamak için fazla radikaldir. Zihnin veya henüz pek az anladığımız başka olguların kuantum nitelikli olgular olması nedeniyle

değil, kuantumların keşfinin sorunun çerçevesini değiştirdiği için, fiziksel dünyaya ve maddeye ilişkin görüşümüzü değiştirdiği için...

Bu kitabın temel aldığı inanç, biz insanların doğanın parçası olduğumuz düşüncesidir. Hiçbiri bildiğimiz büyük doğa yasalarından kaçamayan sayısız olgular içinde özel bir durumuz. Ama şu soruyu kendine hiç sormamış kimse var mıdır: Eğer dünya basit maddeden, uzayda hareket halindeki parçacıklardan meydana geliyorsa düşüncelerim, algılarım, öznelliğim, değer, güzellik, anlam nasıl var olabiliyor?” “Basit madde” renkleri, duyguları, sahip olduğum canlı ve yakıcı duyumu nasıl üretiyor? Bilmeyi ve öğrenmeyi, duygulanmayı, hayran kalmayı, bir kitap okumayı ve sonunda maddenin kendisinin nasıl işlediğinin merak etmeyi nasıl başarıyor?

Kuantum mekaniği bu sorulara doğrudan yanıtlar vermez. Öznellik, algılar, zekâ, bilinç veya zihinsel yaşamın başka yönleri için kuantum temelinde hiçbir açıklama görmüyorum. Kuantum nitelikli olgular bizim bedenimizi oluşturan atomların, fotonların, elektromanyetik darbelerin ve daha pek çok mikroskobik yapının dinamiğinde işin içine girer ama düşüncelerin, algıların ve öznelğin ne olduğunu anlamamıza yardım edecek, özel olarak kuantumla ilgili hiçbir şey yoktur. Bunlar beynin büyük ölçeklerde işleyişiyle ilişkili yönlerdir; yani tam da kuantum girişiminin karmaşıklığının gürültüsü içinde kaybolduğu yerde. Kuantum kuramı zihni anlamak için doğrudan yardımcı olmaz.

Bununla birlikte *dolaylı olarak* bize konuyla ilgili anlamlı bir şey öğretir çünkü sorunun çerçevesini değiştirir.

Bize, akıl karışıklığının, yalnızca (içgüdülerimizin kesinlikle yanıltıcı olduğu) bilincin doğası hakkında değil, aynı zamanda kritik biçimde “basit madde”nin ne olduğu ve nasıl çalıştığı hakkında sahip olduğumuz yanlış içgüdülerden de kaynaklandığını öğretir.

Biz insanların nasıl *yalnızca* birbirlerinin üstüne sıçrayan küçük çakıltaşlarından meydana geldiğimizi hayal etmek zordur. Ama yakından bakıldığında bir taş engin bir dünyadır: Olasılıkların ve etkileşimlerin dalgalandığı pırıl pırıl kuantum varlıklardan oluşan bir gökadedir. Öte yandan, “taş” dediğimiz şey, bizler ile o noktasal gö-

reli fiziksel olaylar gökadası arasındaki etkileşimin çağrıştırdığı düşüncelerimizdeki anlamların bir katmanlaşmasıdır. “Basit madde” karmaşık katmanlara ayrılır ve bir anda bize daha az basitmiş gibi gelir. Basit madde ile ruhumuzun gözden kaybolan çözülüşü arasındaki uçurum belki de biraz daha aşılabilir görünür.

Dünyanın ince taneciği yalnızca kütlesi ve hareketi olan madde parçacıklarından oluşuyorsa, bu biçimsiz tanecikten algılayan ve düşünen bizi, bu karmaşıklığı meydana getirmek zor görünür. Ama dünyanın ince taneciği ilişkiler bağlamında daha iyi tanımlanıyorsa, hiçbir şey başkalarıyla ilişki içinde olmadığı zaman özelliklere sahip olmuyorsa, belki algılarımız ve bilincimiz dediğimiz o karmaşık olguları dayandırmak için anlaşılabilir bir biçimde bir araya getirilebilecek unsurları *bu* fizik içinde daha iyi bulabiliriz.



Birileri her şeyde psişik bir şey olduğunu öne sürmüştü. Biz bilinçli olduğumuz ve protonlardan ve elektronlardan meydana geldiğimiz için sonuçta elektronların ve protonların da bir tür ön-bilince sahip olmaları gerektiği iddia edilir.

Ben bu tür bir “panpsişizm”i ve buna benzer bir iddiayı ikna edici bulmuyorum. Bu, bir bisiklet atomlardan meydana geldiği için, sonuçta her bir atomun proto-bisiklet nitelikli olmasını söylemeye benzer. Zihinsel yaşamımız, nöronların, duyu organlarının, bedenimizin, beynimizde gerçekleşen karmaşık bilgi işleme etkinliğinin var olmasını gerektirir: Tüm bunlar olmadan zihinsel yaşamımızın var olmadığı kesindir.

Bununla birlikte, basit maddenin donukluğunu aşmak için temel parçacıklara bir ön-bilinç özelliği vermeye gerek yoktur. Dünyanın, görelî değişkenler ve bunların bağlantıları tarafından nasıl daha iyi açıklandığını gözlemlemiş olmak yeterlidir. Bu belki bizim maddenin nesnelliği ile zihinsel yaşam arasındaki radikal zıtlışmanın zindanından çıkmamıza yardım edebilir. Zihinsel dünya ile fiziksel dünya arasındaki katı ayrım yumuşar. Zihinsel olgular ile fi-

ziksel olguların her ikisini de doğal olgular olarak görmeyi deneyebiliriz; her ikisi de fiziksel dünyanın parçaları arasındaki etkileşimlerden oluşur.

Sonuç bölümünden önceki bu son bölümde zorluklar barındıran bu yöne doğru alçak sesle bazı öneriler sunmayı deneyeceğim.

2. “Anlam” ne anlama gelir?

Biz insansı hayvanlar bir anlamlar dünyasında yaşarız. Dilin sözcükleri “anlam ifade eder”. “Kedi” kedi anlamına gelir. Düşüncelerimiz “anlam ifade eder”: Beynimizde gerçekleşirler ama bir kaplan düşündüğümüzde beynimizde olmayan bir şeye göndermede bulunuruz – kaplan dünyada yer alabilir. Sen, okuyucu bu kitabı okuyorsan, bir kâğıt veya ekran üstündeki beyaz ve siyah çizgilerden oluşan imgeleri görürsün. “Görmek” beyninde gerçekleşen bir şeydir, oysa çizgileri kendi “dışında” görürsün. Beyninde kâğıt üstündeki çizgilere ilişkin bir süreç gerçekleşir. Bunların da bir anlamı vardır: Yazar-ken, okumakta olan hayalî senle ilgili düşüncelerimle ilgilidirler...

Zihinsel süreçlerimizin “bir şeye ilişkin olma”sının teknik terimi (Alman felsefeci ve psikolog Franz Brentano’nun ortaya attığı) “yönelmişlik”tir [*Intentionalität*]. Yönelmişlik anlam kavramının ve zihinsel yaşamımızın büyük bölümünün önemli bir yönüdür. Düşüncelerimizde ne olup bittiği ile bir anlamda düşüncelerin “dışında” neler olup bittiği ve düşüncelerin anlam *ifade edebilmesi* arasında sıkı bir ilişki vardır. “Kedi” sözcüğü ile bir kedi arasında yakın bir ilişki vardır. Bir trafik levhasıyla levhanın *ne anlama geldiği* arasında da...

Doğal dünyada bunların hiçbirisi yokmuş gibi görünüyor. Bir fiziksel olay kendi başına hiçbir anlam ifade etmez. Bir kuyruklu yıldız Newton yasalarına uygun biçimde yolculuk eder ama trafik levhalarını okumaz.

Doğanın bir parçasıysak, bu anlamlar dünyası fiziksel dünyadan ortaya çıkabilir olmalıdır. Nasıl? Salt fiziksel bağlamda anlamlar dünyası nedir?

İki kavram, her ne kadar hiçbirini tek başına fiziksel bağlamda anlamın ne olduğunu anlamaya yetmese de, bizi bir yanıtla yaklaştıır: *Bilgi ve evrim*.



Shannon'ın bilgi kuramında *bilgi*, yalnızca bir şeyin olası durumlarının sayısıdır. Bir USB bellek, bize belleğinin kaç farklı biçimde düzenlenebileceğini söyleyen bit veya gigabayt olarak ifade edilen bir miktarda bilgi taşır. Bitlerin sayısı bellekteki şeyin ne anlama geldiğini bilmediği gibi bellektekinin bir anlamı olup olmadığını veya gürültü olup olmadığını da bilmez.

Shannon ayrıca, önceki bölümlerde iki değişken arasındaki fiziksel *korelasyonun* bir ölçüsü olarak kullandığım “görelî bilgi” kavramını da tanımlar. Hatırlatayım, iki değişken, her birinin bulunabileceği durumların sayısının çarpımından daha az sayıda durumda bulunabiliyorsa “görelî bilgi”ye sahiptir. Aynı sert plastik levhaya yapıştırılmış iki bozuk paranın yönü arasında korelasyon vardır; iki bozuk para “birbirinin yüzü hakkında bilgiye sahiptir”.

Bu “görelî bilgi” kavramı tamamen fizikseldir. Aynı zamanda, kuantum nitelikli yapısını göz önünde tutarsak, fiziksel dünyanın betimlenmesi için de esastır: Görelî bilgi, dünyanın dokusunu ören etkileşimlerin doğrudan sonucudur. Bilgi, anlamın yaptığı gibi iki farklı şeyi birbirine bağlar. Ama anlamın ne olduğunu fiziksel açıdan anlamamız yeterli değildir; dünya korelasyonlarla kaynar ama bunların büyük bölümü hiçbir *anlam* ifade etmez. Anlamın ne olduğunu anlamak için bir şeyler eksiktir.

Öte yandan, biyolojik *evrimin* keşfi, canlı şeylerden söz ederken kullandığımız kavramlar ile doğanın geri kalanı için kullandıklarımız arasında köprüler kurabilmemizi sağlamıştır. Özellikle biyolojik kökeni ve son fiziksel tahlilde “fayda” ve “işe yarama, ilişkili ve anlamlı olma” gibi kavramları açıklığa kavuşturmuştur.

Biyosfer yaşamın sürmesi için “faydalı” yapılardan ve süreçlerden meydana gelir: Nefes almak *için* akciğerlerimiz, görmek *için* göz-

lerimiz vardır. Darwin'in keşfi bu yapıların neden var olduklarını, işe yarar olmaları ile var olmaları arasındaki neden-sonuç ilişkisini tersine çevirerek anlamamızdır: İşlev (görmek, yemek, nefes almak, sindirmek... yaşama katkıda bulunmak) yapıların *amacı* değildir. Tersidir: Canlılar bu yapılar var olduğu *için* hayatta kalır. Yaşamak için sevmeyiz; sevdiğimiz için yaşarız.

Yaşam yeryüzüne yayılan ve gezegeni dolduran güneş ışığı selinin taşıdığı bolca serbest enerjiyi (düşük entropiyi) harcayan biyokimyasal bir süreçtir. Çevrelerinde zaman içinde kalıcı olan dinamik dengeleri koruyarak kendi kendilerini düzenleyen yapılardan ve süreçlerden oluşan şeylerle etkileşimde bulunan bireylerden meydana gelir. Ama yapılar ve süreçler organizmaların hayatta kalmaları ve üremeleri *için* orada bulunmaz. Tersî geçerlidir: Canlı organizmalar hayatta kalır ve ürer *çünkü* adım adım hayatta kalan ve üreyen bu yapıları geliştirmiştir. Ürerler ve Dünya'yı kaplarlar *çünkü* işlevseldir.

Bu düşünce Darwin'in enfes kitabında vurguladığı gibi en azından Empedokles'e kadar uzanır.¹²² Aristoteles *Fizik*'te yapıların, nesnelerin normal olarak kaynaşmasına bağlı olarak rasgele oluşmasının sonucu olduğunu öne sürdüğünü anlatır. Hayatta kalmaya yarayacak özelliklere sahip olanlar dışında bu yapıların büyük bölümü kısa sürede ortadan kalkar; bunlar canlı organizmalardır.¹²³ Aristoteles iyi yapılanmış buzağların doğduğunu gördüğümüzü söyleyerek itiraz eder; farklı biçimde doğanları ve yalnızca uygun olanların hayatta kaldıklarını görmeyiz.¹²⁴ Ama bugün, bireylerden türlere kaydırıldığında ve kalıtım ve genetik hakkında öğrendiklerimizle zenginleştirildiğinde Empedokles'in düşüncesinin temelde doğru olduğu ortaya çıkmıştır.

Darwin, biyolojik yapıların uçsuz bucaksız olasılık evrenini araştırmaya devam etmeye izin veren değişkenliğinin ve *birlikte* daha da kalıcı olabilen yapıların ve süreçlerin bulunduğu bu evrenin git-tikçe daha geniş bölgelerine ulaşmaya izin veren doğal seçilimin büyük önemini açıklığa kavuşturmuştur. Moleküler biyoloji bunun gerçekleşmesini sağlayan somut mekanizmayı açıklar.

Beni bu noktada ilgilendiren şey, tüm bunları anlamış olmanın “fayda” ve “konuyla ilgili olma” kavramlarını anlamsızlaştırmamasıdır. Aksine, kökenlerini, fiziksel dünyada nasıl kökleşmiş olduklarını ortaya koyar: Hayatta kalmayı *gerçekten* sağlayan şey bu doğal olguların özellikleridir.

