

# Evrensel Kütleçekimi Sabiti Nasıl Ölçülür? G Sabitinin Peşinde

Evrensel kütleçekimi sabiti  $G$ , Dünya'yı Güneş çevresindeki yörüngeye oturtan, yıldızlarda hidrojeni füzyon sıcaklığına varıncaya değin sıkıştıran, dört dörtlük bir atışı tamamlayan bir basketbol oyuncusunun ayaklarının tekrar sahaya basmasını sağlayan gizli sayıdan başka birşey değil. Gelgelelim, temel doğa sabitlerinin çoğu 8 basamağa kadar duyarlıklı olarak bilinebiliyorken, iş  $G$  sabitine geldiğinde değişiyor, daha 4. basamakta anlaşmazlıklar başlıyor. Sayılar konusundaki kesinliğin sanat düzeyine çıkarıldığı 1990'larda tanık olunan bu belirsizlik, bilim dünyasının seçkinleri için katlanılır türden bir fiyasko değil..

**B**İLİNEN dört temel kuvvetten en eskisinin, en az bilineni oluşu ilk bakışta şaşılacak bir şeymiş gibi görülebilir. Ayağı takılıp diz üstü yere kapaklanan bir çocuk bile, kütleçekiminin varlığını somut olarak duyumsayabiliyor. Böyleyken, iş sayısal değer in büyüklüğünün saptanmasına gelince, içinden çıkmak olanaksızlaşıyor.

Aslında, fizik bilgilerimizi biraz yokladığımızda, bu belirsizliği bir ölçüde hoşgörebiliyoruz. Atom çekirdeğini ele alalım: Helyum atomunun iki protonu arasındaki kütle çekimi etkisi, maruz kaldıkları elektriksel itmenin yaklaşık  $10^{40}$ 'ta biridir. Esas tuhafıksa başka yerde; elektromanyetik kuvvetler söz konusu olduğunda, iki cisim birbirlerini yüklerinin ilişkisine göre itip çekerlerken, sadece kütleçekimi söz konusu ve bu çekim, kütleler ile bu "G" denen sabitle orantılı oluşu...

Einstein'in genel görelilik yasası, bunu geometrik bir benzetmeyle açıklıyor: "Her kütle, kendini çevreleyen uzay-zaman yüzeyini, bir çukur oluşturacak şekilde eğer". Cıvardaki kütleler oluşan eğim yüzünden kayıp bu çukura düşerler. Bu, yumuşak bir divana yan yana uzanmış bir çiftin de başına gelir. Yüzey çöker ve uzanmış çifti ortada buluşturur.

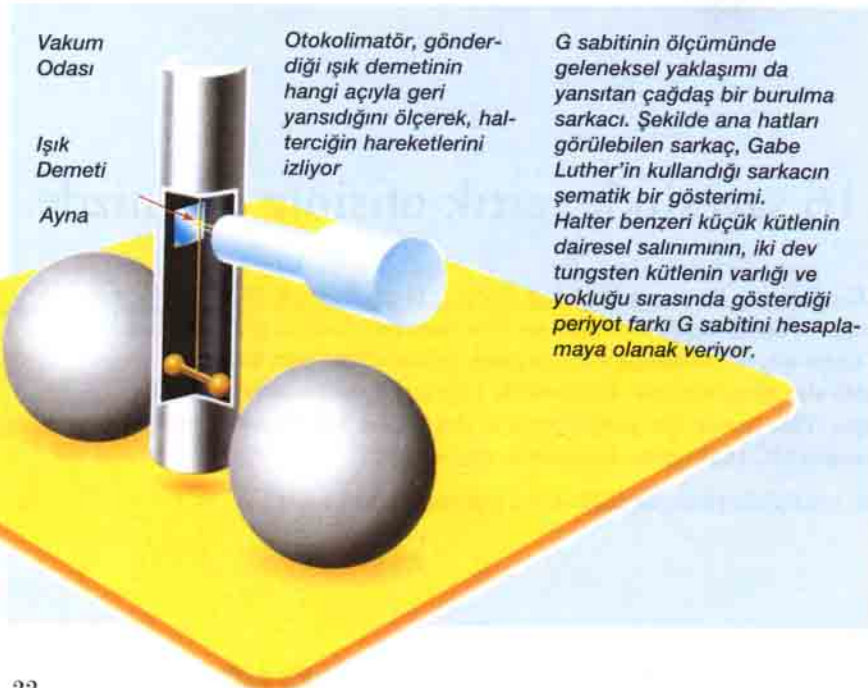
G'yi ölçmek söz konusu olduğunda bu durum sorunlara yol açar. Bir odadan içeri girersiniz ve uzay-zaman eğriliğini hafifçe bozarak, her şeyi "nazikçe" kendinize çekersiniz. Bundan sakınmanın hiçbir yolu yoktur. 1930'larda ABD Ulusal Standartlar Bürosunda (NBS)  $G$  ölçümüyle uğraşan ve kaçış olmadığını çok iyi bilen Paul Heyl, yere iki sarı ayak izi çizmişti, çalışmalarını boyunca da ayaklarını bunların üzerinden bir kere bile ayırmamıştı.

