



63 YIL SONRA EINSTEIN KURAMLARI HALÂ NEDEN SINANIYOR ?

Dünyanın her tarafındaki bilim adamları Einstein'ın yarım yüzyıl önce yayımlanmış olan o ünlü görecelik kuramlarının geçerli olduğunu kanıtlamak için hâlâ çalışmaktadırlar.

California'daki Pasadena Jet Propulsion Laboratuvarından iki bilim adamı, 400 milyon km. uzaklıkta ve güneşin öte yanında bulunan Mariner 6 ya birtakım radyo sinyalleri gönderirler ve 45 dakika sonra bunların yankılarını alarak Mariner 6'nın uzaklığına 30 metrelik bir hata ile saptamayı başarırlar.

Vancouver'deki Wallops adasından bir Scout d roketi ile fırlatılan bir atom saati 10.000 km. yüksekliğe çıktıktan sonra yeryüzüne geri döner. Uçuş sırasında saatin tik-tak'ları bilim adamlarınca yeryüzünde duran diğer bir eş saatinkiler ile büyük duyarlılıkla karşılaştırılır. Eğer saat 73 yılda bir saniye kadar geri kalacak şekilde çalışmışsa deney önemli bir ilkeyi doğrulamış olacaktır.

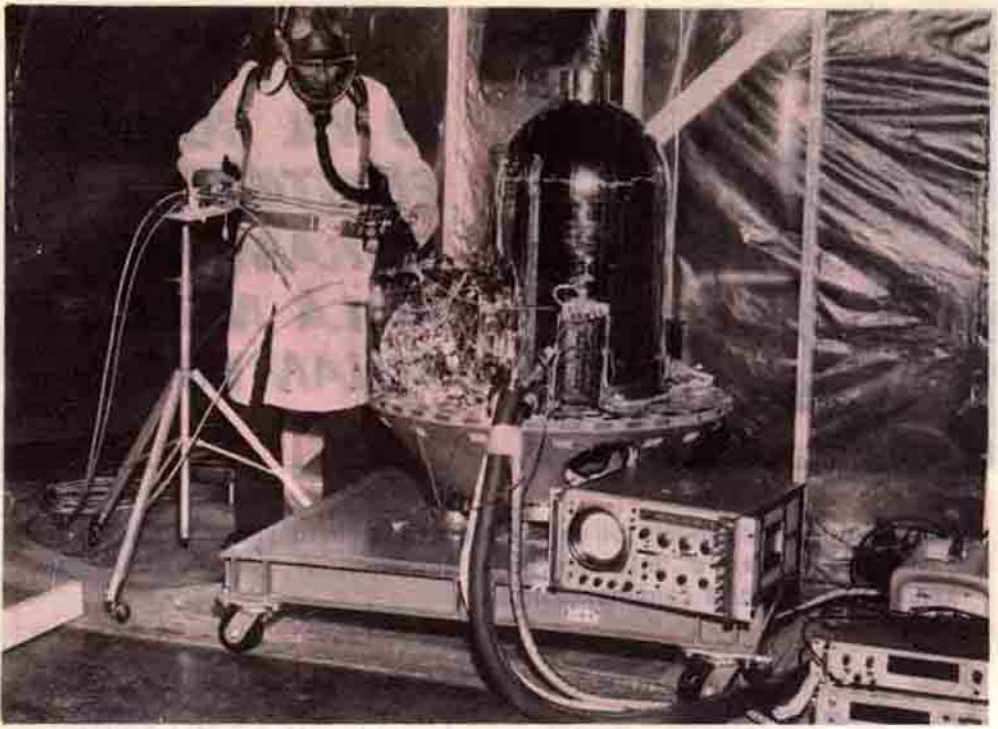
Texas'daki Fort Davis de bulunan Mc Donald Gözlemevinde bilim adamları, yeryüzü ile ay arasındaki uzaklığı tam olarak saptamak amacı ile altı yıllık bir süre içinde 1.000 den fazla ölçüm yaparlar. Ay'ın yörüngesini 10 - 15 cm. lik bir hata ile belirlemeyi amaçlayan araştırmacılar böylelikle ayın hareketinin, Einstein'ın ileri sürdüğü çekim kuramına mı yoksa daha başka kuramlara mı uyduğunu bulmaya çalışmaktadırlar.

Bunlar, Einstein'ın tanınmış görecelik kuramlarının doğruluğunu sınamak amacı ile geçmiş birkaç on yılda yapılmış olan yorucu, pahalı ve inanılmaz ölçüde duyarlık isteyen deneylerden üç tanesidir. Bu görecelik kuramları, yarım yüzyılı aşan bir süreden beri hernekadar fizikteki birçok buluşların ve fikirlerin temelini oluşturmuşlarsa da, şaşırtıcı olan bunların doğruluk ve geçerliklerinden halâ şüphe edilmesidir. Einstein'ın kendisi dahi şüphe etmişti. Ölümünden

altı yıl önce, arkadaşına yazdığı bir mektupta şöyle diyordu: "Sen, yaşamımı dolduran çalışmalarımın iyimser bir doyumla bakabildiğimi sanıyorsunuz; oysa durum yakından büsbütün farklı görünüyör. Sağlam bir şekilde duracağına inandığım birtek kavram bile yok, ve ben doğru yolda bulunduğumdan şüphe ediyorum."

Einstein yanılıya mı düşüyor? Bu, insanı şaşırtan ve onun yüzüncü doğum yıldönümünde pek de beklenen bir soru değildir. Tanınmış $E = mc^2$ denkleminin doğruluğu ilk atom bombasının patlamasıyla dramatik bir şekilde kanıtlanmıştır. Gökbilimciler evrenin başlangıcına ve sonuna ilişkin Büyük Patlama adı verilen tüm kuramlarını göreceliğe dayandırmaktadırlar. Yeryüzünde, göreceliği sınanan araştırmacıların başında gelen MIT den Dr. Irwin I. Shapiro "hemen tüm Gökfizikçiler evrendeki pulsarlar, kuasarlar, süpernovalar ve diğer garip cisimlerle ilgili problemlerin çözümlenmesinde genel göreceliği bir araç olarak kullanmaktadırlar", demektedir. Yüksek enerji fizikçileri atom parçalayıcılarını buna göre kurmakta ve elde edilen sonuçları yine görecelik denklemlerine dayanarak yorumlamaktadırlar.

Sorun, karmaşık matematik ifadeleri ile birlikte Einstein'ın görecelik kuramının, evrenin bugünkü durumunu gerçeğe uygun olarak sevirici ve doyurucu bir şekilde açıkladığının asla saptanamamış olmasıdır. Bilim adamları hesaplarını oturttukları temelini gerçekten sağlam olduğunu bilirlerse kendilerini çok daha rahat hissedeceklerdir. Oysa kanıtlar çok yavaş elde edilmektedir. Einstein kütle, enerji ve ışık hızına ilişkin özel görecelik kuramını 1905 te yayınladı.