Bunlar güzel düşüncelerdir ama bunlar bile bize doğal dünyada “anlam” kavramının nasıl ortaya çıkabildiğini açıklamaz. “Anlam”ın değişkenliğe ve seçilime ilişkili görünmeyen kasıtlı çağrışımları vardır. “Anlam”ın anlamı başka bir şeye dayanmalıdır.



Oysa bu iki düşünce, bilgi ve evrim birleştiğinde küçük bir mucize gerçekleşir.

Bilgi biyolojide çeşitli roller oynar. Yapılar ve süreçler milyonlarca, bazen de milyarlarca yıl boyunca, yalnızca evrimin yavaş akıntısının değiştirdiği, kendilerine özdeş biçimde ürer. Bu değişmezliğin temel aracı atalarına büyük ölçüde benzer kalmayı sürdüren DNA molekülleridir. Bunun sonucu da çok uzun zamanlar boyunca *korelasyonların* yani *görelî bilginin* var olmasıdır. DNA molekülleri bilgiyi şifreler ve aktarır. Bilginin bu değişmezliği belki de canlı maddenin tipik özelliğidir.

Bununla birlikte bilginin biyoloji açısından önemli bir başka yönü daha vardır: Bir organizmanın içi ile dışı arasındaki korelasyonlar çerçevesinde. Bu korelasyonların büyük bölümünün organizma için bir önemi yoktur. Beynimdeki bir molekülün durumu, soğurulmuş kozmik bir ışınla uzaktaki bir yıldızla bağıntılıdır; bu korelasyon benim yaşamım için önemli değildir. Buna karşın, yukarıda değinildiği gibi, Darwin kuramının, önemi ve işe yaramayı tanımlamaya izin verdiği anlamda yaşam için önemli, işe yarar bağıntılar da vardır: Hayatta kalmayı ve üremeyi desteklerler.

Üstüme düşmekte olan bir taş görüyorum.¹²⁵ Kenara çekilirsem hayatta kalırım. Kenara çekilmemde gizemli bir şey yoktur, Darwin kuramınca açıklanmıştır: Kenara çekilmeyenler ezilerek ölmüştür,

ben kenara çekilenlerin soyundan geliyorum. Ama kenara çekilebilmem için bedenimin taşın üstüne geldiğini bir şekilde bilmesi gerekir. Bilmesi için benim içimdeki bir fiziksel değişken ile taşın fiziksel durumu arasında fiziksel bir *korelasyonun* olması gerekir. Böyle bir korelasyonun var olduğu çok açıktır çünkü görme sistemi tam da bunu yapar: Çevredeki ortam ile beyindeki sinirsel süreçler arasında bağıntı kurar. Dışarı ile içeri arasında her türden bağıntı bulunur ama *bunun* ayırt edici bir özelliği vardır: Olmasaydı ya da uygun olmasaydı taş beni öldürürdü. Dışarı ile içeri arasında taşın durumunu beynimin nöronlarına bağlayan korelasyon Darwin’ci anlamda doğrudan *işe yarar* niteliktedir, önemlidir: Varlığı veya yokluğu benim hayatta kalmamı etkiler.

Bir bakterinin beslendiği glikoz düzeylerini belirleyebilen bir hücre duvarı, onun yüzmesini sağlayan silyaları ve onu daha çok glikozun olduğu yere yönelten biyokimyasal bir mekanizması vardır. Hücre duvarının biyokimyası glikoz dağılımı ile içerideki biyokimyasal durum arasında bir korelasyon saptar, bu da bakterinin yüzeceği yönü belirler. Korelasyon *işe yarar* niteliktedir: Kesilirse besinsiz kalan bakterinin hayatta kalma olasılığı azalır. Bu, hayatta kalmak açısından değeri olan bir korelasyondur.

İşe yarayan böyle korelasyonların var olması, anlam kavramının olası fiziksel kaynağına işaret eder: İşe yarayan, önemli görelî bilgi. Shannon’ın kullandığı (fiziksel) anlamda görelî bilgi, Darwin’in kullandığı (biyolojik, dolayısıyla son tahlilde yine fiziksel) anlamda *işe yarar* bilgi... Bu, şeker yoğunluğu hakkındaki bilgisinin bakteri için *anlamı* olduğunu söyleyebileceğimiz kesin bir anlamdır. Veya beynimdeki kaplan düşüncesi, yani ona karşılık gelen sinirsel yapılanma gerçekten kaplan *anlamına* gelir.

Bu tanımıyla *işe yarar* bilgi kavramı tamamen fizikseldir ama Brentano’nun kullandığı anlamda yönelimlidir. (İçerideki) bir şey ile (genellikle dışarıdaki) bir şey arasında bir bağlantıdır. Doğal olarak beraberinde bir “gerçeklik” veya “doğruluk” kavramı getirir: Her özel durumda bakterinin iç durumu glikoz yoğunluğunu doğru ya da hatalı olarak şifreler. Dolayısıyla “anlam”ı nitelendirmek için gerekli çok sayıda içerik vardır.

Açıkçası biz “anlam”dan genellikle hayatta kalmayla doğrudan ilgili olmayan çok çeşitli bağlamlar çerçevesinde söz ederiz. Bir şiir anlam doludur ama onu okumanın benim hayatta kalma veya üreme olasılığımıza bir faydası varmış gibi görünmez (belki bazıları yardımcı olur: Bir genç kız romantik ruhuma âşık olabilir...). Mantıkta, psikolojide, dilbilimde, etikte vb. “anlam” dediğimiz şeyin bütün yelpaze-si *doğrudan* ilgili bilgiye indirgenmez. Bununla birlikte, bu geniş yelpaze türümüzün biyolojik ve kültürel tarihi içinde, muazzam sinirsel, toplumsal, dilsel, kültürel vb. karmaşıklığımızın eklendiği fiziksel kökleri olan bir şeyden *başlayarak* gelişmiştir. Bu bir şey işe yarayan ilgili görelidir.

Bir başka ifadeyle, ilgili bilgi kavramı fizik ile zihinsel dünyadaki anlam arasındaki bütün bir zincir değil, zincirin zor olan ilk halkasıdır. Anlam kavramına karşılık gelen hiçbir şeyin olmadığı fiziksel dünya ile temel kuralları anlam ifade eden anlamlara ve sinyallere dayanan zihinsel dünya arasında atılan ilk adımdır. Bizi biz yapan eklemler ve bağlamlar –beyin ve onun kavramları yani anlamlı süreçleri işleme yetisi, duygusal bağlantıları, başkalarının zihinsel süreçleriyle ve geri dönerek kendi süreçleriyle bağıntı kurma yeteneği, dil, toplum, normlar vb.– eklendiğinde, anlamın daha eksiksiz, farklı kavramlarına gittikçe daha yaklaşan bir şey elde ederiz.

Fiziksel kavramlar ile anlamlar arasındaki ilk bağlantı bulunur bulunmaz, aslında gerisi kendi kendini tekrarlayarak gelir: *Doğrudan* ilgili bilgiye katkıda bulunan herhangi bir korelasyonun kendisi de anlamlıdır ve bu döngüsel biçimde tekrar ederek devam eder. Evrim besbelli tüm bunlardan yararlanmıştır. Doğacılık bağlamının dışına çıkmadan da yönelimlilikten söz edilebilir.

Bu görüşler, bir yandan neden anlamdan yalnızca biyolojik veya biyolojik kökenli süreçler bağlamında söz edilebileceğini açıklığa kavuşturur. Öte yandan anlam kavramının fiziksel dünyaya kök salmasını sağlarlar: Onun pek çok farklı yönünden biridir. Bize anlam kavramının doğal dünyanın dışında olmadığını gösterirler. Anlam bir şey ile bir başka şey arasında bir korelasyon kurar, fiziksel bir bağdır ve biyolojik bir rol oynar. Doğanın bir unsurundan, bir başka şeyin bizim için önemli olan simgesine dönüştüren şeydir.

Sonunda sadede geliyorum: Fiziksel dünyayı değişken özelliklerle olan basit madde çerçevesinde düşünürsek, bu özellikler arasındaki korelasyonlar yan unsurlardır. Görünüşe göre ondan söz etmek için madde dışında bir şey eklemek gerekir. Oysa gerçekliğin kuantum doğasının keşfi, fiziksel dünyanın doğasının da bir korelasyonlar ağı olarak, korelasyonun tam da fiziksel anlamında karşılıklı bilgi gibi anlaşılabilirliğinin keşfidir. Doğadaki şeyler her birinin kibirli bir bireycilikle kendi özelliğine sahip olduğu birbirlerinden ayrı öğeler kümesi değildir. Yukarıdaki gibi anlaşıldıkları biçimde anlam ve yönelimlilik yalnızca, biyolojik bağlamda, korelasyonların her zaman her yerde bulunmalarının özel örnekleridir. Zihinsel yaşamımızın anlamlar dünyası ile fiziksel dünya arasında süreklilik vardır. Her ikisi de ilişkilerdir.

Fiziksel dünyayı düşünme biçimimiz ile zihinsel dünyanın bu yönünü düşünme biçimimiz arasındaki uzaklık azalmaktadır.



Bir nesnenin başka bir nesne hakkında bilgiye sahip olması, bağlama bağlı olarak farklı anlamlara gelebilir. İki nesne arasında görelî bilginin var olması, iki nesneyi gözlemlediğimde korelasyonlar bulmam demektir: “Gökyüzünün bugünkü rengi hakkında senin bilgin var,” demek, sana gökyüzünün rengini sorup sonra göğe barksam bana dediğin şeyle gördüğüm şeyin aynı olduğu, yani seninle gökyüzü arasında korelasyon olduğu anlamına gelir. İki nesnenin (senin ve gökyüzünün) görelî bilgiye sahip olmaları son tahlilde üçüncü bir nesneyle (gözlemleyen benimle) ilişkili bir şeydir. Hatırlatayım, görelî bilgi, dolanıklık gibi üç kişilik bir danstır.

Buna karşın eğer bir nesne (sen) hesaplar yapmak ve öngörülerde bulunmak için yeterince karışık(n) (bir hayvan, bir insan, teknolojimizin yarattığı bir makine...) söz edilen anlamda “bilgi sahibi olma” durumu, *aynı zamanda* sonraki etkileşimlerin sonucu hakkında öngöründe bulunabilmek için kaynaklara sahip olmayı *da* beraberinde getirir: Gökyüzünün rengi hakkında bilgi sahibiyisen ve gözlerini kapatırsan, gözlerini açtığında gökyüzünün rengini daha ona

bakmadan öngörebilirsin. Gökyüzünün rengi hakkında “bilgi” sözcüğünden çok daha güçlü bir anlamda bilgi sahibisindir: Görmeden önce ne göreceğini bilirsin.

Başka bir ifadeyle, görelî bilginin temel kavramı, şimdi artık semantik değere sahip daha karmaşık tüm bilgi kavramlarının dayandığı fiziksel yapıdır.

Bunlar arasında bizim dünyanın bir parçası olarak, dünyanın geri kalanını araştırmamıza işaret eden bilgi kavramı vardır.

Bir dünya görüşü, bir dünya kuramı, tutarlı olabilmek için o dünyanın sakinlerinin o görüşe, o okumaya ulaştıkları yöntemleri gerekçelendirebilmeli ve hesabını verebilmelidir.

Sıklıkla naif materyalizmin zorlandığı nokta olarak görülen bu koşul, maddeyi etkileşimler ve korelasyonlar olarak yeniden düşündüğümüzde hemen yerine getirilir.

Benim dünyaya ilişkin bilgim anlamlı bilgiler yaratan etkileşimlerin sonucuna bir örnektir. Bu, dış dünya ile belleğim arasındaki bir korelasyondur. Gökyüzü maviyse belleğimde mavi bir gökyüzü imgesi vardır. Dolayısıyla gözlerimi kapatıp hemen yeniden açtığımda gökyüzünün rengini öngörmemi sağlayacak kaynaklara sahiptir. Bu açıdan semantik anlamda da gökyüzü hakkında bilgi sahibidir. Gökyüzünün mavi olmasının *ne anlama geldiğini* biliriz; gözlerimizi açarak bunun farkına varırız.

“Bilgi”nin IV. bölümün sonundaki kuantum mekaniği postulatlarında kullanılan anlamı budur.

“Bilgi” kavramına ikircikli özelliğini veren şey “bilgi”nin bu ikili anlamıdır. Dünyayı anlamak için sahip olduğumuz temel, bizimle dünya arasında, kullandığımız bir korelasyon olan dünyaya ilişkin sahip olduğumuz bilgidir.

3. İçeriden görülen dünya

Anlamlı bilgi kavramı fiziksel dünyayı zihinsel dünyanın bazı yönlerine bağlar ama bu iki dünya arasındaki uzaklık izlenimini or-

tadan kaldırmaz. Ama kuantum kuramının bizi zorladığı gerçekliğin radikal biçimde yeniden düşünülmesi sayesinde imdadımıza yetişen başka bir şey vardır.

