

gerçekten bilmeniz gereken

50 fizik fikri



Joanne Baker

Çeviri: Çağlar Sunay

 domingo

İçindekiler

Giriş 3

HAREKET HALİNDEKİ MADDE

- 01 Mach İlkesi 4
- 02 Newton'ın Hareket Yasaları 8
- 03 Kepler Yasaları 12
- 04 Newton'ın Kütleçekim Yasası 16
- 05 Enerjinin Korunumu 20
- 06 Basit Harmonik Hareket 24
- 07 Hooke Yasası 28
- 08 İdeal Gaz Yasası 32
- 09 Termodinamiğin İkinci Yasası 36
- 10 Mutlak Sıfır 40
- 11 Brown Hareketi 44
- 12 Kaos Kuramı 48
- 13 Bernoulli Denklemi 52

DALGALARIN ALTINDA

- 14 Newton'ın Renk Kuramı 56
- 15 Huygens İlkesi 60
- 16 Snell Yasası 64
- 17 Bragg Yasası 68
- 18 Fraunhofer Kırınımı 72
- 19 Doppler Etkisi 76
- 20 Ohm Yasası 80
- 21 Fleming'in Sağ El Kuralı 84
- 22 Maxwell Denklemleri 88

KUANTUM MUAMMALARINI

- 23 Planck Yasası 92
- 24 Fotoelektrik Etki 96
- 25 Schrödinger Dalga Denklemi 100

- 26 Heisenberg Belirsizlik İlkesi 104

- 27 Kopenhag Yorumu 108

- 28 Schrödinger'in Kedisi 112

- 29 EPR Paradoksu 116

- 30 Pauli Dışlama İlkesi 120

- 31 Süper İletkenlik 124

ATOMU PARÇALAMAK

- 32 Rutherford Atomu 128

- 33 Antimadde 132

- 34 Nükleer Fisyon 136

- 35 Nükleer Füzyon 140

- 36 Standart Model 144

- 37 Feynman Diyagramları 148

- 38 Tanrı Parçacığı 152

- 39 Sicim Kuramı 156

UZAY VE ZAMAN

- 40 Özel Görelilik 160

- 41 Genel Görelilik 164

- 42 Kara Delikler 168

- 43 Olbers Paradoksu 172

- 44 Hubble Yasası 176

- 45 Büyük Patlama 180

- 46 Kozmik Şişme 184

- 47 Karanlık Madde 188

- 48 Kozmolojik Sabit 192

- 49 Fermi Paradoksu 196

- 50 Antropi İlkesi 200

- Terimler Sözlüğü 204

- Dizin 206

Giriş

Arkadaşlarıma bu kitaptan söz ettiğimde “Fizik hakkında gerçekten bilmen gereken ilk şey zor olduğudur” diyerek dalga geçtiler. Buna rağmen fiziği hepimiz her gün kullanırız. Aynaya baktığımızda ya da gözlüğümüzü taktığımızda ışığın fiziğinden yararlanırız. Çalar saatimizi kurduğumuzda zamanı ölçeriz. Bir haritaya bakarken geometrik uzayda dolaşırız. Cep telefonlarımız bizi başımızın üzerinde yörüngede dönen uydulara görünmez elektromanyetik dalgalarla bağlar. Sırf teknolojiyle de ilgili değildir fizik. Damarlarımızda akan kan bile fiziksel dünyanın bilimine, fizik yasalarına uyar.

Modern fizik sürprizlerle doludur. Kuantum fiziği nesnelere var olup olmadığını sorgulayarak dünyamızı tepetaklak etmiştir. Kozmoloji evrenin ne olduğunu araştırır. Evren nasıl oluşmuştur? Neden buradayız? Evrenimiz özel midir, yoksa kaçınılmaz bir sonuç mudur? Atomun içini dikkatle inceleyen fizikçiler orada gizli bir temel parçacıklar dünyasının varlığını ortaya çıkarmıştır. En sert maun masanın bile aslında çok büyük bölümü boşluktan ibarettir. Atomlarını nükleer kuvvetler ayakta tutar. Fizik felsefeden çıkmıştır ve günlük deneyimlerimizi aşan, hiç beklenmedik yeni dünya görüşleri sağlayarak bir bakıma ona geri dönmektedir.

Ne var ki fizik hayal ürünü birtakım fikirlerin toplamı da değildir. Gerçekler ve deneyler üzerine inşa edilmiştir. Ve tıpkı bilgisayar yazılımlarında hataların düzeltilip yeni modüllerin eklenmesi gibi, fizik de bilimsel yöntem sayesinde yasalarını sürekli iyileştirip geliştirir. Kanıtların gerektirmesi durumunda düşünce şekillerinde önemli kaymalar yaşanabilir ama bunların benimsenmesi zaman alır. Kopernik’in Dünya’nın Güneş’in çevresinde döndüğü fikrinin genel kabul görmesi için bir kuşaktan uzun zaman geçmesi gerekmiştir. Ama bu süreç de zamanla hızlanmış, kuantum fiziği ve göreliliğin fiziğe eklenmesi için on yıl yeterli olmuştur. Kuantum fiziği ve göreliliğin kabulleri, en başarılı fizik yasalarının bile sürekli sınamalardan geçtiğini gösterir.

