

MODERN FİZİK

KURAMLARI

Cin13

www.hanifdostlar.com

İÇERİK:

- 1. Genişleyen Evren**
- 2. Özel görelilik kuramı**
- 3. Genel görelilik kuramı**
- 4. Kuantum kuramı**
- 5. Büyük patlama kuramı**
- 6. Şişme kuramları**
- 7. Birleştirme kuramları**
- 8. Sicim kuramı**

Evren nereye doğru genişliyor?

Evrenbilim, Babilliler'den beri insanoğlunu ilgilendiği bir bilimdir. Babilliler'den sonraki evrenbilim daha çok filozofik görüşlerden ibarettir. Bu dönemin evren modeli Platon, Batlamyus ve Aristo'ya dayanıyordu.

Aristo, evrenin bir başlangıcı olduğu fikrinden hoşlanmazdı. Öyle olursa bu ilahi bir müdahale olurdu. O, evrenin hep varolduğuna ve hep varolacağına inanıyordu. O ve diğer yunan filozofları, insanın sonsuzdan beri varolduğunu düşünüyordu. "Eğer sonsuzdan beri varsak, niye hala bazı gelişmelere tanık oluyoruz? Bunların daha önce gerçekleşmiş olması gerekmez miydi?" diye soranlara doğal afetlerin insan ırkının soyunu tekrar tekrar tüketmiş olduğunu ve bunun o güne kadar tekrar ettiğini söylüyorlardı.

Ortaçağda "ilahi kudretin, sonsuz dünyalar kurma gücü varken, sınırlı bir dünya yaratmış olması fikri bana garip geliyor. Dünyamıza benzer bir çok dünyaların var olabileceğini iddia ediyorum." diyen Giardano Bruno, herkesin

gözleri önünde ateşte yakıldı. Daha sonra Galilei Galileo Dünya'nın döndüğünü söylediği için aforoz edildi.

O çağda, kilisenin bilim üzerindeki etkisi büyüktü. İngiltere'de James Ussher, 1658 yılında evrenin yaratılma tarihini İncil'e dayanarak M.Ö. 4004 yılı olarak tesbit etti. Yine o zamanın Cambridge Üniversitesi rektör yardımcısı John Lightfoot, Hz Adem'in Dünya'ya geliş tarihini M.Ö. 4004, 23 Ekim, Pazar sabahı, saat tam 9:00 olarak belirlemiştir.

Newton'un yakın dostu Rahip Richard Bentley, Newton'a bir mektubunda şöyle sormuştu: "Evrenin kendi kütleçekiminde kalarak, kendi üzerine çökmesi gerekmez mi? Çökmediğine göre, çökmeyi durduran Tanrı'nın müdahalesine inanıyor musun?" Newton, elbette Tanrı'ya inanıyordu. Bentley'e yazdığı cevapta "Eğer yıldızlar sonluysa, hareketsiz kalamayacaklarından dolayı bir noktaya düşmeleri gerekir. Ancak, eğer yıldızlar sonsuzsa ve bu yıldızlar evrende düzgün olarak dağılmışlarsa, kütleçekim potansiyeli aynı olacağından, evren çökmeden var olabilir." yazmıştı. Newton haklı mıydı? Evrende sonsuz yıldız mı vardı?

"Geceleri gökyüzü neden karanlıktır?" sorusu bazılarına basit bir soruymuş gibi gelebilir. Kepler, Galileo'ya yazdığı mektupta "Eğer güneşimize benzer yıldızlarla dolu olan evren sonsuza kadar uzansaydı, gökkubbenin güneş kadar parlak görünmesi gerekir." diyordu.

1609' da teleskobun Galileo tarafından gökyüzüne bilim amaçlı çevrilmesinden sonra gökyüzünde sayısız yıldız bulundu. Sayısız yıldızla bakarak "Evren sonsuz mu? Yıldızlar sonsuz mu?" gibi sorular ortaya çıktı. 1823'te Alman fizikçi ve astronom Heinrich Olbers (1758-1840) şu fikirle geldi. Olbers, uzayı dünya merkezde olmak üzere iç içe kabuklar şeklinde düşündü. Bu kürelerin kalınlığını eşit kabul etti. O halde, en içteki A küresine bitişik B küresinin hacmi, A'nın dört katı, aynı şekilde C küresinin hacmi A'nın dokuz katı şeklinde devam ettirdi. Katlar arttıkça yıldız miktarının da sonsuz olacağını hesapladı. Diğer taraftan yıldızların bize ulaşan yıldızların ışığı da uzaklığın karesiyle ters orantılı azalacaktır. B'nin ki A'ya göre 1/4, C'ninki 1/9 olacaktır. Bu düşme, artan yıldız sayısı ile dengelenecek ve bize ulaşan ışık miktarı değişmeyecek, geceleri gökyüzümüz sonsuz ışıkla aydınlanacaktır. Bu düşünce "Olbers Paradoksu" adıyla

bilinir. O halde iki seçeneğimiz vardır. Ya evren sonsuz, fakat bilmediğimiz başka bir nedenden dolayı gökyüzü karanlıktır ya da evren sonsuz değildir.

1912 yılında, Vesto Melvin Slipher (1875-1969) 'den bulutsuların karanlık çizgilerindeki kaymaları ölçmesini istemişlerdi. Bu bulutsular aslında diğer galaksilerdir ancak o yıllarda başka galaksilerin varlığı bilinmiyordu. Slipher, Andromeda galaksisini inceledi ve Andromeda'nın bize yaklaştığını buldu. Andromeda bize saatte 50.000 km hızla yaklaşıyordu. Bundan sonra yaptığı çalışmalarda birçok galaksinin bizden uzaklaştığını buldu ve bulduklarını 1914'te Amerikan Astronomi Derneği'nde açıkladı.

1889'da doğan Edwin Hubble, boksör olmayı düşünen ve sonunda gökbilimci olmadan önce Oxford'dan bir hukuk diploması alan genç bir Amerikalıydı. 1920 'lerde California'da Mount Wilson Gözlemevindeki çağdaşlarından bazıları onu titiz bir gözlemci, tıpkı bir davaya hazırlanan savunma avukatı gibi hatırlarlardı.

Hubble, Mount Wilson'un tepesindeki zamanının en güçlü teleskobunu kullanma iznini koparmayı başardı. Yapmak istediği ilk şey, uzak galaksileri incelemek ve yayınladıkları ışığı inceleyip Fraunhofer parmak izlerini ve Doppler kaymasını kullanarak hareketlerini ve kimyasal yapılarını belirlemeye çalışmaktı.

Doppler etkisi, Christian Doppler'in 1842'de keşfettiği bir olaydır. Doppler etkisi, sık sık istasyona giren ve çıkan bir trenin sesiyle gösterilir. Peronda duranlar, trenin sesini tren yaklaşırken daha tiz, uzaklaşan trenin sesi ise daha alçak perdeden duyarlar. Yani sesin kaynağı bize yaklaşırken sesin dalga boyu kısalırken, kaynak uzaklaştıkça sesin dalga boyu artar. 1816'da Alman mercek yapımcısı olan Joseph von Fraunhofer laboratuvarında merceklerinde kullandığı camlar üzerinde deneyler yapıyordu. Yapay ışık kullanırken olağandışı bir şey görmüştü ve aynı şeyin güneşten kırılan renk tayfında da görülüp görülemeyeceğini merak ediyordu. Fraunhofer kırılan ışığın yarattığı gökkuşağı etkisini görmekle kalmayıp, tayfin her tarafında çok sayıda çizgi gördü. Fraunhofer türlü kimyasal maddeleri de ısıtarak çıkan ışığı kırıdı. Her elementin çıkardığı çizgiler farklıydı. Renk tayfında görülen bu çizgiler bir tür ışık parmak iziydi. Bu yöntem bize güneş ve yıldızların hangi malzemeden yapıldıklarını anlatabilirdi. 1859'da Alman fizikçisi Gustav Robert Kirchoff (1824- 1887) değişik gazlar arsından geçirdiği ışıkta da belli dalga boylarının emildiğini gördü.

1848'de Fransız fizikçisi Armand H.L. Fizeau (1819-1896) , Doppler etkisi'ni ışığa uyguladı. Doppler-Fizeau etkisi adı verilen olay, bize yaklaşan ışığın tayfı mora kayarken, uzaklaşan kaynaktan gelen ışığın tayfı kırmızıya kaymasıdır. Alman astronomu Hermann Karl Vogel (1842-1907) 1887'den itibaren yıldız tayflarını inceliyordu. Vogel, yıldızların bize yaklaşma veya uzaklaşma hızlarını doğru bir şekilde tespit etmeyi başardı.

1880'de William Huggins, güneşten gelen ışığı kırıp da bunu bir yıldızdan gelen ışıkla karşılaştırdığında sadece birbirinin aynı parmak izini verdiğini görmeye kalmamış, her iki örnekte de helyum ve hidrojen parmak izlerini seçebilmişti.

Bu, kendi başına, bilim alanında önemli bir adımdı. Ancak felsefe açısından en önemli şey, Huggins'in güneş ve yıldızların aynı maddeden yapılmış olduklarını saptamış olmasıydı. Bu, Dünyanın herşeyin ortasında olmadığı, benzersiz bir konumda olmadığını gösteriyordu. Güneş de benzersiz olmaktan uzaktı.

Ne katolik kilisesi ne de hristiyanlığın başka bir kolu bu bilimsel görüşe karşı çıkmak istemedi. Bu durum insanı Tanrı'ya karşı daha da küçültüyorsa bu Tanrı'nın büyük gücünü ve sonsuz bilgeliğini vurgulamaktan başka bir şey değildi. Herhangi bir dini inancın geçerliliğinden kuşku duyan pek çok bilim adamı için Huggins'in keşfi, evrenin nasıl işlediği konusundaki anlayışın sonunda ancak bilimsel araştırmayla geleceğine inandırdı. Bu bilim adamlarına göre bir yaratılışa gerek yoktu, evren değişmezdi, sonsuzdu ve ebediydi, hep oradaydı. Birkaç bilimsel düşünür, Tanrı'nın varolmadığına inancın entelektüel açıdan tek doğrulanabilir inanç olduğunu iddia etmişti.

Bazı düşünürler, bilimin, dinin sonunu getireceğine inanmaya başlarken, fizik kendilerine düşünecek bir zaman tanımıştı. Işık konusundaki bundan sonraki önemli bilimsel keşifler, Tanrı'nın varlığını kabul etmeyenlerin iddialarından çok kiliseyi destekler şekilde geliştirecekti.

Yirminci yüzyıldan önce yıldızların Dünya'dan ne kadar uzakta olduklarını hesaplama yöntemi iki bin yıl boyunca pek değişmemişti. Eratostenes ile eski yunanlıların güneşe olan uzaklığı ölçmek için çubukları ve geometriyi kullandıklarından bu yana yöntemler gelişmişse de matematik, galaksimizdeki

yakın yıldızların uzaklıklarını hesaplayacak kadar ilerlemişti ama bundan ötesine geçilemiyordu. 1912'de Amerikalı gökbilimci Henrietta Leavitt gökbilimcilerin uzaklıkları ölçme yollarında devrim yaratan bir yıldız türü keşfetti. Yıldızlar gerçekten göz kırparlar, çoğu zaman verdikleri ışık şiddetini değiştirirler. Bu yıldızlara, görüldükleri galaksinin Cepheus takımyıldızında yer alması nedeniyle Cepheid yıldızlar dendi.

Dünya ile çok uzak bir galaksi arasındaki uzaklığı ölçmek istediğimizi farz edelim. Önce o galakside bir cepheid yıldızı bulmak gerekir. Sonra bu uzak Cepheid'in parlaklığını ölçer ve Dünya'dan bilinen bir uzaklıkta olan daha yakın bir Cepheid yıldızının ışığıyla kıyaslarız. Parlaklıktaki farklılık Dünya'dan olan uzaklık ile doğru orantılıdır. Bu da, güçlü teleskoplar uzak bir galaksideki bir cepheid yıldızın ışığını aldığı zaman onun Dünya'dan uzaklığı hesap edilebilir demektir. Hubble, bunun üzerine tek tek galaksilerle evrenin haritasını çıkarmaya koyuldu. Uzak galaksideki bir cepheid yıldızını bizim galaksimizdekiyle kıyaslayarak her birinin sadece Dünya'dan uzaklığını ölçmekle kalmayıp, kırılan ışıktaki fraunhofer çizgilerini de kullanarak yıldızlardaki elementleri de tespit edebildiğini gördü. Kırılan ışıktaki parmak izleri ile doppler kaymasına göre galaksinin hareket ettiği yön ve hızı hakkında da bilgi sahibi olabiliyordu.

Bütün galaksilerde en bol bulunan elementlerin hidrojen ve helyum olması şaşırtıcı değildi. Bu, William Huggins'in gördüğünü doğruluyordu. Şaşırtıcı olan, analiz ettiği ışığın tümünün kırmızıya kaymış olmasıydı. Diğer bir deyişle galaksilerin hepsi bizden uzaklaşmaktaydılar. Tespit edebildikleri cepheid yıldızlarından galaksilerin düşünüldüğünden çok daha uzakta olduğu öğrenilmişti. Bazıları milyarlarca ışık yılı uzaklıktaydı.

Bu keşif öylesine şaşırtıcı bir olguydu ki pek çok fizikçi başka bir açıklaması olması gerektiğini düşündü.

Gözlemleri sabitti: Dünyadan uzaklaştıkça uzaklaşma hızı da artıyordu. Hubble bu kesin ilişkiyi ifade eden bir denklem yazdı ve bu "Hubble yasası" her seferinde doğru çıktı.

Genişleyen evren fikrini, ilk kez Rus matematikçisi Alexander Friedmann (1888-1925) ortaya attı. Einstein'ın kozmolojik sabit ilavesiyle genişlemesini

durdurduğu modelinin hatasını düzeltmişti. A. Friedmann, genel görelilik (birazdan bahsedeceğiz) denklemlerini kullanarak, Einstein'ın çözümünün doğru olamayacağını, Evrenin şeklinin, jeodozik yapısının belirlenebileceğini, uzayın bile bir eğriliğe sahip olması gerektiğini ve evrenin genişlediğini anlayan ilk bilim adamıdır.

Genişleyen evreni üzümlü keke benzetebiliriz. Kekimizdeki üzümler galaksiler, hamur da boşluk olsun. Kekimiz piştikçe şişecektir dolayısıyla her üzüm tanesi arasındaki uzaklık artacaktır.

Genişleyen evren fikri, değişmeyen, sonsuz ve ebedi bir evren fikrine sıkı sıkıya bağlanmış bazı bilim adamlarının çoğunun kabul edebileceği bir kavram değildi. Genişleyen herhangi bir şey değişmez olamazdı. Ancak bu buluş, en az bir bilim adamı grubunu ve Vatikan'da bir papaz olan kişiyi heyecanlandırmıştı. Daha sonra bu papazın görüşleri evren tablosunun en dramatik açıklaması getirecekti.

Kişiyeye özel zaman?

İngiliz fizikçi James Clerk Maxwell (1831-1879) en ünlü çalışmalarını elektrik üzerine yapmıştır. Faraday gibi Maxwell de "uzaktan etki" kavramına karşıydı. Daha sonraları, bütün elektrik ve manyetik olayları fiziksel hareketleriyle açıklayabilen maddi bir ortam olan "esir" i içeren bir sistem oluşturdu. Bir telden geçen elektrik akımının hızının uzaydaki ışık hızıyla aynı olduğu bulgularını deneylerle doğruladı. Evrenin tümünü dolduran bu homojen, elastiki yapıya esir veya eter adını vermişti. Üstelik esir kavramı Maxwell Alan Kuramıyla mekanik kuram arasında bir köprü kurarak, fizikteki birliği de sağlıyordu.

Esirin gerçekten var olduğunu kanıtlamak amacıyla 1887 yılında Albert Michelson ve Edward Morley, bugün Michelson-Morley deneyi olarak adlandırılan şu deneyi yaptılar. Deneyin mantığı basit idi. Diyelim ki bir gemi ile yolculuk yapıyoruz. Güvertede bulduğumuz bir taşı alır ve geminin ilerleme doğrultusunda fırlatırsak, bu taşın hızı kıyıdaki bir gözlemciye göre (geminin hızı + bizim taşı fırlattığımız hız) olacaktır. Eğer taşı ters yönde fırlatırsak da, taşın hızı (geminin

hızı - bizim taşı fırlattığımız hız) olacaktır. Bunu günlük hayatta denemek için, hızla gitmekte olan arabanın açık olan penceresinden ileri doğru bir şey fırlatabilirsiniz. Eğer fırlattığınız cismin hızı arabaninkinden küçük ise cisim size geri gelecektir. Michelson ve Morley de aynı şeyi düşündüler. Eğer Dünya, bir esir denizi içinde yüzüyorsa, ışığın hızı, dünyanın yörünge doğrultusunda, kendi hızı (300.000 km/sn) + dünyanın güneş etrafındaki hızı (30 km/sn) olacaktır. Ters yönünde ise 300,000 - 30 km/sn olacaktır. İnterferometre /girişimölçer adını verdikleri alet ile çok hassas ölçümler yaptılar. Büyük bir şaşkınlıkla ölçümlerin tıpa tıp aynı olduğunu gördüler. Bu deneyi onlarca kez, farklı mevsimlerde, farklı yüksekliklerde, sıcaklıklarda tekrarlamalarına rağmen sonuç hep aynıydı. Işığın hızı her zaman, nasıl hareket ederse etsin 300,000 km/sn idi. Hızların toplanması ilkesinden vazgeçilmesi mi gerekiyordu? Ya esir yoktu, ya da ışık esirden etkilenmiyordu. Bu sır 1905 yılına kadar çözülemedi.

1905 yılında, İsviçre` de patent dairesinde çalışan, henüz doktorasını dahi yapmamış, üçüncü sınıf bir memur, "Hareket Eden Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine" adlı makalesinde, mutlak zaman kavramından vazgeçilmesi şartıyla, esire ihtiyaç duyulmayacağını yazdı.

Hareket eden cisimlerin fiziği üzerine bilimsel çalışmalar Galileo'ya uzanır.

Galileo, eğik bir yüzeyde ağırlığı değişik, tahta, kurşun gibi çeşitli cisimlerden toplar yuvarladı. Ağırlığı ne olursa olsun her cismin aynı hızla düştüğünü gördü. Newton, Galileo'nun ölçümlerini kendi devinim yasalarına esas aldı.