Zihinsel dünya ile fiziksel dünya arasındaki uzaklık bize bazen sezgisel olarak netmiş gibi görünür ama tam olarak tarif edilmesi zordur. Zihinsel dünyamızın pek çok farklı yönü vardır: anlam, yönelimlilik, değerler, amaçlar, duygular, estetik duygusu, ahlak duygusu, matematiksel sezgi, algılar, yaratıcılık, bilinç... Zihnimiz pek çok şey yapar: Hatırlar, öngörür, düşünür, çıkarım yapar, duygulanır, öfkelenir, düş görür, umar, görür, kendini ifade eder, hayal kurar, tanır, bilir, var olmanın farkına varır... Her biri teker teker ele alındığında beynimizin birçok etkinliği yeteri kadar karmaşık bir fiziksel cihazın az çok kolaylıkla yerine getirebileceği şeyden pek de uzak görünmezler. Yine de bildiğimiz fizikten ortaya çıkamayacak bir şey de var mıdır?

David Chalmers, ünlü bir makalesinde bilinç problemini “kolay” problem ve “zor” problem olarak ikiye ayırdı (bunlar İtalyanca da da genellikle İngilizce olarak kullanılır: *The easy and the hard problems of consciousness*).¹²⁶ Chalmers’ın “kolay” dediği problem hiç de kolay değildir: Beynimiz nasıl çalışır, yani zihinsel yaşamımızla ilişkilendirdiğimiz çok çeşitli davranışların ortaya çıkmasını nasıl sağlar? “Zor” olarak tanımladığı problem, tüm bunlara eşlik eden öznel duyumun ne olduğunu anlamaktır.

Chalmers “kolay” problemin dünyanın güncel fiziksel kavrayış bağlamında çözülmesinin akla yatkın olduğunu düşünür ama aynı şeyi “zor” problem için yapma olasılığından kuşku duyar. Bu noktayı açıklığa kavuşturmak için bir “zombi” dediği, bir insanın (mikroskopla bile) gözlemlenebilecek tüm davranışların aynılarını gösterebilen, kısaca dışarıdan herhangi bir gözlemle insandan ayırt edilemeyen ama öznel deneyime sahip olmayan bir makine hayal etmemizi ister. Chalmers’ın dediği gibi “içinde kimsenin olmadığı” bir makine. Yalnızca bu olasılığın anlaşılması bile hisseden bir varlığı onun gözlemlenebilen her davranışını taklit eden varsayımsal bir zombiden ayıran “fazladan bir şey” olduğunu gösterir. Bu “fazladan şey”, Chalmers’a göre, öznel deneyimin güncel fiziksel dünya anlayışımız çerçevesinde açıklanmasının zorluğunu ortaya koyar.

Sinirbilimleri duyuların, belleğin nasıl çalıştığını, beynin mekân içinde kendi konumunu saptama yeteneğini, dilin üretilmesini, duyguların oluşumunu, bunların rolünü vb. anlamak doğrultusunda önemli adımlar atıyor. Tüm bunlar ve başka şeyler muhtemelen aydınlığa kavuşacak. Karanlıkta kalacak bir şey olacak mı? Chalmers öyle olduğunu savunuyor çünkü ona göre “zor problem” beyindeki etkinliklerin nasıl işlediğini anlamak değil, bu etkinliklere onlar gerçekleşmekteyken bizim hissettiğimiz bunlara karşılık gelen öznel duyumun neden eşlik ettiğini anlamaktır. Başka bir deyişle, zihinsel dünyamız ile fiziksel dünya arasındaki ilişkiyi anlamak için fiziksel dünyayı dışarıdan betimlerken beyin/zihin etkinliklerini ilk elden deneyimleriz.

Dünyanın kuantumların bizi zorladığı yönde yeniden düşünülmesi konunun koşullarını değiştirir. Eğer dünya ilişkilerden ibaretse, fiziksel gerçekliği fiziksel sistemlere kendini gösteren olgular çerçevesinden anlıyorsak, o zaman dünyanın dışarıdan betimlenmesi söz konusu değildir. Dünyanın olası betimlemelerinin *hepsi*, son tahlilde onun içinden yapılıdır. Tümü, son tahlilde “birinci şahıs” tanımlamalarıdır. Dünyaya ilişkin görüşümüz, dünyanın içinde yer alan varlıklara yönelik bakış açımız (Jenann Ismael’in öne sürdüğü gibi *situated self* [konumlanmış benlik])¹⁴ özel bir şey değildir; fiziğin bize önerdiği mantığın aynısına dayanır.

Nesnelerin bütünselliğini hayal etmemiz durumunda evrenin *dışında* olduğumuzu ve “oradan” baktığımızı hayal ederiz. Ama nesnelerin bütünselliğinin bir “dışı” yoktur. Dışarıdan bakış açısı, var olmayan bir bakış açısidir.¹²⁸ Dünya her zaman içinden betimlenir; yalnızca dünyanın içinden birbirlerini yansıtan kısmi bakış açıları vardır. Dünya bakış açılarının bu karşılıklı yansımasından *ibarettir*.

Kuantum fiziği bunun zaten cansız şeyler için gerçekleştiğini gösterir. Bir nesneye ait özelliklerin toplamı bir bakış açısı oluşturur. Her bir bakış açısından bir soyutlama yaparsak olayların bütünselliğini yeniden oluşturmayız; kendimizi yeniden olayların olmadığı bir dünyada buluruz çünkü olaylar yalnızca görelî olaylardır. Bu tam da kuantum mekaniğinin Çoklu Evrenler yorumunun karşılaştığı güç-

lütür: Dünyanın dışında bir gözlemcinin evrenle etkileşime girmesi durumunda ne bulmayı beklemesi gerektiğini betimler ama evren dışında olan gözlemciler yoktur, dolayısıyla evrendeki olayları betimlemez.

Thomas Nagel ünlü bir makalede¹²⁹ “Yarasa olmak nasıl bir şeydir?” sorusunu ortaya atarak böyle soruların iyi sorulmuş olduklarını ama doğabilimlerinin çerçevesinden kaçtığını savunur. Buradaki yanlış, fiziğin nesnelerin üçüncü kişi açısından betimlenmesi olduğunu varsaymaktır. Doğrusu bunun tersidir: İlişkisel bakış açısı fiziğin gerçekliğin her zaman birinci kişi açısından, bir bakış açısından betimlenmesidir. Herhangi bir betimleme özü itibarıyla dünyanın içinden, fiziksel bir sistemle ilişkili olarak yapılır.



Zihnin doğası hakkındaki düşünceler genellikle yalnızca üç seçenekle sınırlanır: Düalizme [ikicilik] göre zihnin gerçekliği cansız şeylerinkinden tamamen farklıdır; idealizme göre maddi gerçeklik yalnızca zihinde var olur, naif materyalizme göre de tüm zihinsel olguların kökeninde maddenin hareketi vardır. Düalizm ve idealizm dünya hakkında son yüzyıllarda öğrendiklerimizle, özellikle de biz duyarlı varlıkların diğerleri gibi doğanın bir parçası olduğumuzun anlaşılmasıyla bağdaşmaz. Bizler dahil olmak üzere, bildiğimiz her şeyin, zaten bilinen doğa yasalarına uyduğu konusunda sürekli artan kanıtlarla uyuşmazlar. Öte yandan, naif materyalizmin de öznel deneyimin gerçekliğiyle uzlaşması sezgisel olarak zor görünüyor.

Ama bunlardan başka seçenekler de vardır. Bir nesnenin nitelikleri başka bir şeyle etkileşimden doğuyorsa, zihinsel olgular ile fiziksel olgular arasındaki fark büyük ölçüde azalır. Gerek fiziksel değişkenler, gerek zihin felsefecilerinin *qualia* adını verdiği “kırmızı görüyorum” gibi temel zihinsel olgular, şu ya da bu derece karmaşık doğal olgular olabilir.

Öznellik fizikle karşılaştırıldığında niteliksel bir sıçrama değildir; karmaşıklıkta bir artış gerektirir (Bogdanov herhalde “örgütlen-

mede” artış derdi) ama daha en temel düzeyden başlayarak bakış açılarından meydana gelen bir dünyada.

Dolayısıyla bana öyle geliyor ki “ben” ile “madde” arasındaki ilişkiyi sorguladığımızda her ikisi de karıştırılmış olan iki kavram kullanıyoruz, bilincin doğasıyla ilgili sorular çevresindeki akıl karışıklığının kökeni de budur.

Hissetme duygusunu deneyimleyen “ben”, birleşmiş zihinsel süreçlerimizin toplamı değilse nedir? Elbette kendimizi düşündüğümüzde bir birlik, bütünlük sezgimiz vardır ama bu, bedenimiz ile bilinçli dediğimiz bölümünün her şeyi sırayla teker teker yaptığı zihinsel süreçlerin işleme biçimi birleştirilerek kolayca doğrulanır. Problemin ilk terimi olan “ben” sanırım, yanlış bir metafiziğin artığıdır; bir süreç ile bir varlığı birbirine karıştırmak gibi yaygın bir hatanın sonucudur. Mach itiraz kabul etmez: *Das Ich ist unrettbar*, “ben” kurtarılamaz. Zihinsel süreçlerini çözdükten sonra bilincin ne olduğunu merak etmek, fiziğini anladıktan sonra bir fırtınanın ne olduğunu merak etmek gibidir; anlamsız bir sorudur. Duyumlara “sahip” olan bir şey eklemek, fırtına olgusuna Zeus’u eklemeye benzer. Fırtınanın fiziğini anladıktan sonra geriye hâlâ, Chalmers’ın ifadesiyle, onu Zeus’un öfkesiyle birleştirmek gibi “zor problem” kalır demek gibidir.

“Ben” denen bağımsız bir varlık sezgisine sahip olduğumuz doğrudur. Ama yine bu nedenle fırtınaların nedeninin Zeus olduğuna, Dünya’nın düz olduğuna dair de “sezgimiz” vardı. Etkili bir dünya anlayışını sorgulanamaz “sezgiler” temeline oturtamayız. İçerik, zihnin doğasıyla ilgileniyorsak en kötü araştırma yöntemidir: En kökleşmiş önyargılarımızı aramaya çıkmak ve onların içinde debelenmektir.

Bununla birlikte sorunun ikinci terimi “basit madde” daha da büyük ölçüde yanlış bir metafiziğin, yalnızca kütle ve hareketle tanımlanan evrensel bir öz gibi çok naif bir madde anlayışına dayanan bir metafiziğin artığıdır. Hatalı bir metafiziktir çünkü kuantum fiziğiyle doğru olmadığı ortaya çıkmıştır.

Süreçler, olaylar, *görelî* özellikler, bir ilişkiler dünyası üzerinden

düşünürsek fiziksel olgular ile zihinsel olgular arasındaki boşluk çok daha az belirgin olur. Her ikisini de karmaşık etkileşim yapılarının meydana getirdiği doğal olgular olarak görebiliriz.



Dünya hakkındaki bilgimiz, aralarında şu veya bu ölçüde bağlantı olan farklı bilim dallarına ayrılmıştır. Bilgimizin bileşenleri arasındaki bu ilişkide fizik, kuantumların kısmen boşalttığı, kısmen zenginleştirdiği bir rol oynar. 18. yüzyıl mekanikçiliğinin her şeyin temelindeki ana maddeyi açıklığa kavuşturma iddiası silinip gitmiştir; diğer taraftan belki huzursuzluk verici olsa da gerçekliğin temel kurallarının dünya hakkında daha tutarlı ve daha net biçimde düşünmemize izin veren daha zengin ve daha incelikli bir anlayış gelişmiştir.

Dünya en temel fiziksel düzeyde bir karşılıklı bilgi ağıdır. Darwin'ci mekanikçilik bağlamında anlam kazanan bilginin bizim için anlamı vardır. *Ὁ κόσμος ἀλλοίωσις, ὁ βίος ὑπόληψις*. Evren değişimdir, yaşam kanıdır, der Demokritos'un 115. fragmanı. Evren etkiləşimdir, yaşam görelî bilgiyi düzenler. Biz, bugün anladığımız kadarıyla gerçekliğı meydana getiren ilişki ağının zarif ve karmaşık danteliyiz.

Bir ormana uzaktan bakarsam koyu yeşil bir kadife görürüm. Yaklaştıkça o kadife, ağaç gövdelerine, dallara, yapraklara dönüşür. Ağaçların kabukları, yosunlar, böcekler karmaşıklıkla dolup taşar. Her uğurböceğinin her bir gözünde, onu yaşamaya yönelten nöronlara bağlı son derece gelişmiş bir hücre yapısı vardır. Her hücre bir kenttir, her protein atomlardan oluşan bir şatodur; her atomun çekirdeğinde bir kuantum dinamiğı cehennemi çalkalanır, kuarklar ve gluonlar, kuantum alanlarının uyarımları girdaplar yaratır. Oysa bu yalnızca, göz kamaştırıcı kozmik olaylarla bezenmiş bir trilyon gökada arasından birinin yüz milyar yıldızının küçük bir yıldızının yörüngesinde dönen küçük bir gezegenin küçük bir korusudur. Evrenin herhangi bir köşesinde gerçeklik katmanlarının baş döndürücü kuyularını buluruz.

Bu katmanlarda her bir katmanın tutarlı bir imgesini oluşturmamızı sağlayan, hakkında bizim için önemli, işe yarar bilgiler topladığımız düzenler görmeyi başardık. Bunların her biri yaklaşık bir kestirimdir. Gerçeklik farklı düzeylere ayrılmaz. Onu ayrıştırdığımız düzeyler, onu böldüğümüz cisimler, doğanın içimizde, beynimizdeki kavramlar dediğimiz fiziksel olayların dinamik yapılarında bağıntı kurma yollarıdır.

