

$$\text{Yerçekimi İvme Değeri} = \frac{2x \text{ Düşme Mesafesi}}{\text{Düşme Süresi}^2}$$

Galileo'nun ünlü "serbest düşme" deneyini gerçekleştirdiği iddia edilen Pisa Kulesi



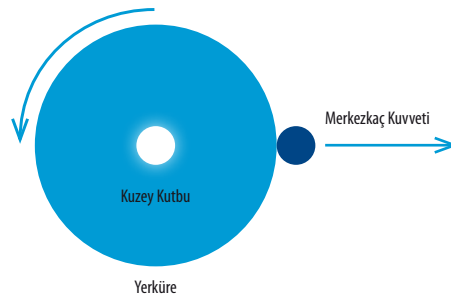
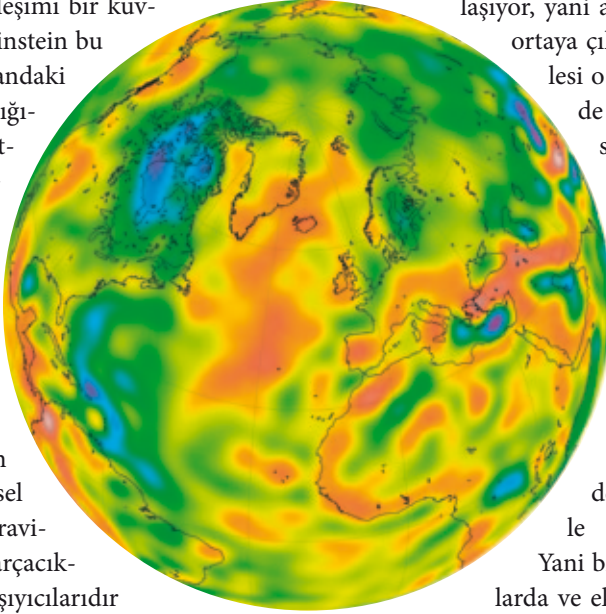
Taş Yerinde Ağırdır

Bu yazıda “kütle” ve “ağırlık” kavramlarını bir atasözünden yola çıkarak açıklamaya ve günlük hayatımızdaki etkilerini vurgulamaya çalışacağız. Anlamı “*Herkes, her şey kendi çevresinde önem taşır. Çünkü kişi bulunduğu yerde tanınmış, kendisine bir çevre edinmiş, hatırı sayılır bir yere gelmiştir. Yabancı olduğu bir yerde yeterince tanınmadığı gibi kıymeti de bilinmez*” olan başlıktaki atasözü, bir yönüyle de nesnelere tartıldıkları yere göre ağırlıklarının farklılaşması gibi bilimsel bir gerçeğe işaret ediyor.

Kütleçekimi, maddelerin birbirlerine doğru ivmelenme eğilimidir. Dünya ile üzerindeki tüm maddeler arasında bu tür bir etkileşim vardır. Bu etkileşimi bir kuvvet olarak görmeyen Einstein bu etkileşimin uzay-zamandaki eğrilikten kaynaklandığını düşünmüştür. Elektromanyetik kuvvet, zayıf kuvvet ve nükleer kuvvet doğadaki dört temel kuvvetten şimdiye kadar tespit edilen üçüdür. Kütleçekimi kuvveti (veya etkisi) bunlardan en zayıf olanıdır ve kuvvetin iletimi için illa da fiziksel bir temas gerekmez. Graviton adı verilen sanal parçacıklar bir nevi kuvvet taşıyıcılarıdır ve yukarıda adı geçen kuvvetlerin varlığının doğal bir sonucudurlar.

Kütleçekimiyle ilgili ilk çalışmaları 17. yüzyılın başlarında Pisa kulesinden bıraktığı cisimlerin serbest düşmesi esasına dayanan deneylerle Galileo Galilei başlatmış ve Aristoteles’in aksine kütleçekiminin tüm cisimleri ağırlıklarından bağımsız olarak aynı oranda ivmelendirdiğini göstermiştir. Galileo ayrıca hafif cisimlerin havanın ters yöndeki direnci nedeniyle biraz daha yavaş düşeceğini de öngörmüştür. Bu çalışmalar Galileo’dan sonra Newton’un kütleçekimi kuramı çalışmalarında da önemli bir basamak oluşturmuştur.