Aristo, cismi iten bir kuvvet olmayınca cismin durağan kalmaya çalışacağına inanıyordu. Durgun cisimler durgun kalmaya, hareketli cisimler de durmaya eğilim gösterirlerdi. Özellikle dünyanın durağan olduğunu düşünüyordu.

Newton ise "Eylemsizlik İlkesi" adını verdiği ilkeye göre ise cisme etkileyen net bir kuvvet yok ise durgun cisimlerin durmaya, hareketli cisimlerin de hareketine devam edeceğini söyledi. Newton'un bu 1.yasası cismin hareketli olup olmadığını belirlemez. Mekaniksel olarak cismin durgun kalması veya düzgün hareketine devam etmesi arasında bir fark yoktur. Bir koordinat sisteminin hızı sabit yani ivmesi yok ise ona "Eylemsiz Koordinat Sistemi" denir. Hız değişken ise

"Eylemli Koordinat Sistemi" denir. Özel görelilik kuramı da, bu eylemsiz koordinat sistemlerin görelî hareketiyle ilgilenir.

İkinci prensibi ise ivmenin kuvvet ile doğru, kütle ile ters orantılı olduğu kuvvet= kütle X ivme' dir. Üçüncüsü etki-tepki yasasıdır. Son olarak da kütleli çekim kuvvetini belirleyen yasadır.

Newton' un hareket yasaları durağan, bütün gözlemlerimizde başvurduğumuz referans sistemi olarak dünyayı esas almamızı gerektirir. Bu koordinat-referans sistemine "Newton-Galileo referans Sistemi " denir. Bu sisteme göre, A cismi durağan ve B sabit hızla ilerliyor denilebileceği gibi, B cismi duruyor, A cismi hareketli diyebiliriz. Her iki durumda da deneyler Newton'un yasalarına uyarlar. Birini diğerine tercih etmek için bir neden yoktur. Buna "Galileo veya Newton görelilik kuramı" denir. Bu ilkeye göre, "Mekanik yasaları, bir koordinat sistemi için geçerli ise, o koordinat sistemine göreceli olarak "bir biçimli", düzgün hareket eden başka bir koordinat sisteminde de geçerlidir."

İngiliz filozof John Locke şöyle demişti: "*Satranç taşları koyduğumuz yerlerinden başka yerlere oynatılmadığı sürece, biz onların yerlerini koruduklarını veya hareketsiz kaldıklarını söyleyebiliriz, hatta o sırada satranç masası yan odaya taşınmış olsa bile. Hatta, satranç tahtası bir gemi odasında hareketsiz durdukça, onun hala hareketsiz olduğunu söyleyebiliriz. Gemi hareket etse bile, dünya dönmeye devam etmektedir.*"

Düzgün olarak hareket eden bir tren vagonunun penceresinde durup, yere,fırlatmadan bir taş bırakıyorum. Sonra hava direncini hesaba katmadan aşın düz bir çizgi çizerek üstüğünü görüyorum. Kenarda bizi izleyen bir yaya ise taşın bir parabol çizerek yere düştüğünü görüyor. Soru şu: Acaba taşın düşerken geçirdiği konumlar gerçekte bir düz çizgi mi,yoksa bir parabol mü oluşturuyor? Daha da ötesi, burada uzayda hareket ile ne demek isteniyor?

Her noktası hareketli bir evrende herkes için değişmez, mutlak bir referans sistemi bulamayız. Biz kendimizi sabit bir referans-başvuru noktası olarak görebiliriz. Bizim yaşadığımız anın herkes için aynı olduğunu düşünürüz. Oysa, bizim koordinat sistemimiz de başkaları için görecelidir.

Şu soruların cevabını arayalım:

1. Eğer fiziksel bir olayın tanımı başka bir koordinat sistemine transfer edilirse, bu olayı tanımlayan denklemler nasıl değişir?
2. Newton' un hareket yasaları her hızdaki sistemlerin hareketini tanımlayabilir mi?

Bu sorulara cevap verirken iki zorlukla karşılaşıldı.

1. Elektromanyetik kuram denklemlerinde doğru bir dönüşüm mümkün değildir.

2. Bu dönüşümler Newton mekaniğinde çok yüksek hızlarda hareket eden sistemler için, örneğin ışık hızına yaklaşan cisimlerde doğru sonuç vermemektedir. Işık hızının 0.9 katı hızla hareket eden cismin enerjisini dört katına çıkarttığımızda, klasik mekaniğe göre cismin hızının ışık hızının 1.8 katı olması gerekir. Ancak, en küçük parçacıkların bile bu hıza yaklaşabildiği gözlenmemiştir.

Gösterilebilir ki eylemsiz bir referans sisteminden diğerine geçildiğinde Newton yasaları değişmez (invariant) kalır. Fakat aynı şey elektromanyetik kuram yasaları için doğru değildir. Bunun doğru olmadığı Gauss, Faraday, Ampere yasaları için ayrı ayrı gösterilebilir. Fakat daha kolay bir yolu tercih edelim. Elektromanyetizma yasaları ışığın her yönde ilerleme hızının, kaynaktan

bağımsız olarak, $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \cong 3.10^8 m/sn$ olmasını gerektirir. Burada ϵ_0 ve μ_0

boşluğun dielektrik ve manyetik geçirgenliği adı verilen sabitlerdir. Buna göre elektromanyetizma yasaları eylemsiz referans sisteminde geçerli ise ışığın her yöndeki hızı sabit olmalıdır. Hollandalı astronom Williem De Sitter (1872-1934) ışığın yayılma hızının, kaynağın hızından bağımsız olduğunu göstermiştir.

Newton yasaları Galileo dönüşümleri altında değişmez olarak kalırken Maxwell denklemlerinin bu dönüşümler altında değişmez olmadığı görülür.

O halde, Galileo dönüşümlerinden farklı bir dönüşüm ile hem mekaniksel hem de Maxwell denklemleri değişmez olarak elde edilmelidir. Bu nedenle Newton mekaniğinin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Einstein, bunlara cevap verebilmek amacıyla kuramına iki önerme ile başladı. Bunlar:

1. Birbirine göre sabit hızlarla hareket eden bir referans sisteminden diğerine geçildiğinde, fizik yasaları değişmez kalır. Bu önerme, evrensel, mutlak bir referans sisteminin var olmadığını ifade eder. Yani mutlak hareket diye bir şey söz konusu değildir.

2. Tüm eylemsiz referans sistemlerinde ışığın boşlukta yayılma hızı, ışık kaynağının ve gözlemcinin hareketinden bağımsız ve sabittir. Bu önerme, Michelson – Morley deneyinin kuramsal ifadesidir.

Newton mekaniğinin matematiksel yapısını Galileo kurmuştu. Özel göreliliğin de matematiksel yapısını Hollandalı fizikçi Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) kurmuştur.

Klasik fizikçi yalnız üç boyutu, uzay dönüşümünü dikkate alır, zaman dönüşümünü dikkate almaz. Çünkü, zaman nasıl olsa mutlaktır. Her gözlemci için aynı zaman vardır diye düşünür. Oysa, görelilik kuramına göre, zaman da uzay gibi değişir.

Newton' un mutlak zaman kavramına daha o yıllarda Leibniz eleştirmiş, "zamanın başlı başına var olmayıp, olaylarla birlikte ortaya çıktığını" ileri sürmüştür.

İnsanın, "şu an", "şimdi", "aynı anda" dediği şeylerin tüm evren için geçerli olmadığı anlaşılır. Böylelikle, her cismin ya da koordinat sisteminin kendi özel zamanı olacaktır. Kişiye özel zaman.

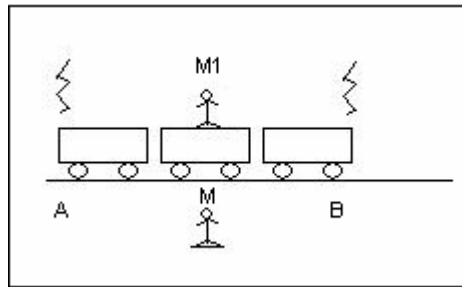
Görelilik kuramı, elektrodinamiğin dayandığı, önceleri birbirinden bağımsız varsayımların şaşkırtıcı varsayımların şaşkırtıcı bir şekilde basitleştirilmesi ve genelleştirilmesi yoluyla elektrodinamikten geliştirilmiştir.

Hızlar Toplamı

Hızları toplamına örnek olarak şunu düşünelim. Diyelim ki, saniyede 200,000 km hızla giden bir trendeyiz. Üstünde de süper hızlı, saniyede 200,000 km ile giden bir yolcu var. Bu durumda, yolcu ile tren aynı yöne gidiyorlarsa, yolcunun hızı yerdeki gözlemciye göre, $200,000 + 200,000 = 400,000$ km/sn olmalıdır. Ancak biz Michelson - Morley deneyinden biliyoruz ki hiçbir şeyin hızı 300,000 km/sn den yüksek olamaz. O halde, klasik fizikteki hızlar toplamı ilkesinden vazgeçmek ve yeni bir ilke bulmalıyız. Yerdeki gözlemciye göre hızı "H" olarak gösterirsek,

$$H = \frac{V_1 + V_2}{1 + \frac{V_1 \cdot V_2}{c^2}} \quad \text{olur.}$$

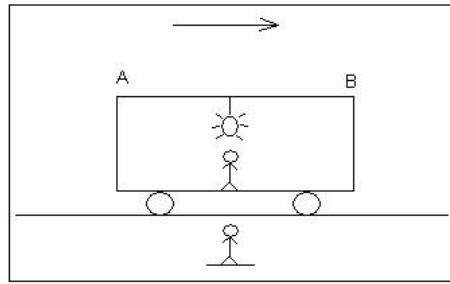
Aynıandallığın Göreliliği



Tren, A noktasından B noktasına yüksek hızla hareket ediyor olsun. M1 noktasındaki gözlemcimiz de saat tam 12:00 da M noktasına gelmiş olsun. AM uzaklığı ile MB uzaklığının eşit olduğunu ekleyelim. Diyelim ki saat 12:00 de A ve B noktasına yıldırım düşsün. Yerdeki durgun gözlemci her iki noktaya da ışığın aynı anda düştüğünü söyleyecektir. Ama trendeki gözlemci şöyle diyecektir: " B

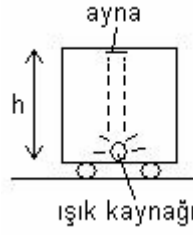
noktasına yıldırım A noktasından önce düştü.”. Hatta trenin hızı ışık hızına ulaşırsa A noktasına düşen yıldırımın hızı hiçbir zaman gözlemciye ulaşamayacak ve “ A noktasına kesinlikle yıldırım filan düşmedi.” diyebilecektir. Halbuki hem yerdeki hem de trendeki gözlemci aynı uzay-mekanda, M-M1 noktasında, bulunmalarına rağmen olayları farklı göreceklerdir. Trendeki gözlemci mi yoksa yerdeki gözlemci mi yanılmaktadır?

Einstein’a göre iki gözlemci de yanılmamaktadır. Zamanın ölçümü, referans noktasının seçimine bağlıdır.



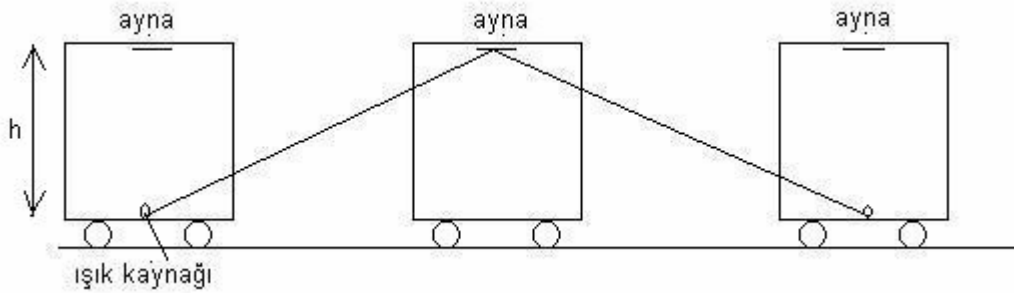
Deneyimizde yüksek hızda ilerleyen trenimizin içinde A ve B duvarına eşit uzaklıkta bir gözlemcimiz ve ışık kaynağımız var. Trenin tam ortasındaki gözlemci ile yerdeki gözlemci aynı hizaya geldiğinde, ışık kaynağımızdan bir ışık demetinin çıktığını düşünelim. Trendeki gözlemci “ Işık, iki duvara da aynı anda çarptı” diyecektir. Çünkü kaynak, iki duvara da eşit uzaklıktadır. Ancak yerdeki gözlemci, “ Işık, önce A noktasına çarptı, daha sonra B duvarına çarptı.” diyecektir. Çünkü, ona göre ışık, A ve B duvarlarına doğru ilerlerken, tren de yer değiştirmiş, A duvarı biraz yaklaşmış, B duvarı ise uzaklaşmıştır. Hatta, trenin hızını ışık hızına çıkarttığımızda, ışığın hiçbir zaman B duvarına çarpmadığını söyleyecektir.

Zaman Genleşmesi



Yere bağlı bir S referans sistemi ile buna göre v hızıyla hareket eden bir tren içindeki S' referans sistemini düşünelim. Trenin h yüksekliğindeki tavanına bir ayna, tabanına da bir ışık kaynağı koyalım. Bu ışık demeti de aynaya çarpıp yansıyarak dönsün. Eğer trenimiz hareketsiz ise yani S' referans sistemi durgun ise bu durumda ışığın gidiş dönüşü için geçen süre:

$$2h = c \cdot \Delta t' , \text{ buradan da } \Delta t' = \frac{2h}{c} \text{ olur.}$$



Eğer trenimiz hareketli ise bu durumda ışığın gittiği yol, pisagor kuramından

$$\left(c \cdot \frac{\Delta t}{2} \right)^2 = \left(v \cdot \frac{\Delta t}{2} \right)^2 + h^2 \quad \Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ dir.}$$

Δt (durgun gözlemci için zaman)

$\Delta t'$ (hareketli gözlemci için zaman)

Hareketli gözlemci için zaman genişler. Eğer trenin hızı sıfır ise bu durumda iki gözlemci için zamanlar eşittir. Trenin hızı ışık hızına ulaşır ise bu durumda hareketli gözlemci için zaman durur. Trenin hızı ışık hızından fazla ise gözlemcinin zamanı sanal bir sayı çıkar. Yani zamanın akışı, onun için tersine akmaya başlar.

Saniyede 300 metre hızla uçmakta olan bir uçak düşünelim. Bu uçak içinde de her saat başı verilen bir uyarı sinyali olsun. Yerdeki gözlemci bu iki sinyal arasını ne kadar ölçer?

Yukarıda çıkardığımız denkleme göre yerdeki gözlemci iki sinyal arasını $1+5.10^{-13}$ saat olarak ölçer. Yani bir saatten biraz daha fazla. Uçaktaki gözlemci için zaman yavaşlamıştır.

Bu kuramın bize kazandırdıkları arasında uzay yolculuklarının görece daha kısa sürmesini anlamamızdır.

Astronotumuz ışığın yüzde doksanı bir hızla en yakın yıldız olan Proxima Centauri 'ye doğru yolculuğa çıksın. Yıldızımızın bize olan uzaklığı yaklaşık 4.2 ışık yılı olduğuna göre astronotumuz bu yolu ne kadar sürede tamamlar? Eğer klasik fizik ile işlem yapıyor olsaydık cevabımız 4.7 yıl olacaktı. Ancak zaman genişmesini hesaba katmayan bu cevabımız yanlış olacaktır. Biraz önce gördüğümüz denklemlere göre ise astronotumuz iki yıldan önce yıldızımıza varmış olur.

Hareket halindeki saat bile ritmini değiştirir. 1972 yılında, iki Amerikalı, bir jet uçağının bile zamanı uzatmaya (yavaşlatmaya) yeterli olacağını gösterdiler. Dört adet atom saati ile dünyanın çevresinde bir tur uçtular. Uçağa konan saatlerin 50 nanosaniye geri kaldığını gördüler. Jet uçağının hızı 0,5 km/sn olmasına rağmen, zamanı az da olsa yavaşlatmıştı.

Örneğin, dış uzay kaynaklı "muon" adı verilen kozmik ışınlar vardır. Bu parçacıklar son derece kararsız olup, yaşamları bir saniyenin çok küçük bir kesri kadardır. Ancak, bu parçacıklar ışık hızıyla yolculuk yapsalar bile dünyanın atmosferini geçip yeryüzüne ulaşamamaları gerekirken yeryüzümüz bu ışımaya maruz kalmakta hatta yer altında bile bu parçacıklara rastlanmaktadır. O halde nasıl olup da ömürleri buna yetmektedir. Çünkü, ışık hızına yakın hızlarda hareket eden bu parçacıklar için zaman yavaşlamakta, dolayısıyla yeryüzüne ulaşmak için vakitleri kalmaktadır. Bugün, parçacık hızlandırıcılarda her gün karşılaşılan bu olay, artık sıradan hale gelmiştir.

Yeryüzünde ikiz kardeşler düşünelim. Bunlardan birini uzay gemisiyle kendi saatine göre iki yıl süren bir yolculuk yaptıralım. Geri döndüğünde kendisi için yalnızca iki yıl geçmiş olmasına rağmen, ikiz kardeşini ihtiyarlamış olarak bulacaktır. Uzay gemisiyle ışık hızına yakın hızlarda yolculuk yapan kardeş, kedinde en ufak bir değişiklik fark etmeyecek, saatiyle birlikte tüm vücut fonksiyonları da yavaşlayacaktır.

Boy Kısalması (Lorentz-Fitz Gerald Kısalması)

Özel göreliliğe göre, cisimlerin boyu hareket doğrultusunda kısalır, kütlesi artar ve zaman yavaşlar. Bu büzülmede esas olan salt hareket değil, fakat seçmiş olduğunuz referans sistemine göre bağlı harekettir. Aşağıdaki denklemlerde "L'" ve "M'" cismin hareketli iken uzunluğu ve kütlesidir. G.F.Fitz Gerald (1851-1901), Lorentz'den önce esir içindeki harekette, hareket yönünden $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ büzülmesini önermiştir.

