

Bunun başlıca nedeni onun, kuantum teorisinin getirdiği bazı yenilikleri benimsememesiydi. Bu teorisinin diğer ilkeleriyle birlikte Heisenberg'in belirsizlik ilkesi bir takım beklenmedik sonuçlara yol açıyordu. Öyle görünüyor ki, atomdaki bireysel olgular belli yasalara uygun seyretmemekte, dünyada gözlenen düzgün ilişkiler ise aslında istatistiksel olmaktan ileri geçmemektedir. Madenin davranışına ilişkin bildiklerimiz, bir bakıma, sigorta şirketlerinin ölümle ilgili bildiklerinden pek farklı değildir, bu görüşe göre. Sigorta şirketleri yaşam sigortası yaptıran bireylerden hangilerinin, belli bir yılda, öleceğini ne bilirler, ne de, bilmeyi kendilerine dert edinirler. Onlar için önemli olan yalnızca o yıl ortalama kaç kişinin öleceğidir, yoksa kimlerin öleceği değildir. Klasik fiziğin bizi alıştırdığı nedensel düzgünlük kuantum fiziğinde istatistiksel olarak yorumlanır. Einstein bu görüşü hiç bir zaman kabul etmedi. Onun gözünde, henüz ortaya çıkarılmamış olmakla birlikte, atomların bireysel davranışlarını belirleyen yasalar vardır. Fizikçilerin henüz anlamadığı bir konuda meslekten fizikçi olmayan birinin kesin bir yargıya varması ihtiyatsızca bir davranış olur. Ancak şu kadarını söylemekte bir sakınca yoktur, sanıyorum: fizik dünyasında yetkili genel yargı bu konuda Einstein'dan yana değildir. O Einstein ki, relativite teorisini kurmasaydı bile, kuantum fiziğindeki çağ açıcı katkılarıyla fizikçiler arasında ön sırada yer alacak başarıları elinde tutmaktaydı.

Relativite ile karşılaştırıldığında kuantum

teorisi daha devrimci niteliktedir ve kanımca fiziksel dünyaya ilişkin anlayışımızı değiştirmedeki gücü henüz yeterince etkisini göstermemiştir. Özellikle hayal yetimiz üzerindeki etkisi gariptir. Bir kez, maddeyi "manipüle" etme yönünden bize yeni olanaklar sağlamakla birlikte (bu arada atom ve hidrojen bombalarıyla ortaya konan sinsi gücü de unutmayalım), daha önce bildiğimizi sandığımız birtakım şeyleri bilmediğimizi göstermiştir. Kuantum teorisinden önce hiç kimse, bir parçacığın herhangi bir anda, belli bir yerde, belli bir hızla hareket ettiğinden kuşkulanzmazdı. Oysa durum şimdi değişmiştir. Bir parçacığın konumu ile hızını birlikte saptama olanacağınız yoktur. Konumu saptadığınızda hızını, tersine, hızını saptadığınızda konumunu doğruca saptama olanacağını yitirmektesiniz. Üstelik "parçacık" dediğiniz şey de, öteden beri bildiğiniz şu küçük, somut bilye olmaktan çıkmış, oldukça belirsiz bir nesne niteliğine bürünmüştür. Onu yakaladığınızı sandığınız an, tanecik değil, dalga özelliğinde olduğunu kanıtlayan kimliğini ileri sürmekte gecikmez. Aslında ona ilişkin tüm öğrendiğinizi de, yorumu karanlık bir denklemden ileri geçmemektedir.

Klasik fizikten kopmamaya savaştan Einstein için bu bakış açısı son derece tatsızdı. Ama yine de unutmamalı ki, yüzyılımızda bilimsel devrime yol açan hayal ve düşünce atılımlarını herkesten önce ve herkesten çok ona borçluyuz. Başladığım gibi bitireceğim sözümü: Einstein büyük bir adamdı, belki de çağımızın en büyük adamı!

## EVRENİN ARAŞTIRICISI EINSTEIN'IN DOĞUMUNUN YÜZÜNCÜ YILDÖNÜMÜ

Charles-Noël MARTIN

Yüzyılın başında, Bern'de patent bürosunda çalışan bir memur, evreni yöneten gizli yasaları tanımlıyordu. Bu, sağduyuya meydan okumak gibi bir durum oluşturuyordu: Madde ve enerji aynı oluşun iki görünüşünden başka bir şey değildir, zaman ve uzay birbirinden ayrılamaz. O zamandanberi birçok bilim adamı, soyut fikirli görünen bu küçük memurun ileri sürdüğü teorileri deneylerle doğrulamıştır.

