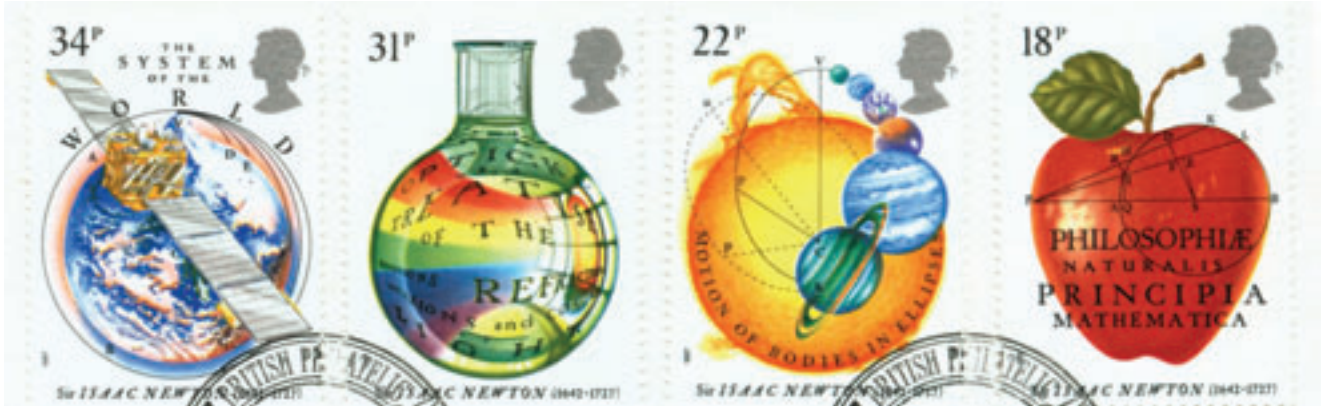


BİLİM HERŞEYİ AÇIKLAYABİLİR Mİ?



Bazı filozoflar “açıklama” ve “betimleme” kavramları arasında bir ayrım yaparlar. Bilimin doğayı betimleyebileceğini, ama açıklayamayacağını iddia ederler. Çoğu biliminsanı için ise böyle bir ayrım yoktur. Fikirler dünyasında bilimin yılmaz savunucusu, Nobel ödüllü Fizikçi Steven Weinberg, bilimin bir şeyleri gerçekten açıkladığını göstermek için bu ayrımı olduğu gibi kabul ediyor.

Birkaç yıl önce bir akşam Texas Üniversitesinden birkaç öğretim üyesiyle beraber bir grup lisans öğrencisine kendi alanlarımızdaki çalışmalarımızı anlatıyorduk. Biz fizikçilerin, temel parçacıklar ve alanlar konusunda varolan deneysel verileri açıklamada kaydettiği büyük gelişmeyi genel hatlarıyla anlattım. Öğrenciyken parçacıklar, kuvvetler ve simetri hakkında çok sayıda ve birbirinden bağımsız görünen olguyu öğrenmek zorunda kalışımı; 1960’ların ortasından 1970’lerin ortasına kadar geçen sürede bu karmaşanın şimdi temel parçacıkların Standart Modeli olarak bilinen matematiksel yapıyla nasıl açıklandığını; parçacıklar ve kuvvetler hakkındaki bu karmaşık olguların, fizikçilere “işte bu!” dedirten birkaç basit prensiple matematiksel olarak elde edilebildiğini anlattım.

Sözlerimi bitirince parçacık fizikçisi olmayan bir meslektaşım “Güzel ama, bildiğin gibi bilim açıklamaz, yalnızca betimler” dedi. Bunu daha önce de duymuştum ama, bu sefer beni şaşırttı çünkü temel parçacık ve kuvvetlerin gözlenmiş özelliklerini yalnızca betimlemekle kalmayıp, gayet iyi açıkladığımızı düşünmektaydım.

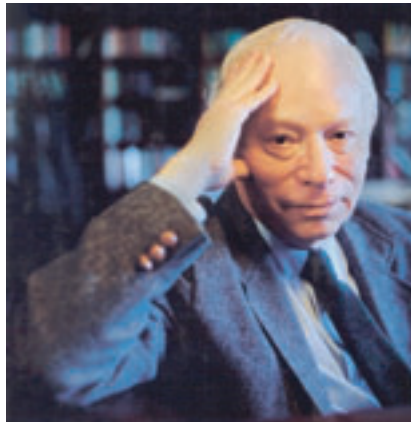
Meslektaşımın bu yorumunun, iki dünya savaşı arasında filozoflar arasında çok yaygın olan pozitivist bir endişeden kaynaklandığını düşünüyorum. Ludwig Wittgenstein “modern dünya görüşünün temelinde sözde doğa yasalarının, doğal olguların açıklaması oldu-

ğu yanılması yatar” demiştir.

Birşeyin nedenini bulduğumuzda onu açıkladığımızı düşünebiliriz ama, Bertrand Russell, 1913’te yazdığı makalede “yanlış çağrışımlarla öylesine bütünleşmiş olan ‘neden’ sözcüğünün felsefi jargondan atılması arzu edilir hale geldi” demiştir. Bu düşünce, Wittgenstein gibi filozoflara açıklama ve betimleme arasındaki ayrımı anlatmak için teleoloji dışında bir seçenek bırakmamıştır. Teleoloji, açıklamayı açıklananın amacıyla tanımlamaktır.