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Enerji-Kütle Eşitliği

Özel göreliliğin en önemli devrimlerinden biri kütle-enerji eşitliğidir. Kütle ve enerji birbirinin farklı görünümüdür. Durgun haldeki bir cismin enerjisi, kütlesinin ışık hızın karesiyle çarpımına eşittir. $E = m_0 c^2$ olarak ifade edebileceğimiz denklemde m_0 cismin durgun haldeki kütlesidir. Cismin hızı görelilik olarak arttığında boyu kısaldığı, zamanın yavaşladığı gibi kütlesi de artar. Eklenen her E enerjisi için cismin kütlesi E / c^2 kadar artar. Cismin bu durumda kazandığı görelilik kinetik enerjisi de $(m_0 c^2 - mc^2)$ kadar olur. O halde ısınan suyun da kütlesi artar mı? Evet.

Cisim hız kazandıkça enerjisi artar. Hızı ışık hızına yaklaştığı zaman ise hızını çok az da olsa artırmak için büyük enerjiye ihtiyaç duyulur. Klasik fizikçiye bir cismin hızını 100 km/sn den 101 km/sn 'e çıkarmak ile 500 km/sn den 501 km/sn 'e çıkarmak arasında bir fark var mıdır diye sorulsa idi cevap hayır olacaktı. Ancak bugün biliyoruz ki cismin hızı arttıkça kütlesi de artacak, cismin ivmelenmeye olan direnci artacak, hele cismi ışık hızına ulaştırmak için sonsuz enerji gerekecektir. O halde hiçbir cisim ışık hızına ulaşamayacaktır.

$$M' = \frac{M}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

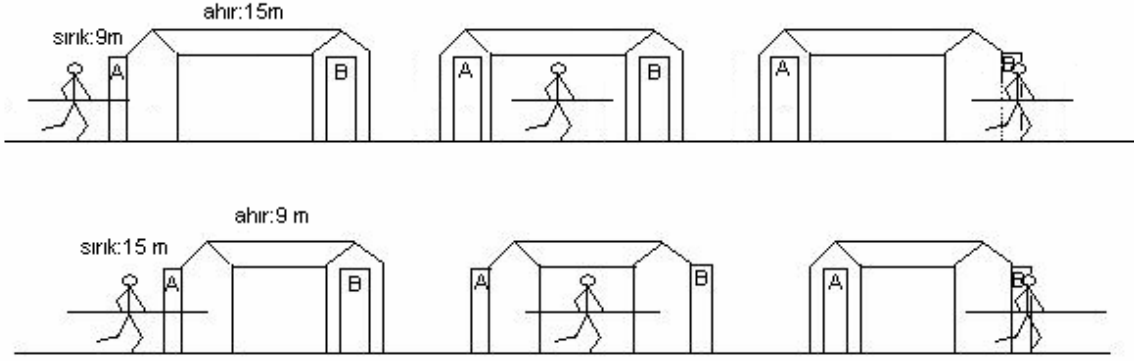
Bu denklemdede, hız yerine c (ışık hızı) konursa kütlenin sonsuz olacağı görülür.

Bu gerçek, kendini Nagazaki ve Hiroşimaya atılıp, yüz binlerce insanın hayatına mal olan atom bombasıyla kanıtlamıştır. 6000 gramlık atom bombasının 1 gramı enerjiye dönüşmüştür.

Einstein' a gelinceye kadar salt-mutlak bir zaman ve mekan varsayılıyordu. Einstein ile birleşen uzay ve mekan artık farklı bir matematiğe ihtiyaç duydu. Alman matematikçi Herman Minkowski (1864-1909) 1908 yılında bir kongrede dört boyutlu geometri anlayışı önerdi. Minkowski'nin fikirleri Einstein'ın daha sonra ortaya koyacağı genel görelilik kuramında da kendisine yardımcı olacaktır.

İngiliz filozofu Bertrand Russell: *"Yürüyen merdivende yüründüğü zaman yukarıya durduğunuzdan daha çabuk çıkılacağını herkes bilir. Bu merdiven ışık hızı ile hareket etseydi, ister durulsun, ister yürünsün, yukarı aynı anda varılacaktı. Fizikçiler, isteyerek veya istemeyerek, ışık hızının sabit ve evrende en yüksek hız olduğunu kabul etmek zorunda kaldılar."*

Öznel gerçeklik?



Son olarak, fizikçilerin sıkça kullandıkları bir düşünce deneyini ele alalım. Elinde 15 metrelik bir sırıkla 15 metre uzunluğundaki bir ahırın içinden, ışık hızın beşte dördü hızla koşan bir kişi düşünelim. Ahırın girişlerinden aşağıya doğru bakan bir gözlemci için, hızla geçen sırığın boyu 9 metredir ve ahırın içine tümüyle sığar. Yani, bir elektronik algılayıcı (A) önce giriş kapısını kapatır, sonra (B) çıkış kapısını açar. Ancak sırığın da gözleri olsaydı, o da ahırın hareket ettiğini, kendi boyunun da 15 metreyi koruduğunu söyleyecekti. Peki, sırık neden ahır kapısına çarpmaz? Çünkü olayların sırası, koşucunun bakış açısından da farklıdır. Sırıkla koşan, önce (B) çıkış kapısının açıldığını, sonra (A) giriş kapısının kapandığını görür, çatıdaki hareketsiz gözlemcinin gördüğünün tam tersi! Peki, gerçekte hangisi önce açıldı? Devam edelim. Ahırdaki gözlemciye göre koşan kişinin tümüyle ahıra sığacağını söylemiştik. Bu durumda, ahırdaki gözlemciye göre, koşan adam ahırın içindeyken iki kapı da kapalıdır. Koşan kişiye göre ise, ahırın boyu kısaldığı ama kendisi değişmediği için, ahıra sığmaz ve ahırın içindeyken iki kapı da açıktır. O halde soru şu: Koşan kişi ahırın içindeyken, gerçekte kapılar kapalı mıdır, yoksa açık mı?

Cevap, objektif bir gerçeğin olmadığıdır. Bizim "gerçek" olarak yorumladığımız olaylar, ölçümlerimiz sonucunda vardığımız öznel yargılardır. Zaman ise, "önce" ve "sonra" sözcükleriyle anlatılmaz.

Güneş Dünya'yı çeker mi?

Einstein'in arkadaşı Leopold Infeld, bir keresinde sormuştu: "Sanırım siz olmasaydınız bile, özel görelilik kuramı çok geçmeden bulunacaktı." Einstein cevabı ise şöyleydi, "Ama bu, genel görelilik için doğru değildir."

Özel görelilik kuramı zamanında ortaya çıkmıştı. Fizikçileri rahatsız eden bazı zorluklar biliniyordu.Ama bu genel görelilik için geçerli değildi.Sadece Einstein bazı güçlüklerin varlığını görüyor ve çözüm arıyordu. Einstein'a göre: "Özel görelilik, doğrulandığına göre genelleştirme peşinde koşan her zeka genel görelilik kuramına doğru adım atma hırsı hissetmelidir."

Kuantum kuramının kurucusu Max Planck bile "Her şey öylesine açık ve çözümlenmiş ki, neden hala bir takım olur olmaz problemlerle kendini yoruyorsun?" diyordu.

Özel görelilik, sadece eylemsiz referans sistemleri için geçerli idi. Einstein, evrendeki büyük bir düzene inandığından dolayı, bütün referans sistemleri için geçerli,salt-mutlak'a yer vermeyen, yalnız görelî harekete yer veren genel fiziksel yasalar kurmaya çalıştı. Bu yüzden kuramına Genel Görelilik Kuramı adını verdi.

Einstein'ın çıkış noktası Newton'un eylemsizlik yasası idi. Bu yasaya göre hareketsiz ya da düzgün hareket yapan bir cisim üzerine net bir kuvvet etki yapmadığı sürece hareketine devam eder veya sabit kalırdı.Örneğin, tren yolculuğunda makinist fren yaparsa,vücudumuz ileri gitmek ister. Yine, lokomotif, ağır vagonları hızlandırırken zorlatan da yine bu eylemsizlik yasasıdır. Newton'un ikinci yasası da buradan hareketle, ivme kuvvetle doğru, kütle ile ters orantılıdır.

Bununla birlikte, cismin kütlesi ile ivmesi arasında hiçbir ilişki yokmuş gibi görünen bir durum vardır. Galileo'nun farkına vardığı bu olay, cisimlerin kütlesi ne olursa olsun, hava direncini ortadan kaldırırsak, cisimler aynı hızla düşmeleridir. Newton'un yerçekim kuramı cismin başka bir cismi çekme gücünün çekilen cismin kütlesiyle arttığını söyler. Cismin kütlesi arttıkça üzerine uygulanan yerçekimi kuvveti artar. Ancak, cismin kütlesi arttıkça, Newton'un

ikinci yasası gereği cismin eylemsizliğinin artması ve ivmesinin azalması gerekir. Bu durumda, yerçekiminin etkisi tam cismin eylemsizliğini yenecek kadardır sonucuna varırız. O halde, çekim kütlesi, eylemsizlik kütlesine eşittir.

Eylemsizlik kütlesi ile çekim kütlesinin eşit olmasına "Zayıf Eşdeğerlik İlkesi" denir.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad \text{ve} \quad F = m \cdot a$$

Elektromanyetik olayların daha dikkatli incelenmesinin bir sonucu olarak görüyoruz ki, uzaktan herhangi bir ortam işe karışmadan olamaz. Örneğin, bir mıknatıs bir demir parçasını çekiyorsa, bu olayı mıknatısın boş uzay aracılığıyla demir parçasını etkilemesi olarak açıklayamayız. Mıknatısın uzayda, etrafında fiziksel bir gerçeklik olan ve bizim "manyetik alan" adını verdiğimiz bir şeyi oluşturduğunu düşünmek – Faraday'ın yaptığı gibi- zorundayız. Bu manyetik alan, demir parçası üzerinde öyle bir etki yapar ki, demir parçası mıknatısa doğru hareket eder. Çekimin etkileri da buna benzer bir biçimde işleyecektir.

Einstein bu zayıf eşdeğerlik ilkesinden şüphelendi. Çekim alanı ile ivme arasında güçlü bir ilişki olduğunun farkına vardı.

Şimdi, kilometrelerce yükseklikte dev bir gökdelen hayal edelim. En üst kata çıktıktan sonra serbest bırakılan, düşen bir asansörü gözümüzde canlandıralım. Dışarıdaki gözlemcilerin içerde ne olup bittiğini görebilmeleri için asansörün camdan yapıldığını ve havanın direncinin önemsenmediğini düşünelim. Asansör örneğinin, tren örneğinden farkı şudur: tren ve istasyon örneğinde iki sistemin birbirine düzgün- bir biçimli görelî hareket etmesidir. Asansör ile yeryüzü iki ayrı koordinat sistemi olduğundan bu iki sistemin birbirine göre hareketi düzgün değil, ivmelidir.

Asansördeki fizikçi, cebinden bir anahtar çıkarıp elinden bırakıyor. Fakat hiçbir şey olmuyor. Anahtar havada asılıymış gibi duruyor. Bu çok normaldir. Düşen bir cismin ivmesinin, kütlesinden tamamen bağımsız olduğunu ve bu olgunun çekimsel kütle ile eylemsizlik kütlesinin eşitliğinden kaynaklandığını biliyoruz. Bir süre sonra fizikçi bu anahtarı iterse ne olur? İtildikleri yönde cam duvara çarpıncaya kadar düzgün hareketle ilerler. Bu tür birkaç deneyden sonra

asansördeki fizikçi, "tüm cisimler sabit durmaktadır, ya da bir dış kuvvet etki edinceye kadar düzgün hareketlerini sürdürmektedir" diyecektir. Bu daha önce bahsettiğimiz Newton'un Eylemsizlik yasasından başka bir şey değildir. Dışarıdaki gözlemci de şöyle diyecektir. "Asansör içinde düşen anahtar, eylemsizlik sisteminden dolayı değil, dünyanın çekim olayından dolayı aynı ivme ile düşmektedir."

Burada görelivmeli iki sistemimiz var. Birinci sistem olan asansör, hemen hemen eylemsizlik türündendir. Böyle bir sistemde mekanik yasalar hemen hemen tümüyle geçerlidir. Sistemde çekim etkisi yoktur, zira bu etki asansörün serbest düşmesiyle yok edilmiştir. Görülüyor ki, asansördeki fizikçi yer çekimini hiç hesaba katmadan Newton mekaniğini-eylemsizlik sisteminin yasalarını kullanarak her şeyi halledebilmektedir. Sonuç olarak asansör içindeki gözlemci çekim etkisinde mi olduğunu yoksa bir eylemsizlik sisteminde mi olduğunu anlayamaz.

Sonra, Einstein, düşen bir asansör yerine,değişmez bir ivme ile gittikçe hızlanarak yukarı doğru çekilen bir asansör hayal etti.

Asansördeki fizikçiler yine nerde olduklarını bilmiyorlar ve yine durumlarını anlamak için deneyler yapıyorlar. Bu kez bizim fizikçilerin bacakları vücutları tutabilmek için zorlanmaktadır. Şu an bizim dünya üzerinde yaptığımız gibi. Sıçrarlarsa tavana doğru gitmiyorlar. Çünkü, onlara doğru yaklaşan taban onlara hemen yetişiyor. Ellerindeki cisimleri bırakırlarsa, bu cisimler asansörün tabanına düşüyor. İçerideki fizikçi," Cisimler yere düşüyor, çünkü bir çekim alanı içerisindeyiz. Tıpkı dünya üzerinde rastladığım olayların tüm şartları burada mevcuttur." diyecektir.

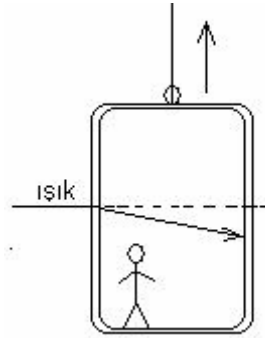
Asansörün dışındaki gözlemci ise, yükselen asansörün saydam duvarlarından gördüklerini şöyle rapor edecektir. "Benim sistemim bir eylemsizlik sistemidir. Asansör değişmeyen bir ivme ile hareket ediyor. İçerideki arkadaşlar salt hareket halindedir. Orada mekanik yasaları tümüyle geçersizdir. Kendi haline bırakılan cisimler tabana çarpıyor çünkü taban yukarı doğru hareket ediyor."

İlk deneyde, görüldüğü gibi bir yerçekimi altında sabit bir ivme ile hareket etmek ile, hiçbir kuvvetin etkisinde kalmayan eylemsizlik sistemini birbirinden ayırt etmenin yolu yoktur.

İkinci deneyde de, yukarı doğru sabit ivme ile hızlanan bir sistemdeki olaylar ile bir çekim alanı içerisinde gerçekleşen olayları da ayırt etmenin yolu yoktur. Asansördeki gözlemciler ile dışarıdaki gözlemcileri birbirlerine tercih etmenin nedeni yoktur. İvme ile çekim alanı arasında güçlü bir bağ bulunur.

Fakat şöyle bir deneyle iki gözlemci takımından birini diğerine tercih etmenin bir yolu olabilir:

Yükselen asansörümüzün karşılıklı iki duvarında aynı hizada bulunan iki delik açalım. Deliğin birinden ışık demeti gönderelim. Işık demeti, bir duvardan diğerine ulaşmaya kadar, asansör belli bir hızla yukarı doğru hareket ettiğinden ışık, karşı duvardaki deliğe değil de, biraz alt tarafa çarpacaktır. Işık demetinin yolu, doğru bir çizgi değil, hafif bir eğri, parabolik bir çizgi olacaktır.



Dış gözlemci, "Işık A noktasından giriyor, değişmeyen bir hızla ve doğru bir çizgi boyunca yatay olarak karşı duvara doğru hareket ediyor. ama, asansör yukarı doğru hareket ettiğinden ışık A noktasından, B noktasına varıncaya kadar geçen süre içinde asansör yükseleceğinden, ışık demeti, B noktasına değil, biraz aşağıya çarpacaktır. Farkın çok veya az olması asansörün hızına ve A ile B noktası arasındaki uzaklığa bağlıdır. Ama sonuçta bir fark olacaktır" diyecektir.

Asansördeki bütün olayları çekim alanının etkisinde olduğuna inanan iç gözlemci şöyle der: "Asansörün ivmeli hareketinden söz edilemez. Yalnız çekim alanının etkisi vardır. Işık demeti ağırlıksızdır. Bundan dolayı çekimden etkilenmez. A noktasından çıkan ışık B noktasından çıkacaktır."

İşte şimdi iç gözlemci kaybetmiştir. Çünkü, o şöyle demişti:” Işık demeti ağırlıksızdır ve bundan dolayı çekim alanından etkilenmeyecektir.” İşte bu doğru değildir. Işık demeti enerji taşımaktadır ve enerji kütle demektir. Çekim alanı eylemsiz kütleyi çekecektir. Çünkü eylemsizlik kütlesi ile çekim kütlesi eşdeğerdir. Işık demeti de yatay olarak fırlatılan bir merminin izlediği yol gibi eğik bir yol izler. İç gözlemci, ışığın çekim alanında eğileceğini kabul etseydi ,varacağı sonuçlar dış gözlemci ile aynı olurdu. Aslında, çekim alanı diye bir şey yoktur.Newton’un çekim gücü adını verdiği şeyin, gezegenlerin uzay-zamanı bükmelerinden kaynaklanır.

Einstein, bu örnekten yola çıkarak bir deney önerdi. Uzak yıldızlardan gelen ışık da güneşin etrafından geçerken bükülmelidir. Bu sapma da güneş tutulması sırasında ölçülebilir. Bu tutulma sırasında güneşe yakın duran yıldızların fotoğrafını çekebiliriz. Bunların başka bir fotoğrafını da daha sonra çekip, iki fotoğrafı karşılaştırarak bu sapmayı ölçebiliriz.

1.Dünya savaşı bitiminden hemen sonra Greenwich ve Cambridge gözlemevi müdürü Sir Arthur Eddington(1882-1944) önderliğindeki araştırma grubu 29 mayıs 1919 günü gerçekleşecek güneş tutulmasını izlemek için Batı Afrika’da Principe’ye gitti. 6 Kasım 1919 da sonuçlar açıklandığında değer, Einstein’ın hesapladığı 1.75 saniye değerine çok yakın 1.61 ± 0.30 saniyedir.(Çok sonraları, bu deneyde yapılan hesap hataları ile Einstein’ın öngörüsünün kanıtlandığı anlaşıldı. Ancak bugün, yapılan binlerce deney Einstein’ın haklı olduğunu göstermiştir.)