Temel fizik istisna yapmaz. Doğa her zaman kendi basit yasalarına uyar ama nesnelerin karmaşıklığı genel yasaları ilgisiz kılar. Kız arkadaşımın Maxwell denklemlerine uyduğunu bilmek onu mutlu etmeme yardımcı olmaz. Bir motorun nasıl çalıştığını öğrenmek için temel parçacıkları arasındaki çekirdeksel kuvvetleri göz ardı etmek daha iyidir. Bilgi birikimlerinin özerkliği doğrudan dünya anlayışı düzeylerinin özerkliği ve bağımsızlığı vardır. Bu anlamda, temel fizik bir fizikçinin düşünmeye bayıldığından çok daha yararsızdır.

Ama ortada gerçek çatlaklar yoktur: Kimyanın temelleri fizikle, biyokimyanın temelleri kimyayla, biyolojinin temelleri biyokimyayla anlaşılabilir ve böyle devam eder gider. Bazı ayrımları iyi, bazılarını daha az anlarız. Çatlaklar anlayışımızdaki boşluklardır. Anlam kavramının fiziksel temelleri hakkındaki sorunun anlamı budur.

İlişkisel bakış açısı bizi özne/nesne, madde/ruh ikiliklerinden ve gerçeklik/düşünce veya beyin/bilinç ikiliğinin görünürdeki indirgenemezliğinden uzaklaştırır. Bedenimizde gerçekleşen süreçleri ve onların dış dünyayla ilişkilerini çözmeyi başarırsak, geriye anlaşılması gereken ne kalır? Bu süreçler bedenimizi ve dışarıyı kapsar, bunlar bedenimiz ile çevre arasındaki tepkiler ve korelasyon oluşumlarıdır. Dışarıyla bedenimizin içi (ve kendi içiyle içi) arasındaki süreçlerdir. Bilincimizin fenomenolojisi, nöronlarımız tarafından taşınan sinyallerin içerdiği ilgili bilgilerin sonsuz aynalar oyununda bu süreçlerin kendilerine verdikleri addan başka ne olabilir?

Bu, elbette zihnin nasıl çalıştığını anlama sorununu çözmez. Geriye Chalmers'ın "kolay" dediği hiç de kolay olmayan, hiç de çözülmemiş problem kalıyor. Ama bilinen doğa yasalarının dışına çıkmadan onun hakkında daha çok şey anlıyoruz. Bilinen zihinsel yaşa-

mımızda doğa yasaları bağlamında anlaşılır olmayan bir şeyler olması gerektiğinden kuşkulanan için de bir neden yok.

Zihinsel yaşamımızı bilinen doğa yasalarına dayanarak anlama olasılığına karşı yönelik itirazlar, yakından bakıldığında, destekleyici unsurlardan yoksun olarak sezgilere dayanan, genel kapsamlı bir “bana mantıksız geliyor” ifadesinin tekrarına indirgenir.* Bir de ölümden sonra canlı kalmaya devam eden maddi olmayan muğlak bir özden meydana gelmiş olmanın hüznünlü umuduna, hiç de akla yatkın olmamanın ötesinde (işte mantıklı olmayan budur) korkunç bulduğum bir bakış açısına...

Amerikalı felsefeci Erik Banks’in bu bölümün başındaki alıntıda yazdığı gibi, “Zihin-beden problemi bizim için ne kadar gizemli olursa olsun, bunun doğa için çözülmüş bir problem olduğunu hep hatırlamalıyız. Bizim tek yapmamız gereken şey bunu nasıl başardığını anlamaktır.”

* Bu tutumun bir örneği Thomas Nagel’in *Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature is Almost Certainly False* (Oxford University Press, Oxford, 2012) başlıklı kitabıdır: Kitap takıntılı biçimde “olası görünmüyor, olası görünmüyor” ifadesini tekrar edip duruyor ama dikkatli bir okuma, yazarın da ifade ettiği bariz bilgisizlik, doğabilimlerine yönelik anlayış kısıtlılığı ve ilgisizlik dışında bu savı destekleyecek hiçbir gerçek delil sunmaz.

VII

**Sonuçlanmamış bir öyküyü sonuçlandırmaya
çalışıyorum.**

Ama bu gerçekten mümkün mü?

*You do look, my son, in a moved sort,
As if you were dismay'd: be cheerful, sir.
Our revels now are ended. These our actors,
As I foretold you, were all spirits, and
Are melted into air, into thin air:
And, like the baseless fabric of this vision,
The cloud-capp'd towers, the gorgeous palaces,
The solemn temples, the great globe itself,
Yea, all which it inherit, shall dissolve,
And, like this insubstantial pageant faded,
Leave not a rack behind. We are such stuff
As dreams are made on; and our little life
Is rounded with a sleep.*

Sinirbilimlerindeki son gelişmelerin en büyüleyicilerinden biri görme sistemimize ilişkindir: Nasıl görebiliyoruz? Bir bakışta önümüzdeki şeyin bir kitap mı, bir kedi mi olduğunu nasıl bilebiliyoruz?

Duyu organlarının gözümüzün retinasına ulaşan ışığı saptadığını ve onu nöron gruplarının bilgiyi sonunda nesneleri yorumladığını ve ne olduklarını belirlediği gittikçe daha karmaşık biçimde işlediği beynimizin içine hızla giden sinyallere dönüştürdüğünü düşünmek doğal görünebilir. Nöronlar renkleri ayıran sınırları tanır, başka nöronlar bu sınırların belirlediği biçimleri saptar, başkaları bu biçimleri belleğimizdeki veriyle karşılaştırır... daha başkaları sonunda bir şey tanımış olur: Bu bir kedir.

Oysa öyle değil. Beyin böyle işlemez. Bunun tersi biçimde işler. Sinyallerin çoğu gözlerden beyne doğru değil, zıt yönde, beyinden gözlere doğru gider.¹³⁰

Beyin, daha önce olup olmadığına ve ne kadar bilgi sahibi olduğuna bağlı olarak bir şey görmeyi *umar*. Gözlerin görmesi gerektiğini *öngördüğü* şeyin bir imgesini oluşturur. Bu bilgi ara aşamalardan geçerek beyinden gözlere doğru gönderilir. *Yalnızca* beynin beklediği ile gözlere ulaşan ışık arasında bir uyumsuzluk saptanması durumunda sinir devreleri beyne sinyaller gönderir. Yani, gözlerden beyne doğru gözlemlenen ortamın imgesi değil, beynin beklediği şeyle olası çelişkilerin bilgisi gider.

Görmenin böyle işlediğinin bulunması şaşırtıcı oldu. Ama düşünülecek olursa bunun çevreden bilgi toplamak için etkili bir yöntem olduğu açıktır. Beynin zaten bildiği şeyi doğrulamaktan başka işe yaramayan bilgileri beyne doğru yollamanın ne anlamı olurdu? Bilgisayarcılar benzer teknikleri resim dosyalarını sıkıştırmak için kullanır. Hafızaya tüm piksellerin renklerini yüklemek yerine yalnızca rengin *değiştiği* yerin bilgisi konur; daha az bilgi, resmi yeniden oluşturmak için yeterlidir.

Bununla birlikte, bunun gördüğümüz şey ile dünya arasındaki ilişki üstünde yarattığı kavramsal sonuçlar son derece kayda değer. Çevremize baktığımızda gerçekten “gözlem” yapmayız; daha çok (hatalı önyargıları da içerecek biçimde) bildiklerimiz temelinde bir

dünya imgesi düşler ve olası tutarsızlıkları saptamak ve gerektiğinde düzeltmeye çalışmak için bilincinde olmadan dikkatle inceleriz.

Başka bir ifadeyle, gördüğümüz şey dışarının bir kopyası değildir. Görmeyi beklediğimiz, algılayabildiğimiz şeyle düzeltilmiş şeydir. İşe yarayan ve önemli girdiler zaten önceden bildiğimiz şeyleri *doğrulayan* bilgiler değildir. Beklentilerimizle çelişen girdilerdir.

Bu, bazen bir ayrıntıdır: Kedi bir kulağını oynattı. Bazen bizi başka bir hipoteze sıçramamız için uyaran bir şeydir: Ah! Bir kedi değil, kaplanmış! Bazen bize anlamlı gelecek bir yorum hayal edip her durumda anlamlandırmaya çalıştığımız tamamen yeni bir sahne olur. Gözbebeklerimize ulaşan şeye bir anlam vermeye çalışmamız önceden zaten bildiğimiz şeylere dayanır.

Hatta bu, beynin genel işleme yöntemi bile olabilir. Örneğin, PCM (*Projective Conciousness Model* [Öngörüsül Bilinç Modeli])¹³¹ olarak adlandırılan modelde temel sav bilincin, bakış açısına göre bedenin ve dünyanın değişkenliğine bağlı olan girdileri öngörmeye çalışan, bu anlamda temsiller oluşturan ve gözlemlenen tutarsızlıklar temelinde öngörü hatalarını sürekli olarak en aza indirmeye çalışan beyin etkinliği olduğudur.

19. yüzyıl Fransız felsefecisi Hippolyte Taine'in ifadesini kullanacak olursak, şöyle söylenebilir: “Dış algı, dışarıdaki şeylerle uyum içinde bulunan bir iç düştür ve halüsinasyonun yanlış bir dış algı olduğunu söylemek yerine dış algının doğru bir halüsinasyon olduğunu söylemek gerekir.”¹³²

Bilim özünde yalnızca görme biçimimizin bir uzantısıdır: Beklediğimiz şey ile dünyadan yakalayabildiklerimiz arasındaki tutarsızlıkları ararız. Dünyaya ilişkin görüşlerimiz vardır, işlevsiz hale geldiklerinde de onları değiştirmeyi deneriz. İnsanlığın bütün bilgi birikimi böyle oluşturulmuştur.

Görme her birimizin beyninde saliseler içinde gerçekleşir. Bilgiye, bütün insanlığın yıllar, onyıllar, yüzyıllar süren yakın diyalogu içinde çok daha yavaş gelişir. Bunların ilki deneyimin kişisel olarak düzenlenmesiyle ilgilidir ve zihinsel dünyayı oluşturur; ikincisi

deneyimin, fiziksel düzeni bilimin betimlediği gibi kuran toplumsal düzenlemeyle ilgilidir. (Bogdanov: “Zihinsel ve fiziksel düzenler arasındaki fark, yalnızca kişisel olarak örgütlenmiş deneyim ile toplumsal olarak örgütlenmiş deneyim arasındaki farktan ibarettir.”)¹³³ Ama ikisi aynı şeydir: Gerçekliğe ilişkin zihinsel haritalarımızı, kavramsal yapımızı, sahip olduğumuz fikirler ile gerçeklikten bize ulaşan şeyler arasındaki tutarsızlıkları açıklamak, dolayısıyla gerçekliği hep daha iyi anlamak için güncelleştirip iyileştiririz.¹³⁴

Bu, bazen bir ayrıntıdır, yeni bir şeyler öğreniriz. Bazen dünyayı düşünme biçimimizin temel kavramsal yapısını etkileyen beklentilerimizi yeniden tartışmaya açmaktır. Dünyanın sahip olduğumuz en derin imgesini güncelleriz. Gerçeklik hakkında düşünmek için, dünyayı bize biraz daha iyi gösteren yeni zihinsel haritalar keşfederiz.

Kuantum kuramı budur.



Elbette, bu kuramdan ortaya çıkan dünya görüşünde rahatsız edici bir şey vardır. Bize çok ama çok doğal gelen bir şeyi, nesnelerden meydana gelen bir dünya düşüncesini terk etmek zorundayız. Onu eski bir önyargı, artık işe yaramayan bir el arabası gibi kabul etmiyoruz.

Dünyanın somutluğundan bir şeyler psikedelik bir yolculuğun yanardöner morumtırak renkleri gibi eriyip havaya karışmış gibi görünüyor. Bu bölümün başında yer alan alıntıdaki Prospero’nun sözleri gibi bizi sersemletiyor: “İşte tıpkı bu hayallerin elle tutulmaz dokusu gibi, tepesi bulut kaplı burçlar, görkemli saraylar, ulu mabetler, hatta şu yüce yerküre ve üstünde var olan ne varsa, bir gün eriyecek; biraz önce uçup giden şu hayalî gösteri gibi, dumanı bile kalmayacak ardında.”*

* William Shakespeare, *Fırtına*, IV. Perde, I. Sahne, çev. Bülent Bozkurt, Remzi Kitabevi, İstanbul, 2000, s. 100. (Ç.N.)

Bu, Shakespeare'in son yapıtı *Fırtına*'nın sonlarında, edebiyat tarihinin en duygulandırıcı pasajlarından biridir. Seyircisini hayal dünyası içinde uçurduktan ve seyirciyi kendinden geçirdikten sonra, Prospero/Shakespeare onu teselli eder: "Biraz huzursuz görünüyorsunuz oğlum; seni ürküttüm galiba. Boş ver, keyfini bozma bayım; şenliklerimiz burada bitti. Gördüğün oyunculara gelince, sana dediğim gibi, onlar birer ruhtu ve hepsi eriyip havaya karıştı, o incecik havaya." Sonra da kısık bir sesle şu ölümsüz ifadeyi fısıldar: "Rüya dediğin şey de bizlerden olur işte ve minicik ömrümüzü yine bir uyku noktalar."*

Kuantum mekaniği hakkındaki uzun süren bu derin düşünme sonunda kendimi böyle hissediyorum. Fiziksel dünyanın katı hali, Prospero'nun tepesi bulut kaplı burçları ve görkemli sarayları gibi eriyip havaya karışıyor gibi görünüyor.