E. M. Foster’ın romanı “Meleklerin Basmaya Korktuğu Yer”, açıklama ve betimleme arasındaki farkı teleolojiyle anlatan çok güzel bir örnek verir. Philip, arkadaşı Caroline’in neden Philip’in kızkardeşi ile ailesinin onaylamadığı genç bir İtalyan’ın evlenmesine yardım ettiğini anlamaya çalışmaktadır. Caroline, Philip’in kızkardeşiyle yaptığı tüm konuşmaları anlatınca Philip “senin bana söylediklerin birer betimleme, açıklama değil” der. Herkes Philip’in açıklama isteyerek Caroline’in amacını öğrenmek istediğini anlar. Doğa yasalarında belirli bir amaç gözükmez ve

Steven Weinberg



açıklamayla betimlemeyi başka türlü ayırtıramayan Wittgenstein ve arkadaşım doğa yasalarının açıklama olmadığı sonucuna varmışlardır. Belki de bilimin betimlediğini ama açıklayamadığını iddia edenler, bilim tarafından reddedilen, ama teolojinin temelini oluşturan herşeyi ilahi bir amaçla açıklama çabasını benimseyip, bilimle teolojiyi haksız olarak karşılaştırıyorlar.

Böyle bir akıl yürütme, bana yöntem olarak yanlış geliyor. Sözcüklere genel kullanımlarından farklı anlamlar yüklemek filozofların işi değildir. Biliminsanları birşeyi açıkladıklarını söylediklerinde, açıklamanın bilimdeki anlamıyla ilgilenen filozoflar onların hatalı olduğunu iddia etmek yerine, biliminsanlarının birşeyi açıkladıklarını öne sürdüklerinde ne yaptıklarını anlamaya çalışmalıdır. Fizikte açıklamanın bir deneyim-öncesi (apriori) tanımlamasını vermem gerekse “fizikte açıklama, fizikçilerin ‘işte bu!’ dediklerinde yaptıkları şeydir” derdim. Ama deneyim-öncesi tanımlamalar, üstteki de dahil olmak üzere, pek faydalı değildir.

Bildiğim kadarıyla bu, ikinci dünya savaşından beri bilim felsefecileri tarafından iyice anlaşılmuştur. Açıklamanın doğası üzerine Peter Achinstein, Carl Hempel, Philip Kitcher ve Wesley Salmon gibi filozoflar tarafından yazılmış çok sayıda modern kaynak vardır. Bu kaynaklardan okuduğum kadarıyla filozoflar artık bunu doğru şekilde inceliyorlar; “biliminsanları birşeyi açıklarken ne yapıyorlar?” sorusuna onların birşeyi açıkladıklarını söylerken gerçekten ne yaptıklarına bakarak cevap bulmayı deniyorlar.

Uygulamalı araştırma yapmayan pürist biliminsanları, topluma ve mali destek sağlayan kuruluşlara, görevlerinin birşeyleri açıklamak olduğunu söylerler. Bu nedenle açıklamanın doğasını netleştirmek filozoflar kadar

onlar için de önemlidir. Bilim felsefecileri, bir olayın açıklanmasıyla ne kastedildiği sorusunu yanıtlamakta zorlanmaktadırlar (Wittgenstein'in "doğal olgular"a değişimini hatırlayınız). Ama fizikçiler tek tek olaylar yerine düzenlilikler ve fizik prensipleriyle ilgilendikleri için bu soruyu yanıtlamak fizik ve kimya alanlarında diğer bilim dallarına göre biraz daha kolay görünüyor.

Biyologlar, meteorologlar, tarihçiler ve diğerleri, dinozorların yokoluşu, 1888'deki şiddetli kar fırtınası, Fransız Devrimi gibi tek tek olayların nedenleriyle ilgilenmektedirler. Ama bir fizikçinin ilgisini ancak uranyum atomunun kararsızlığına işaret eden 1897'de Becquerel'in fotoğraf plakalarında uranyum tuzunun etkisiyle ortaya çıkan lekeler gibi doğanın düzenliliğini gösteren olaylar çeker. Philip Kitcher, bir olayı nedeniyle açıklama düşüncesini canlandırmaya çalıştı ama, bir olayı etkileyebilecek sonsuz şeyden hangisi bu olayın nedeni olarak kabul edilmelidir?

Fizikçiler, bir düzenliliği açıkladıklarının söylediklerinde ne kastederler? Bu soruya fiziğin sınırları içerisinde bir çeşit yanıt verilebileceğini düşünüyorum: bir fizik prensibini daha temel bir fizik prensibinden tümdengelim ile elde edebildiğimizi gösterdiğimizde onu açıklamış oluruz. Ne yazık ki Mary McCarthy'nin bir zamanlar Lillian Hellman'ın bir kitabı için söylediği gibi, bu tanımdaki "biz" ve "bir" de dahil olmak üzere her sözcüğün anlamı sorgulanabilir. Ama ben burada en çok sorun yarattığını düşündüğüm üç sözcük üzerinde duracağım: "temel", "tümdengelim" ve "prensip".

"Temel", bu tanımda mutlaka kullanılmıyordur çünkü tümdengelim tek başına yön belirtmez, genelde iki yönlüdür. Bu konuda bildiğim en iyi örnek Newton yasalarıyla Kepler yasaları arasındaki ilişkidir. Newton'un yalnızca gravitasyon kuvvetinin uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azaldığını söyleyen bir yasa bulmadığını, aynı zamanda nesnelerin herhangi bir tür kuvvet altında nasıl hareket edeceğini söyleyen bir yasa bulunduğunu herkes bilir. Ondan bir süre önce Kepler gezegen hareketlerini üç yasayla betimlemişti: gezegenler Güneş'i merkez alan elipsler üzerinde hareket eder; Güneş'ten bir gezegene çizilen bir çizgi eşit zamanda eşit alanları tatar; gezegenlerin yörüngelerini tamamlamaları için gereken süre olan periyotların karesi, gezegenlerin yörünge çaplarının kübüyle orantılıdır.