15 yıl önce, Gabe Luther ve William Towler yönetimindeki bir ekip NBS'de yeniden kolları sıvayıp, Heyl'in ölçümlerinin duyarlığını arttırmaya giriştiler. O günden bu yana, saptadıkları sayı resmi standart olarak kullanılıyor. Yine de, dünyanın her yanına yayılmış pek çok bilim insanı hâlâ daha doğru bir değer in peşinde.

Luther'e göre bu anlamsız bir çabadır çünkü, "G'yi daha iyi duyarlıkla ölçmenin hiçbir pratik önemi yok. Fizikçiler  $G$  ile başka herhangi bir şey arasında herhangi bir bağıntı kuramadılar ve kurabilecek de benzemiyorlar. G'yi ölçmek, ne düzeyde isabet kaydettiğini kontrol etmeyeceğiniz bir hedefe atış yapmaya benziyor."

Yine de kimi kuramcılar, kütleçekiminin doğru ölçümünün tüm fiziği alt üst edebilecek bir potansiyel içerdiğine inanıyor. Söz gelimi, G'nin değerinin zamanla değiştiği saptanırsa, pek çok şeyin yeniden ele alınması gerekecek.

Ayrıca, Einstein'in genel görelilik kuramı, kuantum mekaniğinin belirsizlikleriyle bir türlü uyuşmuyor. Bir kuantum parçacığı aynı anda çeşitli yerlerde bulunabilir. Böyle bir parçacığın kütleçekim alanının neye benzediğini bilmek olanaksız. Kuramcılar, günün birinde bir kütleçekimsel kuantum kuramı bularak dört temel kuvveti tek bir denklemde birleştirmeyi umuyorlar. O zaman, söz gelimi elektronun yükü ve yine söz gelimi başka bir temel parçacığın kütlesini kullanarak G'yi veren bir formül yazmak olanaklı olacak. Bu alanın tarihçiliğini yapan George Gillier, "o gün geldiğinde, sonucu karşılaştıracak iyi



bir değere sahip olmamak üzücü olurdu" diyor.

G'yi ölçme yarışına, ışık hızını 9 haneye kadar ölçme gibi başarılarla imza atmış ünlü bilimciler de girişmiş. Ancak, çalışmalarını bir düşünce birliği oluşturmak yerine işleri iyice sarpa sardırılmış.

