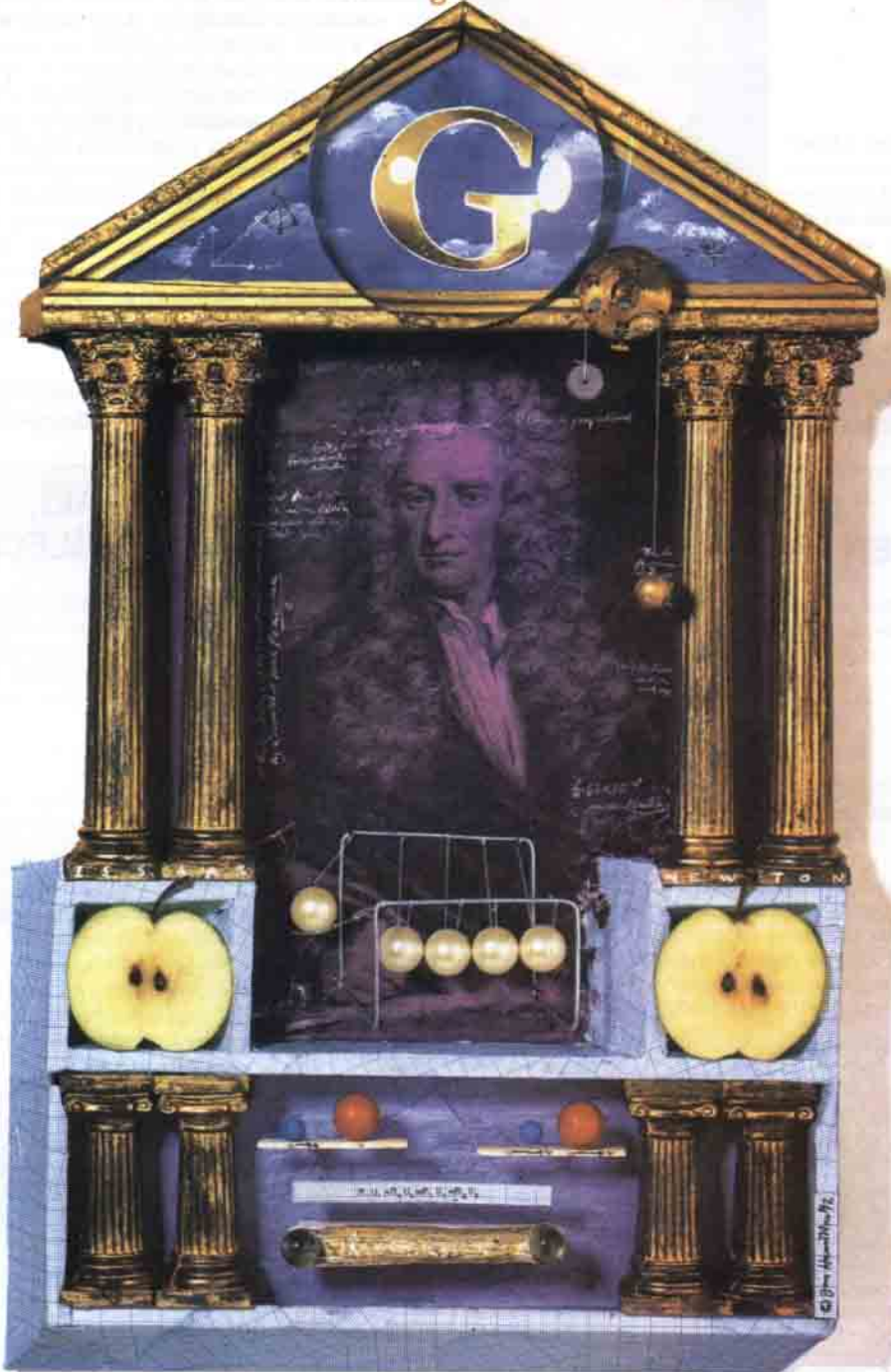


FİZİĞİN DEĞİŞEN SABİTLERİ



Her tür denklemde sürekli olarak karşımıza çıkmakta olan “sabit sayılar”ın aslında hiçbir temelinin olmayabileceğini ya da bilimin bunlara gerçekte gereksinim duymayabileceğini düşünebilir misiniz?

