Bölüm 1:
Fizik ve Ölçme

- Yunanca “doğa” kelimesinden gelen *fizik*, genellikle madde ve hareketin incelenmesi olarak tanımlanır.
- Fizik biliminin amacı, doğa olaylarını yöneten temel yasaları bulmak ve ileride yapılacak deneylerin sonuçlarını öngörecek teorilerin geliştirilmesinde kullanmaktır.
- Teorilerin geliştirilmesinde kullanılan temel kavramları deney ve teori arasında köprü görevi yapan matematik dili ile ifade edilir.

- Fizik:
  1. Klasik Mekanik
  (Işık hızından çok daha küçük hızda hareket eden ve atomlara göre çok büyük olan cisimlerin hareketleri)
  2. Rölativite teorisi
  (Işık hızına yakın hızla hareket eden cisimlerin hareketleri)
  3. Termodinamik
  (Isı, iş, sıcaklaık ve çok sayıda parçacıkların istatistiksel davranışları)
  4. Elektromanyetizma
  (Elektrik, manyetizma ve elektromanyetik alanların davranışları)
  5. Kuantum Mekaniği
  (Hem küçük hem de büyük parçacıların davranışları)

BİRİMLER

- Fizikteki temel nicelikler:

uzunluk	ℓ
zaman	t
kütle	m

- Diğer nicelikler, bunlardan türetilebilir.

sürat	v
hacim	V
enerji	E
sıcaklık	T

BİRİMLER

- SI (International System of Units – Système international (d'unités)) temel birimler

Birimin ismi	Kısaltması	Fiziksel nicelik
metre	m	uzunluk
kilogram	kg	kütle
saniye	s	zaman
amper	A	elektrik akımı
kelvin	K	termodinamik sıcaklık
mol	mol	madde miktarı
kandela	cd	ışık şiddeti

- metre: ışığın boşlukta 1/299 792 458 saniyede aldığı yol.
- saniye : Cs^{133} atomunun belirli bir titreşim periyodunun 9 192 631 770 katı.

BİRİMLER

- As ve üskatlar

10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	µ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p

10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k

BOYUT ANALİZİ

- Her ölçümün sonucu birimli olarak ifade edilmelidir.
- Fizik formüllerinde eşitligin her iki tarafındaki terimlerin birimleri aynı olmalıdır.

$$x = vt$$

$$[m] = \left[\frac{m}{s}\right][s]$$

$$[m] = [m]$$

$$x_s = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$[m] = [m] + \left[\frac{m}{s}\right][s] + \left[\frac{m}{s^2}\right]s^2$$

$$[m] = [m] + [m] + [m]$$

HATA PAYI VE ANLAMLI RAKAMLAR

- Bir niceliğin ölçümü sırasında belirsizlik meydana gelecektir.

- Hata Payı: Bir niceliğin gerçek değeri ile ölçülen değeri arasındaki fark.
- Mutlak Hata: Bir ölçü aletinin ölçebildigi en küçük değer (Δx).

HATA PAYI VE ANLAMLI RAKAMLAR

- Toplama ve çıkarmada mutlak hatalar toplanır.
  (Toplamada, her bir hatanın miktarı, toplamın hata miktarını belirler. Bu durumda hatalar toplanır.)

$$z = a + b\ ,\ z = a - b$$
$$\Delta z = \Delta a + \Delta b$$

HATA PAYI VE ANLAMLI RAKAMLAR

- Çarpma ve bölmelerde bağıl hatalar toplanır.
  (Çarpmada hata yüzdesi çarpım sonucunu yüzde olarak etkiler. Bu nedenle, hata yüzdeleri toplanarak, sonucun yüzdesi hesaplanır.)

$$z = ab,\ z = \frac{a}{b}$$
$$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

HATA PAYI VE ANLAMLI RAKAMLAR

- Bir niceliğin hata payı, niceliği belirten sayının anlamlı hane sayısı ile de anlaşılır.
- Örnek: Cismin kütlesi

  m = 76,4 g = 0,0764 kg (anlamlı 3 hane)
  (kırmızı haneye kadar ölçülebilmiş)
- Mutlak hata: Son hanenin alabilecegi en küçük deger

  $\Delta m = 0{,}1$ g

- Diğer örnekler:

1,2398	Anlamlı hane sayısı: 5
0,00000039	Anlamlı hane sayısı: 2
3,00007	Anlamlı hane sayısı: 6
2,70	Anlamlı hane sayısı: 3
1500	Anlamlı hane sayısı: 2

HATA PAYI VE ANLAMLI RAKAMLAR

- Toplama ve çıkarmada, hata hesabını sağlaması için, ondalık basamak sayısı en az olan korunur. (En fazla bir tane en az anlamlı hane bulunabilir.)

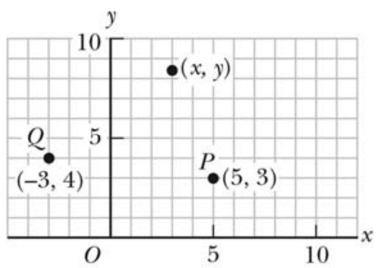
HATA PAYI VE ANLAMLI RAKAMLAR

- Çarpma ve bölmede, hata hesabını sağlaması için anlamlı hane sayısı en az olan korunur.

Bölüm 2:
Vektörler

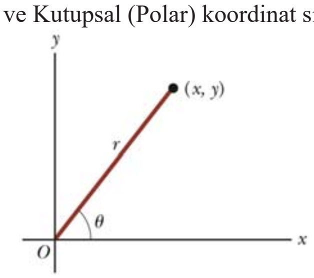
3.1. KOORDİNAT SİSTEMLERİ

- Bir cismin hareketinin tanımlanabilmesi için, uzayda konumunun tamamlanması gereklidir. Bu, koordinat sistemlerini kullanılması ile sağlanır.
- Kartezyen kordinat sistemi



3.1. KOORDİNAT SİSTEMLERİ

- Kartezyen ve Kutupsal (Polar) koordinat sistemleri.



- P noktası kartezyen sistemde P(x,y)=(3,4) olarak ifade edilir.
- Aynı P noktası kutupsal sistemde P(r,θ)=($5{,}53^0$) olarak ifade edilir.

3.1. KOORDİNAT SİSTEMLERİ

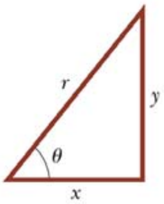
- Kartezyen ve Kutupsal (Polar) koordinat sistemleri arasında geçiş.

$$\sin\theta = \frac{y}{r}$$

$$\cos\theta = \frac{x}{r}$$

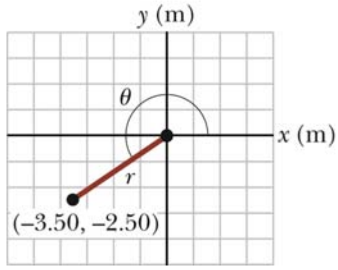
$$\tan\theta = \frac{y}{x}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$



3.1. KOORDİNAT SİSTEMLERİ

- Örnek: xy düzlemindeki bir noktanın kartezyen koordinatları, şekilde gösterildiği gibi (x, y) = (-3.50, -2.50) m'dir. Bu noktanın kutupsal koordinatlarını bulunuz.



$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$r = \sqrt{(-3{,}50)^2 + (-2{,}50)^2}$$

$$r = 4{,}30\ m$$

$$tan\theta = \frac{-2{,}50}{-3{,}50} = 0{,}714$$

$$\theta = 216^{O}$$

$$(r;\theta) = (4{,}30; 216^{O})$$

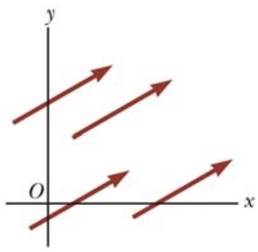
3.2. SKALER VE VEKTÖR NİCELİKLER

- Bir skaler nicelik uygun bir birime sahip tek bir sayı ile ifade edilebilir.
  Örnek: Sıcaklık, Kütle, Hacim
- Bir vektörel nicelik ise hem büyüklüğe hem de yöne sahip olmalıdır.
- Örnek: Hız, İvme, Ağırlık Kuvveti
- Vektörlerin gösterimi:

$$\vec{v}, \vec{a}, \vec{F}$$

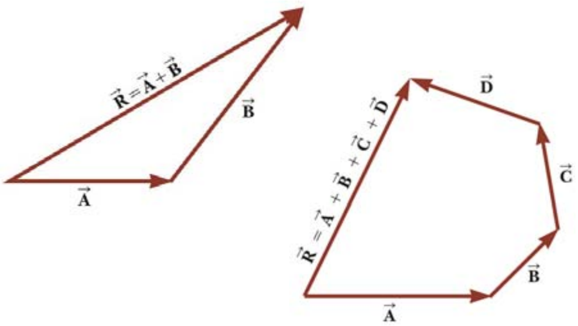
3.3. VEKTÖRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- <u>İki vektörün eşitliği:</u> İki vektör aynı yön ve büyüklüğe (şiddete) sahipse, birbirine eşittir. Vaktörlerin başlangıç noktalarının aynı olması gerekmez.



3.3. VEKTÖRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- <u>Vektörlerin grafiksel metodlarla toplanması:</u>



3.3. VEKTÖRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- <u>Toplama işleminin özellikleri</u>

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$$

$$\vec{A} + (\vec{B} + \vec{C}) = (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$$

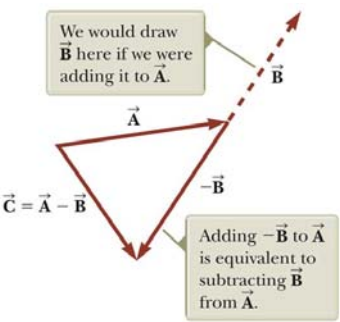
- Bir vektörün negatifi, o vektör ile toplandığında 0 sonucunu veren vektör olarak tanımlanır.

$$\vec{A} + (-\vec{A}) = 0$$

- $-\vec{A}$ vektörü, büyüklüğü $\vec{A}$ vektörü ile aynı, yönü $\vec{A}$ vektörünün zıttı olan vektördür.