1994'te işe girişen Almanya'daki standartlar laboratuvarı PTB'dekiler, Luther ve Towler'inkinden daha büyük bir değer bulmuşlar. Biraz daha değil; bir hayli daha büyük bir değer!.. Kısa süre sonra, Yeni Zelanda Standartlar Laboratuvarı'ndan, Luther'inkinden bir hayli düşük bir ölçüm sonucu gelmiş. Yine o sıralarda, Almanya'daki Wuppertal Üniversitesi'nin yaptığı ölçüm Luther'inkine biraz daha yakın olsa da, yine de fizikçilerin kabul edemeyeceği bir fark varmış arada.

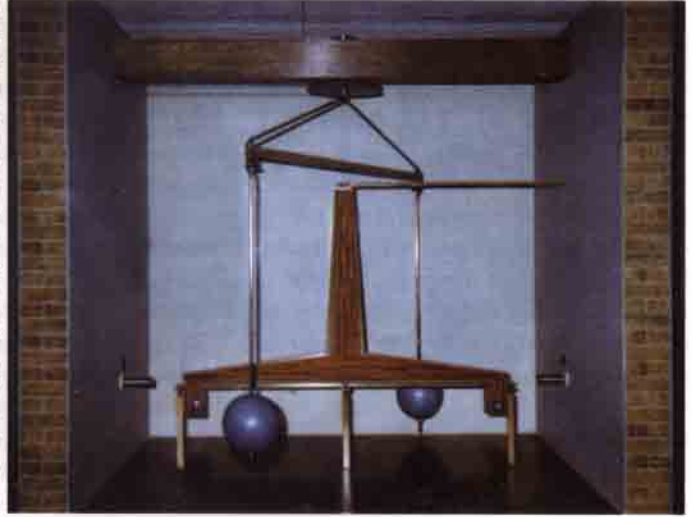
Bugün çoğu bilim insanı, Luther'in ölçümüne nirengi gözüyle bakmayı bırakmış durumda. 1986'da, yapılan tüm ölçümleri değerlendirip dünya çapında kabul edilebilecek bir orta yol bulmak amacıyla yapılan uluslararası bir panelden de hiçbir sonuç çıkmamış.

Luther'in ölçüm maceralarıyla ilgili komik anıları da var. Bir gün laboratuvara girdiğinde, değerlerin ciddi

*Luther'in, çölün ortasındaki kişisel laboratuvarında kurduğu ve G ölçümlerinde kullandığı çağdaş bir burulma sarkacı düzeneğinden iki fotoğraf. Ana hatları ile ele alındığında, burulma sarkacı basit bir düzenek olduğundan, kişisel laboratuvarlarda bulunması şaşırtıcı gelmeyebilir. Ancak, ölçümlerin bir değer taşıyabilecek kadar yüksek duyarlılıkta yapılabilmesi için, prensipte son derece basit olan bu düzeneklerin yapımı, dışsal etmenlerin ortadan kaldırılmaları ya da dengelenebilmeleri için üstün duyarlılıkta hazırlanmış, dolayısıyla yüksek maliyete sahip bileşenler gerekiyor.*



*Cavendish'in 1700'lerde G ölçümlerinde kullandığı burulma sarkacının modeli olan ve Londra'da Science Museum'da sergilenen bir düzenek. Ölçümlerde burulma sarkacı kullanma yaklaşımı, bir-iki ufak değişiklik göz ardı edilirse, iki yüzyıldır değişmeden yaygınlığını koruyor.*



biçimde saptığını görmüş. Biraz hafiflik yaptıktan sonra, iki kat yukarıda ofisi olan birinin, odasına bir ton kitap taşıdığını anlamış. Luther'e bakılırsa, ölçümleri geceleyin, hafta sonlarında ya da uygarlık merkezlerinden uzaklarda yapmak gerekiyor...

Luther, zamanının çoğunda Los Alamos'taki laboratuvarını bırakıp, 20 kilometre uzakta, çölün ortasındaki bir siloda çalışıyor. Yıllar boyu uğraşp, gereken malzemeyi dilenerek, ödünç alarak ve çalarak, tek başına çalışabileceği bir düzenek oluşturmuş. O ve bir yüksek lisans öğrencisi, garaj benzeri bir odada, 1798'de

Henry Cavendish'in kullandığına benzer bir burulma sarkacıyla başbaşalar. İki tungsten küresi ve minik bir haltercikten oluşan düzenekte, burulma sarkacındaki zayıf kütleçekimi etkisini ölçüyorlar.