Herhangi bir bilimsel kitabı açtığınızda, kitabın sonlarına doğru, fiziksel birtakım sabitlerin verildiği bir liste ile karşılaşacaksınız. Işığın hızı c ; Newton'un yer çekimi sabiti G ; elektron üzerindeki elektriksiz yük miktarı e ; Plank sabiti h gibi sabitler, bu liste içerisinde yer alanlardan yalnızca birkaçıdır. Liste halinde verilen bu sayılar, gerçekten de değişmez ve bilimsel bir tabana oturtulmuş sabitler midir, yoksa insanların ölçüm yapmak için kendi kendilerine ortaya attıkları yapay bir takım rakamlar mıdır? Ancak bu sabitleri kullanmak suretiyle, evrenin mevcut yapısının resmini çok daha basit bir şekilde yapabilmenin mümkün olduğu da bilinmektedir.

Konuyla ilgili olarak yapılacak detaylı tartışmalarda, matematik kullanımı zorunluluk taşımasına rağmen, tartışmanın özü matematiksel olmayan bir yolla, doğrudan açıklanabilmektedir. Konuya giriş yapmanın en iyi yolu, Albert Einstein'ın özel rölativite teorisinin kalbini teşkil eden temel sabit olan ışık hızı hakkında düşündürmektir. Uzay içerisine bir ışık ışını gönderdiğimizizi ve bu ışık ışınının t zamanındaki uzaklığı olan d mesafesini ölçtüğümüzü kabul edelim. Bu durumu basitçe $d = ct$ olarak formülize ederiz; yukarıda verilen bu denklem içerisinde yer alan c ifadesi ise, herhangi bir ders kitabını alıp, sonuna baktığımızda karşılaşacağımız temel sabitlerden biridir. Ancak, c ifadesi nereden gelmektedir?

Burada kullanılmakta olan zaman ve mesafe değerleri, genel anlamıyla "gerçek" parametrelerdir; bunlar doğrudan ölçülebilmekte, ancak daha basit bir hale indirgenebilmeleri mümkün olmamaktadır. c ile belirtilen sabit ise, d ve t değerleri arasında bağlantı kurmak amacıyla icat edilmiş bir değerdir. Mesafe ve zamanı birbirinden farklı kavramlar olarak algılamamız nedeniyle, c 'ye ihtiyaç duymaktayız. Mesafe, uzunluk $[L]$ cinsinden ifade olunan bir miktar olmakla birlikte, zaman $[T]$ cinsinden ifade edilen bir miktardır. Bu nedenle, $[L]$ cinsinden ifade olunan bir miktar ile $[T]$ cinsinden ifade olunan bir miktar arasında eşitlik kurabilmek için $[L] / [T]$ cinsinden ifade olunan başka bir miktara daha ihtiyaç duymaktayız. Bu miktarı ise ışık hızı olarak isimlendirmekteyiz.

EINSTEIN'IN ÇEVİRİME KATSAYISI

Birbirinden farklı uzay (mesafe) ve zaman kavramlarının, tek bir şeyin değişik yönleri olarak tanımlanabilmesine olanak tanıması, yani dört boyutlu uzay-zaman kavramını gündeme getirmesi nedeniyle c katsayısı, Einstein'ın teorisinde son derece önemli bir rol oynamıştır. Herman Minkowski'nin de farkettiği gibi, d ve ct 'yi aynı cinsten - uzunluk veya koordinat olarak - ele almamız halinde, uzay ve zaman tek bir kavram altında birleşerek uzay zaman'ı oluşturmaktadır. Günümüzde, rölativite ile uğraşan bilim adamları, c 'nin t içerisinde ele alınmasından mutluluk duymakta ve rölativite teorisi ile ilgili hesaplamalarını her birine eşit miktarda ağırlık vermek suretiyle, x, y, z ve t , yani dört tane uzay-zaman koordinatı cinsinden yapmaktadırlar. Onların artık c 'ye gereksinimleri kalmamıştır.