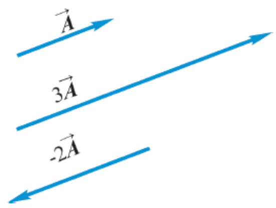
3.3. VEKTÖRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- <u>Vektörlerin çıkarılması:</u> Çıkacak vektör ile çıkarılacak vektörün negatifinin toplanması olarak tanımlanır.



3.3. VEKTÖRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- <u>Bir vektörün bir skaler ile çarpılması:</u> Bir vektör bir skaler ile çarpıldığında, vektörün yönü değişmez, ancak büyüklüğü değişir.



3.3. VEKTÖRLERİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- Örnek: $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörlerinin büyüklükleri sırasıyla 12 ve 8 birimdir. $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$ vektörünün büyüklüğünün maksimum ve minimum değerleri ne olur?

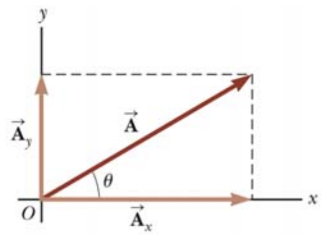
$\vec{R}$ vektörünün maksimum değeri 20 ($\vec{A}$ ve $\vec{B}$ aynı yönde)
$\vec{R}$ vektörünün minimum değeri 4 ($\vec{A}$ ve $\vec{B}$ zıt yönde)

- Örnek: Herhangi iki $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörünün toplamının 0 olabilmesi için aşağıdakilerden hangi şartların sağlanması gerekir.

a) $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ paralel ve aynı yönde olmalıdır.
b) $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ paralel ve zıt yönde olmalıdır.
c) $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ eşit büyüklüğe sahip olmalıdır.
d) $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ birbirine dik olmalıdır.
b ve c şartları sağlanmalıdır.

3.4. BİR VEKTÖRÜN BİLEŞENLERİ VE BİRİM VEKTÖRLER

- Bir vektörün koordinat sistemleri üzerine izdüşümüne o vektörün bileşenleri denir.



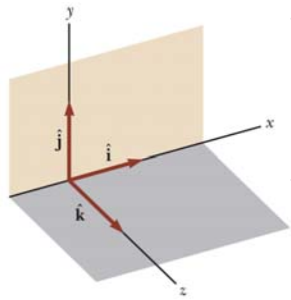
$$A_x = ACos\theta$$
$$A_y = ASin\theta$$

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$tan\theta = \frac{A_y}{A_x}$$

3.4. BİR VEKTÖRÜN BİLEŞENLERİ VE BİRİM VEKTÖRLER

- <u>Birim vektörler:</u> Birim vektör, büyüklüğü 1 olan boyutsuz bir vektördür.
- 3 eksendeki birim vektörler,



- Herhangi bir vektör,

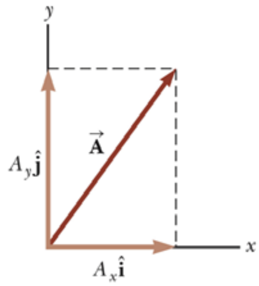
$$\vec{A} = \overrightarrow{A_x} + \overrightarrow{A_y} + \overrightarrow{A_z}$$
$$\vec{A} = A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} + A_z\hat{k}$$

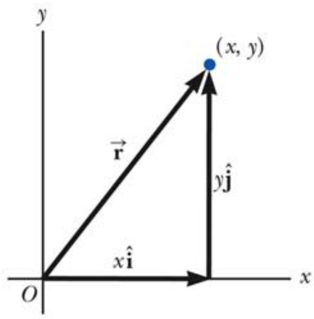
- Herhangi bir konum vektörü,

$$\vec{r} = x\hat{\imath} + y\hat{\jmath} + z\hat{k}$$

3.4. BİR VEKTÖRÜN BİLEŞENLERİ VE BİRİM VEKTÖRLER

$$\vec{A} = A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath}$$
$$\vec{r} = x\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$





3.4. BİR VEKTÖRÜN BİLEŞENLERİ VE BİRİM VEKTÖRLER

- Geometrik metodun yeterli olmadığı durumlarda, vektörel aritmetik işlemler, bileşenler kullanılarak yapılabilir.

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

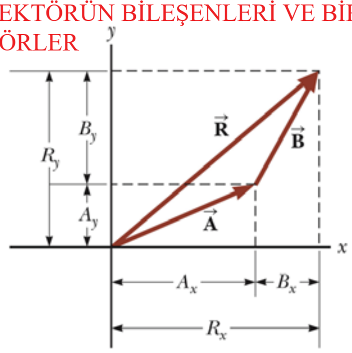
$$\vec{R} = (A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} + A_z\hat{k}) + (B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k})$$

$$\vec{R} = (A_x + B_x)\hat{\imath} + (A_y + B_y)\hat{\jmath} + (A_z + B_z)\hat{k}$$

$$\vec{R} = \overrightarrow{R_x} + \overrightarrow{R_y} + \overrightarrow{R_z}$$

$$R_x = A_x + B_x, R_y = A_y + B_y, R_z = A_z + B_z$$

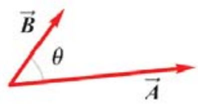
3.4. BİR VEKTÖRÜN BİLEŞENLERİ VE BİRİM VEKTÖRLER



- Bir vektörün büyüklüğü, mutlak değer işareti ile ifade edilir.

$$|\vec{A}| = A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

VEKTÖRLERİN ÇARPIMI: SKALER ÇARPIM



$\vec{A} \cdot \vec{B} = A\,B\cos\theta$ (Skaler çarpım)

Sonuç cebirsel bir sayıdır. İki vektör arasındaki açı 90° den küçükse çarpım pozitif, büyükse çarpım negatif olur.

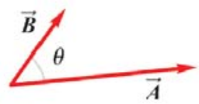
Sıra değiştirme: $\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$

Dağılma: $\vec{A} \cdot (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \cdot \vec{B} + \vec{A} \cdot \vec{C}$

$\theta = 90°$ ($\cos 90° = 0$) ise, birbirine dik iki vektörün skaler çarpımı sıfır olur (diklik koşulu).

$\vec{A} \cdot \vec{A} = A\,A\cos 0° = A^2$ veya, bir vektörün kendisiyle skaler çarpımı şiddetinin karesini verir.

VEKTÖRLERİN ÇARPIMI: SKALER ÇARPIM



$\vec{A} \cdot \vec{B} = A\,B\cos\theta$ (Skaler çarpım)

Birim vektörlerin skaler çarpımı:

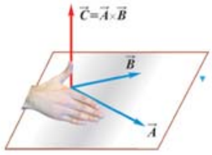
$$\hat{\imath}\cdot\hat{\imath} = 1.1.\cos 0 = 1 \quad \Longrightarrow \quad \hat{\imath}\cdot\hat{\imath} = \hat{\jmath}\cdot\hat{\jmath} = \hat{k}\cdot\hat{k} = 1$$
$$\hat{\imath}\cdot\hat{\jmath} = 1.1.\cos 90° = 0 \qquad\qquad \hat{\imath}\cdot\hat{\jmath} = \hat{\jmath}\cdot\hat{k} = \hat{k}\cdot\hat{\imath} = 0$$

Skaler çarpımın bileşenler cinsinden ifadesi:

$$\begin{aligned}\vec{A}\cdot\vec{B} = {} & A_xB_x(\hat{\imath}\cdot\hat{\imath}) + A_xB_y(\hat{\imath}\cdot\hat{\jmath}) + A_xB_z(\hat{\imath}\cdot\hat{k}) + \\ & + A_yB_x(\hat{\jmath}\cdot\hat{\imath}) + A_yB_y(\hat{\jmath}\cdot\hat{\jmath}) + A_yB_z(\hat{\jmath}\cdot\hat{k}) + \\ & + A_zB_x(\hat{k}\cdot\hat{\imath}) + A_zB_y(\hat{k}\cdot\hat{\jmath}) + A_zB_z(\hat{k}\cdot\hat{k})\end{aligned}$$

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$$

VEKTÖRLERİN ÇARPIMI: VEKTÖREL ÇARPIM



$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$$

Sonuç bir vektördür.

Şiddeti: $C = AB \sin\theta$

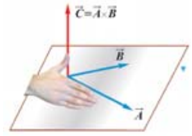
Yönü: $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ nin oluşturduğu düzleme dik doğrultuda ve **sağ-el kuralı** yönünde.

Sıra değiştirmez! $\vec{B} \times \vec{A} = -\vec{A} \times \vec{B}$

Dağılma: $\vec{A} \times (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \times \vec{B} + \vec{A} \times \vec{C}$

İki vektör paralel ($\theta = 0$) veya anti-paralel ($\theta = 180°$) ise, sinüsler sıfır olacağından, vektörel çarpımın sonucu sıfır olur.
Özel olarak, bir vektörün kendisiyle vektörel çarpımı sıfırdır:
$\vec{A} \times \vec{A} = 0$

VEKTÖRLERİN ÇARPIMI: VEKTÖREL ÇARPIM



$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$$

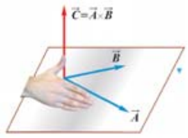
Birim vektörlerin vektörel çarpımı:

$$\hat{\imath} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath} \times \hat{\jmath} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$
$$\hat{\imath} \times \hat{\jmath} = \hat{k}, \quad \hat{\jmath} \times \hat{k} = \hat{\imath}, \quad \hat{k} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath}$$
$$\hat{\jmath} \times \hat{\imath} = -\hat{k}, \ldots$$

Vektörel çarpımın bileşenler cinsinden ifadesi:

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} = (A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} + A_z\hat{k}) \times (B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k})$$
$$= A_xB_x(\hat{\imath} \times \hat{\imath}) + A_xB_y(\hat{\imath} \times \hat{\jmath}) + A_xB_z(\hat{\imath} \times \hat{k}) +$$
$$+ A_yB_x(\hat{\jmath} \times \hat{\imath}) + A_yB_y(\hat{\jmath} \times \hat{\jmath}) + A_yB_z(\hat{\jmath} \times \hat{k}) +$$
$$+ A_zB_x\underbrace{(\hat{k} \times \hat{\imath})}_{\hat{\jmath}} + A_zB_y\underbrace{(\hat{k} \times \hat{\jmath})}_{-\hat{\imath}} + A_zB_z\underbrace{(\hat{k} \times \hat{k})}_{0}$$
$$\vec{C} = \underbrace{(A_yB_z - A_zB_y)}_{C_x}\hat{\imath} + \underbrace{(A_zB_x - A_xB_z)}_{C_y}\hat{\jmath} + \underbrace{(A_xB_y - A_yB_x)}_{C_z}\hat{\imath}$$

VEKTÖRLERİN ÇARPIMI: VEKTÖREL ÇARPIM

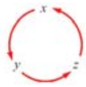


$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$$

Birim vektörlerin vektörel çarpımı:

$$\hat{\imath} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath} \times \hat{\jmath} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$
$$\hat{\imath} \times \hat{\jmath} = \hat{k}, \quad \hat{\jmath} \times \hat{k} = \hat{\imath}, \quad \hat{k} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath}$$
$$\hat{\jmath} \times \hat{\imath} = -\hat{k}, \ldots$$

Döner permütasyon tekniği



$$x \to y \to z, \qquad y \to z \to x, \qquad z \to x \to y$$

$$\underbrace{C_x = A_yB_z - A_zB_y}_{x \to y \to z}, \qquad \underbrace{C_y = A_zB_x - A_xB_z}_{y \to z \to x}, \qquad \underbrace{C_z = A_xB_y - A_yB_x}_{z \to x \to y}$$

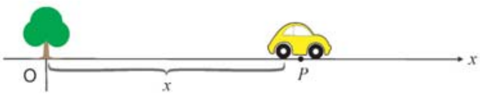
Determinant şeklinde yazım:

$$\vec{A} \times \vec{B} = \det\begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

Bölüm 2:
Bir Boyutta Hareket

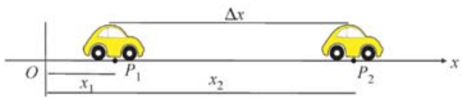
KONUM VE YERDEĞİŞTİRME

- Konum: Cismin seçilen bir koordinat sistemindeki yeri.
  3-boyutlu uzayda: x, y, z koordinatları.
  1-boyutlu uzayda: sadece x koordinatı.



- Yerdeğistirme (Δx): Cismin t_1 anındaki konumu x_1 ve daha sonraki bir t_2 anındaki konumu x_2 ise,

$$\Delta x = x_2 - x_1$$



- Birimi metredir (m).

HIZ

- Hız: Cismin birim zamanda aldığı yol.
- Ortalama Hız (v_{ort}): Cismin t_1 anındaki konumu x_1 ve daha sonraki bir t_2 anındaki konumu x_2 ise,

$$v_{ort} = \frac{Yerdeğiştirme}{Geçen\ Zaman} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- Ani Hız (v): Ortalama hızın limiti.

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

- Kısaca ‘hız’ denir.
- Birimi: metre/saniye (m/s).

İVME

- İvme: Hızın birim zamanda degisme miktarı.
- Ortalama İvme(a_{ort}): Cismin t_1 anındaki hızı v_1 ve daha sonraki bir t_2 anındaki hızı v_2 ise,

$$a_{ort} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Ani İvme (a): Ortalama ivmenin limiti.

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

- Birimi: metre/saniye^2 (m/s^2).

BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- Eşit zaman aralıklarında hız degişimi aynı ise,
  a = sabit
- Cisim başlangıçta $t_1 = 0$ anında x_i konumlu yerden v_i ilk hızıyla harekete başlıyor olsun. $t_2 = t$ son anında x_s konumlu yerdeki son hızı v_s olsun.
- İvmenin tanımından,

$$a = \frac{v_s - v_i}{t - 0}$$

$$v_s = v_i + at$$

$$t = \frac{v_s - v_i}{a}$$

$$v_{ort} = \frac{v_i + v_s}{2}$$

BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- Ortalama hızın tanımından,

$$v_{ort} = \frac{x_s - x_i}{t}$$

$$x_s - x_i = v_{ort} t$$

$$x_s - x_i = \left(\frac{v_i + v_s}{2}\right) t$$

$$x_s - x_i = \left(\frac{v_i + (v_i + at)}{2}\right) t$$

$$x_s = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$$

BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- Ortalama hızın tanımından,

$$x_s - x_i = \left(\frac{v_i + v_s}{2}\right) t$$

$$x_s - x_i = \left(\frac{v_i + v_s}{2}\right)\left(\frac{v_s - v_i}{a}\right)$$

$$x_s - x_i = \frac{1}{2}\left(\frac{v_s^2 - v_i^2}{a}\right)$$

$$v_s^2 - v_i^2 = 2a(x_s - x_i)$$

$$v_s^2 = v_i^2 + 2a(x_s - x_i)$$

SERBEST DÜŞME HAREKETİ

- Deneysel gözlem (Galileo): Dünya yüzeyi yakınında, dikey atılan veya serbest bırakılan tüm cisimler aynı bir sabit ivmeyle düşerler.
- Buna yerçekimi ivmesi denir ve mutlak degeri g ile gösterilir.

$$g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$$

- Serbest düsme için sabit ivmeli hareket formülleri geçerlidir.
- g ivmesi Dünya merkezine dogru hızlandırır.
- y -ekseni yukarı veya aşağı seçilebilir.
- Hızlanılan yön pozitif alınmıssa a = +g , negatif alınmışsa a = -g olur.

SERBEST DÜŞME HAREKETİ

y-ekseni yukarı ise:

$$a = -g$$
$$v = v_0 - g\,t$$
$$y = y_0 + v_0\,t - \tfrac{1}{2}\,g\,t^2$$

y-ekseni aşağı ise:

$$a = +g$$
$$v = v_0 + g\,t$$
$$y = y_0 + v_0\,t - \tfrac{1}{2}\,g\,t^2$$

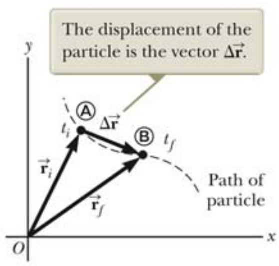
(serbest düşme)

Bölüm 4: İki Boyutta Hareket

4.1. YERDEĞİŞTİRME, HIZ, İVME VEKTÖRLERİ

- Yerdeğiştirme vektörü:

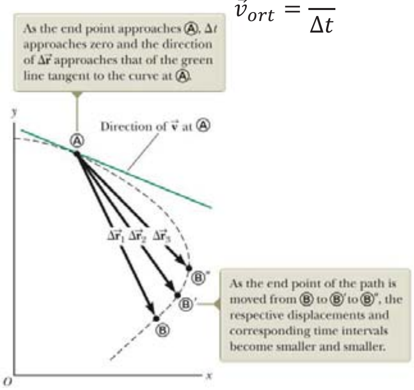
$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_s - \vec{r}_i$$



4.1. YERDEĞİŞTİRME, HIZ, İVME VEKTÖRLERİ

- Ortalama hız vektörü:

$$\vec{v}_{ort} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$



4.1. YERDEĞİŞTİRME, HIZ, İVME VEKTÖRLERİ

- Ani hız vektörü:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

- Ani hızın büyüklüğüne Sürat denir.

$$|\vec{v}| = v$$

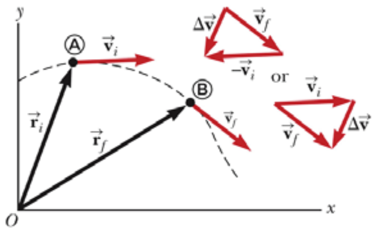
4.1. YERDEĞİŞTİRME, HIZ, İVME VEKTÖRLERİ

- Ortalama ivme vektörü:

$$\vec{a}_{ort} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- Ani ivme vektörü:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$



4.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- xy düzleminde hareket eden bir cismin konum vektörü

$$\vec{r} = x\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$$

- Hızı,

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath}$$

- İvme sabit olduğundan

$$a_x = sabit, a_y = sabit$$

4.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- Vektörlerin özelliklerinden

$$\vec{v_s} = v_{sx}\hat{\imath} + v_{sy}\hat{\jmath}$$

$$\vec{v_s} = (v_{ix} + a_x t)\hat{\imath} + (v_{iy} + a_y t)\hat{\jmath}$$

$$\vec{v_s} = (v_{ix}\hat{\imath} + v_{iy}\hat{\jmath}) + (a_x\hat{\imath} + a_y\hat{\jmath})t$$

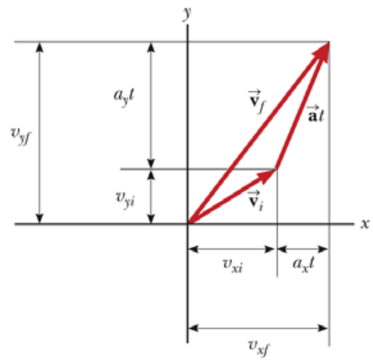
$$\vec{v_s} = \vec{v_i} + \vec{a}t$$

- İki boyuttaki kinematik denklemleri bir boyuttaki denklemler ile özdeştir.
- Benzer şekilde,

$$\vec{r_s} = \vec{r_i} + \vec{v_i}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

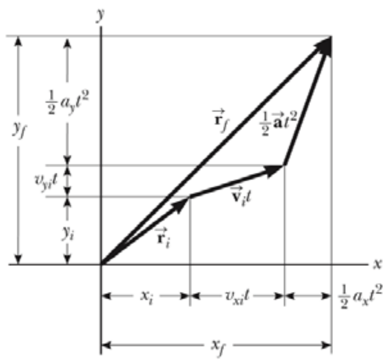
4.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- Geometrik olarak



