

## Bölüm 5: Hareket Kanunları

### Kavrama Soruları

- 1- Bir cismin kütlesi ile ağırlığı aynıdır?
- 2- Ne zaman bir cismin kütlesi sayısal değerce ağırlığına eşit olur?
- 3- Eşit kollu terazi kütle mi yoksa ağırlığı mı ölçer?

### Konu İçeriği

Sunuş

5-1 Kuvvet Kavramı

5-2 Newton'un 1. Yasası

5-3 Kütle

5-4 Newton'un 2. Yasası

5-5 Kütle Çekim Kuvveti ve Ağırlık

5-6 Newton'un 3. Yasası

5-7 Newton Yasalarının Bazı Uygulamaları

5-8 Sürtünme Kuvveti

### Sunuş

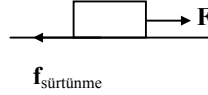
Bu bölümde sırası ile kuvvet kavramını, Newton'un hareket yasalarını, kütle, kütle çekim kuvveti, ağırlık ve son olarak da iki yüzey arasında oluşan sürtünme kuvvetini inceleyeceğiz.

## 5-1 Kuvvet Kavramı

Cisimler arasında oluşan kuvvetleri etkileşim şekline göre iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar sırası ile *Temas Kuvvetleri* ve *Alan Kuvvetleri*'dir.

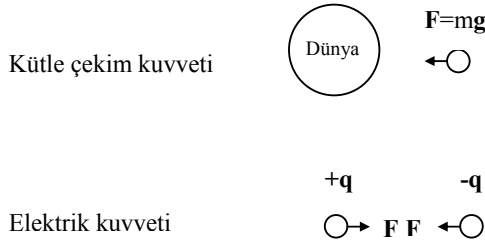
### *Temas Kuvvetleri*

İki cisim arasındaki fiziksel temas(değme) sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir. Örneğin yay kuvveti, sürtünme kuvveti, bir topu hareket ettirmek için topa uygulanan itme kuvveti gibi.



### *Alan Kuvvetleri*

Cisimler arasında temas olmadan etkisini gösteren kuvvetlerdir. Örneğin yerçekimi kuvveti, elektrik ve manyetik kuvvet gibi.



## 5-2 Newton'un Birinci Yasası

Newton'un birinci yasaı duran veya hareket halindeki cisimlerin durumlarını koruma eğilimlerini ifade etmektedir.

### *Newton'un 1. Yasası:*

***Bir cisme dış kuvvet (bileşke kuvvet) etki etmedikçe cisim durgun ise durgun kalacak, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam edecektir.***

Daha basit bir ifade ile, bir cisme etki eden net kuvvet (bileşke kuvvet) yok ise cismin ivmesi sıfırdır.

$$F=0 \text{ ise } \Rightarrow a=0 \text{ dır.}$$

(Cismin hızında bir değişme (ivme) yaratılmak isteniyor ise cismin üzerine bir kuvvet uygulanmalıdır, yani

a  $\propto$  F şeklinde kuvvet ile ivme niceliğinin orantılı olduğunu söyleyebiliriz.

Bu orantı sabitinin ne olduğunu (ki kütle) ilerde detaylı olarak göreceğiz).

Bir cismin hızında meydana gelecek değişime direnme (karşı koyma) eğilimi o cismin *eylemsizliği*'dir (Yukarıdaki ivme ile kütle arasındaki orantı sabiti, cismin eylemsizliğinin bir ölçüsüdür).

### 5-3 Kütle

*Kütle*, bir cismin sahip olduğu eylemsizliğin bir ölçüsüdür. Cismin kütlesi ne kadar büyük ise uygulanan belli bir kuvvetin etkisi altında o kadar az ivme kazanır. Örnek olarak kütleleri farklı ( $m_1$  ve  $m_2$ ) olan iki cisme aynı  $F$  kuvvetini uyguladığımızı varsayalım.



