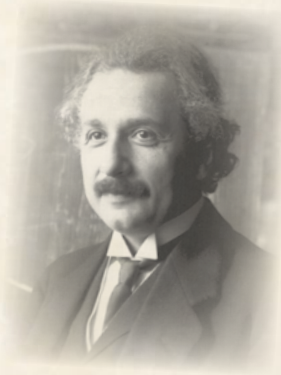
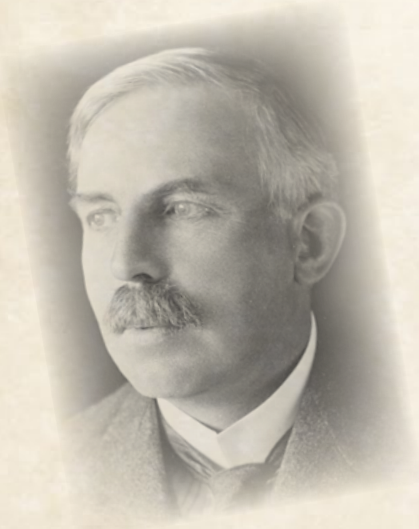


Atomaltı Dünyanın Doğuşu 2



1920'lerde Rutherford'un deneysel verileri ışığında atomu tanımlamaya çalışan fizikçiler arasında derin bir fikir ayrılığı vardı. Bir tarafta, klasik algılardan sıyrılmak gerektiğini ve sağduyuya aykırı da olsa matematiğin güvenli limanına sığınmayı savunan yenilikçi Bohr ve Kopenhag ekolü, diğer tarafta atomu sayıların ve denklemlerin ötesinde bir fiziksel olgu olarak kabul eden Einstein vardı. Bohr'un başını çektiği Kopenhag ekolü, bilim adamlarının denklemler arasında bir seçim yapma durumunda kalmasından hoşlanmıyordu. Yani fiziksel bir durumu betimleyen denklemlerde matematiksel bir hata yoksa, sağduyuyla denklemin doğruluğunu sınımayı uygun bulmuyordu. O yüzden Bohr sağduyuya aykırı gelse de matematiksel temeli olan bir denklemi kullanarak fiziği şekillendirmeye hazırdı. Doğanın temelinde belirlenemezliğin olduğunu düşünüyor, doğayı tanımlamada olasılıkları kullanmaktan çekinmiyordu. Einstein ise bilimi algılarımızdan uzaklaştıracak bu tür soyut yaklaşımlara şiddetle karşı çıkıyordu.

Heisenberg atomu matris denklemleri gibi çok soyut araçlarla tarif ediyor, aynı ekolün öğrencisi Max Born bir adım ileri giderek sebep-sonuç ilişkisi çerçevesinde kalmadan, nedensel bir açıklamaya ihtiyaç duyulmadan, sadece olasılıklarla fiziğin anlaşılabilirliğini iddia ediyordu. Hatta Schrödinger'in klasik fiziği kurtaracağını düşündüğü, atomu dalga mekaniği ile betimlemek fikrini alıp bugün "olasılık yoğunluğu fonksiyonu" olarak bildiğimiz forma dönüştürmüştü. Max Born'un matematiksel önsezisi inanılmaz güçlüydü. Adeta bu dünyadan değilmişçesine, üç boyutlu bir evrende yaşamak zorunda olan insanların akıl etmesinin neredeyse imkânsız olduğu son

derece soyut denklemleri, maddenin temel yapı taşının davranışlarını açıklamak için ustaca kurguluyordu. Atomlara bakınca matris dizinleri görüyordu. Sağduyu ve geleneksel algılar umurunda değildi. O sadece kullandığı acayip matematiksel dilin, deneye uyumlu olup olmadığıyla ilgileniyordu. 1926'da Einstein Born'a yazdığı bir mektupta o meşhur sözünü kullanarak duruma isyan etmişti: "Her halükârda şuna inanıyorum ki, Tanrı zar atmaz!"

1927 yılının sonbaharında Belçika'nın Brüksel kentinde sanayici Ernest Solvay bir fizik konferansı düzenledi. "Elektronlar ve Protonlar" üst başlığıyla toplanan konferansta öne çıkan iki figürün Albert Einstein ve Niels Bohr olacağı çok açıktı. Bohr, Heisenberg, Pauli ve Born artık hazırdı. Bütün silahlarını kuşanmış olarak Brüksel'deki Solvay Konferansı'na gittiler. Karşılarında çok zorlu bir isim olan Einstein ve ondan asla şüphe etmeyen bir grup vardı: Planck, de Broglie, Schrödinger ve diğer gelenekçiler. Solvay konferanslarının beşincisi olan bu program, tüm zamanların en dikkat çekici bilimsel olaylarından biri kabul edilir. Konferans adeta bir süper kahramanlar topluluğunun meydan savaşı yaptığı yer olmuştur. 29 katılımcıdan 17'sinin Nobel Ödülü kazandığı bir topluluktan bahsediyoruz. Üstelik içlerinde bu ödüle iki kez ulaşan da oldu.