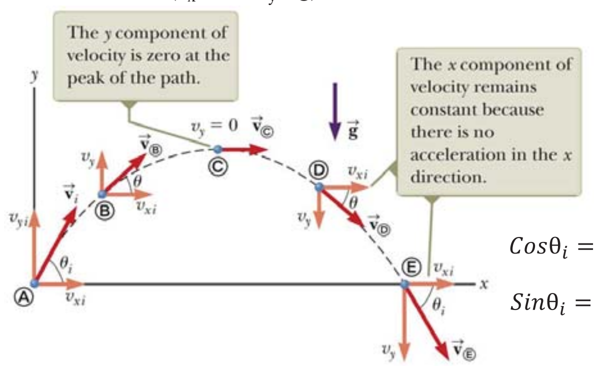
4.2. İKİ BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

- Geometrik olarak



4.3. EĞİK ATIŞ HAREKETİ

- Serbest düşme ve eğik atış hareketleri sabit ivmeli hareketlerdir. (a_x=0 ve a_y=-g)



$$Cos\theta_i = \frac{v_{ix}}{v_i}$$

$$Sin\theta_i = \frac{v_{iy}}{v_i}$$

4.3. EĞİK ATIŞ HAREKETİ

- Bu durumda,

$$v_{ix} = v_i Cos\theta_i$$
$$v_{iy} = v_i Sin\theta_i$$

- Hareketin x-bileşeni için x_i=0 ve a_x=0,

$$x_s = v_{ix}t = (v_i Cos\theta_i)t$$

(Düzgün doğrusal hareket)

- Hareketin y-bileşeni için y_i=0 ve a_y=-g,

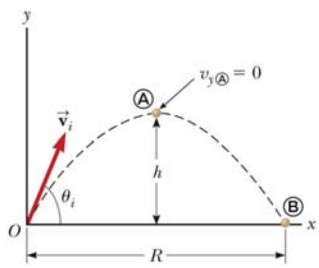
$$y_s = v_{iy}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = (v_i Sin\theta_i)t - \frac{1}{2}gt^2$$

(Sabit ivmeli hareket)

4.3. EĞİK ATIŞ HAREKETİ

- Maksimum yükseklik,

$$v_{sy} = v_{iy} - gt_A$$
$$0 = v_i Sin\theta_i - gt_A$$
$$t_A = \frac{v_i Sin\theta_i}{g}$$



$$y_s = y_i + v_{iy}t_A - \frac{1}{2}gt_A^2$$

$$h_{maks} = v_i Sin\theta_i \left(\frac{v_i Sin\theta_i}{g}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_i Sin\theta_i}{g}\right)^2$$

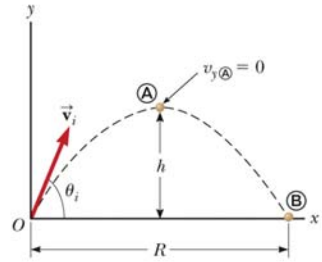
$$h_{maks} = \frac{v_i^2 Sin^2\theta_i}{2g}$$

4.3. EĞİK ATIŞ HAREKETİ

- Menzil,

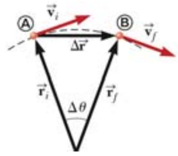
$t_B=2t_A$

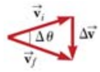
$$x_s = v_{ix}t = (v_i Cos\theta_i)t_B$$
$$R = (v_i Cos\theta_i)2t_A$$
$$R = (v_i Cos\theta_i)2\left(\frac{v_i Sin\theta_i}{g}\right)$$
$$R = \frac{2v_i^2 Sin\theta_i Cos\theta_i}{g}$$
$$Sin(2\theta) = 2Sin\theta Cos\theta$$
$$R = \frac{v_i^2 Sin(2\theta_i)}{g}$$



4.3. DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET

- Sabit bir sürat ile dairesel bir yörünge üzerinde yapılan harekete DDH denir.



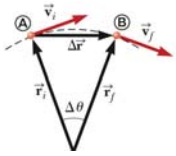


- Herhangi bir andaki hız vektörü yola teğettir. Yani, yarıçapa diktir.
- Hız vektörünün şiddeti değişmediği durumda, sadece yönü değişir. Bu durumda, radyal (merkezcil) ivme,

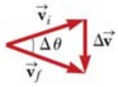
$$\vec{a}_r = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

4.3. DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET

- $\vec{r}_i, \vec{r}_s, \overrightarrow{\Delta r}$ ve $\vec{v}_i, \vec{v}_s, \overrightarrow{\Delta v}$ üçgenleri benzer üçgenlerdir.



$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta r}{r}$$
$$\frac{1}{\Delta t}\left(\frac{\Delta v}{v}\right) = \left(\frac{\Delta r}{r}\right)\frac{1}{\Delta t}$$
$$\frac{1}{v}\left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right) = \left(\frac{\Delta r}{\Delta t}\right)\frac{1}{r}$$
$$\frac{1}{v}a_r = v\frac{1}{r}$$
$$a_r = \frac{v^2}{r}$$



- Radyal ivmenin yönü yarıçap vektörlerine zıt (hıza dik) yöndedir.

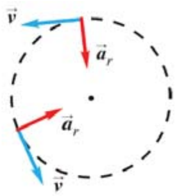
4.3. DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET

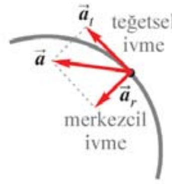
- Hız vektörünün şiddetinin değişmesi durumunda ise, teğetsel ivme,

$$a_t = \frac{\Delta|\vec{v}|}{\Delta t}$$

- Teğetsel ivmenin yönü hıza paraleldir.
- Toplam ivme ise,

$$\vec{a} = \vec{a_r} + \vec{a_t}$$
$$a = \sqrt{a_r^2 + a_t^2}$$



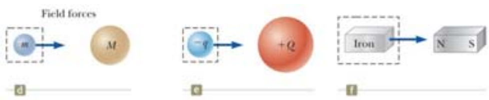


Bölüm 5:
Hareket Kanunları

5.1. KUVVET KAVRAMI

- Net kuvvet cisim üzerine uygulanan tüm kuvvetlerin vektörel toplamı olarak tanımlanır.
- Cismin üzerindeki net kuvvet sıfır ise cisim dengededir. Bu durumda cismin hızı zamanla değişmez.
- Kuvvetler temel olarak iki sınıfa ayrılır.
  1. Temas Kuvvetleri

  2. Alan Kuvvetleri



5.1. KUVVET KAVRAMI

- <u>Doğada varolan kuvvetler:</u>
  - Kütle Çekim Kuvveti
    (İki cismin kütlelerinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvet)
  - Elektromanyetik Kuvvetler
    (Durgun veya hareketli cisimlerin yüklerinden dolayı birbirlerine uyguladıkları kuvvet)
  - Çekirdek Kuvvetleri
    (Atomaltı parçacıklarda görülen çok şiddetli kuvvetler)
  - Zayıf Nükleer Kuvvetler
    (Belirli radyoaktif bozulmalarda ortaya çıkan kuvvet)

5.2. NEWTON'UN BİRİNCİ YASASI VE EYLEMSİZ SİSTEMLER

- <u>Newton'un Birinci Hareket Yasası:</u>
  Bir cisme bir dış kuvvet etki etmedikçe, cisim durgun ise durgun kalır, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam eder.
- Daha basit bir ifade ile, bir cisme etki eden net kuvvet yok ise, ivmesi sıfırdır.
- Bircismin bu şekilde hızında meydana gelecek bir değişmeye direnme eylemine, o cismin EYLEMSİZLİĞİ denir.

5.3. KÜTLE

- Kütle bir cismin sahip olduğu eylemsizliğin bir ölçüsüdür. Kütle ne kadar büyükse, cisim hareketine yapılan müdahalelere o kadar direnir ve sabit bir kuvvet etkisinde o kadar az ivme kazanır.
- Kütle cismin değişmez bir özelliğidir. Skaler bir niceliktir.
- Kütle ile ağırlık birbirinden farklı niceliklerdir.
- Ağırlık, cisme yerçekimi kuvvetinin bir etkisidir. Kütle ile doğru orantılıdır.

5.4. NEWTON'UN İKİNCİ YASASI

- <u>Newton'un İkinci Yasası:</u>
  Bir cismin ivmesi, ona etki eden bileşke kuvvet ile doğru orantılı, kütlesi ile ters orantılıdır.
- Bu yasa matematiksel olarak,

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

- Bu durumda,

$$\sum F_x = m.a_x, \sum F_y = m.a_y, \sum F_z = m.a_z$$

- SI birim sisteminde, kuvvet birimi Newton'dur.

$$1N = \frac{1kg.m}{s^2}$$

5.5. AĞIRLIK VE ÇEKİM KUVVETİ

- Ağırlık, bir cisme dünya tarafından uygulanan çekim kuvvetidir.
- F_g ile gösterilir.
- Bu kuvvet dünyanın merkezine doğru yönelmiştir.
- Bir cisim için

$$\sum F = F_g = m.a$$

$$a = g$$

$$F_g = m.g$$

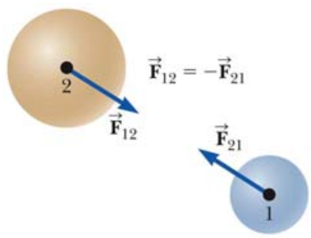
- Ağırlık g'ye bağlı olduğundan dünya üzerinde bulunulan konuma göre değişir. Kütle ise daima sabittir.

5.6. NEWTON'UN ÜÇÜNCÜ YASASI

- <u>Newton'un Üçüncü Yasası</u>
  İki cisim etkileşim halindeyse, 2 cisminin 1 cismine uyguladığı F_{21} kuvveti, 1 cisminin 2 cismine uyguladığı F_{12} kuvvetine eşit ve zıt yönlüdür.

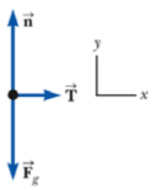
$$\overrightarrow{F_{21}} = -\overrightarrow{F_{12}}$$

- Bu kuvvetlerden biri ETKİ diğeri TEPKİ kuvveti olarak adlandırılır.
- Bir Etki-Tepki çiftindeki kuvvetler daima farklı cisimler üzerine uygulanır.

