

Ya Zaman Var Olmasaydı?

Biraz da "sarsıcı" bilim

Carlo Rovelli

Fransızcadan çeviren:
Doç. Dr. Atakan Altınörs

B
BİLGİ
KİTAP
SANAT

YAYIN NO: 619

YA ZAMAN VAR OLMASAYDI?

Carlo Rovelli

Özgün Adı: *Et si le temps n'existait pas? Un peu de science subversive*

© Dunod, Paris, 2012

© Bilge Kültür Sanat Yayın Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Sertifika No: 16228

1. Basım, Mayıs 2014

ISBN: 978 - 605 - 4921 - 19 - 5

Yayın Yönetmeni: *Ahmet Nuri Yüksel*

Kapak: *Kenan Özcan*

Sayfa Düzeni: *Nurel Naycı*

Baskı: *Özener Matbaası*

Kale İş Merkezi Davutpaşa Cad. A Blok No: 201-202 Topkapı / İstanbul

Tel: (0212) 481 97 88

Kapak Baskı: *Azra Matbaacılık*

Cilt: *Yedigün Mücellithanesi*

BİLGE KÜLTÜR SANAT

Nuruosmaniye Cad. Kardeşler Han No: 3 Kat: 1 34110 Cağaloğlu / İSTANBUL

Tel: (0212) 520 72 53 (Pbx) Faks: (0212) 511 47 74

bilge@bilgeyayincilik.com www.bilgeyayincilik.com

YA ZAMAN VAR OLMASAYDI?

Biraz da “sarsıcı” bilim

CARLO ROVELLI

Fransızcadan çeviren
Doç. Dr. Atakan Altınörs



Carlo Rovelli (Prof. Dr.): 1965 yılında İtalya'da doğan yazar kuantum çekimini konusunda uzman bir fizikçi ve öğretim üyesidir. Fizik dışında bilim tarihi ve felsefesi alanında da araştırmalar yapmakta ve dersler vermektedir. Hâlen Fransa'daki Akdeniz Üniversitesi'nde, ABD'deki Pittsburgh Üniversitesi'nde ve Fransız Bilimsel Araştırmalar Kurumu CNRS'te teorik fizik bölümünde görevlidir. Rovelli'nin geliştirdiği "termik zaman" hipotezine göre zaman temel teori seviyesinde var olan bir şey değildir; zaman yalnızca termodinamik bir bağlamda ortaya çıkar ve akış hâlinde olduğu bir yanılsamadır. Rovelli'nin *Quantum Gravity* (Cambridge Üniversitesi Yay., 2004) ve *Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio?* (Di Renzo Yay., 2004) başlıklı kitapları bulunmaktadır.

Atakan Altınörs (Doç. Dr.): Galatasaray Üniversitesi Felsefe Bölümü'nde öğretim üyesi. Yayımlanmış bazı çevirileri şunlardır: *Dilin Kökeni Üzerine* (Ernest Renan'dan çeviri, Bilge Kültür-Sanat Yay.), *Analitik Felsefe* (Jean-Gérard Rossi'den çeviri, Bilge Kültür-Sanat Yay.), *Dilin Kökenleri* (Pascal Picq ve diğerlerinden çeviri, Bilge Kültür-Sanat Yay.), *Sihirli Matematikte 80 Küçük Deneme* (Dominique Souder'den çeviri, Bilge Kültür-Sanat Yay.), *Descartes* (Alfred Fouillée'den çeviri, Efil Yay.), *John Locke* (Jean Didier'den çeviri, Paradigma Yay.), *Leibniz: Hayatı ve Felsefesi* (Emile Boutroux'dan çeviri, Paradigma Yay.), *Monadoloji&Metafizik Üzerine Konuşma* (Leibniz'den çeviri, Bilge Kültür-Sanat Yay.), *İdea Nedir?* (Nayla Farouki'den çeviri, Say Yay.), *Ricoeur Sözlüğü* (Olivier Abel'den çeviri, Say Yay.), *Metafizik Giriş* (Bergson'dan çeviri, Paradigma Yay.), *Metot Üzerine Konuşma* (Descartes'tan çeviri, Paradigma Yay.), *Hakkatın Araştırılması* (Descartes'tan çeviri, Paradigma Yay.), *Zaman ve Anlatı* 4. cilt (Ricoeur'den çeviri, Yapı-Kredi Yay.). Altınörs'ün iki de telif kitabı bulunmaktadır: *İdealar ve Dil Bağlamında Lax ke ile Leibniz* (Efil Yay.) ve *50 Soruda Dil Felsefesi* (Bilim ve Gelecek Kitaplığı Yay.).

İçindekiler

Çevirenin önsözü	7
I. Başkaldırı ve hayâller	9
II. Olağanüstü bir problem: Kuantum çekimi	14
Temel fiziğin içler acısı hâli	14
Uzay, parçacıklar ve alanlar	19
Genel görelilik	22
Kuantum mekaniği	27
Kuantum çekimi	29
III. Halkalar teorisi	33
Londra ve Syracuse	33
Yale	36
Entelektüel dürüstlük	40
Roma	43
IV. Bilim ya da dünyayı düşünmenin yeni biçimlerinin sürekli keşfi	45
Bilim ile felsefe arasındaki diyalog	45
Bilim nedir?	50
Uzayın tarihi: Anaksimandros	52
Uzayın tarihi: İlişki olarak uzay mı? Entite olarak uzay mı?	56
Ama sahiden biliyor muyuz?	59
V. Uzay tanecikleri, spin ağları/şebekeleri, başlangıç kozmolojisi ve kara deliklerin sıcaklığı	63
Spin ağları/şebekeleri	64
John Wheeler	68
Teoriyi test etmek mi?	70
Başlangıç kozmolojisi	73
VI. Zaman yoktur	77
Zamanın izafiliği	77

Zamanın yokluğu	80
Zamanın var olmadığı fikri ne anlama gelir?	81
Alain Connes	86
Avrupa'ya dönüş	89
VII. Halkalar, kordonlar ve diğerleri	93
Günümüzde halkalar teorisi	93
Kordonlar ve diğerleri	97
Ayakları yere sağlam basan teoriler ile varsayıma dayanan teoriler	102
Temel araştırmaların desteklenmesi	106
VIII. Dünyada bilim	109
Demokrasi	110
Eğitim-öğretim	114
Werner Heisenberg: Bilimin sunacağı bir şey var mı?	115
Avrupa	117
Teşekkür	121
Dizin	123

Giriş

Çevirisini sunduğumuz çalışmada, kuantum çekimi alanında uzman bir fizik profesörü olan Carlo Rovelli, bilim adamı olarak kişisel serüvenine paralel bir şekilde modern fiziğin evrimini keyifle okunan bir üslûpla anlatıyor. İzafe teorisinden kuantum fiziğine uzanan bir güzergâhta, kendi uzun soluklu araştırmalarının sonucunda geliştirdiği “zamanın var olmadığı” hipotezini açıklıyor. Üstelik de bunu, konuyu hiç bilmeyen okurların da kolayca anlayabileceği kadar yalın bir şekilde yapmayı başarıyor. Bilimsel merakın nelere kâdir olduğunun otobiyografik bir örneğini sunuyor...

Çevirimde bazı terim karşılıklarının yanına orijinalini köşeli parantez içinde yazarak anlaşılmasını kolaylaştırmaya çalıştım. Gerekli gördüğüm yerlerde (çev.) ibaresiyle dipnotlar düştüm. Kitabın sonuna, hazırladığım adlar ve kavramlar dizinini ekledim. Kitabın, özelde kuantum fiziğine, genelde ise bilimsel düşünceye ilgi duyan herkes için faydalı bir kaynak olacağı umuduyla...

Atakan Altınörs

Ortaköy, 2014

Başkaldırı ve hayâller

Ömrümün büyük bir bölümünü bilime adanmış olmama rağmen, bilim bende geç bir tutku oldu. Gençken, özel olarak bilim değil, tüm dünya beni büyülüyordu.

İtalya'da, Verona'da, huzurlu bir ailede doğdum ve büyüdüm. Babam, ender rastlanan bir zekâyâ sahip, ölçülü ve çekingen bir adamdı; mühendisti ve kendi iş yerini yönetiyordu. O bana dünyaya merakla bakma zevkini aşıladı. Tek çocuğuna aşırı sevgiyle dolu tam bir İtalyan kadını olan annem, ilkokuldaki "araştırmalarım" da bana yardım ederdi ve de durmadan keşfetmem ve öğrenmem için merak hissimi teşvik ederdi.

Verona'da klasik bir liseye gittim. Orada matematikten çok daha yoğun olarak Yunanca ve tarih öğretiliyordu. Kültürel uyaranlar bakımından zengin, ama mahallî burjuvazinin imtiyazlarını ve kimliğini koruma misyonuna kilitlenip kalmış, kendini beğenmiş ve taşralı bir eğitim kurumuydu. Savaşı kaybetmeden önce, öğretmenlerin çoğu ateşli faşistmiş ve kalplerinin derininde hâlâ da öyleydiler. Altmışlı ve yetmişli yıllarda kuşaklar arasındaki çatışma şiddetliydi. Dünya hızla değişiyordu. Çevremdeki erişkinlerin çoğu bu devrimi kabullenmekte güçlük

çekiyordu; savunmacı ve steril tavırlar içinde karşı çıkıyorlardı. Erişkin dünyasına güvenim azdı; öğretmenlerime daha da az. Öğretmenlerimle ve her otorite figürüyle sık sık atışıyordum.

Ergenliğim giderek bir başkaldırı dönemi hâlini aldı. Çevremde dile getirilen değerlerde kendimi bulmuyordum. Kafam çok karıştı ve hiçbir şey bana kesin görünmüyordu. Benim için sadece tek bir şey açıktı: Gördüğüm dünya, bana âdil ve güzel gelen dünyadan çok çok farklıydı. Sakallı bir serseri olma ve hoşuma gitmeyen bu dünyaya uzak durma hayâli kuruyordum. Doymak bilmez bir iştahla okuyordum. Kitaplar bana başka dünyalardan ve farklı fikirlerden bahsediyordu. Bana, henüz okumadığım her kitapta muhteşem gizli hazineler varmış gibi geliyordu.

Bolonya'daki üniversite öğrenimim sırasında, kafa karışıklığım ve erişkinlerin dünyasıyla çatışmam, benim kuşağımın büyük bir kesimiyle ortak bir güzergâhta buluştu. Dünyayı değiştirmek, onu daha iyi ve daha az gayriâdil kılmak istiyorduk; yeni yaşama ve sevme tarzları bulmak, birlikte yaşamının yeni biçimlerini tercübe etmek, kısacası her şeyi denemek istiyorduk. Hep âşık oluyorduk ve durmadan fikir tartışmaları yapıyorduk. Her şeyi, hiçbir *a priori*'ye dayanmadan öğrenmek istiyorduk. Kafa karışıklığı anları ve de harikulâde bir şekilde yepyeni bir dünyanın şafak sökümünün belli belirsiz kendini gösterdiği anlar vardı.

Bu, hayâller kurduğumuz bir çağdı. Çok seyahat ediyorduk: Gerek düşünsel yolculuklara gerekse yeni arkadaşların ve yeni fikirlerin peşine takılıp gerçek yolculuklara çıkıyorduk. Yirmi yaşına geldiğimde, tek başıma dünyayı gezmek

için uzun bir yolculuğa çıkmaya karar verdim. Macera yaşamaya ve “hakikati” aramaya gitmek istiyordum. Bugün elli yaşına yaklaşırken bu naiflik beni güldürüyor. Ama, yine de seçimim bana iyi görünüyor: Bir bakıma hep o çağımda başlamış olan bir maceranın peşinden gittim. Kate-dilecek yol öyle hep de rahat bir yol değildi, ama çılgınca umutları ve sınırsız hayâlleri kenara bırakmadım; sadece onların ardından gidecek cesaret lazımdı.

Bir grup arkadaşla birlikte o dönemin ilk “özgür radyo”larından birini, *Radyo Alice*'i Bolonya'da kurduk. Mikrofon, kendini ifade etmek isteyen herkese sonuna kadar açıldı ve *Radyo Alice* kişilerin tecrübelerinin ve hayâllerinin harman yeriydi. O arkadaşlarımdan ikisiyle, yetmişli yılların sonlarındaki bu İtalyan öğrenci başkaldırısını anlatan bir kitap yazdık.

Ama bu devrim hayâlleri çabucak bastırıldı ve düzen geri geldi. Dünya öyle kolay değiştirilmiyor.

Üniversite eğitimimin tam ortasında, şu hazin duyguyla kendimi eskisinden daha da “yitik” bir hâlde buldum: Gezegenin yarısının paylaştığı bu ortak hayâller okul arkadaşlarımdan birçoğunun zaten gözünden düşmüştü ve benim hayatımı şekillendiren şey hakkında hiçbir fikirleri yoktu. Toplumda statü kazanma dalgasına ayak uydurmak, kariyer yapmak, para kazanmak ve iktidar/güç kırıntıları toplamak, bunların hepsi bana çok hüznü geliyor. Bunları çözemiyordum. Ne mutlu ki bunlardan geriye, bütün bir dünyayı keşfetmek kalıyordu ve dağların ardında hep sınırsız ufuklar hayâl ediyordum.

Bilimsel araştırmayla o sıralarda tanıştım ve onda hem sınırsız bir özgürlük alanı hem de olağanüstü ve bir o kadar da kadim/eski bir macera gördüm. O zamana dek sadece

sınavları başarmam gerektiği için ve bilhassa da hemen zorunlu askerlik hizmetine alınmayayım diye ders çalışıyordum; ama kısa sürede, derslerdeki konular benim ilgimi çekmeye ve giderek de bende bir tutku hâline gelmeye başladı.

Fizik bölümünün üçüncü sınıfında, "yeni fizik" ile, yirminci yüzyıl fiziğiyle tanıştık: Kuantum mekaniği ve Einstein'ın izafiyet teorisi. Bizim dünya görüşümüzü değiştiren ve en sağlamları gözüyle bakılanlar da dâhil olmak üzere eski fikirleri altüst eden, bu büyüleyici fikirler ve olağanüstü kavramsal devrimlerdi. O fikirler ve devrimler etrafında, dünyanın hiç de düşündüğümüz gibi olmadığı keşfedilir. Bu, muhteşem bir düşünsel yolculuktur. Böylece, Hayâl kırıklığına uğrayan bir kültürel devrimden, süregiden bir düşünsel devrime doğru kaydım.

Bilimle birlikte, önce dünyayı kavrama yönünde kurallar tesis eden ve ardından da bu kuralları değiştirmeye/dönüştürmeye muktedir hâle gelen bir düşünce tarzını keşfettim. Bilginin peşinden gidişteki bu özgürlük beni büyülemişti. Merakımın ve belki de, Galilei'nin dostu ve modern bilimin vizyoneri olan Federico Cesi'nin adlandırmasıyla "doğal bilme arzusu" nun beni itmesiye kendimi -nerdeyse farkında olmadan- teorik fizik problemlerine boğazıma kadar batmış bir hâlde buluverdim.

Yani bu disipline ilgim, bilinçli bir seçimden ziyade tesadüfen ve merak yoluyla doğdu. Lisedeyken matematikte başarılıydım, ama kendimi özellikle felsefeye meraklı hissediyordum. Üniversitede felsefe yerine fizik okumayı seçişim de özellikle, kurumsallaşmış yapıları hor gören kendi çocuksu anlayışım içinde, felsefi meseleleri okulda tartışılmayacak kadar ciddi ve önemli bulmamdandır.

Böylece, yeni bir dünya kurma hayâlîm katı gerçekliğe tosladığı anda bilime sevdalandım; her biri keşfedilmeyi bekleyen sonsuz sayıda yeni dünya içeren ve bana, bizi çevreleyen şeylerin keşfinde özgür ve aydınlık bir yol izleme imkânı sunan bilime. Bilim benim için, değişim ve macera arzundan vazgeçmeme, düşünme ve kimsem o olma özgürlüğümü elimde tutma ve de bütün bunları, beni çevreleyen dünya ile muhtemel çatışmaları en aza indirgeyerek yapma imkânı sunan bir uzlaşma idi. Çatışmak bir yana, bilâkis, dünyanın sevdiği bir şey yapıyordum.

Entelektüel ya da sanatsal çalışmanın büyük bir bölümünün, köklerini bu çatışmada bulduğuna inanıyorum. Bu çatışmada, potansiyel “yoldan sapmışlar” için bir tür sığınak vardır. Aynı zamanda, toplum bu tür kişilere ihtiyaç duyar, zira toplum bir denge durumunda yaşar: Bir yanda, toplumun istikrarını ve sürekliliğini sağlayan ve de hâlihazırda inşa edilmiş olan şeyleri tahrip etmenin doğuracağı düzensizliği engelleyen kuvvetler; diğer yandaysa, hâlihazırda inşa edilmiş olan şeyleri azar azar değiştirme ve onu geliştirip daha kâmil kılma yönündeki önüne geçilemez arzu. Bu değiştirme arzusu olmaksızın uygarlık büyümezdi ve bugün bulunduğu noktaya gelmezdi; hâlâ firavunlara tapıyor olurduk.

Gençliğe özgü merakın ve her ne kadar kimileyin daha az dile getirilebilse de her kuşakta mevcut olan değiştirme açlığının, toplumun tekâmülünün ilk kaynağı olduğunu düşünüyorum. İstikrarı koruyan, ama tarihe fren yaptıran “düzen figürleri”nin yanında, hayâller kuran ve yeni dünyalar, orijinal fikirler, realiteye umulmadık bakış ve onu kavrayış tarzları keşfetmeye atılan insanlar lâzımdır. Dünyamız, geçmişte hayâl kurma becerisine sahip insanlarla

düşünölmüş ve inşa edilmiştir. Geleceğimizin doğuşunu sağlayacak olan tek şey de, yeni ve çok sayıdaki hayâl olacaktır.

Bu kitap, merakımın ve hayâllerimin, rastladığım fikir-
lere ve arkadaşlara hayranlığımın bende uyandırdığı he-
vesle katettiğim yolun bazı uğrakları ile, bu güzergâhın
değeri ve anlamı üzerine bazı refleksiyonlarımı bir araya
getiriyor.

II

Olağanüstü bir problem: kuantum çekimi

Üniversite dördüncü sınıfta bir İngiliz fizikçi olan Chris Isham tarafından *kuantum çekimi* [*gravitation quantique*] konusunda kaleme alınmış bir makale elime geçmişti. Makale, çağdaş fizik temeli üzerinde, zaman ile uzayın tanımına, yani dünyanın temel yapısına bağlı olan çözülmemiş aslı bir meselenin bulunduğunu açıklıyordu. Bu makaleyi iştahla okudum. Pek de bir şey anlamadım, ama makalenin taslağını çizdiği problem beni büyüledi. İşte o problem...

Temel fiziğin içler acısı hâli

Yirminci yüzyılın büyük bilimsel devrimi iki ana bileşenden oluşur: Bir yandan *kuantum mekaniği*, diğer yandansa Einstein'in *genel göreliliği* vardır. Mikroskobik şeyleri çok iyi tasvir eden kuantum mekaniği, madde hakkında bildiklerimizi derinden sarstı. Çekim kuvvetini çok iyi açıklayan genel görelilik, Zaman ve Uzay hakkında bildiklerimizi kökten değiştirdi. Her iki teori sağlamca doğrulandı ve çağımız teknolojisinin büyük bir kısmına temel teşkil etti.

Oysaki bu iki teori, dünyayı, birbiriyle bağdaşmaz gibi görünen çok farklı iki tarzda tasvir etme noktasına

varır. Bu iki teorinin her biri, sanki diğeri mevcut değilmişçesine kaleme alınmıştır. Bir genel görelilik profesörünün derslerinde sabahtan akşama kadar açıkladığı şeyler, yandaki amfide öğrencilerine kuantum mekaniği öğreten meslektaşı için anlamsızdır; beriki için de aynı şey geçerlidir. Kuantum mekaniği, genel görelilik teorisi tarafından yanlışlanan eski “zaman” ve uzay mefhumlarını kullanır. Keza genel görelilik de, kuantum mekaniğince yanlışlanan eski madde ve enerji mefhumlarını kullanır.

Ne mutlu ki iki teorinin eşzamanlı olarak uygulandığı gündelik bir fiziksel durum yoktur. Fenomenler basamaklarında ya biri olur ya diğeri. Ve de her iki teorinin uygulandığı, çok küçük uzaklıklar gibi, bir kara deliğin ömrü veya evrenin ilk anları gibi durumlar, şimdilik elimizdeki aygıtlarla ulaşılabilen şeyler değil. Ne var ki bu iki büyük keşfi nasıl birbirine eklemeyeceğimizi bilmedikçe dünyayı düşünmede global bir çerçeveden de yoksun kalıyoruz. Parça parça ve içsel olarak dayanıksız açıklamalarla, bir tür zihinsel yarlımsılık hâlinde bulunuyoruz. Öyle ki Uza-yın, Zamanın ve Maddenin ne olduğunu artık bilmiyoruz. O hâlde günümüzde temel fizik içler acısı bir hâdedir.

Bu durum tarihte daha önce de meydana gelmişti: Newton'ın birleyici [*unificatrice*] çalışmasından önce. Gezegenleri ve yıldızları gözlemleyen Kepler'e göre gök cisimleri elips çizer. Düşen cisimleri inceleyen Galilei'ye göre onlar parabol şeklinde hareket eder. Ama, Kopernik'in kavradığı gibi, Arz, evrendeki diğer yerler gibi bir yerdir. Demek ki Arz hakkında bir teori ve Gök hakkında başka bir teori kullanmak makul değildir.

Newton ise iki görüşü tek bir teoride bağdaştırmayı başardı ve bu çok güzel birlik üç asır boyunca geçerli kaldı.

Besbelli bu zor bir problem. Ama yirmi yaşındaki bir genç adamın atılganlığıyla üniversite son sınıfa doğru, bunun mesleki hayatımı adamak istediğim bir meydan okuma olduğuna karar verdim. Zaman ve uzay gibi temel kavramları inceleme fikri ve durumun gerçekten de fazlasıyla karmaşık görünmesi beni cezbediyordu.

İtalya'da bu konu üzerine çalışan hemen hemen hiç kimse yoktu. Profesörlerim, ağız birliği etmiş gibi, benim bu konuya yönelmemi kesinlikle tavsiye etmediler. Bana şöyle diyorlardı: "Bu, hiçbir yere çıkmayan bir yoldur", "Asla iş bulamazsın" ya da "Hâlihazırda kurulu ve de iyi bir ekip arayıp bulmak zorunda kalacaksın". Ama, ne mutlu ki büyükler tarafından verilen ihtiyatlı olma öğütlerinin tek sonucu, neşeli gençlik dikbaşlılığını pekiştirmektir.

Çocukken, İtalyan yazar Gianni Rodari'nin kaleme aldığı masalları okurdum. Onlardan birinde yazar, Giovannino'nun ve hiçbir yere çıkmayan yolun öyküsünü anlatır. Giovannino, herkesin hiçbir yere çıkmadığına inandığı bir yolun bulunduğu bir köyde yaşar. Ama, herkesin ona dediklerine karşın, Giovannino meraklı ve dikbaşlıdır: Yolun sonunu görmeye gitmek ister. Bunu yapar da. Yolun sonunda bir şato ve bir prenses çıkar karşısına; prenses onu değerli taşlara boğar. Köye, kucak dolusu değerli taşla geri döndüğünde, onu gören köylüler yolun sonuna doğru koşmaya başlar; ama hiçbiri orada tek bir taş bile bulamaz. Bu öykü hatırımda kalmış. Ben de kuantum mekaniğiyle, herkese göre hiçbir yere çıkmayacak bir yolda, kendi yolumu buldum. Bununla birlikte, kendi prensesimi ve ışıldayan bir sürü değerli taşı da buldum.

Uzay, parçacıklar ve alanlar

Bir anahtar kavramdan yola çıkarak kuantum çekimi meselesinin kaynağını ve güçlüğünü biraz daha ayrıntılı tasvir etmeyi deneyeceğim: Uzay kavramı.

Daha âşina olduğumuz dünya anlayışı temelinde uzay mefhumu, dünyanın koca bir “konteynır” olduğu yönündedir: Herhangi bir özel istikameti olmayan [“yukarı” veya “aşağı” gibi -çev.], cihandaki olayların onun içinde cereyan ettiği, düz, sabit ve düzenli bir tür kocaman kutu. Bildiğimiz bütün cisimler bu kutu-uzayda bulunur ve orada yer değiştirir/hareket eder. Newton tarafından geliştirilen ve kullanılan dünya anlayışı böyledir: Katı parçacıkların, içinde yer değiştirdiği/hareket ettiği kutu-uzay. Newton, bugün hâlâ bütün teknoloji ve mühendislik alanlarında sayısız uygulamaya temel teşkil eden o güçlü teorisini bu yalın imge temeli üstünde inşa etmiştir.

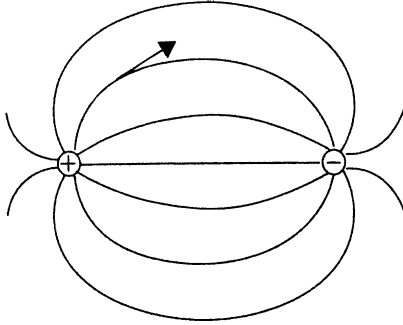
Newton’dan iki yüz yıl sonra, on dokuzuncu yüzyılın sonlarında, James Clerk Maxwell ile Michael Faraday yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvveti inceledi ve bu onları, söz konusu dünya anlayışı hakkında küçük bir değişikliğe yöneltti: O anlayışa bir üçüncü unsur eklediler. Bu yeni unsur elektromanyetik “alan” unsurudur; onların ardından gelecek bütün fizikte büyük bir önem taşıyacak olan yeni bir unsur.

Elektromanyetik alan, elektriksel ve manyetik kuvvetlerin taşıyıcısıdır. Bir alan, bütün uzayı dolduran yayımlı bir tür entitedir [*entité*]. Faraday elektromanyetik alanı, pozitif elektriksel yüklerden çıkan ve negatif elektriksel yüklere varan bir *hatlar* kümesi olarak tasavvur eder. Bu hatlar bütün uzayı kaplar. *Görsel 1’de* bu hatların bazıları

belirtilmektedir, ama gerçekte bunlar sonsuz sayıdadır ve süreklilik arz eden bir surette bütün uzayı doldururlar.

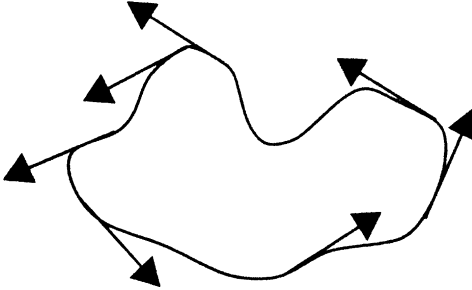
Uzayın her noktasından bir Faraday hattı geçer. Bu hattın bir noktadaki doğrultusu, hatta tanjant geçen bir vektör ile (küçük bir okla) belirtilir. Alan, bu vektör doğrultusunda, bu çevrede konumlanmış olan bir elektriksel yük üstüne elektriksel bir kuvvet uygular.

Görsel 1: İki yük etrafındaki elektriksel alan; bu alan hatlarından, Faraday hatlarından oluşur. Alanın bir noktadaki doğrultusu okla gösterilir.



Faraday'ın ve Maxwell'in büyük keşfi, bu alanın, elektriksel yüklerden bağımsız olarak mevcut özerk/otonom bir entite olduğudur. Yükler olmasa da "Faraday hatları" mevcuttur. Bu hatların varabileceği yükler olmasa da hatlar kendi üzerlerine kapanır ve böylece uzayda, *hal-kalar* diye adlandırılan kapalı eğriler oluşturur. Bu Faraday hatlarından biri, *Görsel 2*'de tasvir edilmektedir.

Görsel 2: Kapalı bir Faraday hattı, yani bir halka. Oklar, her yörede Faraday hattına tanjant geçen elektriksel alanı temsil eder. Bu hatlar bütün uzayı kaplar ve elektromanyetik alanı meydana getirir.



Faraday dâhi bir deneyci ve bilhassa da büyük bir vizyonerd; ama, matematiksel teknikten tamamen yoksundu. Maxwell ise Faraday'ın ortaya koyduklarını matematiksel formüllere tercüme edebildi ve onlardan çıkabilecek bütün sonuçları çıkardı. Maxwell denklemleri, Faraday tarafından görülen elektromanyetik alanı, yani Faraday hatlarını açıklar. Maxwell'in bir noktadaki elektriksel alanı, tam da bu noktadan geçen Faraday hattına tanjant olan küçük oktur.

Alan, bir hareket eden hatlar denizi gibi davranır. Her hareket giderek yaklaşarak yayılır. Her hattın şekli ne sabittir ne de nedensizdir/keyfidir; Maxwell denklemlerinde formüle edilen kurala tâbidir. Hatlar denizdeki dalgalar gibi sürekli olarak hareket eder ve komşu hatlar ile elektriksel yüklerin eylemlerinin etkisiyle deforme olur. Yükler var olduğunda, hatlar halkaları açar ve elektromanyetik alana, *Görsel 1*'de sunulan bir görünüm verir.