Son deneyimizi hatırlarsak, fizikçiler ışığın bükülmesinin çekim gücünden kaynaklandığını düşünebilirler. Oysa bu bükülme, ışığın eğri yolu, çekim gücünden değil, asansörün yükselme hızından, hareketinden kaynaklanmaktadır. Einstein, bu asansör örneği ile Newton’un çekim gücü adını verdiği şeyin gezegenlerin hareketinden kaynaklandığını kanıtlama çalışıyordu.

Einstein’ın yerçekimi kuramında güç yoktur. Bu kuram, bir yerçekimi alanı içinde cisimlerin, örneğin gezegenlerin davranışını “çekme” açısından değil, yalnız bu cisimlerin “izledikleri yollar” açısından tanımlar. Einstein’a göre yerçekimi, eylemsizlik durumunun bir parçasıdır. Kütleçekim bir ivme biçimidir.

Einstein, tamamen kendi ürünü olan on karmaşık alan denklemiyle, Genel Görelilik Kuramı'nı 1916 yılında yayımladı.

Einstein, kütleçekimin diğer kuvvetler gibi olmadığını, uzay-zamanın düz olmayıp da içindeki kütle ve enerji dağılımından dolayı eğri olmasının sonucu olduğunu söyledi. Dünya gibi cisimler, çekim denilen kuvvetin etkisi altında eğri yörüngeler çizmek durumunda kalmak yerine, aslında eğri uzayda doğruya en yakın, jeodozik denilen bir yol izlerler. Jeodozik, iki nokta arasındaki en kısa ya da en uzun yoldur. Örneğin, yeryüzü iki boyutlu eğri bir uzaydır. Dünya üzerindeki jeodoziğe büyük daire denir ve iki nokta arasındaki en kısa yoldur. Jeodozik iki hava limanı arasında en kısa rota olduğundan, pilot, uçağın bu rotada uçmasını sağlar. Genel göreliliğe göre, cisimler dört boyutlu uzay-zamanda doğru üzerinde gitmelerine rağmen, üç boyutlu uzayımızda bize eğriler çiziyorlarmış gibi görünür. Bu engebeli arazide uçağın gölgesini izlemek gibidir. Uçak, üç boyutlu gökyüzünde düz bir çizgi izlediği halde, iki boyutlu engebeli arazide düşen gölgesi eğri bir yol izler.

Bu fark, çoğu zaman şu örnekle gösterilir. Bahçede bilye oynayan bir çocuk düşünelim. Çocuğun bilye oynadığı alan düzgün değildir, tümsek ve çukurlar vardır. Bahçenin bitişiğindeki apartmanın 10.katından bakan bir gözlemci yerin engebelerini göremez. Bilyelerin alanın bazı kısımlarından dönüp, öbür kesimlere gittiğini görerek, bilyeleri, bazı yerlerden itip, bazı yerlere çeken bir güç bulunduğunu sanabilir. Oysa, yerdeki gözlemci bilyelerin yolunu tayin eden şeyin, yerin eğimi, tümsekleri, çukurları olduğunu anlar. Bu örnekte 10 kattan bakan gözlemci Newton, bahçede bilye oynayan çocuk Einstein'dır.

Bertrand Russel "A B C of Relativity" adlı eserinde aynı olayı şu benzetmeyle anlatır:

Varsayınız ki, karanlık bir gecede birçok adamlar geniş bir ovada ellerinde fenerlerle, çeşitli yönlerde yürüyorlar. Bu ovanın herhangi bir noktasında, doruğunda, gayet parlak bir deniz feneri olan bir tepe vardır. Bu tepe yükseldikçe daha dikleşen ve sonra dik bir uçurumla son bulan bir tepedir. Ovada, noktalar halinde serpiştirilmiş köyler vardır. Fenerli insanlar da, bu köyler arasında en kolay ulaşımı sağlamak üzere çizilen yollardan gidiyorlar. Bu yollar herhalde

tepenin en yüksek noktasına çıkıp, tepeyi aşmadan, öte tarafa gidebilmek için en az işi gerektirecek eğri yollar olacaktır. Bu eğri yollar tepenin doruğuna ne kadar yaklaşırlarsa o kadar keskin bükülmeler göstereceklerdir. Yani aksini düşünürsek, tepeden uzaklaştıkça bükülmeler azalacaktır. Şimdi, yine varsayalım ki, siz bütün bu manzarayı havada yüksek bir balondan seyrediyorsunuz ve yerin engebelerini görmüyorsunuz. Gördüğümüz büyük deniz feneridir. Onun da tepenin doruğunda olduğunu göremiyorsunuz. Fenerli insanların, büyük deniz fenerine ne kadar yaklaşırlarsa o kadar şiddetle doğru yoldan saparak bir yay çizdiklerini, yukarıda söylediğimiz eğri yolları izlediklerini göreceksiniz. Ve bunun üzerine "büyük fener şiddetli bir sıcaklık yaydığından, insanlar yanmamak için onun yanına yaklaşır yaklaşmaz yollarını kırıp, eğri bir yol tutarak fenerden kaçıyorlar diye düşüneceksiniz. Havada balon içinde, gündüz olmasını beklediğiniz takdirde bu güçlü deniz fenerinin ancak tepenin doruğunu göstermekten başka bir iş yapmadığını ve adamların üstünde etkisi olmadığını anlayacaksınız. Bu benzetmede büyük feneri güneş, ellerinde fenerlerle adamların yollarını da, gezegenlerin yörüngeleri olarak alırsanız Einstein gibi siz de güneşin bir "uzay-zaman tepesi" üzerinde olduğunu ve her gezegenin de her an kendisi için en kolay yolu seçtiğini anlarsınız.

O halde, ortada çekim gücü diye bir şeyin olmadığını ve çekimin ancak küresel evren üzerinde en kısa yolu, en az iş prensibine uygun olarak izlemekten ibaret bulunduğunu iddia ettiğini anlarız.

Einstein'ın bu dört boyutlu eğrilmiş uzay-zaman sürekli ortamı, göz önünde canlandırılması ne kadar güç olursa olsun bir yere asılı ve sıkıca gerilmiş, ama yıldız, galaksi ya da başka ağır maddeler konulduğunda biçimini değiştiren bir lastik düzleme benzetile gelmiştir. Uzayın bu yumuşak, esnek ve elastiki yapısı nedeniyle bükülmesi, içinde barındırdığı ağır kütleli cisimlerden ileri gelir. Uzay-zaman sürekliliği bir ölçüde trampoline benzer. Trampolinin üzerine daha ağır bir gülle koyarsanız, gülle ağı daha çok çökertecek, koyduğumuz portakal da daha derin olan bu çukura yuvarlanma eğilimi gösterecektir.

Uzayda bir hacim işgal eden dünyamız, portakal misali uzayı çökertir. Uzayı en fazla çökerten doğal olarak güneştir. Tıpkı ağır bir güllenin trampolini çökerttiği gibi, güneş de çevresindeki tüm uzayı çökertecektir. Güneşin

etrafındaki bu gezegenler de, güneşin çökerttiği bu eğik düzlemde onun etrafında dolaşacaklardır.

Einstein, üç boyutlu uzayın yanına zaman boyutunu da ekleyerek uzay-zaman kavramını ortaya attığında, bu kavramı açıklamak için matematiksel sistem arayışına giren Einstein'a matematikçi arkadaşı Marcel Grossman yol gösterdi. Grossman, Bernhard Reimann adında bir matematikçinin Öklid sisteminden farklı bir geometri geliştirmiş olduğunu söyledi. Einstein, ihtiyaç duyduğu matematiği Reimann'ın eğri uzay geometrisinde bulmuştu.

Bu dünyayı daha iyi anlamak için klasik fiziğin öklid geometrik dünyasında bir gezinti yapalım. Dünyamızdaki gibi üç boyutlu canlıların bulunmadığı, yalnızca iki boyutlu yaratıkların yaşadığı bir dünyayı düşünelim. Bu dünyayı iki boyutlu sinema perdesine benzetebiliriz. Sinema perdesindeki oyuncuların canlı olduklarını farz edelim. Biz nasıl dört boyutlu uzayı gözümüzde canlandıramıyorsak, bu yaratıklar da üç boyutlu bir dünyayı canlandıramayacaklardır. Sinema ekranı üstünde, bir çizgiyi eğebilirler. Çemberin ne olduğunu bilebilirler ama bir küre yapamazlar. Çünkü bu takdirde iki boyutlu sinema perdelerinden çıkmaları gerekir.

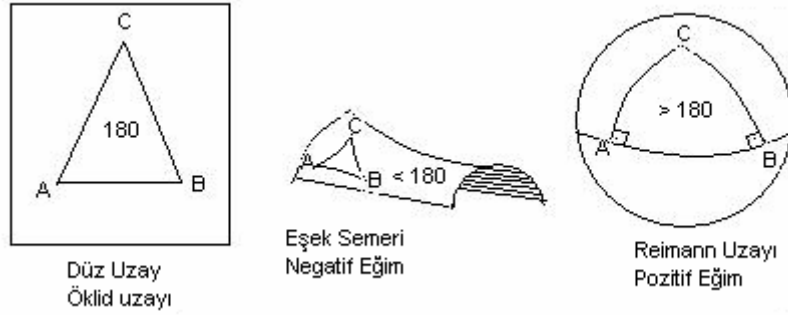
Bu hayali yaratıklar yaşayarak, düşünerek sonunda iki boyutlu öklid geometrisini bulabilirler. Bir üçgenin iç açıları toplamının 180^0 olduğunu hesaplayabilirler. İç içe geçmiş iki çember çizip, çevreleri arasındaki oranın yarıçapları oranına eşit olduğunu bulabilirler. Hep dosdoğru gitmekle çıktıkları noktaya asla geri dönemeyeceklerini bilir ve paralel iki doğrunun asla kesişemeyeceklerini düşünürlerdi.

Şimdi, bu iki boyutlu yaratıkları sinema perdesinden alalım, yarıçapı çok büyük, mesela Dünya gibi bir küre üzerine koyalım. Onlar, yine kendilerinin bir düzlemde yaşadıklarını, üçgenin iç açılarının toplamını yine 180^0 olacağını, çizilen çemberlerin çevreleri ile yarıçaplarının oranının yine aynı olduğunu, bir çizgi boyunca ilerlerse çıktıkları noktaya dönemeyeceklerini düşüneceklerdir. Ancak, zamanla hızlı araçlar geliştirince, bir çizgi doğrultusunda hareket edince başladıkları noktaya geldiklerini göreceklerdir. Daha sonra üçgenin iç açılarının

toplamının 180° den fazla olduklarını görecekler, n sayısını daha küçük hesaplayacaklardır.

Eğri bir uzayda yaşayan fakat bunun farkına varmayan yaratıklarımız, bu eğri uzay üzerine kapalı eğriler çizeceklerdir. Fakat dışarıdan, bir boyut fazla uzaydan bakan bizler eğri sandıkları şeyin aslında düz olduğunu, kendi uzaylarının eğri olduğunu bilmeyen yaratıklarımıza eğri gibi göründüğünü biliyor olacağız. Aynen bizim şu an gezegenlerin hareketine bakıp, uzayın eğriliğinin farkına varamadan kapalı eğriler çizdiklerini söylememiz gibi.

Bize, lise yıllarında öğretilen öklid geometrisidir. Bu geometri, uzayın düz olduğunda geçerli olan geometridir. Uzayın eğriliği artı veya eksi ise Reimann geometrisi geçerli olacaktır.



Öklidyenimsi bir evrenin ortalama yoğunluğu da sıfır olmalıdır. Çünkü, Newton'un kuramına göre evren yıldız yoğunluğunun maksimum olacağı bir cins merkeze sahip olmalıdır. Bu merkezden uzaklaştıkça yoğunluk azalmalı ve en sonunda sonsuz bir boşluk olmalıdır. Oysa, evren büyük ölçekte bir biçimli, düzgün bir yapıdadır.

Einstein'in kuramı ile Newton'un ki arasındaki farklar düşük çekim alanlarında çok küçüktür. Ancak güçlü çekim alanlarında bu iki kuram arasında açık farklar ortaya çıkmaktadır.

Merkür, güneşe en yakın gezegendir. Dolayısıyla, Güneş'in çökerttiği uzay-zamandan en çok etkilenen gezegendir. Newton'un mekaniğine ve çekim kuramına göre gezegen ve güneş sisteminde elipsin merkezlerinden birinde güneş ile gezegenin ortak çekim merkezi bulunur. Gezegenin güneş çevresindeki

hareketinde gezegen bir kez güneşe en uzak ve en yakın konuma ulaşır. Fransız astronom J. Le Verrier 1845 de Merkür gezegenin perihel-günberi noktasının kaydığını tespit etmiştir. Merkür'ün güneşe en yakın olduğu nokta olan günberi noktasının kaymasını Newton kuramıyla açıklamak mümkün değildir. Merkür gezegeninin günberisinin kayması her yüz yılda 43 saniye kadardır. Bu farkı gözlemlerle tespit etmek çok güçtür.

Günberi ilerlemesi Merkür gezegenine özel bir olay değildir. Tüm gezegenler bu kaymaya uğrar ancak Merkür güneşe daha yakın olduğu için etkilenmesi daha çok olur.

Genel göreliliğin bir başka öngörüsü de, dünya gibi büyük bir kütle yakınında zamanın daha yavaş geçeceğidir. Bunun nedeni ışığın enerjisi ile frekansı arasındaki bağıntıdır. Enerji arttıkça frekans da artar. Büyük bir kütlede, küçük bir cismin enerjisi daha azdır. Çünkü onu, bu çekim alanından kurtarmak için ek enerji gerekir. Cisimler arası uzaklık azaldıkça çekim kuvveti artacağından sistemin toplam enerjisi azalır.

Diyelim ki 100 metre yüksekliğinde bir kulemiz var. Bunun zemin katında Ahmet, en üst katında ben oturuyorum. Deneyi de etkilerini daha kolay algılayabilmemiz için çok büyük kütleli bir gökcisminde yaptığımızı farzedelim. Ahmet, zemin kattan saniyede 10 atma gönderiyor olsun. Yerçekimi dolayısıyla atmanın frekansı yarıya insin. Bu durumda ben saniyede 5 atma sayarım. Peki bu durumda diğer 5 atma nereye gider? Atmalar yok mu olmuştur? Hayır. Benim 10 atmaya da saymam için 2 saniye gerekecektir. Yani Ahmet'in 1 saniyesi benim 2 saniyeme eşit olacaktır.. Ahmet için zaman yavaşlamıştır. Bu etki ölçülebilmektedir. Dünya'da 100 m yükseklikte bulunan bir kişi zemindeki bir insana göre bir yılda saniyenin birkaç milyonda biri kadar hızlı yaşlanır. Tabii ki Dünya gibi görece küçük kütleli bir cisimde bu etkinin gözlenebilirliği az iken yıldızlar da bu etki daha rahat ölçülebilir.

Bu öngörü 1962 yılında bir su kulesinin tepesine ve dibine konan çok duyarlı saatler ile ölçüldü. Yeryüzüne daha yakın olan, kulenin dibindeki saatin, genel göreliliğe uygun bir şekilde geri kaldığı görüldü. Yeryüzünden değişik uzaklıktaki saatlerin hızlarındaki ayrılık, uydulardan gelen işaretlere dayalı çok duyarlı seyir

sistemlerinin ortaya çıkmasıyla, bugün pratik bir önem taşımaktadır. Genel göreliliğin etkileri dikkate alınmadan yapılan bir hesaplamada büyük hatalar yapılabilir.

Dr.Saphiro, J.D. Anderson ve Caltech'ten D.O. Muhleman, bir radyo sinyalinin Marine uydusuna ulaşarak yeryüzüne dönmesi için gereken zamanı bir deneyle ölçtüler. Genel görelilik, güneşi iki kez yalayarak geçen bir sinyalin, bir saniyenin iki yüz milyonda biri kadar bir gecikme göstereceğini öngörmekteydi. Ölçümler tamamlandığında bulunan gecikme saniyenin en fazla iki yüz dört milyonda biri kadardı. Bu, genel göreliliğin öngördüğüne çok yakın ve kuramı doğrular nitelikte sonuçtur. Daha sonra Mars'a gönderilen diğer uydu olan Viking uydusu ile daha yakın sonuçlar da elde edildi.

Genel göreliliği destekleyen diğer bir kanıt "Einstein Etkisi" denilen olaydır. Bu olay, güçlü çekim alanlarının, ışığın frekansını değiştirmesidir .Işık, kaynağını değiştirmeden de frekansını değiştirebilir. Bunun için güçlü bir çekim alanından geçmesi yeterlidir. Bir yıldızdan yayımlanan ışığın belirli dalga boyları vardır. Belirli elementler belli dalga boylarında ışınım yaparlar. Büyük kütleli bir yıldızdan yayımlanan ışınımın dalga boylarında artış olur. Bugün, dalga boyundaki bu sapmadan, o yıldızın kütesini hesaplayabiliyoruz. Güçlü çekim alanlarından biri de "beyaz cüce" adı verilen yıldız tipidir. Gökyüzünün en parlak yıldızı olan Sirius'un da bir beyaz cüce eşi vardır. Bu beyaz cücenin kendi ışığının frekansını büyük oranda değiştirmesinin gözlenmesi de genel göreliliği doğrular niteliktedir.

Bugün, gökfiziğin konularından olan atarcılar, nötron yıldızları, kuasarlar, süpernovalar, karadelikler ile kuramlar, hesaplar genel göreliliğe dayanarak yapılmaktadır. Alman matematikçisi ve gökfizikçisi K.Schwarzschild (1873-1961) Einstein'ın alan denklemlerini, hareket denklemlerine uygulayarak, güneşin çekim alanını ve yörüngelerini göstermiştir.

Newton'un devinim yasaları uzayda mutlak konum düşüncesine son verdi. Görelilik kuramı ise mutlak zaman kavramını yok etti. Görelilik kuramında, herkes için geçerli, mutlak bir zaman yoktur. Herkesin nerede olduğuna, nasıl hareket ettiğine bağlı olan kendi özel zaman ölçüsü vardır.

1915'ten önce uzay ve zaman, olayların olup bittiği, ama içinde olanlardan etkilenmeyen, kendi başına nesnel olarak varlığını sürdüren, değişmez bir arenaydı. Zamanın ve uzayın sonsuz geçmişten gelip, sonsuza gittiğini düşünmek doğaldı.