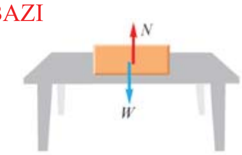


5.7. NEWTON KANUNLARININ BAZI UYGULAMALARI

- Newton kanunları uygulanırken sadece cisme etkiyen dış kuvvetler dikkate alınır.
- Bir cismin üzerine etki eden kuvvetlerin gösterildiği diyagrama SERBEST CİSİM DİYAGRAMI denir.
- Newton kanunları uygulanırken bu diyagram kullanılır.
- Diyagramda sadece cisme etki eden kuvvetler gösterilir.



5.7. NEWTON KANUNLARININ BAZI UYGULAMALARI



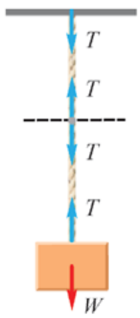
<u>Normal Kuvveti ($\vec{n}$):</u>

- Masa üzerinde duran kitap, üzerine etkiyen ağırlık kuvvetine rağmen masadan aşağı düşmez.
  Kitap hareketsiz olduğundan, üzerine ağırlığa zıt yönde bir kuvvet daha etkiyor olmalıdır ki net kuvvet sıfır olsun.
- Etkileşen yüzeyler arasında, daima yüzeye dik (normal) bir tepki kuvveti olusur.
- Normal kuvvetin kaynağı, masa ve kitabı olusturan moleküller arasındaki etkilesme kuvvetleridir.
- Cisim sadece yüzeye temas ettiginde ortaya çıkar, cisim yüzeyden ayrıldığında ortadan kalkar.
- Normal kuvvet, cismin yüzey içine girmesini engellemeye yetecek büyüklüktedir.

5.7. NEWTON KANUNLARININ BAZI UYGULAMALARI

<u>İplerde Gerilme Kuvveti ($\vec{T}$):</u>

- İp, kablo veya tel gibi bükülebilen cisimlerde gerilme kuvveti oluşur.
- Cisim dengede olduguna göre, altta ağırlığa esit ve zıt yönde bir $\vec{T}$ gerilme kuvveti olmalıdır.
- İpin herhangi bir kesitindeki alt ve üst parçalar, 3. yasaya göre, birbirlerini eşit ve zıt bir gerilme kuvvetiyle çekerler.
- İpin kütlesi ihmal edilebiliyorsa, her kesitte aynı $\vec{T}$ gerilmesi tavana kadar iletilir.

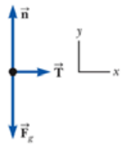


5.7. NEWTON KANUNLARININ BAZI UYGULAMALARI

<u>Newton Kanunlarının Uygulanması:</u>

- Sistemin basit diyagramı çizilir.
- Cismin çevresine uyguladığı kuvvetler bu diyagrama dahil edilmez.
- Kuvvetler uygun koordinat bileşenlerine ayrılır.
- $\sum \vec{F} = m.\vec{a}$ kanunu bileşenler cinsinden uygulanır.
- Bilinmeyenler için çıkan denklemler çözülür. En az bilinmeyen sayısı kadar denkleme ihtiyaç olacaktır.
- Sonuçların diyagram ile uyuştuğu kontrol edilir.

5.7. NEWTON KANUNLARI



- Yatayda

$$\sum F_x = T = m.a_x$$

$$a_x = \frac{T}{m}$$

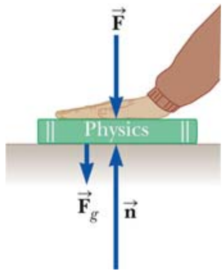
- Düşeyde

$$\sum F_y = m.a_y = n + (-F_g) = 0$$

$$n = F_g$$

5.7. NEWTON KANUNLARI

- Eğer cisme üsten bastırılırsa

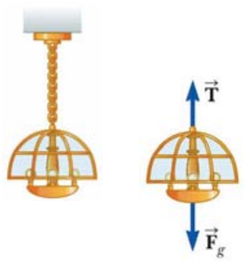


$$\sum F_y = m.a_y = n - F - F_g = 0$$

$$n = F + F_g$$

5.7. NEWTON KANUNLARI

- Tavana asılı bir lamba için

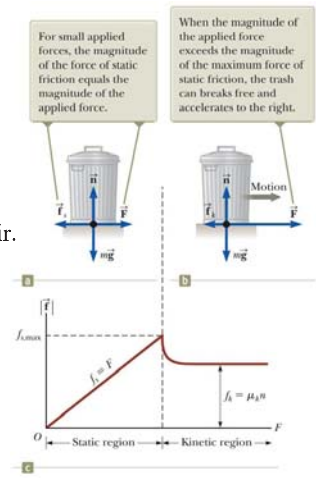


$$\sum F_y = m.a_y = T - F_g = 0$$

$$T = F_g$$

5.7. SÜRTÜNME KUVVETİ

- Cismin bir ortam içerisinde hareketine karşı doğan direnç kuvvetine sürtünme kuvveti denir.
- f ile gösterilir.
- Cisim durgun haldeyken etkili olan Statik Sürtünme Kuvvetidir. (f_s)
- f_s cisme uygulanan kuvvete zıt yönlüdür.
- Cisim hareket geçtiği andan itibaren etkili olan ise Kinetik Sürtünme Kuvvetidir. (f_k)
- f_k harekete zıt yönlüdür.



5.7. SÜRTÜNME KUVVETİ

- Birbiriyle temas halinde olan iki yüzey arasındaki f_s, uygulanan kuvvete zıt yönlüdür,

$$f_s \leq \mu_s.n \quad \text{olur.}$$

(μ_s: Statik sürtünme katsayısı)

- Cisim tam kayma sınırında ise

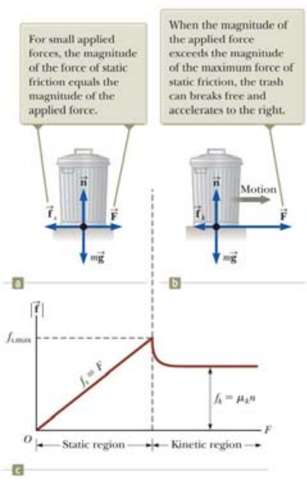
$$f_s = f_{s,maks} = \mu_s.n$$

- Harekete zıt yönlü olan f_k ise

$$f_k = \mu_k.n$$

(μ_k: Kinetik sürtünme katsayısı)

- Kinetik sürtünme katsayısının hıza bağlı değişimi yok kabul edilir.



5.7. SÜRTÜNME KUVVETİ

TABLE 5.1 *Coefficients of Friction*

	μ_s	μ_k
Rubber on concrete	1.0	0.8
Steel on steel	0.74	0.57
Aluminum on steel	0.61	0.47
Glass on glass	0.94	0.4
Copper on steel	0.53	0.36
Wood on wood	0.25–0.5	0.2
Waxed wood on wet snow	0.14	0.1
Waxed wood on dry snow	—	0.04
Metal on metal (lubricated)	0.15	0.06
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Ice on ice	0.1	0.03
Synovial joints in humans	0.01	0.003

Note: All values are approximate. In some cases, the coefficient of friction can exceed 1.0.

Bazı yüzeylerin sürtünme katsayıları

Yüzey	Statik sürtünme, μ_S	Kinetik sürtünme, μ_K
Tahta–tahta	0.35	0.30
Çelik–çelik	0.80	0.50
Çelik–buz	0.1	0.05
Lastik–kuru asfalt	1.0	0.8
Lastik–yaş asfalt	0.7	0.5

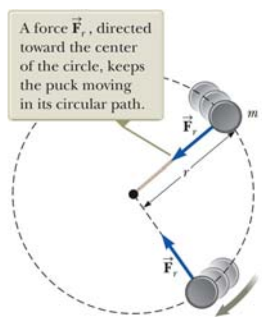
Bölüm 6: Dairesel Hareket ve Newton Kanunlarının Uyg.

6.1. NEWTON'UN İKİNCİ YASASININ DDH'E UYGULANMASI

- Daha önceden

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

olduğunu biliyoruz.

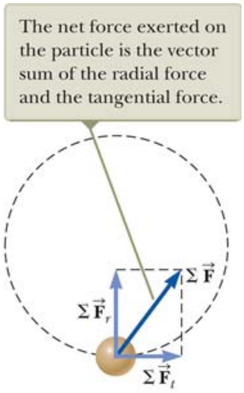


- İpin topa uyguladığı kuvvet, topun bu yörüngede kalmasını sağlar.
- Newton'un ikinci yasası

$$\sum F_r = m.a_r = m.\frac{v^2}{r} \quad \text{olur.}$$

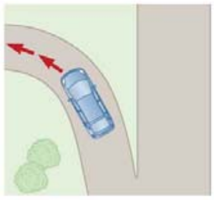
6.2. DÜZGÜN OLMAYAN DAİRESEL HAREKET

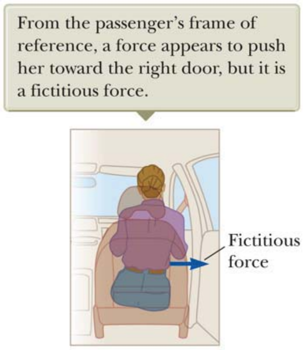
- Daha önce
$$\vec{a} = \vec{a_r} + \vec{a_t}$$
olduğunu biliyoruz.
- Bu durumda
$$\vec{F} = \vec{F_r} + \vec{F_t}$$
- $\vec{F_t}$ kuvveti teğetsel ivmenin gelişmesinden sorumludur.