Maxwell'in dâhiyane bir adımı, ışığın, alan hatlarının hızlı dalgalar şeklindeki bir hareketinden ibaret olduğunu

anlamasıdır. Gerçekte *sadece* alan "gördüğümüz" hâlde, alanların "görünmez" olduğu sık sık dile getirilir! Biz doğrudan doğruya bizzat nesnelere değil, nesnelere yansıyan ışığı görürüz.

Farklı dalga boylarına sahip elektromanyetik dalgaların büyük bir çeşitliliği vardır. İlk kez Hertz, uzak mesafelere enformasyon göndermek üzere, ışıktan daha yavaş titreşen radyo dalgalarını kullandı. Bundan itibaren de yüzlerce başka uygulama modern teknolojimizi azar azar zenginleştirdi ve dünyanın çehresini değiştirdi.

Sonuçta, Faraday'ın ve Maxwell'in çalışmaları, Newton'dan kalan dünya anlayışını değiştirdi, ama çok da temelden değil. Hâlâ, bir kutu-uzayın mevcut olduğu ve şeylerin de o uzayda hareket ettiği tasavvur edilmektedir. Tek ilâve, kutu-uzay ve parçacıklar yanında elektromanyetik alan olmuştur. İlk ikisine bir üçüncü entite ilâve edilmiştir.

Genel görelilik

Uzay kavrayışımızda hakikî bir devrim, 1915'te Einstein ile gerçekleşti. Einstein, Maxwell'in çalışmalarından çok etkilenmişti. Kendi nâmına, kütle çekim kuvvetini (bizi Arz'a çeken, Arz'ı Güneş'e yakın tutan, Ay'ı da Arz'a yakın tutan kuvvet) açıklamaya uğraşıyordu. Einstein, elektromanyetik alana benzer bir alan olarak *kütle çekimsel alanı* ışın içine dâhil etmek gerektiğini anladı. Nasıl ki yükler arasındaki elektriksel kuvvet onlar arasındaki uzayı kuşatan elektromanyetik alan tarafından taşınıyorsa, iki kütle arasındaki kütle çekim kuvveti de bir kütle çekimsel alan tarafından taşınması gerekir. Yani, bütün uzaya yayılan bir kütle çekimsel alan oluşturarak kütleleri birbirine bağlayan ve onları hareket ettiren, titreştiren, dalgalandıran

kütle çekimsel “Faraday hatları” da var olsa gerekir. Yani, elektromanyetik Faraday hatları dışında uzayda bir de kütle çekimsel alanın Faraday hatları var olabilir. Einstein kütle çekimsel alanı işin içine dâhil eder ve -bugün “Einstein denklemleri” diye anılan- denklemlerini Maxwell’in denklemleri modeline göre yazar.

Sadece kütle çekimi alanını işin içine dâhil etmiş ve onun denklemlerini yazmış olsaydı Einstein büyük bir bilim adamı olarak kalırdı, bir dâhi olmazdı. Einstein’ın keşfi çok daha ötelere uzanır. Bu alanı açıklayan formu ve denklemleri araştırarak Einstein şaşırtıcı bir keşifte bulunur: Kütle çekimi alanının ve Newton’ın kutu-uzayının *bir ve aynı şey* olduğunu anlar. İşte onun en büyük keşfi de budur.

Bay A ile Bay B’nin gerçekte aynı kimse olduğunu keşfetsek, bunu iki şekilde ele almak mümkün olurdu: Deneyebilirdi ki Bay B diye biri yoktur, çünkü gerçekte o Bay A’dır; yahut da Bay A diye biri yoktur, çünkü gerçekte o Bay B’dir. Böylece Einstein’ın keşfi iki şekilde dile getirilebilir. İlki: Kütle çekimsel alan yoktur; hareket eden, titreşen ve deniz gibi dalgalanan şey, uzayın ta kendisidir. Bu, konuyu takdim etmenin sık rastlanan bir şeklidir; ama sorunludur, zira uzayın, elektromanyetik alandan tamamen farklı öze sahip bir şey olduğunu düşünmeye yol açar. Oysa, elektromanyetik alan ve kütle çekimsel alan birbirinden bu denli farklı türde şeyler değildir. Demek ki Einstein’ın büyük keşfini tasvir etmenin en iyi yolu, Newton’ın uzayının olmadığını söylemektir: O gerçekte, kütle çekimsel alandır. Newton kütle çekimsel alanı, başlı başına bir entite, -aslında var olmayan- mutlak bir uzay saymıştır/sanmıştır.

Bu, beklenmedik ve etkileyici bir keşiftir. Newton'ın sabit, katı bir kutu gibi tasvir ettiği uzay gerçekte mevcut değildir. Var olan, kütle çekimsel alandır: Elektromanyetik alan ile aynı türdeki elastik ve dinamik bir fiziksel obje.

Bir anda, dünya artık uzayda yaşayan parçacıklardan ve alanlardan meydana gelen bir şey olmaktan çıkıp sadece parçacıklardan ve alanlardan meydana gelen bir şey olur. Âdeta, birinin öbürünün içinde yaşadığı alanlardan meydana gelen bir şey. Biz, kütle çekimi alanı üstünde ya da kütle çekimi alanı içinde yaşıyoruz, ama katı bir kutu-uzayda değil.

Okyanusta bir ada hayâl edin. Orada çok sayıda hayvan yaşasın; “bir adanın üstünde hayvanlar” olduğunu söyleriz. Ama Einstantium adlı genç bir deniz biyoloğu sıkı bir araştırma yapar ve adanın bir kara parçası olmadığını keşfeder: Ada sanılan şey gerçekte devâsâ bir balınadır. Yani, hayvanlar adanın üstünde değil, bir başka hayvanın üstünde yaşamaktadır. Artık, “adanın üstündeki hayvanlar”dan değil, “bir hayvanın üstündeki hayvanlar”dan söz edilebilir. Adanın aslında bir balina olduğunun keşfi, diğerleri gibi bir hayvanın söz konusu olduğunu, yani hayvanlar ve adalar olmak üzere farklı yapıda *iki entitenin* var olmadığını, “diğer bir hayvanın üstünde” yaşayan hayvanlar olmak üzere aynı yapıda entitelerin var olduğunu bize gösterir; artık, suyun üstünde yükselen bir kara parçasına referans yapmaya gerek kalmaz.

Einstein da aynı şekilde, alanların, bir kutu-uzayda yaşamasının gerekmediğini, zira onların “birbiri üstüne binerek” yaşayabildiğini anlamıştır. Newton'ın dünyası hayvanlara mesken olan ada gibiydi; yani, sabit, durağan, hareketsiz bir ada. Einstein ise aslında Newton'ın

yanıldığını ortaya koydu: Uzay, alanlardan ve yer değiştiren parçacıklardan çok farklı bir şey değildir. Bilâkis, diğerleri gibi o da bir alandır. Hareket edebilir, dalgalanabilir, eğilebilir ve onun davranışı tam da elektromanyetik alanlar gibi denklemler (Einstein denklemleri) tarafından çekip çevrilir.

Tabi ki kütle çekimi alanının modifikasyonları bizim fenomenler basamağımız açısından öylesine zayıftır ki uzay bize mükemmelen homojen ve tıpkı hayvanlar adasındaki balinanın sırtı gibi düz gelir. Nasıl ki bir A-4 kâğıdının pürüzlerini parmağımızla hissedemiyorsak aynı şekilde uzayın yapısı da algımızdan kaçır. Ama, hayli dakik âletlerle uzay-zamanın “dalgalanmaları”nı görüyoruz. Kısacası, “uzayda/uzayın içinde alanlar” değil, “alanların üstünde alanlar” vardır.

İşte, Einstein’ın *genel görelilik* diye adlandırılan teorisi budur. “Görelilik/izafiyet” söz konusudur, çünkü nesnelere uzayda belli bir yerde konumlamak artık mümkün değildir; sadece diğer nesnelere göre, yani öbürlerine “izafen” bir konumlama mümkündür. Ve de bir “genel” görelilik söz konusudur, zira teori, kütle çekimi kuvveti teorisi olarak doğar; onun önemi de uzay mefhumunu dönüşüme uğratması ve dolayısıyla da topyekûn hâliyle fiziksel dünyaya dair kavrayışımızı değiştirmesi oranında “genel”dir.

Bu teori çok güzeldir, ama anlamak zordur. Kesin formülasyonu için karmaşık bir matematik (bir kutu uzayda değil, başka alanlar üstünde yaşayan alanları açıklayan düzeyde bir matematik) gereklidir. Ama, teori iyi anlaşıldığında, insan onun yalınlığına ve kavramsal açıklığına hayran olur. Başlangıcında birbirinden kopuk duran

kavramlar -uzay, kütle çekimi kuvveti, alanlar- tek bir yalın entitenin nice farklı veçhesi hâline gelir: Kütle çekimsel alan.

Einstein bu teoriyi nasıl buldu? Einstein'ın çalışmalarında deneyin/deneyimin zayıf bir rol oynadığı ve onun keşiflerinin "saf/katıksız düşünce"nin sonuçları olduğu şeklindeki yaygın fikre itiraz edeceğim. Genel görelilik Einstein'ın saf/katıksız bir yaratacılığı gibi görülür: Uzayın yapısı hakkında muhakeme ederek büyük dâhi uzayın eğri olduğunu anlar, bir tutulma boyunca yıldızların görünen yer değiştirmelerini hesaplar ve alm size haklı çıkar! İşler böyle olup bitmiş değildir. Einstein teorilerini "yok"tan var etmemiştir. Onun çalışma tarzı, yaşadığı çağdaki yerleşik teorileri çok ciddiye almak ve o teoriler arasındaki görünür çelişkiler üstüne, yani (kitabın altıncı bölümünde daha ayrıntılı olarak bahsedeceğim) özel görelilik hakkındaki 1905'teki keşfi bakımından Maxwell'in teorisiyle Galilei-Newton mekaniği arasındaki çelişkiler üstüne ve de genel görelilik hakkındaki 1915'teki keşfi bakımından Newton'm kütle çekimi teorisi ile özel görelilik arasındaki çelişkiler üstüne yoğunlaşmaktı. Einstein bu teorilerden, onları kapsayan yeni bir kavramsallaştırma bulmak üzere bir temel gibi faydalandı. Mevcut teoriler Einstein için, tıpkı Kepler'in ve Galilei'nin teorilerinin Newton için temel malzemeyi oluşturmasındaki gibi, bir yapı inşa etmek üzere kullanılan deneyim verileri rolünü oynar. Tıpkı Newton'm keşifleri gibi Einstein'ın saf/katıksız spekülasyonlar olmanın uzağındaki keşifleri, her ne kadar deneyim verileri, önceden var olan teoriler hâlinde hâlihazırda yapılanmış olsa bile, çok güçlü bir şekilde ampirizme tutunmaktadır.

Henüz yirmi yıl önce genel görelilik çok güzel, ama pek az uygulaması ve pek az deneysel teyidi bilinen egzotik bir teori olarak mütalâa ediliyordu. O zamandan beridir genel göreliliğin deneysel teyitlerinin ve uygulamalarının bir patlamasına şahit olundu. Uygulamalar çok değişik alanlardadır: Astrofizikten kozmolojiye ve de kütle çekimsel dalgaları (teorinin öngördüğü, Faraday'ın kütle çekimsel hatlarının titreşimleri) açığa çıkaran deneylere kadar.

Artık etkileyici bir şekilde teyit edilmiş olan, teorinin çok sayıdaki öngörüsü arasında yalnızca, yakın zamanda evrende çok net teşhis edilen kara deliklerin mevcudiyetini anacağım. Uygulamaları arasında da sadece, günümüzde herkesin bildiği GPS'i (*Global Positioning System*) anacağım. Doğa sporları malzemesi veya taşıt aracı ekipmanı satan mağazalarda bulunan ve gezegenimiz üstündeki konumu bildiren bu küçük aygıt, genel görelilik hesaba katılmaksızın icat edilemezdi.

Ama, Einstein'ın bu devrimi, yirminci yüzyıl fiziğini altüst eden tek devrim değildir. Öbür büyük devrim kuantum mekaniği devrimidir. Kökleri yine Newton'ın teorisinde bulunan bu devrim, nesnelere ve maddeyi düşünme şeklimizi değiştirmiştir.

Kuantum mekaniği

Nesne mefhumu Faraday ve Maxwell ile zaten biraz değişmişti. Dünya sadece parçacıklardan, yani minik katı "çakıl taşları"ndan değil, elle tutulmayan ve yayımlı alanlardan da müteşekkildi. Ama, kuantum mekaniğiyle nesne mefhumunda gerçekleşen devrim çok daha radikaldir. Atomlar, radyasyon, ışık, vb. hakkındaki uzun

deneysel araştırmalar ve neredeyse "epik" bir teorik mücadele (mücadelenin tarafları çok sayıdadır: Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Paul Dirac, vd.) sayesinde Newton'm madde hakkındaki vizyonunun, mikroskobik nesnelere hiç de uygun düşmediği keşfedildi.

Kuantum mekaniği esasen bize iki Şey ğretir. nce-likle, çok küçük basamaklarda daima belirli bir "tanecik boyutu" [*granularit*] olduğu keşfedilir. Örneğin sınırlı bir meknda yer değiştiren bir mikroskobik âlem nesnesi, herhangi bir hıza sahip olamaz; ancak özel bazı hızlara sahip olabilir -onun hızının "kuantumlanmış" olduğundan bahsedilir. Pek çok fiziksel büyüklük bu tanecik boyutundadır ve kuantumlanmıştır. Bir atomun, meselâ herhangi bir değer alabildiği düşünülebilecek olan bir atomun enerjisi, gerçekte ancak -teoriden hareketle hesaplanabilen- belirli değerler (atomun "enerji seviyeleri") alabilir. Her Şey, sanki bu enerji tanecik yapısındaymış [*granulaire*] gibi olup biter: Küçük enerji paketleri ya da enerji "kuanta"ları vardır. Alanlar için de aynı Şey geçerlidir. Elektromanyetik alan, hareket eden bu hatlar topluluğu en küçük basamakta gözlemlendiğinde, "protonlar" diye adlandırılan *taneler*den veya "kuanta"lardan meydana gelmiştir.

Kuantum mekaniğinin diğer bir yeniliği, her Şeyin hareketinde rastlantısal bir bileşen bulunduğudur. Harekette içsel bir belirlenemezlik vardır. Bir parçacığın mevcut durumu, Newton'ın farz ettiği gibi ardından meydana gelecek Şeyi kesin olarak tayin etmez. Şeylerin hareket etme tarzı, mikroskobik basamakta, olasılıklarca yönetilir: Bir Şeyin vuku bulma *olasılığı* (deneyi çok tekrarlırsak

bunun kaç defa vuku bulacağı) çok kesin olarak hesaplanabilir, ama gelecek kesin biçimde öngörülemmez. O hâlde dinamik, determinist değildir, olasılığa dayalıdır. Bu itibarla, bir parçacık artık konumu aracılığıyla açıklanamaz; daha ziyade, parçacığın orada olabileceği her bir konuma dair olasılıkları sunan bir olasılık “bulutu” ile açıklanır. Yani her parçacık veya foton ile bundan böyle bir olasılıklar bulutuyla bağlantılandırılır. Artık, bir parçacığın hareketi değil, “parçacığın zamandaki mevcudiyet olasılığının evrimi” açıklanır.

Determinizm ve süreklilik, madde hakkındaki klasik düşüncenin iki temel yapısal unsuru bundan böyle kadük olmuştur. Dünyaya çok yakından bakıldığında o süreksiz ve ihtimalidir [*probabiliste*].

İşte, yirminci yüzyılın başındaki iki büyük kavramsal devrimden öğrendiklerimiz bunlardır ki söz konusu devrimler son derece kesin bir şekilde doğrulanmış olup bütün güncel teknolojimizin temelinde yer almaktadır.

Kuantum çekimi

Nihayet, kuantum çekimi problemine varıyoruz. Kuantum mekaniğinden öğrendiklerimizle genel görelilikten öğrendiklerimizi bütünlemeyi denersek neler olur?

Bir yandan, Einstein, Uzayın elektromanyetik alan gibi bir alan olduğunu ortaya çıkardı. Diğer yandansa kuantum mekaniği bize, her alanın kuantalardan oluştuğunu ve sadece bu kuantaların “olasılık bulutu”nun açıklanabildiğini öğretiyor. Bu iki fikir bir araya getirilirse, doğrudan çıkan sonuç, Uzayın, yani kütle çekimsel alanın da tam da elektromanyetik alan gibi tanecikli bir yapı arz et-

mesi gerektiğidir. O hâlde “uzay tanecikleri” var olsa gerekir. Üstelik, bu taneciklerin dinamiği ihtimali olmalıdır. Öyleyse uzay, “uzay taneciklerinin bir olasılık bulutu” olarak açıklanmalıdır. Bu, olağan/alışıldık içgörümüze uzak düşmesi bakımından biraz baş dönmesi uyandıran bir kavrayıştır; ama bununla birlikte, en iyi teorilerimizden çıkan da bu görüştür. Newton’ın kutu-uzayı artık mevcut değildir. Uzay, dalgalanan bir alandır ve onun yapısı da olasılık yasalarına tâbi taneciklerden meydana gelir.

Ama, “uzay tanecikleri” ne anlama gelebilir? Onları nasıl tasvir etmeli? Ve hangi matematikle? Onları yöneten denklemler nelerdir? “Uzay taneciklerinin olasılık bulutları” ifadesi ne anlama gelir? Gözlem ve ölçüm yaptığımız şeyler üstünde, onların meydana getireceği sonuçlar nelerdir? İşte, bütün kuantum çekimi problemi budur: Uzay taneciklerinin bu olasılık bulutlarını açıklayan bir matematiksel teori kurmak ve onların ne anlama geldiğini kavramak.

Ama, problem bununla sınırlı kalmaz. 1905’te, genel göreliliğin keşfinden on yıl önce, Einstein uzayın ve zamanın ancak beraberce açıklanabildiğini de keşfetti: Onlar sıkı sıkıya birbirine bağlıdır ve birbirinden ayrılamaz bir bütünlük olarak *uzay-zaman*’ı meydana getirir. O hâlde, uzayın yerine kütle çekimsel alanın geçirilmesi gerekir dediğimde bu, olması gereken belirlilikte/kesinlikte bir şey değildi. Yine o hâlde, tanecikli olması gereken sadece uzay değil, uzay-zamandır. Ama, ihtimali bir zaman da nedir?

Bu konuya gelebilmek için, olağan/alışıldık uzay kavrayışımızla artık alâkası bile olmayan bir kavramsal şema kurmamız gerekir. Zamanın artık, onun [cihanın] içinde aktığı sürekliliği bir değişken olmadığı, uzay-zaman tanecik-

lerinin bu olasılık bulutu üzerinde temellenmiş farklı bir şey hâlini aldığı bir cihan düşünmek gerekir.

İşte, üniversitede yüksek lisans yaptığım sırada varlığını keşfettiğim çözülmemiş olağanüstü problem budur. Arkadaşlarımla beraber öğrenci devrimi hakkındaki (polisin hiç hoşlanmadığı ve “bize, komünist arkadaşlarının adlarını vereceksin!” diye Verona emniyetinde falakadan geçirilmeme mâl olan) kitabımı yazmış olduğum dönemde, problem hakkında o zamana kadar teklif edilmiş olan çözümleri anlamaya çalışarak gitgide uzay-zamanı inceleme işine gırtlığıma kadar batıyordum.

Pek de kolay olmayan bir süreçle Padou Üniversitesi'nde bir doktora programına girmeyi başardım ve benimle fazla meşgul olmayan, ama takip etmek istediğim yolda ilerlememe müsaade eden bir profesörü tez danışmanım olarak seçtim. Tez yıllarımı, kuantum çekimi problemi hakkında bilinen her şeyi ve de problemi çözmeye dönük olarak o dönemde mevcut bulunan bütün girişimleri sistemli biçimde incelemeye adadım. Diğer doktora öğrencileri ilk makalelerini yayımlatmıştı bile; oysaki ben tezimdaki ilk üç yılımı tek bir yayın bile yapmadan geçirmiştim. Beni alâkadar eden, kariyer değildi; incelemek, araştırmak ve öğrenmekti.

O dönemde, söz konusu problemi çözme yönünde pek az fikir vardı ve onlar da sadece embriyon hâlindeydi. En aydınlık görünen yol, Wheeler-DeWitt adıyla anılan bir denkleme bağlı idi. Bu denklem ilkece, “kütle çekimsel alanın tam kuantik denklemi” idi. Einstein'ın genel görelilik denklemleriyle kuantum mekaniği denklemleri sırf kombine edildiğinde bu denklem elde ediliyordu.

Ama, Wheeler-DeWitt denklemi, her tür güçlüğü de beraberinde getiriyordu: Matematiksel açıdan bakıldığında kötü tanımlanmıştı, fiziksel imlemi [*signification*] daha da puslu kalıyordu ve öyle aman aman hesaplamalar yapmaya imkân vermiyordu. Yani tez yıllarım boyunca keşfettiğim durum çok bulanıktı.

Çeyrek asır sonra ise işler çok değişti. Bugün, kuantum çekimi problemine yönelik mümkün çözümler bilinmektedir; her ne kadar bu çözümlerin hiçbiri tam olmasa da ve onlardan hangisinin en iyisi olduğunu henüz bilmiyorsak da.

Benim şansım ve kismetim, bu çözümlerden birinin üretilmesine katılmak oldu: *Loop quantum gravity* ya da “halkalar teorisi”.

III

Halkalar teorisi

Tezim boyunca, önceden olduğu gibi yine, yeni fikirlerin ve yeni arkadaşlıkların peşinde seyahatler yaptım; ama bu kez çok daha belirli/kesin bir hedefe yönelik olarak: Kuantum çekimiyle ve de zaman ile uzay meseleleriyle ilgilenen insanlarla karşı karşıya gelme hedefi. Muhtelif kaynaklardan gelen bütçelerle (İtalya yasalarıncı yabancı ülkelere öğrenim görmeye giden doktora öğrencilerine bağlanan fonlarla, -varlığını, Trente'nin Fizik Bölümü'nün ilân panosuna asılmış bir not ile tesadüfen öğrendiğim- özel bir vakıfça tahsis edilen araştırma bursuyla ve kendi biriktirdiğim harçlıklarla) kuantum çekimi konusunda çalışan dünyanın en büyük figürlerine ziyaretlerde bulundum. Onlara ziyaretimi mektupla bildiriyordum (henüz elektronik posta yoktu!) ve atlayıp gidiyordum.

Londra ve Syracuse

Görmek istediğim ilk kişi, konuya coşkumu uyandıran makalenin yazarı olan Chris Isham'dı. Onunla birlikte Londra Kraliyet Koleji'nde iki ay kaldım. Orada, renkli dünya ile ve teorik fizik araştırmacılarıyla ilk kez karşılaştım: Kravatlı-takım elbiseli gençler ve de büyük bir doğallık içinde

renkli bandanalarından taşan uzun saçlarıyla ve ayaklarında sandaletleriyle diğer araştırmacılar bir arada çalışıyordu: dünyanın bütün dilleri ve bütün fizyonomileri bulmuş gibiydi ve orada, zekâya duyulan hürmet ortaklığında, bir tür “farklılıktan doğan sevinç” hissediliyordu. Orada birçok özgür zihinle ve de daha önceki seyahatlerimde tanıştığım ve sevdiğim neşeli hippie topluluklarıyla tekrar görüştim.

Chris, kuantum çekiminin “guru”suydu. Problem hakkında bilinebilecek her şeyi biliyordu. Jung tarzı psikanaliz, ilâhiyat ve başka birçok konuyu da biliyordu; doğal olarak da bu konulardaki bilgileri konuşmalarına yansıtıyordu. Fıtratın kibar ve yumuşak başlı birisiydi. Bir yanı sıra, herkese doğru tavsiyelerde bulunmada mahir bir büyük bilge, diğer yanı sıra ise dünyanın muammasından büyülenmiş hâlde dolaşan her daim genç kalan biriydi. Ona, çok puslu olan ilk fikirlerimi sundum ve ardından da onu dinledim. Kibar bir şekilde bana hatalarımı ve değerlendirmelerimin müphemliğini gösterdi. Kraliyet Koleji'nin yakınındaki Kensington bahçelerinde uzun bir yürüyüş boyunca onun sözleri üzerine derinlemesine düşündüm. Orası, büyümek istemeyen çocuk Peter Pan'ın kol gezdiği sihirli bahçelerdi... Kolej'de konu hakkında ne varsa hepsinin fotokopisini çektim ve bol bol okudum.

Bir gün Chris bana, A.B.D.'de Abhay Ashtekar adlı genç bir Hintli araştırmacının Einstein'ın genel görelilik teorisini, problemi hayli sadeleştirebilecek olan, hafifçe farklı bir şekilde yeniden yazmayı başardığını söyledi. Chris'e göre, Ashtekar'ın yeni formülasyonundan hareketle kuantum çekimine yaklaşmak muhtemelen daha kolay olacaktı.

Böylece, Abhay Ashtekar ile tanışmak için A.B.D.'ye gittim. Ashtekar, Syracuse Üniversitesi'nde çalışıyordu. Bu, Scilya'daki Syracuse değildi, ama buna rağmen, bütün

zamanların en büyük bilim adamlarından biri olan Arşimed'in yaşadığı yer ile aynı adla anılan bir şehre gitme fikri bana uğurlu gibi geliyordu.

Henüz yayımlanmamış bu yeni formülasyonu incelemek üzere Syracuse'de iki ay kaldım. Abhay enerji saçıyordu; çevresinde, titiz ve cesur kişiliğinin ışıltısıyla yönlendirdiği küçük bir grup daha o zaman toplanmıştı. Çalışma arkadaşlarıyla bir salonda toplanıyordu ve kara tahtayı, "konuyu aydınlatmak", açık kalan sorunları ve tartışmalı kısımları sıralamak ve onlarla boğuşmak için durmadan güzel bir yazıyla dolduruyordu. Düşünce tarzı analitikti: Daha önce yaptığı muhakemeye geri dönüp onu, tâ ki gözden kaçan bir şey su yüzüne çıkıncaya kadar -yahut da üstü örtük kalmış bir başka mümkün yol ortaya çıkıncaya kadar- düzeltmeyi, daha iyi bir hâle getirmeyi elden bırakmıyordu. Düşüncesinde hataya, karanlık alana müsaade etmiyordu. Abhay Doğu ile Batı arasında bir sihirli denge türünün timsali, farklı uygarlıklar ne zaman harman olmaya cesaret etse ortaya çıkan bu yeni zekâ biçimlerinden biri gibiydi. Doymak bilmez bir öğrenme açlığıyla onun seminerlerine katılıyordum.

Buna koşut olarak da fizik konusundaki ilk makalelerimi kaleme alıyor ve ha bire konunun tartışıldığı kolokyumlara davetsiz ve finansal destek almaksızın gidiyordum. Kaliforniya'da, Santa Barbara'daki o kolokyumlardan birinde, Lee Smolin adlı bir başka Amerikalı genç araştırmacının varlığından haberdar oldum. Lee genel göreliliğin Ash-tekar tarafından bulunan yeni formülasyonunu kullanıyordu ve arkadaşı Ted Jacobson ile birlikte çalışırken Wheeler-DeWitt denklemine ilginç çözümler bulmayı başarmıştı. Böylece, söz konusu çözümlerin neye benzediğini öğrenmek üzere Smolin'i görmeye Yale Üniversitesi'ne gittim ve bu vesileyle aramızdaki büyük dostluk doğmuş oldu.

Yale

Yale'e gitmek üzere Syracuse'den yola çıkma arefesi İtalya'dan nişanlım telefonla arayarak benden ayrıldığını söyledi. Kendimi umutsuzlukların en kesifinin içine düşmüş hissettim. Keyfim öyle kaçmıştı ki yolculuğumu iptal etmek istedim. Ama, caymak için çok geçti ve her şeye rağmen yola çıktım. Hayli ürkek bir şekilde Smolin'in yanına vardığımda ona çalışmalarımın bahsetmeye koyuldum; bir anda, beni defterden silen aşkım aklıma geldi ve gözlerim doldu. Smolin'e -beni bağışlamasını rica ederek- tuhaf davranışımın nedenini açıkladım; o da bana yakın zamanda ayrıldığı nişanlısını anlatmaya başladı... Fiziği bir kenara bırakıp öğleden sonramızı, hayatlarımızdan ve hayallerimizden bahsederek küçük bir yelkenli tekneyle gezerek geçirdik.

Ertesi gün Lee bana, arkadaşı Ted Jacobson ile birlikte bulduğu, Wheeler-DeWitt denkleminin yeni çözümlerini kavramayı denerken karşılaştığı güçlüklerden söz etti. Lee'nin düşünce tarzı Ashtekar'm düşünce tarzının tersiydi. Lee sadece önüne bakıyordu, bilmediğimiz her şeyin karanlığı çevresinde görmeye ve de bilgisizlik ekranımızın arkasında var olabilecek şeyleri tahmin etmeye çalışıyordu. Saçmalamaktan hiç endişelenmiyordu: İşe yaranan tek bir içgörünün, buruşturulup atılacak bin tane tavsiyeden yeğ olduğunu düşünüyordu. Lee bir vizyonerdi: Tıpkı, sayısız dünya ile dolu sonsuz bir uzaydan ilk bahseden kişi olan Giordano Bruno gibi ya da gezegenleri, semâların kristal kürelerinden² kurtaran ve onları uzayda salt matematiksel yörüngeler izlemede serbest

2 Ortaçağ astronomisinin bu tasavvuru hakkında etraflı bilgi için (İngilizce) bkz: http://en.wikipedia.org/wiki/Celestial_spheres

bırakan ilk kişi olan Kepler gibi. Bu ikisi, dünyayı kavramanın yeni biçimlerini hayâl edebilmiş insanlardı.