Ama burada söz konusu olan büyük ozanın şatafatlı hayal gücü ya da insanların yüreğine yaptığı akınlara değildir. Bu, hayal dünyası fazla geniş bir kuramsal fizikçinin yeni bir spekülasyonu da değildir. Hayır, bizi bu katı halin erimesine götüren şey temel fiziğin sabırlı, akılcı, deneysel, titiz araştırmasıdır. Modern teknolojinin temeli, insanlığın şimdiye dek bulduğu, güvenilirliği tartışmasız, en iyi bilimsel kuramdır.

Artık bu kuramla korkusuzca yüzleşmenin, doğasını kuramsal fizikçilerin ve felsefecilerin dar çevresi dışında tartışmanın, onun damıtılmış, çok tatlı, biraz da sarhoş edici balını bütün çağdaş kültürün dokusuyla özdeşleştirmenin zamanın geldiğine inanıyorum.**

Umarım bu yazdıklarım onlara küçük bir katkıda bulunur.

* Age. (Y.N.)

** Tabii ki kuantum mekaniğinden esinlenen ya da kökleri bu kurama dayanan, şu ya da bu ölçüde ciddi çok sayıda düşünce akımı halihazırda var. Örneğin Karen Barad'ın Bohr'un fikirlerini kullanışını zekice ve etkileyici buluyorum: *Meeting the Universe Halfway* (Duke University Press, Durham, NC, 2007) ve *Posthumanist Performativity: Toward an Understanding of How Matter Comes to Matter*, "Signs: Journal of Women in Culture and Society", 28, 2003, s. 801831.

Gerçekliğin bulduğumuz en iyi betimlemesi bir etkileşim ağı dokuyan olaylara dayanır. “Varlıklar” bu ağın çok kısa ömürlü düğüm noktalarından başka bir şey değildir. Sahip oldukları özellikler ancak bu etkileşim ânında belirlenir ve yalnızca bir başka şeye göre o özellikler olur: Her şey yalnızca başka şeylere yansıyan şeydir.

Her görüş kısmıdır. Gerçekliği, bir bakış açısına bağlı olmayan biçimde görmenin bir yolu yoktur. Mutlak, evrensel bir bakış açısı yoktur. Bakış açıları yine de iletişim içindedir, bilgiler kendi aralarında ve gerçeklikle diyaloga girer, diyalog sırasında değişir, zenginleşir, birbirlerine yaklaşırlar, gerçeklik anlayışımız derinleşir.

Ne olgusal gerçeklikten ayrı bir özne ne doğaüstü bir bakış açısı bu sürecin bir aktörüdür; o gerçekliğin, seçilimin yararlı korelasyonlarla, anlamı olan bilgilerle uğraşmayı öğrettiği bir parçası onun bir aktörüdür. Gerçeklik hakkında konuşmamızın kendisi de gerçekliğin parçasıdır.

Özbenliklerimiz, toplumlarımız, kültürel, ruhsal ve politik yaşamımız ilişkilerden meydana gelir.

Bu nedenle, yüzyıllar boyunca yapmayı başardığımız her şeyi bir alışveriş ağı içinde gerçekleştirdik. Bu nedenle, işbirliği politikası rekabet politikasından daha anlamlı ve daha etkilidir...

Öyle sanıyorum ki yine bu nedenle, bireysel bir ben düşüncesi-nin kendisi, şu ergenliğimin kendi kendime sorduğum dizginlemeyen sorulara iten asi ve yalnız ben, tamamen bağımsız ve tamamen özgür olduğuna inanan ben... bu nedenle sonunda bir ağlar ağının bir kıvrımından başka bir şey olmadığını kabul etti.

Beni yıllar önce fizik bölümüne kaydolmaya yönlendiren ergenlik soruları –gerçekliğin doğasını anlamak, zihnimizin nasıl çalıştığını, gerçekliği nasıl kavrayabildiğin anlamak– hâlâ yanıtsız. Ama öğreniyoruz. Fizik beni hayal kırıklığına uğratmadı. Beni büyüledi, şaşırttı, aklımı karıştırdı, sersemletti, kaygılandırdı, uykusuz gecelerde karanlığa baktırıp bana şunu düşündürdü: “Ama bu gerçekten mümkün olabilir mi? İnanılır gibi değil.” Časlav’ın Lamma Adası’ndaki kumsalda mırıldandığı, bu kitabın en başındaki soruyu...

Fizik bana gerçekliğin yapısı ile düşünce yapılarının en sıkı biçimde iç içe geçtiği alan, bu iç içe geçmenin sürekli bir evrim tarafından yakıcı biçimde sınanmış bir yer gibi görünüyordu. Yolculuğum beklediğimden daha şaşırtıcı ve daha maceralı oldu. Uzay, zaman, madde, düşünce, bütün gerçeklik yalnızca devasa bir sihirli kaleydoskop gibi gözlerimin önünde kendini yeniden oluştuyordu. Kuantum kuramı, benim için zihinsel haritalarımızı radikal biçimde sorgulamamın, evrenin uçsuz bucaksızlığından ve muhteşem tarihinin keşfinden, hatta Einstein'ın olağanüstü öngörülerinden bile daha önemli ölçüde en can alıcı noktası oldu.

Taine'in sözlerini ödünç alacak olursak, dünyaya ilişkin klasik görüş artık doğru olmayan bir halüsinasyondur.

Kuantum kuramının parçalı ve maddesel olmayan dünyası, şimdilik dünyayla daha iyi uyum gösteren halüsinasyondur.

Kuantumlarla ilgili keşiflerin bize sunduğu dünya görüşünde bir baş dönmesi, özgürlük, mutluluk ve hafiflik duygusu vardır. "Biraz huzursuz görünüyorsun dostum; seni ürküttüm galiba. Boş ver, keyfini bozma bayım!" Sonuçta, sihirli bir flütü izleyen bir çocuk gibi beni fiziğe yönlendiren ergenlik merakları umduğumdan daha çok görkemli saray buldu. Kuantum kuramının bir gencin Kuzey Denizi'nin Kutsal Ada'sına yolculuğunun bize kapılarını açtığı, benim de bu sayfalarda anlatmaya çalıştığım dünyası bana olağanüstü güzel geliyor.

Sürekli rüzgâr altında olan uç noktadaki Helgoland için Goethe dünyada "Doğa'nın sınırsız büyüleyiciliğinin bir örneği" olan bir yer olduğunu yazmıştı. Dünyanın ruhu, *Weltgeist* da Kutsal Ada'da deneyimlenebilirdi.¹⁵ Kim bilir, Heisenberg'e gözlerimizdeki sisi biraz dağıtması için yardım etmek amacıyla onunla konuşan belki de bu ruhtu...

Sağlam bir şeyin her sorgulanışında başka ufuklar açılır ve bizim daha uzağı görmemizi sağlar. Bana öyle geliyor ki kaya gibi sağlam görünen katı maddenin eridiğini gözlemlemek, yaşamın geçiciliğini ve tatlı akışını hafifletir.

Nesnelerin birbirlerine bağlı olması, birbirlerini yansıtmasını 18. yüzyıl mekanikçiliğinin soğukluğunun bir türlü yakalayamadığı parlak bir ışıkla parlar.

Bizi şaşkınlık içinde bıraksa bile... Bizi derin bir gizem duygusu içinde bıraksa bile...



Blu'ya teŖekkür ederim. Emanuela, Lee, Ćaslav, Jenann, Ted, David, Roberto, Simon, Eugenio, Aurélien, Massimo, Enrico'ya binlerce Ŗey için teŖekkürler. Kitabın ilk taslağına yaptığı değerli yorumlar için Andrea'ya, bu satırları okunabilir kılan Maddalena'ya, desteği ve dostluğu için, özlemle Sami'ye, yaŖamımda tuttuğum yolu bana göstermiŖ olan Guido'ya, bu Ŗeyler hakkında beni ilk dinlemek isteyen Bill'e, kavrayıŖı için Wayne'e, misafirperverliği için Chris'e, çok güzel önerileri için Antonino'ya... Yok olduğumuzda var olmanın ne demek olduğunu öğretilmekte olduğu için babama... Harika öğrencilerime, yıllar içinde her Ŗeyi tartıŖtıęım fizik ve felsefe alanlarındaki meslektaŖlarıma, muhteŖem okurlarıma. Bu kitabın bir ip-lięi olduğu sihirli iliŖki ağını hep birlikte dokuyan tüm bu insanlara... Özellikle de Werner'e ve Aleksandr'a teŖekkürler.



NOTLAR

BİRİNCİ KISIM

I

- 1 Heisenberg'den yapılan bu ve daha sonraki alıntılar pek az uyarlamayla W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, Piper, Münih, 1969'dan alınmıştır.
- 2 N. Bohr, "The Genesis of Quantum Mechanics", *Essays 1958-1962 on Atomic Physics and Human Knowledge*, Wiley, New York, 1963, s. 74-78; İt. çev. "La genesi della meccanica quantistica", *I quanti e la vita*, Boringhieri, Torino, 1965, s. 190-191.
- 3 W. Heisenberg, "Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen", *Zeitschrift für Physik*, 33, 1925, s. 879-893.
- 4 M. Born ve P. Jordan, "Zur Quantenmechanik", *Zeitschrift für Physik*, 34, 1925, s. 858-888.
- 5 P.A.M. Dirac, "The Fundamental Equations of Quantum Mechanics", *Proceedings of the Royal Society A*, 109, 752, 1925, s. 642-653.
- 6 Heisenberg'in tablolarının yer-değiştiremez [komütatif olmayan, değişimli olmayan, sırabagımlı (Ç.N.)] değişkenler olduğunu fark eder, bu da bir ileri mekanik dersinde karşılaştığı Poisson parantezlerini aklına getirir. Bu hayati öneme sahip yılların keyifli bir anlatımı 73 yaşındaki Dirac'ın kendi sesinden <https://www.youtube.com/watch?v=vwYs8tTLZ24> adresinde bulunabilir.
- 7 M. Born, *My Life: Recollections of a Nobel Laureate*, Taylor & Francis, Londra, 1978, s. 218.
- 8 W. Pauli, "Über das Wasserstoffspektrum vom Standpunkt der neuen Quantenmechanik", *Zeitschrift für Physik*, 36, 1926, s. 336-63, virtüözlük düzeyinde bir teknik ustalık.
- 9 F. Laudisa, *La realtà al tempo dei quanti: Emstein, Bohr e la nuova immagine del mondo*, Bollati Boringhieri, Torino, 2019, s. 115'te yer alan alıntı.
- 10 A. Einstein, *Corrispondenza con Michele Besso (1903-1955)*, Guida, Napoli, 1995, s. 242.
- 11 N. Bohr, *The Genesis of Quantum Mechanics*, agy, s.75; İt. çev. agy, s. 191.
- 12 Dirac'ın tabiriyle "q-sayıları". Daha modern bir terimle "operatörler". Daha genel olarak: IV. bölümde söz edeceğim denklemin tanımladığı komütatif olmayan cebir değişkenleri.
- 13 W. J. Moore, *Schrödinger, Life and Thought*, Cambridge University Press, New York, 1989; İt. çev. *Erwin Schrödinger scienziato e filosofo*, (yay. haz.) B. Bertotti ve U. Curi, Il poligrafo, Padova, 1994.
- 14 E. Schrödinger, "Quantisierung als Eigenwertproblem (Zweite Mitteilung)", *Annalen der Physik*, 384, 6, 1926, s. 489-527.
- 15 Yani eikonal aproksimasyonu tersine çevirir.
- 16 E. Schrödinger, "Quantisierung als Eigenwertproblem (Erste Mitteilung)", *Annalen der Physik*, 384, 4, 1926, s. 361-76. Önce görelilik denklemini yazmış ve yanlış olduğuna inanmıştı. Sonra göreliliğin limiti incelemeye razı oldu, işler bu kez yolunda gitti.

- 17 E. Schrödinger, "Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen", *Annalen der Physik*, 384, 5, 1926, s. 734-56.
- 18 Bütün kitap boyunca hem dalga fonksiyonunu, yani konum temelindeki kuantum durumunu hem de Hilbert uzayında bir vektörle temsil edilen soyut kuantum durumunu ψ olarak adlandırıyorum. Sonraki değerlendirmeler için aradaki fark önemli değil.
- 19 George Uhlenbeck, A. Pais, "Max Born's Statistical Interpretation of Quantum Mechanics", *Science*, 218, 1982, s. 1193-1198'den alıntı.
- 20 M. Kumar, *Quantum: Einstein, Bohr, and the Great Debate about the Nature of Reality*, Icon Books, Londra, 2010; İt. çev. *Quantum. Da Einstein a Bohr, la teoria dei quanti, una nuova idea della realtà*, Mondadori, Milano, 2017, s. 155'ten alıntı.
- 21 Agy, s. 218
- 22 E. Schrödinger, *Nature and the Greeks and Science and Humanism*, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- 23 M. Born, "Quantenmechanik der Stoßvorgänge", *Zeitschrift für Physik*, 38, 1926, s. 803-827.
- 24 $\psi(x)$ 'in kare modülü, parçacığın bir başka yer yerine x noktasında gözlemleneceğinin olasılık yoğunluğunu verir.
- 25 Artık kuralları değiştirdiler ve bu tip uygulamalar yasadışı oldu.
- 26 Aynı şekilde, Heisenberg kuramı, bir şeyi önceki gözlemler çerçevesinde görme olasılığını verir.
- 27 $B = 2hv^1c^{-2}/(e^{hv/kT}-1)$.
- 28 M. Planck, "Über eine Verbesserung der Wien'schen Spectralgleichung", *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, 2, 1900, s. 202-204.
- 29 $E = hv$
- 30 A. Einstein, "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt", *Annalen der Physik*, 322, 6, 1905, s. 132-148.
- 31 Bu, fotoelektrik hücrelerin [fotosellerin (Ç.N.)] temelindeki etkidir: Işık bazı metaller üstünde küçük bir elektrik akımı yaratır. Garip olan şu ki ışığın şiddetinden bağımsız olarak, düşük frekanslı ışık söz konusu olduğunda bu gerçekleşmez. Einstein bunun nedeninin düşük frekanslı fotonların –sayılarından bağımsız olarak– daha az enerjiyle yüklü olmaları ve atomlardan elektron koparmak için yeterince enerjiye sahip olmamaları olduğunu anlar.
- 32 N. Bohr, "On the Constitution of Atoms and Molecules", *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 26, 1913, s. 1-25.
- 33 Daha sonra N. Bohr, "The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory", *Nature*, 121, 1928, s. 580-590 içinde yayımlanmıştı.
- 34 P.A.M. Dirac, *Principles of Quantum Mechanics*, Oxford University Press, Oxford, 1930.
- 35 J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer, Berlin, 1932.
- 36 J. Bernstein, "Max Born and the Quantum Theory", *American Journal of Physics*, 73, 2005, s. 999-1008.