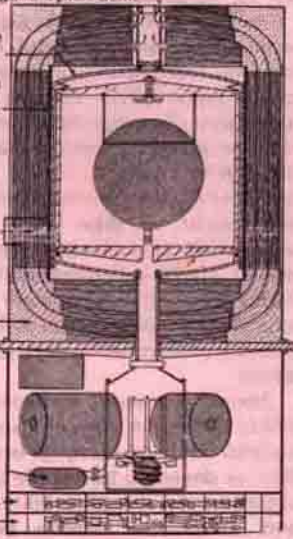


İstı yalıtımını sağlamak için
uzay boşluğuna açılan delik

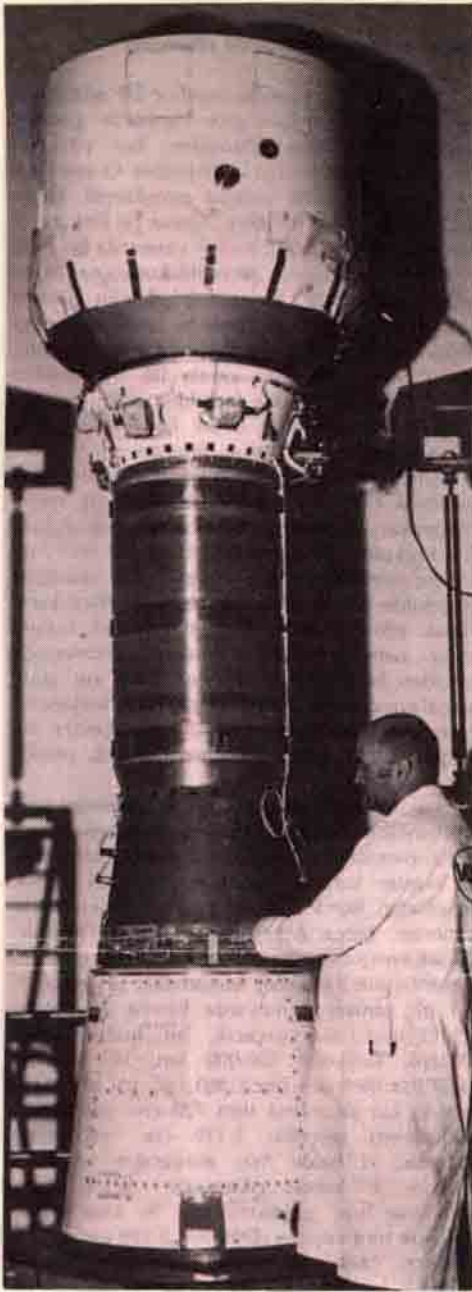
Aşırı ölçüde
boşaltılmış
iç koruyucu
Manyetik
zırhlar

Yüksek
nitelikli
yalıtım
Zırh için
köpükten
yataklar
Esas montaj
plâğı

Pompalar ve
güç ileticileri
Elektronik araçlar
ve ısı giderici



Bir hidrojen maser atom saati. Yukarıda, Einstein'in görecelik kuramını sınamak için Vancouver'deki Wallops adasından bir Scout roketi ile fırlatılan saat görülüyor. Eğer uzay, Einstein'in dediği gibi yer kürenin çekimi ile çarpıtılıyorsa, saat tırmanırken hızlanacaktır. Yandaki kroki de yaklaşık 100 kg. ağırlığında son derecede doğru çalışan hidrojen maser'in esas elemanları görülmektedir. Saat Smithsonian Astrofizik laboratuvarında geliştirilmiştir ve 10^{-7} de birkaç mertebesine kadar kararlıdır. Bu ise, beklenen görecesal zaman sapmasının yüzde birinin küçük bir parçası içinde kalacak kadar duyarlı bir ölçü yapmayı sağlar. Fırlatma ve uzay uçuşunun sorunlarına dayanabilecek ve aşırı ölçüdeki duyarlılığını koruyabilecek bir saati yapmak ve boyutlandırmak ciddi problemler yaratıyordu. Saatin yüreği bir hidrojen atomları dizisidir. Duyarlılığı atomların titreşiminin son derece kesin olmasına dayanır.



miş, 1916 da ise bunu genel görecelik kuramı izlemiştir. Bilgin, Newton'un evrensel çekim yasasının sınırlı olduğunu ve orada temelde farklı ilkelerin iş gördüğünü söylemektedir.

Einstein'in bu kuramları, alemin insan duyularınca algılandığı gibi olmadığını hatta onun, insanı şaşırtan ve sağduyusuna aykırı gelen

birtakım özelliklere sahip olduğunu göstermiştir.

Einstein, madde ve enerjinin birinden diğeri-ne her iki doğrultuda değişebileceğini, zamanın sabit olmadığını ve farklı yerlerde farklı hızlarla aktığını söylemektedir.

Kütle de sabit değildir ve gözlemciye göre kütle bağlı hızı ile değişir görünmektedir. Bir şey ne kadar hızlı gidersen o kadar yoğun gözüktür. Işık doğrusal bir yol izlemez, bir çekim alanında eğilir ve yavaşlar. Çekim, Newton'un dediği gibi belirli uzaklıkta bulunan iki cismin birbirine uyguladığı basit bir kuvvet değildir. Einstein çekimin, uzayın yapısını çarpıtır gibi gözüktüğünü söylemektedir.

Görecesel etkiler

Fizikçiler için bu evrimsel sonuçların bugün bile, kabul edilmesi zordu. Çünkü bu sonuçlar gerçekten doğru muydu? Bir kuramı sınamak için bilim adamları birtakım deneylere başvururlar. Eğer kuram doğru ise bazı deneyler önceden kestirilebilir sonuçlar vermelidir. Einstein'ın kendisi de bu tür birtakım deneyler ileri sürmüştür. Diğer bilim adamları bunları daha da geliştirmişlerdir.

Genel görecelik kuramının açıklanmasından bu yana geçen 63 yıl içerisinde yüzlerce bilim adamı bu deney sonuçlarını sınamak için çok fazla zaman harcadılar. Bu deneyler çeşitli sınıflara ayrılır. Görecelik, boyut ve kütlelerin hızla değiştiğini ve bu değişikliğin ne kadar olduğunu önceden bildirmektedir. Zaman akışının değişik hızlarda önceden hesaplanabilen bir miktar kadar farkedtiği, ışığın bir çekim alanında eğildiği ve yine ışık hızının çekimle azaldığı, zamanın bir çekim alanında geri kaldığı, çekim ve ivmenin aynı şeyler olduğu ve ivmeli hareket eden cisimlerin çekim dalgaları oluşturduğu yine bu kuram tarafından öngörülmektedir. Ve kuram, bütün bu örnekler için yapılan deney sonuçları ile sınanabilen sayısal değerler vermektedir.