Lee ile Ted tarafından bulunan çözümlerin ilginçliği, çözümlerin her birinin uzayda kapalı bir eğriye, bir bileziğe, bir *halkaya* bağlı olmasından kaynaklanmaktaydı. Bu *halkaların* anlamı nedir? Yale kampüsünde geceler boyu süren uzun tartışmalarımızda problemi usanmadan geviş getirdiğimiz sırada önümüzde bir çözüm belirdi: Bu *halkalar* kuantum çekimi alanının Faraday hatlarını oluştuyordu. Klasik alan hatlarının sürekli bir aradalığı yerine, tek başına/ayrı ayrı hatlar vardı, çünkü burada kuantum teorisi söz konusuydu: Kuantum teorisinde kütle çekimsel alan, elektromanyetik alanın fotonlar hâlinde kırıldığı gibi, birbirinden ayrı alan hatlarına ayrılıyordu.

Ama, mademki kütle çekimsel alan uzaydır, bu *halkaların* uzaya daldığını söylememiz mümkün değildir: Onlar, uzayın ta kendisidir! Uzay bu *halkalardan* meydana gelir. İşte, denklemlerin bize söylediği şey budur. Böylece, bugün artık *halkalı* kuantum çekimi diye adlandırılan şeye varan fikir bu konuşmalarımız sırasında doğdu.

Haftalar boyunca deli gibi, Wheeler-DeWitt teorisini *halkalar* uyarınca yeniden yazmaya çalıştık. Böylece Wheeler-DeWitt denkleminin orijinalinden çok daha iyi tanımlanmış yeni bir versiyonunu elde etmeyi başardık ve sadece onun ne gibi anlamlar ifade ettiğini kavramaya başlayarak çok sayıda çözüm bulduk.

Tek bir *halka* ile ulaşılan çözüm, kabaca söylendiğinde, sadece ince “uzay iplikleri”nden ibaret olan bir evren arz ediyordu. Tek bir *halkadan* oluşan bu evrenlerin mevcudiyeti, uzayın, tanecikli veya kuantik yapısının ilk somut emaresiydi. Dünyamızı tasavvur etmek için, her

biri tek bir *halkadan* meydana gelen çok sayıdaki çözümlü üst üste koymak yeterliydi. Böylece belirli sayıda *halkadan* oluşan bir “doku” elde ediliyordu. Faraday hatlarının sonsuz sayıda olduğu klasik alanın tersine, kuantum çekimsel alandaki halkaların *adedi* hesaplanabiliyordu. Uzay tek boyutlu bu nesnelere, üç boyutlu bir doku biçimlendirmek üzere birbirine zincirleme eklenen bu *halkalardan* dokunmuştur. Tıpkı bir tişörtün, bir lüp ile bakıldığında ipliklerinin sayılabildiği hâlde uzaktan sanki yekpare görünmesi gibi, uzay da çok küçük basamaklarda *halkaları* sayılabilen bir şey olduğu hâlde bize sürekli gibi görünür.

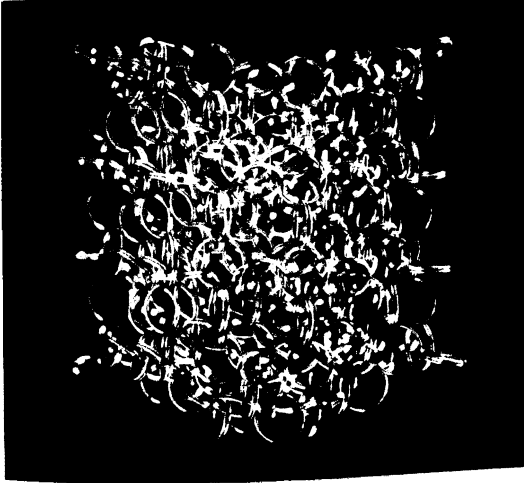
Kütlelerin yokluğunda *halkalar* kendi üstlerine kapalı kalır. Tıpkı elektromanyetik alan halkalarının yüklerin etkisiyle açılmasındaki gibi, bir kütlenin yakınlarında *halkalar* açılır. Tabii ki burada söz konusu olan, makroskobik anlamdaki kütleler değildir. Kütle çekimsel alan halkaları 10^{-33} mertebesinde bir boyuta sahiptir (Planck basamağı), yani onlar atom çekirdeklerinden milyarlarca kez daha küçüktür. Halkalardan oluşan “doku”, üstte “yaşayan” atom kümelenmelerinden çok daha sıktır/sıkıdır. Onlar, bir gömleğin ince dokusu üstüne işlenmiş iri inciler gibi düşünülebilir. Yani kütleler ile halkalar arasındaki elementer etkileşimler, elementer parçacıklar düzeyinde ve Planck basamağı düzeyinde meydana gelir. Bir elektron, yakınındaki halkaları açma etkisi meydana getirebilecektir. Elektron veya Planck basamağındaki bambaşka bir parçacık böylece, kütle çekimsel alan hatlarının belirli bir adedinin uzantısında bulunur.

Bu teorinin, uzayı kuantumlamayı başardığı, uzayın tanecikli bir hâlde geldiği söylenebilir. Bense, artık uzay

diye bir şeyin var olmadığını söylemeyi tercih ederim. Sadece parçacıklar, alanlar ve kütle çekimsel alan *halkaları* vardır ve hepsi etkileşim içindedir.

Görsel 3'te uzayın ince yapısının şematik bir modeli sunulmakta: *Halkaların* "arapsaçı"na dönmüş hâli. Bu fikri görselleştirmek üzere, o dönemde, bulabildiğim bütün anahtarlık halkalarını satın almak için Verona'daki anahtarlıcıları dolaşarak bir modelini yapmıştım.

Görsel 3: Halkalar teorisinin telkin ettiği ilk uzay imgesi. Daha küçük basamaklarda uzay bir minik yüzükler kümesidir.



Görsel 4: İşte gençlik hâlimi Halkaları gösteriyorum.



O dönem doğaldır ki olağanüstü heyecanlı bir dönemdi. Sonraki haftalarda Syracuse'e gidip Ashtekar'ı gördük; ardından da Londra'ya gidip Chris Isham'ı. Sonra da, ulaştığımız sonuçları ilk kez kamuoyuna sunduğumuz geniş katılımlı bir fizik kolokyumuna katılmak üzere Hindistan'a, Goa'ya gittik. Halkalar teorisinin "resmî" doğuşu böylece 1987'deki o kolokyum ile tarihlendirilebilir. Ulaştığımız sonuçlar kısa sürede dikkatleri üzerine çekti ve bilim çevrelerinden olumlu geri bildirimler almaya başladık.

Entelektüel dürüstlük

Lee Smolin ile Yale'de yaptığımız çalışma, benim hayatımı değiştirdiği gibi onunkini de değiştirdi. Beraberce yayımlattığımız makale, kuantum çekimi konusunda hep en çok atf alan makale oldu ve her ikimizin de bilimsel kurumlardaki kariyerimizin ilk adımını oluşturdu. O dönemden

beri Lee'ye beslediğim dostlukta hiç haksız çıkmadım ve başlangıçtaki bu güzel işbirliğimizden, bilhassa da bende yer eden ve Lee'ye derin saygımı açıklayan unutulmaz bir olaydan beslendi.

Ulaştığımız sonuçların bir makale yazacak kadar geliştiğine karar verdiğimiz gün Lee ciddi bir ruh hâli içinde Yale'deki stüdyo dairemde beni görmeye gelmişti. Her ikimiz de ulaştığımız sonuçların dikkate değer olduğunun farkındaydık. Lee bana, ortaklaşa çalışmamızın başlangıcında, Yale'deki ilk günlerimden birinde, kuantum çekiminin halkalar formunda tasavvur edilmesi fikrinin ilk taslağı ile onun stüdyo dairesine gidenin ben olduğumu hatırlattı ve fikrin kurucu "baba"sı payesinin bende kalabilmesi için öncelikle tek başıma kısa bir makale yazmamı önerdi; önerisine göre, makalenin yayımlanmasından sonra, birlikte geliştirdiğimiz bütün sonuçları takdim eden başka bir makaleyi ikimiz kaleme alacaktık.

Onun teklifi bana saçma göründü: Benim başlangıçtaki fikrim tamamen müphemdi ve Lee'nin katkısı olmaksızın saman alevi gibi parlayıp sönecek değersiz bir hipotez olarak kalırdı; ama Lee yaşça ondan biraz daha küçük olan benim için endişeleniyordu: Henüz bir kurumda görevli değildim ve bilim dünyasında adım sanım duyulmamıştı. Yaptığım keşfin meyvelerinden beni yoksun bırakmak istemiyordu. Tabii ki ilk önerisini reddettim ve bundan dolayı da kendi kendimi kutluyorum. *İkimizin fikrinin* ilk ilân edilişinde onun adını anmamak tamamen gayriâdil bir şey olurdu. Ama Lee'nin bu yüce gönüllü önerisinin üzerimde olağanüstü bir etkisi oldu; sadece dostluğumuz açısından değil, bilimden anladığımız şey bakımından da...

Bilim dünyasının, sonradan -uğradığım haksızlıklar yanı sıra- üzüntüyle keşfettiğim gibi bir "peri masalı"yla hiç alâkası yoktur. Başkasının fikirlerinin çalınması her yerde rastlanan bir durumdur. Birçok araştırmacı, fikirleri ilk formüle etmeyi başaran kişi olup da onları yayımlatmadan önce başkalarıyla paylaşmaktan inanılmaz korkar. Bu, hayatın tadını acımtırak kılan ve bilimdeki ilerlemeleri ciddi biçimde köstekleyen bir güvensizlik ve kuşku iklimi meydana getirir. Onları yayımlatmadan önce üzerinde çalışmakta olduğu fikirlerinden yakın meslektaşlarına bile bahsetmeyen çok sayıda araştırmacı biliyorum.

Lee Smolin bana bir dakikada bütün bunların beyhude olduğunu gösterdi. Bana, mutlak bilimsel namusunu, aşırıya kaçan ölçüde sundu. Bana, bilim yapmanın çok daha güzel bir tarzı olduğunu gösterdi: Öncelikle beraberce keşfetmenin ve açığa çıkarmanın, ardından da herhangi bir şey bulunacak olursa bunun gururunun paylaşılmasında mükemmel bir namusluluk ve yüce gönüllük sergilemenin önde tutulduğu bir bilim yapma tarzı.

Bu, bende derin bir iz bırakan ve hayatım boyunca kendime kılavuz almaya çalıştığım bir dersti. Dinlemek isteyen herkese serbestçe ve hiçbir şeyi saklamadan fikirlerimden bahsederim ve öğrencilerimi de -her zaman dik-kate almasalar bile- başka fikirler bulmaya teşvik etmeye çabalarım. Bu, kazalar yaşanmasını çok açıktır ki engellemez. Bilim camiasındaki birçok kişi gibi ben de, ama bilerek ama bilmeyerek konuya benim katkımı zikretmeyen fikirlerden mustaribim. Ben de, başkalarıyla sohbetlerimden "esinlendiğim sonuçları yayımlatmakla" itham edildim. Fikirlerin sürekli mübadele edildiği bir dünyada, kaynağın izini kaybetmek ve de bir fikri bir yerlerde ku-lağına çalınan ve hafifçe değiştirilen bir şey gibi görmek

kolaylıkla olur. Ama, bu durumlarda bir “alo” demek konuyu netleştirmeye çoğu kez yeter de artar bile: “Bundan sana ben bahsetmiştim, unuttun mu?” - “Ah, eğer öyleyse bir kaza olmuş demektir, üzgünüm, bunu tashih edeceğim.” Ve böylece serinkanlılık galip gelir. Yine de bir “alo”nun yeterli gelmeyeceği kimi meslektaşlar biliyorum. Varsın olsun! Dünya mükemmel değil ve bazılarını da öyle kabul etmek gerek. Ama, hayatım boyunca bana Lee'nin verdiği açıklık ve namus dersinin yüksek seviyesinde yaşamaya gayret ettim. Ona tamamen güvenilebileceğini biliyorum ve ona beslediğim dostluk hissinin ve saygının sebeplerinden biri de budur.

Roma

Peşinden gelen uzun yılları, teoriyi geliştirmeye adadım. Tezimi bitirmiştim. INFN'den (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) bir araştırma bursu kazandım. Bu, herhangi bir araştırma grubuna bağlı olmayan bir burstu ve onunla nereye istersem gidebilirdim. Roma Sapienza (“Bilgelik”) Üniversitesi'nde çalışma yapmaya karar verdim; çünkü bu üniversite bana bilimsel düzlemde İtalya'daki en ilginç yer gibi geliyordu, üstelik de çekimine karşı konamayan bir adı vardı. Gianni Jona-Lasinio, Giorgio Parisi, Nicola Cabibbo, Luciano Maiani ve başka birçokları gibi en büyük İtalyan teorik fizikçiler Roma'da yaşıyordu. Bölüm başkanı bana, orada, kimsenin henüz bilmediği yeni teorinin geliştirilmesiyle dolu birkaç yılımı geçireceğim bodrum katında bir oda verdi. Süresi dolduğundan bursum kesildiğinde başka bir finansman kaynağı bulmayı başaramadım. INFN'nin yöneticisi Nicola Cabibbo ulaştığım sonuçlardan A.B.D.'de bahsedildiğini duymuştu ve bana INFN ile bir iş akdi imzalamamı

önerdi. Ama, o sıralarda INFN'nin politikasında bir değişiklik oldu ve oradan bir şey çıkmadı.

Özellikle geçinmek için tasarruflu gidiyordum ve engellere rağmen benim bilim tutkuma inanarak beni destekleyen ve zaman zaman bana küçük miktarlarda da olsa çekler gönderen babamdan yardım istemek zorunda kaldım. O zamanlar benim için çetin bir dönemdi. Fizikçi olmak istiyordum, ama meslekî güzergâhım bir çıkmaz sokakla noktalanacak gibi geliyordu. Üniversitede bir kadro bulma umudu çok zayıftı: İtalya'da hemen hemen hiç kimsenin ilgilenmediği bir konu üzerinde çalışıyor olmam nedeniyle çok zayıftı. Buhranlı günlerden geçiyordum.

Ama, gecenin en zifiri ânı, şafak sökümünden hemen önceki andır. Bir gün telefonum çaldı. Arayan, bir Amerikan üniversitesinin fizik bölümünün başkanıydı. Bana, boş bir profesör kadroları olduğunu söyleyerek ilgimi çekip çekmeyeceğini sordu. Söz konusu üniversite, genel görelilik konusundaki en büyük uzmanlardan biri olan Ted Newman'ın çalıştığı Pittsburgh Üniversitesi idi.

İlk bakışta, Pittsburgh gibi pek cazip olmayan büyük bir Amerika şehrinde yaşamaya gitmek beni coşturmadı. Ama, Roma'daki en yakın arkadaşlarımdan biri olan Enzo Marinari, Trevi Çeşmesi parkurunda beraberce yürüyüşe çıktığımız bir akşam bana, Amerika'da profesör olmak yerine İtalya'da işsiz kalmayı tercih etmenin pek akıllıca bir karar olmayacağını kavrattı. İlgilendiğim konu hakkında çalışma özgürlüğü kazanmak istiyorsam, bu biçilmiş kaftandı.

Pittsburgh'ta Ted ile ve başka birçok meslektaşla çalışarak, kuantum çekimi, genel görelilik ve başka konulardaki değişik pek çok problemle, ama bilhassa halkalar teorisini geliştirmekle ilgilenerek tam on yılımı geçirdim.

IV

Bilim ya da dünyayı düşünmenin yeni biçimlerinin sürekli keşfi

Pittsburgh'ta karşıma çıkan en güzel sürprizlerden biri, Birleşik Devletler'in muhtemelen en önemli bilim felsefi merkezi olan *Center for the History and Philosophy of Science* oldu. Bu merkez, her tür konuk araştırmacının tanışma fırsatı bulduğu ve çeşitli fikirlerin karşılaşılabildiği olağanüstü bir kurumdu. Felsefeye hep ilgi duyan ve ona meftun biri olarak Merkez'deki seminerlere ve konferanslara katıldım. Önemli felsefecileri ve de Adolf Grünbaum ile John Earman gibi fizik felsefesinde uzmanlaşmış kişileri yakından tanıma fırsatı buldum. Bu kişiler uzay-zaman problemleriyle ilgileniyordu ve hepsi de konuyu bir fizikçiyle tartışmayı bekliyordu. Bu benim için hem ufkumu genişletmek hem de gençlik yıllarımda ilgilendiğim konulara tekrar dönmek bakımından muhteşem bir fırsattı. Çok aktif bir diyalog ortamı bana, fizikçi olarak çalışmaları için temel fikirler ve bakış açıları sundu.

Bilim ile felsefe arasındaki diyalog

Günümüzde fizik ile felsefe arasındaki diyalogun hayati bir önem taşıdığı kanısındayım. Geçmişte bu diyalog bilimin

gelişmesinde, özel olarak da teorik fiziğin başlıca kavramsal dönüşüm anlarında çok önemli bir rol oynamıştır. Galilei ile Newton, Faraday ile Maxwell, Bohr, Heisenberg, Dirac ve Einstein gibi sadece en önemli örneklerin adlarını anacak olursak onların hepsi de felsefeden beslenmiştir ve gerçekleştirmiş oldukları devasa kavramsal sıçramaları, felsefi bir eğitim de almış olmasalardı asla yapamazlardı. Bu, kavramsal ve felsefi meselelerin onlara sollar telkin ederek ve önlerinde yeni perspektifler açarak aslı bir rol oynadığı yazılarında açıkça görülür. Söz geli mi Newton mekaniğinin, izafiyet teorisinin ve kuantum mekaniğinin doğuşunda felsefi fikirlerin doğrudan tesiri çok açıktır.

Ama, yirminci yüzyılın ikinci yarısı boyunca, temel fizik, felsefeyle bu diyaloga mesafeli kalmıştır. Bunun başlıca sebebi, o dönemde fiziğin ele aldığı problemlerin kavramsal olmaktan ziyade teknik bir karaktere sahip oluşudur. Kuantum mekaniği ve genel görelilik ise yeni alanlar açmaya başlar. Onların doğurduğu sonuçların ve muhtemel uygulamaların araştırılması öncelikli bir konuydu. Atom fiziği, nükleer fizik, parçacık fiziği, katı hâl fiziği ve pek çok başka disiplin, kuantum mekaniğinin sağlam kurulmuş kavramsal temeli üzerinde geliştirilebilirdi; astrofiziğe, kozmolojiye, kara deliklerin ya da kütle çekimsel dalgaların araştırılmasına gelince, bu da, genel göreliliğin sağlam kurulmuş kavramsal temelleri üzerinde hız kazanacaktır. Günümüzde, sadece iki teorisinin nasıl kombine edileceğini bularak, fizik, temel problemlere yeni bir yaklaşıma kavuşur. Gelişmiş bir felsefi bilincin yeniden elzem hâle geldiği kanısındayım.

Bu. metodolojik bir açıdan bakıldığında da böyledir. Bir bilim insanı, araştırmalarını her zaman az çok bilincinde

olduğu epistemolojik karakter taşıyan fikirlere göre yönlendirir. Ve onun, gücünden haberdar olmadığı metodolojik *a prioriler'e* kendini teslim etmesindenise, söz konusu fikirlerinin sağlamca bilincinde olması yeğdir.

Anglosakson bilim felsefesi çağdaş bilime, Kıta Avrupası'ndaki bilim felsefesinden çok daha fazla ilgi gösterir. Ben İtalyan karakterli eğitimim nedeniyle kendimi çoğunlukla Kıta Avrupası felsefesine, Anglosakson felsefeden daha yakın hissediyorum; ama, Avrupa'ya dönüşüm sonrasında, Birleşik Devletler'de bilim felsefecileriyle kurduğum gibi bir diyalog kurmakta güçlük çektim. Bu imkânsız bir şey değildir: Meselâ, Floransa'da Marisa Dalla Chiara ile Federico Laudisa'nın grubundakilerden bazılarıyla çok ilginç tartışmalar yapma imkânım oldu; aynı şekilde, Paris Politeknik Okulu'nda da, CREA'nın (Centre de Recherches en Epistémologie Appliquée) kurucuları olan Michel Petitot gibi isimlerle de benzer tartışmalar yaptım.

Modernite'ye baz teşkil eden bilimsel düşünce, temel problemler ortaya koyar. Bu yüzyılın Avrupa felsefesinin söz konusu problemlere böylesine mesafeli durmaması gerektiği kanısındayım. Ama, hümanist kültür ile bilimsel kültür arasındaki uçurum henüz kapanmaktan uzaktır. Kıta Avrupası bilgi felsefesinde, söz gelimi, doğruluğun sadece "söylem" e içsel bir şey olduğu yaygın fikrinin, bilimsel söylem ile ilişki kurmada çok sıkıntısı vardır.

Hümanist âlem ile bilimler âlemi arasındaki bu karşılıklı güvensizlik, toplumun tümüyle bilimden ibaret olduğu tasavvuruna ağır basar. Bu tasavvur, geçtiğimiz on yıllar boyunca giderek gözden düşer.

Bir yandan, bilim hâlâ çoğunlukla, ihtiyaç hâlinde dânilşılacak veya yüceltilecek "ayakları yere sağlam basan

hakikatler" kümesi olarak yahut da problemleri çözmeye yönelik teknik reçeteler kümesi olarak görülür.

Öte yandan, yukarıdakinin aksine, bilim, manevî değerlerin bir inkârı, hatta toplumlar için bir tehdit/kötülük olarak ya da teknolojinin buz gibi soğuk egemenliğinin temeli, uzmanların miyop kibrinin mekânı veyahut da bilimin temin ettiği yenilikler ürküttüğünde ise Frankeinstein dehşetinin kaynağı da ilân edilir.

Bilim hakkındaki bu deforme edilmiş görüşler, onun "aura"sının küçümsenmesi ve de irrasyonel düşüncenin mevzilenmesi sonucunu doğurur. Söz konusu görüşler, çok-kültürcülük ile anti-bilimcilik arasında -toplumsal çöküş riski doğurabilecek- bir tür "şer ittifakı" nı da beslemektedir. Meselâ Birleşik Devletler'deki birçok eyalette ("kırsal" Kansas gibi "kentleşmiş" Kaliforniya'da da) öğretmenler okullarda "evrim"den doğru olduğunu savunarak bahsetme hakkına sahip değildir. Darwin'in ulaştığı sonuçları öğretmeyi yasaklayan kanunlar kültürel relativizmce meşrulaştırılır: Bilimin yanıldığı gayet iyi bilinen bir şeydir, o hâlde bilimsel bir bilgi, İncil'deki bir hakikatden daha savunulabilir bir şey değildir. Yakın zamanlarda bu konuda kendisine soru yöneltilen bir A.B.D. Başkan adayı, bütün canlıların sahiden de ortak ataları olup olmadığını "bilmediğini" beyan etti. Acaba hiç değilse, Arz'ın mı Güneş'in çevresinde, yoksa Güneş'in mi Arz'ın çevresinde döndüğünü biliyor mu?

Avrupa'da bizler ne mutlu ki bu durumda değiliz. Ama, gerilimler yine de şiddetli. Yakınlarda, İtalyan hükümeti de "yaratılışçılık" görüşünü okullara sokmaya kalktı.

Tıptaki gelişmeler, tıpkı on yedinci yüzyılda olduğu gibi ve aynı tür kafa karışıklıklarıyla, insanları korkutmaya başladı. Örneğin, "ruh"un ve onun ayrılığının DNA'da

bulunduğu ve dolayısıyla da klonlanan bir çocuğun, orijinalinin ruhunun ikinci kopyasına sahip olacağı zannedilir! Hatırlıyorum, gençliğimde, Doktor Christiaan Barnard ilk kalp nakli ameliyatlarını yapıyordu. Gazeteler ve papazlar korku içinde kendi kendilerine şunu soruyordu: Bay A, merhum Bay B'nin kalbiyle kendi karısını sevmeye mi devam eder, yoksa Bay B'nin dul karısını sevmeye mi başlar? (değil mi ki sevenin "kalp" olduğunu herkes bilir!). Bununla birlikte altmışlı yıllarda kalp nakilleri bu saçmalıklara rağmen aralıksız yapıldı. Ne var ki bugün animizm ve korku çoğu kez baskın geliyor. Dileyelim ki yakında doğal ikizler, aynı DNA'yı paylaştıklarından ve dolayısıyla da birbirinin kopyası oldukları için şeytani varlıklar ilân edilmeye!

Temel bilimlerdeki birikimler, "kültür"ü meydana getiren, baz oluşturan bilgileri araştıran bilimler düşüşe geçti. Toplum bilim insanlarından gitgide daha az "bilgi" talep eder hâle geliyor. Onlardan talep edilen şey daha ziyade satın alınacak ürünler ve silahlar geliştirmeleri.

Dilerim ki bütün bu kafa karışıklıkları, rasyonel düşüncenin gücüne olan güvenimizi tehlikeye atacak noktaya varmasın. Bilime dair karikatürize tasavvurlar kesinlikle bilim insanlarının hatalarına bağlıdır, ama, uzun zamandan beridir sınırlılıklarım göstermiş olan düşünsel geleneklerin kalıntılarına da bağlıdır. On dokuzuncu yüzyıl pozitivizminin "galebe çalan Bilim" için coşma hâlleri ve onun yeni epigonları³ uzun zamandır ortadan kayboldu; bilhassa da Newton'cılığın çöküşünden ve bilimsel teorilerin sınırlı yaşam süresi üstüne peş peşe gelmiş hüznümlü refleksiyonlardan beridir.

3 Nitelsiz takipçi (çev.).

Diğer yandan, Kıta Avrupası felsefesindeki önce anti-teknoloji, sonra da anti-bilim reaksiyonu sadece, “iki kültür”ün (hümanist ve bilimsel) aptalca birbirinden kopuşunu vurgulamaya katkıda bulundu: Dünyayı kavrayışımızın karmaşıklığına ve zenginliğine kör kalan bir kopuş.

Bilim, bu karikatürlerden kesinlikle farklı bir şeydir.

Bilim Nedir?

Yirminci yüzyılın en büyük bilimsel keşfi belki de, bilimin “yanıldığı” olgusudur; bilim tarafından geliştirilen dünya tasavvurlarının, kesin ve teyidi mümkün bir anlamda “yanlış” olabileceğidir. Dolayısıyla da, dünyanın birçok “okunma şekli”nin bulunabileceği ve onlardan her birinin ancak belirli bir noktaya kadar doğru kabul edilebileceğidir.

Yirminci yüzyılın başında, etkili bilimin mutlak modeli olan Newton’cu kavramsal şemanın her zaman işlemediği keşfedildi. Bilimin henüz nüfuz ettiği yeni fiziksel fenomenleri kavramak için o şemanın baştan başa tadilâttan geçirilmesi gerekiyordu. Bu şaşırtıcı keşif, bilim insanları arasında yayılan bir şok dalgasını tetikledi. Bilim felsefesi üzerindeki etkisi ise daha da güçlü oldu. Denebilir ki bilim felsefesi büyük oranda, geçen yarım asrı kendini bu keşif ile uyumlu hâle getirme teşebbüsüyle geçirdi.

Keza, bilimsel düşüncenin gücünü belirgin biçimde, dünyaya ilişkin bilimsel tasavvurun sınırlarının keşfinde açığa vurduğunu düşünüyorum. Onun gücü ne “deneyler”de, ne “matematik”te, ne de “yöntem”dedir; bilimsel düşüncenin, kendini daima yeniden sorgulama kapasitesindedir. Kendi iddialarından kuşku duyabilme kapasitesindedir. Kendi inançlarını, hatta en kesin olanlarını bile inkâr etmekten korkmamasındadır. Bilimin canevi, değişimdir.

Bilimin yolu, dünyayı düşünmenin en iyi şeklinin sürekli peşinden koşmadır. Düşünce biçimlerinin keşfedilmesidir. Bilim etkililiğini bundan alır. Bu, bilimsel cevapların daima doğru olduğu anlamına gelmez, şu anlama gelir: Bilimsel düşüncenin işlev gördüğü alanlarda, bilimsel cevaplar -tanımı icabı- o zamana dek bulunan en iyi cevaplardır.

Böyle akıcı ve sürekli, devrim hâlindeki, daima bilgi ile kuşku arasında salınan, hep araştıran ve asla kendi sonuçlarından aptalca tatmin olmayan bir bilim imajı, bize on dokuzuncu yüzyıldan kalan imajdan derinlemesine farklıdır. Bu imaj toplumda hâlâ çok yaygındır ve dikkatli bakıldığında anti-bilimcilik ile kültürel rölativizmin eleştirilerinin gerçek hedefi odur. Bir bakıma, kültürümüzün rölatif karakterinden, bizzat bilimden daha fazla haberdar hiçbir şey yoktur. Bilim kesinlikle sürekli evrimleşir, çünkü bütün bilgilerin sınırları olduğunun fazlasıyla bilincindedir. Bilimin gücü, kendi kavramlarına güvenmemesinde yatar. Bilim ulaştığı sonuçlara asla tamamen inanmaz. Bilir ki dünyayı ancak bilgilerimizin kırılgan temeli üzerinde düşünebiliriz; ama bu temel de sebatkâr bir evrimleşme hâlinindedir.