Oysa genel görelilik kuramında durum oldukça farklıdır. Uzay ve zaman artık değişime açık niceliklerdir. Bir cisim devinince ya da kuvvet etkisini gösterince uzay ve zamanın eğriliği değişir. Öte yandan, uzay-zamanın yapısı cisimlerin devinimini ve kuvvetlerin işleyişini etkiler. Uzay ve zaman bu etkileme ile kalmayıp, evrende olup biten her şeyden de etkilenir.

Temelinde değişmeyen, varolan ve varolmayı sürdürecektir olan bir evren görüşü, artık geriye dönmek üzere yerini dinamik, geçmişte sonlu bir zaman önce başlamış ve gelecekte sonlu bir zaman sonra bitebilecek, genişleyen bir evren kavramına bıraktı. Roger Penrose ve Stephen Hawking gösterdi ki, Genel Görelilik Kuramı, evrenin bir başlangıcı olmasını gerektirir ve de olası bir sonunun..

Einstein, büyük patlamayı hiçbir zaman ciddiye almamış gibi görünür. Görünüşe göre, eşit olarak genişleyen, basit bir evren modelinin, galaksilerin hareketi zamanda geri doğru takip edildiğinde çökeceğini ve galaksilerin küçük yanal hızlarının birbirini ıskalayacağını düşünüyordu. Evrenin geçmişte bir büzülme safhasının bulunabileceğini ve oldukça ortalama değerdeki bir yoğunluktaki günümüzdeki genişlemeye bir sıçrama yapmış olabileceğini düşünüyordu. Bununla birlikte, evrenin ilk zamanlarındaki çekirdek tepkimelerinin, çevremizde gözlemlediğimiz kadar ışık miktarını üretmesi için, yoğunluğun inç-küp başına en azından on ton ve sıcaklığın da on milyar derece olması gerektiğini artık biliyoruz. Üstelik, mikrodalga arka plan ışımasında yapılan gözlemler, yoğunluğun bir zamanlar inç küp başına 10^{72} ton olduğunu gösteriyor. Ayrıca, Einstein'ın genel görelilik kuramının, evrenin bir büzülme safhasından şu anki genişleme safhasına atlayamayacağını da biliyoruz. Roger Penrose ve Stephen Hawking, genel göreliliğin, evrenin büyük patlamada başladığını öngördüğünü ispatladı. Einstein'ın kuramı zamanın bir başlangıca sahip olduğunu ima eder.

Einstein, genel göreliliğin, büyük yıldızlar yaşamlarını sona erdirdiğinde ve onları daha da küçültmeye çalışan kendi kütleçekim kuvvetlerini dengelemek için artık yeterli ısı üretmediğinde, zamanın onlar için son bulacağını öngördüğünü itiraf etmek konusunda daha da isteksizdi. Einstein, bu tip yıldızların nihai bir biçim olacağını düşünüyordu. Ancak biz, güneşin iki katı kütleyle sahip yıldızların nihai durum yapıları olmadığını biliyoruz. Böyle yıldızlar, karadeliklere, yani ışığın kaçamayacağı kadar bükülmüş uzay-zaman bölgelerine dönüşüncüye kadar küçülmelerini sürdürürler. Zamanın hem başlangıcı hem de sonu genel görelilik eşitliklerinin tanımlanamayacağı yerler olacaktır. Genel göreliliğin büyük patlama gibi tekilliklerde işe yaramamasının nedeni, bu kuramın kuantum kuramıyla uyumlu olmamasıdır.

Kuantum kuramı da ne?

Klasik Mekanik, dünyanın doğasını atomlar ölçeğinde betimlemede tam anlamıyla başarısızdı. Küçük nesnelerin doğası, büyüklerin bize görüldüğü durumundan farklı olmalıdır. Alman fizikçi Max Planck (1858-1947), herhangi bir maddenin ışımaya enerjisi yayma veya soğutması olayını, bütün dalgaboylarını ve frekansları kapsayacak şekilde sürekli değil, frekansı f olan bir $E = h f$ birim enerji miktarının tam katlarına eşit olacak şekilde, yani kesikli olarak sağlandığını buldu. Bu kesikli enerji paketlerinin her birine "kuanta" adını verdi. Kuant kelimesinin çoğulundan da kuantum (nicem) kuramı doğdu.

Bu zamanlarda Christian Huygens' ten beri ışığın dalgalar halinde yol aldığı düşünülüyordu. Ancak 1905 yılında Albert Einstein' in fotoelektrik olay adını verdiği olay aracılığıyla ışığın tanecikli yapısını ortaya koydu. Peki, ışık neydi o zaman? Tanecik mi dalga mı?

İşığın dalgalar halinde yayıldığını kanıtlamak amacıyla Thomas Young "çift yarık" deneyini gerçekleştirdi. Bu deneyde, bir kaynaktan çıkan ışık ışınları birbirine paralel iki yarıktan geçiyor ve bir perde üzerine düşürülüyordu. Çift yarık dalgalar için faz farkı yaratacağından perde üzerinde girişim meydana getiriyordu. Bu durum ancak ışık bir dalga ise gerçekleşebilirdi.

Ancak, ilginç olan deneyde ışık yerine elektronlar kullanıldığında da bir girişim elde edilmesidir. En ilginç ise elektronlar tek tek bile gönderilseler yine de girişim çizgileri oluşturmasıdır. O halde her bir elektron *her iki yarıktan* da geçiyor olmalıdır!!

Devam edelim, elektronları çift yarığa yönlendirirsek girişim oluşacağını belirmiştik.Peki, herhangi bir yöntemle bir elektronun hangi yarıktan geçtiğini gözlemlemeye kalkarsak ne olur? Cevap, girişim ortadan kalkar! Elektronları gerçekten gözlemlersen ,o zaman her ikisinde değil,aslında bir yerde ya da ötekinde olduklarını görürsün ancak bu durumda onlar da yalnızca bir yarıktan geçeceklerinden girişim ortadan kalkar. Gözlem yapma eyleminin kendisi ,elektronları bir hareket doğrultusu seçmeye zorlar.Girişim,ancak elektronun hangi yarıktan geçtiğini bilmediğin zaman gerçekleşir!Girişim gerçekleştiğinde her elektron her iki yarıktan da geçiyor gibi görünür.

Niels Bohr 'un (1911-1962) tamamlayıcılık ilkesine göre, ışığın dalga karakterine göre deney yaparsak ışığın dalga özelliğini, tanecik özelliğine göre deney yaparsak ise tanecik özelliğini gösteririz..Yani, aslında ne görmek istersek onu görürüz.Tanecik ve dalgalar birbirini tamamlayan özelliklerdir.

Karadeliklerin kuramsal babası John Wheeler' in dediği gibi "*Bizler sadece gözlemci değiliz,onları anlatma hakkımız olmadığı gibi, onları oluşturan da bizleriz*".

Ya da 1922 Nobel Fizik Ödülü sahibi Danimarkalı fizikçi Niels Bohr:

"İnsanlar, büyük varolma dramının hem seyircileri hem de oyuncularıdır."

Görebileceğimiz şeyler, çeşitli kuantum durumları için bulunan olasılıklar tarafından belirlenir. Gerçekte "gördüğümüz" şey, rasgele bir seçimin ürünüdür. Olacakları biz seçemeyiz. Bize farklı sonuçların olasılıkları verilir. Ne olacağı belirlenmez. Ancak bir gözlem yapıldığında "seçim " sabitlenir.

Ya da diğer bir tez: Bir gözlemci bir olaya baktığı zaman, var olan durumların seçimine uygun olan bütün etkileri görmesini beklersiniz.Gerçekte gerçekleşen şudur: bir gözlemci bütün sonuçları görür ya da daha doğrusu

gözlemci de farklı durumların bir bileşimi içinde bulunacağından, gözlemcinin her durumu, karşımızdaki durumların her birini görür.

Eğer bir elektronun sağa gittiğini görürsek, paralel bir dünyada elektronun sola gittiğini gören başka "biz" olacaktır. Dünya, biraz farklı versiyonlarımızı içinde bulunduran iki dünyaya ayrılmış olur.

Bölünmüş dünyalar çoğunlukla ayrı duracak ama bazen bir noktada bir araya gelecek ve girişim etkileri ortaya çıkacaktır.

Heisenberg gösterdi ki, parçacığın konumundaki belirsizlik ile parçacığın hız x kütlesindeki belirsizliğin çarpımı Planck sabitinden küçük olamaz. Planck sabiti "0" dan büyük bir değer olduğuna göre belirsizlik "0" olamaz. Her durumda belirsizlik kaçınılmazdır. *Bu sınır koşulu, ölçüm yöntemine veya maddenin cinsine bağlı değildir.* Heisenberg' in ilkesi dünyanın temel kaçınılmaz bir özelliğidir.

Belirsizlik ilkesinin etkileri aradan elli yıldan fazla zaman geçmiş olmasına rağmen, etkileri çoğu düşünürce kavranamamış olup hala büyük bir tartışma konusudur.

Belirsizlik ilkesi, Laplace'ın tamamıyla belirlenebilir bir evren modelini demode haline getirdi. Eğer evrenin şu andaki durumu bile kesin bir biçimde ölçülemiyorsa , gelecekteki olayları doğru hesaplamak doğru olamazdı.

Richard Feynman, 1965 yılında aşağıdaki kuramıyla Nobel Ödülü aldı. Her bir parçacığın belirli ,tek bir tarihi olması varsayımına karşı çıktı. Bunun yerine ,parçacıkların uzay-zamanda olası her yol boyunca , bir konumdan diğerine ilerlediği önerisini getirdi. Feynman, her bir yörünge ile, bir dalganın boyutu- genliği-ve fazı olmak üzere iki sayıyı ilişkilendirdi. A' dan B' e giden olası her yolla ilgili dalgaların toplanmasıyla bulunuyordu.

Nesneler gündelik hayatta başlangıçları ile sonuçsal hedefleri arasında tek bir yol izliyormuş gibi görünür. Bu durum Feynman'ın geçmişler toplamı fikri ile uyum gösterir. Çünkü, büyük nesneler için bu yolların katılımları birleştirildiğinde, biri dışında bütün yollar birbirini etkisizleştirir.

Sonsuz yollardan sadece biri , makroskobik nesnelere hareketi göz önüne alındığında, bu yörünge Newton'un klasik hareket kanunlarından ortaya çıkmıştır.

Bütün bunlardan dolayı kuantum kuramını, fiziğe "belirlenimsizlik dışı" bir görünüm getirdiği bahanesiyle kınamak değil, sunulan gerçekler ve yorumlar çerçevesinde, bizi doğanın gerçek "belirlenebilirliğine" yaklaştırdığı için övmek gerekir.

Bu olgu, evrenin oluşumunu bir "yaratıcı-yaratılış" felsefesine olduğu kadar, eski Yunan mitolojisindeki "kaos" kavramına bağlamaya da el vermektedir.

Sonuçta, Orwell'ci bir deyişle " Belirsizlik kesinliktir!" diyebileceğimiz gibi, belki de, Einstein'ın "zar atmaz" dediği Tanrı için, "zar tutuyor" demek zorunda kalabileceğiz. (Bilim ve Teknik, Sayı 395, sayfa 54)

Herhangi bir şey aynı zamanda hem parçacık hem de dalga olabilir. Bilim deyince aklınıza gelen "kesinliği" de unutun. Bu kuramın en keskin iddiası, hiçbir şeyin kesin olamayacağı. Bu dünyayı yöneten kural: belirsizlik.. Daha da acayibi, gerçek olarak gördüğünüz herhangi bir şey, bir çok olası gerçeğin raslantısal bir görünümü.. (Bilim ve Teknik, Sayı 377, sayfa 34)

Belirsizlik ilkesi, Laplace'ın tamamıyla belirlenebilir bir evren modelinin ölüm çanının çaldığı. Eğer evrenin şu andaki durumu bile kesin bir biçimde ölçülemiyorsa , gelecekteki olayları doğru hesaplamak hiç doğru olamaz! .(Stephen Hawking Cambridge Üniversitesi Lucasian Matematik Profesörü)

Yeni fizikte, kainatı bir makine gibi gören, şu şunun sebebi, şu bunun sonucu diye her şeyi sebep sonuç ilişkileriyle açıklayan mekanikçi determinizm çoktan gülmüştür. Zaman ve mekan mutlak varlıklarını kaybetmişlerdir. (Paul Davies, gökbilimci)

Kuantum fiziği, biri birinden çok uzak şeylerin sebep sonuç ilişkisi olmaksızın birbirine bağlandığını ortaya çıkarmıştır. (David Bohm, kuramsal fizikçi)

Her söz yahut kavram, ne kadar gerçek görünürse görünsün ancak sınırlı uygulanabilir.

(Werner Heisenberg, 1932 Fizik Nobel Ödülü)

Bizler sadece gözlemci değiliz, onları anlatma hakkımız olmadığı gibi, onları oluşturan da bizleriz. (John Wheeler, Karadeliklerin kuramsal babası)

Göğün tüm korosu ve yerin yapısının , kısaca dünyanın güçlü çatısını meydana getiren cisimlerin zihninin dışında hiçbir varlıkları yoktur. Ben onları algılamadıkça onlar zihnimde ya da başka bir yaratığın zihninde var olmadıkça onların hiç varlıkları yoktur ya da bir "ölümsüz ruhun" zihninde var olurlar. (George Berkeley)

İnsanlar, büyük varolma dramının hem seyircileri hem de oyuncularıdır. (Niels Bohr, 1922 Nobel Fizik Ödülü)

Kainatın temelini teşkil eden atomlara katı bir varlık getirmeden önce kainatın tümüne ihtiyaç duyarız. Hangisi önce gelir? Kainat mı? Cevap, hiçbiri. Küçük-büyük, basit-karmaşık, kozmik-atomik, her şey karşılıklı birbirine muhtaç ve bir gerçeğin ayrılmaz parçasıdır. Biri diğersiz olmaz. Kainat temelinde bir birlik, yekparelik saklar. İşte bu bize, her şey olmadan hiçbir şeyin olmayacağını söyler. (Paul Davies, gökbilimci)

Her durumda belirsizlik kaçınılmazdır. Bu sınır koşulu, ölçüm yöntemine veya maddenin cinsine bağlı değildir.

Kuantum mekaniğinde bir parçacığın iyi bir şekilde tanımlanmış bir konumu ve hızı yoktur, ancak durumu bir dalga fonksiyonu ile gösterilebilir. Şimdi anlıyoruz ki, dalga fonksiyonu iyi bir şekilde tanımlanabilecek tek şeydir. Parçacığın, Tanrı'nı bildiği ama bizden gizlenen bir konum ve hıza sahip olduğunu bile varsayamayız. Böyle "gizli değişkenli" kuramlar gözlemlerle uyum göstermeyen sonuçlar öngörür. Tanrı bile, belirsizlik ilkesi ile kısıtlanmıştır. Konum ve hızı bilemez, sadece dalga fonksiyonunu bilebilir. .(Stephen Hawking Cambridge Üniversitesi Lucasian Matematik Profesörü)

Sanal Parçacık

Madde parçacıkları arasında değiş tokuş edilen, kuvvet taşıyan parçacıklara, parçacık algılayıcısı tarafından algılanamadıkları için "gerçek" parçacıktan farklı olarak "sezilgen" veya "sanal" parçacıklar denir.onların var olduklarını ölçülebilir etkiler yarattıkları için biliyoruz yani onları sezebiliyoruz. Bu parçacıklar bazı koşullar altında gerçek parçacıklar gibi varolup doğrudan algılanabilirler. O zaman bize, bir klasik fizikçinin dalga diyeceği türden, örneğin ışık ya da çekim dalgası gibi görünürler. Madde parçacıkları birbiriyle kuvvet taşıyan sanal parçacıklar aracılığıyla etkileştikleri zaman kuvvet taşıyan parçacıklar yayınlanabilir.(Örneğin, iki elektron arasındaki elektriksel itme, sanal fotonlardan dolaydır, ama elektronlardan biri diğerinin yakınından geçecek olursa, ışık dalgası biçiminde algılayacağımız gerçek fotonlar yayınlanabilir.) Tekrar edersek, karşılıklı değiştirilen bu fotonlar sanal parçacıklardır.Ancak, bir elektron bulunabileceği yörüngelerden birini terk edip, çekirdeğe yakın bir yörüngeye geçerse enerji ortaya çıkar, bir gerçek foton yayınlanır.

Bilinen dört farklı doğal kuvvet vardır:

İlki kütleçekim kuvvetidir. Bu kuvvet evrenseldir. Yani her parçacık,kütle ve enerjisine bağlı olarak ondan etkilenir.Bu kuvvet, diğer kuvvetlerin içinde büyük farkla en zayıf olanıdır.en önemli özellikleri büyük uzaklıklardan etki edebilir yani uzak erimlidir ve her zaman çekicidir.Çekim kuvveti, 2- dönmeli bir parçacık olan "graviton" ile taşınır.Çok zayıf kuvvete sahip oldukları için henüz gözlenememiştir.

Kuvvetlerin ikincisi, bazı leptonlar ve kuark gibi elektrik yüklü parçacıklarla etkileşen ama graviton gibi yüksüz parçacıklarla etkileşmeyen elektromanyetik kuvvettir.Elektromanyetik kuvvet, elektrik ve manyetik kuvvetin aslında tek bir kuvvetin farklı görünüşleri olduğu anlaşıldıktan sonra bu iki ismin birleşmiş halidir. Elektromanyetik kuvvet çekim kuvvetinin 10^{42} katıdır.İtici veya çekici olabilir.

Üçüncü kuvvet, radyoaktiviteden, bozunmadan dolayısıyla parçacık dönüşümlerinden sorumlu zayıf çekirdek kuvvetidir.Tüm $\frac{1}{2}$ dönmeli parçacıklara

(fermionlara) etki eder. W^+ , W^- , Z^0 gibi kütleli vektör bosonlar tarafından taşınır.

Dördüncü kuvvet, proton ve nötronların içindeki kuarkları birbirine bağlayan ve bu parçacıkları çekirdekte bir arada tutan güçlü çekirdek kuvvetidir. Bu kuvvet, gluon denen 1- dömeli ve kuarklarla etkileşen parçacıklar tarafından taşınır.

Bu kuvvetlerin taşıyıcıları sanal parçacıklardır.

Peki, bu sanal parçacıklar nasıl oluşur? Yoktan mı var olurlar? Evet. Uzay boşluğu tam anlamıyla boş değildir. Eğer tamamen boş olsa idi Konum x momentum p 'un değişim hızı 0 olacaktır.