Bu sinama deneylerinin yapılması fevkalâde güç bir çalışmayı gerektirir. Etkiler, günlük yaşamda karşılaşılanlara göre o kadar küçüktür ki bu ortamda ölçülemezler. Bunlar gerçek bir evrensel ölçek içerisinde önemli olurlar. Bu zayıf etkiler ancak çekimi çok fazla olan cisimlerin — Güneş gibi — yakınında ölçülebilir. Diğer görecesel etkiler ise, cismin hızı ışık hızına yaklaşırken farkedilir hale gelmektedir. Görecelik konusunda yapılan bazı deneyler, örneğin bir metal paranın çapını 1,6 km. uzaktan gören açıdan daha küçük açılarının doğru olarak ölçülmesini zorunlu kılmakta; ayrıca bu ölçümler sırasında, atmosferik çevrimlerin etkisiyle cismin görüntüsü yer değiştirdiğinden gerekenden daha büyük açılarının ölçülme tehlikesi gibi ciddi problemler de söz konusu olmaktadır. Diğer bazı deneylerde zamanın, ölçüleri önemli miktarda sapıran bozucu etkiler için gerekli düzeltmeleri

de yaparak, saniyenin milyarda biri kesinlikle ölçülmesi zorunludur. Çoğu kez, deneycilerin hataların birbirlerini götürdüğünü hissetmeye başlamaları için deneylerin pek çok kere, yıllarca hatta on yıllarca yinelenmesi gerekmektedir.

Dr. Shapiro "Göreceliği sınama yolu ile ekmeğini kazanmak güç bir uğraştır." diyor ve şöyle ekliyor: "Birinci olarak, deneyler için genellikle çok fazla sayıda veri toplamak gerekmektedir. Benim de görev aldığım bir deneyde en az 4×10 sayıda veri elemanı topladık. Bundan sonra bütün bunları birleştirerek hemen hemen tek ondalıklı bir sayı elde etmek zorunda kaldık. İkinci olarak, güneş sistemi ile ilgili deneylerin çoğu yaklaşık 10.000 parametre içerir. Gözlemler yörüngede devinen, kendi eksenini çevresinde dönen, presesyon ve nütasyon yapan bir platformun üzerinde yapılmaktadır, bu yeryüzüdür. Amaç ise yine başka bir yörüngede devinen eksenini çevresinde döner... v.b... v.b. bir başka platformdur. Her ikisi de her tür yan tesirlerin önemli ölçüde etkisindedir. Genel göreceliğin radar deneylerinde sadece bir veya iki parametrenin etkisini görebilmek için yaklaşık 300 parametrenin birlikte ve aynı anda gözönüne alınması olağandır." Bütün bunlara karşın amaç o kadar önemlidir ki yıllardır fizikçiler Einstein'ın görüşünün, doğanın ortaya koyduğu gerçekler yönünde olup olmadığını belirleyebilmek için gitgide daha duyarlı olmaya yönelik bir gözlemler serisi geliştirmişlerdir.

İkiyüz yıl önce devrin fizik devi, tanınmış İngiliz bilgini Sir Isaac Newton'du. Newton, evreninde cisimlerin birbirlerini kütleleriyle doğru ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı bir kuvvetle çektiklerini bildiren evrensel çekim yasasını bulmuştur. Bu basit ilke gezegenlerin güneş çevresindeki karmaşık yörüngelerine mantıklı bir açıklama getiriyordu.

Bununla birlikte çözülmesi gereken birkaç gizem vardı. Örneğin her gezegenin güneş çevresindeki yörüngesi bir elipsti ve bu elipsler de sabit olmayıp, şekilleri bozulmaksızın bir bütün halinde, yine güneş çevresinde yavaşça dönüyorlardı. Elipsin güneşe en yakın olan ve günberi adı verilen noktasının bu dönüş hızı hesaplanabilirse, yörüngenin bütün halindeki bu son devinimi de belirlenmiş oluyordu. Newton yasası ile her gezegenin sadece güneş çevresindeki yörüngesini değil günberi noktasının bu dönüşünü de hesaplamak mümkün olabiliyordu.

Merkür gezegeni için Newton yasasına göre bu hesaplar yapılırsa güneş çevresinde her bir dönüşünü 88 günde tamamlayan gezegenin, günberi noktasının dönüşü ise çok yavaş oluyor ve bu devinim 245.000 yılda tamamlanıyordu. Böylece bu nokta her yüzyılda 529 saniyelik bir yay kadar ilerliyor ve güneş çevresinde bir derece dönmesi için hesaplara göre 700 yılın geçmesi gerekiyordu.

Birinci sınama : Merkür'ün yörüngesi

1860 da astronomlar şaşırtıcı bir gözlemler buldular. Ölçümlere göre Merkür'ün günberi noktası daha hızlı dönmekte, her yüzyılda Newton denklemlerinin verdiği 43 saniyelik bir yay kadar fazla hareket etmekteydi. Diğer gezegenler için gözlemlenemeyen bu fark nereden geliyordu, acaba Newton yasasında bir hata mı vardı? İşte bu kusur görecelik kuramına birinci utkuyu sağlamıştır. Einstein, Merkür'ün günberi noktasının önceden gözlenen bu hareketini kendi genel kuramının alan denklemleriyle bir kez daha hesaplayınca, Newton yasası ile bulunandan yüzyıl başına 43,03 lük fazlalıkla doğru sonucu elde etmiştir. Bu tam uyum Einstein'ın doğru yolda olduğunu ilk kanıtı olmuştur.

Kütle, enerji ve ışık hızını birleştiren özel görecelik kuramı işe ciddi bir sorun ile hiçbir zaman karşılaşmamıştı. Eğer bunun doğruluğundan kuşkulandıysaydı, madde ve enerjinin $E=mc^2$ formülüne göre eşdeğerliğini dramatik bir şekilde ortaya koyan ilk atom bombası kanıt olarak gösterilecekti. Işığinkine yakın hızlara kadar ivmelendirilmiş cisimlerin kütlelerinde önceden bildirilen garip artışa karşı ise atom parçacıkları kullanılarak kullanılan parçacık hızlandırıcıları kanıt olarak gösterilmişti. Gerçekten bu araçlar bugün etkiyi gözönüne alacak şekilde kurulmaktadır.

Yüksek enerji deneylerinin de gösterdiği gibi, çok büyük hızlarda zaman akışı yavaşlamaktadır. Hızlandırıcılarda, birçok parçacıklar yaratılırsa da bunlar kararsız olduklarından çok çabuk yokolurlar. Buna karşılık, hızı ışığinkine yakın artırılan parçacığın yaşamı uzar. Örneğin, yüksek enerji deneylerinde en çok ortaya çıkan pi mesonlarının hareketsiz konumdaki yaşam süreleri bir saniyenin milyarda birinin 25 katıdır (25.10 san). Bu parçacık, bir hızlandırıcıda yaklaşık saniyede 130.000 km. lik bir hız kazanırsa ölmeden önce 360 cm. yol alır. Eğer hızı iki kat artırılırsa tüm 720 cm. yol alması beklenirken gerçekte 1.320 cm. yol aldığı gözlenir; o halde hız, parçacığın yaşamını yaklaşık iki katına çıkarmıştır. % 10 daha artırılırsa hızı ışığinkinin % 96 sına erişen parçacık tüm yaşamı süresince 2.520 cm. gider. Böylece, özel göreceliğin öngördüğü gibi bu orandaki hız artışında yaşam süresi yaklaşık iki kat artar.