Her bilim, bir haritacılık çalışmasıyla karşılaştırılabilir. Harita, ilişkin olduğu coğrafi bölgenin kendisi değildir, ama o bölgenin elden gelen en iyi temsilidir. Az sayıda işaretle dünyanın mümkün olan en büyük kısmı kodlanır. Bazı simgelerle harita bir anlam kazanır. Ama tek bir harita değil, haritalar vardır.

Yani, dünyaya ilişkin bilimsel tasavvurların sürekli *evrimi* bana, en az o tasavvurlar kadar ilginç gelir. Kendi iddialarından şüphe duymaya ve bize her on yılda bir dünyaya bakış şeklimizi değiştirmeyi öğretmeye muktedir bir düşünce biçimi olan bilimin keşifleri muazzamdır.

Uzayın tarihi: Anaksimandros

Bu kitapta bahsettiğim, uzay ve zaman mefhumlarının değişimi, bilimin geçirdiği sürekli evriminin sadece bir örneğidir. Dünyayı kavrayışımızın temelinde bulunan bu iki mefhum, Einstein'ın düşünceleriyle yakın geçmişte dönüşüme uğradı ve de bugün hâlâ değişim içinde.

Bu, modern bilime özgü bir güzergâh değildir. Einstein, dünya kavrayışımızı derinden değiştiren ilk kişi değildir. Ondan önce birçokları ve üstelik de daha devrimci bir surette bunu başardı: Kopernik ile Galilei, ayaklarımızın altındaki Arz'ın saniyede 30 km hızla yol aldığına herkesi ikna etti; Faraday ile Maxwell uzayı elektriksel ve manyetik alanlarla doldurdu; Darwin, uğur böcekleriyle ortak atalarımız olduğuna bizi ikna etti.

Bilimin güzergâhı gerçekte bunlardan da eskidir. Ve sanıyorum ki onu tarihsel bağlamına oturtmadıkça, uzay mefhumunun söz konusu modern değişimlerinin ne anlama geldiği sahiden kavranamaz. Öyleyse, bu çok güzel tarihin başlangıcını anlatmama izin veriniz.

Bütün kadim uygarlıklar dünyanın iki kısımdan oluştuğunu düşünmüştür: Alttaki Arz ve üstteki Gökkubbe. Bu dünya kavrayışı, Mısırlılarda, İbrânilerde, Mezopotamyalılarda, Çinlilerde, İndus Vadisi'ndeki ilk uygarlıklarda olduğu kadar Mayalarda, Azteklerde ya da Kuzey Amerika yerlilerinde de ortaktır. Yani, bütün kadim insanlık için uzay bakımından bir "yukarı" ve "aşağı" vardı. Şeyler aşağıya doğru düşer. Yukarıda gökkubbe ve aşağıda arz vardır. Arz'ın altında da yine arz vardır; veya belki de büyük bir kaplumbağa ya da devasa sütunlar -her hâlükârda, Arz'ı alttan destekleyen ve düşmesini engelleyen herhangi bir şey vardır.

Bu kadim dünya tasavvurunu değiştirmiş olan ilk kişinin adını biliyoruz: Anaksimandros. İsa-Mesih'ten altı asır önce, günümüz Türkiye'si kıyısındaki eski bir Yunan şehri olan Milet'te yaşamış bilim adamı ve filozof. Dünyanın yeni bir okunuşunu herkese telkin eden ve benimseten, odur: Arz uzayda yüzen devasa bir çakıl taşıdır. Gök, sadece Arz'ın üstünde değildir: Altı da dâhil olmak üzere Arz'ın bütün çevresindedir.

Anaksimandros Arz'ın uzayda yüzen sonlu büyüklükte bir çakıl taşı olduğunu nasıl anlamıştır? Bunun çok sayıda belirtisi vardı. Örneğin, Güneş'i, Ay'ı ve de batıdan batıp doğudan doğan bütün yıldızları düşünelim. Dönüşlerini tamamlamak için Arz'ın *altından* geçmeleri gerektiği besbelli değil midir? O hâlde, Arz'ın altında da uzayın kapalı değil, açık olduğu besbelli değil midir? Gerçekten de Anaksimandros, şu tür bir basit içgörüden hareket etmiş olsa gerekir: Yürüyen birine baktığımız sırada o kimse bir evin arkasında gözden kaybolup diğer tarafında tekrar belirdiğinde düşünülecek tek şey, o evin arkasında geçilecek bir boşluk bulunduğudur. Daha incelelikli ve de çok ikna edici başka belirtiler de vardır. Meselâ, bir tutulma olayı boyunca Ay'a vuran Arz'ın gölgesi, Arz'ın sınırlı büyüklükte bir nesne olduğunu gösterir.

Öyleyse, bu keşifte bulunmak kolay bir iş miydi? Hayır, kolay değildi, çünkü uygarlık tarihinde asırlar boyunca milyonlarca insan bunu akıl edememiştir. Bu fikri bulmak neden bunca güçtü? Çünkü bu fikir, dünya tasavvurumuzda devrimsel bir değişikliği gerektiriyordu.

İnsanlar fikirlerine bağlıdır ve onları kolay kolay değiştirmezler. Daima, zaten her şeyi bildiklerini sanırlar. Yeni fikirler ürkütür, zira rahatsız edicidir. İyi düşünülürse, Arz'ın hiçbir şeyin üstüne yaslanmadığı fikri rahatsız

edici değil midir? Arz niçin düşmüyor? Bu soru, Anaksimandros'a muhakkak derhâl sorulmuştur ve onun cevabını biliyoruz: Çünkü şeyler, "aşağıya doğru" değil, "Arz'a doğru" düşer; o hâlde, Arz'ın o yöne doğru düşeceği herhangi bir özel istikameti yoktur. Bugünkü dünya kavrayışımız ışığında da Anaksimandros'un cevabı doğrudur. Ama rahatsız edicidir: Anaksimandros uzay, Arz ve de cisimleri düşüren kütle çekimi hakkındaki beşerî kavrayışımızın kavramsal çerçevesini tamamen yeniden çizer. Gözlemler temeli üzerinde ve bu gözlemleri daha iyi açıklayabilmek için, yeni bir dünya haritası, değişik bir kavramsal harita önerir. Uzayın organize olma tarzı hakkında yepyeni bir fikir. "Yukarı" ve "aşağı" olmak üzere ikiye bölünmüş olmayan bir uzay: Arz'ın, içinde yüzdüğü "gök"ten müteşekkil tek bir uzay. Bu, eskisinden daha iyi ve daha genel bir dünya tasavvurudur.

Anaksimandros yazdığı kitapta -başka fikirleri yanında- bu fikri ortaya koydu ve onu savunmak üzere argümanlarını sundu. Bu fikir yavaş yavaş ağırlık kazandı. Sonraki kuşakta, Güney İtalya'nın Yunan şehirlerinin Pisagor'cu ekolünde küre biçimli Arz'dan müştereken söz ediliyordu. Küre biçimli Arz'dan bahsedilen günümüze intikal etmiş en eski metin Platon'un *Phaidon* diyalogudur: Diyalogda bu fikir muteber, ama tamamen ispatlanmış olmayan bir fikir olarak sunulmuştur. Ama, Anaksimandros'tan bir asırdan biraz daha sonraki dönemde Aristoteles uzayda yüzen küre biçimli Arz fikrini geçerli görür ve o fikri destekleyen çok ikna edici bir sürü argümanı listeler. Birkaç kuşak sonra ise Anaksimandros'un çok cesur fikri ortak kanı hâlini alır. Yunan dünyasından başlayarak bu fikir bütün insanlığa yayılacaktır.

Anaksimandros'un sadece, hakkında bilgi sahibi olduğumuz ilk bilim adamlarından biri olmakla kalmadığını, aynı zamanda insanlığın görüp görebileceği en büyük bilim adamlarından biri de olduğunu düşünüyorum. Arz'ın uzayda düşmeden yüzdüğüne dair keşfi, bilimin mahiyetine ilişkin belki de ilk ve kesinlikle de en güzel kavrayışlardan biridir: Gözlemler ve de rasyonel düşünce temeli üzerinde, dünya tasavvurumuzu kökten değiştirme kapasitesi. Dünya hakkında geçer akçe fikirleri ve tasavvurları tartışma ve onlardan daha etkili olan başka fikirler ve tasavvurlar bulma kapasitesi. İşte bu, bilimin, beni hep büyüleyen vizyoner gücüdür.

Dünyaya dair yeni tasavvurlar sağlamlıkla doğrulandığında, onlar yavaş yavaş dünyanın yeni bir ortak okunuşu hâline dönüşür. Büyük bir cismin yakınında uzayın yapısının değişmesi, günü gelince ortak bir bilgi hâline gelecektir; katı ve her yerde homojen olan bir uzay fikriyse, tıpkı Arz'ın düşmemek için herhangi bir şeye dayanmasının gerektiği düşüncesi gibi, gülünç hâle gelecektir.

Dünya tasavvurunun bu sürekli yeniden inşası sürecinde, dünyanın cevheri/tözü de -daha doğrusu onu kavrayış tarzımız da- sürekli olarak değişir. Anaksimandros bu muhteşem macera bakımından da başlangıç teşkil eder: Bütün fenomenleri açıklamak üzere, *apeiron* adını verdiği (bazı yorumcularca "ayrımışmamış, belirsiz", diğer bazılarımcaysa "sınırsız" diye tercüme edilen) bir entite gündeme getirir: Bu, ilk teorik objedir; onlar sayesinde dünyayı yeniden düşündüğümüz atomların, elementer parçacıkların, fiziksel alanların, eğri uzay-zamanın, kuarkların, halkaların atasıdır.

Yani, dünyaya kökten yeni bakış açılarına yol açan bu devrimsel adım Einstein tarafından atılmamıştır: Koca Bilim'in [*Grand Science*] bir eseridir. Einstein'ın özel rolü, "sadece" biraz abartarak, Newton'ın teorilerinin kapsamlı başarısının neticesinde rehavete kapılan temel bilimi uykusundan uyandırmak olmuştur.

Uzayın tarihi: İlişki olarak uzay mı?

Entite olarak uzay mı?

Aristoteles'ten Newton'a kadar egemen olan uzay tasavvuru, yapılanmış ve dünyadaki objelerin aynısı objeler tarafından biçimlendirilmiş bir uzay imgesiydi. Uzay özellikle, objelerin onun içinde birbirine temas ettiği "düzen" olarak görülüyordu. Dolayısıyla da Newton'ın uzayın hiçbir şey mevcut olmasaydı bile var olabilecek bir *entite* olduğu fikri hiç de Batı bilim ve felsefe geleneğinde uzayın doğasına dair egemen bakış açısı değildi.

Newton kutu-uzay imgesini, bir hayli zahmetlice ve de kendi çağının düşüncesindeki zalimâne karşı çıkışlara rağmen kabul ettirdi: Objelerin, onun içinde yer değiştirdiği bağımsız bir entite olarak uzay. Bu karşı çıkış, sadece kadim Aristoteles'çi ekol mensubu âlimlerden değil, aynı zamanda henüz taze olan Kopernik Devrimi'ne inanan ve René Descartes'ı hocaları olarak gören *Scientia Nova*, Yeni Bilim müdafilerinden de geliyordu. Descartes'ın uzay tasavvuru sahiden de Newton'ın tasavvurundan çok farklıydı ve Aristoteles'ten itibaren gelen Batı geleneğinin düz hattında konumlanıyordu. Gerçekte, Aristoteles için söz konusu olduğu gibi Descartes için de "uzay" diye bir entite yoktur. Söz gelimi "boş uzay" diye bir şey yoktur. Sadece objeler vardır (çakıl taşları, duvarlar, sandalyeler, hava,

su, vs.). Bu objeler birbirleriyle “yan yanalık” [*contiguïté*] ilişkisi içindedir. Yani, birbirlerine dokunabilirler veya dokunmayabilirler. Bu durumda da uzay, bu yan yanalık ilişkisinin -objeler arasında- tayin ettiği düzenden başka bir şey değildir. Örneğin Aristoteles bir objenin konumunu, onu çevreleyen diğer objeler kümesinin iç sınırından ibaret bir şey -bir tür, doğrudan doğruya komşu olduğu objeler tarafından sınırlanan “kovuk/oyuk hâlinde” konumolarak tanımlar. Descartes’ta, A objesinin hareketi, B objesiyle yan yanalıktan, C objesiyle yan yanalığa geçiş olarak tanımlanır. O hâlde tek bir obje hakkında, onun hareket hâlinde olup olmadığını söylemek imkânsızdır.

Newton’a göreyse aksine, objeler uzayda bulunur. Uzayın kendine özgü ve de orada objelerin bulunup bulunmadığıyla alâkasız bir yapısı vardır. Bir obje uzayın bir noktasından diğer birine geçtiğinde hareket eder. Uzayın Aristoteles’çi-Descartes’çı ilk yorumunda, uzay bir entite değildir: *Şeyler arasındaki bir ilişkidir*. Newton’cı ikinci yorumdaysa, uzay bütün objelerin giyabında bile var olan ve bir yapısı olan bir *entitedir*.

Bu iki imkân arasında seçim yapmak bilimsel bir problem midir? Yoksa sadece felsefi bir problem midir? Bilimsel bir problemdir, ama bilimin uzaya dair “haklı” görüşü sunacağı anlamında değil. Bilimin rolü, uzaya dair bu iki görüşten hangisinin dünyayı daha etkili biçimde düşünmek için en iyisi olacağını kavramak değildir. Bu noktada, bilimsel beyanların doğruluğu meselesinin tam ortasında bulunulur. Newton, ilk bölümünü uzayın doğasına ayırdığı ana eseri *Pricipia Mathematica*’da uzayın yapısı problemine el atar. Newton’ın sağlam noktası, çözümünün son tahlilde en iyi çözüm olma nedeni, kendi uzay

kavrayışı üstünde temellenen, inanılmaz derecede iyi işleyen bir dünya tasavvuru geliştirmiş olmasıdır.

Lisede öğretilen denklemi hatırlayın: $F=ma$ (F kuvvet, m kütle, a ivme). Bu denklem bütün Newton mekaniğinin temelidir. İvmeyi ölçebilecek durumda olmak gerekir. Ama, ivme hareketin bir ölçüsüdür. Neye göre hareket? İçinde bulunulan mutlak uzaya göre. Teorinin işlev görmesi için bir objenin, mutlak olanın içinde, hızlanıp hızlanmadığını söyleyebilmek *gerekir*. Newton'da ivme, "uzay" entitesine izafen anlaşılan bir şeydir; oysa bir Aristoteles'çi-Descartes'çı açısından bu mutlak ivme mefhumu anlamsızdır, çünkü onu başka bir objeyle karşılaştırmaksızın bir objenin hareket edip etmediği söylenemez.

Newton'm sistemi öylesine iyi işlev görür ki bugün hâlâ evler ve köprüler inşa etmek için, uçakları uçurmak için ve başka birçok teknolojik uygulamalarda onu kullanmaya devam ediyoruz. Ama, Aristoteles'çi ve Descartes'çı "ilişki olarak uzay" eski fikri ve entite olarak uzay fikri eleştirileri Leibniz, Berkeley, Mach gibi düşünürler tarafından savunulmaya devam etmiştir. Onlar üzerinden bu fikir Einstein'a ulaşmıştır ve onun genel görelilik teorisinin temelini meydana getirmiştir.

Entite olarak uzay ya da ilişki olarak uzay kavramı etrafındaki felsefi tartışma, Newton ve Einstein gibi bilim adamlarına refleksiyon ve ilham konusu teşkil ederek asırları aşmıştır ve potansiyelini asla kaybetmemiştir. Kanımca günümüzde, kütle çekiminin kuantik özellikleri kavranmak istenirse bu problemi yeniden derinlemesine düşünmek gerekir. Kuantum çekiminin tastamam bir teorisi muhtemelen ancak, Newton'cı "entite olarak uzay" fikrini tamamen terk ederek inşa edilebilecektir. Uzay,

objelerin onun içinde lokalize olduğu bir entite değildir: “Entite uzay” diye bir şey yoktur. Sadece -elektromanyetik alan, vb. alanlar gibi- kütle çekimsel alan mevcuttur. Kuantum çekiminde *halkalar* kütle çekimi alanının kuantalarıdır ve uzayı oluşturan da onların ilişkileridir.

Ama sahiden biliyor muyuz?

Demek ki bilimin temeli eleştirel düşüncedir: Dünya kavrayışlarımızın daima kısmî, sübjektif, tam isabetli olmayan, basitleştirici kaldığı hususundaki güçlü bir şuurdur. Hiç durmadan daha iyi anlama peşinde koşmak gerekir. Yeni ufuklar açmaya çalışmak gerekir. Daha kuşatıcı bir bakış açısı bulmaya çabalamak gerekir. Bu, sık rastlanan ve kanıksanmış bir durum değildir, zira biz düşüncelerimize mahpusuz. Tanımı icabı, kendi düşüncemizden dışarıya çıkmamız imkânsız. Kendi düşüncemize dışarıdan bakamayız ve onu dıştan değiştiremeyiz. Nerede yanlışlığımızı keşfetmek için hatalarımızın “içerisinden” çalışmak durumundayız. Bu da, güzel ve meşhur bir imgeyle anlatırsak, gemiyi sefer hâlinde yeniden inşa etmekle aynı kapıya çıkar. Bilim şudur: Düşünmekte olduğumuz sırada düşüncemizi yeniden inşa etmeye ve yeniden yapılandırmaya yönelik sürekli bir çaba.

Hiçbir beşerî bilgi formu, bilimin sundukları kadar güvenilir *öngörülerde* bulunmaya imkân vermez. Astronomlar bize gelecek ay Güneş tutulması olacağını bildiriyorsa, onların haklılığına inanabiliriz. Elbette ki bir nötron yıldızı ışık hızına yakın bir süratle üstümüze gelebilir ve Ay’a çarpıp un ufak edebilir, ama bu şu an muhtemel bir durum değil.

Yine de bütün bilimsel teorilerin yerini günün birinde daha iyi teoriler alır. En etkili olanları da dâhil olmak üzere. Örneğin Batlamyus'un modelinin etkililiği şaşırtıcıdır: Bugün hâlâ, on dokuz asır önce yazdığı kitabını açıp gelecek ay Venüs'ün gökyüzündeki konumunu kesin bir şekilde öngörmeye kullanabiliriz. Bununla birlikte, dünyanın Batlamyus tarafından kullanılmış olan "dış çemberler" ve "deferent'ler" ile iyi açıklanmadığını biliyoruz. Daha da şaşırtıcısı, mühendislerin dünyanın dört bir yanında köprüler inşa edip uçaklar üretirken kullandığı Newton'ın teorisinin başarısıdır. Ne var ki bunca iyi kurulmuş olan Newton'm teorisinin bile yanlışlığı ortadadır.

Bu kesinlikten yoksunlukla yaşayabilir miyiz? Hangi bilgiye bel bağlayabiliriz? Bilimin bize dünya hakkında söylediklerinin doğru olduğundan hiçbir zaman emin olamayacak mıyız? Günün birinde bir "son/nihaî teori"nin bulunacağı hayâl edilebilir. Ama bu bana boş bir hayâl gibi görünüyor: Doğa hakkında bilmediğimiz şeylerin ucu bucağı yoktur ve teorik fizikteki ucu açık problemler o kadar temeldir ki yolun sonuna yakın olduğumuza inanmıyorum.

E öyleyse bilim niçin muteberdir? Cevapları, şimdilik sahip olduğumuz en iyi cevaplar olduğu için. Ve bundan da şu sonuç çıkar: Daha iyi bir cevap ortaya çıkarsa, "bilimsel" olan o cevap olacaktır. Böylece, Newton'ın fiziği, Einstein'a kadar "bilim" in eş anlamlısıydı; ama Einstein uzayın eğri olduğu, zamanın herkes için aynı olmadığı ve ışığın fotonlardan oluştuğu yeni bir dünya tasavvuru geliştirdiğinde, "Newton'culuk"tan çıkış, bilimsel çağın sonu olarak görülmemiştir. Bilâkis, Einstein'ın saygıdeğer bir bilim adamı olduğunu düşünürüz.

Şayet Tibet şifacılığı bize bir bitkinin ya da kullanılan bir tekniğin veyahut da belirli bir tedavi uygulamasının iyileşmeye yardımcı olduğunu öğretirse ve onun etkililiği ampirik olarak sağlamlıkla teyit edilirse o “anti-bilimsel” değildir: “Bilimsel” tıbbın bütünleşik bir parçasına dönüşür. Kullandığımız ilaçların birçoğu zaten böyle çıkmıştır.

Bilimsel düşünce, cehaletimizin bilincindedir. Hatta bilimsel düşüncenin büyük cehaletimizin ve dolayısıyla da bilginin dinamik doğasının bilincinde olduğunu söyleyeceğim. Bizi ileri götüren “kuşku”dur, kesinlik değil. Descartes’in önemli mirası muhakkak ki budur. Bilime, kesinlikler sunduğu için değil, onlara sahip olmadığı için güvenmemiz gerekir.

Genel göreliliğin dediği gibi uzay “sahiden” eğri mi bilmiyorum, ama bugün itibariyle, fiziksel dünyayı anlamada uzayı eğri olarak düşünmeden daha etkili bir düşünce tarzı bilmiyorum. Dünyaya dair diğer bakış açıları, dünyanın karmaşıklığını onun kadar hesaba katmaz.

Her hakikati sorgulamaya dönük bilimsel tutku ne septisizme, ne nihilizme, ne de radikal bir rölativizme çıkar. Bilim, “Mutlak”ların, topyekûn rölativizme ya da nihilizme düşmeden devre dışı bırakılmasına dönük bir uygulamadır. Bilgilerin evrim geçirdiğinin entelektüel kabulüdür. Hakikatin daima sorgulanabilir olması, hiçbir hususta mutabık kalınamayacağı anlamına gelmez. Gerçekten de bilim, onun vasıtasıyla mutabakata varılan sürecin ta kendisidir.

Bu serüven bir tek soğuk akılsallık temeline dayanmaz. Akılsallık, süreci biçimlendirmek için zorunlu olan şeydir. Ama, hareket noktası itibariyle bütün büyük keşifler birer

"içgörü"dür. Bilim, bir hayâlden doğan şeydir: Öbür bas-
kın hayâllerden daha etkili olduğu doğrulanmıştır ve de
herkesin ortak hayâli hâline gelmiştir.

Küçük bir çocukken çevremdekilere bulutlar hakkın-
da sorular soruyordum. Babam bana bulutları gökte se-
yir hâlindeki gemiler gibi tasvir etmişti. Biraz daha büyü-
düğümde ise bulutların aslında havada asılı olan su dam-
lacıkları olduğunu açıkladı ve bu da benim bulutlara ba-
kış tarzımı tamamen değiştirdi. Ama, denebilir mi ki bir
bakış açısı diğerini silmiştir? Hayır, ben daha ziyade, ba-
kış açıları bir arada mevcuttur ve karşılıklı olarak birbir-
lerini zenginleştirir derim. Bulutları bir meteorolog gibi
görmek onları bir şair gibi görmeyi hiç mi hiç engellemez.

Bilim, cevapları arama şeklinde sürekli rafineleşme
olarak inşa edilir, ama özellikle dört yaş civarı çocuklarda
görülen bu sorular sorma yönündeki aşırı iştah olmaksı-
zın bilim de olmazdı. Bilim üniversitede başlamaz; ona
en meyilli olduğumuz çocukluktaki bu merakta ve bu bil-
me iştahında köklerini bulur. Dört yaşında, ön yargıla-
rımızdan kurtulmaktan ve dünyaya bakışımızı değiştir-
mekten korkmayız ve dolayısıyla da çok öğreniriz.

Bütün toplumlarda insanlar sayısız ön yargılarını terk
etmekten korkmadıkça öğrenmeyi sürdürebilir. Bu araş-
tırma sürekli bir serüvendir. Belki de insanlık tarihinin en
büyük serüvenidir.

V

Uzay tanecikleri, spin ağları/şebekeleri, başlangıç kozmolojisi ve kara deliklerin sıcaklığı

Birleşik Devletler'de yaşadığım yıllar boyunca, her yaz İtalya'ya gittim; çoğunlukla da Abhay Ashtekar ile veya Lee Smolin ile yahut her ikisiyle de birlikte. Onlar benim hem ahabplarım hem de başlıca çalışma arkadaşlarımdı. İtalya'daki yaz tatillerimizden beraberce çalışmak için faydalanıyorduk.

Teorimizi geliştirmedeki birçok aşama, o tatiller sırasında İtalya'da gerçekleşti. Meselâ makroskobik uzayın, çok sayıdaki *halkalardan* oluşan bir küme hâline getirerek nasıl açıklanacağını kavramaya, Trente'de, üçümüz birlikte başladık. Yine Trente'de, kullanışlı olmayan bir hesaplamanın ardından, halkaların boyutunun başlangıçta düşündüğümüz gibi sonsuz küçük [*infinitésimale*] olmadığını anladık: Onların boyutu küçüktü, ama sonsuz küçük değildi.

Teorinin anlamayı başaramadığımız tuhaf bir vechesi vardı: Matematiksel bir açıdan, uzayı oluşturan bu *halkaların kesişimler* sergilediği saptanıyordu; bazı kesimlerde onlar birbirinin içinden geçiyordu. Bu kesişimlerin neyi temsil ettiğini anlamaya muktedir olamıyorduk.

Spin ağları/şebekeleri

Doksanlı yılların ortalarına doğru, Lee'nin Verona'da olduğu dönemde, kuantum mekaniğindeki hayli klasik bir hesaplama yönteminden yararlanarak çalışıyorduk. Kuantum mekaniğinde, gördüğümüz gibi, birçok büyüklük "kuantumlanmış"tır. Bu, herhangi bir değer değil, belirli "süreksiz" değerler alabilecekleri anlamına geliyordu. Örneğin bir atomun enerjisi, rastlantısal bir değer alamaz; sadece belirli özel değerler alabilir: Atomun enerji düzeyleri. Fiziksel bir büyüklüğün alabileceği değerleri hesaplamak için, "işlemci spektrumu hesabı" diye adlandırılan bir teknik kullanılır. Bize gelince, özel bir fiziksel büyüklükle ilgileniyorduk: *Hacim*.

Hacim nedir? Uzay miktarının ölçüsüdür. Bir parçanın hacmi, onda bulunan uzay miktarıdır. Ama, uzay, kütle çekimsel alan olduğundan, hacim de kütle çekimsel alanı ölçer. Bize de bir kuantum teorisiyle cebelleştirmizden, hacmin süreksiz değerler alma ve dolayısıyla da hacim "tanecikleri"nin var olma ihtimali çok güçlüydü. Hesaplar karmaşıklaşmıştı. Çözümü, büyük bir İngiliz matematikçisi olan Roger Penrose'un yardımı sayesinde bulduk: Hesaplamalarımız bizi Penrose'un yirmi yıl önce incelediği ve *spin networks*, "spin ağları/şebekeleri" diye adlandırdığı matematiksel objelere vardırıldığında, ona danışmaya gittik.

Hesaplamanın sonucu: Hacim gerçekte, sürekli olmayan bir değişkendir ve dolayısıyla da uzay "hacim kuantası"ndan veya "uzay kuantası"ndan oluşur. Böylece, bu uzay kuantalarının tamı tamına *halkaların* kesişiminde bulunduğunu keşfettik. Başka bir deyişle hacim, kuant-

dan, *uzay taneciklerinden* oluşur ve de *halkaların* keşişimi tam da bu uzay taneciklerini temsil eder. Onlar, bizim aradığımız uzay tanecikleridir.

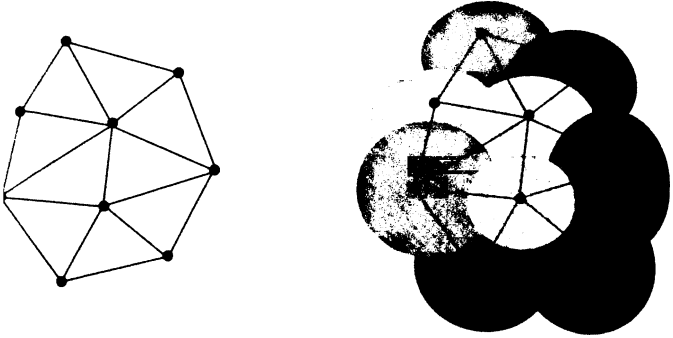
Bu sonuçlar bizim başlangıçtaki tasarımıımızı biraz değiştirdi. Keşişimler, hatlardan daha önemli hâle geldi. Bir noktalar kümesinden, hatlarla birbirine bağlı keşişimlerden, yani bir *ağdan/şebekeden* bahsetmek üzere, keşişim noktalarıyla *halkalar* kümesinden bahsetmeyi bir kenara bıraktık. Bir keşişimden öbürüne giden aynı hat üstünde, tek bir Faraday hattından fazlasına rastlanabilmektedir. Aynı hatta üst üste binen Faraday hatlarının sayısı, her bir hatta bağlanan ve *hat spini* [*spine du lien*] diye adlandırılan bir tam sayıdır. (Tarihsel gerekçelerle, bu sayının, bir kesir olan yarısı kullanılır: $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$, 2, $\frac{5}{2}$... gibi). *Spin ağları/şebekeleri* adlandırması bundan dolayıdır.