Aynı  $F$  kuvveti,  $m_1$  ve  $m_2$  kütlelerine etki ediyor ve kütlelere sırası ile  $a_1$  ve  $a_2$  ivmesini kazandırıyor. Eğer  $m_1$  ve  $m_2$  cisimlerinin kütlelerini ivmelenmelerine oranlarsak bulacağımız sonuç:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

şeklinde olacaktır. Buna göre aynı kuvvet uyguladığımız bir bilye ile bir kamyonu kütleleri ile orantılı olarak ivmelendirebiliriz. Yani aynı kuvvet altında kütlesi daha az olan bilyenin hızında daha büyük bir değişiklik oluşturabiliriz. Benzer şekilde cisim hareketli ise, kütle ne kadar büyük ise durdurmak için de o kadar büyük kuvvet uygulamak gerekir.

*Kütle*, cismin değişmez bir özelliğidir ve cismin çevresinden bağımsızdır.

Kütlenin boyutu kütlelerdir  $[M]$ , SI birim sisteminde kilogram (kg) olarak ölçülür.

### 5-4 Newton'un İkinci Yasası

Newton'un ikinci yasa, bir cismin üzerine uygulanan kuvvet ile cismin kütlesi ve bu kuvvetin cisme kazandıracığı ivme arasındaki ilişkiyi vermektedir.

*Newton'un 2. Yasası:*

***Bir cismin ivmesi, ona etki eden bileşke kuvvetle (veya net kuvvet,  $\sum F$ ) doğru orantılı, kütlesi ile ters orantılıdır.***

$$\sum F = ma$$

Burada  $\sum F$ , cisim üzerindeki toplam(net) kuvveti göstermektedir yani  $\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$

SI birim sisteminde kuvvet birimi *Newton*'dur ve  $N$  harfi ile gösterilir.

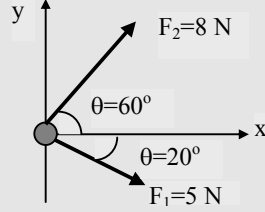
***Kuvvet Birimi Newton'un Tanımı:***

1 kg kütleli bir cisim üzerine uygulandığında ona  $1 \text{ m/s}^2$  lik ivme kazandıran kuvvet bir Newton'dur.

$$1 \text{ N} = (1 \text{ kg}) (1 \text{ m/s}^2)$$

**Örnek 5.1** 0,30 kg kütleli bir hokey diski yatay, sürtünmesiz bir buz zemini üzerinde kaymaktadır. Diske şekilde görüldüğü gibi iki kuvvet etki eder.  $F_1$  kuvvetinin büyüklüğü 5 N,  $F_2$  kuvvetinin büyüklüğü ise 8 N'dur. Diskin ivmesinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

**Çözüm:**



x-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= F_{1x} + F_{2x} = F_1 \cos(-20^\circ) + F_2 \cos(60^\circ) \\ &= (5 \text{ N}) \cdot (0,94) + (8 \text{ N}) \cdot (0,5) \\ &= 8,7 \text{ N}\end{aligned}$$

y-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= F_{1y} + F_{2y} = F_1 \sin(-20^\circ) + F_2 \sin(60^\circ) \\ &= (5 \text{ N}) \cdot (-0,34) + (8 \text{ N}) \cdot (0,87) \\ &= 5,2 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\text{x-yönündeki ivme } a_x = \Sigma F_x / m = 8,7 \text{ N} / (0,3 \text{ kg}) = 29 \text{ m/s}^2$$

$$\text{y-yönündeki ivme } a_y = \Sigma F_y / m = 5,2 \text{ N} / (0,3 \text{ kg}) = 17 \text{ m/s}^2$$

Vektörel olarak ivme  $\mathbf{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} = 29 \hat{i} + 17 \hat{j} \text{ m/s}^2$  ifade edilirse buradan;

$$\text{ivmenin büyüklüğü } |a| = [(29 \text{ m/s}^2)^2 + (17 \text{ m/s}^2)^2]^{1/2} = 34 \text{ m/s}^2$$

$$\text{ivmenin yönü } \theta = \arctan(a_y / a_x) = \arctan(17/29) = 30,4^\circ \text{ bulunur.}$$

## 5-5 Ağırlık ve Çekim Kuvveti

*Kütle* ve *ağırlık* kavramları aynı şeyler değildir ve birbirlerine karıştırılmamalıdır.