Bu şekilde bir bakış açısı seçtiğimiz zaman, c 'nin yalnızca bir çevrilme katsayısı olduğunu öne süre-

biliriz. Dördüncü boyuttaki uzunlukları, diğer üç boyuttaki eşdeğerlerine dönüştürmek için yapmamız gereken tek şey, bunları bir sayı ile çarpmaktır. Bu sayı, c 'nin nümerik değerine eşit olmakla birlikte, herhangi bir esas teşkil etmemektedir. Örneğin, şimdilere kadar 5 saniye olarak ifade etmekte olduğumuz miktarı, yine eşdeğer bir şekilde $5 \cdot 10^{10}$ dördüncü boyut uzunluk birimi" olarak da ifade edebiliriz. Bu ise, 15×10^8 metreye karşılık gelmektedir. Okullarda bizlere bu uzunluğu, saniyedeki hızı 3×10^8 metre olan ışığın 5 saniyede alacağı yol olarak düşünmemiz öğretilmektedir. Ancak bizler, bu 5 saniyenin gerçekte 15×10^8 metrelik bir uzunluk ile eşdeğer olduğunu öne sürebiliriz; bu durumda c ile belirtilen çevrilme katsayısı, kilometre (kilometre sayısını $0,62137119$ ile çarpmak suretiyle) mile çevirmek için kullanmakta olduğumuz çevrilme katsayısından daha fazla önem taşımayacaktır.

Acaba diğer sabitlerin de buna benzer bir yolla ifade edilebilmeleri mümkün olabilir mi? Yer çekimi sabiti olan G ile ilgili olarak yapabileceğimiz birtakım şeyler var mı? Bunun yapılabilmesi de mümkün olmakla birlikte, yapmamız gereken işlemler biraz daha karmaşık bir yapı arzedecektir. Uzunluk ve zaman birimlerinin yanı sıra, bir m kütlelerinin yakınında bulunan bir partikülün ivmesini veren Newton kanunu içerisinde, bu kütle miktarı da değişken olarak yer almakta ve $a = Gm/d^2$ olarak ifade edilmektedir. Bizler kütleli uzay ve zamandan değişik olarak algılamakta ve $[M]$ cinsinden bir boyut kullanmak suretiyle kütle ölçümlerini gerçekleştirmekteyiz. Yukarıda verilen denklem içerisinde üç farklı değişkenin yer alması nedeniyle (ivme hem uzunluk hem de zaman ile bağlantılıdır) daha karmaşık bir sabit bulma zorunluluğu vardır. Temel boyutlar ele alındığında, G 'nin boyutlarının $[L^3] / [M] [T^2]$ cinsinden olması gerekmektedir. Aynı boyutlara sahip bir değişken, c sabitini de içermekle birlikte, özel bir durum için Newton'un teorisini de kapsayan bir yer çekimi teorisi olan Einstein'ın genel rölativite teorisinde de karşımıza çıkmaktadır.

G'DEN KURTULMAK

Acaba G 'den kurtulabilmemiz mümkün olabilir mi? ct ile ifade olunan niceliğin uzunluk cinsinden bir boyuta sahip olması gibi, Gm/c^2 ile ifade olunan nicelik de uzunluk cinsinden bir boyuta sahiptir. Şayet G 'yi elimine edebilirsek, m 'yi denklem içerisinde bırakabilecek ve kütleleri (zaman gibi) uzunluk cinsinden ifade edebileceğiz demektir.

G ve c engellerini yolumuzdan kaldırdıktan sonra, rölativite teorisini önemli ölçüde basitleştirmiş oluyoruz. Bunun yanı sıra, aynı işlemi 20. yüzyıl fiziğinin diğer bir büyük teorisi olan kuantum mekaniğine de uygulayabiliriz. Kuantum mekaniğinde kaçımıza çıkacak diğer önemli temel sabit ise, Planck sabiti, yani h 'dir. Bu sabit en basit şekliyle, bir dalga paketinin (veya fotonun) enerjisi ile frekansı arasındaki bağıntıyı veren $E = h\gamma$ denklemine karşılıkta çıkmaktadır. Enerji ve kütle arasındaki bağıntıyı veren Einstein'ın ünlü denklemini yani $E = mc^2$ yi de biliyoruz. Frekans elbette zamana bağlı bir de-

ğişkendir (frekansı ölçmekte kullanılan birim "1/saniye"dir). Eldeki tüm değerleri yerlerine koyduğumuzda, h'nin [M] [L²] / [T] cinsinden ölçülen bir değer olduğunu buluruz. Aynen c'nin [L] ve [T] cinsinden olması gibi, h da [M], [L] ve [T] cinsinden birimlerinden meydana gelmektedir. Daha önceden de yaptığımız gibi, kütle ve zaman değerlerini elimine ederek; yalnızca bir sayı ile başbaşa kalmamız ve yukarıda verilen denklemi $E = \gamma$ şeklinde yazmamız da mümkündür.