İKİNCİ KISIM

II

- 37 P.A.M. Dirac, *I principi della meccanica quantistica*, Bollati Boringhieri, Torino, 1968; L.D. Landau ve E.M. Lifshits, *Meccanica quantistica*, Editori Riuniti, Roma, 1976; R. Feynman, *La Fisica di Feynman*, Addison-Wesley, Londra, Cilt 3, 1970; E.H. Wichmann, "Fisica quantistica", *La fisica di Berkeley* içinde, Zanichelli, Bologna, Cilt 4, 1973; A. Messiah, *Quantum Mechanics*, Cilt 1, North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1967.
- 38 A. Pais, *Ritratti di scienziati geniali. I fisici del XX secolo*, Bollati Boringhieri, Torino, 2007, s. 31. içinde alıntı.
- 39 E. Schrödinger, "Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik", *Naturwissenschaften*, 23, 1935, s. 807-12.
- 40 Gündelik yaşamımızda kuantum mekaniğini bu nedenle fark etmeyiz. Girişim etkileşimlerini görmeyiz, dolayısıyla uyanık-kedi ile uyuyan-kedi süperpozisyonu yerine basitçe kedinin uyuyup uyumadığını bilmediğimizi koyabiliriz. Çok sayıda çevresel değişkenle etkileşime giren nesneler için girişim olaylarının bastırılması iyi anlaşılmış bir konudur. Teknik adı "kuantum dekoherans"tır [kuantum eş-evresizlik, kuantum uyumsuzluk (Ç.N.)].
- 41 Bu tarihi tartışma pek çok kitapta ayrıntılarıyla anlatılır. Örneğin Manjit Kumar'ın harika kitabı *Quantum* ve Federico Laudisa'nın daha yeni *La realtà al tempo dei quanti* başlıklı kitabı Laudisa Einstein'ın sezgisine yakınlık duyuyor, hen daha çok Bohr ve Heisenberg'in izindeyim.
- 42 D. Kaiser, *How the Hippies Saved Physics: Science, Counterculture, and the Quantum Revival*, W.W. Norton & Co, New York, 2012.
- 43 Bu yorum kısa süre önce Sean Carroll'ın *Something Deeply Hidden: Quantum Worlds and the Emergence of Spacetime* (Dutton Books, New York, 2019) başlıklı eğitici kitabında savunulmuştur.
- 44 Bir kuantum kuramını tanımlamak ve kullanmak için ψ dalgası ve Schrödinger denklemleri yeterli değildir; gözlemlenebilir olanlara ait bir cebir de belirlemek gerekir, yoksa hiçbir şey hesaplayamayız ve bizim deneyimimizin olgularıyla hiçbir ilişkisi olmaz. Bu gözlemlenebilirler cebirinin rolü başka yorumlarda son derece açıkken Çoklu Evrenler yorumunda hana hiç açık gelmiyor.
- 45 Bohm kuramının bir sunumu ve savunusu David Z. Albert'in *Quantum Mechanics and Experience* (Harvard University Press, Cambridge-Londra, 1992) adlı çalışmasında yer almaktadır.
- 46 Parçacıkla etkileşime girme biçimimiz çok inceliklidir ve kuramın ortaya konması çerçevesinde pek net değildir: Bir ölçüm cihazının dalgası elektronun dalgasıyla etkileşir ama cihazın dinamiği elektronun konumu tarafından belirlenen ortak dalganın değerine bağlıdır, dolayısıyla değişimi elektronun tam olarak nerede olduğu tarafından belirlenir.
- 47 Başka bir olasılık daha var: Kuantum mekaniği yalnızca yaklaşık bir kestirimdir ve saklı değişkenler özel bir sistemde gerçekten ortaya çıkabilir. Bununla birlikte, kuantum mekaniğinin öngörülerine yapılacak bu değişiklikler şimdilik ortada görünmüyor.
- 48 Parçacıkların toplamının konfigürasyon uzayı.
- 49 Bu kuramların, hepsi oldukça yapay ve eksik farklı çeşitleri vardır. En bilinen iki türü: İtalyan fizikçiler Giancarlo Ghirardi, Alberto Rimini ve Tullio Weber'in ortaya attı-

ğın somut bir mekanizma ile Roger Penrose'un, [dalga fonksiyonunun] çöküşün[ün] uzay-zamanın farklı konfigürasyonları arasındaki kuantum süperpozisyonu bir eşik değeri aştığı zaman kütleçekimi tarafından tetiklendiğini savunan hipotezidir.

- 50 C. Calosi ve C. Mariani, "Quantum Relational Indeterminacy", *Studies in History and Philosophy of Science. Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2020, yayına hazırlanıyor.
- 51 Daha doğru bir ifadeyle, ψ niceliği klasik mekanikğin Hamilton S fonksiyonu (Hamilton-Jakobi denkleminin çözümü) gibidir: Bir hesaplama aracıdır, gerçekmiş gibi ele alınabilecek bir varlık değildir. Bunun başka bir kanıtı olarak, Hamilton S fonksiyonunun aslında $\psi = \exp iS/\hbar$ dalga fonksiyonunun klasik limiti olduğuna dikkat edin.
- 52 Fichte, Schelling ve Hegel'in kullandığı anlamda.

III

- 53 Kuantum mekanikğinin ilişkisel yorumuna teknik bir giriş için, E.N. Zalta'nın yayımladığı *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*'nin plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/qm-relational/ adresindeki "Relational Quantum Mechanics" maddesine bakınız.
- 54 N. Bohr, *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Ox Bow Press, Woodbridge, Cilt 4, 1998, s. 111.
- 55 Söz ettiğim özellikler değişken nitelikli olanlar yani faz uzayına ilişkin fonksiyonlarla tanımlananlar. Bağlı olmayan bir parçacığın kütlesi gibi değişmez özellikler değil.
- 56 Bir olay, bir taş için, ona etki ederse, onu değiştirirse gerçek olur. Bir olay, bir taş için girişim olgularının gerçekleşmesine neden olmayacak biçimde gerçekleşmesi ve bu girişimlerin başka yerde olması durumunda gerçek değildir.
- 57 A. Aguirre, *Cosmological Koons: A Journey to the Heart of Physical Reality*, W.W. Norton & Co, New York, 2019.
- 58 E. Schrödinger, *Nature and the Greeks and Science and Humanism*, agy.
- 59 Bir *e1* olayı şu anlamda "A'ya göre ama B'ye göre değil"dir: *e1* A'ya etki eder ama B'ye etki edebilecek bir *e2* olayı vardır ve *e1*'in B'yi etkilemiş olup olmadığının bilinmesi olanaksızdır.
- 60 ψ dalgasının göreceli olma özelliğinin ilk fark eden 1950'lerin ortasında genç bir Amerikalı doktora öğrencisi oldu: Hugh Everett III. "Kuantum Mekanikğinin 'Göreceli Durum' Formülasyonu" başlıklı doktora tezinin kuantumlarla ilgili tartışmalarda büyük etkisi oldu.
- 61 C. Rovelli, *Che cos'è la scienza. La rivoluzione di Anassimandro*, Mondadori, Milano, 2011. [*Mileti Anaksimandros ya da Bilimsel Düşüncenin Doğuşu*.]

IV

- 62 Juan Yin, Yuan Cao, Yu-Huai Li ve diğ., "Satellite-based entanglement distribution over 1200 kilometers", *Science*, 356, 2017, s. 1140-1144.
- 63 J.S. Bell, "On the Einstein Podolsky Rosen Paradox", *Physica Physique Fizika*, 1, 1964, s. 195-200.
- 64 Bell'in savı incelikli, çok teknik ama sağlamdır. İlginç okuyucu geniş ayrıntılarıyla örneğin *Stanford Encyclopedia of Philosophy*: <https://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem/> adresinde bulabilir.

- 65 İki Hilbert uzayının $H_1 \oplus H_2$ tensör toplamında değil, $H_1 \otimes H_2$ tensör çarpımlarında var olur. Herhangi bir bazda iki sistemin genel dalga fonksiyonu $\psi_{12}(x_1, x_2) = \psi_1(x_1)\psi_2(x_2)$ biçiminde değil, jenerik bir fonksiyon olan $\psi_{12}(x_1, x_2)$ şeklindedir, dolayısıyla terimlerin $\psi_{12}(x_1, x_2) = \psi_1(x_1)\psi_2(x_2)$ biçimindeki kuantum süperpozisyonu olabilir, yani girişik durumları içerebilir.
- 66 Analitik felsefe dilinde ilişki tekil nesnelerin durumundan ortaya çıkmaz. Kaçınılmaz biçimde dışsaldır, içsel değildir.
- 67 Bunun nedeni, A ve B 'nin gözlemlenen özellikler, OA ve OB 'nin de gözlemcinin bu özelliklerle korelasyon içinde bulunan değişkenler olduğu, $IA \oplus IB \oplus IOA \oplus IOB$ biçimindeki dolanıklık durumunda, A 'nın bir ölçümü sistemin $IA \oplus IB \oplus IOA \oplus IOB$ durumuna çökmesine neden olur, dolayısıyla da gözlemcinin değişkenlerinin daha sonraki bir ölçümü OA sonucunu doğurur.
- 68 Bu, Shannon'ın "görelî bilgi"nin bilgi kuramını ilk kez sunduğu klasikleşmiş çalışması C.E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication", *The Bell System Technical Journal*, 27, 1948, s. 379-423'de yer alan tanımıdır. Shannon tanımının zihinsel ya da semantik hiçbir yönü olmadığını ısrarla vurgular.
- 69 Bu postulatlar C. Rovelli, "Relational Quantum Mechanics", *International Journal of Theoretical Physics*, 35, 1996, s. 1637-1678'de sunulmuştur; <https://arxiv.org/abs/quant-ph/9609002>.
- 70 Bunlara ait faz uzayı sonlu Liouville hacmine sahiptir. Her fiziksel sistem uygun biçimde kolaylıkla sonlu hacme sahip faz uzayıyla yaklaşık olarak betimlenebilir.
- 71 Örneğin $\frac{1}{2}$ spinli bir parçacığın iki farklı yöndeki spinini ölçersek, ikinci ölçümün sonucu ilkinin sonucunu sonraki spin ölçümlerinin sonuçları için ilgisiz kılar.
- 72 69. nottaki alıntıda öne sürülen fıkırlara benzer düşünceler, A. Zeilinger, "On the Interpretation and Philosophical Foundation of Quantum Mechanics", *Vastakohntien todellisuus*, Festschrift for K.V. Laurikainen, (yay. haz.) U. Ketvel ve diğ., Helsinki University Press, Helsinki, 1996 ve N. Brukner ve A. Zeilinger, "Operationally Invariant Information in Quantum Measurements", *Physical Review Letters*, 83, 1999, s. 3354-3357 içinde bağımsız olarak yer almıştır.
- 73 Daha kesin bir ifadeyle: Hiçbir fiziksel sistemin hiçbir serbestlik derecesi $\hbar$ 'den daha hassas olacak şekilde faz uzayında yer alan duruma sahip olamaz ($\hbar$ sabiti faz uzayında bir hacmin boyutlarına sahiptir).
- 74 W. Heisenberg, "Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik", *Zeitschrift für Physik*, 43, 1927, s. 172-198.
- 75 Heisenberg ve Bohr başta, bir değişkeni ölçmenin bir diğerini somut biçimde değiştireceği biçiminde yorumlamıştı: Taneciklilik yüzünden hiçbir ölçüm –diye düşünüyorlardı– gözlemlenen nesneyi değiştirmeyecek ölçüde yeterince hassas olamaz. Ama Einstein ısrarlı eleştirileriyle onları işlerin daha incelikli olduğunu kabul etmeye zorladı. Heisenberg ilkesi, konumun ve hızın belirli değerleri olduğu ve birini ölçmenin diğerini değiştirmesinden dolayı ikisini birden bilemeyeceğimiz anlamına gelmez. Bir kuantum parçacığının asla mükemmel biçimde belirli bir konumu ve hızı olmayan bir şey olduğu anlamına gelir. Değişkenlerinden bir şeyler her zaman belirsizdir. Yalnızca, başka bir şeyi belirsizleştirmek pahasına bir etkileşim içinde belirlenir.
- 76 Gözlemlenebilir olanlar komütatif olmayan bir cebir oluşturur.
- 77 Bu durum, kuantum girişimi olgularının çok değişkenli ortamlarda görülmemelerini sağlayan "kuantum dekoherans" olgusuyla iyice açıklığa kavuşur.