Newton'un yasalarının Kepler'inkileri açıkladığını söylemek doğaldır. Ama tarihsel olarak Newton'un gravitasyon yasası Kepler'in gezegen hareketlerini betimleyen yasalarından tümdengelim ile elde etmişti. Edmund Halley, Christopher Wren ve Robert Hooke, Kepler'in yasalarını periyotların karesi ve (yörüngeleri çember olarak alarak) çapların kübü arasındaki ilişkiyi gravitasyonun ters kare yasasını çıkarmak için kullanmışlar-

dır, ve bundan sonra Newton bu düşüncüyü eliptik yörüngeleri kapsayacak şekilde genişletmiştir. Doğal olarak günümüzde mekanik derslerinde Newton'un yasalarından Kepler'in yasalarını elde etmeyi öğreniyorsunuz, tersini değil. Newton'un yasalarının, Kepler'inkilerden daha temel olduğunu derinden hissediyoruz ve bu bağlamda Newton'un yasaları Kepler'inkileri açıklar, tam tersi değil. Ama, bir fizik prensibinin bir diğerinden daha temel olduğu düşüncesine kesin bir anlam vermek kolay değildir.

Daha temelin daha anlaşılabilir olduğunu söyleme eğilimindeyiz. Belki de Carl Hempel'in biliminsanlarının açıklamaya yükledikleri anlamı tanımlama çabası en bilinenidir. 1948'de Paul Oppenheim'la yazdığı makalede "bir düzenliliği açıklamak, onu daha genel bir yasanın altındaki daha anlaşılır başka bir düzenlilik içinde ele almaktır" demiştir. Ama bu, zorluğu ortadan kaldırmaz. Örneğin birileri Newton'un yasalarının yalnızca gezegenlerin hareketlerini değil, Dünya'daki gel-gitleri, meyvelerin ağaçlardan düşmesini ve benzerlerini kapsadığını, ama Kepler'in yasalarının gezegen hareketleriyle sınırlı olduğunu iddia edebilir. Ama bu tam olarak doğru değildir. Kepler'in yasaları, klasik mekaniğe göre ele alındığında elektronların atom çekirdeği çevresindeki hareketlerini gravitasyon etkisiz olduğu halde kapsar. Bir bakıma Kepler'in yasaları, Newton'un yasalarının sahip olmadığı bir genelliğe sahiptir. Ancak, pürist filozoflar hariç herkesin Newton'un yasalarının Kepler'inkileri açıkladığına inandığı bir durumda, Kepler'in yasalarının Newton'unki-leri açıkladığını söylemek saçma olur.

Newton ve Kepler yasalarıyla ilgili bu örnek biraz yapay kalıyor çünkü hangisinin hangisini açıkladığı konusunda ciddi bir kuş-

ku yoktur. Diğer durumlarda neyin neyi açıkladığı sorusunu yanıtlamak daha zor ve daha önemlidir. İşte size bir örnek. Kuantum mekaniği Einstein'ın genel görelilik kuramına uygulandığında gravitasyon alanındaki enerji ve momentum, ışık parçacığı foton gibi kütlesi olmayan, ama spini iki olan (foton'un spininin iki katı) graviton demetleri halinde bulunur. Öte yandan, kütlesi olmayan ve spini iki olan her parçacığın gravitonların genel görelilikte davrandığı gibi davrandığı, ve bu graviton değişiminin yalnızca genel görelilik kuramı tarafından tahmin edilen gravitasyonel etkiler yarattığı gösterilmiştir. Ayrıca, sıfır kütleli iki spinli parçacıkların varlığı sicim kuramının bir tahminidir. Peki öyleyse gravitonun varlığı genel görelilik kuramıyla mı açıklanmaktadır, yoksa genel görelilik kuramı gravitonun varlığıyla mı açıklanmaktadır? Bilmiyoruz. Fiziğin geleceğine yönelik seçiminiz bu soruya verdiğimiz yanıtla bağlıdır-genel görelilikteki gibi uzay-zaman geometrisine mi dayanacak, yoksa sicim kuramı gibi gravitonların varlığını tahmin eden bir kurama mı dayanacaktır?

Açıklamanın tümdengelimden başka bir şey olmadığı düşüncesi, tümdengelimle elde edilen prensip dayandığı prensibin ötesine geçtiğinde de zorluk yaratır. Bu özellikle ısının, sıcaklığın ve entropinin bilimi olan termodinamik için doğrudur. 19. yüzyılda termodinamiğin yasaları formüle edildikten sonra Ludwig Boltzmann bu yasaları çok fazla sayıda molekülden oluşmuş makroskopik maddelerin fiziği olan istatistiksel mekaniğin tümdengelimle elde etmeyi başardı. Termodinamik yasalarını bağımsız, diğerleri kadar temel fizik prensipleri olarak gören Max Planck, Ernst Zermelo ve birkaç başka fizikçinin karşı çıkışlarına rağmen Bolt-



zmann'ın termodinamiği istatistiksel mekanikle açıklaması genel kabul gördü. Ama sonra Jacob Bekenstein ve Stephen Hawking'in 20. yüzyıldaki çalışmaları termodinamiğin karadeliklere de uygulanabildiğini gösterdi, ama karadelikler birçok molekülden oluştuğu için değil, yalnızca hiçbir parçacık veya ışığın çıkamayacağı bir yüzeye sahip oldukları için. Böylece termodinamik, tündengelimle çıkarıldığı çok-parçacık istatistik mekaniğinin ötesine geçti.