Burulma sarkacı, kuvars ya da tungstenden yapılmış incecek bir tellin ucuna dengelenerek asılmış bir haltercik içeriyor. Çok hafif bir ilk itmenin ardından, sarkaç (Luther'inkinde altı saniyede bir olmak üzere) sağa sola salınıyor. Tungsten küreler yaklaştırıldığında, salınım periyodu saniyenin küçük bir yüzdesi oranında kısalıyor. G değeri, bu küçük sapma ölçülerek hesaplanıyor.

Pek doğaldır ki, bir yağın dış etmen de söz konusu. Sarkacın vakumlanmış bir kapta yer alması gerekiyor. Yoksa oda sıcaklığındaki küçük bir değişiklik ölçümleri saptırabilirdi. Salınım, tele tutturulmuş küçük bir aynadan yansıtılan ışıkla ölçülüyor. Ayna yeterince simetrik olmazsa, iki yüzünden yansıyan fotonların dengesizliği yüzünden ölçümler yine tehlikeye giriyor. Luther'e göre, gözetilmesi gereken etmenler kesinlikle bunlardan ibaret değil. İki yıl önce, Tokyo Üni-



versitesi'nden Kazuaki Kuroda'nın yazdığı bir makale, 200 yıldır yapılan ölçümlerin itibarını ciddi biçimde sarstı. Burulma sarkacı deneylerinde, burulma telinin mekanik direncinin, küreler yakın da olsa, uzak da olsa aynı olduğu varsayıyordu. Oysa Kuroda'nın makalesine göre, salınım hızlandığında, sicimin direnci yükseliyor. Bu durum, kullandığınız kronometrenin, yarışı ölçerken daha hızlı çalışmasına benzetilebilir. Bu durumda, burulma sarkacıyla G ölçümlerinin, olması gerekenden yüksek çıktığı anlaşılıyor. Luther ve bir yüksek lisans öğrencisi olan Charles Bagley, yaptıkları testlerde bu savı doğrulamışlar ve ölçümlerini düzeltmeye çalışmışlar.

Yeni Zelanda Standartlar laboratuvarından Tim Armstrong ve Mark Fitzgerald, sarkacın salınmasını elektrostatik alan kullanarak engellemiş ve bırakılsaydı ne kadar burulacağını bir biçimde ölçmüş. Bu "salınmayan sarkaç" ölçümünün sonuçları ne mi? Luther-Towler'inkinden bir hayli düşük bir değer!..

PTB'deki fizikçiler, teli tümüyle bir kenara bırakıp, halterciği civada yüzdürmeyi seçmişler. Böylece daha ağır bir haltercik kullanarak daha güçlü bir kütleçekimiyle, dolayısıyla da daha kolay ölçülebilir değerlerle uğraşmışlar. 15 yıllık bir çalışmanın sonunda, son derece duyarlı bir değer duyurmuşlar. Değer, Luther-Towler değerinden bir hayli büyümüş.

Wuppertal Üniversitesi'ndekiler burulma sarkacı geleneğini tümüyle çöpe atmışlar ve yan yana asılı iki sıradan sarkaç kullanmayı seçmişler. Sarkaçların yakınına da her biri yaklaşık birer ton ağırlığında dört kütle koymuşlar. Kütleler, sarkaçları metrenin 20 milyarda biri kadar birbirinden ayırıyormuş. Asılı küreler arasındaki uzaklığı onlardan elektromanyetik dalgalar yansıtarak ölçüp G'yi hesaplamaya girişmişler. Düzenek, yerkinin öbür ucundaki depremlerden ve Fransa kıyılarına vuran dalgalardan bile etkilenecek kadar duyarlıymış. Tüm bu çabalar sonunda, diğer ölçümlerin aralarına denk düşen bir de-

ğer bulmuşlar. Yine de hiçbirine yeterince yakın değilmiş bu sayı.