- 78 Bu, merkezî limit teoremidir. Basit versiyonu, N sayıda değişkenin toplamının dalgalanmasının normalde $\sqrt{N}$ biçiminde artması, bunun da büyük N değerleri için sıfıra yaklaşan $\sqrt{N}/N$ düzeyinde bir ortalama dalgalanma gerektirmesidir.

ÜÇÜNCÜ KISIM

V

- 79 V. Il'in, *Materializm i empiriokriticizm*, Zveno, Moskva, 1909; İt. çev. V. Lenin, *Materialismo ed empiriocriticismo*, Editori Riuniti, Roma, 1973 [*Materyalizm ve Ampiryokritisizm: Gerici Bir Felsefe Üzerine Eleştirel Notlar.*]
- 80 A. Bogdanov, *Empiriomonizm. Stat'i po filosofii*, S. Dorovatovskij i A. N. aruśnikov, Moskva - Sankt Peterburg, 1904-1906; İng. çev. *Empiriomonism: Essays in Philosophy*, Books 1-3, Brill, Leiden, 2019.
- 81 Mach'ın fikirlerinin isabetli bir anlatımı ve düşüncesinin ilginç bir yeniden değerlendirilmesi için bkz. E.C. Banks, *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell: Neutral Monism Reconceived*, Cambridge University Press, Cambridge, 2014.
- 82 “Atlantik'in üzerinde barometrik bir minimum vardı; bu minimum doğuya, Rusya üzerinde biriken bir maksimuma doğru yol aldı ve kuzeyden dolanıp bu maksimumdan kaçınmak gibi bir eğilim sergilemedi, izotermeler ve izoterler de kendilerine düşeni yaptılar. Hava sıcaklığı, ortalama yıllık sıcaklıkla, yani en soğuk ve en sıcak ayların dereceleriyle ve aylık düzensiz hava sıcaklığı dalgalanmalarıyla doğru orantılıydı. Güneş'in ve Ay'ın doğuş ve batışları, Ay'daki, Venüs'teki, Satürn'ün halelerindeki ışık değişimleri ve daha pek çok önemli olay, astronomik yıllıklardaki ön belirlemelere uygundu. Havadaki su buharı en yüksek yoğunluk noktasındaydı, nem derecesiyse düşüktü. Biraz eski moda olmakla birlikte, gerçek durumu oldukça iyi dile getiren bir cümleyle söylemek gerekirse: 1913 yılının güzel bir ağustos günüydü.” (R. Musil, *Der Mann ohne Eigenschaften*, Rowohlt, Berlin, Cilt 1, 1930 açılış tümcesi; İt. çev. *L'uomo senza qualita*, Einaudi, Torino, Cilt 1, 1957, s. 5), *Niteliksiz Adam*.
- 83 F. Adler, *Ernst Machs Überwindung des mechanischen Materialismus*, Brand & Co, Viyana, 1918.
- 84 E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Brockhaus, Leipzig, 1883; İt. çev. *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Bollati Boringhieri, Torino, 1977.
- 85 E.C. Banks, *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell*, agy.
- 86 B. Russell, *The Analysis of Mind*, Allen & Unwin - The Macmillan Company, Londra-New York, 1921.
- 87 A. Bogdanov, “Vera i nauka (O knige V. Il'ina ‘Materializm i empiriokriticizm’”, *Padenie velikogo fetişizma (Sovremennyy krizis ideologii)* [Büyük Bir Fetişizmin Düşüşü (Çağdaş İdeolojinin Krizi)] içinde, S. Dorovatovskij i A. N. aruśnikov, Moskva, 1910; İt. çev. “Fede e scienza. La polemica su ‘Materialismo ed empiriocriticismo’ di Lenin”, A. Bogdanov ve diğ., *Fede e scienza*, Einaudi, Torino, 1982, s. 55-148. Mach'ın fikirlerinin ayrıntılı bir incelemesi A. Bogdanov, *Prikljuçeniia odnoj filosofskoj školy* içinde bulunabilir, *Znanie*, Sankt Peterburg, 1908; İt. çev. “Le avventure di una scuola filosofica”, *Fede e scienza* içinde, agy, s. 149-204.

- 88 Popper da benzer düşüncelerle Mach'ı yanlış yorumlar: K. Popper, "A Note on Berkeley as Precursor of Mach and Einstein", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 4, 1953, s. 26-36.
- 89 "... maddenin *biricik* 'özellliği', ki felsefi materyalizm onun tanınmasına bağlıdır, nesnel bir gerçeklik olması, zihnimizin dışında var olması özelliğidir." [V. Lenin, *Materyalizm ve Ampiryokritisizm*, çev. Sevim Belli, Eriş Yayınları, 2013, s. 224.]
- 90 E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, agy; İt. çev. agy.
- 91 Bu da hâlâ yeterli değilse *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*'in 4.9 sayılı paragrafına ait dipnotu tekrar okuyun: "Einstein'ın genel göreliliğinin temelindeki düşünceye başarılı bir öğrencinin getirdiği özenli bir açıklama gibi görünür. Oysa..." 1883'te Einstein'ın kuramını yayımlamasından 32 yıl önce yazılmıştır.
- 92 D.W. Huestis, "The Life and Death of Alexander Bogdanov, Physician", *Journal of Medical Biography*, 4, 1996, s. 141-47.
- 93 <https://brill.com/view/book/edcoll/9789004300323/front-7.xml>.
- 94 Wu Ming, *Proletkult*, Einaudi, Torino, 2018.
- 95 K.S. Robinson, *Red Mars; Green Mars; Blue Mars*, Spectra, New York, 1993-1996; İt. çev. *Il rosso di Marte; Il verde di Marte; Il blu di Marte*, Fanucci, Roma, 2016-2017 [Kızıl Mars].
- 96 D. Adams, *The Salmon of Doubt: Hitchhiking the Galaxy One Last Time*, Del Rey, New York, 2005 [Kuşkucu Somon].
- 97 Örneğin Einstein'ın ışık kutusu düşünce deneyiyle sunduğu itiraza verdiği yanıt hatalıdır: Bohr genel göreliliği hatırlatır ama bunun konuyla hiçbir ilgisi yoktur, uzaktaki nesneler arasındaki dolanıklıkla ilişkilidir.
- 98 N. Bohr, *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, agy, s. 111.
- 99 M. Dorato, "Bohr meets Rovelli: a dispositionalist accounts of the quantum limits of knowledge", *Quantum Studies: Mathematics and Foundations*, 7, 2020, s. 233-45; <https://doi.org/10.1007/s40509-020-00220-y>.
- 100 Aristoteles'e göre görelilik maddenin bir özelliğidir. "Göreliler diye nelikleri başka nesnelerin olmasıyla ya da başka biçimde bir başka nesneye göre söylenenlere denir" [Aristoteles, *Kategoriler*, çev. Saffet Babür, İmge Yayınları, İstanbul, 2019, 6a, 36-38, s.37, (Ç.N.)]. Aristoteles için "görelilik... bütün kategoriler içinde en az belirli gerçeklik ve töz olan şeydir" [Aristoteles, *Metafizik*, çev. Ahmet Arslan, Sosyal Yayınlar, İstanbul, 1996, XIV, 1, 1088a, 22-24 ve 30-35, s. 584, (Ç.N.)]
- 101 C. Rovelli, "Relational Quantum Mechanics" maddesi, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* içinde, agy.
- 102 B.C. van Fraassen, "Rovelli's World", *Foundations of Physics*, 40, 2010, s. 390-417; www.princeton.edu/~fraassen/abstract/Rovelli_sWorld-FIN.pdf.
- 103 M. Bitbol, *De l'interieur du monde: Pour une philosophie et une science des relations*, Flammarion, Paris, 2010. (İlişkisel kuantum mekaniği 3. Bölüm'de tartışılmıştır.)
- 104 F.-I. Pris, "Carlo Rovelli's quantum mechanics and contextual realism", *Bulletin of Cheljabinsk State University*, 8, 2019, s. 102-107.
- 105 P. Livet, "Processus et connexion", *Le renouveau de la metaphysique*, (yay. haz.) S. Berlioz; F. Drapeau Contim; F. Loth, Vrin, Paris, 2020, yayıma hazırlanıyor.
- 106 M. Dorato, "Rovelli's Relational Quantum Mechanics, Anti-Monism, and Quantum Becoming", *The Metaphysics of Relations*, (yay. haz.) A. Marmodoro ve D. Yates, Oxford University Press, Oxford, 2016, s. 235-62; <http://arxiv.org/abs/1309.0132>.

- 107 Örn. bkz. S. French ve J. Ladyman, "Remodeling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure", *Synthese*, 136, 2003, s. 31-56; S. French, *The Structure of the World: Metaphysics and Representation*, Oxford University Press, Oxford, 2014.
- 108 L. Candiott, "The Reality of Relations", *Giornale di Metafisica*, 2, 2017, s. 537-551; philsci-archive.pitt.edu/14165/.
- 109 M. Dorato, *Bohr meets Rovelli*, agy.
- 110 J.J. Colomina-Almiñana, *Formal Approach to the Metaphysics of Perspectives: Points of View as Access*, Springer, Heidelberg, 2018.
- 111 A.E. Hautamäki, *Viewpoint Relativism: A New Approach to Epistemological Relativism based on the Concept of Points of View*, Springer, Berlin, 2020.
- 112 S. French e J. Ladyman, *In Defence of Ontic Structural Realism*, in *Scientific Structuralism*, (yay. haz.) A. Bokulich ve P. Bokulich, Springer, Dordrecht, 2011, s. 25-42; J. Ladyman ve D. Ross, *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*, Oxford University Press, Oxford, 2007.
- 113 J. Ladyman, "The Foundations of Structuralism and the Metaphysics of Relations", *The Metaphysics of Relations*, agy.
- 114 M. Bitbol, *De l'intérieur du monde*, agy.
- 115 L. Candiott ve G. Pezzano, *Filosofia delle relazioni, il nuovo melangolo*, Cenova, 2019.
- 116 Platone, *Sofista*, 247 d-e. [*Sofist*, Platon, çev. Furkan Akderin, Say Kitap, İstanbul, 2019, s. 51. (Ç.N.)]
- 117 C. Rovelli, *L'ordine del tempo*, Adelphi, Milano, 2017 [*Zamanın Düzeni*].
- 118 E.C. Banks, *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell*, agy.
- 119 Nāgārjuna, *Mūlamadhyamakārikā*, İng. çev. J.L. Garfield, *The Fundamental Wisdom of the Middle Way: Nagarjuna's "Mūlamadhyamakakarika"*, Oxford University Press, Oxford, 1995.
- 120 agy, XVIII, 7.

VI

- 121 E.C. Banks, *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell*, agy.
- 122 *The Origin of Species by Means of Natural Selection*, Murray, Londra, 1859 [*Türlerin Kökeni*].
- 123 "... ilineksel olarak oluşan herşey, ilineksel olarak uygun durumda bulunduğundan, sanki 'birşey için' oluşmuş gibi kendini korumuştur. Bu şekilde olmayanlar da Empedokles'in sözünü ettiği 'insan yüzü öküzler' gibi yokolmuşlar ve yokolmaktalar." [Aristoteles, *Fizik*, çev. Saffet Babür, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul, 2001, II, 8, 198b, 28-31, s. 84. (Ç.N.)]
- 124 Agy, II, 8, 198 b, 35.
- 125 Bu bölüm, *Wandering Towards a Goal*, (yay. haz.) A. Aguirre; B. Foster; Z. Merali, Springer, Cham, 2018, s. 17-27 içinde yer alan C. Rovelli, "Meaning and Intentionality = Information + Evolution" başlıklı makaleyi yakından izlemektedir. Örneğin ve düşüncenin esin kaynağı David Wolpert'in 2016'da Kanada'da Banf'ta gerçekleştirilen "The Physics of the Observer" kongresinde sunduğu "Observers as systems that acquire information to stay out of equilibrium" başlıklı konferanstır.
- 126 D.J. Chalmers, "Facing Up to the Problem of Consciousness", *Journal of Consciousness Studies*, 2, 1995, s. 200-19.

- 127 J.T. Ismael, *The Situated Self*, Oxford University Press, Oxford, 2007.
- 128 M. Dorato, "Rovelli's Relational Quantum Mechanics, Anti-Monism, and Quantum Becoming", agy.
- 129 Th. Nagel, "What Is It Like to Be a Bat?", *The Philosophical Review*, 83, 1974, s. 435-50; İt. çev. "Com'è essere un pipistrello?", *Mente e corpo. Dai dilemmi della filosofia alle ipotesi della neuroscienza*, (yay. haz.) A. De Palma ve G. Pareti, Bollati Boringhieri, Torino, 2004, s. 164-80.