Yine de, termodinamik yasalarının genel görelilik veya temel parçacıkların Standart Modeli kadar temel sayılmamasının anlamlı olduğunu savunabilirim. Bu noktada termodinamiğin iki farklı yönünü ayırt etmek önemlidir. Bir yandan, termodinamik uygulanabildiği yerlerde birkaç basit yasayla ilginç sonuçların çıkarılmasını sağlayan formal bir sistemdir. Yasalar karadeliklere, buhar ısıtıcılarına, ve başka birçok sisteme uygulanabilir. Ama bu yasalar her sisteme de uygulanamazlar. Termodinamik tek bir atoma uygulansa hiçbir anlam taşımaz. Termodinamik yasalarının belli bir fiziksel sisteme uygulanabilirliğini anlamak için, o sistem hakkında bildiklerinizden termodinamik yasalarının tündengelimle elde edilip edilemeyeceğini sorgulamanız gerekir. Bazen edilebilir, bazen edilemez. Termodinamik hiçbir zaman birşeyin açıklaması değildir- her zaman termodinamiğin incelediğiniz sisteme neden uygulanabildiğini sormanız gerekir ve bunu sistemle ilgili daha temel prensiplerden termodinamiğin yasalarını tündengelimle elde ederek yapmalısınız.

Bu bakımdan termodinamik ve Euclid geometrisi arasında pek bir fark görmüyorum. Sonuçta Euclid geometrisi şaşırı derecede çok durumda geçerlidir. Eğer üç kişi biraraya gelir, herbiri diğerlerine bakış doğrultusundaki açıyı ölçerse, sonra herbirinin ölçtüğü açılar toplandığında 180 derece elde edilecektir. Aynı sonucu çelik çubuklar veya bir parça kağıt üzerinde kalemle çizilmiş çizgilerden oluşan üçgenler için de tündengelimle elde edebilirsiniz. Bu örnek, geometrinin optik veya mekanikten daha temel olduğunu düşündürebilir. Ama Euclid geometrisi postulalardan mantık yürütmeye dayanan formal bir sistemdir, ve ele alınan sisteme uygulanabilir de, uygulanamayabilir de. Einstein'ın genel görelilik kuramından öğrendiğimiz gibi nispeten zayıf bir gravitasyonel alanda geliştirilen ve yaklaşık olarak doğru sonuçlar veren Euclid sistemi, güçlü gravitasyonel alanlarda geçerli değildir. Doğada herhangi birşeyi Euclid geometrisiyle açıkladığımızda Euclid geometrisinin elimizdeki sisteme niye uygulanabildiğini dolaylı olarak genel göreliliğe dayanarak açıklarız.

Tündengelimden bahsederken başka bir sorunla karşılaşırız: tündengelim yapan tam olarak kimdir? Çoğu zaman birşeyi gerçekten tündengelimle elde edememiş oldu-

ğumuz halde onu başka birşeyle açıkladığımızı söyleriz. Örneğin, 1920'lerin ortalarında kuantum mekaniğinin gelişimiyle ilk kez açık ve anlaşılabilir bir yolla hidrojen atomunun tayfı ve hidrojenin bağlanma enerjisi hesaplanabilmiştir. Bunun üzerine fizikçiler hemen bütün kimyanın kuantum mekaniği ve elekttronlarla atom çekirdeği arasındaki elektrotatik çekim prensibiyle açıklanabileceği sonucuna vardılar. Paul Dirac gibi fizikçiler artık bütün kimyanın anlaşıldığını iddia ettiler. Ama daha en basit hidrojen molekülü dışında hiçbir molekülün kimyasal özelliklerini çıkaramamışlardı. Fizikçiler, bütün bu kimyasal özelliklerin kuantum mekaniği yasalarının çekirdek ve elektronlara uygulanmış hali olduğundan emindiler.

Deneyim bunun gerçekten de böyle olduğunu gösterdi; şimdi kuantum mekaniği ve elektrotatik çekim prensibini kullanarak karmaşık bilgisayar hesaplarıyla oldukça karmaşık moleküllerin özelliklerini çıkarabiliyoruz - proteinler ve DNA kadar karmaşık olmayan ama oldukça etkileyici organik moleküllerin özellikleri hesaplanabiliyor. Hemen hemen her fizikçi kimyanın kuantum mekaniği, elektronların ve atom çekirdeklerinin basit özellikleriyle açıkladığını söyler. Ama kimyasal olgular hiçbir zaman bütünüyle bu şekilde açıklanamaz, ve bu yüzden kimya ayrı bir bilim dalı olmayı sürdürür. Kimyacılar kendilerine fizikçi demezler; farklı dergilerde yayın yaparlar ve fizikçilerden farklı yetenekleri vardır. Kuantum mekaniğinin yöntemleriyle karmaşık moleküllerle uğraşmak zordur, ama biliyoruz ki fizik kimyasalları neden böyle olduklarını açıklar. Açıklama ne kitaplarımızda, ne de makalelerimizde yazılıdır, doğanın kendisindedir; fizik yasaları kimyasalları bu şekilde davranmasını gerektirir.

Benzer yorumlar fiziksel bilimlerin diğer alanlarında da geçerlidir. Standart Modelde proton kütlelerini açıkladığımıza inandığımız iyi



Isaac Newton

sınanmış bir güçlü nükleer kuvvet (çekirdek içindeki parçacıkları ve o parçacıkları oluşturan parçacıkları bir arada tutan kuvvet) teorisi vardır, bu kuantum renk-dinamiği olarak adlandırılmıştır. Proton kütleleri, protonun içindeki kuarkların birbirlerine uyguladıkları güçlü kuvvet tarafından oluşturulur. Proton kütlelerinin önünde bir sır perdesi yoktur, bu proton kütlelerini hesaplayabildiğimizden değil, hatta bunun için bir algoritma bile bilmiyorum. Kütlelerin niye o kadar olduğunu bildiğimizi hissediyoruz. Onu hesapladığımız veya hesaplayabileceğimiz için değil, ama kuantum renk-dinamiği o değeri gerektirdiği için.