Kütlesi  $m$  olan bir cisme dünyanın uyguladığı kütleli çekim kuvveti cismin *ağırlığı* olarak adlandırılır ve  $\mathbf{F}_g$  ile gösterilir. Bu kuvvet, dünyanın merkezine doğru yönelmiştir ve kuvvetin büyüklüğü cismin *ağırlığı* olarak bilinir.

Kütle:  $m$

Ağırlık:  $\mathbf{mg} = \mathbf{F}_g$

Newton'un 2. yasasından  $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$ , yeryüzü üzerinde ivmenin değeri  $\mathbf{a} = -\mathbf{g}$  olduğundan ağırlık kuvveti  $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{g}$  şeklinde yazılır.

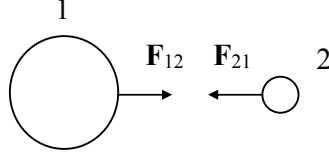
Ağırlık,  $\mathbf{g}$  ye bağlı olduğundan coğrafik konuma göre değişir. Bunun yanında kütle ( $m$ ) cismin değişmez bir özelliği olduğu için her yerde aynıdır.

## 5-6 Newton'un Üçüncü Yasası

Newton'un 3. yasası, birbirleri ile etkileşmekte olan cisimler arasında oluşacak etki ve tepki kuvvetleri ile ilgilidir.

Newton'un 3. Yasası:

**İki cisim etkileşiyor ise, 1. cismin 2. cisim üzerine uyguladığı  $F_{12}$  kuvveti, 2. cismin 1. cisim üzerine uyguladığı  $F_{21}$  kuvvetine eşit ve zıt yönlüdür.**

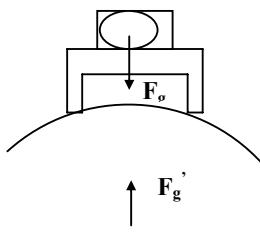


$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

$$|\mathbf{F}_{12}| = |\mathbf{F}_{21}|$$

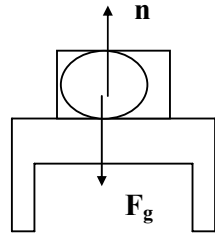
Etki kuvveti büyüklükçe tepki kuvvetine eşit ve onunla zıt yönlüdür. *Etki-tepki çiftindeki iki kuvvet daima farklı cisimler üzerine uygulanır.*

Bir cismin  $F_g$  ağırlığı, o cismin üzerine dünyanın uyguladığı çekim kuvvetidir. Masanın üzerinde duran televizyon örneğini göz önüne alalım. Dünya televizyona kütlelerinden ( $m$ ) dolayı bir  $F_g$  kuvveti uygular. Aynı zamanda televizyon da dünyanın bu etkisine karşı dünyaya  $F_g'$  tepki kuvvetini uygular (Şekil 1-a). Burada  $F_g$  ve  $F_g'$  etki-tepki kuvvetleridir.



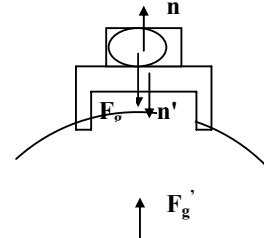
$F_g$  ve  $F_g'$  etki-tepki kuvvetleridir

Şekil 1-a



$F_g$  ve  $n$  etki-tepki kuvvetleri *değildir*

Şekil 1-b



$F_g = -F_g'$  ve  $n = -n'$  etki-tepki kuvvetleridir

Şekil 1-c

Televizyon masa tarafından tutulduğu için  $F_g$  yönünde ivmelenmez! Masa, aşağıdan yukarıya doğru TV üzerine  $n$  ile gösterilen bir etki kuvveti uygular. Bu kuvvet normal (dik) kuvvet olarak adlandırılır (Şekil 1-b). Normal kuvvet ( $n$ ) bir temas kuvvetidir ve TV'nin masayı delip geçmesini önler ve aşağı yönelen  $F_g$ 'yi dengelemek için gereken büyüklüğe sahip olur ki masa kırılıncaya kadarki değerleri alır.

