
DENEY 2

Serbest Düşen Cisimler

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Edebiyat Fakültesi

Fizik Bölümü

Isparta - 2020

SERBEST DÜŞEN CİSİMLER

Amac:

- 1) Bir boyutlu hareketin bir uygulaması olarak serbest düşen cisimleri incelemek
- 2) Serbest düşen cisimler vasıtasıyla yerçekimi ivmesini belirlemek

Teorik Bilgi:

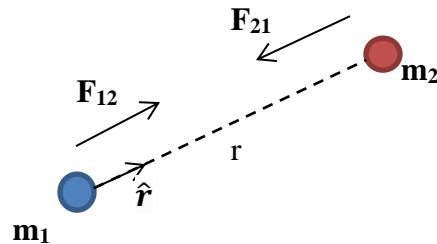
17. yüzyılın sonlarında, Isaac Newton gökcisimlerini bulundukları yörüngede tutan kuvvetin kütle çekimi kuvveti olduğu, aynı kuvvetin nesnelerin yerküre yüzeyine düşmesine neden olduğu şeklinde bir öneride bulunmuştu. Kâinattaki her maddenin her bir parçası diğer tüm maddelerin her bir parçasını çeker. Bu düşünce **Newton'un evrensel çekim kanunu** ile genel olarak, “evrendeki her parçacık, başka bir parçacığı, kütlelerinin çarpımıyla doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olan bir kuvvetle çeker” şeklinde ifade edilir. Eğer parçacıkların kütleleri m_1 ve m_2 ise ve birbirinden r gibi bir uzaklıkta bulunuyorlarsa, çekim kuvvetinin büyüklüğü

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

şeklindedir. Burada G **evrensel çekim sabiti** denilen bir sabittir ve deneysel olarak ölçülmüştür. SI birimlerindeki değeri:

$$G = 6,672 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

dir. (1) eşitliği ile verilen kuvvet yasasından çoğu zaman **ters kare yasası** olarak bahsedilir; çünkü kuvvetin büyüklüğü, parçacıkların arasındaki uzaklığın karesinin tersiyle orantılı olarak değişir. Bu kuvveti, \mathbf{r} gibi bir birim vektör tanımlayarak vektör biçiminde ifade edebiliriz. Bu birim vektör, m_1 den m_2 ye yönelmiş olduğundan, m_1 üzerine m_2 den dolayı etki eden kuvvet



İki parçacık arasındaki çekim kuvveti çekicidir. $\hat{\mathbf{r}}$ birim vektörü m_1 den m_2 ye yönelmiştir. $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$ dir.

$$\mathbf{F}_{12} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (2)$$

ile verilir. Bu kuvvet pozitif olduğundan m_2 ye doğru yönelmiş olmalıdır (\mathbf{r} birim vektör yönünde). Benzer şekilde, Newton'un üçüncü kanunuyla m_1 den dolayı m_2 üzerine etki eden, \mathbf{F}_{21} ile gösterilen kuvvet, büyüklük bakımından \mathbf{F}_{12} ye eşittir ve zıt yöndedir, eksi işaretlidir. Yani bu kuvvetler bir etki tepki çifti oluştururlar ve $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$ dir.

Çekim kuvveti, parçacıkları ayıran ortamdan bağımsız olarak iki parçacık arasında daima var olan bir alan kuvvetidir. Kuvvet, parçacıklar arasındaki uzaklığın karesinin tersiyle orantılı bir şekilde değişir ve bu yüzden uzaklık arttıkça hızla azalır. Çekim kuvveti her bir parçacığın kütlesiyle doğru orantılıdır.

Sonlu büyüklükte ve küresel simetrik olarak dağılmış bir kütlenin küre dışındaki bir parçacığa uyguladığı çekim kuvveti, kürenin tüm kütlesi küre merkezinde toplandığı zaman uygulanacak olanla aynıdır. Örneğin, dünya (yerküresi) yüzeyine yakın bulunan m kütleli bir parçacığa dünyanın uyguladığı kuvvet

$$F = G \frac{M_y m}{R_y^2} \quad (3)$$

büyükliktedir. Burada M_y dünyanın (yerin) kütlesi ve R_y dünyanın yarıçapıdır. Bu kuvvet dünyanın merkezine doğru yönelmiştir.

Eğer bir cisim sadece Denklem 3'de verilen kütle çekim kuvveti altında hareket ediyorsa Newton'un ikinci hareket kanununda kuvvet yerine bu ifade yazılabilir ve

$$G \frac{M_y m}{R_y^2} = ma \quad (4)$$

elde edilir. Bu eşitlikte sol taraftaki m cismin yerçekimsel kütlesi sağ taraftaki m ise eylemsizlik kütlesini temsil etmektedir. Eşdeğerlik ilkesi bu iki kütlenin aynı kabul edilebileceğini söylediğinden bunlar sadeleştirilebilir. Sonuçta cismin ivmesi için;