Çoğumuz tarafından birbirlerinin yerine sıkça yanlış kullanılan “kütle” ve “ağırlık” kavramları, aralarına kütleçekimi ivmesinin girmesiyle farklılaşıyor, yani aralarındaki anlam farkı ortaya çıkıyor. Bir nesnenin kütlesi o nesnenin içerdiği madde miktarının bir göstergesidir, ağırlığı ise o nesnenin bulunduğu yerdeki kütleçekimi ivmesiyle doğru orantılı olarak değişir. Dünya yüzeyindeki bir cismin ağırlığı kabaca her yerde sabittir, ancak kutuplarda maksimum, ekvator bölgesinde ise % 0,53 bir değişimle minimum seviyededir. Yani bir cismin ağırlığı kutuplarda ve ekvatorde bahsedilen değer kadar farklılık gösterir.



Dünya'nın kendi ekseninde dönmesi, bir cismin ağırlığının ekvatorde kutuplara göre daha düşük olmasına sebep olur.

Dünya yüzeyindeki kütleçekimi ivme değerlerinin değişimi yandakine benzer bir model oluşturuyor. Hindistan kıyıları göreceli olarak en düşük, Pasifik kıyıları ise daha yüksek kütleçekimi ivme değerlerine sahip.

Sözlük

Kütleçekimi ivmesi: Bir cismin yerçekimi etkisiyle sahip olduğu ivme değeridir ve Dünya üzerindeki değeri $9,8 \text{ m/sn}^2$ 'ye eşittir.

Kütle: Bir cismin madde miktarını gösterir.

Ağırlık: Kütleçekiminin kütleyle olan etkisidir.

Doğru ölçüm: Değerdeki belirsizliğin en düşük olduğu ölçüm.

Kuvvet: Cisimler arasındaki etkileşim, yönü ve büyüklüğü olan vektörel bir nicelik.

Graviton: Varlığı henüz kanıtlanamamış, ama kütleçekim kuvvetini ilettiği varsayılan sanal bir parçacık.

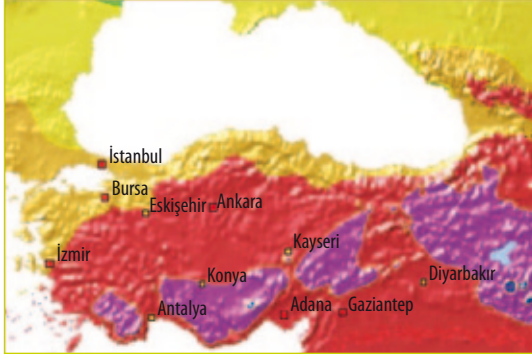
Terazi: Cisimlerin yerçekimi ivmesine karşı etkilerinden yararlanarak kütlesini belirlemeye yarayan cihaz.

Türkiye'deki kütleçekimi ivme değerlerinin bölgesel olarak değişimi yandaki gibi. Bu ayrıca, özellikle tartım faaliyetlerinde kullanılan cihazların kullanılacakları yerde tekrar doğrulanmasının zorunlu olduğunu da gösteriyor.

Bölge	Ref. Değer
(1)	9.8079
(2)	9.8047
(3)	9.8014
(4)	9.7981
(5)	9.7949
(6)	9.7916

Kütleçekimi ivmesi en bilinen haliyle "m/sn²" birimiyle ifade edilmesine karşın Galileo'ya bir minnet borcu olarak bilimsel çalışmalarımızda "Gal" birimini de yaygın olarak kullanıyoruz [100 Gal = 1 m/sn²].