Eğer Albert Einstein yaşasaydı 14 Mart 1979'da yüz yaşında olacaktı. Bu yılki kutlama dünyada çok geniş çapta olmakta ve bir çok dergi Einstein için özel sayılar çıkarmaktadır. Einstein

için vaktiyle pek çok şey söylenmiştir: geri zekâlı çocuk, orta derecede bir öğrenci, hayalperest insan vb. Fakat son yılların deneysel kanıtları, bilim dünyasında açtığı ufukların ne kadar geniş olduğunu vurgulamaktadır. Fikirlerini doğrulayan tanıtılardan biri yakın zamanda önem kazanan gravitasyon (genel çekim) dalgalarının varlığıdır.

Bern'deki mütevazı memur 1905'te, sınırlı: özel rölativite (= bağıntılık = izafiyet) teorisini açıklamış, Newton mekaniğinin kanunlarını altüst etmiş ve madde ile enerjinin eşdeğerliğini ünlü  $E = mc^2$  denklemiyle vurgulamıştır. Onbir yıl zarfında teorik yapısını geliştirmiş ve 1916'da,

dört boyutlu, eğri ve sınırlı bir evrenle ilgili genel bağıntılık (genel rölativite) teorisini bildirmişti. Fakat 1921'de aldığı Nobel Ödülü, rölativite teorisini için değil, foto elektrik olayını buluşu için kendisine verilmiştir. Bunun pratik uygulaması, modern elektronik cihazların en önemli kısımlarını oluşturmaktadır.

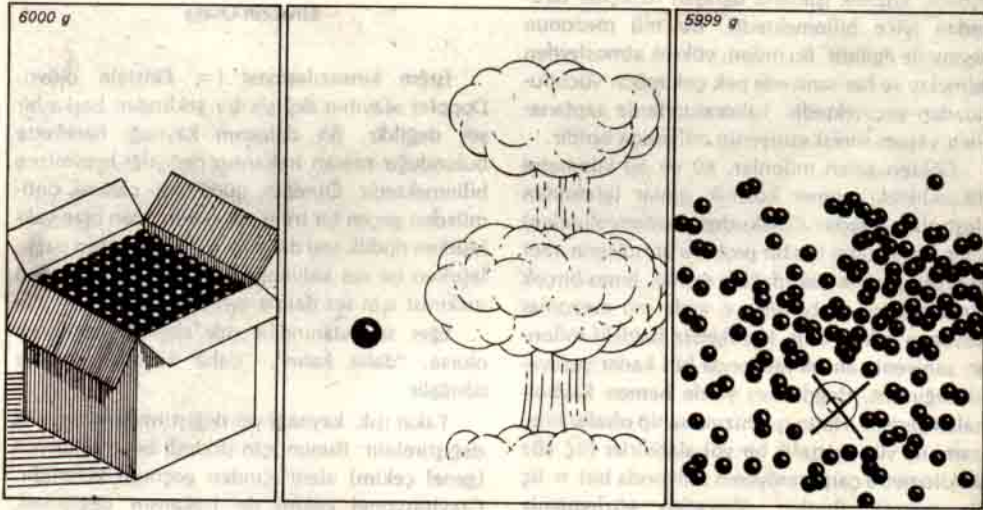
Einstein, bütün keşiflerini kırk yaşına kadar gerçekleştirmiştir. Yaşamının geri kalan bütün kısmını gravitasyon (genel çekim) ve elektromagnetizmayı sentez eden tek bir teoriyi bulma çabalarına harcamıştır. Maalesef bu amacına erişememiştir. Ölümünden birkaç ay önce dört yeni denklem yayınlamakla yetinmiştir. Hatta son sözleri dahi kimsece bilinmemiştir, zira kendisine bakan hemşire Almanca bilmiyordu.

Vaktiyle çok tartışılmış ve kendisine hayalci denmiş olan Einstein bugün intikamını almaktadır: Bilim adamları, onun öneşilerinin deneşyel tanıtılarını toplamıştır.

Bu tanıtılar arasında onbirini seçtik. (Üçü özel veya sınırlı rölativite, sekizi de genel rölativite ile ilgili).