Burada  $F_g$  ve  $n$  etki-tepki çifti *değildir*. Çünkü bunların her ikisi de aynı cisme, yani TVye etki ederler.  $n$  normal kuvvetinin tepki kuvveti  $n'$  dür ve  $n$  kuvvetine karşı TV tarafından masaya uygulanan kuvvettir (Şekil 1-c).

Burada etki-tepki çifti

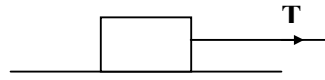
$$\mathbf{F}_g = -\mathbf{F}_g'$$
$$\mathbf{n} = -\mathbf{n}'$$

$F_g$ : Dünyanın TV'ye uyguladığı *etki* kuvveti  
 $F_g'$ : TV'nin dünyaya uyguladığı *tepki* kuvveti  
 $n$ : masa tarafından TV'ye uygulanan kuvvet  
 $n'$ : n kuvvetine karşı TV tarafından masaya uygulanan *tepki* kuvveti

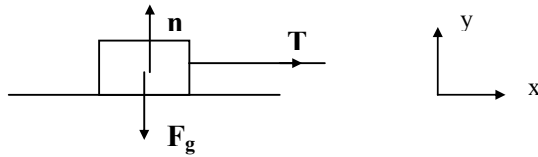
## 5-7 Newton Kanunlarının Bazı Uygulamaları

Dengede ( $a=0$ ) veya sabit bir dış kuvvet etkisi altında ivmeli doğrusal hareket yapan bir cisim için Newton yasalarının bazı uygulamaları:

*Gerilme*: Bir cisim bir sicim ile çekildiği zaman cisme bir  $T$  kuvveti uygular ve bu kuvvetin büyüklüğüne gerilme denir.



Bloğa etki eden kuvvetleri gösterirsek (ki buna serbest-cisim diyagramı-çizeneği denir).

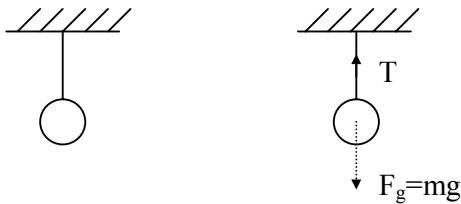


x-yönünde etki eden net kuvvet  $\sum F_x = ma_x$  buradan x-yönündeki ivme  $a_x = T/m$

y-yönünde etki eden net kuvvet  $\sum F_y = ma_y$   
 y yönünde ivme sıfırdır, dolayısı ile  $\sum F_y = ma_y = 0 \Rightarrow n + (-F_g) = 0$  Buradan  $n = F_g$  bulunur.

Normal kuvvet, ağırlıkça eşit ve onunla zıt yönlüdür.  
 $T$  sabit bir kuvvet ise  $a_x = T/m$  ivmesi de sabittir.

*Tavandan asılı lamba:*



Tavana ağırlıksız bir ip ile bağlanan tavan lambasını göz önüne alalım. Lamba durgun olduğundan ( $a=0$ ) Newton'un birinci yasasına göre

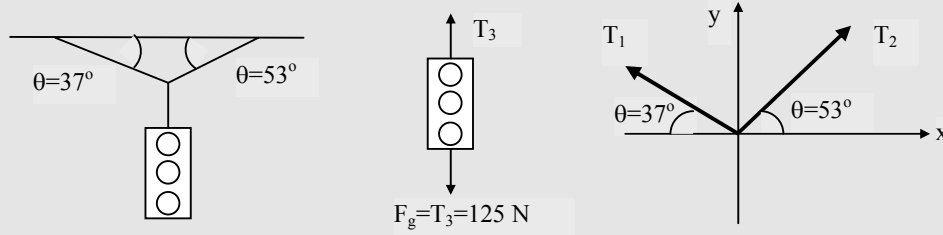
$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = ma_y = 0 = T - F_g \quad T = F_g$$

*Not:* Burada  $F_g$  ve  $T$  etki-tepki çifti değildir.

**Örnek 5.4** Bir trafik lambası şekilde görüldüğü gibi kablolarla bir desteğe asılmıştır. Üst taraftaki kablolar yatayla  $37^\circ$  ve  $53^\circ$ 'lik açılar yapmaktadır ve lambanın ağırlığı 125 N dur. Her üç kablodaki gerilmeyi bulunuz.