Kuantik uzaydan sonuç olarak çıkan tasavvur/imge şaşırtıcıdır: Ağ/şebeke düğümleri, uzay tanecikleridir. Noktaları birbirine bağlayan hatlar, aralarında uzaysal ilişkiler arz eder; hangi taneciğin diğer hangisiyle temas hâlinde olduğunu ifade eder. Bu, *Görsel 5*'te gösterilen şeydir.

“Hacim spektrumu” hesabı, gözlemlenebilen hacim değerlerini tam olarak sunuyordu. Aynı hesaplama, bir yüzeyin ölçümü için de yapılabilir. Bu durumda, “yüzey spektrumu” hesaplanır. Teori, hacmin ve yüzeyin çok keskin ölçümleri bakımından mümkün sonuçlar sunan bir sayı kümesini hassas bir şekilde öngörür.

O hâlde, *halkalı* kütle çekimi teorisi, bir yüzeyi doğru bir şekilde ölçerse herhangi bir sayıyı değil, sadece spektrum hesabıyla ulaşılmış listede yer alan sayılardan birini bulabileceğimizi öngörür.

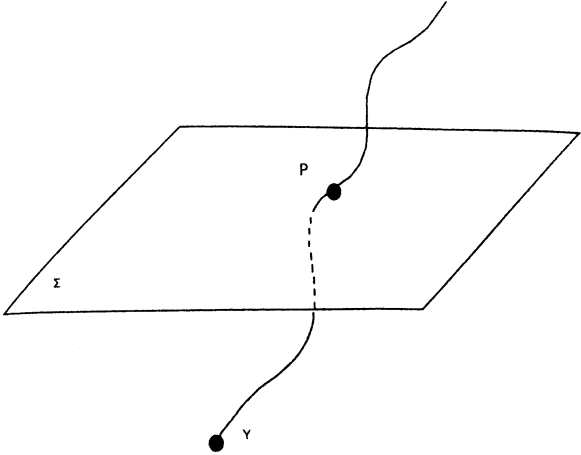
Görsel 5: Bir "spin ağı/şebekesi" (soldaki) kütle çekimsel alanın Faraday hatlarından oluşur; kesişim noktaları (koyu noktalarla gösterilen) ağı/şebekenin "düğüm"leridir. Bunlar, "uzay tanecikleri"ni temsil eder (sağda). Ağı/şebekenin hatları, uzay taneciklerinin komşuluk ilişkilerini temsil eder.



"Bir kutunun *hacmi* bir metreküptür" dediğimizde, gerçekte, kutunun içinde kaç tane uzay taneciği olduğunu ya da daha ziyade kaç tane "kütle çekimsel alan kuantası" olduğunu sayıyoruz. Malûmdur ki kuantalar çok küçüktür. Bir metreküplük bir kutunun içindeki kuanta adedi takriben yüz basamaklı bir sayıya tekabül eder.

Aynı şekilde, bu kitabın bir sayfasının *yüzeyinin* farz edelim ki iki yüz santimetrekare olduğunu söylediğimizde, gerçekte, sayfayı kateden ağ/şebeke hatlarının miktarını yahut daha iyi bir ifadeyle elemanter halkaların miktarını belirtiyoruz. Bu kitabın bir sayfasındaki söz konusu miktar, takriben yetmiş basamaklı bir sayıya tekabül eder. Bu, *Görsel 6*'da gösterilen şeydir.

Görsel 6: Bir Σ yüzeyi, P noktasında (sadece tek bir segment çizilmiş olan) bir halka tarafından katedilir. Yüzeyin ölçümü, onu kateden halkaların adediyle belirlenir. Bu kitabın bir sayfası 10^{70} civarında halka tarafından katedilir; yani, yetmiş basamaklı bir sayı.



Mevcut teknoloji, bu öngörülerini doğrulamaya yetmez. Ama, teorinin kesin/net ve de hiç değilse prensipte doğrulanabilir öngörüler sunması çok önemlidir. Buna muktedir olmasaydı, o bilimsel bir teori olmazdı. Halkalı kütle çekimi teorisi hâlihazırda, mühemlikten uzak, eklemelenmiş, prensipte doğrulanabilir öngörüler kümesi sunan tek kuantum çekimi teorisidir.

Spin ağları/şebekeleri, uzayın kuantik yapısı hakkında matematiksel olarak belirli/kesin bir tasvir sunar. Daha açık ifadeyle, kuantum mekaniğiyle -ve dolayısıyla da olasılıkla- meşgul olduğumuzdan, teori, bu spin ağlarına/

şebekelerine bağlı olasılık bulutları diliyle formüle edilir. Dünyayı oluşturan bu spin ağlarının/şebekelerinin, biraz antensiz eski bir siyah-beyaz televizyon gibi kesik kesik olduğunu, titreştiğini ve karıncalandığını ve de teorinin matematiğinin spin ağlarının/şebekelerinin bu çalkantısını tasvir ettiğini kafamızda canlandırmak gerekir. O hâlde fiziksel uzay, spin ağlarının/şebekelerinin bir olasılık bulutuyla tasvir edilebilir.

Bu hikâyenin hayli şaşırtıcı bir yanı, Roger Penrose'un spin ağlarını/şebekelerini, bir tek hayâl gücüne dayanarak, kuantik uzayı tasvir etme teşebbüsü olarak "icat etmesi" olgusudur. Ve işte biz de yine aynı spin ağlarını/şebekelerini, genel görelilik ve kuantum mekaniği teorisinin bir sonucu olarak tekrar bulmuştuk.

John Wheeler

Çok küçük basamaklarda uzayın artık sürekli olmadığı yönündeki içgörüsül fikir, Wheeler-DeWitt denkleminin altmışlı yıllardaki iki müellifinden biri John Wheeler tarafından daha önce ortaya konmuştu. Halkalar teorisi, bu fikrin belirli/kesin bir matematiksel formülasyonudur.

John Wheeler'in, bu büyük insanın, kuantum çekiminin bu emektarının bana, ulaştığımız sonuçlardan duyduğu hislerle ve coşkuyla dolu bir posta gönderdiği ve beni teorimizi sunmak üzere Princeton'a davet ettiği gün, benim için muazzam heyecanlı bir gündü.

John Wheeler gençliğinde, yirminci yüzyılın başlarındaki fizik dâhilerinden biri olan Niels Bohr'un çalışma arkadaşındı. Onunla birlikte kuantum mekaniğinin doğuşuna iştirak etti. Sonra da kendini nükleer fiziğe adadı ve ilk atom çekirdeği modellerinden birinin yaratıcısı sayıldı.

Savaş yıllarını Birleşik Devletler'de geçirdi ve orada atom bombasıyla ilgili trajik olaylarda merkezî bir rol oynadı. İlk olarak Almanlar imal edecek endişesiyle -ki sonradan bu endişenin temelsiz olduğu anlaşıldı- atom bombası üretimine onu teşvik etmek için Roosevelt'e mektup yazma kararı Wheeler'in bürosundaki bir müzakere sırasında alındı. Wheeler savaştan sonra kütle çekimi konusunda çalışmalar yaptı ve Einstein'ın önde gelen çalışma arkadaşı oldu. Bunca popüler olan "kara delik" terimini ilk kullanan Wheeler olmuştur. Kuantum çekimi alanındaki araştırmalara temel teşkil eden çok mühim bir dizi içgörürü ve fikir de yine ona aittir. Wheeler çok küçük basamaklarda uzay-zamanın bir tür kaynaşan köpük olduğunu (uzay-zaman köpüğü) ortaya attı. Vatandaşı olan bir başka büyük bilim adamıyla, Bryce DeWitt ile birlikte kuantum çekiminin temel denklemi hâline gelen ünlü denklemi formüle etti. Wheeler'in öğrencileri arasında, belki de yirminci yüzyılın en büyük fizikçisi olan Richard Feynman bulunur. Velhâsıl, Wheeler modern fiziğin gelişiminin bütününde bir önder idi. Onun mektubunu aldığım da ne kadar heyecanlandığımızı varın siz hayâl edin!

Birleşik Devletler'e varır varmaz, Wheeler konakladığım *Bed and Breakfast*'e beni görmeye geldi. Beraber kahvaltı ettik ve sonra da kampüs civarında uzun bir yürüyüşe çıktık. Bana, Bohr'dan, atom bombasından ve bu gibi olağanüstü şeylerden bahsettiği yürüyüşümüzde ben de ona hesaplamalarımızın sonuçlarını açıkladım. Bana şöyle demişti: "Biliyor musun Carlo... Nazi Almanyası'ndan kaçan Einstein buraya ilk geldiğinde onu kahvaltıya götürmüştüm; tıpkı bugün seninle yaptığımız gibi bu güzergâhta Einstein ile de yürümüştük..." Zihnimizde

en fazla iz bırakan insanların bu birbirine yakınlığı bize niçin bu denli heyecan verir? Onlar da elbette ki çevremizdeki diğer insanlar gibi, zaaflarıyla ve faziletleriyle bir insandır, ama fikirlerinden çok etkilenmemiz onları bizi büyüleyen bir aura ile sarmalar; önümüzde, takip etmeye özendiğimiz yollar açar ve bu olgu da hayranlık, hürmet ve benzer duygular uyandırır.

John benimle alçak sesle konuşuyordu. Yaşlıydı ve zayıftı, ama içsel enerjisi hâlâ yerindeydi. Benim radikal pasifist itirazlarım karşısında, korkunç atom bombası macesasına iştirakini tutkuyla savunuyordu. Ona, uzayın yapısına dair modellememi (*Görsel 3*) gösterdiğimde bir çocuk gibi güldü ve eskiden kendisinin çizmiş olduğu ve kitaplarından birinde yer alan bir resmi (*Görsel 7*) getirmeye gitti.

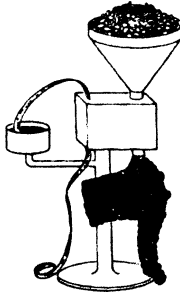
Teoriyi test etmek mi?

Halkalı kuantum çekimi teorisi günümüzde onu farklı yönlerde geliştiren araştırmacılar tarafından bütün dünyada incelenmektedir. Teorinin çeşitli alanlarda uygulamaları bulunmaktadır; örneğin, kozmolojide Big Bang'in -kâinatın ilk ânının- incelenmesinde veya kara deliklerin özelliklerinin ve bilhassa da onların termik özelliklerinin incelenmesinde.

Halkalar teorisinin kara deliklere uygulanması, yetmişli yıllarda Stephen Hawking tarafından yapılmış olan ilginç bir keşfe varır. Stephen, bilimsel çalışmalarını onu tekerlekli sandalyede yaşamaya ve eliyle kumanda ettiği bir bilgisayar aracılığıyla iletişim kurmaya mahkûm eden amansız hastalığına rağmen sürdürebilmeyi başarmasıyla meşhurdu. Onun vardığı en önemli sonuçlardan biri, kara deliklerin sıcak olduğu yönündeki teorik keşfiydi;

yani, kara delikler tıpkı sıcak cisimler gibi davranarak belirli bir derecede termik radyasyon yayıyordu.

Görsel 7: Wheeler'in Misner ve Thorne ile ortak çalışması olan ve ben Princeton'da ona *halkalarından* bahsettiğim sırada Wheeler'in bana gösterdiği *Gravitation* başlıklı kitapta yer alan resim:
"Uzay-zamanı oluşturabilecek on bin halka".



Biliyoruz ki cisimler genellikle onların mikroskobik unsurları hareket hâlinde olduğu için sıcaktır. Sıcak bir demir parçası, içinde demir atomlarının denge konumları etrafında hızla titreştiği bir şeydir. Ama bir kara delik sıcaksa, titreşen şey bu elementer "atomlar" mıdır?

Halkalar teorisi bu soruya bir cevap verebilir. Bir kara deliğin titreşen ve onun sıcaklığının sebebi olan elementer atomları kesinlikle, onun yüzeyinde tek başına olan halkalardır. Bu teoriyi kullanarak, Hawking'in sonuçlarını, *halkaların* mikroskobik "titreşimleri" cephesinden kavramaya ve onlardan yeni sonuçlar türetmeye muktedir olunabilir. Bu, halkalar teorisinin tutarlılığı ve dolayısıyla

da onun başarısı hakkında çok önemli bir testtir. Ama, bu hakikî bir deneysel test değildir.

Uzun zamandır gerçek deneysel doğrulama imkânı bulamayacağımıza inanıldı. Ama yakınlarda, teoriyi, uzayın tanecikli yapısının dolaylı sonuçlarını gözlemleyerek test etmeye imkân verecek birçok fikir ortaya çıktı.

Örneğin, uzayın yapısı tanecikliyse bunun ışığın yayılması üzerinde bir etkisi olması gerekir. Tanecikli uzayı kateden farklı renkteki ışık hüzmeleri ilke olarak birbirinden azıcık farklılık gösteren hızlarda hareket etse gerekir (tam da bir kristalin içinden geçen ışık hüzmesi gibi: Işık kırınma uğrar ve kırmızı, maviden daha hızlı gider. Yani, kırmızı, maviden azıcık önce görülür). Etki çok küçüktür, ama bütün bir güzergâh boyunca artar. O hâlde etki, çok uzak galaksilerden gelen ışık ışınları üstünde saptanabilecektir. Hâlihazırda, 10^{-29} cm'den küçük bir tanecikli yapıyı saptamak üzere ölçümler yeterince hassas değildir. Oysaki teori uzay "tanecikleri"nin boyunun 10^{-33} cm mertebesinde olduğunu öngörmektedir. Öyleyse, bu öngörüü sınamak için bugünkülerden on bin kat daha hassas ölçüm âletleri üretilmesini beklemek gerekir. Bu imkânsız değildir. Ama, asıl mesele, halkalar teorisinin, "lokal Lorentz simetrisi" diye adlandırılan, doğanın mühim bir simetrisini sahiden de bozacak bir sonuç ürettiğinin hiç de kesin olmamasıdır. Aksine, çok sayıda argüman, halkalar teorisinin bu simetriyi gözettiğini ve daha yeni hesaplamaların, teoriyi bu yolla test edilebilme imkânından uzaklaştıran bu sonucu teyit etme yönünde olduğunu telkin etmektedir.

Teorinin, gözlemlenebilir hâle gelme şansına daha fazla sahip olan sonuçları başka bir alanda yer alır: Kozmoloji.

Başlangıç kozmolojisi

Kozmoloji son on yıllarda çarpıcı bir gelişim kaydetti. Şimdilerde, kâinatın tarihi ve genişliği hakkında hatırı sayılır bir bilgimiz var ve daima daha fazlasını da öğreniyoruz. Şöyle ki 1998'de kâinatın sadece genişlemekte olmakla kalmadığını, aynı zamanda bunun giderek hızlandığını keşfettik: Kâinat gitgide daha hızlı büyüyor. Bu hızlanan genişleme çoğunlukla gizemli bir "karanlık enerji"nin desteğiyle açıklanır; ama, bu enerji, "kozmozolojik sabit" terimi dikkate alındığında Einstein'ın klasik teorisince gayet güzel tasvir edilir. Einstein baştan beri teorisinin denklemleri arasında bu terimi göstermişti, ama terim tâ ki hızlanan genişleme keşfedilinceye kadar ciddiye alınmamıştır. O hâlde, mevcut bilgilerimize göre kâinatın geleceği şudur: Daima hızlanan bir genişleme ve galaksilerin birbirlerinden sürekli uzaklaşması.

Mevzunun öbür kısmında gizem daha yoğundur: Başlangıç. Ve de halkalı kuantum çekimi işte burada bir şeyler sunabilir. Halkalar teorisinin kozmolojiye uygulanması şu son yıllarda muazzam bir gelişme kaydetti ve teori en büyük başarılarını bu alanda biriktirdi. Tam Big Bang'in ardından kâinat çok küçüktü; o sırada çok az sayıda uzay taneciğinden ibaret olduğu söylenebilir. Bu ilk tanecikler kâinatın hâlihazırdaki yapısında, bilhassa da çok kesin olarak ölçümlenen ve önümüze kâinatın yapısı hakkında çok şey sermekte olan kozmik radyasyon (meşhur "fossil ışınım") temelinde izler bırakmış olabilecektir. Kâinatın başlangıç aşamasındaki evrimini, büyük hâliyle kâinat için söz konusu olduğu gibi, süreklilik arz eden bir uzayla modellemek imkânsızdır. Açık bir şekilde tanecikliği hesaba katmak gerekir ve bunu yapmak için de *halkalar* teorisinin denklemlerinden yararlanılabilir. Bu surette,

Big Bang'in hemen ardından gelen anların ve hatta Big Bang'in kendisinin bir tasviri elde edilir.

Demek ki halkalar teorisi bize, başlangıç kozmolojisini, kâinatımızın hayatının başlangıcını incelemek için mümkün bir âlet sunabilir. Sonuçlar hayli şaşırtıcıdır. Einstein'ın genel göreliliği, Big Bang'e gidildiğinde artık işlev görmez ve dolayısıyla da bir kuantum teorisi olmaksızın Big Bang ânında neler olup bittiği hakkında hiçbir şey söylenemez. Kuantum mekaniğini bu konuya uyarlama girişimleri bile tatminkâr sonuçlar vermedi. Örneğin, Big Bang ânında kâinatın neler olup bittiğini eski Wheeler-DeWitt denklemlerinden yararlanarak hesaplamayı denerseniz, Einstein'ın klasik teorisindekiler ile aynı tutarsızlıkları yeniden bulursunuz: Zamandaki evrim Big Bang'de durur ve denklemler bütün anlamını yitirir. Buna mukabil, halkalar teorisinden gelen denklemleri kullanırsanız, denklemler derhâl Big Bang için de aynı şekilde işlev görür. Uzayın tanecikliliği, açık bir şekilde orada gerekçelenir. Kâinat Big Bang'e yaklaştıkça giderek büzülür, ama rastlantısal bir miktarda küçük olmaz, çünkü halkalar teorisinde rastlantısal küçüklük diye bir şey yoktur: Uzay kuantumlanmıştır.

Halkalar teorisini kozmolojiye uygulamayı ilk başaran kişi, genç bir Alman araştırmacı idi: Martin Bojowald. Onun fikirleri sonradan birçoklarınınca ve özellikle de Birleşik Devletler'deki araştırma ekibiyle birlikte Abhay Ashtekar tarafından geliştirildi.

Bu araştırma alanındaki hayli şaşırtıcı sonuçlar, bir bakıma Big Bang'in hakikî bir başlangıç meydana getirmediği, Big Bang'in, kâinatın büzülme hâlindeki bir evresini/fazını izleyen bir "geriye sıçrama" olarak görülebileceğidir.

Bu sonuç sağlamdır: Farklı yollardan ve de çeşitli karmaşıklık modelleri kullanarak aynı sonuca varılmıştır. Teorik açıdan bakıldığında şaşırtıcı olan şey, denklemlerin Big Bang'in yakınlarında artık anlamsız hâle gelmesidir. Denklemler artık sonsuz ve saçma nicelikler şeklinde sonuçlar doğurmamaktadır ve böylece Big Bang'in ötesinde neler olup bittiğini hesaplamak mümkün hâle gelmektedir.

Gözlem açısından bakıldığında, bu sonuç büyük bir değer taşır, zira kâinatın evrimi hakkında kuantum çekimiyle modifiye edilmiş denklemler, kozmologlar tarafından mutlak olarak kullanılan klasik teorinin denklemlerinden çok hafifçe farklıdır. Bu farklılık, bilhassa da kozmolojik temel yayılımın gözlemlenmesinde saptanabilir etkiler meydana getirebilir; yayılan bu zayıf ışık uzayda mevcuttur ve COBE, WMAP, Planck gibi uydular tarafından araştırılmaktadır. Bu yeni araçlarla temel kozmik radyasyon giderek daha hassas/kesin surette gözlemlenmekte ve halkalar teorisinin hesaplanabilir sonuçlarını gözlemleyebilme umudu artmaktadır.

Bununla birlikte, teorinin temel denklemlerini muhtemel gözlemlere bağlayan hesaplama çalışması öyle kolay değildir: Kestirimler/yaklaşıklıklar, -pek az insanın sahip olduğu- aynı anda hem kuantum çekimi hem kozmoloji konusunda engin bir bilgi ve epeyce içgörü gerektirir. Bu doğrultuda çalışan en iyi bilim insanları Fransa'dadır. Aklıma özellikle de günümüzde bu araştırmanın merkezi olan Grenoble'daki Aurélien Barrau geliyor.

Kavramsal açıdan bakıldığında ise, bu sonuçların hepsini Big Bang'den "önceki" bir kâinat açısından yorumlama hususunda yine de şaşkın bir durumdayım. Teorik sonuçlar tastamamdır ve onlardan türeyebilecek gözlemler

somuttur, ama bu keşiflerin açık fiziksel anlamı bence hâlâ aydınlatılması gereken büyük bir gizemdir. Bilhassa da şu soru: Big Bang'den önce neler olup bittiğini sormanın sahiden anlamı var mıdır?

Teorinin bize söylediği şudur: Big Bang'in yakınında kâinat öyle bir kuantik durumda bulunur ki zaman ve uzay iyice belirli [*définis*] değildir; tıpkı kuantum mekaniğinde bir parçacığın yörüngesinin iyice belirli olmadığı gibi. Uzay ile zaman, bu uzay-zaman alanında belirli değilse. Big Bang'den “önce” ifadesi ne anlama gelir?

Neticede, bizzat uzay-zamanın ihtimalî hâle geldiği bir teoride “zaman” nedir?

VI

Zaman yoktur

Buraya kadar sadece uzaydan bahsettim. Zaman hakkında daha ciddi konuşma vakti geldi.

Genel görelilik teorisini keşfetmeden yaklaşık on yıl önce Einstein zaten, zaman ile uzayın iki ayrı entite olmadığını, onların daha ziyade tek bir entitenin iki görünüşü olduğunu anlamıştı. Bu keşif, “sınırlı/özel görelilik” adıyla anılır. Daha açık söylendiğinde, Einstein’ın keşfi şudur: Biz iki olayın (meselâ, Kristof Kolomb’un Amerika’ya ulaşması ve John Lennon’un ölümü) daima zamanda bir sıra içinde olduğunu, yani birinin diğerinden *önce*, öbürünün de ondan *sonra* geldiğini düşünme alışkanlığındayız. Zamanın evrensel bir şey olduğunu ve bu nedenle de kâinatın başka bir kesiminde *tam şu anda* cereyan eden şeylerin ne olduğunu kendi kendimize sormanın bir anlamı olduğunu düşünme alışkanlığındayız.

Fakat Einstein ışın aslının böyle olmadığını anlamıştır.

Zamanın izafiliği

Zamanın izafiliğinin en çarpıcı resmedilişi, “ikizler paradoksu” diye adlandırılır. İkizler birbirinden farklı yönlerde çok yüksek hızla uzaya yollar ve tekrar dünyaya

döndüklerinde farklı yaşlardadır. Paradoxstan bahsedilir, ama bir paradoks söz konusu değildir. Bu sadece dünyanın yapılanma tarzının bir sonucudur. Tek paradoksal veçhe, bizim bu fenomenleri gözlemlemeye alışkın olmayışımız ve bunların bize tuhaf görünmesidir. Ama bunlar öyledir. Kesin deneyler yapılmıştır (ikizlerle değil, hızlı hava araçlarına konan çok hassas saatlerle) ve her seferinde, dünyanın tam da Einstein'ın kavradığı gibi işlediği doğrulanmıştır.

(Bu konuda, yakın zamanda Fransa'da, sınırlı/özel göreliliğin "babalık davası" hakkında bir polemik yaşandı: Onun Einstein'a mı Poincaré'ye mi ait olduğu polemiki. Poincaré'nin katkısı gerçekten de çok göz ardı edilmiştir. Ama, orijinal makaleler okunduğunda, hareket hâlindeki birbirinin eşi iki saatin zamanı farklı ölçmesi temel olgusunun Poincaré tarafından değil, Einstein tarafından kavranmış olduğu bana açık geliyor.)

Genel görelilik teorisiyle birlikte zaman daha da değişken hâle gelir. Daha güçlü bir kütle çekim alanı (örneğin, Arz'ın veya Güneş'in yakınlarında) saatleri daha yavaş çalıştırır. Zaten, GPS'in çalışmasında izafiyetçi düzeltmelerin konuya dâhil edilmesinin gerekmesinin sebebi de budur. GPS, sinyallerin Arz ile yörüngedeki uydular arasında gidiş-geliş zamanının çok hassas ölçümünü temel alır. Bu cisimler çok hızla yer değiştirir ve üstelik de yer çekimsel alandan bize nazaran biraz daha dışıdır. Demek ki onların zamanı, yerdeki zamanla tam olarak aynı değildir: Onların zamanı çok azıcık daha yavaş akar. Uzaklık hesapları düzeltilmezse, sonuç tamamen yanlış olacaktır.

Bir anekdot: Bu fenomenlerin gerçekliği bizim içgörümüze öyle terstir ki GPS sistemi geliştirildiği sırada Ame-

rikan ordusu generalleri ona inanmakta güçlük çekmiştir. Fizikçiler, generallere, uydulara konan saatlerin, yerdeki saatlere nazaran daha yavaş çalışacağını söylemiştir, ama... bu ciddiye alınabilmiş midir? Bir general, zamanın daha hızlı yahut daha yavaş aktığına sahiden nasıl inanabilir? Emin olmak için, Amerikan ordusu sistemi iki opsiyonla test etti: Birinde hesaplarda düzeltme yapılmadı, diğerindeyse yapıldı. İşte, genel göreliliğin hangi bakımdan ayakları yere sağlam basan bir teori olduğuna açık bir örnek. Bu tür öngörülere inanmamak aptallığın daniskasıdır.

Her neyse, biz tekrar ilkelere dönelim. Başlangıçta anlaşılması gereken şey, iki olayın birbirinden yeterince uzak yerlerde vuku bulması hâlinde, genel olarak, ikisinden hangisinin *birincileyin* vuku bulduğunu söylemenin anlamı olmadığıdır. Ve de *tam o sırada*, meselâ Andromeda Galaksisi'nde neler olup bittiğini sormanın da bir anlamı yoktur. Şu sebeple: Zaman her yerde aynı şekilde akmaz. Bizim kendi zamanımız var, Andromeda Galaksisi'nin kendi zamanı ve genel bir surette bu iki zaman ilişkilendirilemez.

Yapılabilecek tek şey, sinyal mübadelesidir, ama sinyallerin Dünya ile Andromeda arasında gidip gelebilmesi milyonlarca yıl sürer. Andromeda'dan bize sinyal yollayan bir uzaylı hayâl edin. O mesajı *bugün* almış olalım ve hemen cevap gönderelim. Uzaylının sinyali yolladığı ânın, bugünden *önce* konumlandığını ve cevabı alacağı ânın da bugünden *sonra* geleceğini söyleyebiliriz. Ama, sinyalin uzaylı tarafından gönderilmesiyle onun bizim cevabımızı alması arasındaki milyonlarca yıl boyunca, Andromeda'da, Dünya'daki "bugün" e tekabül edecek özel bir an yoktur.

Bunların hepsi, zamanı, sanki kâinatın yaşamına ritm veren kozmik bir saat varmış gibi düşünmememiz gerektiği anlamına gelir. Zamanı lokal/yerel bir şey olarak düşünmeliyiz: Kâinattaki her obje kendi zamanına sahiptir. Objeler birbirine rastladığında ya da sinyal mübadelesi gerçekleştirildiğinde, her birinin zamanlarının eklenme/artiküle olma şekli açıkça tasvir edilebilir. Ama, bunu yapabilmek için, dünyanın matematiksel tasvirinde tek başına “zaman”dan ve “uzay”dan değil, “uzay-zaman” diye adlandırılan ikisinin bileşiminden söz edilir.

Bunları bir asırdan fazladır biliyoruz (Einstein'ın bunu açıkladığı metni 1905'te yayımlanmıştır). Bir asırdan fazladır bildiğimiz bir şeyin hâlâ yaygın ve herkesin malûmu olmaması pek de şaşırtıcı değildir. Aynı durum, Kopernik devrimi gibi birçok kavramsal devrim için de söz konusudur. Koprenik'in keşfinden çok uzun zaman sonra birçok insan hâlâ Güneş'in Dünya çevresinde döndüğüne inanıyordu. Diğer yandan ise, araştırmalar sürer gider ve cümle âlem tarafından yakından takip edilmeyi her aşamada bekleyecek hâli yoktur.

Zamanın yokluğu

Günümüzde, kuantum çekiminden sağladığımız yenilik, uzayın var olmadığıdır. Yalnızca, daha önce de belirttiğim gibi, ağ/şebeke hâlinde birbirine bağlı taneciklerin olasılık bulutlarından meydana gelen kütle çekimsel alan mevcuttur. Ama, bu fikri sınırlı/özel görelilikle kombine ederek, uzayın mevcut olmayışının zamanın mevcut olmayışını da gerektirdiği sonucunu çıkarmak gerekir. Gerçekten de bu, kuantum çekiminde tastamam olup biten şeydir: t değişkeni Wheeler-DeWitt denkleminde yer almaz; hakeza, teorinin temel yapısında da öyle.