Temel birtakım sabitleri alma zorunluluğunun meydana getirmekte olduğu karmaşıklığın üzerine gitmek yerine etraftan dolaşma yolunu da seçebiliriz. Bu yöntem, 20. yüzyılın başlarında Max Planck'a kadar uzanmaktadır. Planck, mevcut sabitlerin değerlerinin belirlenmesinde bildik birim (metre, saniye ve kilogram) sistemlerimizi kullanmak yerine, h ve G değerlerini kullanmak suretiyle bir dizi "mutlak" veya doğal birim tanımlayabileceğimizi fark etmişti.

Önceden, sabitlerin boyutlarından kurtulabilmek ve kütleyle (hatta diğer her türlü şeyi) uzunluk cinsinden ifade edebilmek için kütle ve zaman gibi daha küçük alt birimler cinsinden ifade edilmesi mümkün olmayan temel birtakım birimleri kullanabiliyorduk. Bununla birlikte, sabitlerin sayısal değerlerini çevrilme katsayısı cinsinden aklımızda tutmamız gerekiyordu. Diğerlerinin yanı sıra Planck, ölçüm birimlerini her bir sabitin değeri 1 olacak şekilde seçme suretiyle sabitlerin sayısal değerlerinin ortadan kaldırılabilmesini öne sürmüştür. Bu işlem, her biri yalnızca uzunluk, yalnızca zaman ve yalnızca kütle cinsinden boyutlara sahip olan ve "Planck uzunluğu", "Planck zamanı" ile "Planck kütlesi" olarak isimlendirilen miktarları verecek biçimde h, c ve G'nin değişik şekillerde bir arada kullanılması suretiyle gerçekleştirilmektedir.

Örnek olarak, fiziksel dünyanın doğal uzunluk skalası olan Planck uzunluğunu hesaplayabilmek için, uzunluk ([L]) cinsinden bir birim olan $(Gh/c^3)^{1/2}$ formülünü kullanabiliriz. Planck uzunluğunun sayısal değeri, yaklaşık olarak 10^{-35} metredir; bu uzunluk ise, proton çapının yarısından daha küçüktür. Bu

na karşılık gelen Planck zamanı yaklaşık olarak 10^{-43} saniye, Planck kütlesi ise, yaklaşık olarak 10^{-8} kilogramdır (Planck kütlesine sahip bir karadeliğin çekim yarıçapı Planck uzunluğuna eşit olacaktır).

Bu birimlerin kullanılması durumunda h, c ve G sabitlerinin tamamının sayısal değeri 1'e eşit olacaktır. Örnek olarak, ışığın 1 Planck uzunluğu kadar bir mesafeyi katetmesi için gerekli olan zamanın 1 Planck zamanı olması nedeniyle, ışık hızı 1'e eşit olacaktır. Buna göre, daha önceden de yaptığımız gibi, her şeyi uzunluk cinsinden ele almamamız içi herhangi bir sebep bulunmamaktadır. Bu yalnızca soyut bir varsayım değildir; özellikle rölative ile uğraşan bilim adamları, içerisinde c, G ve h bulunan denklemler ile çalışmalarını sürdürmekte ve bu sayede geriye kalan şeyleri hesaplamaların dışında bırakmaktadırlar. Bütün bu "temel sabitlerin" bize sağladığı tek şey, denklemleri daha da karmaşık bir hale getirerek hesaplama biçimini değiştirmeleridir. Her türlü fiziksel büyüklüğün, kabul edilebilir bir miktar ve boyuta sahip olması gerekmektedir. Ancak c, G ve h için böyle bir zorunluluk bulunmaması nedeniyle fizikçiler bu sabitler olmadan da iş yapabilirler.