Acaba bu etki sadece atom altı fiziki evreninde mi geçerlidir, yoksa sizin ve benim için de etkili olur mu? Birisi yeryüzünde beklerken diğeri bir uzay gemisi ile ışığinkine yakın bir hızla yol alan ikiz iki insan varsayalım. Einstein'e göre dolaşan ikiz geri döndüğünde yeryüzündekine göre daha genç kalır. Devinen için zaman farklı bir hızla akıp gitmiştir. İlk bakışta sağduyu ile çelişir gibi görünen bu olgu gerçekten doğru

olabilir mi? Yaklaşık on yıl önce Washington üniversitesinden Dr. Joseph Hafele fizik sınıfı için bir ders notu hazırlıyordu. Atom saatlerinin yeteri kadar doğru ve jet uçaklarının da yeter ölçüde hızlı olduğunu düşünerek görecelik kuramını sınamak amacı ile bir deney tasarladı.

Hafele ile Deniz Kuvvetleri Çözlemeviden Richard Keating, bir sivil havacılık şirketi aracılığı ile ikisi doğudan batıya ve diğer ikisi ise batıdan doğuya gidecek şekilde 4 sezyum saatini uçaklarla yola çıkardılar. Görecelik kuramına göre doğu yönünde (yerkürenin dönüş yönünde) giden saatler 40.10 saniye geri kalırken batı yönünde gidenlerin ise, diğerlerine göre yerkürenin kendi çevresindeki dönüş hızı kadar daha yavaş yol aldıklarından, 275.10 saniye ileri gitmeleri gerekecekti. Yolculukları sona eren saatler gözleminde işleyen eşitleriyle karşılaştırıldığında doğu yönünde gidenlerin 50.10 saniye geri kalmalarına karşın batı yönünde gidenlerin 160.10 saniye ileri gittikleri saptandı. Saatlerin ayarlarının özellikle taşınırken birbirlerinden az çok şaşacakları ve birsürü iniş ve kalkışın etkilerini hesaplanmanın çok güç olacağı gözönünde tutulursa hesap ile deney sonuçlarının bu uyumu oldukça etkileyici olmuştur. (Bakınız, Bilim ve Teknik, Sayı: 138, sayı: 17).

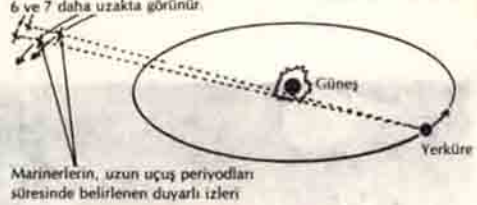
Einstein'in özel görecelik kuramını dayandırdığı sağlam temellerden biri, A. A. Michelson ve E. W. Morley'in 1887 de yapmış oldukları deneydi. Bu bilim adamları ışık hızını büyük bir doğrulukla ölçmeyi başarmışlar ve bu hızın, yerkürenin dönüşünden etkilenmediğini yani, ışık hızının yerkürenin dönüş yönündeki değeri ile ters yöndeki değerinin eşit olduğunu bulmuşlardı. Diğer bir deyimle ışığın hızı ışık kaynağının veya gözlemcinin hızından tamamen bağımsız oluyordu.

Araçlar, 1887 den bu yana büyük ölçüde gelişmişti. Geçen yıl Colorado, Boulder Astrofizik Laboratuvarı Joint Enstitüsünden Dr. John L. Hall ve Alain Brillet adlı fransız fizikçisi, Michelson-Morley deneyini daha duyarlı olarak yinelenmeyi kararlaştırdılar. Araştırmacılar, bir granit blok üzerine yüksek duyarlılığı bir laser monte ettiler. Bu blok ise, kendi çevresinde dakikada 6 kez dönen bir tabla üzerine yerleştirildi. Laser'in frekansı, ışığı kısmen yansıtan iki ayna arasında bir spacer (iki eleman arasındaki uzaklığı sabit tutmaya yarayan optik araç) olarak kullanılan 30 cm. boyunda bir cam ve seramik karışımı tüpten geçirilerek kararlı hale getirildi. Tabla döndürüldükçe laser tüpü, dönme düzlemindeki her noktaya yönelmiş oluyordu. Eğer ışığın hızı doğrultu ile değişmiş olsaydı, ışığın tüpü geçmesi için geçen zaman değişecek ve bu ise, dönen laser'in dalga boyu ile, bu kez frekansı metan gazından geçirilerek kararlı hale getirilmiş sabit bir ikinci laser ışınının dalga boyunu karşılaştırarak, ölçülebilecek bir frekans değişimi olarak saptanabilecekti.



Radio sinyalleri güneş yakınından geçenken yavaşladıklarından Mariner 6 ve 7 daha uzakta görünür.

Mariner-Einstein kuramının sınaması



Marinerlerin, uzun uçuş periyodları süresinde belirlenen duyarlı izleri

Einstein, uzay düz bir kauçuk tabakaya benzer ve madde, örneğin güneş, resimde görüldüğü gibi onu gererek çöktür demiştir. Güneşin yakınından geçen ışık ışınları bu çöküntünün kenarında yol alır ve böylece eğilir ve çekim etkisiyle yavaşlar. Mariner 6 ve 7 deneyleri bu yavaşlamayı kanıtladılar. Yerküreden uzay aracına gönderilen radyo dalgalarının gidiş ve geliş sırasında bunlar güneşin kenarından geçerken süre 200 mikrosaniye uzadı. Böylece Einstein'ın öngörülleri kesinlik kazandı. Yani çekimin, uzayın geometrik bir özelliği olarak düşünülebileceği ortaya çıktı.

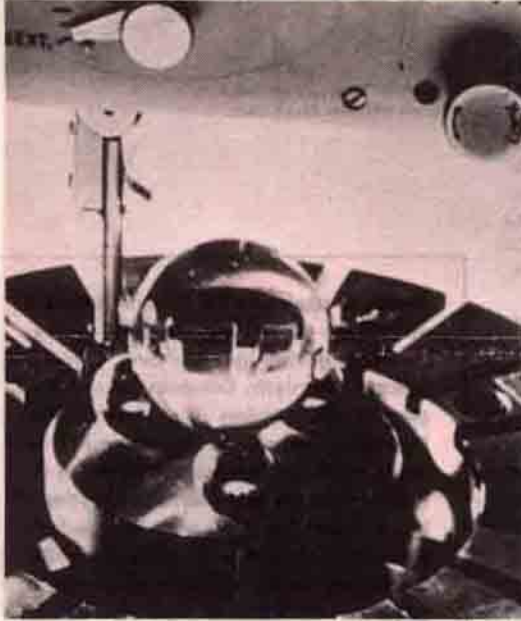
Sonuç, uzayın düzgünlüğü hakkında yapılan diğer bütün deneylerde çıkanın aynı idi ve herhangi bir değişiklik yoktu. Bir dergide yayınlanan bir yazıda belirtildiği gibi "uzay, Einstein'ın beklediği şekilde davranıyordu."