Zaman yoktur. Her ne kadar bu, içgörüsül düzlemde zor ise de -zira, zamanı, akış hâlinde, “kendinde” [*en soi*] bir şey gibi düşünme alışkanlığımız vardır- dünyayı zamansal olmayan terimlerle düşünmeyi öğrenmek gerekir.

Zamanın var olmadığı fikri ne anlama gelir?

Zaman klasik fiziğin bütün yahut da hemen hemen bütün denklemlerine dâhil olur. Zaman, t harfiyle simgeleyen bir değişkendir. Denklemler bize, şeylerin zamanın akışı boyunca nasıl değiştiğini söyler ve de geçmişte meydana gelen şeyi biliyorsak gelecekteki bir anda meydana gelecek şeyi öngörmemize imkân sağlar. Daha açık bir ifadeyle, değişkenleri ölçeriz: Meselâ bir objenin A konumunu, salınım hâlindeki bir sarkacın B genliğini, bir cismin C sıcaklığını, vb. Ve denklemler de bize, A , B , C , değişkenlerinin zamanın akışında nasıl değiştiğini söyler. Yani denklemler, zamanın (t) akışında bu değişkenlerin değişimini betimleyen $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ 'yi ifade eder.

Galilei, objelerin Arz'ın üstündeki hareketinin, zamanı değişken alan $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ gibi fonksiyonlarla ifade edilen denklemlerle tasvir edilebileceğini anlayan ve bu denklemleri yazan ilk kişidir. Onun çalışması, Kopernik'in fikirleriyle başlayan bir refleksiyon dizisinin uzantılarından biridir. Galilei Arz'ın hareket ettiği fikrini ciddiye almış olan ve o fikirden de dehâ ürünü bir içgörü geliştiren ilk kişiydi. Astronomi sayesinde, gökteki cisimlerin hareketini yöneten kesin yasalar olduğu biliniyordu. Ama, Arz hareket ediyorsa, gökteki öbür cisimler gibi bir obje olmalıydı. Öyleyse, cisimlerin Arz'ın üstündeki hareketini yöneten yasalar da olsa gerekir. İşte Galilei o yasaları araştırıp bulmuştur.

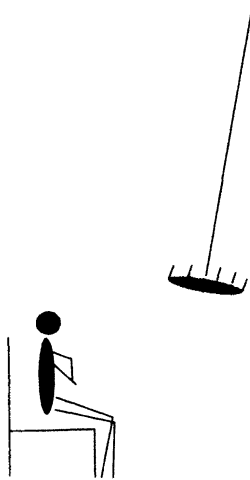
Galilei tarafından bulunan, Arz'ın üstündeki cisimlere dair ilk hareket yasası onların nasıl düştüğünü açıklar. Basittir: Düşen bir cisim tarafından katedilen x mesafesi, " t " zamanının karesiyle orantılıdır. Yani, iki birim zamanda, bir obje dört kat fazla mesafe kateder. Bu bağlantı genellikle şöyle yazılır: $x = (\frac{1}{2}) at^2$. Formülde a ivmeyi simgeleyen bir niceliktir; $\frac{1}{2}$ ise formülde o dönemin bilgi düzeyi sebebiyle yer alır. Galilei bu yasayı deneysel olarak, bir bilyenin eğik zeminde aşağıya nasıl yuvarlandığını incelerken bulmuştur. Bu yasayı keşif ve teyit etmek için Galilei'nin iki ölçüme ihtiyacı vardı: Bilyenin eğik zeminde katettiği x mesafesinin ölçümü ve t zamanının ölçümü. Demek ki özellikle t zamanını ölçecek bir aygıt, yani bir saate ihtiyacı vardı.

Galilei'nin doğduğu çağda, hassas saatler yoktu; ama, bizzat Galilei gençliğinde öyle bir saat yapmanın yolunu keşfetmişti. Salmımları ister büyük olsun ister küçük bir *sarkacın* salınımının daima aynı sürede gerçekleştiğini fark etmişti. O hâlde zaman bir sarkacın salınımlarını sayarak kolayca ölçülebilirdi. Zamanı simgeleyen " t " değişkeni, sarkacın salınım adedinden başka bir şey değildi. Fikir âşikâr görünür, ama keşfedilmesi için Galilei'yi beklemek gerekmiştir. Ondan önce hiç kimse bunu akıl etmemiştir. İşte bu, bilimsel zihniyettir.

Ama her şey bu kadar basit değildir. Tevatüre göre Galilei bu içgörüyü muhteşem Pisa Katedrali'nde tavana asılı ve günümüzde hâlâ orada duran bir kandilin hafifçe salınımını gözlemlediği esnada geliştirmiştir; ama tevatür hatalıdır, çünkü kandil orada sadece Galilei'nin keşfini takip eden yıllarda asılı kalmıştır ve artık orada değildir. Galilei kandilin salınımlarını, aslında pek ilgisini

çekmemiş olsa gereken bir dinî görev sırasında gözlemlemiş ve kalp atım sayısını hesaplamıştır. Her salınım boyunca bir kalp atışı olduğunu heyecanla keşfetmiştir. Bu durumda da bütün salınımların aynı sürede gerçekleştiği sonucuna varmıştır.

Görse! 8: Galilei bir sarkacın salınımlarının aynı sürede gerçekleştiğini, Pisa Katedrali'nin kandelininin yavaş salınımı boyunca kalp atışlarını sayarak keşfetmiştir.



Bu hoş hikâye bugün biraz daha dikkatli düşünülürse, günümüzde şaşırtıcıdır ve bu şaşırtıcılık da zaman probleminin temelinde yer alır: Galilei nasıl olup da kalp atışlarının hepsinin aynı sürede gerçekleştiğini bilebilmiştir? Birkaç yıl sonra hekimler hastalarının nabzını, bir sarkaçtan

ibaret olan bir saatle ölçmeye başlamıştır. Yani, nabız vurduğundan sarkacın düzenli olup olmadığından ve sarkaçtan da nabzın düzenli olup olmadığından emin olmak için yararlanılmıştır. Bu bir kısır döngü değil midir? Bu ne anlama gelir?

Bunun anlamı, *zamanın* kendisini asla ölçmediğimizdir. Daima *A*, *B*, *C* gibi fiziksel değişkenleri (salımları, kalp atışlarını ve bir yığın başka şeyi) ölçüyoruz ve daima bir değişkeni bir başka değişkenle mukayese ediyoruz. Demek ki *A* (*B*), *B* (*C*), *C* (*A*) gibi fonksiyonları ölçüyoruz. Ama yine de, *t* gibi bir değişkenin, asla ölçemediğimiz, ama her şeyin ardında yatan “hakikî zaman”ın mevcut olduğunu tahayyül etmek faydalıdır. Fiziksel değişkenler için bütün denklemleri bu gözlemlenemeyen *t* bakımından yazıyoruz. Bu denklemler bize, şeylerin *t* bakımından değişimini bildirir (salınımlar ne kadar zaman alır, her kalp atışı ne kadar zaman alır). Böylece, değişkenlerin birbirine göre (bir salınımdaki kalp atışı sayısı) nasıl değiştiğini hesaplıyoruz ve bu öngörümüzü de gözlemlerimizle karşılaştırıyoruz. Öngörü doğruysa, bu karmaşık şemanın iyi olduğu ve özel olarak da asla doğrudan ölçemediğimiz *t* değişkenini kullanmanın faydalı olduğu sonucuna varıyoruz. Diğer bir deyişle, zaman değişkeninin mevcudiyeti, bir gözlem verisi olmaktan ziyade bir faraziyedir.

Newton bunun halledilmesi gereken bir şey olduğunu anlamıştı ve hallinin yolunu da belirlemişti. Newton hakikî “*t*” zamanını ölçemediğimizi, ama onun mevcut olduğunu farz edersek bunun bize doğayı kavramada ve açıklamada son derece etkili bir şema kurma imkânı sağladığını açık açık belirtmiştir.

Artık çağımıza, kuantum çekimine ve şu iddianın anlamına dönelim: "Zaman yoktur." Bunun anlamı şundan ibarettir: Sonsuz küçükler hakkında konuştuğumuzda, artık Newton'cu şema işlevini yitirir. O iyi bir şemaydı, ama sadece makroskobik fenomenler için, yani bizim basamağımızda geçerlidir.

Dünyayı daha geniş şekilde kavramak istersek, dünyayı daha az aşınâ olduğumuz işleyişleri içinde kavramak istersek, o şemayı terk etmemiz gerekir, zira artık geçerli değildir. Özel olarak da, bizâtihi akan ve geri kalan her şeyin ona izafen evrildiği bir t zamanı fikri artık etkili bir fikir değildir. Dünya t zamanında evrilmenin denklemleriyle açıklanamaz.

Bir fizik öğrencisi bu fikirle ilk karşılaştığında paniğe kapılır. Zaman değişkeni olmayan denklemler mi? Fakat sistemin evrilişi nasıl açıklanabilecektir? Zaman değişkeninin sahiden zorunlu olmadığını yavaş yavaş anlayacaktır. Her şeyi, Newton tarafından icat edilmiş bir "zımbırtı" olan soyut ve mutlak "zaman"a bağlamaktansa, her değişken, diğer değişkenlerin durumu bakımından açıklanabilir.

Bunun için kendimizi, *carî olarak* [effectivement] gözlemlediğimiz A , B , C , değişkenleri listesiyle sınırlamamız ve bu değişkenler arasındaki bağıntıları, yani, $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$... gibi gözlemlemediğimiz fonksiyonları değil, $A(B)$, $B(C)$, $C(A)$... gibi gözlemlediğimiz fonksiyonların denklemlerini kurmamız gerekir. Örneğimiz üzerinden söylersek, karşımızda her ikisi de zamanda evrilen nabız atışı ve sarkaç değil, sadece bize onların birbirine göre nasıl evrildiğini söyleyen denklemler olacak; onlardan birinin hangi değerlerinin, diğerinin hangi değerleriyle bağdaştığını söyleyen denklemler.

Tıpkı uzay gibi zaman da bağıntısız bir mefhum hâline gelir. Zaman mefhumu sadece farklı olgu durumları arasındaki bir ilişkiyi ifade eder.

Basit bir değişim söz konusudur, ama kavramsal plan üzerinde bu devasa bir adımdır. Dünyayı, zamanda evrilen bir şey olarak değil, başka bir tarzda düşünmeyi öğrenmeliyiz. Temel düzeyde, zaman yoktur.

Temel fizikte yerini almakta olan yeni dünya tasavvuru, uzaysız ve zamansız bir dünya tasavvurudur. Nasıl ki “kâinatın merkezi” mefhumu dünyanın bilimsel kavranışında ortadan kalktıysa, yaygın uzay ve zaman mefhumları temel fizik çerçevesinde *ortadan kalkacaktır*.

Dünya sahidinden de tamamen zaman-dışı bir surette düşünülebilir mi? Dünya, *bu* dünya, zamanı işin içine dâhil etmeyen bir şekilde sahidinden düşünülebilir mi? Sanırım evet, ama bu, düşünce yapımızda radikal bir devrimdir.

Alain Connes

Çalışmalarımın önemli bir bölümü, zaman değişkeninin olmadığı bir teoriye ulaşma ve bunun ne anlama geleceğini kavrama amacı doğrultusunda kuantum çekiminin doğurduğu teknik ve kavramsal problemleri incelemeye ayrılmıştır. Söz konusu problemlerden biri şudur: Zaman temel düzeyde mevcut değilse, akan zaman olarak algıladığımız zaman da neyin nesidir? Bu ne olabilir? Doksanlı yılların sonlarına doğru bu problemin mümkün bir çözümüne ilişkin bir fikir üzerinde çalışıyordum. O fikrin hayatımda önemli bir rolü olmuştu: Beni, Avrupa'ya, aşağıda bahsedeceğim bir entelektüel güzergâhın sınırına geri getirmişti.

Dünya karmaşıktır: Milyarlarca parçacığı ve alanları tasvir eden değişkenler vardır. Bir problemin bütün de-

ğişkenlerine nadiren hâkim oluruz. Bu kontrolü sağladığımız zaman, sistemin dinamik denklemlerce yönetildiğini teyit edebiliriz; ve temel düzeyde, gördüğümüz gibi, zaman bu denklemlerde belirmez. Ama, çoğu durumda ancak, bir sistemi karakterize eden sayısız değişkenin küçük bir kısmını ölçeriz. Meselâ, belirli bir sıcaklıktaki bir parça metali incelediğimizde, onun sıcaklık derecesini, uzunluğunu, konumunu ölçeriz; yoksa, -bildiğimiz gibi- onun sıcaklığının kaynağı olan atomlarının her birinin mikroskobik hareketlerini ölçmeyiz. Böyle durumlarda, sistemin fiziğini tasvir etmek için sadece dinamiğin denklemlerini değil, aynı zamanda istatistiksel mekaniğin ve termodinamiğin denklemlerini de kullanırız. Bütün mikroskobik değişkenlerin tam hareketlerini bilsek de, bu istatistiksel denklemler bize öngöründe bulunma imkânı sağlar.

Zaman-dışı temel bir teoriden hareketle makroskobik bir zamanı yeniden elde etmemize imkân sağlayan fikir, zamanın sadece bu termodinamik istatistik bağlamında belirdiği fikridir. Bu, başka bir şekilde şöyle dile getirilebilir: *Zaman, dünyanın detayları konusundaki cehaletimizin bir sonucudur.* Dünyanın bütün detaylarını mükemmelen bilseydik, zamanın akışına dair bir duyumu-muz [*sensation*] olmayacaktı. Bu fikir hakkında ve de onu destekleyen matematiksel fikir üstünde çok çalıştım; Söz konusu fikrin, zamanın akışına bağlı tipik fenomenlerin, hakkında sınırlı bir bilgiye sahip olduğumuz zaman-dışı bir dünyayı nasıl su üstüne çıkarabildiğini göstermesi gerekir. Bilim dünyası bu fikri tepkiyle karşıladı ve bu yön-deki çalışmam da uzun süre boyunca ekseriyetle görmez-den geldi.

Günün birinde kendimi İngiltere'de, Cambridge'teki Newton Enstitüsü'nde buldum. Orası, dünyanın her yerinden davet edilen bilim insanlarının meslektaşlarıyla görüştüğü ve fikir alış-verişinde bulunduğu muhteşem enstitülerden biriydi. Ama, Cambridge'de hâkim olan hafif iddialı hava pek de hoşuma gitmemişti; tâ ki bir akşam kendimi yemek masasında olağanüstü bir şahsiyetin yanında bulana kadar Cambridge'de vakit kaybettiğimi düşünmeye başlamıştım: Alain Connes.

Alain yaşayan en büyük matematikçilerden biridir. Alain'daki en önemli uluslararası ödüllerin sahibidir. Tartışmaya başladığımızda, şaşırtıcı zekâya sahip bir delikanlının tutkusuyla ve coşkusuyla dolu ve de sadece matematik alanında değil, hayret verici sonuçlara vardığı fizik alanında da bir fikir yanardağı gibi bir insan keşfettim.

Cambridge'in biraz katı ve sıkıcı havasında, akşam yemeği yemek üzere tesadüfen yan yana oturmuştuk ve havadan sudan lâflamaya başlamıştık. Birkaç kadeh şarap içtik. Lâf arasında Alain şöyle bir cümle sarf etti: "Zamanın tezahür etme şekli hakkında bir fikrim var, ama kimse onu ciddiye almadı." Kulak kesildim ve ona ayrıntıları sordum. Israr etmem gerekti, zira teknik meselelere girmeye pek hevesli değildi; ama, sonunda, peçetenin üstüne çatalıyla diyagramlar çizerek ve söylediklerini canlandırmak için ekme kırıntılarını havaya serpererek fikrini bana açıklamaya başladı. Flu bir andan sonra, Alain'in bana açıkladığı fikrin tam da benim üstünde çalıştığım fikir olduğunu anladım. Odama çıktım ve konu hakkında yayımlanmış makalelerimle masaya döndüm. Çok farklı matematiksel yollar kullanmıştık, ama Alain benim izlediğim yolun sadece onunkinin özel/kısmî bir hâli olduğunu çabucak anladı.

Bir bilim insanı bir fikir ürettiğinde, genellikle onun doğru olduğuna inanma eğilimindedir. Şayet başka hiç kimse fikrini beğenmezse, o bilim insanı çoğunlukla kendisinin haklı olduğuna, diğerlerinin haksız olduğuna inanmaya devam edecektir. Ama bazı kuşkuları da olacaktır. Bir başkasının da ondan bağımsız olarak aynı fikri ürettiğini keşfederse, “biz” haklıyız, şu diğerleri de “hiçbir şey anlamıyor” türünde bir ortak inanca kapılmak karşı konulamaz hâle gelir...

Onun anladığı yanları ve benim anladığım yanları bir araya getirerek Alain ile birlikte bu fikri taslak hâlinde açıklayan bir makale yayımladık. Bir yandan da Alain gibi entelektüel tutkuyla ve eşsiz bir zekâ ile dolu muhteşem bir dost kazanmış oldum.

Bilim dünyası biraz da Güneş-Kral'ın Sarayı gibi işler: Birçok kapının mucizevî bir şekilde açılıvermesi için bir anlığına Kral'ın yakınlarında bulunmak kâfidir. Birleşik Devletler'de on yıl yaşadım ve “artık yeter” demeye başlamıştım. Avrupa'ya geri dönmeye çok niyetliydim ve bunu da belli ediyordum. Alain ile işbirliğimiz bu niyetim bakımından “gökten zembille” inen bir kısmet oldu. Makalemizin yayımlanmasından birkaç ay sonra Marsilya'daki Luminy Teorik Fizik Merkezi'nden bir telefon geldi: Bana merkezlerinde çalışmayı kabul edip etmeyeceğimi sordular.

Avrupa'ya dönüş

Bu sefer, on yıl önce Birleşik Devletler'den teklif aldığım-daki kadar uzun bir tereddüt geçirmedi.

Serde, Amerika'yı terk etmek vardı. Her şey bir yana, Pittsburgh'taki mesai arkadaşlarımdan ve bilhassa Ted

Newman'dan uzak kalma düşüncesi beni üzüyordu. Ted çok büyük bir bilim adamıydı (örneğin, kara deliklerin en genel tasvirini bulan kişidir), ama özellikle eşine az rastlanır insancıl bir karaktere sahip dürüstlük âbidesi biriydi ve başkalarını derinlemesine gözlemleyerek anlamaya ve en olumsuz koşullarda bile gülümsemesini yitirmemeye muktedir biriydi. Falanca kişinin davranışından rahatsız olduğumda, büroma gelip bir sandalyeye çökerek (ayr gibi iri bir cüssesi vardı) ve bana sıcacık ve ironik bir şekilde gülümseyerek bütün kızgınlığımı gideren Ted olurdu. Ted benim için örnek alınacak bir kişiydi ve bir referans noktasıydı.

Dahası, *Center for the History and Philosophy of Science*'in -çok değer verdiğim- yakınında olma şansını da terk etmem anlamına geliyordu. Sonra da, Amerikalıların dosdoğru yalınlığını, insana güvenlerini, çalışma azimlerini ve de her şeyin âdeta bir ağdaya bulanmış gibi olduğu Avrupa'da her işi bunca ağır aksak ve karmaşık hâle dönüştüren tuzakların ve engellerin bulunmadığı ortamlarını da terk etmem gerekecekti. Bir Avrupalı için Birleşik Devletler'de öğrenecek çok şey vardır ve Avrupa'da zor olacak şeyler orada başarılabilir. Yeni fikirler bulan gençlere Amerika altın köprüler sunar ki Avrupa'da onlara sabbatical sınırlarını beklemeleri söylenir. Bana Birleşik Devletler'de sunulan perspektifler olmaksızın, bilim alanında aktif kalmayı başaramayabilirdim.

Bunlara rağmen, bir Avrupalı için Birleşik Devletler'de yaşamayı öğrenmek güçtür. İnsan ilişkileri farklıdır. Değerler farklıdır. Amerikan kültürünün birçok yanını tolere etmek zordur: Kentlerdeki aşırı şiddet, radikal gerilimler, ölüm cezası, herkesi kapsayan bir sağlık sigortası ve

sosyal güvence olmaması, zayıfların ve yoksulların kaderine terk edilmesi, para ve kudret hırsı. Toplumsal adalet fikri bile, bizlerin Avrupa'da bildiğimizin hemen tersidir. Birleşik Devletler'de toplumsal adalet, *kapasitesi varsa* her bireyin kökenine bakılmaksızın en tepeye yükselebilmesi anlamına gelir. Avrupa'da ise, tersine, toplumsal adalet zayıfları, dolayısıyla da bilhassa *kapasitesi olmayanları* savunmayı içerir. Keza, Amerika'nın dış siyaseti de tahammül ötesidir. Özgürlük ideolojisiyle demokrasinin, emperyal saldırganlığı maskeleyiği ikiyüzlülük ve Amerika'nın üstünlüğüne kesin inanç saydam bir şekilde görülür. Bu belki de Avrupa'nın yitirdiği güce duyulan bir arzu-
dur ya da bunun bizim geçmişteki suçlarımızın⁴ korkunçluğu aklımıza getirmesindedir, ama Amerikan dış saldırganlığının sürekli şiddeti bizden uzaklaşıyor. Birleşik Devletler'e yaşamaya giden Avrupalıların çoğunluğu belki coşkulu bir dönemden sonra Avrupa'nın günümüzde daha yatışmış ve yüce gönüllü hâle gelmiş ruhuna özlem duyar.

Dahası, devir değişmeye başlıyordu o günlerde ve bir kara bulut gibi Birleşik Devletler'deki sivil hayatı birçok yönden kaplayan korku, kötümserlik ve fanatizm havasının yerleştiği görülüyordu. Geri dönme vaktiydi.

Marsilya'ya ilk gidişim sırasında ışıktan, güneşten, denizin kristal yeşilinden, Akdeniz'in eski ama zamansız büyüleyiciliğinden, bu kadim Fransız şehrindeki olağanüstü halklar harmanından gözlerim kamaşmıştı ve şehre hemen âşık olmuştum. Bugün çalışmakta olduğum Akdeniz Üniversitesi'ndeki Luminy Teorik Fizik Merkezi

4 Yazar burada, Avrupa'nın eski sömürgeciliğini, Afrika'daki köleleştirme politikasını ve buna benzer başka suçlarla birlikte özellikle de II. Dünya Savaşı öncesindeki faşizm ve ırkçılık dalgasıyla yapılmış olan kitlesel kıyımları kastediyor (çev.).

biraz şehir dışında kalır; sarp ve görkemli bir doğal çevrededir, denize yakındır. Bilimsel çalışmalar için ideal bir yörededir. Evim de denize yakın. Bir asırdan daha eski ahşap bir balıkçı teknesi alıp tamir ettim; teknenin eski yelkenini yamattım ve çalışmaktan artakalan zamanlarımda martıların uçtuğu sarp beyaz kayalıkların altında yelken açıyorum.

Görsel 9: Koca (!) gemimdeyim.



VII

Halkalar, kordonlar ve diğçerleri

Günümüzde halkalar teorisi

Fransa'da on yılı aşkın zamandır çalışıyorum ve bu ülkeye, bana, araştırmalarımaya devam edebilme fırsatı sunmuş olmasından dolayı minnettarım. Geçen on yıl boyunca halkalar konusunda çalışan araştırmacı sayısı hayli çoğaldı. Sadece Fransa'dakileri sayarsam bugün teori üzerinde Marsilya'da, Orsay'de [okunuşu: orse], Paris'te, Lyon'da, Tours'da [okunuşu: tur], Montpellier'de [okunuşu: monpölye] ve Grenoble'da [okunuşu: grönobl] çalışan gruplar var. CPT'deki araştırma laboratuvarımın yöneticisi olan Marc Knecht, başlangıçtaki güçlü direnişime rağmen bütünüyle halkalar teorisine ayrılmış bir konferans organize etmeyi başardı. İki Fransız mesai arkadaşım, Lyon'dan -sonradan Kanada'ya giden- Laurent Friedel ile ve de bir süre halkalar teorisiyle uğraştıktan sonra başka konulara yönelmiş olan, Montpellier'den Philippe Roche ile konferansa katıldık. Konferans benim ummadığım kadar başarılı geçti ve de muhtelif Avrupa ülkelerinde ve Meksika ile Çin'de de yapılan bir dizi uluslararası konferansı tetikledi; çoğunluğu gençlerden oluşan yüzlerce araştırmacıyı bir araya getirdi.

Bütün bu gayretler sayesinde, teori gelişmeye, açıklık kazanmaya, daha sağlam ve daha yalın bir hâl almaya devam etti. Bilhassa Almanya'da hâlâ öğretilen, teorinin en eski versiyonu, uzay-zamanın uzaysal veçheleri ile zamansal veçheleri arasında başlangıçta yapılan kesin bir ayırım temeline dayanır. Özellikle Fransa'da, Kanada'da ve İngiltere'de geliştirilmiş en yeni versiyonu ise daha ziyade, uzaysal ve zamansal veçhelerin daha tek-biçimli bir hâlde ele alındığı "kovaryant"⁵ bir versiyonudur. İkisi arasındaki farklılık, kuantum mekaniğinin iki standart formülasyonu arasında var olan farklılıkla aynıdır: Schrödinger denklemleri temeline dayanan "Hamilton'cu" formülasyon ve ellili yıllarda büyük fizikçi Richard Feynman tarafından geliştirilmiş olan "kovaryans" formülasyon. Şu sıralarda, teorinin "Feynman'vârî" [*à la Feynman*] bu kovaryant versiyonu üzerinde çalışıyorum.

Bu versiyonda, fiziksel sonuçları hesaplamak için, "geçişim olasılığı"m, yani başka bir şey başta gözlemlenmişse bir şeyi gözleme olasılığını hesaplamak gerekir. Feynman'ın reçetesini izleyerek, bu geçişim olasılığı teorisinde, bütün mümkün "olup bitme hâlleri"nin [*histoires*] toplamını alarak hesaplanır. Kuantum mekaniğinde, toplamı alınması gereken "olup bitme hâlleri", kütle çekim alanının değişik konfigürasyonlarıdır; yani, uzay-zamanın çeşitli konfigürasyonlarıdır.

Fakat, zaman mevcut değilse, "uzay-zaman"dan bahsedilebilir mi? Evet, "Feynman'vârî" hesaplar alanında mümkündür. Her şeyden önce, teorinin temel denklemlerinde zamanın var olmayışı, hassas/kesin öngörülerde bulunabilmemize mâni değildir. Örneğin, "beş saniyede"

5 İki değişkenin birlikte ne kadar değiştiğinin hesaplanmasına dayanan (çev.)

düşen bir objenin konumunu öngörebilmek için, onun düşüşünün “sarkacın beş salınımından sonra” gerçekleşeceğini öngörebiliriz. Pratikte fark azdır, ama kavramsal açıdan bakıldığında fark büyür; zira bu yordam bizi, uzay-zamanın mümkün formları hususundaki her zorunluluktan kurtarır.

Nasıl ki eski “uzay” ideamızın çok uzağında bir şey mevzu bahis olduğu hâlde spin ağları/şebekeleri için “uzay” dan söz etmeye devam edebiliyorsak, spin ağlarının/şebekelerinin birbirine dönüşme tarzını belirtmek için, yani o ağların evrilmesi sürecini tasvir etmek için de aynı şekilde “uzay-zaman” dan söz etmeye devam edebiliriz.

Kuantum mekaniğinde yalnızca olasılığa dayalı öngörülerde bulunulabildiğini hatırlayınız. Örneğin, A noktasında bir parçacık gördüysek parçacığı B noktasında bulma olasılığını hesaplayabiliriz. Bu hesabı yapmada Feynman tarafından bulunmuş etkili yordam, A’dan B’ye mümkün *bütün* yörüngelerin, nihaî olasılığı ağır bastırıldığını tahayyül etmektir. Bu biraz da, parçacık aynı anda bütün yörüngeleri izliyormuş gibidir. Gerçekte, bu, parçacığın bir olasılık bulutunda yersizleştiğini/yöresizleştiğini [*délocaliser*] söylemekten başka bir şey değildir.

Keza aynı fikir, kuantum çekim alanının dinamiğini hesaplamak için de kullanılabilir. Az önce bir A spin ağı gördüysek bir B spin ağı görme olasılığı nedir? A’dan B’ye bütün mümkün hâller, nihaî olasılığı ağır bastıracaktır. Bu hâllerin her biri, bir uzay-zaman parçası olarak yorumlanabilir. Bu, sayısız farklı uzay-zamanların hepsi de aynı anda mevcut buluyormuş gibidir.

Her “spin ağı/şebekesi hâli” bir *spin foam*, “spin köpüğü” diye adlandırılır. Bu adlandırmanın nedeni şudur: Bir

köpük tahayyül edin. Onu dondurduğunuzu ve çok keskin bir bıçakla kestiğinizi hayâl edin. Köpükten kestiğiniz kısmın gerçekte bir ağ/şebeke olduğunu tastamam gördüğünüz bir ân refleksiyon yaparsanız: Köpüğün her yüzey kısmı ve de yüzeylerin birleştiği hatlar kısmı, bir ağ/şebeke düğümü verir. Şayet köpüğü çok ince dilimlere keserseniz, o durumda bir ağlar/şebekeler dizisi elde edersiniz. Başka bir deyişle: Bir köpük, bir ardışıklık olarak, yani bir ağlar/şebekeler hâli olarak görülebilir. Öyleyse, “spin ağları/şebekeleri hâlleri” tarafından biçimlendirilen uzay-zamanlar, spin köpükleridir.