VII

- 130 Örn. bkz. A. Clark, "Whatever next? Predictive Brains, Situated Agents, and the Future of Cognitive Science", *Behavioral and Brain Sciences*, 36, 2013, s. 181-204.
- 131 D. Rudrauf; D. Bennequin; I. Granic; G. Landini ve diğ., "A Mathematical Model of Embodied Consciousness", *Journal of Theoretical Biology*, 428, 2017, s. 106-31; K. Wiliford, D. Bennequin, K. Friston, D. Rudrauf, "The Projective Consciousness Model and Phenomenal Selfhood", *Frontiers in Psychology*, 2018.
- 132 H. Taine, *De l'intelligence*, Librairie Hachette, Paris, Cilt 2, 1870, s. 13.
- 133 A. Bogdanov, *Empiriomonizm. Stat'i p o filosofii*, agy; İng. çev. agy, s. 28.
- 134 Görme ile bilim arasındaki ilişki "Appearance and Physical Reality" başlıklı derste geliştirilmiştir, <https://lectures.dar.cam.ac.uk/video/100/appearance-and-physicalreality>, Darwin College Lectures (Cambridge University Press, Cambridge) *Görme* başlıklı cildinde yayıma hazırlanıyor.
- 135 J.W. Goethe, Christian Dietrich von Buttell'e 3 Mayıs 1827 tarihli mektup, *Gedenkausgabe der Werke, Briefe und Gespräche*, (yay.haz.) E. Beutler, Artemis, Zürih, Cilt 21, 1951, s. 741; Karl Friedrich Zelter'e 24 Ekim 1827 tarihli mektup, agy, s. 767.

DİZİN

h 24, 36, 38, 39, 89, 90, 160, 161
ayrıca bkz. Planck, Max, sabiti 36,
38, 39, 89, 90, 161
δύναμις 114

A

Adams, Douglas 109, 163
Adler, Friedrich 100, 162
Aguirre, Antony 73, 160, 164
Albert, David Z. 109, 159
alternatif tip 126
ampiryokritisizm 99, 103, 162
anlam 13, 47, 48, 70, 75, 82, 117, 127,
129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 141,
149
Aristoteles 101, 131, 163, 164
atom bombası 39

B

Banks, Erik 143
Barad, Karen 5
basit madde 115, 125, 127, 128, 135,
140
Bell, John 81, 160, 161
Bertalanffy, Ludwig von 107
Besso, Michele 26, 157
beyin 45, 133, 134, 138, 142, 148, 149
Birinci Dünya Savaşı 100, 107
bit 130
Bitbol, Michel 112, 113, 163
Bogdanov, Aleksandr 99, 102, 103,

104, 105, 106, 107, 108, 139, 150, 162,
163, 165
Bohm, David 56, 57, 58, 159
Bohr, Niels 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
27, 29, 30, 37, 38, 39, 40, 52, 53, 69,
74, 75, 108, 110, 111, 112, 151, 157,
158, 159, 160, 161, 163
Bologna 5, 45, 46, 159
Boringhieri 47, 157, 159, 162, 164
Born, Hedi 26
Born, Max 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
30, 31, 33, 35, 37, 40, 55, 110, 157, 158
boşluk 73, 116, 117, 118, 119, 141
Braque, Georges 60
Brentano, Franz 129, 133
Brukner, Caslav 11
Buda 73
Budizm 102, 119

C

Candiotto, Laura 112, 113, 163, 164
Carroll, Sean 159
Chalmers, David 137, 138, 140, 142,
164
Churchill, Winston 27
Copernicus, Nicolaus 61, 66
Cosmological Koans 73, 160
Çoklu Evrenler (yorumu) 54, 55, 56,
57, 74, 138

D

- dalga mekaniği 31, 32, 62, 74
 Dante 65
 Darwin, Charles 66, 131, 132, 133, 141, 165
 de Broglie, Louis 30, 37, 56
 Demokritos 141
 deneycilik 101, 112, 116
 Dirac, Paul 25, 27, 28, 31, 36, 39, 40, 46, 47, 48, 90, 157, 158, 159
 kitabı 46, 47
 DNA 132
 dolanıklık (*entanglement*) 79, 80, 81, 84, 85, 86, 135, 161
 Dorato, Mauro 112, 163, 164
 Dublin 29
 duyumlar 101, 102, 103, 104, 116, 117, 140

E

- eikonal aproksimasyon 157
 Einstein, Albert 12, 14, 21, 26, 30, 31, 34, 36, 37, 40, 46, 53, 65, 66, 72, 81, 99, 100, 105, 106, 108, 110, 113, 153, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163
 Einstein ve Bohr arasındaki tartışma 53, 108, 110
 Elea'lı Yabancı 114
 Empedokles 131, 164
 Engels, Friedrich 102, 105
 Kapital 106
 entropi 131
 Everett, Hugh 160
 evrim 54, 71, 101, 102, 106, 130, 132, 134, 153

F

- Fano, Guido 46
 Faraday, Michael 65
 Feynman, Richard 13, 51, 159
 Fichte, Johann G. 160
Filosofia delle relazioni 113, 164
 fiziksel çöküş (yorumu) 53, 59
 fotonlar 37, 38, 39, 49, 50, 51, 52, 67, 80, 81, 90, 91, 127
 Fraassen, Bastiaan C. van 112, 163

G

- Galilei, Galileo 23, 113
 Ghirardi, Giancarlo 159
 Ginsberg, Allen 126
 Gizli Değişkenler (yorumu) 56, 58, 59, 74
 Goethe, Johann W. von 20, 153, 165
 Görelî Durum 160
 görelîlik 58, 72, 100, 105, 119, 157, 163
 görme sistemi 133, 148
 Göttingen 21, 23, 25, 26, 27, 31, 32, 33
 grup kuramı 46

H

- Hamilton fonksiyonu 160
 Hegel, Georg W.F. 56, 160
 Heisenberg, Werner K. 12, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 48, 62, 68, 70, 74, 89, 90, 99, 100, 101, 105, 108, 110, 112, 153, 157, 158, 159, 161
 Heisenberg ilkesi 89, 90, 161

Helgoland 2, 5, 12, 13, 19, 20, 21, 23,
36, 39, 40, 92, 93, 101, 153

Herakleitos 113

Hume, David 101, 120

I

Ismael, Jenann 138, 164

ışık kutusu 163

J

Jordan, Pascual 24, 26, 27, 28, 30, 31,
40, 110, 157

Joyce, James 19

Ulysses 19

K

karmakarışık olma 79

kedi 52, 53, 55, 57, 59, 61, 67, 70, 83,
85, 92, 129, 148, 149, 159

Kızıl Yıldız 107

klasik dünya 74, 82

Knabenphysik 27

komütatif olmayan cebirler 90, 157,
161

Kopenhag 20, 21, 23, 27

korelasyonlar 28, 81, 82, 83, 84, 130,
132, 133, 135, 136, 152

kuantum girişimi 48, 49, 50, 91, 127,
161

kuantum mekaniğinin yorumları 54,
56, 105, 109, 112

kuantum mekaniği postulatları 90,
136

kuantum süperpozisyonu 47, 48, 50,
51, 52, 53, 57, 71, 80, 83, 85, 91, 110,
159, 161

kuantum tıp 125

Kutsal Ada 12, 28, 35, 92, 94, 153

ayrıca bkz. Helgoland 2, 5, 12,
13, 19, 20, 21, 23, 36, 39, 40, 92,
93, 101, 153

kübizm 60

L

Ladyman, James 113, 163, 164

Las Vegas 34

Laudisa, Federico 157, 159

Lenin, Vladimir 99, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 111, 162

Liouville hacmi 161

Locke, John 101

M

Mach, Ernst 21, 99, 100, 101, 102,
103, 104, 105, 108, 111, 116, 140, 162,
163, 164

Marx, Karl 100, 102, 105, 106

Kapital 106

materyalizm 62, 99, 102, 103, 104,
105, 136, 139, 162

matrisler 24, 25, 28, 31, 32, 38, 74, 90
mekaniği 31, 32, 74

Maxwell, James C. 65, 142

Meeting the Universe Halfway 151

Murnau, Friedrich Wilhelm 39

Nosferatu 39

Musil, Robert 100, 162

Genç Törless 100

Niteliksiz Adam 100, 162

N

Nagarcuna 116, 117, 118, 119, 120, 121, 164

Mulamadhyamakakarika [Orta

Yol Dörtlükleri] 117, 164

Nagel, Thomas 139, 143, 164

Newman, Ted 7

Newton, Isaac 66, 129

nirvana 119

Nobel ödülü 29, 55, 110

nöronlar 12, 128, 133, 141, 142, 148

O

olasılık 12, 27, 29, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 52, 54, 55, 60, 62, 70, 73, 74, 81, 92, 101, 105, 112, 120, 131, 133, 134, 137, 143, 158, 159

ortaya çıkma 23, 28, 29, 52, 53, 80, 85, 91, 103, 112, 137

P

Pauli, Wolfgang 20, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 40, 100, 157

Pekin 80, 82, 83, 84

Pezzano, Giacomo 113, 164

Filosofia delle relazioni 113, 164

Picasso, Pablo 60

Pirandello, Luigi 61

Biri, Hiçbiri, Binlercesi 61

Planck, Max

sabiti, ayrıca bkz.h 36, 37, 38, 89, 90

Platon 114, 164

Sofist 114, 164

zamandışı idealar 114

Princeton 29, 57

Pris, François-Igor 112, 163

Prospero 150, 151

Ptolemaios 61

Q

q-bit 60

QBizm 62

q-sayılar 90, 157

qualia 139

Quine, Willard 109

R

Reichenbach, Hans 31

Rimini, Alberto 159

Rus Devrimi 100, 105

S-Ş

samsara 119

Schelling, Friedrich W.G. 160

Schopenhauer, Arthur 31

Schrödinger, Anny 29

Schrödinger, Erwin 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 40, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 62, 70, 74, 79, 82, 85, 100, 110, 157, 158, 159, 160

Shakespeare, William 86, 150, 151

Fırtına 150, 151

Shannon, Claude E. 130, 133, 161

sibernetik 107

sistem kuramı 107

Sosyal Demokrat İşçi Partisi 100

Sovyetler Birliği 57

Stürgkh, Karl von 100

şunyata 117

süperpozisyon ilkesi 48

şarlatanlıklar 126

T

Taine, Hippolyte-Adolphe 149, 153, 165

taneciklilik 38, 89, 161

Tanrı gerçekten zar atar mı? 34, 108

tekbencilik 103, 104

tensör 160

the easy and the hard problems of consciousness [bilincin kolay ve zor problemleri] 137

Thomas, Nagel

Mind and Cosmos 143

U

uğurböceği 141

V

Viyana 31, 80, 82, 83, 84, 100, 162

Viyana Çevresi 100

W

Weber, Tullio 159

Weltgeist 153

Wiener, Norbert 107

Y

yapısal gerçekçilik 112, 113, 118

yönelimlilik 134, 135, 137

Z

Zeilinger, Anton 48, 52, 58, 67, 68, 84, 90, 161

Zeus 140

Zürih 30, 100, 106

Genç fizikçi Werner Heisenberg 1925'te henüz yirmi üç yaşındayken Kuzey Denizi'ndeki Helgoland Adası'nda kuantum kuramının temellerini attığında, Carlo Rovelli'nin deyişiyle bizler ile gerçeklik arasındaki bir perdeyi kaldırarak ardındaki dipsiz bir uçurumu görünür kıldı. Heisenberg'den önce Einstein'ın üzerinde kafa yorduğu, 20. yüzyılın büyük kuramcılarında Richard Feynman'ın kimse tarafından anlaşılmadığını öne sürdüğü kuantum mekaniği çağımızın en büyük bilimsel keşifleri arasındaki yerini koruyor. Günümüzde de bilim dünyasında ve felsefeciler arasında son derece canlı bir tartışma konusu olan kuantum kuramı, gerçekliğin yapısından kişisel deneyimin doğasına, metafizikten bilincin doğasına dek önemli soruları yeniden ele almak için yeni yollar ortaya attı. Bugün kimyanın temellerine, Güneş'in, hatta beynimizin işleyişine ilişkin bilgilerimizi borçlu olduğumuz kuantum kuramı aynı zamanda lazerden bilgisayara modern yüksek teknolojinin ardındaki başaktördür. Buna karşın gizemini korumaya ve bilimcilerin karşısına yeni bulmacalar çıkarmayı sürdürüyor.

Bilimin gücünün dünyayı yeniden düşünmekten korkmamakta yattığını, gerçekliğin sürekli olarak gitgide daha etkili biçimlerde yeniden tasarlandığını söyleyen Rovelli işte bu gizemin izlerini sürüyor: *Helgoland*. Heisenberg'in düşüncesinin çekirdeğini tasarladığı bu adadan yola çıkarak gerçekliğin kuantum nitelikli yapısının yarattığı, gitgide daha önemli konulara doğru adım adım genişleyen olağanüstü bir keşif serüveni.

"Başlamadan önce bir uyarı... Bilinmeyen dipsiz derinlikleri her zaman çekici ve baş döndürücüdür. Ama kuantum mekaniğini ciddiye almak, onun sonuçları üstüne düşünmek neredeyse sanrılar yaratan bir deneyimdir: Şu ya da bu biçimde, bizden dünya anlayışımızda somut ve tartışma götürmez gibi görünen bir şeyden vazgeçmeyi talep eder. Gerçekliğin hayal ettiğimizden çok farklı olduğunu kabul etmemizi ister. Akıl sır ermez derinliklere dalmaktan korkmadan o girdabın içine gözünüzü dikmenizi ister."



Tellekt

www.tellekt.com

ISBN 978-625-7118-73-6