$$a = G \frac{M_y}{R_y^2} \quad (5)$$

türetilir. Denklem 5'ten görüldüğü gibi dünya yüzeyinde sadece yerçekimi kuvveti etkisinde hareket eden bir cismin ivmesi büyüklük olarak dünyanın kütlesi ve yarıçapına bağlıdır, dolayısıyla sabittir. SI birim sisteminde dünyanın kütlesi, yarıçapı ve evrensel yerçekimi sabiti Denklem 5'de yerine koyulursa bu ivmenin değeri yaklaşık $9,80 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanabilir. Genelde g sembolü ile gösterilen bu değer ortalama bir değerdir ve dünyanın şeklinin tam küre olmaması başta olmak üzere deniz seviyesinden yükseklik gibi dünya yüzeyindeki çeşitli yerel

etkilerle coğrafi konumlara göre farklılık gösterir. Yani yüksekliğin artmasıyla azalır, enlem ile de hafif değişmeler gösterir. Ayrıca g vektörü aşağıya, yerin merkezine doğru yöneliktir.

Bu bağlamda dünya üzerindeki farklı konumlar için yararlanılabilecek bir formül aşağıda verilmiştir.

$$g = 9,780327 \times (1 + A \sin^2 L - B \sin^2 2L) - 3.086 \times 10^{-6} \times H \quad (6)$$

$A = 0,0053024$, $B = 0,0000058$, $L = \text{Enlem}$, $H = \text{deniz seviyesinden yükseklik (metre)}$

Serbest düşen cisim ifadesiyle sadece durgun halden başlayarak düşen bir cismi kastetmemiz gerekmez. Serbestçe düşen bir cisim onun ilk hareketine bakılmaksızın, yerçekiminin etkisi altında serbestçe hareket eden herhangi bir cisimdir. Yukarı veya aşağı fırlatılan ve durgun halden serbest bırakılan cisimlerin hepsi serbest bırakılınca aynı ivmenin etkisi altında kalırlar. Cisimler serbest düşme halinde iken, yerçekiminden ileri gelen ivmeye eşit, aşağı doğru bir ivmeye sahip olacaklardır.

Hava direncini ihmal eder ve yerçekimi ivmesinin yükseklikle değişmediğini kabul edersek, serbest düşen bir cismin hareketi, sabit ivme altındaki bir-boyutlu harekete özdeştir. Bu nedenle, sabit ivme için olan kinematik eşitlikleri uygulanabilir. Düşey doğrultuyu y eksenini olarak alacağız ve yukarı yöne pozitif y diyeceğiz. Koordinatların bu seçimiyle kinematik eşitliklerinde x , y ile yerdeğıştirecektir. Ayrıca pozitif y yukarı doğru olduğundan, ivme negatiftir ve $a = -g$ ile verilir.

$$v = v_o - gt$$

$$y - y_o = v_o t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = v_o^2 - 2g(y - y_o)$$

Bu deneyde serbest düşen bir cisim için ilk hız olmadığından yukarıdaki ifadelerde $v_o = 0$ alınarak bu harekete ait eşitlikler elde edilebilir. Deneyde kullanacağımız zamana bağlı yol ifadesi:

$$y - y_o = h = -\frac{1}{2}gt^2$$

şeklinde olacaktır.

Denevin yapılışı:

1. Deney düzeneği şekilde görüldüğü gibi kurulur. İletken bir bilye, serbest bırakma mekanizmasına sıkıştırılır. Bu durumda devreden akım geçmez.
2. Devreyi durduran sensörün konumu sabitlenir ve serbest bırakma mekanizması belirli yüksekliklere ayarlanır. Mekanizmanın yüksekliğı her denemeden sonra artırılır.
3. Düşme yüksekliğini etkin olarak belirleyebilmek için bilyenin çapının da dikkate alınması gerekir.



Şekil 1: Deney düzeneđi

4. Düşme yüksekliğini değiştirerek, düşüş zamanını (t) ve bilyenin sensörden geçiş zamanını (Δt) ölçün.

h(cm)	t(s)	$t^2(s^2)$
100	0,460	
90	0,434	
80	0,410	
70	0,383	
60	0,352	
50	0,324	

Yukarıdaki tabloyu kullanarak;

1. $h=f(t)$ grafiğini çiziniz.
2. $h=f(t^2)$ grafiğini çiziniz.
3. Yerçekimi ivmesini 2. sırada çizdiğiniz grafiği kullanarak bulun ve yüzdelik hatayı hesaplayın.

Hazırlık Soruları

- 1- Cisimler neden düşer? Bir cisim üzerine etki eden net kuvvet nedir?
- 2- Uzayın her yerinde yerçekim ivmesi aynı mıdır? Açıklayınız.
- 3- Newton kanunları nelerdir?
- 4- İki gezegen arasındaki çekim kuvvetini göstermek için hangi formül kullanılır?
- 5- Düşme yüksekliği ile düşme zamanı arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.

Deney Simülasyonu:

Serbest düşen cisimler deneyi ile ilgili olarak simülasyona https://iwant2study.org/lookangejss/02_newtonianmechanics_2kinematics/ejss_model_freefall01/freefall01_Simulation.xhtml adresinden ulaşabilirsiniz. Sitede farklı yüksekliklerden bırakılan cismin yere çarpma zamanlarını tespit edip yerçekimi ivmesini hesaplayabilirsiniz.

Kaynaklar:

Serway Fizik-I