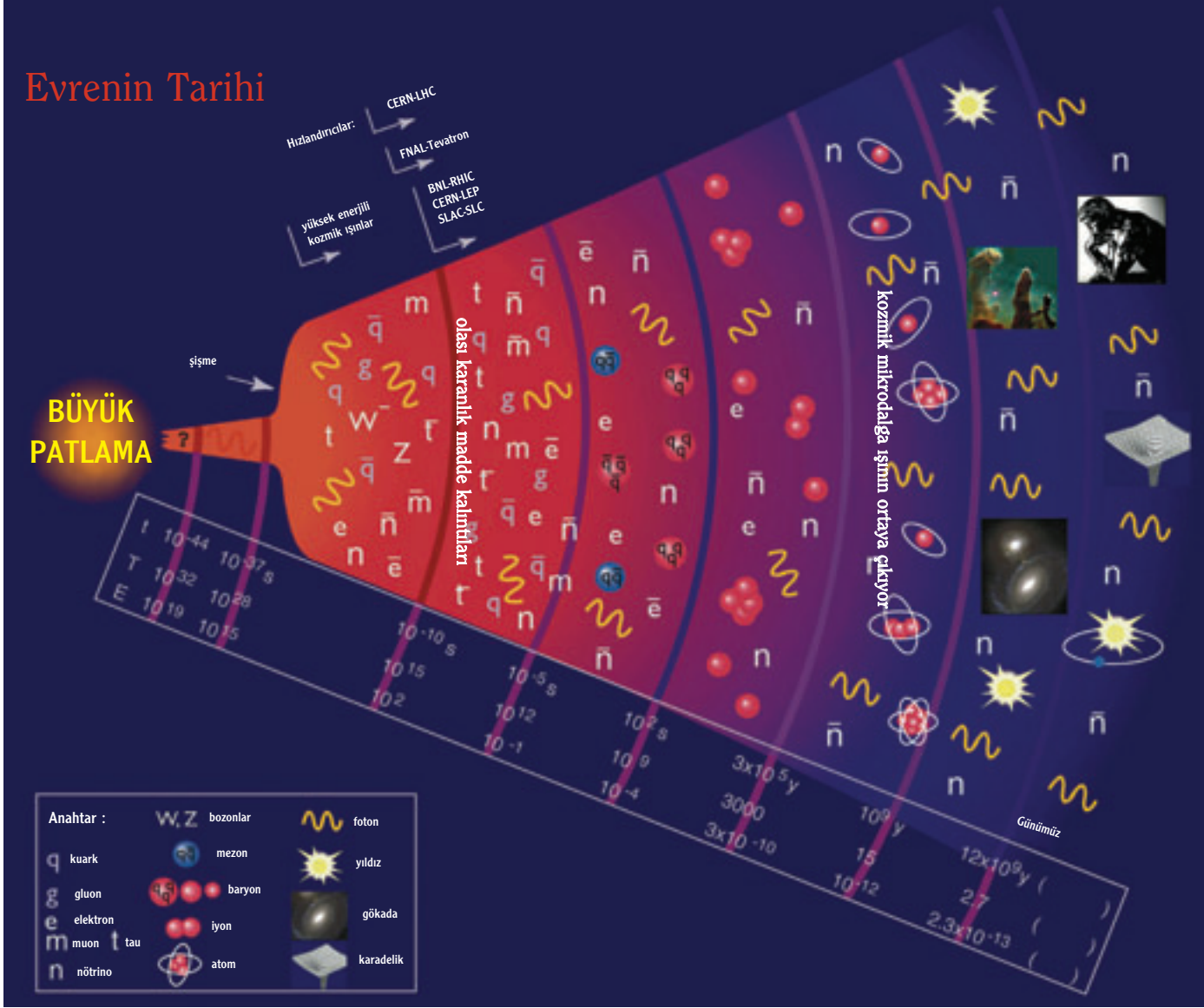
Birşeyin bu kısıtlı durumda bile açıklandığını algılamak çok önemli olabilir, çünkü hangi sorunlar üzerinde çalışacağımız hakkında stratejik bilgi verebilir. Eğer proton kütlelerini hesaplamak istiyorsanız, durma hesapla! Hesap yeteneğini göstermiş olursunuz. Ama bu doğa yasalarını anlayışımızı derinleştirmez, çünkü zaten nükleer güçlü kuvveti yeni bir doğa yasasına başvurmadan bu hesabı yapabilecek kadar anlıyoruz.

Açıklama olarak tündengelim konusunda bir başka sorun: bazı durumlarda birşeyi açıklamadan tündengelimle çıkarımda bulunabiliriz. Bu kulağa garip gelebilir ama aşağıdaki küçük hikayeye bakın: Fizikçiler büyük patlama kozmolojisini ciddiye almaya başladıkları zaman yaptıkları ilk şey evrenin ilk dakikalarında hafif elementlerin oluşumunu hesaplamaktı. Bunu çeşitli nükleer tepkimelerin sıklıklarını veren denklemleri yazarak yaptılar. Nükleer türlerin her birinin sayısının değişim oranı (fizikçilerin deyimiyle "çokluğu") her biri nükleer türlerin çokluğuyla orantılı olan birkaç terimin toplamına eşittir. Böylece büyük bir birbirine bağlı diferansiyel denklemler kümesi oluşturursunuz ve bunları sayısal çözüm üreten bilgisayara verirsiniz.

