

## DENEY PROSEDÜRLERİ

- Burulma sarkacının başlangıç denge pozisyonunu belirleyin
- Nihai denge durumuyla ilgili olarak burulma sarkacının titreşimlerini kaydedin ve süreci belirleyin/tanımlayın
- Nihai denge durumunun nerede olduğunu belirleyin
- Yerçekimi sabitini  $G$  hesaplayın.

## AMAÇ

Yerçekimi kuvvetini ölçmek ve Cavendish torsiyon (burulma) terazisi kullanarak yerçekimi sabitini belirlemek.

## ÖZET

Cavendish torsiyon terazisi bir adet hassas burulma sarkacı ve buna bağlı bir çift küçük kurşun kürelerden oluşmaktadır. Sonradan daha geniş iki kurşun küre bu iki küçük kürenin yanına onları çekmesi için yerleştirilir. Böylece geniş olan kürelerin pozisyonları burulma sarkacının denge durumunu belirlemektedir. Eğer bu iki büyük küre, iki küçük topa kıyasla birincisiyle simetrik olan ikinci pozisyona taşınırsa, burulma sarkacı bu işlemden kısa süre sonra yeni denge durumuna uyum sağlayacaktır. İki durumda da yapının geometrisi ölçülerek yerçekimi sabitini belirlemek mümkündür. Burada nihai faktör yerçekimi kuvveti ve burulma sarkacının geri getirme burusu arasındadır. Ölçümler, sesi ve daha geniş anlamda sinyalin titreşim unsularını bastıran kapasitif (sığal) diferansiyel sensör kullanılarak burulma sarkacının titreşiminden (osilasyon) yapılır. Sarkacın yapıldığı volfram telinin çok ince olmasına dikkat edilir. Çünkü titreşim süresi birkaç dakika sürer. Denge durumuyla ilgili titreşimler bir saatlik bir zamanda gözlemlenebilir.

## GEREKLİ CİHAZLAR

Miktar	Cihazlar	Ürün no.
1	Cavendish Torsiyon Terazisi	1003337
1	Diyot Lazer, Kırmızı	1003201
1	Hazne ayağı, 1 kg	1002834
1	Çok amaçlı manşon	1002830
1	Destek çubukları Uzunluk: 100 mm	1002932
<b>Ayrıca önerilir</b>		
1	Çapölçer, 150 mm	1002601
1	Elektronik Tartılar Ölçüm aralığı: 0 – 5000,0 g	1003434

## TEMEL İLKELER

Laboratuarda iki kütle arasındaki yerçekimi kuvvetini hesaplarken, civardaki diğer tüm kütlelerin sonuçlar üzerinde etkisinin olması kaçınılmazdır. Cavendish terazisi bu sorunu büyük ölçüde ortadan kaldırır çünkü simetrik olarak yerleştirilmiş kütlelerle iki ölçüm yapılmaktadır.

# 1

Cavendish torsiyon terazisi bir adet hassas burulma sarkacı ve buna bağlı bir çift küçük kurşun kürelerden oluşmaktadır. Sonradan daha geniş iki kurşun küre bu iki küçük kürenin yanına onları çekmesi için yerleştirilir. Böylece geniş olan kürelerin pozisyonları burulma sarkacının denge durumunu belirlemektedir. Eğer bu iki büyük küre, iki küçük topa kıyasla birincisiyle simetrik olan ikinci pozisyona taşınırsa, burulma sarkacı bu işlemden kısa süre sonra yeni denge durumuna uyum sağlayacaktır. İki durumda da yapının geometrisi ölçülerek yerçekimi sabitini belirlemek mümkündür. Burada nihai faktör yerçekimi kuvveti ve burulma sarkacının geri getirme torku arasındaki dengedir. Yerçekimi kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$(1) \quad F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

$G$ : Yerçekimi sabiti,

$m_1$ : küçük kurşun kürenin kütlesi (tanesi),

$m_2$ : büyük kurşun kürenin kütlesi (tanesi),

$d$ : ölçümün yapılacağı yerde küçük ve büyük kurşun kürelerinin arasındaki mesafe

Kuvvet burulma sarkacını ölçüm için iki büyük kurşun kürenin bulunduğu denge durumundan saptırır. Saptırma burusu;

$$(2) \quad M_1 = 2 \cdot F \cdot r \text{ dir.}$$

$r$ : Küçük kurşun kürenin destekleyici giriş üzerindeki montajlandığı noktadan mesafesi

Eğer burulma sarkacı  $\varphi$  açıyla saptırıldıysa geri getirme burusu vardır

$$(3) \quad M_2 = D \cdot \varphi$$

$D$ : Volfram telinin burulma katsayısı

Burulma terazisinin destekleyici girişinin asılı olduğu yerdeki volfram teline göre hareket eder. Denge durumunda,  $M_1$  ve  $M_2$  eşittir. Burulma katsayısı  $D$  titreşim (salınım) sürecinden  $T$  burulma terazisinin denge durumuyla ilgili olarak titreşimleri için belirlenebilir.

$$(4) \quad D = J \cdot \frac{4\pi^2}{T^2}$$

Eylemsizlik moment  $J$ , iki küçük kürenin eylemsizlik momentleri  $J_1$  ve destekleyici girişin eylemsizlik moment  $J_k$ 'dan oluşmaktadır.

$$(5) \quad J = 2 \cdot m_1 \cdot r^2 + \frac{m_B}{12} \cdot (a^2 + b^2)$$

$m_B$ : Destekleyici girişin kütlesi

$a, b$ : destekleyici girişin uzunluğu ve genişliği.