Einstein da en az rakipleri kadar hazırdı. Laboratuvarının nerede olduğunu soranlara verdiği cevapta dediği gibi, onun için hayal gücü bilgiden daha önemliydi. Uzun süredir kafasında sayısız deney kurguluyor, bu düşünsel deneylerde kuantum mekaniğinin açıklarını avlamak için pusuya yatıyordu. Kuantum mekaniğinden nefret ediyordu. Konferans başladığı andan itibaren kurguladığı deneyleri anlatıyor, kuantum fiziğinin Kopenhag yorumuna itirazlarını tek tek dile getiriyordu. Ancak Bohr kuramına çok hâkimdi. Her kurguya gerekli cevabı vermekte gecikmiyordu, ama yine de Einstein Bohr'u çok bunaltmıştı. Born'a yazdığı mektupta olduğu gibi olasılıklı denklemleri reddetmiş, Tanrı'nın zar atmayacağına dair ifadesini o kadar sık tekrarlamıştı ki, Bohr dayanamayıp Einstein'a "Tanrı'ya ne yapması gerektiğini söylemeyi kes artık!" deyivermişti. Einstein her akşam Bohr tarafından cevabı verilmiş şekilde odasına dönüyordu. Konferans boyunca her gün tekrar eden şey buydu. Bohr, Einstein'ın tüm itirazlarını ikna edici biçimde cevaplamıştı. Artık doğayı basit şekillerle ve resimlerle tarif edemeyecektik. Bu ancak saf matematikle mümkün olacaktı.

Kopenhag okulu konferansın mutlak galibiydi. Doksan yıldır klasik nedenselliğe karşı çıkan ve olasılık diliyle konuşan Kopenhag yorumu, her geçen gün doğruluğu onaylanarak fiziğe yön vermeye devam ediyor. Ancak sıradan bir insan Einstein'ın itirazlarına kulak verse onu haklı bulmaktan kendini alamaz. Çünkü Kopenhag yorumu öyle garip şeyler söylüyor ki kolayca kabul etmek mümkün değil. Heisenberg'e göre, örneğin bir parçacığın izlediği yol, ancak ve ancak biz gözlemlersek var olur. İzini sürmediğimiz bir yoldan bahsetmek anlamsızdır. Yani "bir parçacık belli bir konumdan başka bir konuma hangi yolu izleyerek geldi" sorusunu sormayız ve yolu gözlemlemeden böyle bir yol olduğunu iddia edemeyiz. Parçacık aynı anda birden fazla yol izlemiş de olabilir, boşlukta bir yerlerde yok olup tekrar başka bir yerde var olmuş da olabilir. Oysa Newton'dan beri bir cismin üzerine etki eden kuvveti, o cismin hızını ve yönünü biliyorsak, nereden geldiğini de nereye gidiyor olduğunu da hiç şüphe etmeden tanımlayabiliyorduk. Hareketi belirleyebiliyor ve etkileşim içinde olduğu kavramlarla neden-sonuç bağlantısı kurabiliyorduk. Kuantum mekaniğinde ise artık tek yapabileceğimiz şey, olasılık fonksiyonunu tanımlayıp diğer fizik-

sel olgular hakkında bir takım öngörülerde bulunmak. Örneğin tek bir radyoaktif kobalt atomunun ne zaman bozunacağını söylemek mümkün değil. Tek söyleyebileceğimiz şey, 30 yıl sonra bu atomun yüzde 50 olasılıkla bozunmuş olacağı. Bütün elektromanyetik etkileşimler ve nükleer tepkimeler kuantum mekaniğinin kurallarına göre davranır. Dolayısıyla bu alanlarda ancak kuantum mekaniğinin kavramlarıyla konuşmak mümkün.

İnsan zihni, maddeyi anlama gayretiyle çıktığı yolda müthiş bir başarı elde etti: Kuantum mekaniği. Ancak bunun bedeli tarihte hiç olmadığı kadar ağır oldu. Atomun ne olduğunu ve nasıl davranışlar sergilediğini öğrenmenin karşılığı olarak neye benzediğini hayal etme özgürlüğümüz elimizden alındı. Çünkü Heisenberg'in belirsizlik ilkesiyle birlikte atom hakkında öğrenebileceklerimizin sınırları olduğunu gördük. Gerçeklik olarak bildiğimiz şey, Paul Davies'in dediği gibi, yalnızca gözlemlerimizde var, atomun içinde değil.