Bu denklemler 1960'ların ortasında James Peebles, sonra da Robert Wagoner, William Fowler ve Fred Hoyle tarafından çözüldü. İlk birkaç dakikadan sonra evrenin kütlelerinin dörtte birini helyumun oluşturduğu bulundu, ve geri kalanının hemen hemen hepsi hidrojen, çok azı da diğer elementlerden oluşmaktaydı. Bu hesaplar belli düzenlilikler de ortaya çıkardı. Örneğin, eğer genişlemeyi hızlandırmayı, mesela değişik tür nötrinolar ekleyerek denerseniz, daha çok helyumun oluştuğunu bulursunuz. Bu sezgiye aykırıdır- evrenin genişlemesini hızlandırmanın helyumu oluşturan nükleer tepkimeler için daha az zaman bırakacağını düşünebilirsiniz, ama aslında hesaplar üretilen helyum miktarının arttığını gösterdi.

Bunu açıklamak zor olmasa da bunu bilgisayar çıktısından anlamak kolay değildir. Evren ilk birkaç dakikada genişlerken ve soğurken karışık çekirdekleri protonlardan ve nötronlardan inşa eden nükleer tepkimeler oluyordu. Ama madde yoğunluğu nispeten az olduğu için bu tepkimeler belli bir sırayla

Evrenin Tarihi



olur: önce protonlar ve nötronlar birleşerek ağır hidrojen çekirdeğini (döteron) oluşturur, sonra da döteronlar protolarla, nötronlarla veya başka döteronlarla birleşip daha ağır helyum çekirdeğini oluştururlar. Ama, döteronlar çok kırılındır; nispeten daha zayıf bağlanmışlardır, bu nedenle ilk üç dakikanın sonunda sıcaklık milyar dereceye düşene kadar hiç döteron oluşmaz. Bu sırada nötronlar protonlara dönüşür, tıpkı günümüzde serbest nötronların laboratuvarlarımızda yaptığı gibi.

Sıcaklık milyar dereceye düştüğü zaman, ve evren döteronların bağlanabileceği kadar soğuduğunda, kalan bütün nötronlar hızla döteronları, döteronlar da özellikle kararlı olan helyumu oluşturur. Bir helyum çekirdeği için iki nötron ve iki proton gerekir, bu yüzden o zaman oluşan helyum çekirdeklerinin sayısı geride kalan nötronların yarısı kadardır. Bunun sonucu olarak, erken evrende oluşturulan helyum miktarını belirleyen en önemli şey sıcaklık milyar dereceye düşene kadar nötronların kaç tanesinin bozunduğudur. Genişleme hızlı oldukça, sıcaklık daha çabuk milyar dereceye düşer, böylece nötronların bozunmak için daha az zamanları olur, böylece daha çok nötron kalır ve daha çok helyum üretilir. Bu, bilgisayar hesaplarının sonuçlarının açıklamasıdır; ama açıklama madde miktarının genişleme hızına bağlı-

lığını gösteren bilgisayarla oluşturulan grafiklerden bulunmamıştır.

Fizikçilerin yalnızca genel prensiplerle ilgilendiğini söylemiş olsam da, neyin prensip neyin rastlantı olduğu çok açık değildir. Bazen doğanın temel yasalarından olduğunu düşündüğümüz bir şey bir rastlantıdan ibarettir. Kepler'den bir örnek daha: Kepler günümüzde asıl olarak gezegen hareketleri yasalarıyla tanınır. Ama, gençken gezegen yörüngelerinin çaplarını düzgün çokyüzlüleri kullanarak karışık geometrik yapılarla da açıklamaya çalışmıştı. Günümüzde bu bize gülünç geliyor çünkü gezegenlerin Güneş'e uzaklıklarının Güneş sistemi oluşurken meydana gelen rastlantılara bağlı olduğunu biliyoruz. Gezegenlerin yörünge çaplarını temel bir yasadandan çıkararak açıklamayı denemeyiz.

Yine de, bir bakıma Dünya'nın Güneş'ten uzaklığının yaklaşık bir istatistiksel açıklaması vardır. Dünya'nın neden Güneş'e yüz milyon mil uzaklıkta olduğunu, neden iki yüz milyon veya elli milyon mil veya daha uzak veya daha da yakın olmadığını soracak olursanız, eğer Dünya Güneş'e çok daha yakın olsa bizim için çok sıcak olurdu; daha uzak olsa bizim için çok soğuk olurdu diye yanıtlanabilir. Bu oldukça aptalca bir açıklama olurdu, çünkü Güneş Sistemi oluşurken insanların varolacağına dair bir bilgi yoktu. Ama bir bakımdan bu açıklama o kadar da aptalca de-

ğil, çünkü evrende sayısız gezegen var, bunların çok azı bile yaşamın oluşmasını sağlayacak şekilde yıldızlarına doğru uzaklıkta bulunsun ve doğru kimyasal birleşime ve buna benzer koşullara sahip olsa, orada yaşayan canlılar da yıldızlarına olan uzaklığı araştırdıklarında üzerinde yaşamın oluşabileceği sayılı gezegenden biri üzerinde yaşadıklarını görecekerlerdi.