Bu kitap fizik dünyasında, kütleçekim, ışık ve enerji gibi temel kavramlardan kuantum kuramı, kaos ve karanlık enerji gibi modern fikirlere kadar kısacık bir tur sunuyor. Umarım her iyi turistik gezi kılavuzu gibi aklınızı çelip sizi daha da çok öğrenmeye yönlendirir. Fizik, gerekli ve önemli olduğu kadar eğlencelidir de...

01 Mach İlkesi

Atlıkarıncada dönen bir çocuk uzaktaki yıldızlar tarafından yukarı doğru çekilir. Bu Mach ilkesidir: Oradaki kütle buradaki eylemsizliği etkiler. Kütleçekim etkisiyle, uzaktaki nesnelere yakındaki nesnelere hareketlerini ve dönüşlerini etkiler. Peki bunun sebebi nedir ve bir şeyin hareket edip etmediğini nasıl anlayabiliriz?

Tren istasyonunda bir trene bindiğinizde şöyle bir şey muhtemelen sizin de başınıza gelmiştir: Yan perondaki tren hareket ettiğinde bir an için kendi treninizin mi yoksa yandaki trenin mi hareket ettiğini bilemeyip karıştırmışsınızdır. Hangisinin hareket ettiğini kesin olarak bilmenin bir yolu var mıdır?

Avusturyalı fizikçi ve düşünür Ernst Mach 19. yüzyılda kafasını bu soruya takmıştı. Mach büyük Isaac Newton'ın izinden gidiyordu ama Mach'ın tersine Newton uzayın mutlak bir arkaplan oluşturduğuna inanıyordu. Newton'ın uzayı, tıpkı grafik kağıdı gibi ızgara şeklinde bir koordinat sistemi içeriyordu. O da bütün hareketleri bu sabit ızgara sistemine göre ifade ediyordu. Ancak Mach buna katılmıyor, hareketin bir ızgara sistemine göre değil, ancak bir başka nesneye göre ölçülmesinin anlamlı olduğunu ileri sürüyordu. Bir başka nesneye göre olmayan hareketin ne anlamı olabilirdi? Newton'ın rakibi Gottfried Leibniz'in eski fikirlerinden etkilenen Mach, yalnızca görelî hareketin bir anlamı olduğunu düşünme konusunda Albert Einstein'ın öncüsüydü. Mach'a göre bir top Fransa'da da olsa, Avustralya'da da olsa hep aynı şekilde yuvarlanacağına göre, uzayın ızgara sisteminin konuyla ilgisi yoktu. Topun yuvarlanmasına etki edebilecek tek şey kütleçekimdi. Top Ay'dayken farklı yuvarlanabilir, çünkü orada topun kütleçekim kuvveti daha zayıftır. Evren'deki her nesne diğer tüm nesnelere kütleçekim kuvveti uyguladığından, tüm nesnelere diğerlerinin varlığını bu karşılıklı etkileşim aracılığıyla hisseder. Bu nedenle hareket

dönem

İÖ ~385

Aristoteles nesnelere kuvvetin etkisi yüzünden hareket ettiğini ifade eder.

1640

Galileo eylemsizlik ilkesini formüle eder.

“Mutlak uzay, doğası gereği kendi dışında hiçbir şeye referansı olmadığından, her zaman homojendir ve kıpırdamaz.”

Isaac Newton, 1687

en nihayetinde uzayın kendi özelliklerine değil, maddenin, yani kütlelin dağılımına bağlı olmalıdır.

Kütle Kütle tam olarak nedir? Bir nesnenin içerdiği madde miktarının ölçüsüdür. Bir parça metalin kütlesi, o metal parçasını oluşturan tüm atomların kütlelerinin toplamına eşittir. Kütle, ağırlıkla aynı şey değildir. Ağırlık, bir kütleli aşağı çeken kütleçekim kuvvetinin bir ölçüsüdür. Bir astronotun Ay’daki ağırlığı Dünya’dakinden azdır, çünkü daha küçük olan Ay’ın astronota uyguladığı kütleçekim kuvveti daha düşüktür. Ama astronotun kütlesi Ay’da da, Dünya’da da aynıdır, çünkü içerdiği atomların sayısı değişmemiştir. Madde ile enerjinin birbirinin yerine konabileceğini gösteren Albert Einstein’a göre kütle saf enerjiye dönüştürülebilir. Yani kütle de sonuçta enerjidir.