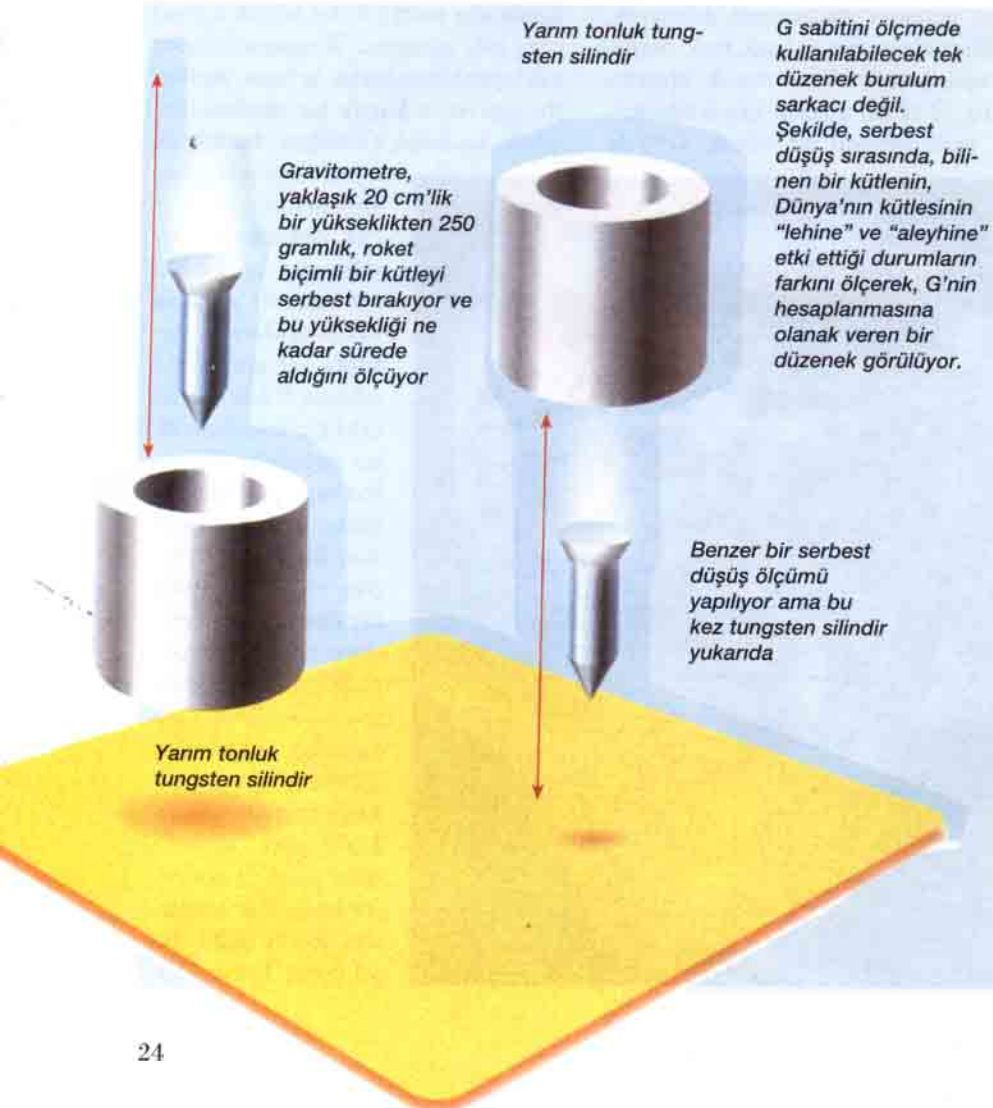
Yine de pek çok araştırmacı yeni yapılacak deneylere umut bağlamış durumda. Sürdürülen yeni deneylerin bir kısmının, önümüzdeki yıl Cavendish'in ölçümünün 200. yılı onuruna Londra'da düzenlenecek olan toplantıya kadar sonuç vermesi bekleniyor.