Tüm bunlar yalnızca belirli bir gruba hitap ediyor ve yalnızca rölative ile kuantum fiziği konularıyla uğraşan teorisyenlerin ilgisini çekişer gibi görünmekle birlikte, bu konu ile ilgili çok daha basit bir örnek de vardır. Bu örnek, boşluğun elektrik alanını ne derece iyi iletmekte olduğunun bir ölçüsü olan ve boşluğun iletkenliği (ϵ) olarak bilinen bir sabittir. Yıllar boyunca, birimler ile ilgili hakim kavramlar ve düzenli olmayı seven fizikçilerin denklemlerinin nasıl görünmesini istediklerine bağlı olarak bu sabit, elektromanyetizm alanında bir yer almış; bir de kaybolmuş olmakla birlikte, SI birimleri bugün toplu bir kabul görmektedir. Aralarındaki mesafe d olan q_1 ve q_2 elektrik yüklerine sahip iki parçacık arasındaki kuvveti veren Coulomb kanunu, bu birimler cinsinden $F = q_1 q_2 \pi \epsilon d^2$ olarak yazılmaktadır. ϵ sabiti yalnızca, elektriksel yük kavramını kütle, uzunluk ve zamandan farklı bir kabul olarak ele almamız durumunda, bu denklem içerisinde yer almaktadır. Ancak istersek santimetre, gram ve saniyeye dayalı olan cgs birimlerini ya da eskiden kullanılan elektrostatik birimlerini de kullanabiliriz; bu durumda Coulomb kanunu, $F = q_1 q_2 / d^2$ şeklinde ifade edilebilecektir.

Bu yolu seçmemiz halinde ϵ sabiti nereye gitmektedir? Bu birimler ile ele alındığında ϵ sabiti, $[M^{1/2}] [L^{3/2}] [T]$ cinsinden ifade olunan yük birimi içerisinde kaybolmaktadır; "yük" için farklı herhangi bir boyut bulunmamaktadır. Sonuç olarak ϵ , birimlerin seçimine bağlı bir çevrilme katsayısı olarak karşımıza çıkmakta ve elektromanyetizm ile ilgili hesaplamaları, ϵ 'ye herhangi bir ihtiyaç duymaksızın kolaylıkla son derece iyi bir şekilde yapabilmekteyiz.

Bir kez elektromanyetizm ile ilgili hesaplamalarda ϵ 'a ihtiyacımız olmadığını öğrendikten sonra, yerçekimi teorisi ile ilgili hesaplamaların yapılmasında G'ye ihtiyacımız olmadığını öğrenmek de bizde bir çok etkisi yaratmayacaktır. William McCrea 1986 yılında küt-



leyi uzunluktan farklı bir şekilde ele almamız halinde G'nin yalnızca denklemlerde yer alan bir sabit olduğunu ortaya koymuştur. Aynen c'de olduğu gibi G de sadece ve sadece bir sabittir.

Eğer her şeyin uzunluk cinsinden ifade edilebilmesi mümkün ise, bu uzunluklar nelerdir ve nelerdedir? Örnek olarak, elinize bir dolmakalem alabilir ve kalemin ağırlığını, gözlemlenizle görebildiğiniz uzunluktan daha farklı bir şekilde hissedebilirsiniz. Elinizdeki kalemin kütlesi, bizim alışlageldik üç-boyutlu dünyamıza "ilave" bir uzunluk katmamaktadır. Bu sebepten dolayı, zaman için dördüncü bir boyuta ihtiyaç duymamız nedeniyle, gözlerimizle görmemiz mümkün olmayan bu ilave uzunluklar için yine ilave birtakım boyutlara daha ihtiyaç duyabiliriz. Her bir boyut, kütle gibi fiziksel bir miktara karşılık gelecektir. Bu, yeni bir fikir olmamakla birlikte, günümüzde yeniden revaç görmeye başlamış ve bizlere, fiziksel dünyamızı daha iyi bir şekilde tanımlayabilme probleminin üzerine gidebilmemiz için yeni birtakım yollar açmaktadır.

YENİ BOYUTLAR

Bu yaklaşım genellikle, Einstein'ın dört-boyutlu yer çekimi (genel rölativite) teorisine daha fazla boyut kazandırma konusu ile ilgili olarak 1920'lerde ilk çalışmaları yürütmüş bulunan iki öncünün isimleri ile anılan Kaluza-Klein teorisi olarak bilinmektedir.