Eylemsizlik Eylemsizlik (inertia) sözcüğü “tembellik” anlamındaki Latince bir sözcükten gelir. Kütleyle çok benzer ama aynı şey değildir; kuvvet uygulanan bir nesnenin hareket etmesindeki güçlüğü anlatır. Eylemsizliği büyük olan bir nesne hareketini değiştirmeye direnir. Uzayda bile, durmakta olan büyük kütleli bir nesneyi, hareket ettirmek için büyük bir kuvvet gerekir. Dünya’ya doğru ilerleyen dev bir asteroidin çarpmasını engellemek için devasa miktarlarda itirmek gerekir. Böyle bir itiriş nükleer bir patlamayla sağlanabileceği gibi, küçük ama çok daha uzun süre uygulanan bir kuvvetle de sağlanabilir. Eylemsizliği asteroitten çok daha az olan bir uzay aracına minicik jet motorlarıyla kolayca manevra yaptırılabilir.

Eylemsizlik ilkesini İtalyan gökbilimci Galileo Galilei 17. yüzyılda bulmuştur. Buna göre bir nesne kendi başına bırakılır ve ona hiçbir kuvvet

1687

Newton kova argümanını yayımlar.

1893

Mach *The Science of Mechanics*’i [*Mekanik Bilim*] yayımlar.

1905

Einstein özel görelilik kuramını yayımlar.

uygulanmazsa, hareketinde bir değişiklik olmaz. Yani hareket halindeyse aynı yönde ve aynı hızla ilerlemesini sürdürür, hareketsizse durmaya devam eder. Newton bu fikri geliştirmiş ve kendi hareket yasalarının ilkinin oluşturmuştur.

Newton'ın kovası Newton kütleçekimi de formüle dökmüştür. Kütlelerin birbirini çektiğini görmüştü. Elma ağaçtan yere düşer çünkü Dünya'nın kütlesi tarafından çekilir. Aynı şekilde Dünya da elmanın kütlesi tarafından çekilir ama Dünya'nın elmaya doğru mikroskobik kaymasını ölçmemiz o kadar kolay değildir.

Newton kütleçekim etkisinin uzaklıkla birlikte hızla azaldığını kanıtlamıştır. Örneğin Dünya'dan uzaklaştıkça kütleçekim kuvvetinin etkisi büyük bir hızla azalır. Ama hiçbir zaman tam olarak sıfırlanmaz. Dolayısıyla hareketimizin üzerinde hep bir etkisi olur. Aslında Evren'deki her nesnenin hareketlerimiz üzerinde –fark edilemeyecek denli az da olsa– bir kütleçekim etkisi vardır.

Newton topaç gibi dönmekte olan bir kova su düşünerek nesnelere hareket arasındaki ilişkiyi anlamaya çalıştı. Kova döndürülmeye başladığında su sabit kalır. Sonra su da dönmeye başlar. Sıvı kenara sürünerek kaçmaya çalıştıkça yüzeyi çukurlaşır ama kovanın sınırlayıcı kuvvetiyle yerinde kalır. Newton suyun dönüşünün yalnızca mutlak uzayın sabit referans sistemi içinde –onun ızgara sistemine göre– ele alındığında anlaşılabilirliğini ileri sürer. Bu sistemde, kovanın dönüp dönmediğini yalnızca kovaya bakarak söyleyebiliriz ve suyun yüzeyini içbükey yapan kuvvetleri iş başındayken görebiliriz.

Yüzyıllar sonra Mach bu argümanı baştan ele aldı. Peki ya Evren'deki tek şey su dolu kova olsaydı ne olurdu? Dönenin kova olduğunu nasıl bilebilirdik? Dönenin kova değil de su olduğunu da iddia edemez miydik? Ayrımı görmenin tek yolu kovanın evrenine bir başka nesne daha yerleştirmektir. Örneğin bir oda duvarı veya uzakta bir yıldız. O zaman kovanın ona göre dönüyor olduğu açıkça anlaşılacaktır. Ama duran odanın ya da sabit yıldızların referans çerçevesi olmaksızın, dönenin kova mı yoksa su mu olduğunu kim söyleyebilir? Gökyüzünde ilerleyen Güneş'e ve yıldızlara baktığımızda da aynı şeyi yaşarız. Dönen yıldızlar mı, yoksa Dünya mıdır? Nasıl bilebiliriz?