Paristeki Uluslararası Ağırlık ve Ölçüler Ofisi BIPM'den Terry Quinn ve Birmingham Üniversitesi'nden Clive Speake, tel yerine geniş bir şerit kullanarak çalışmaya başlamış bile. Bu sayede, daha ağır yükler kullanılabilir. Washington Üniversitesi'nden Jens Gundlach da, haltercik yerine, masif dikdörtgen plaka kullanarak, daha doğru sonuçlar elde etmeyi planlıyor. Rusya, Tayvan ve İsviçre'de de çeşitli benzeri deneyler sürüyor.

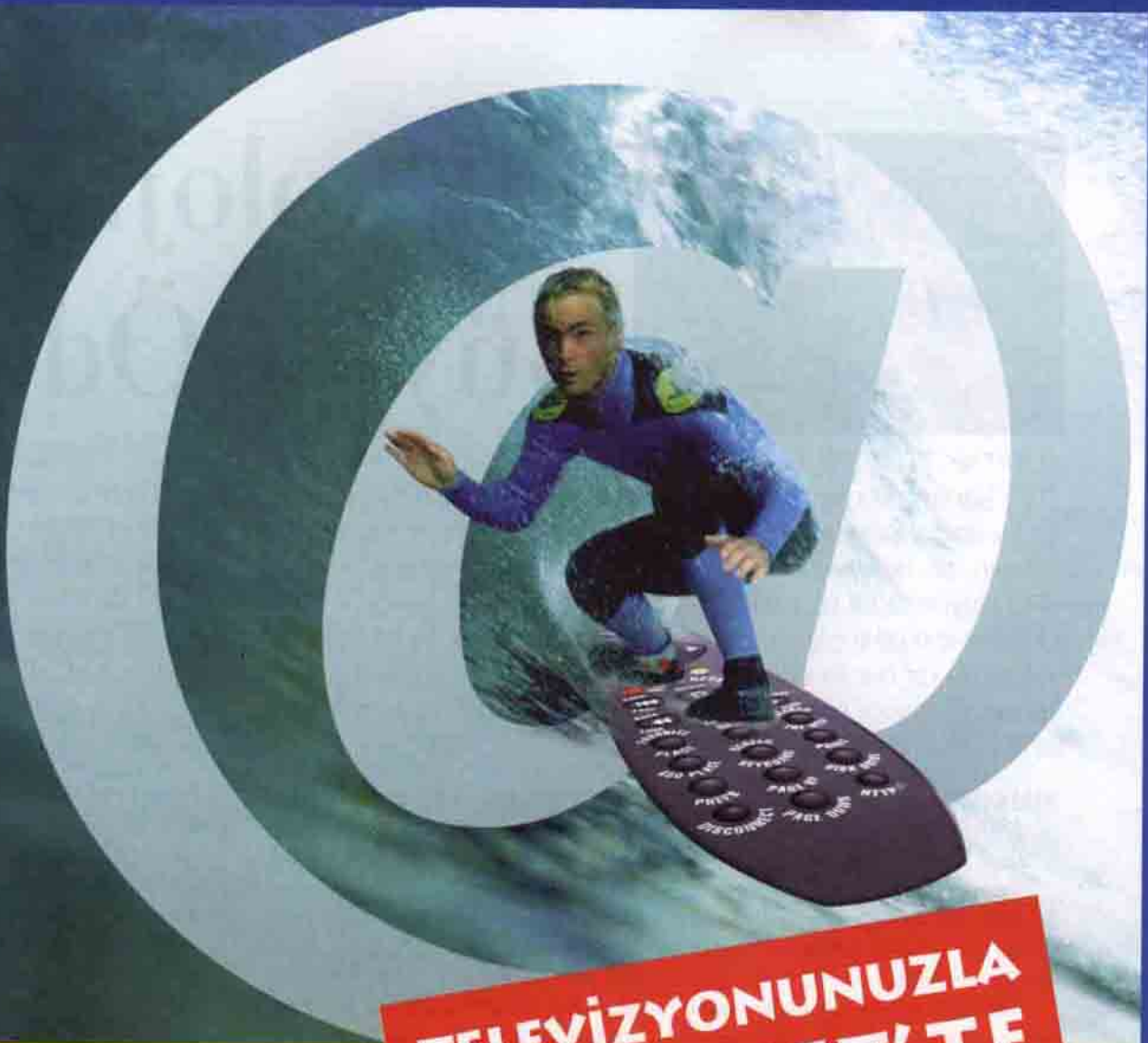
Kimi çalışmalardaysa tümüyle farklı stratejiler izleniyor. Colorado Üniversitesi'nden James Faller, bırakılan bir kütle için serbest düşüş hızının ölçüldüğü daha temel düzeyde bir deney planlamış. Faller, kütle, simit biçimindeki yarım tonluk bir tungsten kütle için ortasından geçecek biçimde serbest bırakıyor. Kütle için, delikten geçmeden önceki ve geçtikten sonraki hızlarını karşılaştırıyor. Kütle yukarıdayken, tungsten simit daha hızlı düşmesine, aşağıdayken de yavaşlamasına yol açıyor. Bugünkü teknoloji, böylesine çok küçük bir hız farkını ölçebilecek durumda. Gravito-metre denilen ve bu esasa göre çalışan aletler, yıllardır, petrol ve maden arama şirketlerince, Dünya'nın farklı yerlerindeki yerel yerçekimi büyüklüklerinin ölçümünde kullanılıyor.

Faller'in kullandığı yöntem, duyarlı sarkaçların dış etmenlerden ciddi biçimde etkilenmeleri gibi bir sorun içermiyorsa da, yeterince duyarlı sonuçlar veremeyeceği için eski yöntemin rafa kaldırılmasına yol açacak kadar yenilikçi değil. Eski deneylerin pabucunu dama atacak tek deney, yıllardır beklemede tutulan ve zamanı geldiğinde yörüngedeki bir uyduda gerçekleştirilecek olan uzay deneyleri. (Bakınız: "Uzayda Fizik Deneyleri", Bilim ve Teknik, sayı 348)

Kestenbaum, D., "The Legend of Big G", *New Scientist*, 17 Şubat 1998  
Çeviri: Özgür Kurtuluş



# TELEFUNKEN



TELEVİZYONUNUZLA  
İNTERNET'TE  
SÖRF YAPTINIZ MI?



Telefunken İnternet Gezgin'i'yle, artık görsel bilgi dünyasına açılabilirsiniz! Dünyanın en büyük sanal kütüphanesinden dilediğiniz eseri seçebilir, hatta elektronik postayla, yazarlarıyla sohbet bile edebilirsiniz... En büyük müzik marketlerinden, hayran olduğunuz sanatçıların albümlerini sipariş edebilir, ünlü yönetmen ve oyuncular hakkında bilgi edinebilirsiniz. Bu arada vizyona girecek olan yeni

filmleri de herkesten önce öğrenebilirsiniz. Daha yapabileceğiniz o kadar çok şey var ki... Üstelik bilgisayara da ihtiyacınız yok!

Telefunken İnternet Gezgin'i sayesinde tek ihtiyacınız olan; scart socket girişli bir televizyon ve telefon hattı... Şimdi İnternet'te sörf yapmanın tadını çıkarabilirsiniz. Aman, fazla açılmayın!

## TELEFUNKEN

GÖRÜNTÜ VE SES TEKNOLOJİSİNDE UZMAN