### 1'inci Tanıt 1 Gramın Değeri

Sınırlı rölativitenin (özel rölativite) en şaşırtıcı sonuçlarından biri madde ve enerjinin eş değeriğidir. Meşhur  $E = mc^2$  denklemi, ya bir enerji miktarının, yahut da bir madde miktarının sayısal eş değeriğini vermektedir. Denklemdaki  $c$ , boşluktaki ışık hızını göstermektedir.



KÜTLE - ENERJİ: ATOM BOMBASI

Einstein'in formülü, yirmi yıl boyunca, fantazi matematik bir buluş olarak düşünölmüştü. Buna rağmen bu teorik denklem insanlık tarihinde devrim yapacak büyük gizli bir güce sahipti.

Atom çekirdekleri arasında oluşan ilk reaksiyonlar, kitle - enerji eşdeğeriğinin uygulama olanaklarını derhal ortaya koymuştu. Bir çekirdek bir protonu veya bir nötronu emdiği yahut her ikisinden de bir miktar veyahutta neşrettiği zaman (iki proton ve iki nötrondan yapılmış alfa partikülü gibi), açığa çıkan enerji, ilk çekirdeklerle elde edilen çekirdek arasındaki kitle farkı ile kati olarak hesap edilebilir: Bu reaksiyonları daha kolay bir şekilde ölçmek için atom fizikçileri yeni bir birim olan MeV (milyon elektronvolt)'u kabul etmişlerdir.

Nihayet, zincirleme buluşlar, deneyler, zo-

runluklar ve münzevi bilginin soyut denklemi, Hiroşimada atılan atom bombasının yapımını gerçekleştirmiştir. 6000 gramlık bombanın patlamasıyla 1 gr.'lık bir madde kaybı oluşmuş, ve  $E = mc^2$  formülüne göre açığa çıkan enerji  $10^{11}$  erg (20 kilo ton) olmuştur. Burada açıkça görölmektedir ki bütün bu büyük gücü yaratan, yalnızca bir gram maddenin enerjiye dönüşmesi olayıdır.

Einstein, Hiroşima olayını hiç bir zaman arzulamamış ve daima atom silahlarına karşı çıkmıştır

### 2'inci Tanıt Ağırlaşan Partikül

Sınırlı (= özel) rölativitenin diğeri önemli bir tanıtı da kitlenin hızla orantılı bir şekilde artma-

sıdır. Bir partikül kazandığı kinetik enerji oranında ağırlaşır. Burada da yine  $E = mc^2$  bağıntısı rol oynamaktadır. Hareket enerjisi E arttığı zaman kitle m de artar. Partikülün (hareketsizdekinden değişik) dinamik bir kitlesi vardır, ve asemptotik olarak ışık hızına (299.792, 456 Km/s) yaklaşıldığı zaman istenildiği kadar büyük olabilir. Cenevre'deki C.E.R.N.'in akseleratöründe (hızlandırıcısında), protonların kitlesi beş yüz kat artmış bulunur.

### 3'üncü Tanıt

#### Mü Mezon Dünya Üzerinde Daha Çok Yaşiyor

Einstein teorisinin etkilerinden biri de zamanların genişmesidir. Hareketli bir partikül, hareketsiz olana nazaran, daha uzun müddet yaşayacaktır. Bağıntılı genişmenin deneysel gerçekleşmesi, kozmik ışınlarla uğraşan fizikçiler tarafından iyice bilinmektedir. Bu mü mezonun yaşamı ile ilgilidir. Bu müon, yüksek atmosferden gelmekte ve her saniyede pek çok müon vücudumuzdan geçmektedir. Laboratuarlarda saptanabilen yaşam süresi saniyenin milyonda biridir.

Cökten gelen müonlar, 60 ve 50 kilometre yükseklikteki primer kozmik ışınlar tarafından oluşturulmaktadır: Galaksiden (samanyolundan) gelen bu ışınların her bir protonu atmosferin azot veya oksijeninin çekirdeğine rastlar, bunu birçok parçaya ayırır ve böylece o anda mü mezonlar meydana gelmiş olur. Hareketsiz haldeki müonlar, saniyenin ancak milyonda biri kadar yaşayabileceğinden, doğdukları yerde hemen kaybolmaları gerekir. Hatta ışık hızına sahip olsalar bile, azami üç yüz metrelik bir yol alabilirler (üç yüz bin kilometre çarpı saniyenin milyonda biri = üç yüz metre). Bunları dünyadan gözlememiz imkânsız olurdu. Halbuki detektörler, bunları deniz seviyesinde, derin madenlerin dibinde, toprağın üç kilometre altında yakalayabilmektedir. Bunun açıklamasını ancak rölativite verebilir. Bir dünyalı tarafından gözlenen müon, daha uzun yaşayabilir görünmekte ve bütün atmosferin kalınlığından da fazla yol alabilmektedir. Deney bir kez daha Einstein'ın teorik düşüncesini doğrulamaktadır.