Ernst Mach 1838–1916

Avusturyalı fizikçi Ernst Mach, Mach ilkesinin yanında optik, akustik, duyuşsal algı fizyolojisi, bilim felsefesi ve özellikle ses-üstü hızlara yönelik çalışmalarıyla bilinir. 1877’de sestten hızlı ilerleyen bir cismin nasıl girdaba benzer bir şok dalgası oluşturacağını anlattığı etkili

bir makale yayımlamıştır. Sesten hızlı giden uçakların sonik patlamasına neden olan şey de havadaki bu şok dalgasıdır. Bir merminin ya da jet uçağının hızının ses hızına oranına günümüzde Mach sayısı denir. Örneğin Mach 2, ses hızının iki katı hızda demektir.

Mach ve Leibniz’e göre hareketi anlayabilmemiz için referans alabileceğimiz başka nesnelere bulunması gerekir. Bu nedenle eylemsizlik kavramı, içinde tek bir nesne bulunan bir evrende anlamsızdır. Yani Evren’de hiç yıldız olmasaydı, Dünya’nın döndüğünü anlayamazdık. Yıldızlar bize kendilerine göre dönüyor olduğumuzu söyler.

Mach ilkesinde ifade edilen mutlak hareket ve görelî hareket fikirleri başta Einstein olmak üzere –ki “Mach ilkesi” adını o koymuştur– birçok fizikçiye esin kaynağı olmuştur. Einstein tüm hareketlerin görelî olduğu fikrini alarak özel ve genel görelîlik kuramlarını oluşturmuştur. Ayrıca Mach’ın fikirlerinden yararlanarak güne dek yanıtlanmamış sorulardan birini de çözmüştür: Dönmenin ve ivmelenmenin ek kuvvetler yaratması gerekir. Peki bunlar nerededir? Einstein’ın gösterdiği üzere, Evren’deki her şey Dünya’nın çevresinde dönüyor olsaydı, gezegenimizin belli bir şekilde yalpalamasına neden olan küçük bir kuvvetin hissedilebiliyor olması gerekirdi.

Uzayın doğası biliminsanlarını binlerce yıldır şaşırtmayı sürdürmektedir. Modern parçacık fizikçileri bu doğayı atomaltı parçacıkların sürekli yaratılıp yok edildiği, kaynayan bir kazana benzetir. Kütle, eylemsizlik, kuvvetler ve hareket, hepsi en nihayetinde fokurdayan bu kuantum çorbasının dışavurumları olabilir.

» fikrin özü
Hareket için kütle önemlidir

28 Schrödinger'in Kedisi

Schrödinger'in kedisi aynı anda hem canlı hem de ölüdür. Bu varsayımsal deneyde bir kutunun içinde kedi bulunur. Rassal bir tetiklemeyle zehir dolu bir kapsülün kırılması yüzünden ölmüş olabilir ya da yaşıyor olabilir. Erwin Schrödinger bu metaforu, kuantum kuramını ne kadar saçma bulduğunu göstermek için kullanmıştır. Çünkü kurama göre sonuç gözlemlenene kadar kedinin hem canlı hem de ölü olması gerekir.

Kuantum kuramının Kopenhag yorumuna göre, gözlemcinin yaptığı müdahaleyle ihtimallerden birini gerçeğe dönüştürmesine kadar kuantum sistemleri bir olasılık bulutu halinde var olurlar. Gözlenmeden önce sistem aslında bütün olasılıklarıyla vardır. Biz hangi biçimini ölçeceğimize karar verene dek ışık hem parçacık hem de dalgadır – alacağı biçime bundan sonra girer.

Olasılık bulutu, foton ya da ışık dalgası gibi soyut şeyler için makuldur makul olmasına ama bizim farkında olabileceğimiz kadar büyük nesnelere için ne anlama gelir? Bu kuantum belirsizliği gerçekte nasıl bir şeydir?

1935'te Erwin Schrödinger varsayımsal bir deney içeren bir makale yayımladı. Deneyde bu davranışı atomaltı parçacıklardan daha tanıdık ve renkli bir örnekle açıklamaya çalıştı. Schrödinger, gözlemin sonucu etkilediğini söyleyen Kopenhag yorumuna çok eleştirel yaklaşıyordu. Kopenhag yorumunun ne kadar saçma olduğunu göstermek istedi.

Kuantumun arafi Schrödinger aşağıdaki tümüyle hayali durumu kurgulamıştır. Hiçbir hayvana zarar verilmemiştir.

dönem

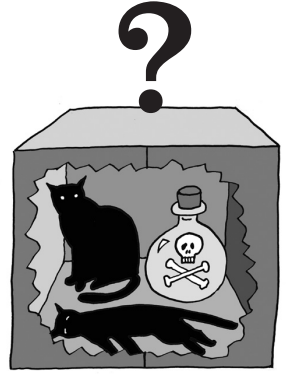
1927

Kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumu yapılır.

1935

Schrödinger kuantum kedisi deneyini yazar.