Genel görecelik - yanıtlanamayan sorular:

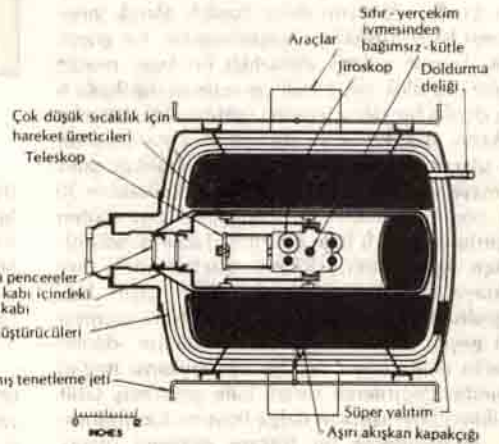
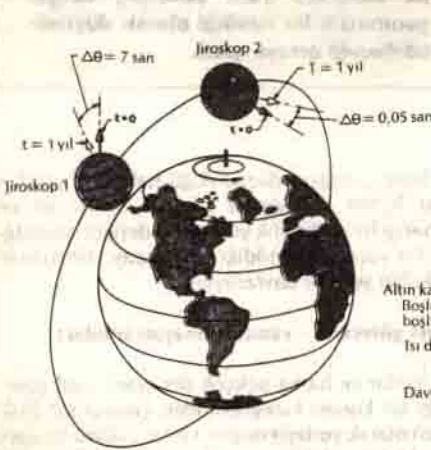
Bunlar ve başka pekçok deneyler, özel göreceliği bir kuram kategorisinden çıkarıp bir fizik yasası olarak yerleştirmiştir. Oysa, çekimi tümüyle farklı bir şekilde yorumlayan genel görecelik kuramı o kadar iyi oturmuş görünmüyordu.

Einstein'e karşı bazı alternatifler bulabilmek amacı ile çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Şimdiye kadar önerilenlerin en önemlisi Princeton'dan Dr. Robert H. Dicke ile New Orleans'daki Loyola Üniversitesinden Dr. Carl H. Brans'ın 20 yıl önce ortaklaşa geliştirdikleri skalar-tansör kuramıdır. Dicke ve Brans genel görecelik kuramının birçok temel ilkelerinde birleşmişler yalnız, farklı alan denklemleri kullanmışlardır.

Brans ve Dicke, denklemlerde önerdikleri bu değişikliklerin esasa ilişkin olmamakla birlikte, göreceliğin önceden bildirdiği bulgularda önemli farklar ortaya çıkardığını açıklayarak bu nedenle kuramın sınanması gerektiğini söylediler. Gerçekte, görecelik ile Brans-Dicke'nin önceden bildirdiği bulgular arasındaki fark az olup pratik olarak birkaç yüzde mertebesinde fazla değildir. Skalar-tansör kuramı, göreceliğin bir şekli



Yeryüzünün en kusursuz küresi. Stanford Üniversitesi ekibince göreceliği sınamak için yapılan bu küre, bir santimetrenin 0.16 milyonda biri mertebesinde doğrudur. Eritilmiş kuarz camından yapılmış dört kürenin herbiri bir pinpon topu büyüklüğündedir ve mutlak sıfırda çok geçirgen olan niyobyum ile sıvanmışlardır. Bu koşullar altında küreler 0,5 voltluk bir alanda, uzayda ağırsız bir şekilde elektrik bakımından askıda kalırlar. Bu, sapma hızının yılda 0,001 saniyelik bir yaydan daha az bir düzeyde tutulabilmesini sağlar. Einstein tarafından öngörülen görecesal etkiler, eksenî yerküreninkine paralel olan jiroskobu her yıl için 7 saniyelik bir yay kadar; eksenî yerküreninkine dik olanı ise daha az döndürmektedir. Her iki hareketin de saptanması kolaydır. İlk düzenlemede herbir doğrultuda bir jiroskop konması düşünülmüştü. Şimdi araştırmacılar her ikisinin eksenini de yerküreninkine ile karşılaştırmayı planlıyorlar.



olarak düşünülebilirse de sorun felsefi açıdan çok önemlidir. Brans-Dicke evreni Einstein'inkine benzemekle birlikte orada farklı ilkeler geçerlidir. Bu nedenle bilim adamları, hangi modelin varolan gerçeğe en çok yaklaştığını ısrarla bilmek istemektedirler.

Bu iki modelden birini benimsemeye konusuna bir karar vermek amacı ile bir sürü deney yapılmıştır. Örneğin, Einstein ışığın güneş yakınından geçerken 1,745 saniyelik bir yay kadar eğileceğini önceden bildirmektedir. Bu açı, dikine duran bir metal parayı 1.600 metre uzaklıktan gören açığa eşittir. İki İngiliz astronom ekibi tarafından güneşin bir tam tutulması anında, güneşe yakın gibi görünen bir yıldızın konumundaki yer değiştirmenin fotoğraflarla saptanmasıyla, Einstein 1919 yılında ilk utkularından birini kazanmıştı. Güneşin çekim alanı, ışığı Einstein'nin önceden bildirdiği gibi saptırıyordu. Fakat ölçümler, görecelikle skalar — tansör kuramlarının verdiği değerler arasındaki ufak farkı gösterebilecek kesinlikte değildi.

Dicke ve Brans, başka önemli bir problemle karşı karşıya bulunuyorlardı. Onların kuramı, Merkür'ün günberi noktasının dönüşü için Einstein'ın bildirdiğinden yüzyıl başına 3 saniyelik bir yay kadar daha küçük bir değer veriyordu. Einstein'ın değerinin deney sonuçlarıyla uyuşmasına karşılık skalar, tansörünkiler uyuşmuştur.

Bu durumda Dicke kendi kuramını kurtarabilmek için parlak bir çözüm önerdi. Ya güneş tam bir küre olmayıp kutupları basık bir oval şeklinde ise? Bu yeni durumda günberi noktasının dönüşü çok az yavaşlayacak ve böylece Einstein 3 saniyelik bir yay kadar yanlışmış olabileceğinden, skalar-tansör kuramının doğruluğu kanıtlanmış olacaktır.

1966 yılının haziran başlarından eylül sonuna kadar her güneşli gün Dicke, Princeton Üniversitesi kampüsündeki küçük bir kütübeyle giderek gökyüzünü görebilmek için çatıyı açtı. Bu çatı aralığından oluşan bir araç yöneltti. Levhanın dönme hızını, araç her an güneşi izleyecek şekilde ayarladı. Levhadaki iki yarık, güneşin çevresinden gelen ışığın fotosellerin üzerine düşmesini sağlıyordu.

Güneşin yuvarlılığını güneş fışkırmaları, güneş lekeleri ve atmosferdeki kırılmadan oluşan belirsizlikler nedeniyle doğrudan doğruya ölçmek zordur. Dicke, yeter sayıda ölçü yaptığı takdirde bu tür sapmaların birbirini götürceğini ve sonunda gerçeğe uygun bir resim elde edebileceğini düşünüyordu. 27 Ocak 1967 de toplanan astrofizik konferansına; kendi kuramını destekleyecek olan güneş basınlığını duyarlı olarak saptadığını açıklayan bir bildiri sundu. Dicke, genel göreceliğin yanlış olduğunu söylüyordu.