Einstein'ın genel rölativite teorisi bizlere, dört boyutlu uzay-zamanın eğimi cinsinden yer çekimi kuvvetini ne şekilde algılamakta olduğumuzu açıklamaktadır. Kaluza-Klein teorisinin 1920'lerde kazandığı ilk zafer, Einstein'ın genel teorisinde yer alan denklemlerin ayrıntılarının kullanılmasına rağmen, elektromanyetizmin beş boyut kullanılarak yani beş-boyutlu uzay-zaman cinsinden açıklanmasıdır.

Bu fikir, fiziksel kuvvet olarak yalnızca yer çekimi ve elektromanyetizmin bilinmekte olduğu o dönem içerisinde bir miktar heyecan uyandırmıştı. Ancak 1930'larda, yalnızca atom çekirdeği içerisinde yer alan kuvvetli ve zayıf kuvvetlerin keşfi, Kaluza-Klein teorisinin itibarını kaybetmesine neden olmuştu. Bu kuvvetlerin denklemlere ilave edilmesi, denklemlere sadece iki tane değil, en azından yarım düzine "yeni" boyut ilave edilmesini zorunlu kılmaktaydı. Bununla birlikte süpersimmetri teorisi gibi bazı modern kozmolojik teorilerde böyleleri bir çok-boyutluluk doğal olarak ortaya çıkmakta ve bu durum, Kaluza-Klein tarafından ortaya atılan düşüncelerin tekrar ele alınması hususunda cesaret verici bir rol oynamaktadır.

Theodor Kaluza, 1921 yılında yapmış olduğu ilk çalışmasında, klasik elektromanyetizm kurallarının genel rölativite kuralları ile beş-boyutlu bir dünyada birleştirilebilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir. 1926 yılında Oskar Klein, yukarıda belirtilen çalışmalarını kuantum etkilerini de kapsayacak şekilde genişleterek, taşıdığı yük ç olan bir parçacığın hareketini veren denklemleri ele aldığı anda, $((c^2/G)^{1/2}q)$ ile belirtilen ifadenin boyutlarının $[M] [L] / [T]$ oldu-



ğunu fark etmiştir. Eğer yukarıda da belirtildiği gibi, c ve G sabitlerini elimine etmemiz mümkünse, parçacık yükünü momentum olarak ele almamız da mümkün olabilecektir demektir. Bu momentum, beşinci boyutta "yer almaktadır"; ancak bu boyut nerededir? İlk defa 1920'lerin ortalarında ortaya sürülmüş olan bu tip çalışmalar içerisinde matematikçiler tarafından kullanılan ortak varsayım, bu boyutun yuvarlanmış veya farkedilmesi mümkün olmayacak kadar "küçültülmüş" olduğunun kabul edilmesidir.

Bu konu ile benzerlik kurabileceğimiz güzel bir örnek olarak bir boruyu verebiliriz. Yaklaştığımızda borunun, iki boyutlu bir levhanın üçüncü boyutta boru şeklinde kıvrılmış olmasından meydana geldiğini farkedebiliriz. Ancak, çok uzak bir mesafeden boru bize tek boyutlu bir çizgi olarak görünecektir. Yine benzer şekilde beş boyutlu bir nesne, şayet kendi ek-seni etrafında sıkıca sarılmış durumda ve dönüş yapmakta olduğu yarıçapa göre çok daha uzak bir mesafeden gözlenmekte ise, bizlere dört hatta üç boyutlu olarak görünebilecektir. Burada belirtilen yarıçap, Kaluza-Klein teorisinde Planck uzunluğuna, yani 10^{-35} 'e eşit olabilmektedir; bu uzunluk ise, kendi duyu organlarımız ve bilimsel deneyler içerisinde farkedilemeyecek kadar küçüktür.