“Çelikten bir kutuya bir kedi konur. Kutunun içinde şöyle bir şeytani düzenek vardır (kedinin dokunamayacağı şekilde yerleştirilmesi gerekir): Bir Geiger sayacının içinde çok az miktarda radyoaktif madde vardır. O kadar azdır ki bir saatte belki bir atom bozunur ama eşit olasılıkla belki de bozunmaz. Eğer atom bozunursa, sayacın tüpü elektrik akımı boşaltarak bir röle vasıtasıyla bir çekici serbest bırakır ve çekiç hidrojen siyanür içeren küçük bir kapsülü kırar. Eğer bu sistem bir saat boyunca kendi haline bırakılırsa ve bu sürede hiçbir atom bozunmazsa, kedi yaşıyor olacaktır. İlk atom bozunmasında kedi zehirlenecektir.”



Dolayısıyla bu sürenin sonunda kutu açıldığında kedinin canlı ya da ölü olma olasılıkları yarı yarıyadır. Schrödinger, Kopenhag yorumunun mantığını benimserseniz, kutu kapalıyken kedinin aynı anda hem canlı hem de ölü olmak gibi belirsiz bir ara durumda olduğunu düşünmemiz gerektiğini söyler. Tıpkı bir elektronun dalga ya da parçacık görünümünün algılama anında sabitlenmesi gibi, kedinin geleceği de biz kutuyu açıp baktığımız anda belli olacaktır. Kutuyu açarak gözlem yapmış oluruz ve sonucu belirleriz.

Schrödinger'e göre bu saçmalığın daniskasıydı – özellikle de kedi gibi gerçek bir hayvan için. Günlük deneyimlerimize göre kedinin canlı ya da ölü olması gerektiğini, ikisinin karışımı halinde olamayacağını biliriz. Ve ona bakmadığımız sürece kedinin bir tür arafta olacağını düşünmek de deliliktir. Eğer kedi yaşıyorsa, anımsayacağı şey bir olasılık bulutu ya da dalga fonksiyonu halinde olduğu değil, gayet kanlı canlı bir şekilde kutunun içinde oturduğu olacaktır.

Başka fizikçilerle birlikte Einstein da Kopenhag yorumunun absürd olduğu konusunda Schrödinger'e katılıyordu. Birlikte daha başka sorular da ürettiler. Bir hayvan olarak kedi kendisini gözlemleyebilir miydi? Eğer böyleyse kendi dalga fonksiyonunu çökertebilir miydi? Gözlemci olmak nasıl bir şeydi? Gözlemcinin insan gibi bilinçli bir varlık olması gerekir miydi, yoksa herhangi bir hayvan da olabilir miydi? Peki, bakteri olabilir miydi?

Daha da ileri giderek dünyada herhangi bir şeyin bizim gözlemimizden bağımsız olarak var olup olmadığını da sorgulayabiliriz. Kutunun içindeki

1957

Everett çoklu dünyalar hipotezini ortaya atar.

kediyi bir yana bırakıp bozunan radyoaktif maddeyi düşünürsek, eğer kutuyu kapalı tutarsak, bozunur mu bozunmaz mı? Yoksa o da Kopenhag yorumunun söylediği üzere biz kutunun kapağını açana kadar bir kuantum arafında mı kalır? Belki de bütün dünya birleşik bir belirsizlik durumu içindedir ve hiçbir şey biz onları gözleyip dalga fonksiyonlarını çökertene dek kendini göstermiyordur. Acaba işyeriniz hafta sonları siz orada yokken dağılıp yok oluyor mudur, yoksa oradan geçenlerin bakışları sayesinde korunuyor mudur? Kimse ona bakmadığında orman içindeki yazlık eviniz gerçekliğine son mu veriyordur? Yoksa yanmış, su basmış, karınca istilasına uğramış, aylarca işgal edilmiş olma ihtimallerinin iç içe geçtiği bir durumda mı oluyordur ya da siz gelene dek orada öylece duruyor mudur? Kuşlar ve sincaplar gözlemci sayılır mı? Bütün garipliğiyle Bohr'un Kopenhag yorumunun dünyayı atom ölçeğinde açıklaması böyledir.

Çoklu dünyalar Felsefi bir sorun olan gözlemcinin sonucu etkilemesi, kuantum kuramının yorumlanmasında bir başka varyasyona daha yol açtı:

Erwin Schrödinger 1887-1961

Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger kuantum mekaniği üzerine çalışmış ve Einstein ile birlikte kütleçekim ile kuantum mekaniğini tek bir kuramda birleştirmeyi denemiş ama başarısız olmuştur. Dalga yorumunu desteklemiş, dalga-parçacık ikiliğinden hoşlanmamış, bu yüzden diğer fizikçilerle tartışmalar yaşamıştır.