Oysa bazı bilim adamları bu konuda o kadar emin olamıyorlardı. Örneğin MIT den Dr. Irwin Shapiro, güneşle ilgili daha önce yapılmış

400.000 ölçme üzerinde çalışmış ve farklı sonuçlar elde etmişti. Varılan bu sonuçların Dicke'nin varsayımını olasılık dışında bırakmadığını ama pek de destekler görünmediğini açıkladı.

Sonunda 1974 de Arizona Üniversitesine bağlı Santa Catalina Deneyisel Görecelik Laboratuvarında bir grup araştırmacı, güneşin basınlığını temelden farklı ve daha duyarlı bir teknikle ölçmeyi başardılar ve sonunda, Dicke'nin kuramını destekleyecek yeterlikte bir basınlık saptayamadıklarını bildirdiler. Yine de son yanıt verilmiş değildi; pek çok bilim adamı ortaya çıkan gerçeklerin herne kadar göreceliğe yöneliyor ise de bunların çözüme henüz bir kesinlik getirmediğini sonucunda birleşiyorlardı.

Dicke kuramı ayrıca, ışığın çekim alanlarındaki sapsması için de Einstein'inkine göre daha küçük değer veriyordu. Bu sapmanın gerçek değerini saptamanın bir yolu bulunamaz mıydı? Dr. Charles Counselman ve Dr. Irwin Shapiro, durumu aydınlatılabilmek amacı ile bir dizi deney yapmayı tasarladılar. 3C279 ve 3C273 kuasarları gökyüzünde birbirlerine oldukça yakındır. Her 8 Ekim'de bunlardan biri güneşin arkasına gizlenir ve diğeri açıkta kalır. Dr. Shapiro ve arkadaşı, gökbilimcilerin çok uzun taban çizgibi girişim araçları (very-long-baseline interferometers) adını verdikleri düzeni kurmak için, ikisi Massachusetts'daki Haystack Gözlemevinde ve diğer ikisi Vancouver, Green Bank'deki Ulusal Radyo-Astronomi Gözlemevinde bulunan dört radyoteleskobu birleştirdiler. Böylelikle araştırmacılar her iki kuasarın açılmal konumunu büyük bir kesinlikle saptayabilecekler ve kuasarlardan birinin ışığı güneş tarafından saptırılınca bunun değerini ölçebileceklerdi.

Bu tür deneylerin yapılması çok yorucudur. Sonuçların kesinliğinden emin olabilmek için kayıtları 8 Ekim'den bir hafta veya on gün kadar önce başlatılması ve bu tarihten bir süre sonra kadar sürdürülmesi zorunludur. Kilometrelerce bilgisayar teyp şeritlerine kayıt yapıldı ve çözümlendi; atmosferik ve diğer sapmalar düzeltildi ve sonunda tek bir sayı saptandı; ışık ışınları güneşin çekim alanında bu sayı kadar saptırılıyordu.

Dr. Shapiro bilimsel bir toplantıda şöyle söylüyordu: "Yaklaşık 8.000 bilgisayar bandı birikti. Bu bandları açılmış olsaydı West Virginia'dan Massachusetts'e birçok kez gidip gelebilirdi; arasına bunları yorumlamaktansa bu gidiş geliş yolculuğunu birçok kez yinelemenin daha kolay olacağını düşündüğümüz olmuştur."

Oysa ekip bu yolculuğu yapacak yerde deneyleri yorumladı. Bu güne kadar yapılan en duyarlı deneyler Einstein'ı desteklemek eğilimini gösteriyordu. Ölçülen sapma, genel göreceliğin önceden bildirdiği değer % 99'u idi ve hesaplar bu sonucun % + 3 kesinlikte olduğunu göstermektedir. Eğer güvenilebilirse, bu değerler

Brans-dicke kuramının en yaygın formülasyonunun hiçbir şekilde geçerli olmadığını ortaya koymaktadır.

Ulusal Radyo Astronomi Gözleminden Dr. Edward B. Fomalont ve Dr. Richard A. Sramek adlı iki araştırmacı, benzer bir deney yaptılar ve Einstein'ın öngördüğünün 1,015 katı olan ölçülmüş bir sapma değeri ortaya koydular. En büyük olanıçli deneysel hatanın Dicke kuramını içine almayacak denli küçük olduğunu hesapladılar ve böylece skaler-tansör kuramının geçerli olamayacağını göstermiş oldular.

Çekim, ışığın geçişini ne ölçüde yavaşlatır ?

Eğer ışığın eğilmesi kesin yanıt elde etmede kullanılamıyorsa acaba Einstein'ın öne sürdüğü başka deneylerden bazıları yapılamaz mı? Görecelik, ışığın bir çekim alanında eğildiği gibi yavaşlaması gerektiğini öngörmektedir. Bunu sınamaya olanağı, 1970 de Mars'ın fotoğraflarını çekmiş olan Mariner 6 ve 7 nin yeryüzünden 400 milyon kilometre uzağa ve güneş'in öbür tarafına ulaşması ile ortaya çıktı. Dr. Shapiro ile Jet Propulsion Laboratuvarından John D. Anderson ve California Teknoloji Enstitüsünden Duane O. Muhleman, bir radyo sinyalinin Mariner'e ulaşarak tekrar yeryüzüne dönmesi için gereken zamanı bir deneyle ölçmüşlerdir. Yaklaşık 45 dakika olarak saptanan bu süre, saniyenin milyonda birinden daha küçük bir kesinlikle ölçülmüştür; bu ise uzay aracının yeryüzünden 400 milyon kilometre olan uzaklığını, 30 metrelik bir hata içinde kalacak doğrulukla vermiştir.

Genel görecelik, güneşi iki kez yalayarak geçen bir sinyalin, bir saniyenin 200 milyonda biri kadar bir gecikme göstereceğini öngörmektedir. Skaler-tansör kuramı ise bu gecikme için 186 milyonda bir saniyelik bir süre vermektedir. Ölçümler tamamlandığında en fazla gecikmenin, saniyenin 204 milyonda biri kadar olduğu saptanmıştır. Bu sonuç kendisini güç duruma düşürdüyse de Dicke savından vazgeçmedi ve "altı ay içerisinde daha kesin sayılar elde edilebilirse ben işsiz kalmayı kabul ederim" diye konuştu. Ancak sayıların, bu sorunu kesin olarak sonuçlandırabilecek güvenilirliği olmadığını da ileri sürdü.

Mars-Viking deneyi sırasında bu kez, gerçekten daha iyi sayılar elde edildi. Dr. Shapiro ve ekibi, Viking uzay aracının güneşi yalayan sinyallerindeki gecikmeyi ölçtüler ve bunun binde birlik bir hata ile göreceliğin öngördüğü değerden % 1 kadar farkettiğini saptadılar.