Temel sabitlerin tamamının birimi bulunmamaktadır. Hatta, parçacık fiziği ile ilgili esas parametrelerden biri olarak kabul edilen sayının, yani α 'nın, herhangi bir birimi yoktur. Bu değer, ince yapı sabiti olarak bilinmektedir ($\alpha \approx e^2 / \hbar c$ olarak ifade edilmekte ve yukarıda verilen denklem içerisinde $\hbar = h/2\pi$ olmaktadır). Spektroskopi'de "ince yapı" terimi, bir elektronun her iki spin (dönüş) durumundan herhangi birine sahip olabilmesi gerçeği nedeniyle, tayf çizgilerinin birbirlerine yakın çizgilere ayrılması anlamına gelmektedir. İnce yapı sabiti, bu ayrılma durumu ile ilgili olarak yapılan ölçümler yardımıyla hesaplanabilmekte ve elektronlar ile fotonlar arasındaki mevcut etkileşimin kuvveti ile ilişkilendirilebilmektedir. Ancak bu "temel sabitin" ilginç bir özelliği de vardır: Bu değer bir sabit değildir! Bu durum çok garip görünebilmektedir: Uzak galaksilerde bulunan atomların ışık spektrumlarına ait detaylar ile bizim dünyamızda bulunan ve bunlara özdeş atomların ışık spektrumları arasındaki benzer-

lik, fizik kurallarının her yerde aynı olduğuna inanmaları konusunda fizikçilere cesaret vermektedir. Ancak yine aynı fizikçiler, bir sabit olarak kabul edilen α 'ya değişim gösterebileceği bir saha bırakmayı da ihmal etmemektedirler.

α ile belirtilen bu sabit, iki elektron arasındaki etkileşimin gücünü belirtmektedir (bunu, denklem içerisinde yer alan e^2 teriminden de görebilmekteyiz). Eğer daha önceden de yapmış olduğumuz gibi, aslında gereksiz olan h ve c gibi parametreleri elimine etmeyi başarabilirsek, α , temel elektrik yükü olan e 'nin bir ölçüsü haline gelecektir. Ancak yapılan deneyler, bir elektron üzerindeki etkin yük miktarının, elektrona yaklaşıtkça artmakta olduğunu göstermektedir; diğer bir deyişle, birbirine yakın elektronlar için α değeri daha büyük olmaktadır.

ÇOK DA SABİT DEĞİL

Kuantum fiziğinde boşluğun, birbirine göre ters elektriksel yük taşımakta olan parçacık çiftlerinin, sürekli olarak meydana gelip tekrar yok olduğu bir yer olarak tanımlanması nasıl anlaşılabilir? Yukarıda bahsedilen "virtüel" (edimsiz) parçacık çiftlerinin, evrenin kendilerini "fark etmesine" yetmeyecek kadar kısa bir süre içerisinde meydana gelip yok olmaları kaydıyla bu durum, Heisenberg'in belirsizlik prensibine uygun olarak kabul edilebilmektedir. Bu tür bir yaklaşımla bile, edimsiz çift içerisinde yer alan pozitif yüklü parçacığın, civarda bulunan bir elektrona yaklaşması ve negatif yüklü parçacığın ise dışarıya doğru itilmesi için gerekli olan zaman, yine de mevcut olacağı için, elektron gibi negatif elektriksel yük taşımakta olan parçacıklar, negatif uçları pozitif uçlarına göre daha dışarıda yer alan elektrik dipoları tarafından çerçeveselenmiş olarak düşünülmektedir. Böyle bir durum, parçacık üzerinde bulunan etkin yük miktarını perdelemekte ve bu sayede daha uzak mesafelerdeki etkin yük miktarı daha kısa mesafelere nazaran daha az olmaktadır. Diğer bir deyişle, elektrik yükü taşımakta olan parçacıkta doğru yaklaşıldıkça α değerinde artış meydana gelmesinden dolayı, bu değer sabit olmamaktadır.

Kuantum dünyasında yer alan parçacıklara ait diğer birtakım özellikler ile ilgili olarak bunlara benzer birtakım tartışmaların ortaya konması da mümkündür. Gerçekte uzaklığa bağlı olarak değişim gösteren ve herhangi bir boyutu bulunmayan bağlantı "sabitleri", son derece başarılı görülen bir modern elektromanyetizm teorisi olan kuantum elektrodinamiği (QED) ve buna özdeş yapıdaki ve radyoaktif çürümeden sorumlu zayıf etkileşimlerle ilgili teorinin yanı sıra proton ve nötronun yapısı ile güçlü nükleer kuvvetlerden sorumlu olan ve kuark'lar arasındaki kuvvetleri açıklayan renk etkileşimi (kuantum kromodinamiği veya QCD) teorisi içerisinde de yer almaktadır.