Bu tür açıklamalara antropik (insan merkezli) açıklama denir, ve görebileceğiniz gibi Güneş Sistemi'nin fiziğine çok da faydalı bir içgörü sağlamıyor. Ama antropik önermeler evrene uygulandığında çok önemli hale gelebilirler. Evrenbilimciler Dünyamızın birçok gezegenden yalnızca biri olması gibi, evrenimizin genişlemesine neden olan büyük patlamamızın da daha büyük bir mega-evren içinde arada sırada olan patlamalardan biri olabileceğini söylüyorlar. Bu farklı patlamalarda da doğanın sözde sabitlerinin farklı değerler aldığı, ve belki de bizim doğa yasası dediklerimizin farklı olabileceğini düşünüyorlar. Bu durumda, neden keşfettiğimiz doğa yasaları ve sabitleri böyleler sorusuna teleolojik bir açıklama bulunabilir - yalnızca böyle bir büyük patlamayla bu soruyu sorabilecek birileri varolabilirdi.

Umuyorum ki böyle bir akıl yürütme yapmak zorunda kalmayız, ve doğa sabitlerinin neden öyle olduğunu açıklayan tek bir doğa

yasaları kümesi keşfederiz. Ama doğa yasalarının ve sabitlerinin büyük patlamada rastlantılar sonucu, kim olduklarını sorgulayan varlıkların ortaya çıkışını destekleyecek değerlerle sınırlandırılmış (Dünya'yla Güneş arasındaki uzaklık gibi) olabileceği olasılığını da aklımızda tutmamız gerekir.

Tersine, rastlantı olarak nitelenen bazı olguların gerçekte temel fizik prensiplerinin bir görünümü olma olasılığı da vardır. Bu beni yıllardır şaşırtan tarihi bir sorunun yanıtı olabilir. Neden Aristo (ve pekçok doğa filozofu, özellikle de Descartes) Newton'un yasalarının sağladığı gibi bir mermi veya düşen bir nesnenin uçuşu sırasında herhangi bir anda nerede olacağını tahmin etmeyen bir hareket kuramıyla yetinmiştir? Aristo'ya göre nesnelere doğal konularına doğru hareket ederler- toprağın doğal konumu aşağıya doğrudur, ateşin doğal konumu yukarı, su ve havaysa doğal olarak arada bir yerdedir. Ama Aristo bir parça toprağın yere ne hızda düştüğünü, veya bir kıvılcımın yukarıya ne hızda uçtuğunu söylemeye çalışmadı. Aristo'nun niye Newton'un yasalarını keşfetmediğini sormuyorum- birisi bunları ilk keşfeden olmalıydı, ödül Newton'a gitti. Beni şaşırtan, Aristo'nun neden nesnelere herhangi bir andaki konularını hesaplamayı öğrenememiş olmasından bir hoşnutsuzluk duymamasıydı. Bunun herkesin çözmesi gereken bir sorun olduğunu anlayamadı.

Bence bunun nedeni, Aristo'nun kapalı olarak nesnelere doğal konularına hareket etme hızlarını kuralla bağlı değil de (ağır nesnelere hafiflerden hızlı düşmesi hariç) hakkında genel bir yorum yapamayacağımız rastlantılar olarak kabul etmesiydi. Hakkında genelleme yapılabilecek tek şey nesnelere nerede dengeye ulaşip duracağı sorusuydu. Bu, Aristo'nun öğretmeni Platon'un takdir ettiği Parmenides'in çalışmalarında gösterildiği gibi Helenik filozofların değişim fikrine karşı aşağılayıcı tavırlarının yansıması olabilir. Tabii ki Aristo bu konuda yanlıyordu, ama kendinizi onun zamanlarında düşünürseniz, hareketin keşfedilebilir hassas matematiksel kurallar tarafından yönetildiğinin açık olmaktan ne kadar uzak olduğunu görebilirsiniz. Bildiğim kadarıyla bu, Galileo topların bir eğik düzlemde belli uzaklıklara ne kadar zamanda yuvarlandığını ölçmeye başlayana kadar anlaşılmamıştı. Bilimin önemli amaçlarından biri rastlantıların ve prensiplerin ne olduğunu öğrenmektir ve bunu önceden bilmek her zaman olası değildir.

"Temel", "tüm dengelim" ve "prensip" sözcüklerinin anlamını irdelediğime göre, bir fizik prensibini daha temel bir fizik prensibinden tüm dengelim ile elde edebildiğimizi gösterdiğimizde onu açıklamış olduğumuz savımdan geriye bir şey kaldı mı? Bence evet, ama yalnızca tarihsel bağlantılarda ve de bilimin geleceğinde. Gün geçtikçe daha

tatminkar bir dünya görüşüne adım adım yaklaşıyoruz. Umut ediyoruz ki gelecekte doğada gördüğümüz düzenliliklerin hepsini diğer bütün düzenlilikleri de çıkarabileceğimiz birkaç basit prensibe ve doğa yasalarına dayanarak anlayacağız. Bu yasalar, (Standard Modelin kuralları veya genel görelilik gibi) ondan elde edilebilecek herhangi bir prensibin açıklaması olacak ve doğrudan elde edilen prensipler onlardan elde edilen prensiplerin açıklaması olacak ve böyle gidecek. Yalnızca bu son kurama ulaştığımızda neyin prensip neyin rastlantı olduğunu, hangi doğa yasasının hangi prensibe neden olduğunu ve de nelerin temel prensipler, nelerin de onların açıkladığı daha az temel prensipler olduğunu kesin olarak bileceğiz.