Schrödinger gençken Alman şiiirinden çok etkilenmişti ama yine de üniversitede kuramsal fizik okumaya karar verdi. Birinci Dünya Savaşı'nda İtalyan cephesinde görev yaptı. Bir yandan da çalışmalarını uzaktan sürdürdü ve makaleler yayımladı. Savaştan sonra akademik çalışmalarına devam etti. 1926'da dalga denklemini sundu ve bu çalışması ile 1933'te

Paul Dirac ile birlikte Nobel Ödülü kazandı. Sonradan Berlin'e taşındı ve Max Planck'ın eski bölümünün başına geçti. Ama Hitler'in iktidara gelmesiyle 1933'te Almanya'yı terk etmeye karar verdi. Bir yere yerleşmekte zorlandı ve çalışmalarını dönem dönem Oxford'da, Princeton'da ve Graz'da sürdürdü. 1938'de Avusturya'nın işgaliyle yine kaçtı ve Dublin'de "Institute for Advanced Studies"te kendisi için açılan özel konumda çalışmaya başladı. Emekli olup Viyana'ya yerleşene kadar burada kaldı. Schrödinger'in kişisel yaşamı da iş yaşamı kadar karmaşıktı. Birkaç kadından çocukları oldu.

Çoklu dünyalar hipotezi. 1957'de Hugh Everett'in önerdiği bu alternatif bakış, birbirine paralel sonsuz sayıda evren olduğunu ileri sürerek, gözlemlenmeyen dalga fonksiyonlarındaki belirsizlikten kaçınır. Ne zaman bir gözlem yapılsa ve belli bir sonuç elde edilse, yeni bir evren oluşur. Her evren diğerinin tıpa tıp aynısıdır ama bir tek gözlenen şey farklıdır. Dolayısıyla olasılıklar aynıdır ama olayların oluşumu bizleri sürekli dallanan bir dizi evrenin içinde iletir.

Schrödinger'in kedisi deneyi için yapılan çoklu dünya yorumuna göre, kutu açıldığında kedi artık tüm olası durumların bir arada olduğu durumda (süperpozisyon) olmaz. Onun yerine bir evrende canlıdır ve öteki paralel evrende ölüdür. Bir evrende zehir kutuya yayılmıştır, diğerinde şişede duruyordur.



Bunun dalga fonksiyonu arafında bulunma durumuna karşı bir ilerleme olup olmadığı tartışmalıdır. Bu şekilde bizi yalnızca bir olasılık bulutu olmaktan çıkaracak bir gözlemci ihtiyacından kaçınıyor olabiliriz ama bunun bedeli de olayların yalnızca biraz farklı olduğu alternatif evrenlere başurmaktır. Bir evrende bir pop yıldızıyken, diğerinde sokak çalgıcısıyım. Birinde giydiğim çoraplar siyahken diğerinde gri. Bu bir sürü güzel evrenin israf edilmişiymiş gibi geliyor. Gardrobumun rengarenk kıyafetlerle dolu olduğu bir evren de var mıdır acaba? Bazı alternatif evrenlerde kayda değer farklar da olabilir. Mesela birinde Elvis yaşıyor olabilir, bir başkasında John F. Kennedy vurulmamış olabilir, bir başkasında ise ABD'nin başkanı Al Gore seçilmiş olabilir. Bu fikir birçok kez film konusu olarak kullanılmıştır. Örneğin *Rastlantının Böylesi (Sliding Doors)* adlı filmde, Gwyneth Paltrow Londra'da birinde çok başarılı olduğu, diğerindeyse olamadığı iki ayrı hayat yaşar.

Günümüzde bazı fizikçiler Schrödinger'in hayali kedi deneyindeki akıl yürütüşünün geçersiz olduğunu iddia ediyor. Tıpkı bütünüyle dalga temelli kuramında olduğu gibi, alışıldık fizik fikirlerini tuhaf kuantum dünyasına uygulamaya çalıştığı düşünülüyor. Oysa kuantum boyutlarındaki dünyanın böyle tuhaf bir yer olduğunu kabul etmemiz gerekir.

» **fikrin özü**
Ölü mü diri mi?

38 Tanrı Parçacığı

Fizikçi Peter Higgs 1964'te bir gün Kuzey İskoçya'da yürüyüş yaparken parçacıkların kütleli olmasına yol açan şeyi keşfetti. Ona göre bu, kendisinin “büyük fikri”ydi. Parçacıklar günümüzde Higgs alanı olarak bilinen bir kuvvet alanının içinde hareket ederken yavaşladıkları için daha kütleli görünürler. Bu kuvvet alanının taşıyıcısı olan Higgs bozonuna Nobel Ödüllü fizikçi Leon Lederman “Tanrı Parçacığı” adını takmıştır.