6.3. İVMELİ SİSTEMLERDE HAREKET

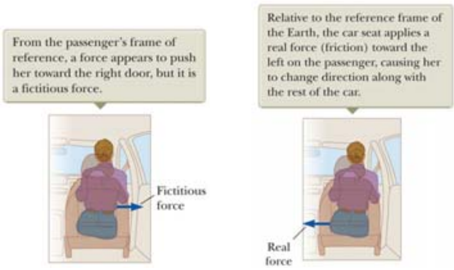
- Bir araç virajı dönerken, yolcuya etki eden kuvvetin sebebi, yolcu üzerine arabanın takip ettiği yolu takip ettirecek kadar kuvvet uygulanmamasıdır.
- Yolcuyu dışarı iten kuvvetlere Yalancı Kuvvetler veya Eylemsizlik Kuvvetleri denir.





6.3. İVMELİ SİSTEMLERDE HAREKET

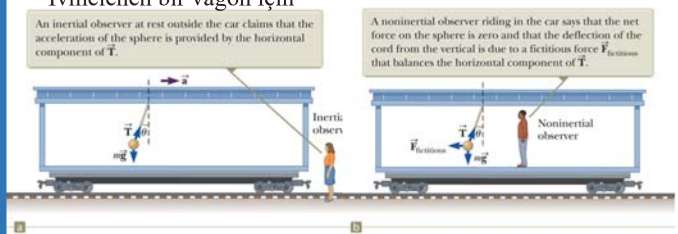
- Yolcunun referans sisteminden bakıldığında, bu kuvvetin görülmesine karşın, yer referans sisteminden bakıldığında, böyle bir kuvvetin varolmadığı görülür.



- Yalancı kuvvetler sadece ivmeli sistemlerde varolur. O nedenle hareket incelenirken eylemsiz referans sistemleri tercih edilir.

6.3. İVMELİ SİSTEMLERDE HAREKET

- İvmelenen bir vagon için



$$\sum F_x = T\sin\theta = ma \qquad \sum F_{x'} = T.Sin\theta - F_{yalancı} = 0$$
$$\sum F_y = T\cos\theta - mg = 0 \qquad \sum F_{y'} = T.Cos\theta - m.g = 0$$

- Trenin dışındaki gözlemci için sadece yatayda bir hareket olur. Trenin içindeki gözlemci için ise yatayda bir hareket olmaz. Bu iki denklem sisteminin eşitliği ancak $F_{yalancı}$=m.a olursa sağlanır.

6.4. DİRENÇLİ ORTAMLARDA HAREKET

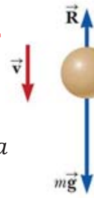
- Ortamlar, içerisinde hareket eden cisimlere bir R direnç kuvveti uygular.
- Hava direnci
$$R = \frac{1}{2}D.\varrho.A.v^2$$
olarak hesaplanabilir.

D : Direnç katsayısı
(Küresel cisimlerde 0,5 civarı, düzensiz cicmlerde 2'yi bulabilir.)

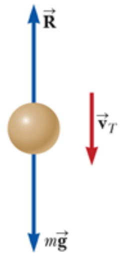
ϱ : Havanın yoğunluğu

A : Düşen cismin harekete dik yüzeyine karşılık gelen alan.

6.4. DİRENÇLİ ORTAMLARDA HAREKET



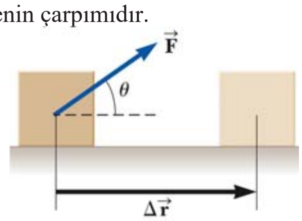
- Bir cisim hava içerisinde serbest düşmeye bırakılırsa
$$\sum F = m.g - \frac{1}{2}D.\varrho.A.v^2 = m.a$$
$$a = g - \left(\frac{D.\varrho.A}{2m}\right).v^2$$
- Cismin hızının artması, R'yi sürekli artırır ve bir süre sonra üzerindeki kuvvet sıfır olur.
- Cisim bundan sonra sabit hızlı hareket yapar. (a=0)
$$0 = g - \left(\frac{D.\varrho.A}{2m}\right).v^2$$
$$v_L = \sqrt{\frac{2.m.g}{D.\varrho.A}}$$



Bölüm 7:
İş ve
Kinetik Enerji

7.1. SABİT BİR KUVVETİN YAPTIĞI İŞ

- Enerji bir cismin iş yapma yeteneğidir.
- Cisim üzerine sabit bir kuvvet uygulayan bir etkenin yaptığı iş (W), kuvvetin yerdeğiştirme yönündeki bileşeni ile yerdeğiştirmenin çarpımıdır.



$$W = F.\Delta r.\cos\theta$$

- Vektörler cinsinden
$$W = \vec{F}\cdot\vec{\Delta r}$$

7.1. SABİT BİR KUVVETİN YAPTIĞI İŞ

- Cisim uygulanan kuvvet yönünnde hareket etmezse iş ‘0’ olur.
- Eğer uygulanan kuvvet ile yerdeğiştirme ters yönlü ise kuvvet negatif iş yapmış olur.
- İş bir enerji aktarımı olayıdır. Sisteme (cisme) enerji aktarıldığı durumda değeri pozitif (+) olur. Sistemden (cisimden) enerji aktarıldığu durumda ise değeri negatif (-) olur.
- İş birimi joule (J)’dür.
- İş skaler bir niceliktir.

7.3. DEĞİŞKEN BİR KUVVETİN YAPTIĞI İŞ

- Kuvvet değişken ise, sadece küçük bir Δx aralığında iş hesaplanabilir, yani

$$\Delta W = F_x.\Delta x$$

- Bu durumda toplam iş

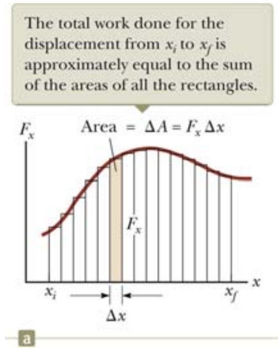
$$W \cong \sum_{x_i}^{x_s} F_x.\Delta x$$

- İşi tam olarak hesaplayabilmek için

$$\Delta x \to 0$$

- Bu durumda

$$W = \lim_{\Delta x \to 0} \sum_{x_i}^{x_s} F_x.\Delta x = \int_{x_i}^{x_s} F_x.dx$$



7.3. DEĞİŞKEN BİR KUVVETİN YAPTIĞI İŞ

- Daha genel olarak, üç boyutta

$$W = \int_{r_i}^{r_s} \vec{F} \cdot \vec{dr}$$

olarak ifade edilir.

- Burada,

$$\vec{F} = F_x\hat{\imath} + F_y\hat{\jmath} + F_z\hat{k}$$
$$\vec{dr} = dx.\hat{\imath} + dy.\hat{\jmath} + dz.\hat{k}$$

olduğundan,

$$W = \int_{x_i}^{x_s} F_x.dx + \int_{y_i}^{y_s} F_y.dy + \int_{z_i}^{z_s} F_z.dz$$

olarak ifade edilebilir.

7.3. DEĞİŞKEN BİR KUVVETİN YAPTIĞI İŞ

<u>Bir Yayın Yaptığı İş:</u>

- Yatay düzlemde yaya bağlı bir cisme etkiyen kuvvet (Hook Yasası)

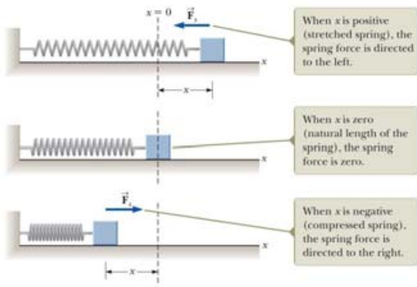
$$F_s = -k.x$$

- Bu kuvvet cismi daima denge konumuna doğru çeker. Bu durumda yapılan iş,

$$W = \int_{x_i}^{x_s} F_s.dx$$

$$W = \int_{x_{maks}}^{0} (-k.x).dx$$

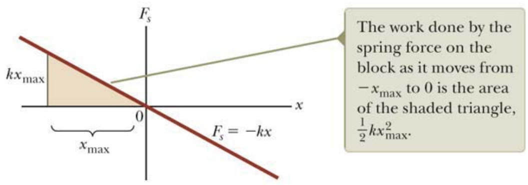
$$W = \frac{1}{2}k.x_{maks}{}^2$$



7.3. DEĞİŞKEN BİR KUVVETİN YAPTIĞI İŞ

<u>Bir Yayın Yaptığı İş:</u>

- Aynı şekilde, F-x grafiğinden



- Herhangi iki konum arasında yapılan iş ise,

$$W = \int_{x_i}^{x_s} (-k.x).dx = \frac{1}{2}k.x_i{}^2 - \frac{1}{2}k.x_s{}^2$$

7.4. KİNETİK ENERJİ VE İŞ-KİNETİK ENERJİ TEOREMİ

- Karmaşık kuvvetler içeren problemlerde Newton’un 2. Yasası’nı kullanmak zor olabilir.

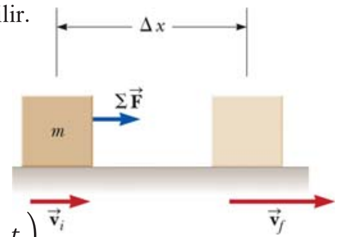
$$\sum W = \sum F.d = m.a.d$$

$$d = v_{ort}.t = \frac{v_i + v_s}{2}.t$$

$$a = \frac{v_s - v_i}{t}$$

$$\sum W = m.\left(\frac{v_s - v_i}{t}\right).\left(\frac{v_i + v_s}{2}.t\right)$$

$$\sum W = \frac{1}{2}mv_s^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$



7.4. KİNETİK ENERJİ VE İŞ-KİNETİK ENERJİ TEOREMİ

$$\sum W = \frac{1}{2}mv_s^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

- Burada $\frac{1}{2}mv^2$niceliği cismin hareketi ile ilgili enerjiyi temsil eder. Buna Kinetik Enerji (K) ismini alır.
- Bu durumda

$$\sum W = K_s - K_i = \Delta K$$

olarak ifade edilir.