Bu spin köpüklerine uyarlanan halkalar teorisinin açıklanması, özellikle Fransa’da çalışmalarını sürdüren (Lyon’da) Etera Livine, (Marsilya’da) Alejandro Perez, Simone Speziale ve Eugenio Bianchi, (Tours’da) Karim Noui gibi parlak genç araştırmacıların gayretleriyle günümüzdeki en aktif araştırma konularından biridir.

Şu son yıllarda, bir spin köpüğünün “genliği” nin (*amplitude*) çok sade bir formülasyonu, yani onun toplam geçişlilik olasılığına katkısı, Fransa’daki ve Kanada’daki değişik araştırma gruplarınca bağımsız şekilde bulunmuştur; keza, Nottingham’daki İngiliz araştırmacılar söz konusu genliğin Einstein’ın genel görelilik teorisine hayli tutarlı olduğunu gösterdiler.

Bu gelişmeler sayesinde teori artık tamamlanmasına çok da uzak değildir ve elimizde bir kuantum çekimi teorisinin bulunması fikrinden duyduğum coşkumun da zapt edilmesi zordur.

Bunları söylerken, teorisinin sahiden tastamam olup olmadığını da bilmiyorum ve bilhassa da teorisinin doğru/düzgün olup olmadığını, yani doğayı gerçeğe uygun bir şekilde tasvir edip etmediğini bilmiyorum.

Kordonlar ve diğçerleri

Halkalar teorisi yanında, aslında, günümüzde kuantum çekimi konusunda geliştirilmiş en azından bir teori daha var: "Kordonlar teorisi". Bu teori elemanter parçacıkların, aslında parçacıklar olmayıp küçük *kordonlar* olduğunu farz eder. Her ne kadar *kordonlar* ile *halkalar* arasında bir akrabalık ilişkisi varsa da farklılıkları büyüktür: Kordonlar, uzayda hareket eden minik doğru parçalarıdır [*segments*]; oysa *halkalar* uzayın ta kendisidir.

Kordonlar teorisi, halkalar teorisinden çok daha iddialıdır: Kuantum çekimi meselesinin mümkün bir çözümünü aramanın ötesinde, fiziksel güçlerin ve parçacıkların hepsini birleştirmeye kalkışan bir teoridir. Bu teori sadece, kuantum mekaniği ile genel göreliliği bağdaştırma iddiası değil, fizikteki bütün temel etkileşimleri de birleştirme iddiası taşır: "Her şeyin nihaî teorisi"ni bulma iddiası. Bu amacın aşırı veya prematüre olduğu hissini taşıyorum, ama yanılıyor olmam da mümkün.

Kuantum çekimi meselesine yaklaşım tarzları bakımından kordonlar teorisi ile halkalar teorisi yalnızca farklı fiziksel hipotezler ortaya koymaları itibariyle değil, ziyadesiyle ayrı ön kabullere dayanan ve kuantum çekimi meselesini değişik açılardan gören iki bilim topluluğunun ürünleri olması itibariyle de birbirinden farklıdır.

Bu topluluklardan ilki, kuantum alanları teorisine (yani, kuantum mekaniğinin, alanlara uygulanışına) ve de parçacıkların "standart modeli"ne, kütle çekimsel fenomenler haricinde fiziksel dünyanın bütün olaylarını en iyi açıklayan güncel teoriye aşinâ olan yüksek enerji fiziği uzmanlarından oluşur. Bu, hiçbir deneyin tek bir kusurunu bile gösteremediği bir teoridir. Bir yüksek enerji fizikçisinin

nazarında kütle çekimi, bilinen nihaî ve en zayıf etkileşimdir. Öyleyse, onun kuantik özelliklerini de mikrofiziğin geriye kalanında muzaffer görünen stratejiyi kullanarak anlamaya çalışması doğaldır. Kütle çekimini kapsamaya muktedir bir konvansiyonel kuantum alanı teorisinin araştırılması on yıllar boyunca mesafe katetti ve nice parlama döneminden, coşku ve hayâl kırıklığı evrelerinden sonra kordonlar teorisine vardı. Kordonlar teorisinin temelleri henüz iyi anlaşılmamıştır, ama günümüzde en bilinen ve en yaygın kuantum çekimi teorisi olmaya namzettir.

Kordonlar teorisinde, kütle çekimi basitçe bir uzaya dalmış bir kordonun tahriklerinde [*excitations*] yatar. Teorinin dayandığı o tür bir referans uzayının mevcudiyeti, onun [teorinin] formüle edilmesi ve yorumlanması için zorunludur. (Realiteye tekabül etmediği bilinen) sabit, klasik, Newton'vârî bir uzay söz konusudur. Uzay kuantik olsa *gerekir*. Ama, teoride her şey, uzayın kuantik özellikler taşıması gerektiği unutuluyormuş gibi ele alınır: Bu mesele sonraya ötelenir. Dahası, kordonlar teorisi işleme için on boyutlu bir uzaya, süper simetrik parçacıklara, çok güçlü ve bugün itibarıyla en ufak bir deneysel teyidi elde edilmiş olmayan bir sürü hipoteze muhtaçtır. On boyutlu ve bilinmeyen süper simetrik parçacıklardan oluşan bir uzay teorisinin, anlam belirsizliği içermeyen/net [*univoque*], kavranılabilir ve yaşadığımız süper simetrik olmayan üç boyutlu dünyaya uygulanabilir öngörüler türetilmek üzere somut olarak nasıl kullanılabileceği pek açık değil.

İkinci topluluksa, genel görelilik uzmanlarından oluşur. Bir izafiyetçiye, kütle çekiminin bir referans uzayın-

daki fiziksel tahrikler yoluyla açıklanması fikri “yanlış” gelir. Genel görelilikten öğrendiğimiz ilk ders, fiziğin, *onun içinde* kendini açıp sergileyeyeceği (elbette, yuvarlak yaklaşım tarzı hariç) bir uzayın var olmadığıdır. Dünya daha karmaşıktır. Bir izafiyetçi için genel görelilik, özel/tikel bir güce dair bir alan teorisinden fazlasıdır. Daha temel olarak, uzaya ve zamana ilişkin bazı klasik mefhumların temel düzeye bütünüyle uyarlanmaya elverişsiz olduğunun keşfidir; bu klasik mefhumlar, kuantum mekaniğinin ışın içine dâhil ettiği mefhumlar kadar derin dönüşümler gerektirir. Hükümsüz kalmış bu mefhumlardan biri, ister Öklid’çi ister eğri olsun, fiziğin onun içinde konumlanacağı “referans uzayı” mefhumudur. Bu mefhumu terk etmek suretiyledir ki izafiyetçi kütle çekimi kavranabilmiş, kara delikler, izafiyetçi astrofizik ve modern kozmoloji keşfedilebilmiştir.

O hâlde, bir izafiyetçiye göre kuantum çekimi meselesi, kuantum mekaniğiyle ve genel görelilikle başlayan kapsamlı kavramsal devrimin yeni bir sentezde nihayete ermesini icap ettirir. Bu yeni sentezde, uzay ve zaman mefhumlarının, güncel iki “temel” teorimizden öğrendiklerimizi hesaba katmak için baştan aşağıya elden geçirilmesi gerekir.

Kordonlar teorisinin tersine, halkalar teorisi referans uzayı olmaksızın formüle edilmiştir. O hâlde, temel düzeyde uzay-zamanın doğasını sezme yönündeki hakikî bir teşebbüstür. Buna bağlı olarak da teoride beliren uzay-zaman mefhumu, konvansiyonel kuantum mekaniğinin veya kordonlar teorisinin üstünde temellendikleri mefhumdan kökten farklıdır. Halkalı kuantum çekimi denklemlerinde, ne t (zaman) değişkeni ne de x (konum) de-

gişkeni vardır, ama bununla birlikte, söz konusu denklemler bir sistemin evrilişini mükemmelen öngörmeye muktedirdir. Dahası, kordonlar teorisi tarafından farz edilen ve hiç gözlemlenmemiş ilâve boyutları ve egzotik parçacıkları da şart koşmaz.

Kordonlar teorisi, halkalar teorisinden daha fazla bilinen ve yaygın olarak incelenen bir teoriyse, bu esasen tarihsel sebeplerle böyledir. Bu durum, genel göreliliğin onda marjinal kaldığı yirminci yüzyıl fiziğini yansıtır. Genel görelilik çok karmaşık olduğundan ve de pratikte hiçbir işe yaramadığından, çok itibarlı, ama çalışmaları içe kapalı kalan küçük bir fizikçi topluluğuna hapsolmuştur. Buna karşılık, kuantum mekaniği sayısız pratik uygulamaları sayesinde (lazer, yoğun madde, parçacıklar, nükleer fizik, atom bombası, vb.) muazzam bir gelişme kaydetti. Demek ki kuantum çekimi meselesi masaya yatırıldığında, iki farklı bakış açısı söz konusudur: Genel görelilikten beslenen küçük bir topluluk ve de alanların kuantum teorisinden beslenen büyük bir topluluk. Bu kültürel kopukluk her zaman ortadadır. Bilimsel müzakere sırasında, hep “siz alanların kuantum teorisini hakikaten anlamıyorsunuz!” diyen “kordoncular” ve de onlara “siz de genel göreliliği hiç anlamıyorsunuz!” diye cevap veren “halkacılar” görülür. Belki iki ithamda da haklı yanlar vardır... Gelecek gösterecek...

En sonunda, kordonlar teorisi ile halkalar teorisinin birbirini bütünleyici teoriler olduğunun doğrulanması da mümkündür. Kordonlar teorisinin değeri, fiziksel etkileşimlerin çok zarif bir “birleştirilmesi”ni [*unification*] sunmasıdır. Aşil topuğu ise, temel bir düzeyde, bir referans uzağını farz etmeksizin açık ve genel bir formülasyon bulmaya

henüz muktedir olmamasıdır. Halkalar teorisi ise, fiziği, her tür referans uzayından bağımsız olarak -çünkü uzay, kendi yapısından neş'et eder- belirlemeye/tanımlamaya imkân sağlayan vasıtalara kesin bir şekilde hâkimdir. İki yaklaşımın bir tür füzyonu, her ne kadar bugün teknik olarak çok karmaşık görünse de akla uzak bir şey değildir. Bakış açılarının farklılığına rağmen iki teori inkâr edilemez bir şekilde ortak noktalara sahiptir; özellikle de, temel basamakta kütle çekimi alanının desteğinin kordonlar ya da halkalar diye adlandırılan objeler olduğu merkezî fikri bağlamında.

Kordonlar ve halkalar dışında revaçta olan başka fikirler ve çalışmalar da vardır. Bilhassa Alain Connes fiziksel uzayın mümkün başka bir matematiksel tasvirini geliştirmiştir: Elemanter parçacıklar üstünde etkide bulunan kuvvetlerin (standart model) yapısından çok güçlü bir şekilde motive olan "sırabağımlı [*commutative*] geometri". Bu biraz da, Maxwell'in elektromanyetik kuvvet hakkındaki teorisinden ilham alan Einstein tarafından sınırlı (özel) göreliliğin keşfiyle aynı yordamdır. Alain'in bu fikirlerini inceledim ve ona, çok marjinal birkaç makaleyle katkıda bulundum. Vardığım sonuç şu idi: Sırabağımlı geometri, aradığımız sentezin şu veya bu surette bir parçası olduğunda buna hiç mi hiç şaşırılmayacaktım.

Kuantum çekimi hakkında çok ilginç başka fikirler ise, spin ağlarının/şebekelerinin mucidi olan Roger Penrose tarafından öne sürülmüştür. Onun, yer yer okunması güç, ama dünyaya dair bildiğimiz her şey hakkında engin ve derin bir kavrayıcı tablo sergileyen *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness* başlıklı popüler bilim kitabını hararetle tavsiye ederim.

Halkalar dünyası ile kordonlar dünyası arasındaki ilişkiler kimileyin biraz fırtınalıdır ve zaman zaman ölçüsü kaçan suçlamaların (“Onlar hiçbir şey anlamıyor!”, “Onların hesaplamaları hatalı!”, “Çalışmaları hatalarla dolu!”) yapıldığına şahit olunan durumlar hiç de seyrek değildir; hatta ne yazık ki bu gibi suçlamalara, genç araştırmacılara burs ve kadro tahsis etme yetkisine sahip bilimsel komitelerde bile rastlanır. Ama, araştırma konuları arasında en uç noktadaki ve belirli bir yoldaki araştırma tutkularına senelerini vakfetmiş olan insanlar arasında bazen irrasyonaliteye kadar varan şiddetli uzlaşmazlıkların süregittiği bir alanda kafa karışıklıkları olması normaldir. Her ne kadar bilimsel bir kesinlik içinde pek kalınamıyorsa da şiddetli polemik, bilimsel üretkenliğin ve ilerlemenin kaçınılmaz unsurlarından biridir.

Ayakları yere sağlam basan teoriler ile varsayıma dayanan teoriler

Aslında, bütün bu teorilerin varsayıma dayandığını söylemek çok önemlidir. Her biri, tamamen yanlış olma riskine açıktır. Bununla, yalnızca, söz konusu teorilerin performansının daha yüksek teorilerce aşılabileceğini değil, daha daha radikal bir şekilde, onların bütün öngörülerinin deneyle çürütülebileceğini de söylemek istiyorum. Doğa sadece bizim estetik hükümlerimizden meydana gelmiştir. Teorik fizik tarihi, başarısızlığa uğramış “çok güzel” teorilere yanıp tutuşmuş bir coşku seliyle doludur. Tek hakem deneydir/tecrübedir ve hâlihazırda, standart modelin ve genel göreliliğin yerini almak için yarış hâlindeki teorilerin hiçbirini dolaylı bile olsa destekleyen en küçük bir deneysel sonuç yok. Bilâkis, teorilerce formüle

edilmiş olan ve standart modelin ve genel göreliliğin ötesine geçen bütün öngörüler (protonun parçalanması, süper simetrik parçacıklar, egzotik parçacıklar, kısa mesafelerde kütle çekim kuvvetinin düzeltilmesi, vb.), deneylerce şimdilik *yanlışlanmıştır*. Bu başarısızlıklar, kuantum mekaniğinin, standart modelin ve de genel göreliliğin muazzam deneysel başarılarıyla karşılaştırıldığında, ihtiyatı elden bırakmamak için sebepler vardır.

Bu, benimki gibi bir çalışmanın en zor yanlarından biridir: Bir taraftan, yeni bir teori formüle etmenin coşkusunu ve kendini dünyanın yeni bir veçhesini kavramak üzere hissetmenin tahrik ediciliği vardır; diğer taraftan ise, ömür boyunca, potansiyel olarak yanlış teoriler üstünde çalışmanın hayâl kırıklığı. Yahut da daha kötüsü, o teorilerin doğru olup olmadıklarını hiçbir zaman bilememe riski.

Çağdaş bilim hususunda, bildiklerimiz ile tahmin ettiklerimiz arasında net bir ayırım yapmanın önemli olduğu kanısındayım. Fiziksel dünya hakkında bugün bildiklerimiz, o alanda ayakları yere mükemmelen sağlam basan ve işlev gören temel teorilerin kulbuna tutunur.

Ayakları yere sağlam basan teoriler ile spekülatif teoriler arasında bazen biraz flulaşan ayırım sürekli olarak evrimleşmektedir, ama öneminden en ufak bir şey yitirmektedir. Bir teorinin ayakları ancak, bilimsel öngörülerin çok sayıdaki deneysel teyidinden sonra yere sağlam basar. Kuantum mekaniği (onun, fiziksel alanlara uygulanışı olan alanların kuantum teorisiyle birlikte), elemanter parçacıkların standart modeli, Einstein'ın genel göreliliği, bugün ayakları yere sağlam basan teorilerdir. Bu listeye, klasik mekanik teorisi veya elektromanyetizma teorisi gibi daha eski teorileri de ekleyebiliriz. Bu teoriler is-

patlarına kavuşmuştur ve çağdaş tekniğin temelidir. Onların (geçerli oldukları alanlardaki) öngörülerini hakkında, bütün servetiniz üzerine veya hayatınız üzerine güvenle bahse girebilirsiniz.

Bu teorilerin ötesine geçen her şey, yani kuantum çekişi, kordonlar teorisi, sıırağımlı geometri, temel kuvvetlerin birleştirilmesi modelleri, süper simetri, fazladan boyutlarıyla kâinat, kâinatlar, vb. (hemen hemen bütünü itibariyle benim kendi çalışma konum da dâhil olmak üzere) spekülattır ve spekülattır kalır. Bu hipotezlerin dünyamızı dosdoğru olarak tasvir ettiği hususunda hiçbir güvencemiz yok: Bunların hiçbir deneysel teyidi yoktur, doğru bir şekilde hiç kullanılmamışlardır ve ancak bir deli onların öngörülerinin geçerliliği üzerine bahse girme riskini göze alabilir.

Bu, söz konusu teorilerin ilginç olmadığı anlamına gelmez: Bugün ayakları yere sağlam basan teoriler vaktiyle spekülattır ve kesinlikten uzaktır. Yine de, günümüzde öne sürülen teorilerin iyi teoriler olup olmadığını bilmiyoruz: Bilim insanlarının kahir ekseriyetince benimsenen ve de tutkuyla ve sadakatle bağlanılarak kaynakların ona yönlendirildiği bir teorisinin olgularla sınanmasının sonucunda yanlışlığının ortaya çıkması, tarihte ilk kez rastlanan bir durum olmayacaktır.

Her araştırmacının kendi fikirleri ve kanaatleri vardır (benim de var) ve her biri kendi hipotezlerini tutkuyla ve enerjiyle savunmak zorundadır: Zinde bir tartışma, bilgiyi aramanın en iyi yoludur. Ama, kendi bakış açımızı savunmanın bizi köreltmemesi de gerekir: Haksız olabiliriz. Haklı mı haksız mı olduğumuzu ortaya çıkaracak olan şey de diyalektik değil, deneştir.

Bilim insanları sık sık hatalı bir şekilde iletişim kurar. Kendi fikirlerinden efsunlanmış hâlde, konuşmalarında, spekülâtif bir teoriyi ayakları yere sağlam basan bir teori-den ayırt etmezler. Kendi hipotezlerini sık sık, sanki on-lar kabule şâyan keşiflemiş gibi sunarlar. Bu ise, bilim-sel araştırmaları finanse eden kurumlar karşısında doğru olmaz. Takdim edilen teorilerin varsayıma dayalı miza-cı üzerine bir açıklık eksikliği, bilimi itibarsızlaştırır. Örneğin, kordonlar teorisi, bazen sanki tamamına ermiş bir teori gibi sunulur.

Popüler bilimcilerin, sadece varsayıma dayalıyken birtakım teorileri sanki ayakları yere sağlam basan teori-ler gibi sundukları sırada bilime büyük haksızlık ettikle-rini düşünüyorum. Kamuoyunun, bilim insanlarına gü-venebilmesi gerekir ve onların da yeni bir şey “kavradık-ları”nı ilan etmezden önce çok tedbirli olmaları gerekir.

Bu husus üzerinde ısrarla duruyorum, çünkü ayakları yere sağlam basan teoriler ile spekülâtif teorileri birbiri-yle karıştırmanın, bilim camiasının kendi içinde de yaygın olduğu hissini taşıyorum. Bu ciddi sapma, özellikle genç araştırmacıların eğitimine zarar verir. Bir uluslararası kon-ferans sırasında teknik olarak parlak genç bir araştıрма-cıyla konuşuyordum. Tartışma iki teoriye ilişkindi: Genel görelilik teorisi ile “N=4 süper simetrik Yang-Mills” diye bir teori. İki teoriden birinin fizik teorisi olarak doğrulan-mış olduğunu dile getirdiğimde genç araştırmacı bana saf saf şöyle sordu: “Hangisi?” Bunu derken lâtife etmiyordu. Deneyimle tamamı doğrulanmış büyük bir yeni öngörü-ler demeti sunmuş olan genel görelilik ile, o tür hiçbir şey sunmamış bir teori arasında fizik bilimi açısından var olan farklılığı anlamıyordu. Bu kafa karışıklığı, temel tizik ala-nında bir maraz oluşturur.

Halkalar teorisinin, kordonlar teorisinin veyahut da "standart modelin ötesinde" diye adlandırılan her tür teorisinin varsayıma dayalı hâli konusundaki açıklık, sağlıklı bir bilim ve de kamuoyuyla açık bir iletişim için aslıdır; zira, bilimi finanse eden toplumdur.

Temel araştırmaların desteklenmesi

Bilimin finansmanı programları dünyanın her yerinde gitgide, endüstriyel gelişime ve teknolojik uygulamalara yararlı olabilen çalışmaların desteklenmesi eksenine kayıyor. Katıksız/pür bilimin desteklenmesi ise düşüşe geçti.

Bu, uzak görüşlükten nasibini almamış bir politikadır. İskenderiye'yi yönetenler ya da Floransalı Medicis hânedanı uygulamalı araştırmalara yoğunlaşmış olsalardı, Öklid'in veya Galilei'nin çalışmalarını faydasız şeyler gibi görürdü ve biz de bugün cahil ve yoksul bir toplumda yaşıyor olurduk.

Büyük teknolojik gelişmelerin hepsi, dünyanın kavranışı hususunda gerçekleşen sıçramaların ardından gelmiştir. Örnekleri sürüyledir. Modern mühendisliğin temelleri, Ay'ın dönencesine ilişkin Newton'ın hesaplamalarında bulunur. Tarımdaki "yeşil devrim", soyaçekim konusundaki bedelsiz [para getirmeyen -çev.] bir merakın sonucudur. Radyo ve televizyon, Maxwell'in ışığın yapısına dair çalışmalarından beklenmedik bir şekilde çıkmıştır. Yirminci yüzyılda "faydasız" atom konusundaki araştırmalar olmasa, bilgisayar teknolojisi de olmazdı. Einstein'ın zamanın mahiyetine ilişkin sorgulamasından çıkan sonuçlar olmaksızın coğrafi konum belirleme sistemi (GPS) çalışmazdı. Modern toplumun her teknoloji sektörü, merak tarafından dikte edilmiş bir araştırmanın so-

nucudur. Tarih bize, temel araştırmaların yalnızca onun önemini anlamış olan aydınlanmış yöneticilerin etkisiyle geliştiğini öğretir.

Fakat, Avrupa, bunun uzun vâdeli faydasından bağımsız olarak bile, yeniden dünyanın entelektüel araştırma merkezlerinden biri olmak istiyorsa, temel araştırmaları desteklemelidir. Avrupa, “üniversite” kavramını Araplardan miras almıştır ve onu, bilginin özgürce araştırıldığı ve sonraki nesillere aktarıldığı yer olarak muhteşem bir şekilde geliştirmiştir. Bugün Avrupa üniversiteleri mâzilerinin solgun yansımalarıdır ve çoğunlukla da iyi Amerikan üniversitelerinin solgun kopyalarıdır. Avrupa’nın bu üniversitelere kültür merkezleri olarak yatırım yapması gerekir.

Avrupa’daki pek çok akademik sistem, sorgulayan, yaratıcı ve özgün genç arařtırmacılarдан ziyade kuralları gözeteni “kariyerçiler düşkünleri”ni kayırır.

“Materyalist Amerika” diye adlandırılan yerde, entelektüel mükemmeliyete ve merakın sevk ettiği araştırmaya çok kıymet verilir. Amerikalı bilim insanlarının aldığı Nobel Ödülü adedi her yıl artıyor ve Birleşik Devletler de dünya üzerinde gitgide daha çok -uzun vâdedeki önemli politik sonuçlarıyla beraber- kültürel etkide bulunuyor.

Uygarlığı yaratmış olan, bizi mağaralardan çıkararak ve firavunlara tapmaktan kurtaran en büyük gücün *merak* olması kuvvetle muhtemeldir. Avrupa, hayatı önem taşıyan merakı yitirmekten sakınmalıdır.

Sözümüzü kordonlara ve halkalara bağlırsak, demek ki temel [bilimlerdeki -çev.] araştırmaların mevcut durumu bulanıktır. Güzel fikirlerimiz ve geliştirilmiş teorilerimiz var, ama onların doğru olup olmadığını bilmiyoruz.

Bugün, genel görelilik ile kuantum mekaniğinin bağdaştırılması gibi açık uçlu büyük problemlere yönelik iyi çözüm, belki de zaten bilinmektedir; geriye kalan tek şey, onu doğrulamaktır. Belki de aksine, henüz kimsenin adını duymadığı ve henüz herhangi bir kurumda araştırmacı kadrosuna bile atanmayı başaramamış bir genç Einstein, yarın iyi çözümü bulacaktır. Yahut da belki bu kitabın okurları olan sizlerden biri eksik fikri bulmayı başaracaktır, kim bilir...

VIII

Dünyada bilim

2004 ilkbaharında beni şaşırtan bir davet aldım. Avrupa Konseyi'ne başkanlık etme sırası Hollanda'ya gelmişti. Bu vesileyle Hollanda Başbakanı bir "*Intellectual Summit*" tertiplemeye karar vermişti: "Düşünceler dünyası" ile "karar almaya yetkili kişiler" arasında, Avrupa'nın genişlediği bir dönemde "Avrupalılık" fikrinin yerindeliği hakkında bir diyalog başlatmak üzere dört konferans hâlinde eklenilen bir forum. Maksat şuydu: Kültür insanları ile siyaset, diplomasi, medya, endüstri dünyasının insanlarını, Avrupa kimliği, onunla ilgili hevesler ve Kıta'nın yönelmek istediği ideal istikamet hakkındaki düşüncelerin mübadele edilmesi için birkaç günlüğüne bir araya getirmek.

Bu toplantılardan ikisine (biri Varşova'da, diğeri Berlin'de) büyük bir ilgiyle katıldım. Özel olarak da Avrupa uygarlığında *bilimin* rolü konusunda fikir yürütmekle ve onları beyan etmekle görevliydim. Kitabın burasından itibaren yazacaklarım kısmen o sırada ürettiğim fikirler ve iki ana konuya ilişkin: İlk olarak, peşinden getirdiği bilgilerin ve de sağladığı teknolojik gelişimin ötesinde bilimin uygarlığımızdaki rolü. İkinci olarak da bizzat Avrupa. Söz konusu fikirlerimi, bu alanlarda hiçbir uzmanlık

iddiası taşımadan, sadece resmetmeye çalıştığım bilim tablosunu detaylandırmak ve tamamlamak maksadıyla, kitabın son bölümü olarak uyarlıyorum.

Demokrasi

Öykünün en başına dönelim: Yirmi altı asır önce Türkiye’de yaşayan Anaksimandros’a. Şu soruyla başlayalım: Yunan kültüründe, dünyanın bu rasyonel oluşturulma yordamının ve de -“bilim” olan- dünyayı kavramanın yeni tarzının doğmasını sağlayan ne gibi bir farklı özellik vardı? Yirmi altı asır, hayli uzak bir çağdır, ama muhakkak ki uygarlığın ilk ânı değildir: O çağda, örneğin, Mısır uygarlığı hemen hemen yirmi altı asırdır *zaten* mevcuttu. Niçin Miletli Anaksimandros’un dışında kimse Arz’ın altında hiçbir şey olmadığını idrak edemedi? Yirmi altı asır önce, Türkiye kıyılarındaki Yunan şehirlerinde özel olarak ne vardı?

Milattan önce yedinci asırda genç Yunan uygarlığı müthiş bir gelişim hâlindeydi. Coğrafi olarak yakınında bulunduğu başka büyük uygarlıkların, Mısır ve Mezopotamya’nın binlerce yıl gerisinden geliyordu ve onlardan çok şeyi miras almıştı. Fakat, onlardan derinlemesine farklıydı da. Bu kadim uygarlıklar düzenli, stabil ve hiyerarşikti. İktidar, merkezî idi ve toplum da sabit bir sistemin muhafazasıyla düzenleniyordu. Bunlar, dış dünyayla çatışma veya savaş dışında pek az temasa geçen kapalı uygarlıklardı.

Genç Yunan dünyası ise aksine, son derece dinamikti ve dönüşüm geçirmeye devam ediyordu. Merkezi bir iktidar yapısı yoktu. Her site bağımsızdı ve her birinde iktidar hemşehriler arasında devamlı surette müzakereyle paylaşıyordu. Yasalar ne kutsaldı ne de değişmezdi: Yasalar

sürekli olarak tartışılırdı, tecrübe edilirdi ve sınamaya tâbi tutulurdu. Kararlar, şehir meclislerinde müştereken alınırdı. “Otorite” denen şey ise, diğerlerini diyalog ve müzakere yoluyla ikna edebilen kimselerin hissesine düşen şeyden ibaretti. Bu, açık ve komşu uygarlıkları özümseme yeteneği olan bir kültürdü. Mısırlılardan ve Perslerden farklı olarak Yunanlar çok fazla seyahat ediyordu.