Artık bilimin herhangi birşeyi açıklayıp açıklayamayacağı konusunda söyleyebileceğim herşeyi söyledim. Şimdi bilim herşeyi açıklayabilir mi sorusunu ele alayım. Her zaman kimsenin açıklayamayacağı rastlantılar olacaktır. Bu, o rastlantıların oluşmasını sağlayan bütün hassas koşulları bildiğimizde açıklanamayacaklarından değil, ama bütün o koşulları bilemeyeceğimizdendir. Genetik şifrenin tam olarak niye öyle olduğu gibi, veya 65 milyon yıl önce bir kuyruklu yıldızın neden başka bir yere değil de Dünya'ya çarptığı gibi sorular vardır ve bu soruların yanıtları büyük olasılıkla sonsuza kadar kavrayışımızın ötesinde olacaktır. Biz, örneğin niye John Wilkes Booth'un kurşununun Lincoln'u öldürdüğünü ama Porto Riko'lu milliyetçilerin niye Truman'a bir kuşun isabet ettiremediklerini açıklayamayız. Tetikçilerden birinin tam tetiği çektiği sırada kolunun biryere sürüttüğünü bilseydik, kısmi bir açıklamamız olurdu, ama böyle bir bilgiye çoğunlukla sahip olamayız. Bu tür bilgilerin hepsi zamanın sisi içinde kaybolur; olaylar hiç bir zaman belirleyemeyeceğimiz rastlantılara bağlıdır. Belki de bunları istatistiksel olarak açıklayabiliriz; örneğin 19. yüzyıl ortalarındaki güneylileri iyi nişancı, Porto Riko'lu milliyetçileri ise kötü nişancılar olarak alan bir kuram düşünebiliriz ama yalnızca birkaç parça bilgi kırıntısına sahip olunca istatistiksel çıkarımlar yapmak bile zor olur. Fizikçiler yalnızca rastlantılara bağlı olmayan şeyleri açıklamaya çalışırlar ama gerçek hayatta anlamaya çalıştığımız çoğu şey rastlantılara bağlıdır.

Bilim etik değerleri açıklayamaz. "Böyledir" ve "böyle olmalıdır" tümceleri arasında dağlar kadar fark vardır. İnsanların neden birşeyi yapmaları gerektiğini düşünmelerini açıklayabiliriz; veya insan ırkının neden bazı şeyleri yapmaları, bazı şeyleri de yapmalarını hissedecek şekilde evrimleştiklerini açıklayabiliriz; ama bu biyolojik kökenli etik kuralları aşmak bize kalmıştır. Örneğin belki de türümüz erkek ve kadının farklı toplumsal rolleri olacak şekilde evrimleşmiştir; erkek avlar ve savaşır, kadın çocuk doğurur

ve bakar. Ama biz her türlü için erkeğe olduğu kadar kadına da açık olduğu bir toplum yaratmaya çalışabiliriz. Bize bunu yapıp yapmamamız gerektiğini söyleyen etik postülatları bilimsel bilgimizden elde edemeyiz.

Aynı zamanda, açıklamamamızın kesinliğinin belli sınırları vardır. Herhangi bir tanezinin kesinliği konusunda hiçbir zaman emin olabileceğimizi sanmıyorum. Aritmetiğin tutarlı olduğunu kanıtlamanın imkansız olduğunu gösteren matematiksel teoremler vardır. Doğanın en temel yasalarının matematiksel olarak tutarlı olduğunu da hiçbir zaman kanıtlamayacağız. Bu beni kaygılandırmıyor çünkü doğa yasalarının matematiksel olarak tutarlı olduğunu bilseydik bile onların doğru olduğuna emin olamazdık. Kariyerinizde sizi bir matematikçidenense bir fizikçi yapan o noktayı aşınca, kesinlik hakkında kaygılanmaktan vazgeçersiniz.

Son olarak, açıkça görülüyor ki en temel bilimsel prensiplerimizi hiçbir zaman açıklayamayacağız (Belki de bazıları bu yüzden bilim açıklama sağlamaz diyor, ama bu akıl yürütmeye zaten hiçbirşey açıklama sağlamaz). Sanırım sonunda açıklayamayacağımız basit bir evrensel doğa yasaları kümesine ulaşacağız. Düşünebildiğim tek tür açıklama matematiksel tutarlılığın bu yasaları gerektirdiğidir, tabii eğer sorunu daha da derinleştirecek daha temel bir yasalar kümesi bulamayacaksa. Ama bu açıkça olanaksız çünkü şimdiden doğayı gözlemlediğimiz gibi açıklamayan, ama görebildiğimiz kadarıyla matematiksel olarak tutarlı olan doğa yasaları kümeleri hayal edebiliyoruz.

Örneğin, temel parçacıkların Standard Modelini ele alıp, güçlü çekirdek kuvvetleri ve onların etki ettiği kuark ve gluon gibi parçacıkları hariç herşeyi atarsak, elimizde kalan kuantum renk-dinamiği kuramı olur. Kuantum renk-dinamiği matematiksel olarak kendi içinde tutarlı gözüküyor, ama bu kuram içinde atomların ve insanların olmadığı, yalnızca nükleer parçacıkların bulunduğu eksik bir evreni betimliyor. Kuantum mekanikliği ve görelilikten vazgeçerseniz, evrende başka hiçbirşeyin olmadığı, birkaç parçacığın birbiri etrafında hiç durmadan döndüğü Newton yasaları gibi mantıksal olarak tutarlı birçok değişik doğa yasası elde edebilirsiniz. Bunlar mantıksal olarak tutarlı kuramlardır, ama eksiktirler. Olabilecek son açıklama için belki de en büyük umudumuz son bir doğa yasaları kümesi keşfedip bunun mantıksal olarak tutarlı ve de bizim de varoluşumuza izin verecek tek eksiksiz kuram olduğunu göstermektir. Bu bir-iki yüzyıl içinde gerçekleşebilir, ve eğer gerçekleşirse fizikçilerin açıklama yeteneklerinin en üst sınırında olacağını düşünüyorum.

Steven Weinberg "Can Science Explain Everything? Anything?",
The Best American Science Writing 2002.

Çeviri: Yasemin Uzunefe Yazgan ve
Efe Yazgan