Dünü olmayan gün

Büyük patlama kuramı, din ile bilimin bağdaştırılması çabaları ile doğdu. Fikir babası Belçikalı bir cizvit papazı ve Vatikan Gözlemevi'nin gökbilimcisi Abbe Georges Lemaitre(1894-1966)'in temel amacı katolik kilisesinin İncil'deki yaratıcılık fikirlerini, evren hakkındaki bilimsel keşiflerle tutarlı kılacak bir yol bulmaktı.1927'de Albert Einstein'ın fikirleri ve denklemleri üzerinde çalışıyordu. Lemaitre, Einstein'ın kuramlarıyla uyumlu bir evren modeli yapmak istediğini iddia ediyordu. Başkaları da onun evrenin yaratılış anına izin verecek bir açıklama bulmaya çalıştığını söylüyorlardı. Büyük patlama kuramına o zaman ve halen yapılan çok az sayıdaki itirazların temelinde işte bu bilimin dinleştirildiği iddiası yatmaktadır.

Lemaitre, Einstein'ın denklemlerini incelerken kendisini çok heyecanlandıran bir şeyle karşılaştı. Einstein'ın denklemlerinin sonuçlarından biri de evrenin durgun ve değişmez değil dinamik olmasıydı. Einstein'ın evrenin kendi üzerine çökmesini engelleyecek, kütleler arası itme sağlayacak ve dolayısıyla evrenin durgun ve değişmez kalmasını sağlamak için ortaya attığı "evrenbilimsel sabit" için bir neden göremiyordu. Genişleyen bir evren düşünelim. Bu durumda, bu genişleme gücü çekim gücünü geçecek, evren her geçen gün daha büyük olacaktı. Şu halde, evren dün, bugünkünden daha küçüktü. Bir filmin geri

sarılması gibi düşünüp, zamanda geri gidersek, o halde, çok eskiden bir noktada, evren, olabileceği en küçük noktada olacaktı.

Lemaitre, bunun evrenin başlangıç noktası olabileceğini ortaya attı, yani kilisenin aradığı "yaratılış anı". Buna Lemaitre "ilk atom" adını verdi.

Einstein ise Lemaitre'nin fiziği pek anlamadığını ve evrenin ebedi ve değişmez olduğunun çok açık olduğunu söyledi. Ancak, Lemaitre iki yıla kalmadan evrenin genişlediği konusunda başka kanıtlara kavuştu. Haber Hubble'dan geldi. Galaksiler bizden uzaklaşıyor yani evren genişliyordu.

Einstein, zaten Hubble'ın çalışmasıyla ilgileniyordu. Hubble'ı Mount Wilson Gözlemevinde ziyaret ettiği gün, Lemaitre, Einstein ve Hubble 'a kendisinin "ilk atom" fikrini adım adım anlatarak "evrenin dünü olmayan günde" yaratıldığını söyledi. Lemaitre sözünü bitirdiğinde Einstein ayağakalkmış ve o anda duyduğu şeyin " o güne kadar dinlediği en güzel ve tatmin edici yorum" olduğunu bildirmiş ve "kozmozolojik sabiti yaratmanın hayatının en büyük hatası olduğunu" itiraf etmiştir. (Son zamanlarda yapılan bazı gözlemler,aslında küçük,evrensel bir sabitin bulunabileceğini göstermektedir.)

Einstein ile hemfikir olmayan bilim adamlarına evrenin bir atomdan daha küçük bir şeyden büyüdüğü fikri ciddiye alamayacakları kadar olanaksız görünüyordu. Bu kurama karşıt seçenek olarak "kararlı durum kuramı" adı verilen modeli ortaya atıldı. Hermann Bondi, Thomas Gold ve Fred Hoyle tarafından oluşturulan bu kurama göre, evrenin ortalama yoğunluğunu sabit tutmak amacıyla, genişleyen evrende boşlukları doldurmak üzere, yeni yıldızlar doğuyordu. Gözlemler ile uyuşmayan bu kurama asıl yıkıcı darbe 1965'te evrensel arka alan ışınması'nın bulunmasıyla geldi.

Fred Hoyle, bir radyo konuşması sırasında "Eğer evren sıcak bir big bang (büyük patlama) ile başlamışsa o zaman bu patlamanın bir kalıntısı olmalı. Bana bu big bang'in bir fosilini bulun" derken kuramla alay etmek için kullandığı bu ad ne garip bir tecellidir ki, kuramın adı olarak kaldı. 1948'te Hoyle'in arkadaşları ile kararlı durum kuramını ortaya attığında bir başka fizikçi grubu da karşı bir kuram hazırlığı içindeydiler. Hoyle için 1948 unutulmaz bir yıl oldu.

George Gamow ve öğrencisi Ralph Alpher 1948'te eğer bir büyük patlama varsa, Hoyle'ın sözünü ettiği fosilin de var olması gerektiği sonucuna vardılar. Onlara göre, evren, büyük patlamadan sonra her yöne genişlediğinden, bu alçak düzey arka alan ışınması bakılan her yönde mevcut olmalıydı. Yaptıkları hesaplar, bu ışımının mutlak sıfırın birkaç derece üzerinde olması gerektiğini gösteriyordu.

Gamow, yüksek bir mizah anlayışına sahipti. Yayınladıkları tezin yazarları arasına ilgisi olmamasına rağmen Hans Bethe'yi de aldı. Amacı, evrenin ilk anlarını tanımlayan bu kuramı Yunan alfabesinin ilk üç harfiyle benzeştirmekti. Alpher, Bethe ve Gamow , alfa, beta ve gama oluyordu.

Hoyle'ın bulunamayacağına emin olduğu fosil ışınımını bulup, kendilerine bir Nobel ödülü kazandırmak amacıyla Robert Dicke ve ekibi Princeton Üniversitesi yakınlarında araştırma yapıyordu. Test çalışmalarını bitirip, öğle yemeği için sandviçlerini çıkarttıkları sırada telefon çaldı. Arayan, az ileride araştırma yapan Bell Telefon Şirketi'nden iki kişi idi. Bir sorunları vardı.

Uydudan gelen sinyallerin yayınlanmasına hazırlık yapıyorlardı. Birçok kez kontrol ettikten sonra alıcıyı çalıştırdılar. Fakat bir parazit vardı. Arno ve Penzias alıcıyı başka yönlere çevirdiklerinde de parazitin devam ettiğini gördüler. Demek ki arıza alıcıdaydı. Kontrolleri tekrar yaptılar, denediler fakat parazit devam ediyordu. Bunun üzerine alıcının borularını kontrol etmeye karar verdiler. Gerçekten de dev boruların içine kırlangıçlar yuva yapmıştı. Sorun bulunmuştu. Kuşları çıkarıp temizledikten sonra hazır olan alıcıyı denemek üzere aşağı indiler. Fakat parazit duruyordu.

Buldukları parazitin sıcaklığı sabitti ve her yerde mutlak sıfırın üç derece üstündeydi. Dicke, telefonu kapattıktan sonra "çocuklar! atladık!" dedi. Evrensel Arka Plan Işınması'nı raslantı ile bulan Arno Penzias ve Robert Wilson 1978' te Nobel ödülünü kazandı.

Tam bu sırada Stephen Hawking doktora tezi yapmak üzereydi. Bu olay Hawking'in doktora tezini büyük patlama kuramı ve Einstein'ın görelilik kuramı üzerine yapması için esin kaynağı oldu. Hawking Oxford Üniversitesindeki Roger Penrose'un Einstein'ın kuramları hakkında ne düşündüğünü öğrenmeye gitti. Penrose, Einstein matematiğinin bir başka varsayımı üzerinde çalışıyordu. Çekim,

büyük miktarlardaki maddeyi çekerek, giderek daha yoğun ve küçük bir noktaya dönüştürüyordu ki o buna "tekillik" adını vermişti. Penrose, aslında karadeliği tanımlıyordu ve deliğe düşen her şey bir tekillik olarak sıkışmak zorundaydı.

Bu durum Hawking'e de bir görüş sağladı. Zamanın yönünü değiştirerek ve Penrose'un tanımladığı olayı geri çevirerek Büyük Patlama için mükemmel bir model oluşturabileceğini gördü. Hawking, Einstein'ın matematiğinde Lemaitre'nin ilk atomuna tekabül eden şeyin bir tekillik olduğunu iddia etti. Bu büyük patlama dışarı doğru patlayacak, kara deliğin dinamiğinin tersinin yaratacak ve geliştikçe maddeyi ortaya çıkaracaktı.

Hawking ve Penrose, 1970 'de yayımladıkları bildiride, Einstein'ın matematiği doğru ise tekilliğin bir kara deliğin sonucu olması ve evrenin başlangıcında olması gerektiğini matematiksel olarak gösterdiler.

Evrensel arka alan ışınması, Evrendeki hidrojen, helyum, döteryum, lityum gibi elementlerin bulunma yüzdeleri, evrenin genişlemesi gibi tesbitler, büyük patlama kuramını destekleyen en önemli gözlemlerdi. Geçtiğimiz yıllarda evrenbilimciler büyük patlamaya dördüncü bir kanıt buldular. Bu veri evrenin 1-2 milyar yaşında olduğu zamana ait. Bu zamanda yıldızlar şiddetle yanıyor ve patlamanın ilk anlarında oluşmuş olan hidrojen ve helyuma elektron kaybettiriyordu. Buna "yeniden iyonlaşma" evresi deniyordu. Büyük Patlama kuramı bu evreyi öngörüyordu. Son zamanlarda HE2347-4342 kuasarı üzerine uluslararası bir ekibin yaptığı çalışmalar bu gerçeği doğruladı. Kuasarın çevresi yeniden iyonlaşma evresinde idi.

Büyük patlama kuramı, fizik için bir devrimdi. Çünkü fizik yasalarımız ve tabii ki genel görelilik evrenin düz olduğu varsayımına dayanarak oluşturulmuştur. O halde, tekillik gibi uzay-zaman eğriliğinin sonsuz olduğu noktalarda kendi geçersizliğini ilan etmiştir. Fizik yasaları evrenin başlangıç anını tanımlayamıyorsa, fizik nasıl her şeyi açıklayabilirdi?

Hawking, Zamanın Kısa Tarihi adlı çalışmasında şöyle dedi: "Büyük patlama kuramına karşı çıkışlar da oldu. Bunların bir bölümü determinizme Marksçı bağlılıklarından dolayı Ruslardan, bir bölümü de tekillik düşüncesini Einstein'ın kuramının güzelliğini bozduğunu düşünenlerden geldi. Ama matematik üzerinde

fazla tartışılamaz. Sonunda çalışmamız kabul gördü ve bugün hemen hemen herkes evrenin büyük patlamayla başladığına inanıyor.”

Hawking'in , Lemaitre'nin ortaya attığı kuramın kanıtlanmasından memnun olan Vatikan, Hawking'e Papalık Madalyası verdi.

Büyük patlama kuramı ilk haliyle bazı soruları yanıtlamada başarısız idi. Bunlar:

1. Evren, niçin büyük ölçekte düzgün ve bir biçimlidir?
2. Evren, niçin kritik hızla genişlemeye başladı?
3. Evrendeki yapıları oluşturan başlangıçtaki küçük yoğunluk farkları nasıl oluştu?

şişen Evren

Bu sorunları ozmek ve çok sayıdaki durumların bugünkü evrenle sonuçlanabileceğini göstermek amacıyla Alan Guth, şişen evren modelini ortaya attı. Bu kurama göre evren, saniyenin çok küçük bir kesrinde, ışık hızından çok daha hızlı biçimde, 10^{30} kat büyümüştür. Giderek artan bir hızla genişleyen evren bugünkü gibi düz bir evren ortaya koyacaktır. Böyle bir evrenin ilk aşamalarında, ışığın bir bölgeden diğerine ulaşabilmesi için yeterli zaman olacak ve evrenin başka başka bölgelerinin niçin bu aynı olduğunu açıklayacaktır. Ayrıca, evrenin genişleme hızı kendiliğinden kritik hıza çok yakın olacaktır. Son bulgular da (Haziran 2004-WMAP uydusu) evrenin yoğunluğunun kritik yoğunluğun $\% 100 \pm \%1$ 'i kadar olduğunu göstermiştir. Bu değer de evrenin büyük çatırtı ya da başka bir sondan hangisine doğru evrildiği konusunu şimdilik muamma olarak bırakmaktadır. Evrenin neredeyse düz bir yapıda olması, evrenin illa düz bir sayfa gibi bir geometriye sahip olmasını gerektirmez. Yapılan topolojik çalışmalar göstermiştir ki simit gibi bir geometriye sahip evren de düz olabilir. Evrenin geometrisi henüz bilinmemektedir.

Başlangıçtaki yoğunluk farklarının sebebi de Heisenberg'in belirsizlik prensibi olacaktır.

Daha sonra Rus fizikçi Andrei Linde, Alan Guth'un kuramındaki bazı aksaklıkları görerek "yeni şişen modeli" ortaya koydu. Ancak, Hawking ve bazı bilimadamları bu modeldeki yanlışlıkları gösterdiler. Bunun üzerine Linde, 1983'te "karmakarışık şişen model"i ileri sürdü. Bu model şimdilik gözlemlerle uyumlu görünmektedir.

Hawking'e göre bu modeller, evrenin çok sayıdaki ilk durumdan bugünkü durumuna ulaşabileceğini göstermektedir. Bu, evrenin ilk durumunu büyük bir dikkatle seçilmiş olmasının zorunlu olmadığını göstermektedir. Ancak, yine de her ilk durum, gözlemlediğimiz evreni oluşturamaz. Şişen evren modeli bile, evrenin ilk durumun gözlemlediğimizden çok farklı olamayacağını söyler. O halde, evrenin temelinde yatan bu seçim nereden gelmiştir?

Klasik genel göreliliğin denklemlerine göre, evrenin başlangıcında bildiğimiz fizik yasalarının çöktüğü bir tekilik var olmalıdır. Bugünkü kuramlarımız ile evrenin birinci saniyesinden itibaren olayların nasıl geliştiğinden bir kuşumuz olmamasına rağmen, bundan öncesinde belirsizlikler vardır. Evrenin küçük boyutlarda olduğu, dolayısıyla kuantum etkilerinin çok önemli olduğu noktalarda fiziğimiz yetersiz kalmaktadır. Bu noktaların anlaşılabilmesi için genel görelilik kuramı ile kuantum kuramını birleştiren çekimin kuantum kuramına yani "Herşeyin Kuramı"na ihtiyacımız var.

Herşeyin kuramı fiziğin bilinen dört büyük kuvvetini birleştirerek, evreni daha iyi anlamamızı sağlayacak, bize evrenin sırlarını açacaktır.

Formüllerin babası

Bu kuramın en azından neleri içermesi gerektiğini biliyoruz. Birincisi Feynman'ın geçmişler toplamı, diğeri ise Einstein'ın genel görelilik kuramıdır.

Modern anlamıyla fiziğin başlangıcı olarak, Galileo'nun 400 yıl kadar önce hareketin kinematik özellikleri üzerine yaptığı çalışmaları alabiliriz. Galileo deneysel yöntemi ve doğrudan gözlem yöntemini kullanarak, yaklaşık iki bin yıldır kabul gören (ancak tümüyle yanlış olan) Aristo'ya ait fizik yasalarını değiştirmiş oldu. Kinematik yasalarının bulunmasından kısa bir süre sonra (50 yıl kadar) Isaac Newton, hareketin dinamik yasalarını ortaya attı. Galileo'nun bulduğu kinematik yasalarıyla birlikte bu yasalar, "mekanik" in temel yasaları olarak adlandırıldılar. Tarihsel olarak ilk "birleştirme" diyebileceğimiz çalışma, yine Newton tarafından yapıldı. Kütleçekim yasasıyla Newton, yeryüzünde dalından düşen bir elmanın hareketiyle gökyüzündeki yıldızların hareketinin aynı fizik yasasıyla açıklanabildiğini gösterdi. Newton'un yaşadığı çağda, bilinen tek bir kuvvet vardı: Kütleçekim kuvveti. Bu nedenle 19. yüzyıla değin, birçoklarınınca Newton'un mekanik ve kütle çekim yasalarının evrendeki her olayı açıklayabileceği varsayıldı. Ancak 19. yüzyılın başında yeni bir kuvvetin varlığı, kuramsal ve deneysel olarak incelenmeye başlandı. Antik çağlardan beri, bir kumaşa sürülen kehribar çubuğun ufak talaş parçalarını çektiği biliniyordu. Ayrıca, pusula çok uzun zaman önce bulunduğu halde, pusulanın çalışmasını mümkün kılan kuvvetin ne olduğu kuramsal olarak bilinmiyordu.

19. yüzyılın başında Oersted, Weber, Ohm, Ampere ve Faraday, elektrik (kehribar kuvveti) ve mıknatıslarla yaptıkları çalışmalarla bu iki yeni kuvvetin doğasını bir miktar aydınlattılar. Elektrik ve manyetizma üzerine yaptığı çalışmalardan sonra Faraday, bir süre bu kuvvetleri tanımlayan denklemlerle mekanik yasalarının birleştirilip birleştirilemeyeceğini inceledi. Ancak bu araştırmasında başarısız oldu. Bu türden radikal bir kuram için henüz çok erkendi. Faraday'ın bu çalışmalarından kısa bir süre sonra bir başka İngiliz fizikçi, James Clerk Maxwell(1831-1879, farklı gibi görünen elektrik ve manyetik kuvvetlerin aslında aynı kuvvetin farklı görünüşleri olduklarını gösterdi. Elektrik ve manyetik kuvvetleri birleştirerek elde edilen "elektromanyetizma" kuramı, modern anlamda ilk birleşik kuramıdır.

Ancak, henüz kimse Maxwell'in kuramıyla Newton'un kuramını nasıl birleştirebileceğini bilmiyordu. Maxwell'in kuramı, ışığın bir elektromanyetik dalga olduğunu ve hızının da elektromanyetizma kuramındaki iki sabit cinsinden ifade edilebildiğini öngörüyordu. Maxwell'in kuramından çıkarılan bu sonuçlar 20.yüzyılın başında fizikteki en önemli problemlerden ikisine yol açtı. Bu problemlerden biri, ışığın içinde hareket ettiği ortamla ilgiliydi ve fizikçilerin büyük bir çoğunluğu bu ortamın "ether" (esir) adı verilen bir akışkan olması gerektiğine inanıyordu. Diğer problemse, ışığın hızının gözlemcinin hareket hızına bağlı olup olmadığıydı. Einstein,1905 yılında "özel görelilik" kuramıyla bu her iki soruya da yanıt verdi: Işık hızı gözlemcinin hızına bağlı değildi ve ether yoktu. Einstein'ın kuramı yalnızca bu problemlere yanıt vermekle kalmadı; aynı zamanda Newton'dan beri kabul görmüş olan mekanik yasalarını da değiştirdi. Newton'un yasaları, her gün karşılaştığımız olaylardaki hızlar için doğru sonuçlar veriyor; ancak ışık hızına yakın hızlarda, ışığın evrendeki en büyük hız olma ilkesiyle çelişiyordu.