Bu yepyeni kültürel ortamda bilgiye dair yeni bir fikir de doğdu: Rasyonel ve eleştirel bilgi. Sürekli evrilen ve geleneksel fikirleri sorgulamaya cesaret eden ve hatta kendisini de sorgulayan dinamik bir bilgi. Bilginin yeni “otorite”si ne gelenekten, ne kudretten/iktidardan, ne kaba kuvvetten, ne ezeli-ebedi hakikatlere referanstan geliyordu; muhataplarını, kendi bakış açısının haklılığına ikna etme kapasitesinden kaynaklanıyordu. Kabul edilemeyen fikirlerin eleştirisi yasak değildi, aksine, istenen bir şey olup bu düşüncenin dinamizmi ile gücünün kaynağı idi ve onun daha iyi bir hâle dönüşmeye devam etmesinin teminatıydı. Bu, yeni bir dünyanın doğuşunun şafak sökümüydü.

Bilimsel araştırmanın temel kuralları yalındır: Herkesin konuşmaya hakkı vardır. Einstein, bizim realite hakkındaki kavrayışımızı değiştirecek fikirler ürettiği sırada patent bürosunda kimsenin tanımadığı bir memurdu. Uyuşmazlıkların başımızın üstünde yeri var: Düşüncenin dinamizminin kaynağıdır onlar. Uyuşmazlıklar kaba kuvvetle, saldırganlıkla, parayla, kudretle veya gelenekle çözülemez. Kazanmanın tek yolu argümantasyon yapmak, fikrini bir *diyalog* içinde savunmak ve muhataplarını *ikna etmektir*.

Elbette ki burada, bilimsel araştırmanın somut realitesini, insanın toplumsal ve ekonomik karmaşıklığına

tâbi kılmıyorum; yapmaya çalıştığım şey daha ziyade, bilim pratiğinin bağlanması gereken ideal kurallara dair bir tespitte bulunmak. Bu kurallar kadimdir/eskidir. Söz konusu kurallar, Platon'un meşhur ve hakikatin nasıl araştırılabileceğini açıklayan "Yedinci Mektubu"nda tutkulu bir şekilde tasvir edilmiştir:

"Bu daha da önceden söylediğim gibi dikkatli ve özenli bir çalışma gerektirmektedir. Ancak isimleri, tanımlamaları, duyuları, algıları birbirleriyle karşılaştırdıktan sonra ve sorularla cevaplarda hırçınlığın etkisinin görülmediği durumlarda, anlayış ve aklın parlaklığı insan gücünün algılayabileceği bir düzeye erişir."⁶

Kavrayış/idrak, samimi bir entelektüel süreçle, öğrenmeyle, doğaya ve başkalarının düşüncelerine kulak kesilerek araştırma yapmalıdır. Merkezi husus da, tasavvurlarımızın [*représentations*] hatalı olabileceğini de dürüstçe kabul etmektir. Platon'dan beri uzun bir güzergâh katedildi, ama hâlâ onun tasvir ettiği yolda ilerliyoruz: Bilginin *diyalog* yoluyla, rasyonel bir müzakere çerçevesi içinde bir mutabakat aramak suretiyle oluşturulması.

Diyaloğun, aynı yörede ve aynı asırda doğmuş olan demokrasiyle ilişkileri de aşikârdır: İdeal olarak demokrasi, kararları alan kişinin fikirlerini *ispatlama* [*argumenter*] ve insanları yeterince *ikna etme* becerisine sahip olduğu bir süreçtir.

Demokrasi, düşmanlarını ezmeyi değil, onları dinlemeyi, onlarla müzakere etmeyi, ortak bir zemin ve müşterek bir kavrayış aramayı gerektiren bir idealdir. Voltaire'in ifadesiyle: "Söylediklerinize katılmıyorum, ama siz

6 Furkan Akderin'in, Platon'un metninin Eski Yunanca orijinalinden yaptığı çeviriden aldım: Platon, *Mektuplar*, Say Yay., İstanbul, 2010, s. 75 (çev.).

onları söyleyebilesiniz diye savaşırm da.” Voltaire’in bu şiarı, hem demokrasinin hem de bilimsel yöntemin özüdür.

Bilim ve demokrasi böylece, aynı zihniyet içinde, aynı yörede ve aynı çağda birlikte doğmuştur: Serinkanlı akılsallık zihniyeti içinde, zekâ ve diyalog zihniyeti içinde. Bu eleştiri, diyalog ve akılsallık zihniyeti, dünyamızın üstünde inşa edildiği ana sütunlardan biridir.

Şurası apaçıktır ki bilimdeki gibi siyasette de “ideal” ile “gündelik gerçeklik” arasında bir boşluk vardır. Ama bu idealler birbirine bağlıdır: Şimdiye dek dünyayı kavramak üzere bulabildiğimiz en etkili yol (bilim) ile kolektif karar alma süreçlerini organize etmek için bulabildiğimiz en iyi yol (demokrasi) arasında sayısız ortak nokta vardır: Hoşgörü, tartışma, akılsallık, karşıt bakış açılarını dinleme, öğrenim, müşterek fikirlerin araştırılması. Her ikisinde de merkezî kural, yanılabilirliğimizin bilincinde olmaktır, bir argümanla ikna edildiğimizde kanımızı değiştirme imkânını korumaktır ve de bizinkilerin zıddı bakış açılarının o tür argümanlar ortaya koyabileceğini kabul etmektir.

Dünyanın bilimsel kavranılışında ileriye atılan her adım, bir sarsıntıdır da. Yani, bilimsel düşüncenin daima sarsıcı, devrimci bir yanı vardır. Dünyayı her defasında yeniden resmederiz ve realite hakkındaki imgemizi, hatta kendi düşüncelerimizin gramerini değiştiririz. *Devrim* kelimesi de zaten bilindiği gibi, Kopernik’in devrimci metninin başlığından gelmektedir: Kopernik’ten önce, “devrim” [*révolution*] kelimesi sadece, çembersel hareket, özel olarak da gezegenlerin gökyüzündeki çembersel hareketi anlamına geliyordu. Kopernik’in kitabının adı, *De Revolutionibus Orbium Celestium*’du, yani “Gök

cisimlerinin devrimleri üzerine". Kopernik'in kitabı, insanlığın dünya tasavvurunu o denli altüst etti ki başlığındaki "revolution" kelimesi "büyük altüst oluş" ile eşanlamlı hâle geldi. Yani, bilimsel düşünceye açık olmak, devrimsel olana, sarsıcı olana açık olmak anlamına gelir.

Eğitim-öğretim

Okullarda ise bilim tam da tersine, genellikle "hakikî olgular"ın ve "doğru yasalar"ın bir listesi gibi yahut da problemlerin çözümüne yönelik bir antrenman gibi öğretilir. Bilimin bu öğretilme tarzı, bizzat bilimsel düşüncenin ve eleştirel zihniyetin yapısına ihanet etmektir. Eleştirel bakışı öğretmemiz gerektiğine inanıyorum; ders kitaplarına hürmet beslemeyi değil. Öğrencilere, yerleşik fikirleri sorgulamayı, şüphe etmeyi ve öğretmenlerine soru sormayı öğretmemiz gerekir, onlara gözü kapalı inanmayı değil. Gençlere geleceğe inanmada yardım edecek olan ve dinamik bir toplum meydana getirmeye katkı sağlayacak olan da bu öğretim tarzıdır.

Bilimin ne olduğunu öğretmelidir: Büyüleyici bir beşerî serüven; büyük kafa karışıklığı evreleri, yeni çözümlerin sabırla keşfi, baş döndürücü kavramsal sıçramalar, puzzle'ın parçalarının sarsıcı bir şekilde yerli yerine oturduğu idrak aydınlanmaları zinciri: Arz hareket eder, kalıtsal bilgi DNA'da kodlanmıştır, bütün canlı varlıklar ortak atalardan gelir, uzay-zaman eğridir... İşte bu, bilimin uzun, büyüleyici ve çok güzel tarihidir. Bilim eğitimi, şüphenin ve hayretin öğretilmesi olmalıdır.

Bilimin tarihsel gelişimi, sanatların, edebiyatın ve felsefenin gelişiminden asla kopuk değildir. Her alan, bir evre ve belirli bir zaman dilimi boyunca uygarlığa yayılan dünya kavrayışına katkıda bulunur ve buna karşılık da

ondan beslenir. Öğrencileri, insanlığı gotik katedrallere ve Newton'ın *Principia*'sına, on dördüncü yüzyıldaki Siena tarzı resimlere ve moleküler biyolojiye, Shakespeare'in piyeslerine ve katıksız/pür matematiğe götüren entelektüel macerayı kavramaya ve sevmeye teşvik eden bir okul görmek isterdim. Söz konusu olan, aynı entelektüel mirastır ve o ancak bütünlüğü içinde alındığında anlamlı olur.

Schubert'in bir partiyonunda ve Einstein'ın yazdığı bir sayfada aynı oranda güzellik, zekâ, insanlık ve gizem vardır. Her ikisi de bize, realityi kavrama tarzı hakkında bir şeyler söyler; derin, ama bir yandan da fâni, kırıl-gan ve uçucu bir şeyler. İsterdim ki gençler her ikisinden de hoşlanmayı öğrensinler ve her ikisinde de dünyayı ve kendilerini anlamak için anahtarlar bulsunlar.

Werner Heisenberg: Bilimin sunacağı bir şey var mı?

"Küreselleşme" kelimesinin henüz yaygın olarak bilinmediği 1960'lı yıllarda yazılmış şaşırtıcı bir metinde, kuantum mekaniğinin muhtemelen hakikî öncüsü ve de kesinlikle yirminci yüzyılın en büyük fizikçilerinden biri olan Werner Heisenberg dünyada meydana gelen şeyin, halkların ve kültürlerin küresel bir harmanda bir araya gelişini olduğunu yazar. Heisenberg bunu, muhteşem bir gelişme olarak selâmlar, ama hemen peşinden, halkların, kendi kimliklerinin zayıflamasından endişeye kapılacağını, kültürel referans noktalarının azalışıyla birlikte sarsıntı geçireceklerinin ve bunun da dünyada bir istikrarsızlık doğuracağını altını çizer. Bu denli aydınlık bir analizin elli yıl önce yapılabilmiş olması dikkate değerdir.

Heisenberg böyle bir bağlamda, katıksız/pür bilimin pek az dikkate alınacağını belirtir. Ama buna rağmen ka-

tıksız/saf bilimin sunabileceği bir şeyler vardır: Bütün bakış açılarının uzun zamandır nâtamam olduğunu teşhis eden ve de kesinlikler ile kültürel referans noktalarının sürekli bir şekilde ortadan kalkışıyla karşı karşıya gelen bir topluluğa "idealler" sunabilir. Fizikçiler temel fikirlerini o kadar sık değiştirmek durumunda kalmıştır ki şüphe içinde ve kendi bakış açılarına mutlak bir güvenden yoksun olarak yaşamayı öğrenmişlerdir. Bu kesinlikle, bizim, küresel bir uygarlık ortamı içinde yerel bakış açılarını çoğaltan bir dünyada yapmaya muktedir olmamız gereken şeydir.

Günümüzde gezegeni karanlık bulutlar kaplıyor. Eşitsizlikler ve adaletsizlikler hiçbir zaman olmadığı kadar büyük ve de artmaya devam ediyor. İnsanları birbirinden ayıran dinî mutlak hakikatlerin yankısı, her taraftaki siyasal liderlerin sesiyle her gün yükseliyor. İnsanlar yerel kimliklerine dört elle sarılıyor, birbirlerinden korkuyor ve kendini sakınıyor. Çatışmalar radikal hâl alıyor. Düşmanlar gitgide "şer odağı" gibi görülüyor ve karşılıklı cephelelerde şeytanlaştırılıyor. Müzakere etmek giderek değer kaybediyor.

Bu "irrasionalite dalgası"na, derin bir kaygıyla ve üzüntüyle tanıklık ediyorum. Bilim, cehaletimizin, limitlerimizin ve de "başkası"nda kuşkulu yaklaşılabilecek şeylerden daha fazla, "öğrenilecek şeyler" olduğunun teşhis edilmesidir. Hakikat, mutlak kesinliklerde veya "en iyinin biz olduğumuz" şeklindeki yaygın kanıda değil, mübadelede aranması gereken bir şeydir.

Avrupa'dan yola çıkan on Haçlı Seferi'nden dokuzu, Haçlı Orduları'nın savaşlarıyla sonuçlandı. Altıncı Haçlı akını ise, büyük Avrupalı II. Friedrich tarafından, sadece Kudüs'ün kontrolü hususunda Sultan Malik al-Kâmil ile

müzakere yoluyla yatıştırıldı. Eleştiriyi kabul etmeyen bir hakikati tekelinde tutan Papa ise bu duruma çok kızdı⁷.

Günümüzdeki gerilimlere rağmen dünya ölçeğinde bir uygarlığın oluşmakta olduğuna inanıyorum. İnsanlar gibi uygarlıklar da bir harmanlanışta çiçek açar ve içine kapandığında ise durgunluğa girer. İşte bu nedendir ki günümüzdeki küreselleşme insanlık için muhteşem bir şanstır. Çok korkutsa bile. Kadim Yunan uygarlığının derin mirası olan ve modern Avrupa tarafından yeniden keşfedilip geliştirilen dinamik ve rasyonel bilimin sesiz gücü, Avrupa'nın dünyaya mâl olmuş kültürel mirasının -belki de edebiyattan, sanatlardan ya da felsefeden daha fazlasıyla- kalbidir. Dinamizm ve bilimsel düşüncüyü bunca güçlü ve bunca zayıf kılan, kendi temellerini sorgulama kapasitesi, belki de Avrupa'nın tarihsel başarısının köklerinden biridir.

Elbette, bilimsel yaklaşımın doğrudan doğruya uygulandığı alanlar sınırlıdır. Bilim, en hayati toplumsal ve kişisel meselelerimizin çoğunda marjinal bir uygunluğa sahiptir. Ama bilimsel düşünce, toplumları ve onların düşüncelerini şekillendirmeye katkıda bulunmuştur ve kültürel inşa değerini taşır. Hataları gidermek ve *paylaşılabilen* bir bilgi bütünü oluşturmak bakımından insanlığın en iyi yöntemlerinden biridir.

Avrupa

Bu bağlamda, Avrupa'nın teşekkül sürecini, yerel kimliklerimizin ve çıkarlarımızın tehlikeye girmediği çok güzel bir fikir olarak görürüm; ama tersinden bakıldığında,sa-

7 Papa III. Honorius, Kutsal Roma-Germen İmparatoru II. Friedrich'i aforoz etmiştir (çev.).

yerel kimliklerimiz ve çıkarlarımız daha büyük bir "insanlık ailesi" içinde eriyebilir. Her ne kadar bu fikir günümüzde, özellikle de kişilerin egoizminin kabarması sebebiyle müşkül bir durumdaysa da, bu hayâlin gerçekleşebileceğini düşünüyorum ve umut ediyorum. Ama şu şartla: Avrupalı kimliği, dünyanın geri kalanına *karşı* bir kimlik olarak inşa edilmesin.

Avrupa, geleceğin dünyası için anlamını, kendi içinde uygulamaya çalıştığı şeyleri örnek olarak sunarak ve onları kendi dışına tanıtarak bulabilir: Halkların, farklılıklarına rağmen barış içinde yaşayabilecekleri, çatışmalarını gidermenin yolunu bulabilecekleri, adaletsizlikleri diyalog ve müzakere gibi siyasal yollardan ortadan kaldıracabilecekleri fikri.

Gezegendeki oluşmakta olan ortak uygarlıkta Avrupa ana bileşenlerden biridir. Bu itibarla da dünyanın Avrupa'ya borçlu olduğu şeyler vardır. Ama, muhakkak ki uygarlık bir tek Avrupa'ya has bir şey değildir. Dünyada, birçoğu da Avrupa tarihini ve kültürünü derinden etkilemiş olan sayısız uygarlık doğmuştur; o uygarlıkların çoğu da aynı şekilde Avrupa medeniyetinden derinlemesine etkilenmiştir. Bazıları da, oluşmakta olan dünya ölçeğindeki uygarlığa enerjik bir şekilde katkıda bulunmaktadır. Bazılarına, biz Avrupalılar o uygarlıkları mahvetmiş olduğumuzdan katkıda bulunamamıştır.

Dünya Avrupa'ya bir şeyler borçluysa da, üç asır devam eden sömürgeciliğinden önce saygınlığı daha fazlaydı: Kuzey ve Güney Amerika'da yok edilmiş nice halk, köleliğe mahkûm edilmiş milyonlarca Afrikalı, yok edilmiş birçok Asyalı millet, sistematik sömürü, çalışma kampları, tecavüzler, son dünya savaşından önce bütün Avrupa ülkelerinde kurumsallaşmış ırkçılık ve de her zaman akut

biçimde carî olan ekonomik eşitsizlikler sergileyen dünya ölçeğindeki bir sistem. Çocuklar ebeveynlerinin işlediği suçlardan sorumlu değildir, ama dünyanın geri kalanı bu suçların kurbanlarının evlâtları olarak bize bakıyor. Kökleri de bu suçlarda bulunan, hâlihazırdaki imtiyazlı durumumuzu görüyor.

Gerhard Schröder'in Varşova'da şunu dediğine heyecanla tanıklık ettim: "Nazi suçları karşısında utanç içinde başımızı öne eğiyoruz." Almanya medenî bir-arada-var-olmanın faziletini, ulusal gururun önüne geçirerek ilk adımı sağlam bir şekilde atıyor. Bütün Avrupa'nın bu düzeye yükselmesini dilerim. Benim hayâlim, Avrupa Birliği'ne başkanlık etme sırası gelen bir ülkenin günün birinde, bütün sömürgecilik suçları için başımızı utançla önümüze eğiyoruz demeye muktedir olmasıdır.

Ben İtalyan'ım, Fransız'ım ve Avrupalıyım. Avrupalı ve de dünya yurttaşı olmak isterim. Kimlikler birbiriyile zıtlık içinde değildir: Birbirini zenginleştirir. Şayet "Avrupa", daha güçlü olmak ve Avrupalılıktan gelen imtiyazlarımızı savunmak anlamına gelir ise, artık benim umurumda bile olmaz. Buna karşılık, Avrupa şayet suçlarını kabul eder, dünya barışı ve hakkaniyet için çalışmaya, saldırganlığın yerini diyalogun alacağı bir dünya için çalışmaya muktedir olursa, işte o zaman Avrupa hâlâ tereddütte kalan yurttaşlarının gönlünü kazanabilir.

Bu durumda, Avrupa bizim en eski ve büyük hayâlimiz yönünde bir adım atabilecektir: Diyalogun, saldırganlığa ve kaba kuvvete galip geleceği kardeşçe bir dünya.

Belki de bu bir hayâlden ibaret, biliyorum. Gerçek dünyadan farklı bir dünya fantezisi. Ama, bilimden öğ-

rendiğim bir şey de, tek bir gerçek dünyanın olmadığıdır. Dünya asla düşündüğümüz şey değildir, gözlerimizin önünde değişip durur.

Dünyamızı inşa eden, yerleşik dünya tasavvurlarına karşı bizden önceki nesillerin başkaldırısıdır, dünyayı yeniden düşünme çabalarıdır. Bizim dünya tasavvurumuz, realitelerimiz, onların gerçekleşmiş hayâlleridir. Gelecekte korkmak için bir neden yok: Başkaldırmaya devam edebiliriz, başka mümkün dünyalar hayâl edebilir ve onların peşinden koşabiliriz.

Nasıl ki yirmi yıldan fazla bir zaman önce ben de öyle yaptıysam, bugün etrafım temel araştırmalara gönül vermiş ve beni dünyanın her köşesinden görmeye gelen gençlerle çevrili. Günün birinde aralarından benden daha iyilerinin çıkacağını ve bizim muktedir olmadığımız işleri başaracaklarını umut ederek onlarla konuşuyorum, bildiklerimi paylaşıyorum.

Benim görüşümü sorduklarında, eskiden hocalarımın da bana söylediği gibi, bu alanda kariyer yapmaya kalkışmalarını onlara hiç mi hiç tavsiye etmiyorum. Onlara kadro kapmadaki saldırgan rekabetten, konunun güçlüklerinden, son derece titizlik gerektiren bu mesleğin büyük risklerinden bahsediyorum. Onlara, tutkularının peşinden gitmenin tehlikeli olduğunu söylüyorum. Ama, içimden, tedbirli olmayı gerektiren şeylerin hepsini görmezlikten gelecek ve hayâllerinin peşine düşecek tutkuya ve gayrete sahip olmalarını umut ediyorum.

Teşekkür

Bu kitapta adı anılan kişiler dışında, birlikte çalışma ve kitapta açıklanan fikirleri ve sonuçları geliştirme şansına eriştiğim çok sayıda arkadaşına teşekkür etmek isterim: John Baez, Julian Barbour, John Barret, Mauro Carfora, Louis Crane, Roberto DePietri, Hugo Morales-Tecotl, Giorgio Immirzi, Ted Jacobson, Gianni Landi, Jerzy Lewandowski, Renate Loll, Massimo Pauri, Jorge Pullin, Michael Reisenberger, Massimo Testa, Thomas Thiemann. Bugün birlikte çalışma şansına eriştiğim arkadaşlara da teşekkür etmek isterim: Emanuele Alesci, Eugenio Bianchi, You Ding, Bianca Dittrich, Jonathan Engle, Ed Wilson-Ewing, Winston Fairbairn, Muxin Han, Frank Hellmann, Thomas Krajewski, Kirill Krasnov, Elena Magliaro, Antonino Marciandò, Daniele Oriti, Roberto Pereira, Claudio Perini, Matteo Smerlak, Francesca Vidotto, Wolfgang Wieland ve Mingyi Zhang.

Dizin

A

- Afrika 91
Alain 6, 86, 88, 89, 101
Almanya 94, 119
Amerika 44, 52, 77, 89, 90, 91,
107, 118
ampirizm 26
Anaksimandros 5, 52, 53, 54, 55,
110
analitik 35
Andromeda 79
anti-bilimcilik 48, 51
a priori 10
argümantasyon 111
Aristoteles 54, 56, 57, 58
Arşimed 35
Arz 16, 22, 48, 52, 53, 54, 55, 78,
81, 82, 110, 114
astrofizik 99
atom 38, 68, 69, 70, 100, 106
atom bombası 69, 70, 100
Avrupa 6, 47, 48, 86, 89, 90, 91,
93, 107, 109, 116, 117, 118,
119
Aztekler 52

B

- Batlamyus 60
Berkeley 58
Big Bang 17, 70, 73, 74, 75, 76
bilim 1, 3, 4, 6, 7, 9, 23, 35, 40,
41, 42, 44, 45, 47, 48, 49, 50,

- 51, 53, 55, 56, 58, 60, 61, 62,
69, 75, 88, 89, 90, 97, 101, 103,
105, 106, 107, 109, 110, 112,
113, 114

- bilim felsefesi 45, 47, 50
Bohr 28, 46, 68, 69
Bojowald 74
Broglie 28

C

- Connes 6, 86, 88, 101
Çinliler 52
çok-kültürcülük 48

D

- dalga 22
Darwin 48, 52
demokrasi 112, 113
denklem 31, 58
Descartes 4, 56, 57, 58, 61
determinist 29
determinizm 29
din 83, 116
dinamik 24, 29, 61, 87, 111, 114,
117
dinamizm
Dirac 28, 46
diyalektik 104
diyalog 5, 45, 46, 47, 109, 111,
112, 113, 118
DNA 49, 114

- E**
Einstein 12, 15, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 46, 52, 56, 58, 60, 61, 69, 73, 74, 77, 78, 80, 96, 101, 103, 106, 108, 111, 115
elektromanyetik alan 22, 23, 29, 38, 59
enerji 16, 28, 35, 64, 73, 97
evrim 48, 61, 74
- F**
Faraday 19, 20, 21, 22, 23, 27, 37, 38, 46, 52, 65, 66
felsefe 5, 12, 45, 56
Feynman 69, 94
foton 29
Frankenstein 48
Fransa 4, 75, 78, 93, 94, 96
- G**
Galilei 12, 16, 26, 46, 52, 81, 82, 83, 106
Giordano Bruno 36
görelilik 5, 15, 16, 17, 22, 25, 26, 27, 31, 34, 44, 46, 58, 68, 77, 78, 96, 98, 99, 100, 105, 108
GPS 27, 78, 106
- H**
halka 21, 37, 67, 71
Hawking 70, 71
Heisenberg 6, 28, 46, 115
Hertz 22
- I**
ırkçılık 91, 118
ışık 27, 59, 72, 75
ışın 72, 73
- İ**
ikizler paradoksu 77
ilâhiyat 34
- İncil** 48
İngiltere 88, 94
irrasyonelite 102, 116
irrasyonel 48
işlemci spektrumu hesabı 64
İtalya 4, 9, 18, 33, 36, 43, 44, 54, 63
- J**
Jung 34
- K**
kara delik 69, 71
Kepler 16, 26, 37
Kolomb 77
Kopernik 16, 52, 56, 80, 81, 113, 114
kordonlar teorisi 97, 98, 100, 104, 105
kozmooloji 75, 99
kristal küreler 36
kuanta 28, 66
kuantum 4, 7, 15, 16, 17, 18, 19, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 64, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 80, 85, 86, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 103, 104, 108, 115
kültür 47, 49, 50, 107
kütle çekimi 23, 24, 25, 26, 54, 59, 65, 67, 69, 98, 99, 101
- L**
lazer 100
Leibniz 4, 58
loop quantum gravity 32
Lorentz 72
- M**
Mach 58
madde 15, 16, 28, 29, 100
mânevî değerler 48

manyetik alan 52

Maxwell 19, 20, 21, 22, 23, 26,
27, 46, 52, 101, 106

Mayalar 52

metodoloji 46, 47

Mısırlılar 52, 111

N

Nazi 69, 119

nedensellik 17

Newman 44, 90

Newton 16, 17, 19, 22, 23, 24,
26, 27, 28, 30, 46, 49, 50, 56,
57, 58, 59, 60, 61, 84, 85, 88,
98, 106, 115

nihilizm 61

nükleer fizik 46, 100

O

olasılık 29, 30, 31, 68, 80, 95

Ö

Öklid 99, 106

P

parçacık 29, 38, 46, 95

Penrose 64, 68, 101

Pisagor 54

Planck 28, 38, 75

Platon 54, 112

Poincaré 78

proton 28, 103

psikanaliz 34

R

radasyon 27, 71, 73, 75

rasyonel 49, 55, 110, 112, 117

Roosevelt 69

rölatif 51

rölativizm 48, 51, 61

ruh 41, 49

S

Schrödinger 28, 94

septisizm 61

Sırabagımlı geometri 101

spin ağları 5, 63, 64, 95, 96

spin köptüğü 95

standart model 101

T

teknoloji 19, 50, 67, 106

temel fizik 16, 46, 86, 105

toplum 13, 110, 114

Türkiye 53, 110

U

uydu 75, 78, 79

uygarlık 13, 53, 116, 118

uzay-zaman 30, 45, 69, 76, 80,
94, 95, 99, 114

V

Voltaire 112, 113

W

Wheeler-DeWitt 31, 32, 35, 36,
37, 68, 74, 80

Y

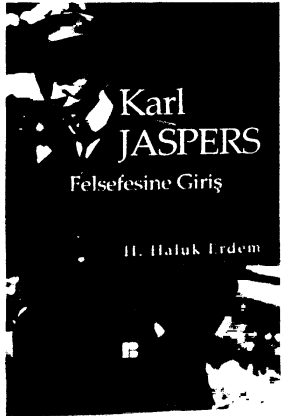
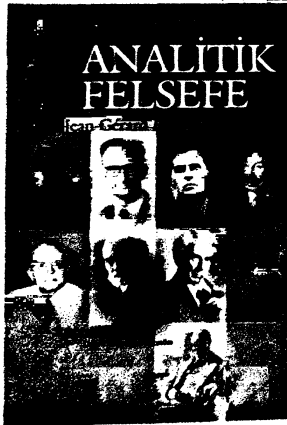
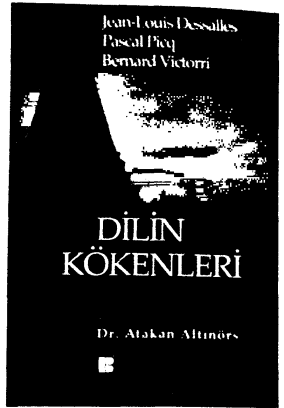
yoğun madde 100

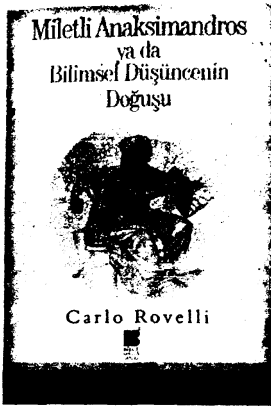
Yunan 53, 54, 55, 110, 117

yüksek enerji fiziği 97

Z

zaman 4, 15, 16, 30, 33, 35, 42,
44, 45, 47, 50, 52, 60, 69, 76,
77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85,
86, 87, 94, 95, 99, 100, 102,
103, 114, 116, 118, 119, 120
zamanın izafliğı 77





Monadoloji

Metafizik Üzerine Konuşma



Gottfried Wilhelm
Leibniz

Çeviren:
Doç. Dr. Atakan Altınöz