Nesnelerin neden kütlesi vardır? Bir kamyon her biri görece ağır atomlardan oluştuğu için ağırdır. Çelikte demir atomları vardır ve demir periyodik tablonun aşağılarında yer alır. Peki, atomların neden ağırlığı vardır? Sonuçta büyük bölümleri boşluktur. Neden bir proton elektrondan ya da nötrinodan ya da fotondan daha ağırdır?

Her ne kadar 1960'lı yıllarda dört temel kuvvet yani etkileşim iyi biliniyor olsa da bunların hepsi birbirinden farklı taşıyıcı parçacıklara dayanıyordu. Fotonlar elektromanyetik etkileşimlerdeki bilgiyi taşıyorlardı; gluonlar güçlü çekirdek kuvvetiyle kuarkları bir arada tutuyorlardı; W ve Z bozonları da zayıf çekirdek kuvvetini taşıyordu. Ama fotonların kütlesi yokken W ve Z bozonları protondan yüz kat daha kütleli parçacıklardı. Bu parçacıklar neden bu kadar farklıydılar? Elektromanyetik ve zayıf çekirdek kuvvetlerinin elektrozayıf kuvvet olarak birleştirilebildiği göz önüne alınırsa, bu uyumsuzluk kendini daha da gösterir. Ama bu teori zayıf çekirdek kuvveti parçacıklarının, yani W ve Z bozonlarının kütlesi olması gerektiğini söylemez. Kütsüz fotonlar gibi de olabilirler. Büyük birleşik kuram için yapılan, temel kuvvetler arasındaki daha başka birleştirme girişimleri de aynı sorunla karşılaşmıştır. Kuvvet taşıyıcıların kütlesi olmamalıdır. Neden hepsi foton gibi değildir?

dönem

1687

Newton'ın *Principia*'sında kütle denklemleri yer alır.

“Yapılması gereken şey, onu, temel kuvvet teorileri arasında en basit olanıyla yani elektrodinamikle sınamaktı; gerçekten ne olup bittiğini anlamak için simetrisini bozmaktı.”

Peter Higgs, d. 1929

Ağır çekim Higgs’in büyük fikri, kuvvet taşıyıcılarının bir kuvvet alanından geçerken yavaşlatılıyor olduğuydu. Artık Higgs alanı olarak anılan bu alan Higgs bozonu denen bozonların aktarımıyla çalışıyordu. Bardağa bir boncuk bıraktığınızı düşünün. Bardak suyla doluysa, boş yani hava dolu olduğu duruma göre boncuğun dibe inişi daha uzun sürer. Sanki boncuk suyun içindeyken daha kütleli gibidir – boncuk sudayken yerçekiminin onu kendisine çekmesi daha uzun sürer. Aynı şeyi suyun içinde yürürken bacaklarınızda da hissedersiniz – ağırlaşır ve yürüyüşünüz yavaşlar. Eğer bir bardak şerbetle bırakılırsa, boncuğun dibe ulaşması daha da uzun sürer. Higgs alanı da aslında benzer bir şekilde yani tıpkı yoğun bir sıvı gibi davranır. Higgs kuvveti diğer kuvvetleri taşıyan parçacıkları, onlara birer kütle vererek yavaşlatır. Fotonlara göre W ve Z bozonları üzerindeki etkisi daha güçlüdür ve onların daha ağır görünmelerine yol açar.

Higgs alanının etkisi, bir metalin artı yüklü çekirdeklerinin oluşturduğu kristal kafes yapısının içinde bir elektronun ilerleyişine oldukça benzer. Elektron bütün artı yüklerce çekildikçe azar azar yavaşlar. Dolayısıyla bu iyonların çevresinde bulunmadığı duruma göre kütleli artmış gibi görünür. Burada etkili olan kuvvet fotonlar aracılığıyla işleyen elektromanyetik kuvvettir. Gerçekte Higgs alanı da benzer şekilde işler ama onda kuvveti taşıyanlar Higgs bozonlarıdır. Bunu birçok Higgs’in bulunduğu bir kokteyle katılan bir film yıldızının ilerleyişi gibi düşünebilirsiniz. Film yıldızı salonun bir ucundan diğerine gitmekte zorlanır çünkü kendisiyle sürekli yapılan kısa sosyal etkileşimler onu yavaşlatır.

Diğer kuvvet taşıyıcısı olan bozonlara kütlelerini Higgs bozonu veriyorsa, Higgs bozonunun kendi kütleli nedir? Ve kendine nasıl kütle

1964

Higgs’in aklına parçacıkları neyin kütleli yaptığına ilişkin ünlü fikri gelir.

2007

CERN’de Büyük Hadron Çarpıştırıcısı yapılır.