### 4'üncü Tanıt

#### Merkür'ün Kaprisleri

Einstein'ın 1916'da formüle ettiği genel rölativite teorisinin bazı sonuçları deneysel olarak da doğrulanmıştır. Örneğin Merkür'ün günberisinin (periheli) yer değiştirmesi böyle bir olgudur.

Merkür, güneşe en yakın gezegendir. Eliptik bir yörünge çizer ve her seksen sekiz saatte bir günberisinden (yörüngenin güneşe en yakın olan

noktasından) geçer. Newton'un gök mekaniği kanunlarına göre, Merkür yalnızca güneşin çekiminin etkisi altında kalmış olsaydı, uzaydaki günberisinin sabit olması gerekirdi. Halbuki bu, yer değiştirmektedir. Güneşle kendisi arasında başka bir gezegen de saptanamamıştır. Bu muammanın çözümünü ancak genel rölativite teorisi verebilmiştir: buna göre güneşin kitlesi çevresindeki uzay - zamanı kuvvetle deforme etmektedir. Merkür'ün günberisi de bu deformasyon içinde bulunduğundan, bunun tarafından sürüklenmektedir ve bu, her bir yüz yıl için 43°'lik bir yer değişimi oluşturmaktadır.

Böylece genel rölativite, yeni ve parlak bir tanıt daha bulmuştur.

### 5'inci Tanıt

#### Einstein Olayı

Işığın kırmızılaşması (= Einstein olayı), Doppler olayının değişik bir şekilden başka bir şey değildir. Bir dalganın kaynağı harekette bulunduğu zaman frekansın değiştiği hepimizce bilinmektedir. Örneğin, düdüğünü çalarak önmüzdən geçen bir treni ele alalım, tren bize yaklaşırken düdüğü sesi daha ince duyulur, tren uzaklaşırken ise ses kalınlaşır, halbuki treni yöneten makinist için ses daima aynıdır.

Eğer ses alanından ışık alanına geçilecek olursa, "daha kalın", "daha kırmızı" şekline dönüşür.

Fakat ışık, kaynağı yer değiştirmeden de renk değiştirebilir. Bunun için şiddetli bir gravitasyon (genel çekim) alanı içinden geçmesi yeterlidir. Gravitasyonel çekim ile frekansın değişmesi, genel rölativite ilkelerinin direkt bir sonucudur ve bu büyük kitleleri gözlerken saptanan bir olgudur: Işıklar anormal bir şekilde uzun dalga boylarına doğru kaymıştır.

Einstein olayı, bir yıldızın yaydığı ışığın frekansındaki sapmadan, yıldızın kitlesinin hesabı olanaklı kılar.

### 6'ıncı Tanıt

#### Güneş Nedeniyle Sapma

Genel rölativite şu tahmini veriyordu: Güneş yakınında bulunan bir yıldız gözlenirse, bu yıldız yer değiştirmiş görünür. Gerçekten bize gönderdiği ışın demeti, civarından geçtiği zaman güneş tarafından çekilir. Radioteleskoplar sayesinde, Hertz sinyalleri güneşin kenarını sıyrarak geçtiği zaman sapmaktadır ve bu sapma tam olarak hesap edilebilmiştir: bu, genel rölativitenin bulgularına da uymaktadır.

### 7'inci Tanıt

#### Dalga Randevuya Geç Vanyor

Genel rölativiteye göre, güneş çekimi yalnız radio dalgasını saptırmakla yetinmez, fakat aynı zamanda bunun yayılmasını da geciktirir. Mariner 6 ile "gravitasyonel frenaj" 204 mikro-saniye olarak bulunmuştur. Einstein de bunun için 200 değerini vermişti.