İki geniş kurşun küre için ölçümün yapılacağı iki simetrik pozisyon gereklidir. Bu iki pozisyondaki sapma açıları  $\varphi$  ve  $\varphi'$ 'dir; ve iki eş saptırma burusu birbirine eşit olmakla birlikte zıt yönlüdürler. Denge durumunda, denklem (2) ve (3) bu yüzden aşağıdaki uygulanır:

$$(6) \quad 4 \cdot F \cdot r = D \cdot (\varphi - \varphi') = D \cdot \Delta\varphi$$

Deneyler süresince burulma sarkacının titreşimleri (salınımları) sesi ve daha geniş anlamda sinyalin titreşim unsularını bastıran kapasitif (sığal) diferansiyel sensör kullanılarak ölçülür. Sarkacın yapıldığı volfram telinin çok ince olmasına dikkat edilir. Çünkü titreşim süresi birkaç dakika sürer. Denge durumuyla ilgili titreşimler bir saatlik bir zamanda gözlemlenebilir.

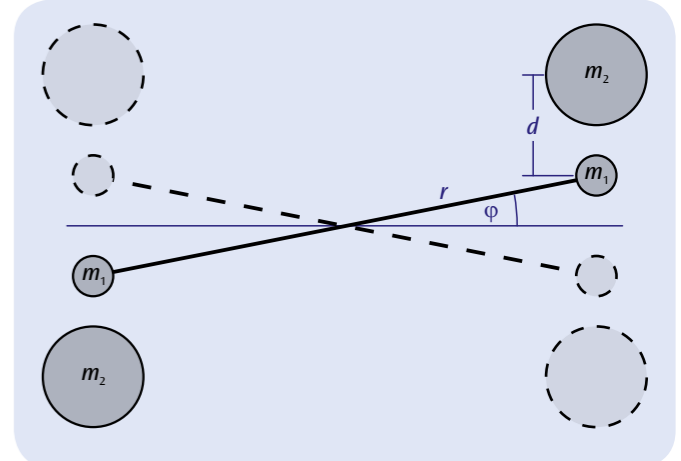
Burulma sarkacına eklenecek ayna ışıklı gösterge yapmak için kullanılabilir. Böylelikle salınımlar çıplak gözle de kolaylıkla takip edilebilir. Bu özellik gerekli ayarlamaları ve terazinin kalibrasyonunu daha kolaylaştıracaktır.

## DEĞERLENDİRME

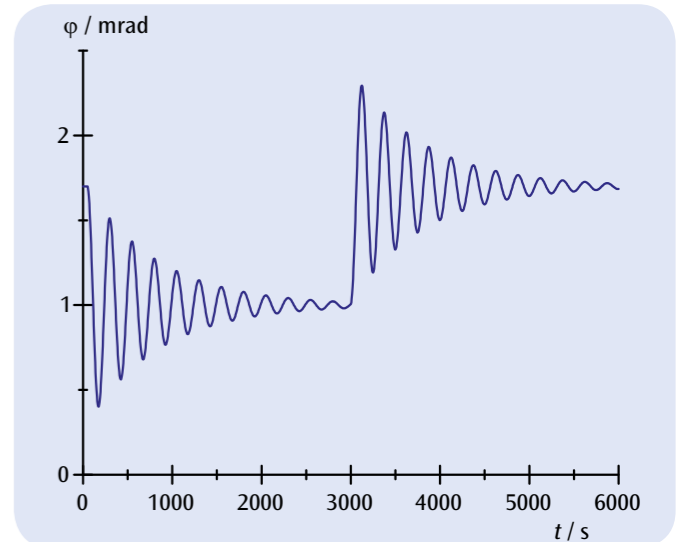
Denklemleri (1), (4), (5) ve (6) yeniden ayarlayarak:

$$G = \frac{\Delta\varphi}{m_2} \cdot \frac{d^2 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot \left( 2 \cdot r + \frac{1}{12} \cdot \frac{m_B}{m_1} \cdot \frac{a^2 + b^2}{r} \right)$$

İki küçük küreye daha uzak büyük kürelerin eklendiği hesaba katılmamış ve bu yüzden burulma sarkacı üzerindeki burulma bir şekilde bugüne kadar yapılan hesaplamalara kıyasla daha azaltılmıştır. Bunun için denklem (2)'deki düzeltmeyi sunmak kolay olacaktır çünkü tüm mesafeler bilinmektedir.



Şekil 1: Cavendish torsiyon terazisi için hazırlanan şematik ölçüm



Şekil 2: İki geniş kurşun kürenin ölçüm pozisyonları iki kez değiştirildiğinde zaman fonksiyonu olarak burulma sarkacının sapma açısı