



Dünya'nın Ay'ı Çektiği Kuvvet Ölçülebilir mi?

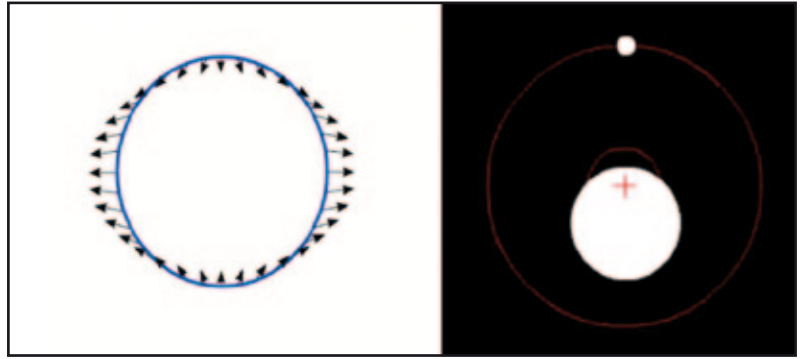
Kuvvet ölçümü, bilimsel çalışmalarda geliştirilecek tüm ürünlerin malzemelerine ait çekme-basma-kopma kuvvetlerinin belirlenmesinden tutun uzay ve silah sanayisinde geliştirilen roketlerin itme kuvvetini belirlemeye kadar sayısız alanda geniş bir kullanım alanı bulur. Peki, Dünya'mızın geceleri hilal veya dolunay şeklinde seyrettiğimiz Ay'a ya da başka cisimlere uyguladığı çekim kuvvetini ölçebilir miyiz? Bu çekim kuvvetinin miktarı nedir ve yaşamımızda ne kadar önemlidir?

Cisimlerin hızlarını veya şekillerini değiştirebilecek etkiye kuvvet denir. Kuvvet vektörel bir büyüklüktür. Dünya'nın, çekim alanındaki herhangi bir maddeye uyguladığı kuvvete de o maddenin ağırlığı denir. Ağırlık oluşma nedeni o maddenin kütsel çekim kuvvetidir. Bu kuvveti çeşitli ölçme sistemleri ve sensörleriyle ölçme imkânına sahibiz. Bilimsel çalışmalarda, malzeme araştırmalarında, uçak, uzay, gemi, makine ve otomotiv sanayisinde sayısız kullanım alanı bulan kuvvet ölçümlerini Yerküre'nin çekim ivmesine göre kalibre edilmiş ağırlıklarla kontrol ederiz; böylece ölçme işlemini en doğru şekilde gerçekleştirmiş oluruz.

Yukarı atılan bir cisim, bir süre sonra döner ve yere düşer. Irmaklar hep yukarıdan aşağıya doğru akar. Bunu "yerçekimi" ile açıklarız. Bu, tüm kütsel nesnelerde, gezegenlerde ve yıldızlarda var olan bir kuvvettir ve ona "kütle çekimi" deriz.

Kütle çekimi, en yoğun cisimleri ve "boşluğu" eşit oranda etkiler. Bu kuvvetten kaçmanın ya da onu etkilemenin hiçbir yolu yoktur. Çekim, uzaklık arttıkça azalır; ama hiçbir şekilde kaybolmaz. Atmosferi Yerküre'nin çevresinde tutan veya bizim evren boşluğuna uçup gitmemizi engelleyen kuvvet, Dünya'nın uyguladığı kütle çekim kuvvetidir.

Kuşkusuz insanoglu çok eski zamanlarda da kütle çekimini sezmiş ve onu hesaba katmış olmalı. İl-



ginçtir, bilinen bu eski kuvvet, çağlar boyu açıklanamadı. Kütle çekimi için bilimsel bir kuram geliştiren ve bunu evreni kapsayacak şekilde genişleten, büyük İngiliz bilimci Sir Isaac Newton'du (1642-1727). Sir Isaac Newton, 1687'de yayımladığı *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Doğa Felsefesinin Matematiksel İlkeleri) adlı eserinde kütle çekim kuvvetini şu şekilde tanımlamıştır: $F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / d^2$

Burada m_1 ve m_2 cisimlerin kütleleri, d aralarındaki uzaklık, G ise evrensel kütle çekim sabitidir. MKSA (fen ve mühendislik bilimlerinde kullanılan temel birimler sistemi: Metre, kilogram, saniye ve amper) birim sisteminde,

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Newton . m^2 / kg^2 'ye eşittir. İlk defa 1798'de Henry Cavendish tarafından burulma terazisi ile ölçülmüştür. G 'nin pek küçük olması yer-

Dünya yüzeyinde Ay'ın (veya Güneş'in) çekim alanı farkı, gelgit oluşturan güç olarak bilinir. Bu, gelgit hareketini oluşturan temel mekanizmadır ve günde iki yüksek gelgitte neden olan iki eşit-potansiyel gelgit tümseğini açıklar.