### 8'inci Tanıt

#### Bir Kilo Kurşun ve Bir Kilo Kuştüyü

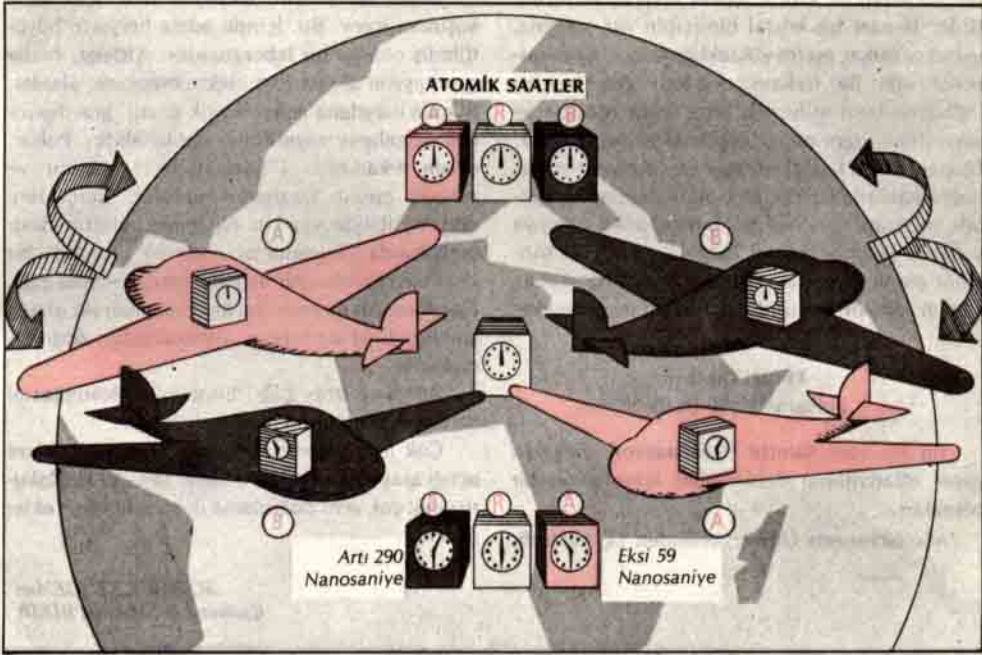
Genel rölativitenin esas postulat'larından biri, eşdeğerlik ilkesidir: Einstein'e göre, atalet (süre durum) kitlesi (kendisini harekete geçirmek

isteyen bir kuvvete karşı kiteli bir cismin direnci) ve ağır kitle (veya gravitasyonun çekim alanına maruz kalmış ağırlık kitle) aynıdır. Bu postulat Galile'denberi deneysel bir şekilde doğrulanmış bir gerçektir ve buna göre muhtelif tabiatte maddi cisimler yer çekimi tarafından eşit bir şekilde çekilir. Bunu şöyle de söyleyebiliriz: Bir kilo kuş tüyünün ağırlığı bir kilogram kurşununkine eşittir. Astronomik ve Laser ışınlarıyla yapılan araştırmalar, Einstein'ın düşüncelerini haklı göstermektedir.

### 9'uncu Tanıt

#### İki Saatin Dünya Turu

Atomik saatlerin yardımıyla, Eylül 1971'de,



### RELATİF DÜNYA TURU

genel rölativitenin yeni deneysel doğrulaması yapılmıştır. Bu saatlerin hatası ancak saniyenin milyarda biri oranındadır. Bir müracaat atomik saati (R ile belirliyelim) hareketsiz bırakıldı; bununla ayar edilmiş iki saat, iki ayrı uçağa yerleştirildi. Bir tanesi dünya turunu yapmak üzere doğuya hareket etti (bunun içindeki saati B ile adlandırılm), diğeri ise batıya yollandı (içindeki A saati ile).

İki rölativist olay bir araya geldi: Yükseklik olayı (yol boyunca 10.000 m), saati ilerletmiştir, zira yer çekimi alanı yükselindikçe zayıflamak-

tadır; ve dünyanın dönüşü ile ilgili olan hız olayı Doğuya doğru giden bir uçak için saatte yavaşlama vardır, zira hız etkisi yüksekliğe bağlı ilerlemeye karşı hakimdir; batıya doğru ilerleyen bir uçakta ise, kinetik ilerleme gravitasyonel ilerlemeye eklenir.

Dönüşte her üç saat (A, R ve B) karşılaştırılır: doğudaki tanık saate nazaran 59 nano (milyarda bir) saniye gecikmiştir ve batıdaki ise 290 nanosaniye ilerlemiştir. Bu iki değer, sınırlı (özel) rölativite ve genel rölativitenin hesap edilen müşterek etkilerine çok yakındır.