Einstein kuantum mekaniğinin kabul gören yorumuna karşı çıkarken, bütün gayretiyle klasik fiziği ve nedenselliği kurtarmaya çalışmıştı. Aksi halde bilim olasılıkların, soyut matematiğin ve ne idüğü belirsiz bir yığın kuramın oyuncağı olacaktı.

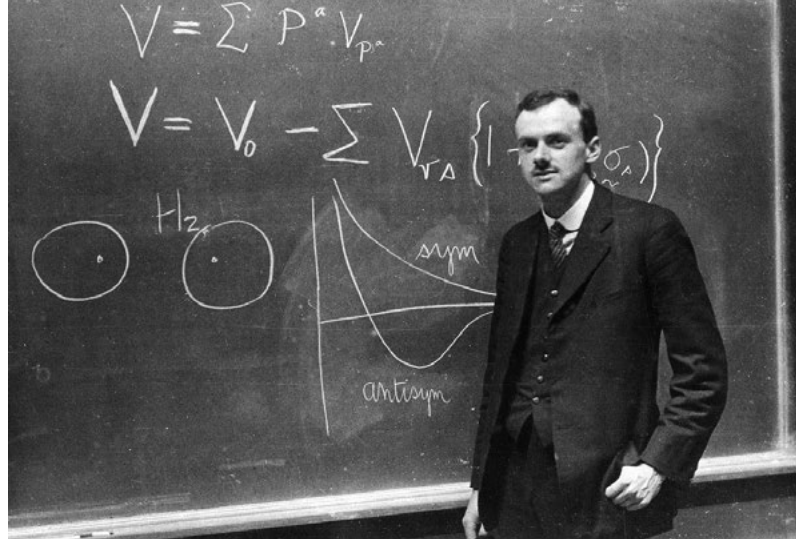
Solvay Konferansı



GERÇEKTE OLAN

Yıllar sonra bile kuantum mekaniğinin olasılık yorumundan şüphe etmeye devam etmiş, kuramda bir yerlerde bir şeylerin eksik olduğunu düşünmüş ve tüm evrene daha bütüncül bakmak gerektiğini savunmuştu. Belki bu yüzden ömrünün kalan kısmını tüm doğa olaylarını açıklayacak bir “her şeyin kuramını” aramakla geçirmişti. Kendi çocuğu olan görelilik kuramı ile kuantum mekaniğini ve elektrodinamiği tek çatı altında toplamanın hayaliyle yaşıyordu.

Solvay Konferansı'ndan sonra doğayı anlama konusunda her şey daha netti, ama daha söylenecek çok şey vardı. İnsan dehasının en sıra dışı örneklerinden biri daha yeni konuşmaya başlamıştı: İngilizlerin dahi çocuğu Paul Dirac. 1900'lü yıllarda Einstein özel görelilik kuramıyla ışık hızına yakın hızlarda maddenin nasıl davranacağını tarif etmişti. Ardından gelişen kuantum mekaniği de atomun davranışı hakkında çok şey söylüyordu. Ancak bu iki kuram bütün görkemlerine rağmen birbirleriyle uyum içinde görünmüyordu. Kuantum mekaniği sadece düşük hızlarda hareket eden parçacıklardan bahsediyor, yüksek hızlarda gözlemlenen göreliliğe ait etkileri içermiyordu. Schrödinger, üstadı Einstein'a ait görelilik kuramıyla kendi



Paul Dirac

dalga mekaniğini “görelilik kuantum fiziği” çatısı altında birleştirmek istemişti, ama aşılmaz problemlerle karşılaşmıştı. Negatif olasılıklar gibi saçma olgular ortaya çıkıyordu. Yapamadı ve bu hevesten kısa sürede vazgeçti. Ancak Dirac'a göre doğa matematiğin düzeni ile uyumlu olmalıydı ve bu iki kuramın çatışması doğayı henüz anlamadığımızın göstergesiydi.