Campobello Adası'nda gelgit olayıyla suların yükselmesi ve çekilmesi

Anahtar Kavramlar

Çekim kuvveti : Bir cismin diğer cisim üzerindeki çekme etkisidir.

Yerçekimi ivmesi : Bir cismin yerçekimi etkisiyle sahip olduğu ivme değeridir ve Dünya üzerindeki değeri yaklaşık $9,8 m/s^2$ 'ye eşittir.

Kuvvet: Cisimlerin hızlarını veya şekillerini değiştirebilecek etkiye kuvvet denir. Teknik olarak $1 kg$ 'lık kütle $1 m/s^2$ ivmelendiren etkiye 1 Newtonluk kuvvet denir. Bir cismin madde miktarını gösterir.

Gelgit olayı: Bir günde belirli saatlerde yeryüzündeki suların ardı ardına alçalma ve yükselmesine gelgit olayı denir.

yüzündeki cisimler arasındaki çekim kuvvetinin pek küçük olacağını gösterir.

Yerküre'nin cisimlere uyguladığı çekim kuvveti kendi merkezine doğrudur. Bu çekim kuvvetinin şiddeti ise cisimlerin kütlelerine göre değişiklik gösterir.

Bir cismin kütlesi, uzaklığı ve kütlesi bilinen bir başka cisimle arasındaki çekme gücüne göre hesaplanabilir. Bu şekilde hesaplanan dünyanın kütlesi $5,97 \cdot 10^{24}$ kg'dır (yaklaşık 5,9 sekstrilyon ton). Ay'ın kütlesi, Dünya'nınkinin seksende biri (1/80) kadardır. Ay, Dünya'dan yaklaşık 284.405 km uzaklıktadır. Dünya'mız uzayda, saatte 107.280 km hızla yol almaktadır. Dünya'mızın Ay'ı çekme kuvveti doğrudan ölçülemiyor. Fakat doğruluğu çeşitli deneyler ve ölçümlerle kanıtlanan Newton'un yukarıdaki formülüne göre, Dünya'mızın Ay'ı çektiği kuvvet $1,98 \cdot 10^{20}$ N olarak hesaplanabilir. Bunu gözümüzde canlandırmaya çalışırsak, bu kuvveti elde edebilmek için 40 ton yük çeken en az 495 trilyon tane tırı düşünebiliriz. Bu da tırlar yan yana gelseler ve tüm dünyadaki denizler dâhil her yeri kaplasalar, ancak yüzölçümü $510.067.420 \text{ km}^2$ olan Yerküre'yi 29 kez kaplayacak bir alan işgal ederler ve hepsinin çektiği kuvvet birleştiğinde Dünya'nın Ay'ı çektiği kuvvete ancak denk gelebilecektir.

Dünya'nın tek doğal uydusu olan Ay'ın yüzeyi kraterlerle kaplıdır. Ay, üzeri toz ve kayalarla dolu atmosfersiz bir küredir. Peki, bu kürenin bizlere ne gibi faydaları vardır? Ay'ın önemini anlayabilmek için kendimize şu soruyu sorabiliriz: "Ay olmasaydı ya da ortadan kalksaydı Dünya nasıl olurdu?"

Önce Ay'ı Dünya ile karşılaştıralım. Ay'ın yarıçapı Dünya'nınkinin dörtte biri, hacmi Dünya'nınkinin 1/50'si ve kütlesi ise Dünya'nınkinin 1/80'i kadardır. Ay Dünya'ya göre daha az yoğun bir gök cisimidir. Bu arada, Dünya'mız Güneş Sistemi'nin yoğunluğu en fazla olan gök cisimidir.

