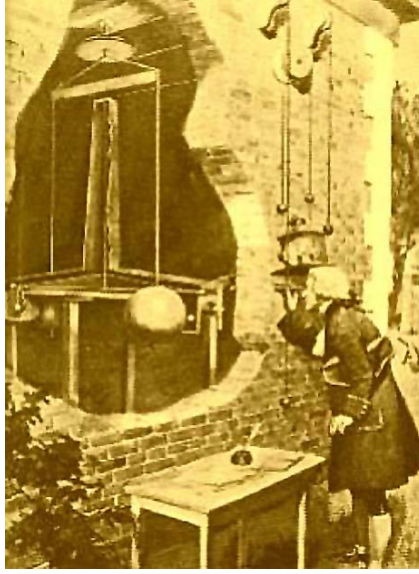


Dünyanın ağırlığı acaba ne kadardır? Benim ulaştığım bilgilerden bir tanesi 5967.10(üzeri 24) ton'du. Acaba bu bilgi doğru mudur? Yardımlarınız için teşekkürler. İyi çalışmalar.
Ahmet Kırılmış

Dünya'nın kütlelerinin değeri için birbirine yakın olsa da farklı çok sayıda değer bulacağına eminim. Bunun nedeni bu kütleli ölçmenin zor olması. Önce "nasıl ölçüyorlar" sorusunu cevaplandıralım. Dünya'yı geleneksel yöntemlerle, yani bir tartıya koyarak ölçemeyeceğimiz açık. Benzer sorun diğer bütün gök cisimleri için geçerli (Güneş, Ay, gezegenler vs.)

Fakat başka bir yöntem, Newton'un kütleçekim yasası, bu kütleleri belirlemek için kullanılabilir. Bu yasa, iki cisim arasındaki kütleçekim kuvvetinin, cisimlerin kütleleriyle doğru orantılı olduğunu, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu söylüyor. Hissettiğimiz yerçekimi de Dünya'nın uyguladığı kütleçekim kuvveti; ve bu çok hassas bir şekilde ölçülebiliyor. Bunun dışında Dünya'nın uydularının (Ay veya diğer yapay uydular) hareketleri de tamamen Dünya'nın çekim kuvveti tarafından belirleniyor. Bu uyduların periyotları (aynı konuma gelmeleri için geçen zaman) ve yörüngelerinin çapları da çok hassas bir şekilde ölçülebiliyor. Bu bilgilerden de Dünya'nın kütlelerini belirlemek mümkün. Bu yöntem özellikle diğer gök cisimleri için önemli. Örneğin Güneş ve diğer gezegenlerin kütleleri, bunların uydularını gözlemleyerek elde ediliyor.

Ne yazık ki, bu yöntemin önemli bir kusuru var. Newton'un kütleçekim yasasını kullan-



Henry Cavendish Dünya'yı "tartarken".

rak kütle belirlemek için başka bir büyüklüğü, bu yasada geçen ve büyük G sembolüyle gösterilen evrensel kütleçekim sabitinin değerini de bilmek gerekiyor. Asıl zor olan, bu sabiti ölçmek. Kütleçekim kuvveti, küçük cisimler için çok zayıf; örneğin iki insanın birbirlerine uyguladığı kütleçekim kuvveti, bir sivrisineğin ağırlığının yüzde biri civarında. Bu kuvvet ancak Dünya gibi büyük gök cisimleri söz konusu olduğunda büyük, ölçülebilir değerlere ulaşabiliyor. İşte burada bir kısır döngü var. G'yi belirlemek için büyük gök cisimlerinin kütlelerine gereksinmemiz var, buna karşın bu gök

cisimlerinin kütlelerini belirlemek için de G'yi bilmek gerekiyor. Newton, bu kısır döngüyü aşabilmek için Dünya'nın sabit yoğunlukta olduğunu varsayıp, kaba bir değer elde etmiş. Daha sonra bir çok kişi bu sabiti ölçmek istemişse de başarılı olamamış.

İlk defa 1797 yılında İngiliz bilim adamı Henry Cavendish, yaptığı deneylerle G'nin güvenilir bir değerini elde edebilmiş. Bu deneyde, birbirlerine çubukla bağlanmış iki büyük metal küre uzun bir ip ile tavana bağlanıyor. Üçüncü bir küre bunlardan birine yaklaştırıldığında oluşan küçük hareketlerin gözlemlenmesiyle G'nin değeri ölçülebiliyor. Cavendish ne yaptığını soranlara, "Dünya'yı tartıyorum" dermiş, çünkü deneyden Dünya'nın kütlelerini elde etmek mümkün. Sonra yapılan bütün G ölçümleri, Cavendish'in düzeneğinin bir uyarlaması. Fakat söz konusu kuvvet gerçekten çok küçük olduğu için, bu tip deneylerle çok hassas değerler elde etmek mümkün değil. Bir çok fiziksel sabitin değeri, modern deneylerle dokuz on rakama kadar ölçülebiliyorken, G'nin en fazla üç veya dört rakamı belirlenebiliyor.