Üç saat sayesinde Einstein bir zafer daha kazanmıştır.

### 10'uncu Tanıt

#### Mössbauer (Gravitasyonel) Olayı

Genel Rölativitenin en kati doğrulanması kuşkusuz Mössbauer yükseklik olayıdır. Genç Alman fizikçisi Mössbauer, 1957'de kendi adını taşıyan ve Nobel Ödülünü kazandıran bir olayı keşfetmişti: çok alçak bir sıcaklığa getirilen bir kristalin çekirdeğinin yaydığı gamma ışınları, aynı nitelikte başka bir kristal tarafından emilebilir.

Yukarda da vurguladığımız gibi, bir gravitasyon alanında saat geri kalır; eğer saat yükseğe çıkarılırsa ileri gider, yani frekansı artar. Gamma ışınları veren bir kristal toprak seviyesine yerleştirilir. Benzer bir kristal birincinin üst tarafına, yalnızca birkaç metre yüksekliğe konur. Gravitasyonel etki ile frekans değişimi çok zayıftır (milyarda-birin milyonda biri), fakat Mössbauer olayı bunun tam olarak ölçülmesini sağlayabilir. Eğer aşağıdaki kristal dairesel bir hareketle yukarı doğru kaldırılırsa, Doppler olayı hareketsiz kristale nazaran cüzi frekans farkını telâfi eder ve yukarda bulunan kristal aşağıdaki kristalin ışınlarını emmeğe başlar, halbuki kristal hareketsiz kaldığı zaman bu ışınlar emilmeden geçmekte idi

### 11'inci Tanıt

#### Pulsar ve Siyah Delik

Bu en yeni tanıttır. Gravitasyonel dalgaları genel rölativitenin denklemleri içine giren bir olanaktır.

Massachusetts Üniversitesinden üç Profesör

Culloh, Fowler ve Taylor, çalışmalarıyla, bu dalgaların varlığını indirekt ve astronomik bir yolla vurgulamışlardır. Bu ekip 1974'te, çok istisnai tipte bir pulsar keşfetmiştir. Bir pulsarın kendi içine çok küçük bir hacme çekilmiş, konsantre, yoğunluğu çok artmış bir yıldız olduğunu anımsatalım. Güneşten daha büyük olan yıldızın bütün kitlesi, birkaç kilometrelik yarıçapı olan bir kürenin içinde toplanmıştır. Pulsar kendi etrafında büyük bir hızla döner; saniyede binlerce devir.

Taylor ve ekibinin keşfettiği 1913 - 16 pulsarın bir özelliği saatte bir milyon kilometre hızla, sekiz saatte bir ve karanlık bir arkadaşın etrafında dönmesidir. Bu sonuncu, ya başka bir pulsardır, yahutta büyük bir olasılıkla bir "siyah delik"dir.

Böyle bir sistem, rölativist fizik için ideal koşulları içerir. Bu, içinde adeta herşeyin büyütülmüş olduğu bir laboratuardır: Kitleler, hızlar gravitasyon alanları ve elektromagnetik alanlar. Burada meydana gelen büyük enerji, gravitasyonel dalgaların yayımı ile açıklanabilir. Pulsar, çeken arkadaşına ("siyah delik") yaklaşır ve nihayet bunun tarafından yutulur. Gerçekten, dört yıl içinde yapılan ölçümler pulsarın devir periodunda saniyenin onbinde bir oranında bir kısalmayı belirtmiştir. İşte bir enerji kaybına bağlı olarak meydana gelen bu kısalma indirekt olarak gravitasyonel dalgaların mevcudiyetini doğrulamaktadır.

Atom ve uzay çağı, Einsteir'in rölativitesini deneysel bir bilim haline getirecektir.

Çok ileriye gören dahi bir insanın bilginlere açtığı araştırma alanları o kadar geniştir ki kuşkusuz pek çok yeni doğrulama daha eskilerine eklenecektir.

SCIENCE ET VIE'den  
Çeviren: Dr. Hikmet BİLİR

● *Cesaret, tehlike karşısında akıl ve zekânın kullanılmasıdır.*

PLATO

● *Başboşluk, sersemlerin tatilidir.*

Lord CHESTERFIELD

● *Para iyi bir uşak, kötü efendidir.*

BACON

● *İnsanları kandırmak istiyorsan hakikati söyle.*

BISMARCK