BİZİM GÖRDÜĞÜMÜZ

Düşünce deneyleri, bir kuramı laboratuvar ortamına ihtiyaç duymadan sınamanın pratik bir yoludur. Einstein sıklıkla başvurduğu bu yöntemle şöhrete kavuşmuştu. Daha çocukken “ışığın üzerine binme imkânım olsa neyle karşılaştırdım?” sorusuna cevap aradığı düşünce deneyi özel görelilik kuramını doğurdu. Einstein ve Schrödinger gibi isimler kurdukları düşünce deneyleriyle kuantum fiziğinin nedenselliği zedeleyen yorumuna karşı çıkmışlardı. Bu deneylerden en meşhuru “Schrödinger’in Kedis” deneyidir. Siyanür bulunan kapalı kutuda bir kedi var-

dır. Siyanürün kediyi zehirlemesine neden olacak sistem ise bir tek radyoaktif atom çekirdeğinin bozunmasıyla tetiklenecektir. Çekirdeğin bozunup bozunmadığını öğrenmenin tek yolu kutuyu açmaktır. Kutu kapalı kaldığı sürece kuantum fiziği, bu çekirdeğin durumunu olasılıkların toplamı olarak ifade ederek “kısmen bozundu, kısmen bozunmadı” cümlesiyle anlatır. Bu durumda kedi kısmen ölü, kısmen diridir. Gerçeklikle bağdaşmayan bu durum kuantum fiziğinin olasılıklı doğasının mantıksızlığına gönderme yapan bir itiraz olarak anlatılagelmiştir.

Matrislerle, dalga fonksiyonlarıyla öyle bir oyun kuruvermişti ki, tek bir denklemle bildiğimiz evreni iki katına çıkarıvermişti. İnsanlara göre Dirac fiziksel sezgiden tamamen kopmuştu. Ancak denklemin matematiksel zarafeti her türlü şüpheyi giderecek cinstendi. Çok geçmeden pozitronun (anti-elektronun) keşfiyle anti-maddenin gerçekten var olduğu ispatlandı. Peki ama geri kalan anti-madde neredeydi? Evren neden maddeden oluşuyordu da anti-maddeyi gözlemlemek neredeyse imkânsızdı? Evren ilk var olduğunda madde kadar anti-madde de oluşması ve bu ikisinin birbirini yok ederek evreni tamamen saf enerjiyle doldurması gerekmez miydi?

Dirac 1925’te kolları sıvadı ve üç yıl süren bir çalışma yaptı. 1928’in ilk günlerinde amacına ulaşmıştı. Kopenhag ekolünün şekillendirdiği kuantum fiziğinin son hali olan matris mekaniği ile Einstein’ın tarif ettiği uzay-zaman tanımını birleştirmeyi başardı. En düşükten en yükseğe tüm hızlarda geçerli olan, en küçükten en büyüğe tüm maddeyi kapsayan bir denklem elde etti. Hatta bir keresinde Dirac, denkleminin kendisinden daha çok şey bildiğini söylemişti. Denkleme yakından bakınca o gün için inanılması çok güç olan bir gerçekle karşılaştı. Denkleminin bir değil, iki çözümü vardı. Birisi bildiğimiz anlamda atomu anlatıyordu. İkinci çözüm ise bildiğimiz atom özelliklerinin tersine sahip başka bir atom evrenine işaret ediyordu. Dirac denklemiyle ilk defa anti-maddenin varlığı öngörülmüş oldu. Dirac denklemine göre madde ve anti-madde bir araya gelirse birbirlerini yok eder ve saf enerji açığa çıkar. Denkleminin sonuçlarına, Dirac’ın kendisi bile inanmakta güçlük çekiyordu. Hatta Dirac’ın yakın arkadaşı ve bağınazlıktan en çok çeken

adamlardan biri olan Heisenberg, aynen şunu söylemişti: “Modern fiziğin en kötü bölümü Dirac kuramıdır... Kimsenin ciddiye almayaacağı bir çöp olduğunu düşünüyorum!” Onların bir zamanlar ısrarla savunduğu matematiğe güvenme noktasını Dirac çok abartmıştı.



Dirac denklemi 1900'de Planck'ın kara cisim ışımasını açıklamak için kullandığı kuantum ile başlayan bir sürecin son ve en değerli meyvesi oldu. Bu denklem fizik tarihinin o gün için tüm kuramlarını bünyesinde birleştirmeyi başarmıştı. Kuantum mekaniği, elektromanyetizma ve özel görelilik tek bir denklemde toplanmıştı. Ancak getirdiği yeni sorular, Dirac denkleminin bir sonuçtan çok bir başlangıç olmasını sağladı.



Kaynaklar

- Niels Bohr, "Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics" (Albert Einstein: Philosopher-Scientist, Cambridge University Press, 1949.)
- <http://www.waip.org/history/einstein/quantum1.htm>
- David Vidmar, "The Dirac Equation and the Prediction of Antimatter", www6.ufrgs.br/ftdaciencia/arquivos/dirac%20antimatter%20paper.pdf
- Farmelo, G., "The Strangest Man: the Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom", New York, 2009.
- Al-Khalili, J., "The Illusion of Reality", <http://www.bbc.co.uk/programmes/b007vz5n>
- http://en.wikiquote.org/wiki/Werner_Heisenberg