Einstein özel görelilik kuramında, mekanik yasalarını yeni bir şekilde ifade etti ve klasik mekanik denklemlerini yüksek hızlar için de doğru sonuçlar verecek şekilde değiştirdi. Özel görelilik kuramını ortaya attıktan sonra Einstein dikkatini Newton'un diğer kuramına, kütleçekim kuramına yöneltti. Newton'ın kuramı özel görelilik kuramına aykırı olarak kütleçekim kuvvetinin "uzaktan etki" yoluyla cisimleri sonsuz bir hızda etkilediğini öngörüyordu. Ancak evrende sonsuz bir hız olamazdı.1917 yılında Einstein, Newton'un bu kuramını da geliştirdi ve kütleçekim kuvvetini tanımlamak için "genel görelilik kuramı"nı ortaya attı. Bu kuramda kütleçekim bir kuvvet olarak görülüyor; ancak uzay-zamanın, içinde bulunan kütleler dolayısıyla eğilmesinin bir sonucu olarak kabul ediliyordu. Uzaydaki bu eğilmenin dolaylı sonuçları, yapılan gözlemlerle desteklendi. Böylece genel görelilik kuramı özel görelilik kuramıyla birlikte, evrendeki büyük ölçekli yapıları en başarılı şekilde açıklayan kuram olarak kabul edildi. 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başında, fizikteki bir diğer yenilikse evrendeki küçük ölçekli yapılar hakkındaki kuramların geliştirilmesi oldu. Atom fikri kimyacılar arasında öteden beri vardı; ancak atomun doğası hakkında fiziksel bir kuram 19. yüzyılda oluşturulamamıştı.

Atom, maddenin bölünemez en küçük yapıtaşı olarak kabul ediliyordu. Ancak 1897’de Joseph John Thompson tarafından elektron ilk kez gözlenince, atomunda parçacıklardan oluşabileceği fikri gelişmeye başladı. Elektron, gözlemi yapılan ilk temel atom-altı parçacık olduğu için, 1897 yılı “parçacık fiziği”nin başlangıç yılı olarak kabul edilir. Bu keşiften üç yıl sonra, 19. yüzyılın son yılında, Max Planck, sonradan devrim yaratacak olan çalışmasında “kuantum” fikrini ortaya attı. Planck, kuantum fikrini kullanarak, o ana kadar anlaşılamayan karacisim ışınması probleminin çözülebileceğini gösterdi. Planck’ın kuantum fikrinden yola çıkan Einstein, ışığın enerjisi paketler halinde taşınması gerektiğini ileri sürdü. Planck, bu fikrin fizik bilimini derinden sarsacağını biliyordu. Ancak ışığın paketler biçiminde yayılması düşüncesi, Maxwell’in elektromanyetizma kuramında ileri sürüldüğü gibi, ışığın dalga biçiminde yayılması fikriyle çelişiyordu. Maxwell’in kuramının doğruluğu deneylerle gösterildiğine göre, kuantum fikrinde henüz ayırımına varılamamış önemli bir sorun olmalıydı. Ancak ilerleyen yıllarda Einstein, Compton ve Raman tarafından yapılan çalışmalar gösterdi ki, ışığın kuantumlardan oluşması fikri kullanılarak, ışığın dalga kuramıyla açıklanamayan bazı fiziksel olaylar açıklanabilir.

Niels Bohr’un kuantum fikrini kullanarak yaptığı atom modeli, hidrojen atomunun ışın spektrumunu çok yüksek bir kesinlikle açıkladı. Bu model yapıldıkadan proton da gözlenmiş ve protonlarla elektronları içeren bir atom modelinin Rutherford saçılmasını açıklayabileceği gösterilmişti. Ancak hâlâ kuantum kuramının temel denklemleri bilinmiyordu. Louis de Broglie’nin, her bir parçacığa karşılık bir dalga olabileceği fikrinden yola çıkan Erwin Schrödinger, böyle bir denklem yazdı. Ancak kuramın Schrödinger denklemiyle yapılan matematiksel ifadesi (formülasyonu) hâlâ bazı temel problemlerin çözümü için yeterli değildi. Sonunda 1927 yılında Brüksel’de toplanan konferansta “kuantum mekaniği”nin matematiksel temelleri atıldı. Bu konferansta Niels Bohr ve Werner Heisenberg “dalgaparçacık ikilemi” fikrini ve “belirsizlik ilkesi”ni ortaya attılar. Heisenberg’in bulunduğu kuantum kuramını matrislerle ifade etme yöntemi, kuantum kuramını sağlam matematiksel temellere oturttu. Böylece 1930’lu yıllara gelindiğinde fizikte iki önemli kuram vardı: Genel görelilik kuramı evrendeki büyük ölçekli yapılarla, kuantum kuramıysa evrendeki küçük ölçekli yapılarla ilgiliydi.

Bu iki kuram da birçok gözlem ve deneylerle desteklenmiş olmalarına karşın hâlâ tam olarak anlaşılammış özelliklere sahiptiler. Schwarzschild ve daha sonra birçokları, genel görelilik kuramının fiziksel olarak kabul edilemez tekil çözümler içerdiğini göstermişlerdi. Einstein, kuramdan bu tür sonuçlar elde edilmesinin, kuramın hâlâ tam anlamıyla tanımlanmadığı anlamına geldiğine işaret etti. Daha iyi tanımlanmış bir kuram bu tür fiziksel olmayan sonuçlar içermeyecekti. Benzeri şekilde kuantum kuramı da atom ölçeğinde çok başarılı olmasına karşın, daha büyük ölçeklerde, gözlemlerle çelişen sonuçlar veriyordu. Bunlara ek olarak her iki kuramın ayrıntıları incelendikçe, aslında bazı fiziksel durumlar için birbirleriyle çelişen sonuçlar verdikleri görüldü. Bu çelişkileri giderecek ve her iki kuramı da kapsayarak evrenin hem büyük ölçekli hem de küçük ölçekli yapılarını açıklayabilecek bir kuram gerekliydi artık. Einstein, hayatının son yirmi yılında böyle bir kuram geliştirmeye çalıştı. Ancak böyle bir kuram için hâlâ çok erkendi ve Einstein dünyaya penceresini kapatıp bu kuramı bulmakla uğraşırken diğer fizikçiler çok önemli ilerlemeler kaydettiler.

Bu ilerlemelere geçmeden, önce Theodor Kaluza tarafından ortaya atılan ve sonra Oscar Klein tarafından geliştirilen başka bir birleşik kuram fikrinden bahsetmek yerinde olur. Kaluza, Einstein'ın genel görelilik kuramını dört yerine beş boyutta tanımladı ve gösterdi ki eğer beşinci boyut bir çember şeklinde alınır ve sonra çemberin yarıçapı sifıra gönderilerek beşinci boyut yok edilirse, geriye Einstein'ın dört boyutlu genel görelilik kuramı ve Maxwell'in elektromanyatizma kuvveti kalır. Böylece Einstein'ın ve Maxwell'in kuramları birleştirilmiş olur. Ancak bu kuramın dört boyutta istenilen kuramlara ek olarak, fiziksel olmayan birçok (sonsuz tane) parçacık da içerdiği anlaşıldı. Kaluza ve Klein bu problemin üstesinden gelemediler ve sicim kuramı ortaya çıkana kadar bu fikir rafa kaldırıldı. Sicim kuramları dörtten yüksek boyutlarda tanımlanırlar ve bilinen dört boyutlu fiziğe ulaşmak için Kaluza ve Klein'ın bu dahiyane fikirleri çok kullanışlıdır. Einstein birleştirilmiş alan kuramıyla uğraşırken, fizikteki ilerlemelerden birisi Paul Dirac tarafından yapıldı: Dirac, elektronun hareketini tanımlayan ünlü denklemini yazdı. Bu denklem aynı zamanda özel görelilik kuramının kuantum mekaniğinde kullanıldığı ilk örnekti.

Bu arada Chadwick tarafından nötron da bulunmuş ve atomun içinde protonlar ve elektronlarla beraber nötronların da bulunduğu anlaşılmıştı. Bir diğer

ilerleme de Enrico Fermi tarafından yapıldı. Fermi ve çalışma arkadaşları, atomun çekirdeğinde proton ve nötronların birbirleriyle sadece kütleçekimsel ve elektromanyetik kuvvetlerle değil, aynı zamanda "zayıf" ve "şiddetli" diye adlandırılan çekirdek kuvvetleriyle de etkileştiklerini ileri sürdüler. Bunlardan zayıf çekirdek kuvveti, daha önce Antoine Henri Becquerel ve Curie'ler tarafından gözlenen radyoaktivitenin varolmasının nedeniydi. Şiddetli çekirdek kuvvetiyse çekirdekteki proton ve nötronları bir arada tutan kuvvetti. Fermi, zayıf çekirdek kuvvetinin bir ölçüde başarılı bir modelini yaptı; ancak şiddetli çekirdek kuvveti, uzun süre kuramsal açıklamaya direndi. Şiddetli çekirdek kuvvetinin kuantum kuramı yapılmadan önce elektromanyetik kuvvetin kuantum kuramı, Richard Feynman, Julian Schwinger, Freeman Dyson ve Sin-Itiro Tomonoga'nın çalışmaları sonunda ortaya atıldı. Bu kurama kuantum elektrodinamiği (KED) denmekte.

Bu kuram, bir "kuantum alan kuramı" şeklinde ifade edilmişti ve bir simetri grubunun varlığı, kuramın en önemli özelliğiydi. Kuramın kurucuları gösterdiler ki elektromanyetik kuvvet, aynı zamanda ışığında kuantumu olan foton tarafından taşınır. Foton, kütlesi olmayan; ama momentumu, de Broglie formülü uyarınca ışığın frekansıyla ilişkili olan bir parçacıktır. Şiddetli çekirdek kuvvetinin doğasıyla ilgili ilk önemli çalışma, Japon fizikçi Hideki Yukawa tarafından yapıldı. Ancak şiddetli çekirdek kuvvetinin kuantum alan kuramı şeklinde yazılması, Murray Gell-Mann tarafından gerçekleştirildi. GellMann (ve ondan bağımsız olarak Yuval Ne'eman), baryon sınıfından olan proton, nötron gibi parçacıkların belli bir simetri grubu içinde sınıflandırılacaklarını keşfetti.

Bu simetri grubunun özelliklerini kullanarak Gell-Mann, baryonların "kuark" adını verdiği daha temel parçacıklardan oluşması gerektiğini ortaya attı. Gell-Mann'ın, o zaman bilinen parçacıkları sınıflandırmak için gerek duyduğu üç kuark "aşağı", "yukarı" ve "garip" kuark olarak adlandırıldı. Örneğin proton, bir aşağı ve iki yukarı kuarktan oluşur. Sonraki yıllarda bulunan diğer parçacıklarla, gerek duyulan kuarkların sayısı altıya çıktı. "Tılsımlı", "alt" ve "üst" diye adlandırılan diğer üç kuark da yeni bulunan baryonların yapı taşları olarak öngörüldüler. Gell-Mann ayrıca şiddetli çekirdek kuvveti fiziğindeki diğer bazı bulguları açıklayabilmek için, kuarkların üç değişik "renk" durumuna sahip olması

gerektiğini ileri sürdü (burada bahsedilen "renk", ışığın oluşturduğu bilinen renkle yalnızca isim benzerliğine sahiptir).

Varlığı öngörülen kuarkların hepsi bugüne kadar gözlemlenmiş durumda. Ancak burada unutulmaması gereken nokta şu ki, şiddetli çekirdek kuvvetinin kuantum alan kuramına göre, kuarklar ancak baryonların içinde olabilirler; yani kuarkları tek başlarına elde edemeyiz. GellMann'ın kuramı sadece kuarkları değil, aynı zamanda şiddetli çekirdek kuvvetinin taşıyıcısı olarak sekiz adet "gluon"un da varlığını öngörür. (Gluonların varlığı, Gell-Mann'ın çalışmasından çok daha önce Yoishiro Nambu tarafından ileri sürülmüş, ancak bu düşünce o zaman pek ilgi görmemişti.) Gluonların hepsi elektromanyetik kuvveti taşıyan foton gibi kütesizdirler. Gell-Mann'ın, şiddetli çekirdek kuvvetini bir kuantum alanı olarak tanımlayan bu kuramından sonra, kuantum alan kuramı olarak yazılmamış yalnızca iki kuvvet kalmıştı: zayıf çekirdek kuvveti ve kütleçekim kuvveti.

1967 yılında da Londra Imperial College'den Pakistanlı fizikçi Abdus Salam ve Harvard'dan Steven Weinberg, tıpkı Maxwell'in yaptığı gibi iki kuvveti, elektromanyetik kuvvet ile zayıf çekirdek kuvvetini elektro-zayıf kuvvet olarak birleştirdi. Weinberg ve Salam'a göre düşük enerjilerde farklı parçacıklar gibi görünen foton ve kütleli vektör bozonlarının yüksek enerjilerde, 100 GeV'in üstündeki enerjilerde tek bir parçacık gibi davrandıklarını açıkladılar ve bu özelliğe "kendiliğinden bakışım(simetri) bozulması" adını verdiler. Salam ve Weinberg'e bu çalışmalarından dolayı 1979 yılında Nobel ödülü verildi.

Zayıf çekirdek kuvveti, elektromanyetik ve şiddetli çekirdek kuvvetlerinden farklı olarak, kütleli olan ve W^+ , W^- ve Z^0 olarak adlandırılan, üç parçacık tarafından taşınır. Bu parçacıkların kütleleri temel parçacık ölçeklerinde çok büyük olduğundan, zayıf çekirdek kuvveti yalnızca çok kısa uzunluklarda (atom çekirdeğinin 100'de biri kadar) etkilidir. Ancak zayıf kuvvetin kuantum alan kuramı oluşturulana kadar, bu tür kuramlarda kuvvet taşıyıcı parçacıkların nasıl kütleli hale getirilebileceği bilinmiyordu. Kuramdaki kuvvet taşıyıcı parçacıklara kütle kazandıran mekanizma, tam gerektiği anda Peter Higgs ve Thomas Kibble tarafından geliştirildi. Higgs ve Kibble'in önerdiği yöntemde, kuramdaki simetri "Higgs" adı verilen bir parçacık tarafından bozulur ve kuvvet taşıyıcı parçacıklar Higgs parçacığıyla etkileşerek kütle kazanırlar.

Güçlü çekirdek kuvvetinin "sonu gelmez özgürlük" adı verilen bir özelliği vardır. Bu özelliğe göre, düşük sıcaklıklarda çok güçlü olan bu kuvvet, yüksek enerjilerde zayıflamakta ve kuark ile gluonlar özgür olabilmektedir. Son yıllarda bilim adamları kuark-gluon plazması adını verdikleri olay ile yüksek enerjilerde bu parçacıkların jet adını verdikleri çıkışlarını gözlemlemişlerdir.

Güçlü çekirdek kuvvet sonu gelmez özgür özelliği taşıdığı için yüksek enerjilerde zayıflarken, elektromanyetik kuvvet ve zayıf çekirdek kuvveti yüksek enerjilerde kuvvetlenmektedir. Böylece bu üç kuvvet çok yüksek enerjilerde tek bir kuvvet gibi görünebilirler. Biz, bu üç kuvvetin birlesimine BBK- Büyük Birleşik Kuvvet adını vermekteyiz.

Higgs mekanizması Weinberg ve Salam tarafından ustaca kullanıldı. Ortaya attıkları kuram yalnızca zayıf çekirdek kuvvetini tanımlamakla kalmıyor, aynı zamanda elektromanyetik kuvveti de içeriyordu. Diğer bir deyişle, Weinberg ve Salam elektromanyetik ve zayıf çekirdek kuvvetlerinin kuantum ifadelerini aynı kuramda birleştirdiler. Bu nedenle bu kurama "elektrozayıf kuramı" ismi verildi. Elektrozayıf kuramı ve Gell-Mann'ın şiddetli çekirdek kuvvetini tanımlayan "kuantum renk dinamiği" kuramı beraberce doğada gözlenen üç kuvveti (elektromanyetik kuvveti, zayıf ve şiddetli çekirdek kuvvetlerini) ve maddeyi oluşturan temel parçacıkları başarıyla açıklar. Bu iki kurama birlikte "standart model" deniyor. Standart modele göre madde leptonlardan (elektron, muon, tau ve bunların nötrinoları) ve kuarklardan oluşuyor. Bunlardan başka, yukarıda bahsedilen kuvvet taşıyıcı parçacıklar ve Higgs parçacığı var. Kuramda doğal olarak bulunmasa da kütleçekim kuvvetinin taşıyıcısı olarak öngörülen "graviton" parçacığı da bu listeye dahil ediliyor. Standart model deneylerle başarıyla sınanmış ve Higgs parçacığı dışında kuramın öngördüğü bütün parçacıklar gözlenmiş durumda. Bu nedenle standart model, parçacık fiziğinde ve birleşik kuramlarda gelinen en başarılı nokta. Ancak, standart model kütleçekimi kuramını içermiyor (graviton, standart modelin doğal bir üyesi değil). Bu nedenle birleşik kuramı oluşturma amacı açısından standart model son nokta sayılamaz.

Kütleçekim kuvveti Einstein'ın genel görelilik kuramınca tanımlanır. Bu kuvvetin de kuantum alan kuramı şeklinde yazılmasına çalışılmış ancak bu çabalar hep başarısızlıkla sonuçlanmıştı. Bu tür kuramlara "kuantum kütleçekim

kuramları" denir. Kütleçekimini standart model içine dahil etmenin yanı sıra, diğer bir yaklaşım da standart model içindeki değişik kuvvetlere karşılık gelen simetri gruplarını, daha büyük bir simetri grubu içinde birleştirmek. Bu tür büyük simetri grubu içeren kuramlara "büyük birleşik kuramlar" (kütleçekimi içermedikleri halde) denir. Standart modelden daha sonra ileri sürülen hiçbir kuantum kütleçekim kuramı ve hiçbir büyük birleşik kuram, beklenildiği kadar başarılı olmadı.