7.4. KİNETİK ENERJİ VE İŞ-KİNETİK ENERJİ TEOREMİ

<u>Kinetik Sürtünme İçeren Durumlar</u>

- Sürtünme içeren durumlarda hareketi incelemenin bir yolu da, sürtünmeden doğan enerji kaybını belirlemektir.
- Sürtünme kuvveti daima harekete zıt yönlü olduğundan,

$$\Delta K_{sürtünme} = -f_k.d$$

$$K_i + \sum W_{diğer} - f_k.d = K_s$$

7.4. GÜÇ

- Güç, iş yapma hızıdır.
- Ortalama güç,

$$\overline{P} = \frac{W}{t}$$

- Daha genel bir tanımla, enerji aktarma hızıdır.
- Birimi Watt (W) $= \frac{Joule}{saniye}$ ‘dir.
- Ani güç

$$P = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

olur.

Bölüm 8:
Potansiyel Enerji Ve Enerjinin Korunumu

8.1. POTANSİYEL ENERJİ

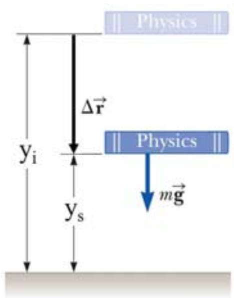
Kütle çekim potansiyel enerjisi:

- Yeryüzünde bir cisim yerden yüksekte iken iş yapma potansiyeline sahiptir.
- Bu enerji, cisim serbest bırakılınca, düşerken, kinetik enerjiye dönüşür.
- Sebebi kütle çekim kuvvetidir.
- U_g ile gösterilir ve tanımı

$$U_g = m.g.y$$

- Herhangi bir y_i konumundan y_s konumuna hareket eden bir cisim için

$$W_g = m.g.\Delta r$$
$$W_g = -(m.g.(y_s - y_i))$$
$$W_g = m.g.y_i - m.g.y_s$$
$$W_g = U_i - U_s = -\Delta U$$

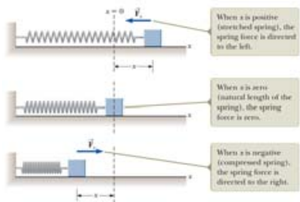


- Kuvvet iş yaptığında, U azalır. Bu da – işarete sebep olur.

8.1. POTANSİYEL ENERJİ

Esneklik potansiyel enerjisi:

- Bir blok ve bir yaydan oluşan sistem için



$$F_s = -k.x$$
$$W_s = \frac{1}{2}.k.x^2$$

- Bu sistemin esneklik potansiyel enerjisi

$$U_s = \frac{1}{2}.k.x^2$$

8.2. KORUNUMLU VE KORUNUMSUZ KUVVETLER

Korunumlu Kuvvetler:

- Herhangi iki nokta arasında hareket eden bir cisim üzerine yaptığı iş, cismin hareketinden bağımsızdır.
- Kapalı bir yol boyunca cisim üzerine yapılan iş sıfırdır. (Başlangıç ve bitiş noktası aynı olan yol.)
- Kütle çekim ve yay kuvvetleri korunumludur.

$$W_g = m.g.y_i - m.g.y_s$$
$$W_s = \frac{1}{2}.k.x_i^2 - \frac{1}{2}.k.x_s^2$$

- Korunumlu bir kuvvet, bir potansiyel enerji ile eşleştirilebilir.
- Bir korunumlu kuvvetin yaptığı iş

$$W_c = U_i - U_s$$

8.2. KORUNUMLU VE KORUNUMSUZ KUVVETLER

- Bir cismin kinetik ve potansiyel enerjileri toplamına Mekanik Enerji (E) denir.

$$E = K + U$$

- Bir kuvvet cismin mekanik enerjisinde değişime sebep oluyorsa, bu kuvvet korunumsuzdur.
- Sürtünme kuvveti cismi yavaşlatarak mekanik enerjisini değiştirdiği için, korunumsuz bir kuvvettir.

8.3. KORUNUMLU KUVVETLER VE POTANSİYEL ENERJİ

- Bir cisim x-ekseni doğrultusunda giderken korunumlu $\vec{F}$ kuvvetinin yaptığı iş

$$W_c = \int_{x_i}^{x_s} F_x.dx = -\Delta U = -(U_s - U_i)$$
$$U_s = -\int_{x_i}^{x_s} F_x.dx + U_i$$

- Burada U_i potansiyelin referans noktasıdır. Diğer konumlardaki tüm potansiyeller bu nokta referans alınırak ölçülür.
- U_i referans değeri genellikle sıfır alınır.

8.4. MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU

- Korunumlu kuvvetlerle etkileşen sistemlerde, E her zaman sabittir.

$$E = K + U$$
$$E_i = E_s$$
$$K_i + U_i = K_s + U_s$$

- Bir sistem üzerine etkiyen birden fazla korunumlu kuvvet varsa, her kuvvet için bir U varolacaktır.

8.5. KORUNUMLU KUVVET VE POTANSİYEL ENERJİ ARASINDAKİ BAĞLANTI

- Potansiyel enerji ile kuvvet arasındaki bağlantı

$$U = -\int_{x_i}^{x_s} F_x . dx$$

- Bunu türev formunda

$$F_x = -\frac{dU}{dx}$$

- Yay için

$$U_s = \frac{1}{2}.k.x^2$$

$$F_s = -\frac{dU_s}{dx} = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}.k.x^2\right) = -k.x$$

- Benzer şekilde yerçekimi kuvveti de hesaplanabilir.

Bölüm 9: Doğrusal Momentum ve Çarpışmalar

9.1. DOĞRUSAL MOMENTUM VE KORUNUMU

- Bir cismin doğrusal momentumu, kütlesi ve hızının çarpımı olarak tanımlanır.

$$\vec{P} = m.\vec{v}$$

- Birimi $kg\frac{m}{s}$ 'dir.
- Vektörel bir niceliktir. Bu durumda,

$$P_x = m.v_x \, ; P_y = m.v_y \, ; P_z = m.v_z$$

- Doğrusal momentumun değişme hızı, cisme etkiyen toplam kuvvete eşittir.

$$\sum F = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m.\vec{v})}{dt} = m.\frac{d(\vec{v})}{dt} = m.\vec{a}$$

- Cisme etkiyen kuvvet sıfır olduğunda, momentumun zaman göre türevi de sıfır olur.

$$\sum F = 0 \, ; \, \vec{P} = Sabit$$

9.1. DOĞRUSAL MOMENTUM VE KORUNUMU

- İki cisimden oluşan bir sistemde, cisimler $\overrightarrow{P_1}$ ve $\overrightarrow{P_2}$ momentumlarına sahipse, her cisim için etkileşim halinde üzerlerine etkiyen kuvvet, momentumun zamana göre değişimine eşit olacağından,

$$\vec{F}_{21} = \frac{d\overrightarrow{P_1}}{dt} \; ; \; \vec{F}_{12} = \frac{d\overrightarrow{P_2}}{dt}$$

Bu kuvvetler bir etki-tepki çifti olacağından,

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

Bu durumda sisteme etkiyen toplam kuvvet

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{12} = 0$$

$$\frac{d\overrightarrow{P_1}}{dt} + \frac{d\overrightarrow{P_2}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{P_2}\right) = 0$$

$$\left(\overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{P_2}\right) = sabit$$

$$\overrightarrow{P_{1i}} + \overrightarrow{P_{2i}} = \overrightarrow{P_{1s}} + \overrightarrow{P_{2s}}$$

9.1. DOĞRUSAL MOMENTUM VE KORUNUMU

- Bileşenler cinsinden,

$$\sum_{sistem} P_{ix} = \sum_{sistem} P_{sx}$$

$$\sum_{sistem} P_{iy} = \sum_{sistem} P_{sy}$$

$$\sum_{sistem} P_{iz} = \sum_{sistem} P_{sz}$$

- Yalıtılmış bir sistemde, iki veya daha fazla cisim etkileştiğinde, toplam momentum sabit kalır.

9.2. İMPULS

- Kuvvet

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\int_{P_i}^{P_s} d\vec{P} = \int_{t_i}^{t_s} \vec{F}.dt$$

- Bu ifadeye İmpuls (I) denir

$$I = \int_{t_i}^{t_s} \vec{F}.dt$$

- Kuvvet sabit ise

$$I = \vec{F}.\Delta t = m.\Delta\vec{v}$$

9.4. ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

- Esnek çarpışmalar, toplam kinetik enerji ve toplam momentumun çarpışmadan önce ve sonra sabit kaldığı çarpışmalardır.

- Esnek olmayan çarpışmalar ise toplam momentumun korunduğu, ancak toplam kinetik enerjinin korunmadığı çarpışmalardır.

- Tüm çarpışmalarda momentum korunur.
- Sadece esnek çarpışmalarda toplam kinetik enerji korunur.

9.4. ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

Tamamen Esnek Olmayan Çarpışmalar:

- Esnek olmayan çarpışmalar ise toplam momentumun korunduğu, ancak toplam kinetik enerjinin korunmadığı çarpışmalardır.
- Bu tür çarpışmalarda, çarpışmadan sonra cisimler birlikte hareket eder.

$$m_1.\vec{v}_{1i} + m_2.\vec{v}_{2i} = (m_1 + m_2).\vec{v}_s$$

- Cisimler çarpışmadan sonra ortak hıza sahip olur.

9.4. ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

Esnek Olmayan Çarpışmalar:

- Esnek olmayan çarpışmalar ise toplam momentumun korunduğu, ancak toplam kinetik enerjinin korunmadığı çarpışmalardır.
- Bu tür çarpışmalarda, çarpışmadan sonra cisimler birlikte hareket etmez.

$$m_1.\vec{v}_{1i} + m_2.\vec{v}_{2i} = m_1.\vec{v}_{1s} + m_2.\vec{v}_{2s}$$

- Cisimler çarpışmadan sonra farklı hızlara sahip olur.