Gelelim, Ay'ın yokluğunda Dünya'da nelerin farklı olacağına. En başta gelgit olayları şimdi olduğu kadar gerçekleşmezdi. Bir gün içindeki belirli saatlerde yeryüzündeki suların art arda alçalıp yükselmesi olarak tanımlayabileceğimiz gelgit olaylarının 2/3'üne Ay, 1/3'üne de Güneş neden olur. Gelgit olayının oluşması Ay'ın çekim kuvvetine bağlıdır. Bu çekim kuvveti, Ay Dünya çevresinde dolaşırken yeryüzünün değişik bölgelerini etkiler ve Ay'ın Dünya'ya belli bir andaki uzaklığına göre değişir. Bu kuvvet cisimlerin birbirlerini çekmesinde ve bulundukları yerde tutulmasında etkilidir. Kütle çekimi Ay tarafından Dünya'ya uygulandığı gibi Dünya tarafından da eşit miktarda Ay'a uygulanır. Bu kuvvetin

diğer bir etkisi ise gelgitler nedeniyle Dünya üzerinde bir sürtünme kuvveti oluşturmaktadır. Bu kuvvet olmazsa (yani Ay olmazsa) sürtünme kuvveti kalkacağı için Dünya daha hızlı dönmeye başlayacak ve böylece bir gün 24 saat değil yaklaşık 8 saat olacaktır. Dünya'dan uzaklaştıkça Ay'ın uyguladığı çekim kuvveti azalır, Dünya'ya yaklaştıkça çekim kuvveti artar. Yaklaşık 400 milyon yıl önce, Ay'ın Dünya'ya daha yakın olduğu zamanlarda, Dünya'nın şimdikinden dört kat daha yavaş döndüğü yapılan araştırmalar da görülmüştür.

Eğer Ay ve dolayısıyla yukarıda hesapladığımız çekim kuvveti ortadan kalksa, Dünya daha hızlı döner ve Ekvator'dan başlayarak atmosferini kaybeder. Dünya'nın Ekvator'daki çizgisel hızı fazla olduğundan buradaki cisimler merkezkaç kuvveti nedeniyle daha hafiftirler. Dünya daha hızlı dönmeye başlasa kendi çekim kuvvetini aşan moleküller atmosferi bir bir terk eder. Ekvator'da alçak basınç oluşması nedeniyle kutuplardan Ekvator'a doğru şiddetli rüzgârlar esmeye başlar. Bu rüzgârlar Dünya atmosferini tamamen kaybedinceye kadar devam eder. Atmosfer kaybolmasa bile Dünya'nın hızlı dönmesi rüzgârların hızlarını etkiler. Örneğin, Jüpiter bir tam dönüşünü 10 saatte tamamladığı için üzerinde yaklaşık 150 - 300 km/s'lik hızlarda kasırgalar gözlenir. Ay'ın ortadan kalkması durumunda Dünya'da da bu hızlarda fırtına ve kasırgalar oluşur.

Ay'ın ortadan kalkmasıyla oluşacak diğer bir etkiyse mevsimlerin oluşumunda gözlemlenir. Mevsimler, Dünya'nın düşey eksenine yaptığı 23 derece açı sonucunda oluşur. Ay'ın yokluğunda bu açı 23 değil, 90 derece olurdu. Bunun sonucundaysa kutuplar Ekvator kadar sıcak, Ekvator da kutuplar kadar soğuk olurdu. Tabii bu sıcaklık değişimleri çok hızlı gerçekleşeceğinden, dondurucu soğukları bir anda 100 dereceye varan kavurucu, öldürücü sıcakklar izler, bu da insan yaşamını ya da genel anlamda yaşamı olumsuz etkilerdi. Örneğin, bizimki gibi bir uydusu olmayan Dünya'nın kopyası bir gezegen bulacak olsak, bu gezegende yaşama rastlamak imkânsız olurdu.

Güneş de gelgit olayını etkiler. Ay ve Güneş aynı doğrultuda olduklarında çekim gücü arttığından gelgit genliği fazla olur. Buna büyük gelgit denir. Büyük gelgitler bir ay içinde yeniay ve dolunay evrelerinde gerçekleşir. Güneş ve Ay'ın birbirlerine dik doğrultuda olduklarında gelgit genliği azalır, buna da küçük gelgit denir. Küçük gelgitlerse ilk dördün ve son dördün evrelerinde gerçekleşir.

Gelgit olayının meydana gelmesi için deniz yüzeyinin yeterince geniş olması gerekir, yoksa çekim



Sinan Fank, 1968'de Ordu'nun Fatsa ilçesinde doğdu. 1985'te Haydarpaşa End. Meslek Lisesi'nden, 1989'da İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans ve Doktora çalışmalarını yine İTÜ Makine Fakültesi'nde 1992 - 2002 yıllarında tamamladı. 1991'den beri, TÜBİTAK-UME'de Uzman Araştırmacı olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları; kuvvet transduser malzemeleri ve içyapı özellikleri, kuvvet standardı makineleri, kuvvet metrolojisidir.