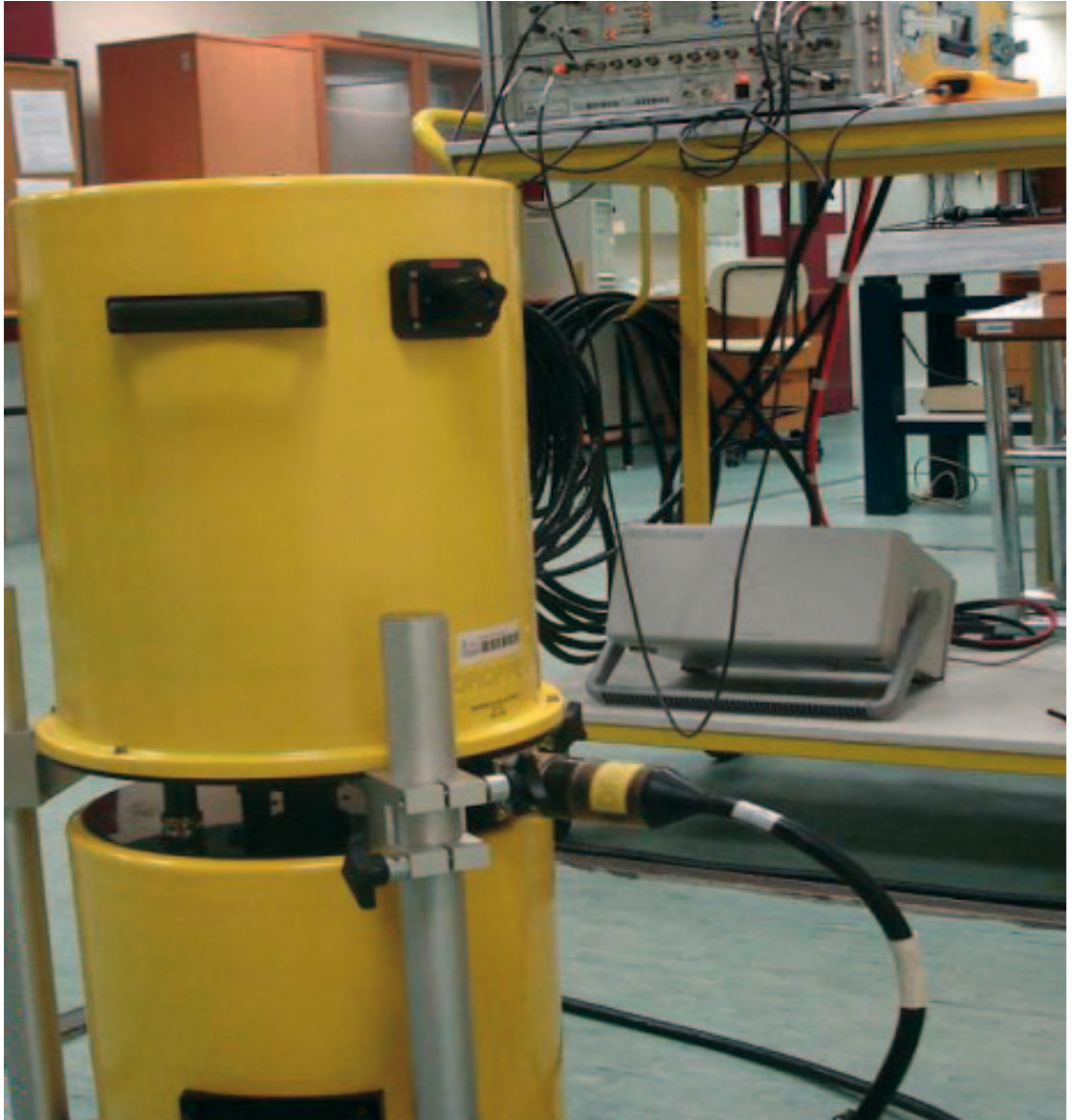
TÜBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde 9,8 değerinin virgülden sonraki 8. basamağının bile doğru olarak tespit edilebilmesine yarayan bir cihaz var. Yine aynı enstitüde yürütülen araştırma geliştirme projelerinde, Türkiye'nin kütleçekimi ivme değerlerinin ölçüm doğruluğuna etkileri de araştırılıyor. Enstitü'de ayrıca, vakum altında 1 kg'lık bir ağırlığın kütlesi virgülden sonra 10. basamağa kadar belirlenebiliyor.