Bununla birlikte, e 'nin uzun mesafelerdeki değerinin bütün elektronlar (ve protonlar) için aynı olması bir muammadır. Bu yüklü parçacıklar bunun böyle olması gerektiğini nasıl "bilebiliyorlar" ve bu değer ne olması gerekiyor? Bu, bilimin henüz açıklığa kavuşturmayı başaramadığı temel muammalar-

dan biridir. Bu durum, en basit kozmolojik modellere göre evrenin şu anda temas halinde bulunan (yani birbirleri arasında ışık sinyali alışverişi yapması mümkün olan) bölümleri arasında daha önceleri herhangi bir bağlantı bulunmaması nedeniyle, sorun yaratmaya devam etmektedir. Bunlara ilaveten, kuasarlardan alınan astrofizik bilgileri ve 3 K mikrodalga tabanı sıcaklığı ile ilgili gerçeklerin gök yüzünden her bölümü için aynı olması, evrenin yaratıldığı andan itibaren herhangi bir şekilde temas halinde bulunmamış bütün elektronların aynı e 'ye sahip olduklarını göstermektedir.

Evrenin henüz gençken hızlı bir genişleme periyodundan geçmiş olduğu düşüncesinden yararlanılarak oluşturulan "genişleme" teorisinin kullanılması, bu muammaya kısmi olarak cevap bulunabilmesini sağlamaktadır. Bu teorinin kullanılması, ışık sinyallerinin standart modellerde öngörülenden daha uzak mesafelere kadar seyahat edebilmelerine ve dolayısıyla da elektronların birbirleri hakkında "bilgi sahibi" olabilmelerine olanak tanımaktadır. Ancak yine de bu konu ile ilgili başka birtakım problemler daha bulunmaktadır. Genişleme teorisinin kullanılması, 3 K mikrodalga tabanı sıcaklığı konusuna açıklama getirebilmekle birlikte, bütün elektronların sahip olduğu e değerlerinin aynı olması konusuna tam anlamıyla bir açıklama getirmekten uzaktır.

Fizikçiler, bu konu ile ilgili olarak birkaç tane abartılı olasılık ileri sürmüştür. Kırk yıl önce Richard Feynman ve John Wheeler isimli iki bilim adamı, evrenin mevcut dört-boyutlu uzay-zaman yapısı içerisinde yer alan "kurt delikleri"nden geçerek, aynı zamanda hemen hemen her yerde ortaya çıkması mümkün olan tek bir elektronun bulunabileceğini ortaya atmışlardır. Öne sürülen diğer bir görüş de, bir yandan mevcut "deliklerin" içerisinde evrenin merkezinde yer alan tek bir elektrona bakmaya devam ederken, diğer yandan da üç boyutlu uzay içerisindeki başka bir boyuta doğru hareket etmeye devam ettiğimiz şekilde idi.

Cambridge'in önde gelen fizikçilerinden biri olan Arthur Eddington, 50 yıldan daha uzun bir süre önce, objektif bilim içerisinde geçen şeylerin çoğunun aslında subjektif olduklarını ve bunun, bizim nesnelere ölçme şeklimizi belirlediğini öne sürmüştür. Bu durumu açıklamak amacıyla da, denizde belirli bir büyüklükten daha küçük balık bulunmadığının farkında olmakla birlikte, asıl boyut sınırlamasının kullanılmakta olduğu ağız göz büyüklüğüne bağlı olduğunu fark edemeyen bir balıkçı örneğini vermiştir. Geçmişteki uygulamalar için uygunluk taşımaya rağmen, bütün temel sabitlerin icat edilmiş olduğu gerçeği, bu sabitlerin mevcut denklemlerden emniyetli bir şekilde çıkartılabilmesi ile ilgili tartışmalara giden yolu bizlere açmış bulunmaktadır. Shakespeare'in *The Tempest* (Fırtına)'da yazmış olduğu gibi, "Bunlar, bizim oyuncularımız; sana daha önceleri de söylediğim gibi, her şeyleriyle ruh'tular ve onlar, hava içerisinde, ama incecik bir hava katmanı içerisinde eridiler ve kaynaştılar."

New Scientist 4 Temmuz 1992'den çev.: Deniz GENEZ, Fatih KÖZ