**Çözüm:**



x-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\Sigma F_x = -T_{1x} + T_{2x} = -T_1 \cos(37^\circ) + T_2 \cos(53^\circ) = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

y-yönündeki bileşke kuvvet :

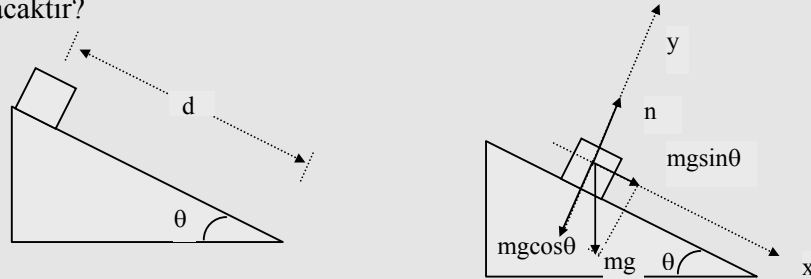
$$\Sigma F_y = T_{1y} + T_{2y} - T_{3y} = T_1 \sin(37^\circ) + T_2 \sin(53^\circ) - T_3 = 0 \quad \dots\dots(2)$$

1. eşitlikten  $T_2 = T_1 [\cos(37^\circ) / \cos(53^\circ)]$

$T_2$  değeri 2. eşitlikte yerine konursa  $T_1 = 75,1$  N ve  $T_2 = 99,9$  N bulunur.

**Örnek 5.6** *Sürtünmesiz eğik düzlem:* Şekilde görülen sürtünmesiz,  $q$  eğim açılı bir eğik düzlem üzerine  $m$  kütleli bir sandık konulmuştur. A) sandık serbest bırakılınca sahip olacağı ivmeyi bulunuz. B) Sandığın eğik düzlemin tepesinden serbest bırakıldığını varsayalım. Tepeden itibaren alt uca kadar olan uzaklık  $d$  olsun. Bloğun alt uca varması için geçen zaman nedir ve tam alt uçta sandığın hızı ne olacaktır?

**Çözüm:**



a)

x-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\Sigma F_x = mg \sin \theta = ma_x$$

y-yönündeki bileşke kuvvet :

$$\Sigma F_y = n - mg \cos \theta = 0 \quad (y \text{ yönünde hareket yok})$$

x-yönünde ivme  $ma_x = mg \sin \theta \Rightarrow a_x = g \sin \theta$

normal kuvvet  $n = mg \cos \theta$

b)  $a_x = \text{sabit}$  olduğundan  $x = v_{ix}t + (1/2)a_x t^2$

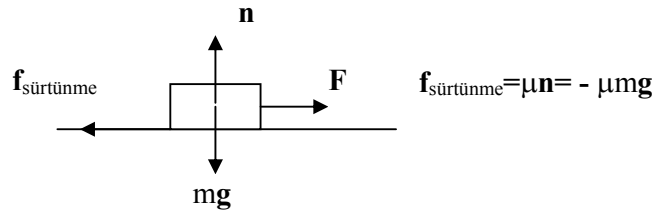
Burada  $v_{ix} = 0$ ,  $x = d$  olarak verildiğinden  $d = (1/2)a_x t^2 \Rightarrow t = (2d/a_x)^{1/2} = (2d/g \sin \theta)^{1/2}$

Cismin hızı  $v^2 = v_{ix}^2 + 2a_x x \Rightarrow v^2 = 2a_x d \Rightarrow v = \sqrt{2d g \sin \theta}$  bulunur.

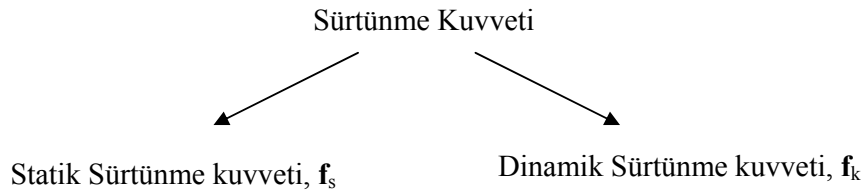
## 5-8 Sürtünme Kuvvetleri

Çevre faktörlerinden dolayı (hava, yüzeyin pürüzlülüğü vb.) cismin hareketine karşı koyan direnmelere sürtünme kuvveti denir. Bu ders kapsamında sadece yüzeyler arasındaki temastan kaynaklanan sürtünme kuvvetinden bahsedeceğiz.