Buradan yola çıkarak, eğer Jüpiter'de yaşamamız mümkün olsaydı, Dünya'dayken her ağıladığımızda veya onu her sevmek istediğimizde kucağımıza kolayca alabildiğimiz 3 yaşındaki çocuğumuzu (15 kg ağırlığında olsa) orada iken (Dünyada 15 kg

ağırlığında olan çocuğumuz Jüpiter'de yaklaşık 2,5 kat daha ağır olacağından) sadece okşamakla yetinmek zorunda kalacaktık, diyebiliriz. Tabii ki bu söylediğimiz, yaklaşık 40 kg'lık ağırlığı kaldırabilenler için geçerli değil! Artık çok alıştığımız, Ay'da zıplayarak kolayca ilerleyen astronot görüntülerinin nedeni de Ay'ın kütleçekimi ivmesinin yaşadığımız Dünya'ninkine göre çok düşük olmasından başka bir şey değil.

Enleme ve deniz seviyesinden yüksekliğe göre farklılık gösteren kütleçekimi ivmesi, Türkiye'de de belirli bir düzeyde değişiyor. Türkiye'nin maksimum g değerine sahip ili Sinop (9,8025 m/sn²), minimum g değerine sahip ili ise Hakkâri (9,7952 m/sn²). Kilo vermeye çalışan 100 kg'lık bir kişi için Hakkâri'de tartılmak moral yükseltici olabilir, ancak tartıldığı yerden alacağı bir çuval un da kendi-



Şehir Adı	Değeri (m / sn ²)
ANKARA	9,7993
İSTANBUL	9,8029
İZMİR	9,8002
KOCAELİ	9,8022
ADANA	9,7988
DIYARBAKIR	9,7981
TRABZON	9,8026
ÇORUM	9,8001
EDİRNE	9,8032
ANTALYA	9,7986

Bazı illerimizin hesaplanmış kütleçekimi ivme değerleri

sini kötü hissetmesine neden olabilir. Para ödeyip mal alan hiç kimse hak ettiğinden daha azına razı olmaz. Kütleçekimi ivmesinin bu şekilde değişebilmesi ticari faaliyetlerde sıklıkla kullanılan tartım işlemlerinde etkili olabiliyor. Tartım işlemlerinde kullanılan ve adına genel anlamda “terazi” dediğimiz cihazların (bir cismin kütlelerini ağırlığı üzerinden belirledikleri için) kütleleri bilinen bir standarda göre kalibre edilmemesi durumunda, yukarıda örneğini verdiğimiz her iki durum da her zaman mümkündür. Terazi üreticilerinin ve bu terazileri kullanıp para kazanan firmaların/kişilerin faaliyetlerini yasal zeminde, belirli bir düzende yürütmesi, satın aldığımız her ürünün doğru ağırlıkta olabilmesinin en temel şartıdır.

Tartım cihazlarında, kullanılacakları yere göre yapılması gereken kütleçekimi ivme değeri düzeltilmesiyle ilgili olarak ortaya çıkabilecek hatalar şu şekilde örneklendirilebilir. İstanbul’da üretilen ve ticari faaliyetlerde sıklıkla kullanılan, maksimum kapasitesi 30 kg olan orta doğruluk sınıfındaki bir terazi, üretildiği yerde doğrulanıp Diyarbakır’da (Diyarbakır’ın kütleçekimi ivme değerine göre, dışarıdan standart bir ağırlıkla ayar yapılmadan) kullanılırsa değişen kütleçekimi ivmesi değeri 18 g’lık bir hataya yol açacaktır. 30 kg’da 18 gramın lafi mi olur dediğinizi duyar gibi oluyorum! Fakat tartılan miktarın 1 ton, tartılan nesnenin de değerli bir maden, mesela altın olduğunu hayal edersek bunun ne demek olduğu çok daha kolay anlaşılacaktır.