Einstein, son yıllarında zamanın çoğunu " Herşeyin Kuramı" nı bulmak için geçirmesine rağmen başarılı olmadı. Ancak, artık Einstein'ın zamanına göre evren hakkında daha çok şey biliyoruz. Einstein, kuantum kuramına inanmayı reddetmişti ama biz eğer bir herşeyin kuramı varsa bu kuramın kuantum kuramını içermesini biliyoruz.

1928'te Nobel ödüllü fizikçi Max Born şöyle demişti: " Bildiğimiz biçimiyle fizik, altı ayda bitmiş olacaktır." Bugün ise fiziğin birleştirilmesi amacıyla farklı kuramlar ortaya koyuyoruz.

Sicimlerden oluşan evren

Bu durum fizikçileri yeni arayışlara ve süpersimetri, süper kütleçekimi, süpersicim, süperzar ve M-kuramı gibi daha büyük simetriler içeren, bazılarında temel konusu parçacık olmayan kuramlar geliştirmeye itti. Bu kuramlar arasında süpersicim ya da yeni ismiyle M-kuramı, herşeyin birleşik kuramı olma yolunda en ümit vereni.

Bunlardan biri de süper simetri kuramıdır. Süper simetri, sıradan sayı gruplarının hem de Grassmann boyutlarının düz olduğu madde alanları ve Yang-Mills alanlarındaki sonsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla düşünüldü. Süper simetrinin sonuçlarından biri, her parçacığın kendisinininkinden $\frac{1}{2}$ büyük veya $\frac{1}{2}$ küçük bir spine sahip bir "süper eş" inin bulunmasını gerektirir.

Bütün parçacıkların spin adı verilen, farklı yönlerden görünüşü ile ilgili bir özelliği vardır. Spin, açısal momentum ile ilgili bir konu olup zihnimizde canlandırabileceğimiz dönme eyleminden farklı bir özelliktir. Yine de

canlandırmada kolaylık olarak, 360 derece döndüğünde aynı görünen bir parçacığın spini 1'dir, eğer parçacık 180 derece döndüğünde aynı görünüyorsa spini 2'dir, eğer tam iki kez döndüğünde aynı görünürse spini $\frac{1}{2}$ 'dir diyebiliriz. Doğada gördüğümüz tüm parçacıklar $\frac{1}{2}$ spinlidir.

Evrendeki tüm parçacıklar iki gruptan birine, fermiyonlara veya bozonlara aittir. Fermiyonlar $\frac{1}{2}$ ve bunun katlarına sahip spinlidirler. Bozonların spini ise tam sayılardır. 0, 1,2 gibi.

Fermiyonlar çevremizdeki sıradan maddeyi meydana getirir. Bozonlar ise fermiyonlar arasındaki daha önce bahsettiğimiz kuvvetleri oluşturan parçacıklardır. Taban durum enerjileri artı değerlidir. Süpersimetri kuramının, her bir bozonun veya fermiyonun kendinden $\frac{1}{2}$ büyük veya $\frac{1}{2}$ küçük spinli bir süper eşi olduğunu savunduğunu söylemiştik.. Mesela, bir bozon olan fotonun spini "1" dir. Fotonun süper eşi $\frac{1}{2}$ spinli "fotino" dur. Bu onu fermiyon yapar, bu nedenle taban durum enerjisi eksi değerlidir. Bozonların eksi değerli taban durum enerjisine sahip olması ve fermiyonların artı değerli taban durum enerjisine sahip olması ile, taban durum enerjileri birbirini etkisiz kılarak, sonsuzlukları ortadan kaldırır.

Süpersimetrik sicim kuramı adı verilen diğer bir kuramın da kütleçekim ile kuantum kuramını birleştirmenin yolu olduğu düşünülüyordu. Sicimler, tek boyutta uzanan, tek boyutta uzanan 10^{-35} metre uzunluğundaki nesnelere dir. Sadece uzunlukları vardır. Sicimler, arka plandaki bir uzay- zamanda hareket ederler. Bu sicimlerin uçları olabilir veya kapalı ilmiklerle kendileri ile birleşebilirler.

Sicim kuramında sicimler, tıpkı bir keman teli gibi, dalga boyları iki uca tam olarak denk gelen, belirli titreşim desenlerini veya rezonans frekanslarını destekler. Nasıl keman tellerinin farklı rezonans(tınlaşım) frekansları farklı notalar çıkarırsa, bir sicimin farklı salınımları temel parçacıklar olarak yorumlanan farklı kütleler ve kuvvet yüklerine neden olur. Kabaca, sicimdeki salınımın dalga boyu ne kadar kısa olursa parçacığın kütlesi de o kadar büyük olur.

Sicimlerin "Herşeyin Kuramı" olduğu iddia ediliyordu. Ancak varolan beş adet sicim kuramı vardı. Hangisi doğru idi? Ayrıca bir uzay ve bir zaman

boyutuna sahip yüzeyler şeklinde tanımlanan sicimler bunun ötesinde nasıl denkleştirilebilirdi? Sicimler arka plandaki uzay-zamanı bükmez miydi?

Sicim kuramının her şeyi açıkça ortaya çıkarmadığı 1985'ten sonra belirginleşti. Başlangıç olarak, sicimlerin birden fazla boyutta uzatılabilen nesnelere meydana gelen geniş bir sınıfın sadece bir elemanı olduğu anlaşıldı. Cambridge Uygulamalı Matematik ve Kuramsal Fizik bölümünden Paul Townsend bunlara "p-zar" adını verdi. Bir p-zarın p boyutta uzunluğu vardır. Buna göre $p=1$ olan sicimdir. $P=2$ olan zar bir yüzeydir.

Bütün p-zarlar, 10 veya 11 boyuttaki süper kütleçekim kuramı eşitliklerinin çözümleri olarak bulunabilir. Bu 10 veya 11 boyutun 6 veya 7 adeti kıvrılarak çok küçülmesi nedeniyle biz fark edemeyiz. Biz, sadece geri kalan dört boyutun farkına varabiliriz.

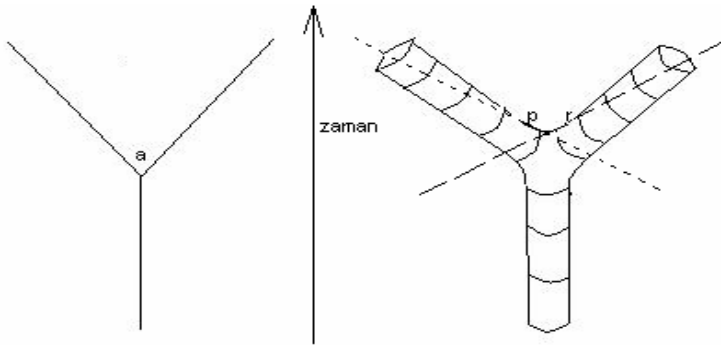
Hawking'e göre "ek boyutlar gerçekten var mı?" sorusunun bir anlamı yoktur. Sadece, bir pozitivist olarak, bu ek boyutların evrenin iyi bir tanımını sağlayıp sağlamadığı önemlidir. Ancak, bu 11 boyutu ciddiye almamız gereken bir neden vardır. O da, 11 boyutlu süper kütleçekim kuramı ile diğer beş adet sicim kuramı arasında "ikilikler" adı verilen ilişkiler ağı olmasıdır. Bu bize, aslında hepsinin, tek bir kuram olan "M - Kuramı"nın farklı görünüşleri olduğunu gösterir.

Çünkü süpersicim kuramları diğer kuantum kütleçekim kuramlarının aksine, kütleçekim kuvvetini taşıyan parçacığı (graviton) doğal olarak içerirler. Ayrıca süpersicim kuramlarında bilinmeyen parametreler, standart modele göre çok daha az; bu da kuramın tahmin gücünü çok yükseltir. Ünlü süpersicim kuramcısı Edward Witten'in dediği gibi "Nasıl görelilik kuramları ve kuantum kuramı 20. yüzyılın kuramları oldularsa, süpersicim kuramı da 21. yüzyılın kuramı olacaktır"

Standart modellerle genel göreliliği birleştirmekse çok zor bir iş; çünkü, kuvvet tanımları birbirinden tümüyle farklı. İlkinde kuvvet foton, gluon gibi bozonların değiş tokuşu olarak, ikincisindeyse uzay-zamanın geometrisindeki çarpılmalarla açıklanıyor.

İşte Sicim/ M Kuramı, bu olanaksız görünen problemi çözerek büyük bir heyecan yarattı.

Sicim kuramının ana varsayımı, maddenin yapıtaşlarının nokta parçacıklar değil, 1-boyutlu sicimler olduğu. Bu sicimler ayakkabı bağı gibi açık ya da bir halka şeklinde kapalı olabilirler. Sicimler olağanüstü kısa. Tipik uzunlukları 10-33 cm. Bu öylesine küçük bir sayı ki, gündelik hayatımızda ve hatta standart modelde bu uzunluğu ihmal edip sicimleri bir noktaymış gibi düşünebiliriz. Ancak kuramsal hesaplamalarda bu sayı birazdan anlatacağımız önemli farklara yol açmakta. Bir keman telinin değişik titreşimlerinin değişik sesler vermesi gibi, bir sicimin de farklı titreşim kipleri (modları) var. Her bir kip, farklı bir kütle ve farklı kuantum özelliklerine sahip. Böylece, doğada gördüğümüz nötron, proton gibi parçacıkları tek bir sicimin değişik titreşimleri gibi düşünebiliriz. Bu, elbette son derece güzel, bütünleştirici bir resim. Bu kiplerin sayısının sonsuz olmasına karşın bu kadar çeşitli sayıda parçacık görmüyor olmamız, ilk bakışta öyle görünse bile bir çelişki değil. Çünkü bu kiplerin büyük bölümü, parçacık hızlandırıcılarında bile karşılaşmadığımız çok yüksek enerjilerde gözlenebilirler. Noktasal bir parçacık, uzay-zamanda hareket ettiğinde 1 boyutlu bir çizgi çizerken, bir sicim 2-boyutlu bir yüzeyi tarar. Bu durum kuantum alan kuramı hesaplarında rastlanılan bazı sonsuzluklardan kurtulmamızı sağlar.



Tek bir temel parçacık ikiye bölünse (solda), bu olay uzay zamanda kesin bir yerde meydana gelir. Bir sicimse ikiye bölündüğünde (sağda) gözlemciler göre bunun ne zaman ve nerede gerçekleştiği tartışma konusu olabilir. Noktalı çizgiyi mutlak zamanın yüzeyi kabul eden gözlemci, bölünmenin uzay zamandaki p

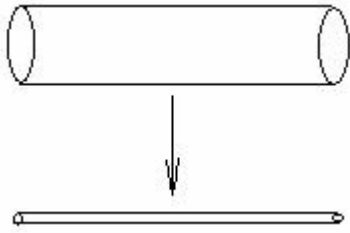
noktasında gerçekleştiğini görür. Kesikli çizgiyi yüzey kabul eden gözlemciye göreyse bölünme r noktasında meydana gelmiştir.

İlk şekilde 'a' noktası tekil bir nokta. İki parçacık belli bir konumda ve zamanda çarpışmakta. İkinci şekildeyse, sicimlerin etkileştikleri an ve konum artık bir nokta değil, bir yüzey; yani belirsiz. Böylece, o tekil noktanın hesaplamalarda yarattığı sonsuzluk probleminden kurtulunmuş olunuyor.

Bu sonsuzluklar, genellikle "renormalizasyon" denen bir yöntemle zararsız hale getirilebilir; ama standart modeller genel göreliliği birleştirmeye kalkıştığımızda bu yöntem işe yaramaz. Wolfgang Pauli'nin keşfettiği ilkeye göre, aynı kuantum özelliklerini taşıyan iki fermiyon bir arada bulunamazken, bozonlar için böyle bir kısıtlama söz konusu değil. İki katı cismin birbirinin içinden geçememesinin nedeni, bu prensip gereğince fermiyonların birbirini itmesi. Yukarıda da belirtildiği gibi, bir sicimin her bir titreşim kipi, değişik kuantum özelliklerine sahiptir. Yalnızca bozonik kipleri aldığımızda, sicim kuramının kuantum mekaniğiyle tutarlı olabilmesi için uzay zamanın 26 boyutlu (1 zaman, 25 uzay) olması gerekir. Burada, bir fizik kuramının uzay-zamanın boyut sayısını belirlediğini görüyoruz. Gerçi 26, bizim algıladığımız 4 (3+1) boyuttan oldukça uzak bir sayı; ama birazdan bunun nasıl mümkün olabileceğini göreceğiz. Bir fizik kuramında her bozona (fermiyona) karşılık gelen, aynı kütleye sahip bir fermiyon (bozon) varsa bu simetriye "süpersimetri" denir. Ancak kütlelerin aynı olması çok yüksek enerjilerde bunlar arasındaki simetrinin kırılmamış olması durumunda geçerli. Oysa, günümüz hızlandırıcılarında oluşturulabilen enerji düzeylerinde, aradaki simetrinin kırılmış olduğu düşünüldüğünden, bozon ve fermiyonların karşı gruptan eşlerinin daha ağır olması gerekiyor. Bu nedenle, bu kuramsal parçacıkların adlarına "süper" takısı ekleniyor. Örneğin, böyle bir kuramda kuarklarla beraber skuarklar; fotonlarla birlikte fotinolar olmalıdır. Bu, standart modeldeki parçacık sayısının 2 katına çıkması demektir ve henüz bu süpersimetrik çiftler gözlenmiş değildir. Bunun anlamı süpersimetrinin kırılmış olması. Ancak çok yüksek enerjilere çıktığımızda bu ek parçacıkları görebileceğiz.

Yüksek enerjilerde kuram süpersimetrikken, düşük enerjilerde bunu gözlenmemesini suyun farklı fazlarına benzetebiliriz. Henüz gözlenmemesine karşın, kuramcıların çok büyük çoğunluğu matematiksel güzelliğinden ötürü,

süpersimetrisinin varlığı konusunda ikna olmuş durumdalar. Eğer sicim kuramında süpersimetri varsayılırsa, o zaman kuantum mekaniğiyle tutarlılık için bu sefer uzay-zamanın boyut sayısının 10 (9+1) olması gerekir. Yani, yaşadığımız 4 boyuta ek olarak 6 boyuta daha ihtiyacımız var. Peki bu mümkün mü? Bu soruyu yanıtlamak için biraz daha geriye, 1920'lere uzanalım. O yıllarda Theodor Kaluza ve Oskar Klein, kütleçekimi ve elektromanyetizmayı birleştirmek için dahiyane bir yol buldular: bu, evrenin 3+1 değil 4+1 boyutlu olduğunu varsaymaktı! Buna göre 5 boyutlu evrende yalnızca kütleçekimi vardır; ama 5. boyuttaki graviton (kütleçekimini taşıyan bozon) 4 boyuta indiğimizde iki farklı parçacığa ayrılır. (Bu 3-boyutlu bir cismin 2-boyutlu bir yüzey üzerinde farklı gölgeler oluşturabilmesine benzer.) Bunlardan biri 4 boyuttaki graviton, diğeryse 4 boyuttaki fotondur (elektromanyetizmayı taşıyan bozon). Üstelik bu parçacıkların sağladıkları denklemlerde, aynen olması gerektiği gibidir. Böylece Kaluza ve Klein, fazladan bir boyutun varsayılmasıyla, elektromanyetizma ve kütleçekiminin birleştirilebileceğini göstermiş oldular. Eğer 5.boyutu yarıçapı çok küçük bir çember gibi düşünürsek, onu neden göremediğimizi de açıklayabiliriz:



Bir bahçe hortumuna çok uzaktan bakarsak hortumun yüzeyini 2-boyutlu değil, 1-boyutluymuş gibi algılarız. Aynı şey 4'ten fazla boyut için de geçerli; eğer bu ek boyutlar bir çember gibi kapalı ve yarıçapı küçük (örneğin 10-33 cm) boyutlarsa, onları gündelik hayatımızda fark etmememiz normal. Tabii 3 boyuttan sonrasını kafamızda görsel olarak canlandırmak çok zor bir iş; ama matematiksel olarak bunları varsayıp buna göre işlem yapmakta bir güçlük yok. Kaluza-Klein kuramı, bu başarısının yanında ilk kez elektrik yükünün neden elektronun yükünün tamsayı katları şeklinde ($\pm e$, $\pm 2e$, $\pm 3e$, ...) verildiğini de açıklayabiliyordu. (Bu manyetik monopollerin (tek kutuplu mıknatıslar) varlığıyla da açıklanabilir; ama bu, başka bir yazının konusu.) Ne yazık ki, yayınlandıktan bir süre sonra Kaluza-Klein kuramının kuantum mekaniğiyle birleşmesinde sorunlar olduğu fark edildi. Ayrıca, o dönemde birçok fizikçi kuantum dünyasının

büyüsüne kapılmıştı ve ek boyut fikri fazla egzotik görünüyordu. Bu nedenlerle Kaluza-Klein kuramı gözden düştü; ta ki sicim kuramı bulunana kadar. Süpersimetrik sicim kuramı, biraz önce bahsettiğimiz gibi ancak 10 boyutta tutarlılık kazanıyor.

Kendi evrenimizi anlayabilmemiz için 10-boyutlu sicim kuramını 6 boyutlu bir uzay üzerinde büzüştürmemiz gerekir. (Tabii bu ek boyutlar görülemeyecek kadar küçük olmalıdırlar; ama sicim kuramında bu boyutların neden bu kadar küçük olduklarına ilişkin bir açıklama henüz yok. Bu, olasılıkla evrenin ilk anlarında gerçekleşen bir simetri kırılmasıyla ilgili.) Bu, örneğin 6-boyutlu bir küre olabilir ama bunun dışında şekiller seçmek de mümkün.(Örneğin Calabi-Yau uzayları). Ne yazık ki bu seçeneklerin sayısı yüz binlere ulaşıyor ve her bir seçenek, değişik bir 4-boyutlu evren tanımlıyor. Bunlardan bazıları bizim evrenimize benzerken, büyük kısmının hiç benzerliği yok (yani standart modeli içermiyorlar). Evrenimizi verecek 6-boyutlu uzayın nasıl seçileceği, sicim kuramının en derin problemlerinden biri ve kuram daha iyi anlaşıldığında çözüm bulunacağı umuluyor.