Sürtünme kuvveti ( $f$ ), genel olarak iki yüzey arasının pürüzlülüğünü gösteren sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) ve normal kuvvet ( $n$ ) bağlıdır.



İki yüzey arasında oluşan sürtünme kuvvetini iki gruba ayırabiliriz. Bunlar: statik ve dinamik sürtünme kuvvetleridir.



Birbiri ile temas halinde olan iki yüzey arasındaki *statik sürtünme kuvveti*, uygulanan kuvvetle zıt yönlüdür ve normal kuvvet ( $n$ ) ile orantılıdır.

$$f_s \leq \mu_s n$$

Hareket eden bir cisme etki eden *kinetik sürtünme kuvveti* daima cismin hareketinin zıt yönündedir.

$$f_k = \mu_k n$$

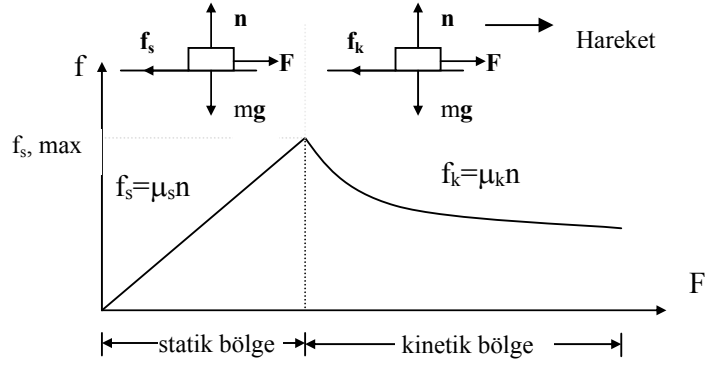
Burada

$\mu_s$ : statik (durağan) sürtünme katsayısı,

$\mu_k$ : dinamik (hareket) sürtünme katsayısıdır

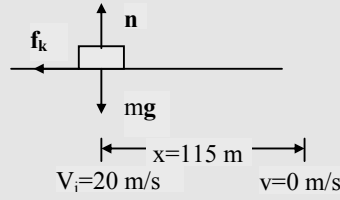
Cisim durağan veya hareketli olduğu zaman cisim ile hareket ettiği zemin arasındaki sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) farklıdır.





**Örnek 5.13** Donmuş bir havuzda bir hokey diskine vurulsun ve ona 20 m/s'lik bir hız kazandırılmış olsun. Disk, buz yüzeyi üzerinde durmadan önce 115 m kayarsa disk ile buz yüzeyi arasındaki kinetik sürtünme katsayısını bulunuz.

**Çözüm:**



$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= -f_k = ma_x \\ \Sigma F_y &= n - mg = 0 \\ f_k &= \mu_k n \text{ ve } n = mg \\ f_k &= -\mu_k n = -\mu_k mg = ma_x \Rightarrow a_x = -\mu_k g\end{aligned}$$

İvme sabit olduğundan zamansız hız formülün:  $v^2 = v_i^2 + 2a_x x$

Cismin ilk hızı  $v_i = 20$  m/s ve cisim  $x = 115$  m sonra duracağından  $v = 0$  dır.

$$0 = v_i^2 + 2a_x x \Rightarrow 0 = v_i^2 - 2(\mu_k g)x \Rightarrow \mu_k = v_i^2 / 2gx = (20 \text{ m/s})^2 / [2 \cdot (9,8 \text{ m/s}^2)(115 \text{ m})]$$

$$\mu_k = 0,117 \text{ bulunur.}$$

### Bölüm 5'in Sonu

**Kaynak:**

Bu ders notları,

**R. A. Serway** ve **R. J. Beichner** (Çeviri Editörü: K. Çolakoğlu), **Fen ve Mühendislik için FİZİK-I** (Mekanik), Palme Yayıncılık, 2005.

kitabından derlenmiştir.