Newton dinamik ve genel kütleçekim kanununun, öngörülen kütleleri eşit kabul etmişti. Dina-

mikteki kütle, bir cismin doğrusal hareketinin değişim oranının o cisme uygulanan kuvvetle doğru orantılı olduğu ve kuvvet uygulanmaya devam ettikçe cismin de yer değiştirmeye devam edeceği şeklinde açıklanır, buradaki orantı faktörü kütleyle ifade eder. Newton’un 1687’de ortaya koyduğu evrensel kütleçekim kanununa göre iki cisim birbirlerini kütleleriyle doğru orantılı, aralarındaki uzaklığın karesiyle de ters orantılı olarak çeker. Bunun bir sonucu olarak, Dünya’daki bir cismin ağırlığı Dünya’nın o cisme uyguladığı kuvvetle yaklaşık aynı değerdedir (eşitlik ilkesi). Yaklaşık diyoruz, çünkü Eotvos bu iki kütle arasındaki farkın virgülden sonra 8. basamakta değiştiğini 1850’de deneylerle ortaya koymuştur. Artık günümüzde bu farklılığın aslında 12. basamaktaki değişim mertebelerinde olduğunu biliyoruz. Newton’un bu kuramı çok duyarlı olmayan uygulamalar için iş görse de uzaya roket göndermek istediğinizde sorunlara yol açabilir. Einstein çalışmalarını doğal olarak bu eşitliğin doğruluğu üzerine kurmuş ve asıl çalışmalarını genel kütleçekim kanununda gerçekleştirmişti; 1916’da tamamladığı genel görelilik kuramıyla da Newton’un keşfettiği kütleçekim kanununda eksik olan zaman faktörünü de hesaba katmıştır. Ona göre, iki cisim arasındaki kuvvet etkileşimi aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olarak değil, ondan daha hızlı artmakta veya azalmaktadır. Genel kütleçekim kanununun ışık hızıyla olan bu ilişkisi daha sonradan Merkür’ün uydusu Perihelium’un yörüngesinden neden kaydığına anlaşılmasını sağlamıştır.

Sonuç olarak, elimizden bıraktığımız bir elmanın yere düşmesinin nedeninin kütleçekimi kanununu olduğunu Newton’dan beri biliyoruz, fakat bu kütleçekiminin nedenleri hâlâ araştırılıyor ve yeni yaklaşımlara, kuramlara gebe. Kuvvet taşıyıcı gravitonların var olduğunu gösterdikleri etkiler nedeniyle biliyoruz, ama onları ne ölçebiliyor ne de gözlemleyebiliyoruz. Maddenin yapı taşının ne olduğu veya daha da ileri giderek ilk oluşumu, bilim dünyasının en büyük araştırma konusu olarak kalma-ya devam edecek gibi.



Levent Yağmur, 1973 yılında Çorum’un Alaca ilçesinde doğdu. 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora çalışmalarını İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Makina Fakültesi’nde 1997 ve 2006 yıllarında tamamladı. İTÜ Makina Fakültesi’nde 1996-2000 yılları arasında araştırma görevlisi olarak görev yaptı. 2000 yılından bu yana TÜBİTAK-UME’de uzman araştırmacı olarak çalışıyor. Çalışma alanları metalik sensör malzemeleri ve içyapı özellikleri, kütle ve basınç metrolojisi. Uluslararası hakemli dergilerde (SCI) yayımlanmış 8 adet yayını var.

Kaynaklar

<http://www.atasozleri.gen.tr>
TÜBİTAK-UME “G2KÜ-030 Temel Kütle ve Terazi Eğitim Dokümanı”
<http://en.wikipedia.org/wiki/Weight>

<http://www.ptb.de/en/org/1/11/115/index.htm>
109M085 kodlu TÜBİTAK 1001 Proje Önerisi:
“Türkiye’deki Bölgesel Gravite Değişimlerinin Yasal Kapsamda Kullanılan Tartım Cihazlarının Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması”