

Foucault Sarkacı: Dünya'nın Döndüğünün İlk Deneysel İspatı

Nurulhude Baykal [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Bundan yüzyıllar önce Dünya'nın kendi etrafında dönüp dönmediği, ayrıca Dünya'nın mı Güneş'in etrafında yoksa Güneş'in mi Dünya'nın etrafında dolandığı bilim insanları arasındaki en hararetli tartışma konularından biriydi. Hatta Galileo Galilei'nin "Dünya dönüyor" dediği için yargılandığı bilinir. Müslüman bilim insanlarının da 10. yüzyıldan itibaren Dünya'nın döndüğünü iddia ettiklerine dair yazılı kaynaklar mevcut. Başta el-Biruni ve el-Siczi ürettikleri usturlap ile, sonrasında ise el-Tusi ve Ali Kuşçu gökyüzü gözlemleri ile Dünya'nın döndüğünü öne sürdü.



19. yüzyıla kadar bazı bilim insanları Güneş'in ve yıldızların gökyüzündeki hareketini Dünya'nın dönmesiyle açıklamıştı. Yani Dünya'nın kendi etrafında dönmesine ilişkin kanıtlar gözlemsel verilere dayanıyordu. Ancak Fransız fizikçi Leon Foucault, Dünya'nın kendi eksenini etrafındaki hareketini kanıtlayacak bir deney düzenledi ve düzenini 1851 yılının Şubat ayında Paris Gözlemevi'nde sergiledi. Yüksekten sarkıtılan bir çelik halatın ucuna bağlanan kurşun bir topuz sayesinde Dünya'nın kendi eksenini etrafında döndüğü ilk defa gökyüzü gözlemlerinden bağımsız olarak deneysel yolla ispatlandı.

Foucault sarkacı fizik laboratuvarlarında karşılaşılabileceğimiz bir basit sarkaç düzeneğidir. Sarkacın yapmış olduğu hareket düzenli aralıklarla kendisini tekrar eder yani periyodiktir. Üzerine etki eden bir dış kuvvet olmaksızın basit sarkacın hareket doğrultusu değişmez. Foucault tarafından tasarlanan basit sarkaç düzeneğinde ise belirli bir zaman sonra sarkacın hareket ettiği doğrultu değişir. Foucault, sarkacın hareket ettiği doğrultunun değişmesine sebep olan etkinin Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşü olduğunu öne sürdü.

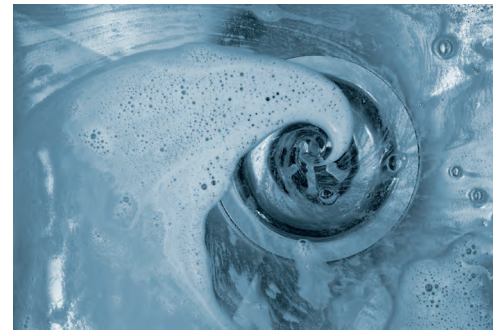
Foucault sarkacının nasıl çalıştığını gösteren bir videoyu izlemek için bağlantıyı internet tarayıcınızda açabilir ya da yandaki kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz. <https://youtu.be/YhXLxc1hzxM>



Coriolis (saptırma) etkisi, Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşü nedeniyle okyanus sularının ve rüzgârların hareket yönünün görünürde sapmasına neden olur. Coriolis etkisi aslında nesnenin yolundan sapmasına yol açmaz ancak Dünya'nın kendi etrafındaki dönüş hareketi nesnenin hareket yönünün değişiyormuş gibi görünmesine neden olur.

Coriolis etkisinin neden kaynaklandığını anlamak için Dünya'nın çizgisel hızının tüm enlemlerde aynı olmadığını (Ekvator'da en yüksek, kutup noktalarında en düşük olduğunun) ve bu hızın Dünya üzerindeki cisimleri de etkilediğinin bilinmesi gerekir. Bu etki en fazla çizgisel hız farkının büyük olduğu enlemler arası, yani Ekvator'a dik hareketlerde gözlemlenebilir.

Coriolis (Saptırma) Etkisi



Coriolis etkisinin suyun giderlerden nasıl akacağını da belirlendiği söylenir. Buna göre su Kuzey Yarımküre'de saat yönünün tersinde, Güney Yarımküre'de ise saat yönünde dönerek giderlerden akar. Bu popüler bilimsel yanılgılardan biridir. Çünkü Coriolis etkisi bu kadar küçük bir su kütesi üzerinde gözle görülür bir etki oluşturamaz. Giderden akan su zeminin ve giderin meyili, suyun miktarı ve giderin kapasitesi başta olmak üzere tamamen başka faktörlerin etkisiyle hareket eder.



1877'de yayımlanan bir kitapta yer alan çizimde Foucault sarkacının nasıl çalıştığını izlemeye gelenler görülüyor.



Bu durum okyanus akıntılarının ve rüzgârların hareketini açıklamakta da kullanılan Coriolis etkisi ile ilgilidir.

Coriolis etkisiyle sarkacın salınırken ulaştığı uç noktalar sarkacın üzerinde salındığı yatay düzlem üzerinde çembersel bir yol izler. Sarkacın salınmaya ilk başladığında ulaştığı noktaya yeniden ulaşması yani tam bir tur dönerek çemberi tamamlama süresi, Dünya'nın dönüş hızına bağlı olduğundan enlemlere göre farklılık gösterir. Örneğin kutup noktalarında bu süre yaklaşık 24 saate (tam olarak 23 saat 56 dakika 4 saniye süren yıldız gününe yani Dünya'nın referans olarak seçilecek uzak bir yıldıza göre kendi etrafında bir kez dönmesi için geçen süreye) eşittir.

Foucault'nun yaptığı deneylerde, 48°52' kuzey enleminde bulunan Paris'te ise sarkacın bir turunu tamamlaması 31 saat 50 dakika sürmüştü. Enlem derecesi 0 olan



Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) icat ettiği Foucault sarkacı ve jiroskop araçlarıyla tanınan ünlü Fransız fizikçi. Işık hızıyla ilgili deneyler de yaptı. Ay yüzeyindeki bir krater Foucault'nun adı verilmiştir.



Fotoğraf: Nurulhude Baykal

Yaklaşık 40° kuzey enleminde olan Ankara’da, Bilkent Üniversitesinde bulunan Foucault sarkacının çembersel turunu tamamlama süresini şöyle hesaplayabiliriz:

40° nin sinüsü yaklaşık 0,64’e eşittir.
Dünya’nın dönme hızı saatte 15° olarak hesaplanırsa ikisinin çarpımı 9,64° olur.
Ankara’nın enlem derecesi = 40°
Dünya’nın dönme hızı = 15°/saat

Foucault sarkacının salındığı doğrultunun açısal hızı = (Sin 40°) x (15°/saat) = 9,64°/saat
Yani Bilkent Üniversitesinde bulunan Foucault sarkacı saatte 9,64° döner ve 360°lik turunu 37,34 saatte yani 37 saat 20 dakika 24 saniyede tamamlar.

Ekvator çizgisinde ise bir Foucault sarkacı salındığı doğrultudan sapmadan sürekli aynı doğrultu üzerinde ileri geri hareket eder. Dolayısıyla bir Foucault sarkacınız varsa çembersel turunu tamamlama süresini ölçerek Dünya üzerinde kaçınıcı enlemde olduğunuzu matematiksel işlemlerle bulabilirsiniz.

Kuzey Yarımküre’deki Foucault sarkaçları salınırken saat yönünde dönerken, Güney Yarımküre’deki Foucault sarkaçları salınırken saat yönünün tersi yönde döner.

İdeal koşullar altında sarkacın sabit bir hızla salınması beklenir. Ancak hava sürtünmesi dolayısıyla sarkacın hareketi zamanla yavaşlar. Bunun önüne geçebilmek için hâlen kullanımda olan Foucault sarkaçları ya belirli aralıklarla yeniden kurulur ya da manyetik kuvvetler yardımıyla sarkacın hızı sabitlenir.

Bir Foucault sarkacının salındığı doğrultunun açısal hızı, Dünya’nın dönüş hızı ile sarkacın bulunduğu enlem

derecesinin sinüsünün çarpımına eşittir. Dünya yaklaşık 24 saatte bir 360° yani bir saatte 15° döner. Dolayısıyla Dünya’nın dönüş hızı saatte 15° olarak ifade edilebilir.

30° kuzey enleminde -örneğin Kahire ve New Orleans’ta- Foucault sarkacının salındığı doğrultunun açısal hızı saatte 7,5°dir. Çünkü 30°nin sinüsü ½’ye eşittir.

Bu formülü kullanarak yaklaşık 38° Kuzey enleminde bulunan Ege Üniversitesi Rasathanesindeki Foucault sarkacının saatlik açısal hızını ve buna bağlı olarak çembersel turunu kaç saatte tamamlayacağını bulabilir misiniz? Yaşadığınız şehrin enlem derecesini kullanarak şehrinizde bir Foucault sarkacı olsaydı sarkacın salındığı doğrultunun saatte kaç derecelik hızla döneceğini de hesaplayabilirsiniz. ■

Kaynaklar

<https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/how-does-foucaults-pendulum-prove-earth-rotates-180968024/>
<http://sciencenetlinks.com/lessons/foucaults-pendulum/>