Mıknatıslarda kırılan simetri

Çok yüksek sıcaklıklarda mıknatısların içindeki bütün atomlar düzensizleşir, içlerinde var olan manyetik alanlar gelişigüzel olur ve madde manyetiklik özelliğini yitirir. Ama sıcaklık belli bir noktanın altına düştüğünde –ki buna Curie Sıcaklığı denir– manyetik dipoller yeniden hizalanır ve hepsi birden bir manyetik alan oluştururlar.

kazandırıyorur? Bu da bir yumurta-tavuk durumu değil midir? Ne yazık ki eldeki teoriler parçacık fiziğinin standart modeli için Higgs bozonunun gerekli olduğunu öngörseler de onun kütesine ilişkin bir şey söyleyemiyorlar. Bu nedenle fizikçiler onu görmek istiyor. Ama bunun ne kadar zor olacağını yani kendisini ne zaman ortaya çıkaracağını bilemiyorlar. [ÇN: 2012'de CERN'de yapılan deneyde saptandı.] Onun özelliğindeki parçacıklar üzerindeki araştırmalardan, kütesinin deneysel olarak ulaşılan enerji düzeylerinden büyük olması gerektiği biliniyor. Yani çok ağır ama tam olarak ne kadar ağır olduğunu bulana dek beklemeliyiz. [ÇN: Higgs bozonu yaklaşık 125 GeV yani 133 proton kütesindedir.]

Kesin kanıt Higgs parçacığını aramak için kullanılacak yeni makine İsviçre'de CERN'de (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi) inşa edilen Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC – Large Hadron Collider) aslında Cenevre yakınlarında kurulan dev bir parçacık fiziği laboratuvarıdır. Yerin 100 m altında, en büyüğü 27 km uzunluğunda olan halka şeklinde tünelleri vardır. LHC'de dev mıknatıslar protonları bu hat boyunca hızlandırarak bir ışın haline getirir. Halka şeklindeki dev tünelde ilerlerken bu ışının hızı sürekli artar. Önce ters yönde ilerleyen iki ışın oluşturulacak; sonra hızları en üst düzeye ulaştığında bu ışınlar birbirine doğru yönlendirilerek protonların kafa kafaya çarpışması sağlanacaktır. Ulaşılan çok yüksek enerjiler sayesinde çarpışma sırasında bir dizi ağır parçacık geçici olarak ortaya çıkacak ve bunlar –ve bunların bozunmasıyla ortaya çıkacak yan ürünleri de– dedektörlerce kaydedilecektir. LHC'nin amacı başka milyarlarca parçacığın bırakacağı izin arasından Higgs parçacığına ilişkin ipuçları bulmaktır. Fizikçiler neyi aradıklarını iyi biliyorlar ama onu yakalamak

yine de oldukça zor. Eğer ulaşılan enerji düzeyi yeterince büyük olursa, Higgs bozonu arka arkaya dönüşecek bir dizi parçacık şeklinde yok olmadan önce saniyenin çok küçük bir bölümü için ortaya çıkabilir. Bu nedenle Higgs'in kendisini gözlemektense fizikçiler onun varlığını gösterecek kesin kanıtlar arayacak ve sonra bütün parçaları birleştirip onun var olduğu sonucuna ulaşacaklar.

Simetri kırılması Higgs bozonu ne zaman ortaya çıkabilir? Ve buradan fotonlara ve diğer bozonlara nasıl ulaşırız? Higgs bozonu çok ağır olması gerektiğinden yalnızca aşırı yüksek enerjilerde ve Heisenberg belirsizlik ilkesi nedeniyle de (bkz. s. 104) çok kısa bir süre için ortaya çıkabilir. Teoriye göre Evren'in oluşumunun en başında bütün temel kuvvetler tek bir süper kuvvet şeklinde birleşik haldeydi. Evren soğudukça dört temel kuvvet, simetri kırılması denen bir süreçle birbirinden ayrıştı.

Her ne kadar simetri kırılması kulağa akılda canlandırması zor bir şeymiş gibi gelse de aslında basittir. Bir zamanlar simetrik görülen bir sistemden simetrisinin kalktığı noktaları ifade eder. Örneğin peçetelerin ve çatal bıçakların aynı şekilde yerleştirildiği yuvarlak bir masa düşünün. Simetriktir yani nereye oturursanız oturun masa aynı görünür. Ama bir kişi peçetesini alırsa, simetri kaybolur ve o noktaya göre nerede bulunduğunuzu söyleyebilirsiniz. Yani simetri kırılması olmuştur. Tek başına bu olayın bazı zincirleme etkileri olabilir – yani şöyle olabilir: Herkes ilk olaya uymak için sol taraftaki peçetesini alabilir. Eğer ilk öteki taraftaki peçete alınsaydı o zaman tersi durum gerçekleşecekti. Ama örüntüyü başlatan şey rasgele bir olaydır. Benzer şekilde Evren soğudukça birtakım olaylar temel kuvvetlerin teker teker ayrışmasına yol açmıştır.

» fikrin özü
Akıntıya karşı yüzmek