Güneşin çekimi ışığı eğmek ve yavaşlatmakla birlikte acaba onun titreşim frekansını da değiştiriyor mu? Göreceliğin buna yanıtı olumlu olmakta ve bilim adamlarının çekimsel kızıla kayma dedikleri olay ortaya çıkmaktadır.

1964 de Harvard Üniversitesi'nden Dr. Robert Pound, 22,5 metre yükseklikteki bir kulenin

tabanından tepesine doğru, son derece kesin bir kaynaktan ışınları gönderdi. "Kulenin tabanı ve tepesi arasındaki yerçekim farkı, kule boyunca yol alan elektromanyetik ışımının frekansında küçük bir sapma meydana getirmelidir" diyen Pound gerçekten de beklediği sapmayı ölçmeyi başardı. Ancak etki bu iki kuramdan hangisinin geçerli olduğunu gösteremeyecek denli küçüktü.

Çekimsel kıızıla kayma olayını doğuran çekim, zamanın akış hızını çekim alanının gücü ile orantılı olarak değiştirebilir mi? Ve bu bir deney oluşturabilir mi? 18 Haziran 1976 da Vancouver'deki Wallops adasından, özel bir hidrojen maser saati bir roketle yeryüzünden 10.000 kilometre yükseğe fırlatıldı. Harvard Smithsonian Astrofizik Merkezinden Dr. Robert F.C. Vessot ile Massachusetts Zaman ve Frekans Sistemleri Merkezinden Dr. Martin W. Levine, fırlatılan saatin sinyali ile yeryüzünde duran bir atom saatinin sinyalini karşılaştırdılar. Eğer yeryüzünden uzaklaştıkça azalan yerçekim, yükselen saatin çalışmasını etkilerse ortaya çıkan değişiklik, yeryüzünde duran saatle karşılaştırılarak saptanabilecekti.

Bütün görecelik deneylerinde olduğu gibi büyük ölçüde kesinlik gerekiyordu. Eğer uzay Einstein'ın öngördüğü şekilde davranıyorsa, yeryüzünden 10.000 kilometre uzaklığa, çekimin daha zayıf olduğu yere fırlatılan saat her 73 yılda 1 saniye kazanacak yani geri kalacaktır.

Sonuç kuramın öngördüğü şekilde gerçekleşti. Fırlatılan saat yükseldikçe önce hızlandı ve inişte, gittikçe güçlenen çekim alanının etkisiyle, yeryüzüne yaklaşırken yavaşladı. Vessot, bu saat deneyinin, çekimsel kıızıla kaymayı ölçmek için daha önce yapılan deneylerden 70 kat daha sağlıklı olduğunu çünkü doğruluğun yüzde 0.014 mertebesinde bulunduğunu söylüyordu. Böylece Einstein'ın haklılığını yeniden kanıtlandı.

Çok yakınlarda, Amerikan Deniz Kuvvetleri Gözlemesinin işbirliği ile, Maryland Üniversitesinden Dr. Carol Alley, Patuxent Deniz Kuvvetleri Hava Deney Merkezinde yaptığı bir başka deneyde, bir uçağın içine 3 atom saati yerleştirdi. Uçak 15 saatlik uçuş süresinde, ilk önce 7.500 metreye, daha sonra 9.000 metreye ve en sonunda 10.500 metreye çıktı. Dr. Alley'in açıkladığına göre atom saati her bir yükseklikte göreceliğin öngördüğü miktar kadar hızlandı.

Ay ne kadar uzak ?

Göreceliğin deneye elverdiği bir başka temel taşı, eşdeğerlik ilkesidir. Einstein, kuramlarından, çekim ile ivmenin aynı olduğu sonucunu çıkarmakta ve bunların birbirlerinden ayrılamayacağını öngörmektedir. Oysa Dicke, ivme ile çekim arasındaki ilişkinin bazen aynı olamayacağını söylemektedir.

1968 de Montana Eyalet Üniversitesinden Dr. Kenneth Nordtvedt, görecelik kuramının bu

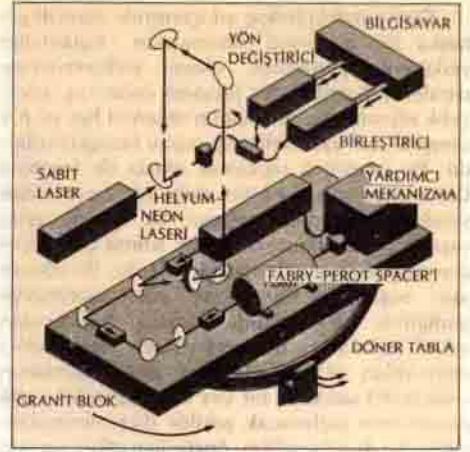
özelliğinin sıranması için bir deney önerdi. Nordtvedt, Dicke'nin öngördüğü etkinin ay'ın ve yer kürenin çekim gücünü hafifçe farklı bir şekilde değiştireceğini söylüyordu. Ay'ın yer küre çevresindeki yörüngesi, görecelik ve skalar-tansör yoluyla hesaplandığında ay'ın öngörülen konumunda 90 cm. lik bir fark ortaya çıkıyordu. Eğer ay'ın gerçek yörüngesi ölçümlerle saptanabilirse, hangi kuramın doğru olduğu belli olacaktı.

Apollo 11, 14 ve 15'in astronotları ay'da köşe küp yansıtıcıları (corner cube reflectors) bırakmışlardı. 1970 de Texas Üniversitesindeki Mc Donald Gözlemevinde bir araştırmacı ekibi, bu köşe küp yansıtıcılara laser ışını sinyalleri göndermeye başladılar ve yansıtılan sinyallerin geri dönmesi için gereken süreyi kaydettiler. Altı yıllık bir sürede 1389 ölçüm yapıldı. (Aslında bu ölçümler halen sürmektedir. Ancak ekip üyeleri o tarihe kadar yapılan ölçümlerin, ilk sonuçları yayımlayabilmek için yeterli olduğuna karar vermişlerdir). Ancak gözlemevinin üzerindeki havanın değişen yoğunluk ve yükseklığı, hava basıncının değişimi, yüzünün günlük gel-git'lerin etkisiyle yaklaşık yarım metre kadar kabarması, ayın kütle merkezi etrafındaki salınım hareketi v.b. gibi büyük hata kaynakları söz konusu idi. Araştırmacılar yılmadılar ve hataların bazılarını düzelttiler, geri kalan hataların birbirini götürmesi için yeter sayıda deney yaptılar. Böylece ölçümlerde yapılan hatanın 10 ila 15 cm. den fazla olmadığı konusunda emin oldular. Bütün hesaplar bittiğinde ay'ın Einstein'ın öngördüğü şekilde hareket ettiği ortaya çıktı.

Bu ölçümleri yapan ekiplerden birinin üyesi olan Dr. Dicke, yapılması gereken düzeltmelerin doğruluğundan huzursuz ve kuşkulı olduğunu söyledi. Ancak bir gözlemcinin de dediği gibi "çekimin skalar-tansör kuramı artık unutulmak üzere" idi.