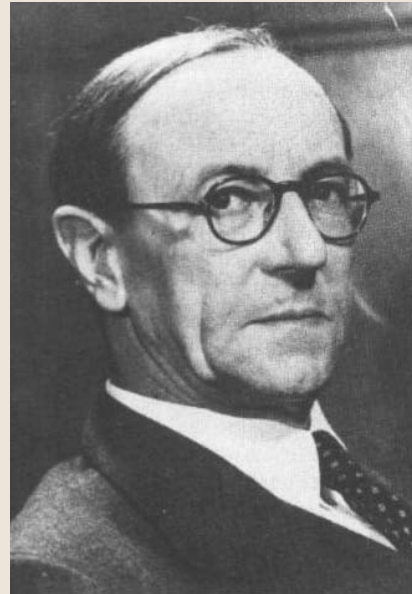
1998 yılında toplanan uluslararası bir komisyon, modern deneylerde elde edilen G değerlerinde, iddia edilenden çok daha fazla hata olduğunu belirlemiş. Bu nedenle, Dünya'nın kütleleri için bulunan değerlerde de aynı derecede hatalar var. Kullanılması tavsiye edilen en son verilere göre (CODATA-2002), bu sabitin sadece dört rakamı belirlenebiliyor. Buna göre Dünya'nın kütlesi $5,972 \times 10^{24}$ kg (son rakam 1 oynayabilir, yani on binde 1,5 hata payı). Şu anda en genel kabul gören değer bu.

Atom altı parçacıkların kütlelerini hangi yöntemle ölçüyorlar? Serdar Köse

Çok büyüklerden çok küçüklere geçiyoruz. Eğer parçacığın elektrik yükü varsa (elektron, proton veya atom çekirdekleri), bu durumda manyetik alanlardan yararlanan kütle spektrometreleri kullanılıyor. Manyetik alan, yüklü parçacıkların hızlarının yönünü değiştiren bir kuvvet uygular. Bu da parçacıkların dairesel bir yörünge çizmesine neden olur. Dairenin çapı parçacıkların hızlarına ve yük/kütle oranlarına bağlı. Kütlelerin ölçüldüğü deneylerde, bir başka aygıt parçacıkların önceden belirlenen bir hızla sahip olmasını sağlıyor. Bu durumda, yörüngenin çapının ölçülmesi, yük/kütle oranını veriyor. Modern deneylerdeyse, Penning tuzağı denen bir aygıtla, hızları ölçmeye gerek kalmadan yük/kütle oranını belirlemek mümkün. Son olarak, temel yük miktarı (elektronun yükü) hassas bir şekilde ölçülebildiği için (Millikan deneyi), buradan kütleli belirlemek mümkün.

Nötron gibi yüksüz parçacıklarda bu yöntem uygulanamıyor. Cambridge'deki Cavendish laboratuvarlarında çalışırken nötronu keşfeden

ve bundan dolayı 1935 yılında Nobel ödüllü kazanan James Chadwick'in başarılarından biri de nötronun kütlelerini ölçmek. Bunun için Chadwick, belli bir kaynaktan gelen nötronların, bir gazın içinden geçerken, gazdaki atom-



Nötronu "tartan" James Chadwick

lara çarptığını ve bunların çekirdeklerini hızla fırlattığını gözlemlemiş (bardo toplarının çarpması gibi). Nötronlar, hidrojen gazından geçen tepen protonlar çok hızlı. Buna karşın azot gazı kullanılırsa, tepen azot çekirdekleri daha yavaş (azot daha ağır olduğu için). Chadwick, nötronların fırlattığı proton ve azot çekirdeklerinin hızlarını ölçerek, buradan nötronun kütlelerini kabaca belirleyebilmiş.

Bir kaç yıl sonra, yine Chadwick, başka bir fiziksel olayı kullanarak nötronun kütlelerini daha hassas bir şekilde ölçmeyi başarmış. Bugün de kullanılan bu yöntemde bir çekirdek tepkimesi kullanılıyor. Bir nötronla proton birleştiğinde, bir döteryum çekirdeği oluşuyor ve yüksek enerjili bir gama fotonu açığa çıkıyor. Proton ve döteryumun kütleleri hassas bir şekilde ölçülebiliyor. Çıkan fotonun dalga boyu, dolayısıyla enerjisi de ölçülebiliyor. Daha sonra, enerjinin korunumu yasası ve Einstein'ın ünlü $E=mc^2$ denklemi kullanılarak, nötronun kütlesi elde edilebiliyor. Bu şekilde nötronun kütlelerinin 10 kadar rakamı (yani 10 milyarda bir hata payıyla) belirlenebiliyor. Genel kural olarak, yüklü veya yüksüz, kısa ömürlere sahip bütün diğer parçacıkların (piyon, mezon vs.) kütleleri bu şekilde, yani enerjinin korunumu yasası kullanılarak belirleniyor.