Çekim kuvveti farkı mevcut durumdan daha düşük olsa ne olurdu? Hayali bir çalışma.

kuvveti önemsiz kalır. Bu nedenle gelgit olayı okyanusları daha çok etkiler; iç denizler ve göllerde fazla etkili değildir. Gelgit olayı Manş Denizi'nin ve Atlas Okyanusu'nun sığ kıyılarında kolayca gözlemlenir: Deniz, kıyı yönünde ilerler, kumsalı örterek bir süre öyle durur, sonra açıklara doğru çekilerek daha önce kaplamış olduğu yüzeyi yeniden açığa bırakır. Gelgit olayı iç denizlerde suların 50-60 cm çekilmesine neden olurken, okyanuslarda bu çekilme 1 m'yi bulur. Gelgit gemiciler için büyük kolaylıklar sağlar, çünkü gemilerin sığ haliçlere ve limanlara girmesini ve çıkmasını kolaylaştırır. Yine de çoğu zaman, sular alçaldığında gemiler karaya oturmasını diye tesviye havuzları yapmak gerekir. Gelgit hareketleri, küçümsenmeyecek bir enerji kaynağıdır ("mavi kömür"). Ortaçağ'da bile kullanılmış olan gelgit değirmenleri buna örnek olarak verilebilir. Haliçlere yapılacak hidrolik santraller, elektrik üretecek türbinleri çalıştırmak üzere suyun gücünden yararlanarak bu enerjiyi kullanabilir. Ancak bu santrallerin yapımı çok pahalıdır. Günümüzde bunun tek örneği, Fransa'daki Bretagné'da bulunan Rance gelgit elektrik santralidir.

Gelgit alanındaki hayvanlar ve bitkiler, hayatta kalabilmek için bazı özel nitelikler taşımak zorundadır. Günde iki kere su dışında ve güneşte kaldıkları için bu canlılar kurumaya karşı dirençli olmalı ve büyük sıcaklık farklarına dayanabilmelidir. Tatlı sudan (çünkü sular çekildiğinde yağmur yağabilir) etkilenmemeleri ve nihayet dalgaların yıkıcı gücüne karşı da dirençli olmaları gerekir.

Sonuç olarak gelgit olayı sürtünmeden dolayı Dünya'nın kendi etrafındaki dönme hızını azal-

tır ve böylece günler yavaş yavaş uzar. Gelgit olayındaki sürtünme kuvveti Dünya'nın dönme hızındaki yavaşlamaya neden olurken, Ay'ın da her yıl Dünya'dan 12,7 cm uzaklaşmasına neden olur.

Güneş sistemimiz oluşurken koşullar çok az farklı olsaydı, bizler için her şey değişik olabilirdi. Dünya'nın büyüklüğü, enerjisi, dönme eksen açısı, madde dağılımı, atmosfer ve mevsimler çok farklı olabilirdi. Bizler bu kuvvet sayesinde yeryüzünde yürüyebiliyoruz. Bu kuvvetin değerlerinde bir azalma olursa yıldızlar yerinden kayar, Dünya yörüngesinden kopar, bizse uzay boşluğuna dağılırız.

En ufak bir artma durumundaysa yıldızlar birbirine çarpar, Dünya Güneş'e yapışır ve bizler de yer kabuğunun içine gireriz. Tüm bunlar çok uzak ihtimaller olarak görülebilir, ama bu kuvvetin şu an sahip olduğu şiddetinin dışına çok kısa bir süre dahi çıkması, bu sonlarla karşılaşmak için yeterlidir. Ünlü moleküler biyolog Michael Denton, *Nature's Destiny: How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* (Doğanın Kaderi: Biyoloji Kanunları Evrendeki Amacı Nasıl Gösteriyor) adlı kitabında bu gerçeği şöyle vurgular: "Eğer yerçekimi kuvveti bir trilyon kat daha güçlü olsaydı, o zaman evren çok daha küçük bir yer olurdu ve ömrü de çok daha kısa sürerdi. Ortalama bir yıldızın kütlesi, şu anki Güneş'imizden bir trilyon kat daha küçük olurdu ve yaşama süresi de bir yıl kadar olabilirdi. Öte yandan, eğer yerçekimi kuvveti birazcık bile daha güçsüz olsaydı, hiçbir yıldız ya da galaksi asla oluşamazdı."

Kaynaklar

Aydemir, B., Pelit, E. ve Fank, S., "Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı," TÜBİTAK-Ulusal metroloji Enstitüsü, Şubat, 2008.