Bu arada başka deneyler de yapılmaktadır. Örneğin skalar-tansör, çekim gücünün zamanla zayıflayacağını, görecelik ise aynı kalacağını öngörmektedir. Eğer çekimin gücü zayıflıyorsa bu etki, güneş çevresinde dönen gezegenlerin yörüngelerinde öngörülebilen değişiklikler ortaya çıkaracaktır. Irvin Shapiro ve meslekdaşları 1966 dan bu yana Mars, Venüs ve Merkür'ün yörüngelerinde bu değişikliklerin olup olmadığını araştırmaya yönelik çok kesin gözlemler yaptılar ve şimdiye kadar hiçbir değişikliğe rastlamadılar.

Son günlerdeki görecelik araştırmalarının en etkin alanlarından biri çekim dalgalarıdır. Einstein, bir alan karakterinde olan elektromanyetizmanın elektromanyetik dalgalar yayınlaması gibi, çekim de bir alan olduğundan imvendiirilen cisimlerin çekim dalgaları yayınlayacağını öngörmüştü. Ancak bu etkiler çok zayıf olacaktı. Bilim adamları son birkaç yıldır, uzaydan gelen çekim dalgaları saptamaya çalışmakta ve arasıra bunları bulduklarını düşünmektedirler. Ancak kanıtların çok zayıf olduğu söylenebilir.



Özel göreceliğin temel varsayımının sıranması. Işık, gözlemcinin veya ışık kaynağının hızına bakmaksızın her zaman aynı hızla hareket eder. Standartlar Bürosunun araştırmacıları, bir laser ışını, frekansını kesin olarak ayarlamak için yardımcı bir mekanizma tarafından denetlenen bir Fabry-Perot spacer'ine gönderirler. Tüm sistem dönen bir tabla üzerine yerleştirilir. Çıkış sinyali bu kez, frekansı metan gazından geçirilerek kararlı hale getirilmiş sabit bir laser ışığı ile üstüye düşürülür. Deney sırasında tabla, ışığın yönü bazan yer kürenin uzaydaki dönüş yönü ile aynı, bazan da ters yönde olacak şekilde döndürülür. Eğer ışığın hızı, kaynağın hareketi nedeni ile değişmiş olsaydı bu durumda dönen laserin frekansı da değişecekti. Deney, daha önce aynı amaçla yapılmış olan benzerlerinden 4000 kez daha kesin olmasına karşın yine de aynı sonucu vermiştir: Işığın hızı sabittir ve Einstein kuramı doğrudur.

Önümüzdeki birkaç yıl içerisinde göreceliğin başka bir öngörüsü sınanacaktır. Kuramcılar yerkürenin çevresinde, eksenî yerküreninkine paralel mükemmel bir jiroskop dolanırsa, görecelik etkisinin bu jiroskobun eksenini her yıl 6,9 saniyelik bir yay kadar eğeceğini hesaplamışlardır. Bu öngörüyü saptamak amacı ile Stanford Üniversitesinden bir bilim ekibi kuarz camından yapılmış jiroskoplar taşıyan bir yayı yapıyorlar. Jiroskoplar, mutlak sıfırda çok geçirgen olan niobyum ile sıvanacaklardır. Bu dönem aşırı soğuk küreler, uzay aracı yörüngeye girdiğinde bir boşlukta elektrik bakımından askıda kalacaktır. Bunların yüksek mertebedeki duyarlılıkları ve askı yöntemi, doğal sapmanın yılda 0,001 saniyelik bir yay uzunluğundan fazla olmamasını sağlayacak şekilde düzenlenmektedirler. Bu da göreceliğin, öngörülen etkiyi yaratıp yaratmayacağını kolayca gösterecektir. Henüz tamamlanmamış olan bu projenin 1984 de gerçekleştirilebileceği sanılıyor.

Einstein kuramlarının yerleştirilmesi :

Bu arada kanıtlar gittikçe birikmekte, pek çok bilim adamı Einstein kuramlarını yerleştirmeye çalışmaktadırlar. *Science* dergisinde yayımlanmış olan bir yazıda şöyle denilmektedir: "Görecelikle ilgilenen bilim adamlarında, Einstein'ın kuramına duygusal bir bağlılığın etkisi yani, sonunda bu eski ustanın haklı çıkacağı ümidi sezilmektedir." Bu yaklaşım bilimsel olmayabilir ancak, bir yarım yüzyıldır yanlışlığının kanıtlanması çok zor olan Einstein'ın artık kesinlikle haklı olduğu gerçeği teslim edilmelidir.

Dr. Shapiro, "bunu düşündüğümde hayretler içinde kalıyorum" demektedir. "Genel görecelik,

bilim tarihinin en parlak buluşlarından biridir ve hemen hemen hiçbir şey yokken yani sıfırdan başlatılmıştır. Einstein'ın böyle bir şeyi düşünüp geliştirmesi çok şaşırtıcı. Bu, bütünü farklı ve saygı uyandıran bir yaklaşım" demektedir.

Ulusal Bilim Vakfının (national Science Foundation) kuramsal fizik programının eski yöneticisi olan Dr. Harold S. Zapolksy de "bu kuramın hemen hemen öngördüğü herşey kanıtlanmıştır ve Einstein'ın gerçekten iyi bir kuram geliştirdiği söylenebilir" şeklinde konuşmaktadır.

"Bu iyi kuram" bize gerçekten, insanların duyularıyla açıklayamayacağı garip bir alemi öngörmektedir. Tüm deneylerin onayladığı, ancak bir kuşku payı ile kanıtlandığı gibi Einstein'ın evreni, eğilmiş bir uzay ile geometrik düzeni değiştiren bir çekimi, farklı hızlarda hareket eden kimseler için aynı hızda akmayan bir zamanı, değişen bir boyut ve kütleli içermekte ve kısaca, hiçbir şeyin görüldüğü gibi olmadığını söylemektedir.

Ve Einstein, öngördüğü evrenine deneye ulaşmamıştır. Herkesin görebileceği birtakım kanıtlar üzerinde düşünmüş ve sağ duyuya karşı gelen gözüpük ve muhteşem bir kuramsal sıçrama yapmıştır. Ancak bütün bunlar Einstein için kaçınılmazdı.

Einstein'ı doğrulamaya çalışan tüm fizikçilerin belki de haklı oldukları bir noktadır.

POPULAR SCIENCE'den

Çevirenler: Sacit TAMEROĞLU

Günay GÖKSU

● *Kimse bile bile kötü değildir; her kötülük bilgi sanılan bir bilgisizlikten gelir.*

SOKRATES

● *Felsefe bir insanın kendi kişisel etkinliğinin ne biçim bir etkinlik olduğunu gösterir.. Felsefe her insanın kendi kişisel etkinliğinin ne biçim bir etkinlik olduğunun bilincine varmasına yarar. İnsanı sürünün bir bireyi olmaktan çıkarır.*

Nusret HIZIR

● *Politika gerçekleri yadsıyıp yalan söylemek değil, gerçeklerin istediğiniz yanını göstermektir.*

Winston CHURCHILL