9.4. ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

Esnek Çarpışmalar:

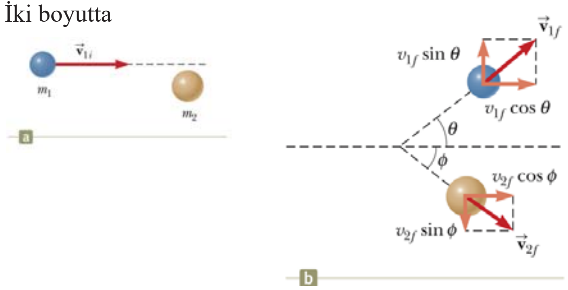
- Esnek çarpışmalar, toplam kinetik enerji ve toplam momentumun çarpışmadan önce ve sonra sabit kaldığı çarpışmalardır.
- Bu tür çarpışmalarda, çarpışmadan sonra cisimler birlikte hareket etmez.

$$m_1.\vec{v}_{1i} + m_2.\vec{v}_{2i} = m_1.\vec{v}_{1s} + m_2.\vec{v}_{2s}$$

$$\frac{1}{2}.m_1.v_{1i}^2 + \frac{1}{2}.m_2.v_{2i}^2 = \frac{1}{2}.m_1.v_{1s}^2 + \frac{1}{2}.m_2.v_{2s}^2$$

9.5. İKİ BOYUTTA ÇARPIŞMALAR

- İki boyutta



$$m_1.\vec{v}_{1i} + m_2.\vec{v}_{2i} = m_1.\vec{v}_{1s} + m_2.\vec{v}_{2s}$$

x,y ve z yönlerinde

$$m_1.v_{1ix} + m_2.v_{2ix} = m_1.v_{1sx} + m_2.v_{2sx}$$
$$m_1.v_{1iy} + m_2.v_{2iy} = m_1.v_{1sy} + m_2.v_{2sy}$$
$$m_1.v_{1iz} + m_2.v_{2iz} = m_1.v_{1sz} + m_2.v_{2sz}$$

Bölüm 10:
Katı Bir Cismin Sabit Bir Eksen Etrafında Dönmesi

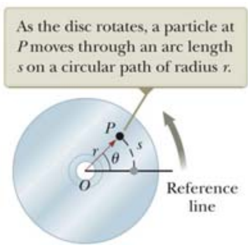
10.1. AÇISAL YERDEĞİŞTİRME, HIZ VE İVME

- Dönme hareketinde, cisim üzerindeki her parçacık, bir eksen etrafında dairesel hareket yapar.
- Dönen P noktasının konumunu P(r,θ) koordinatları ile göstermek daha uygun olur.
- r: orijinden uzaklık
  θ: pozitif x-ekseninden ölçülen açı
- Bu gösterimde bir parçacık için r sabit kalırken, θ zamana göre değişir.
- Dairesel yerdeğiştirme

$$s = r.\theta$$

Açısal yerdeğiştirme

$$\theta = \frac{s}{r}$$



10.1. AÇISAL YERDEĞİŞTİRME, HIZ VE İVME

- Θ'nın birimi radyan'dır.

$$360° = 2\pi\, radyan$$

- Açısal Yerdeğiştirme

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

Birimi radyan (rad)'dır.

- Ortalama Açısal Hız

$$\overline{w} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_s - \theta_i}{t_s - t_i}$$

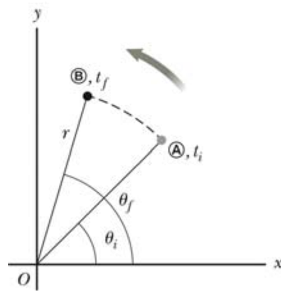
(Birimi $\frac{radyan}{saniye} = \frac{rad}{s}$ olur.)

- Ani Açısal Hız

$$w = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

- Ortalama ve Ani Açısal İvme

$$\overline{\alpha} = \frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{w_s - w_i}{t_s - t_i};\ \alpha = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{dw}{dt};\ (\text{Birimi } \frac{rad}{s^2})$$



10.2. DÖNME KİNEMATİĞİ, SABİT İVMELİ DÖNME HAREKETİ

- Dönme hareketi ile doğrusal hareket birbirine benzer matematiksel araçlar kullanılarak analiz edilebilir.
- İvmenin tanımından,

$$w_s = w_i + \alpha.t$$

- Benzer şekilde, toplam açısal yerdeğiştirme ve konum

$$\theta_s = \theta_i + w_i.t + \frac{1}{2}.\alpha.t^2$$

- Benzer şekilde zamansız hız formülü

$$w_s^2 = w_i^2 + 2.\alpha.(\theta_s - \theta_i)$$

10.2. DÖNME KİNEMATİĞİ, SABİT İVMELİ DÖNME HAREKETİ

- Doğrusal hareket ile kıyaslandığında

x,y,z → θ
v → w
a → α

$\omega_f = \omega_i + \alpha t$	$v_f = v_i + at$
$\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$
$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha(\theta_f - \theta_i)$	$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$
$\theta_f = \theta_i + \frac{1}{2}(\omega_i + \omega_f)t$	$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t$

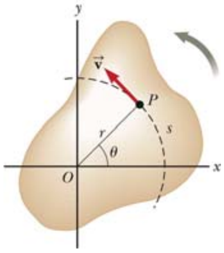
10.3. AÇISAL VE DOĞRUSAL NİCELİKLER

- Dönen bir cisim için açısal ve doğrusal nicelikler arasında kullanışlı bağıntılar çıkarılabilir.
- Açısal ve doğrusal hız arasında

$$v = \frac{ds}{dt}$$
$$s = r.\theta$$
$$r = sabit$$

Veriler kullanılarak

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r.\theta)}{dt}$$
$$v = r.\frac{d(\theta)}{dt}$$
$$v = r.w$$



- Katı bir cisimde cisim üzerindeki her nokta aynı w değerine, ancak farklı v değerlerine sahip olur.

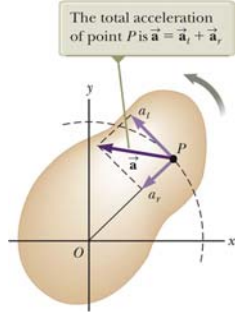
10.3. AÇISAL VE DOĞRUSAL NİCELİKLER

- İvmeler arasında,

$$v = r.w$$
$$a_t = \frac{dv}{dt} = r.\frac{dw}{dt}$$
$$a_t = r.\alpha$$

Bu durumda

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$
$$a_r = \frac{(r.w)^2}{r}$$
$$a_r = r.w^2$$



Ayrıca,

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_r^2} = r.\sqrt{\alpha^2 + w^4}$$

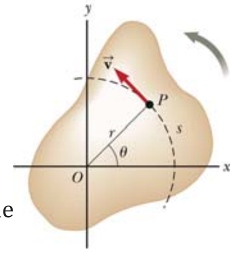
10.4. DÖNME KİNETİK ENERJİSİ

- Katı bir cisim üzerindeki her noktasal parçacık bir hıza ve buna bağlı olarak bir Kinetik enerjiye sahiptir.
- Her i'nci parçacığın kinetik enerjisi,

$$K_i = \frac{1}{2}.m.v_i^2$$
$$v_i = r.w_i$$
$$K_i = \frac{1}{2}.m.r_i^2.w_i^2$$

Toplam Dönme Kinetik Enerjisi

$$K_D = \sum_i K_i = \frac{1}{2}\left(\sum_i m_i.r_i^2\right)w^2$$



- Cismin dönmeye karşı direncini ifade eden <u>Eylemsizlik Momenti</u>

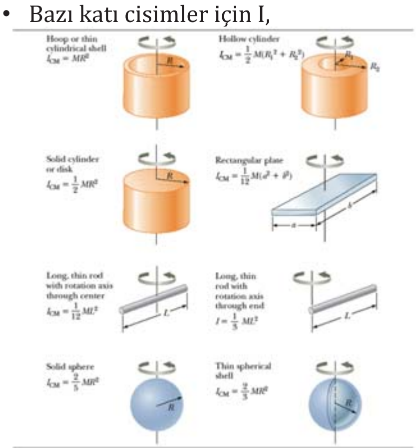
$$I = \sum_i m_i.r_i^2$$

- Dönme Kinetik Enerjisi

$$K_D = \frac{1}{2}.I.w^2$$

10.4. DÖNME KİNETİK ENERJİSİ

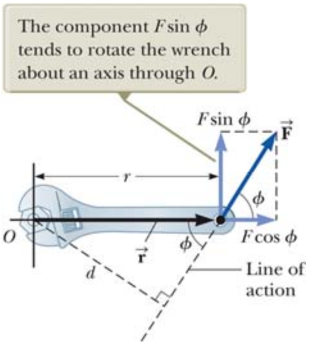
- Bazı katı cisimler için I,



Dikkat edilirse, I sadece kütleye değil, dönme eksenine ve kütlenin eksene göre dağılımına da bağlıdır.

10.6. TORK

- Bir kuvvetin bir cismi döndürme etkisine Tork (τ) denir.
- Bir $\vec{F}$ kuvvetinin Torku
  $\tau = r.F.Sin(\theta) = F.d$
- Burada r, F kuvvetinin uygulama noktasından dönme eksenine uzaklığıdır.
- r.Sin(θ) ifadesi, moment kolu adını alır.



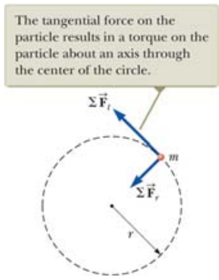
10.7. TORK VE AÇISAL İVME İLİŞKİSİ

- Teğetsel kuvvet

$$F_t = m.a_t$$

F_t, r'ye dik olduğu için, Tork

$$\tau = F_t.r$$
$$\tau = m.a_t.r$$
$$a_t = r.\alpha$$
$$\tau = m.(r.\alpha).r$$
$$\tau = m.r^2.\alpha$$
$$I = m.r^2$$
$$\tau = I.\alpha$$



- Sabit bir eksen etrafında dönen katı bir cisimi oluşturan parçacıklar için, tüm doğrusal nicelikler değişkendir. Bu nedenle hareket açısal nicelikler cinsinden tanımlanır.

$$\sum \tau = I.\alpha$$

10.8. DÖNME HAREKETİNDE İŞ-ENERJİ

- Dönme hareketinde cisme etkiyen kuvvetin neden olacağı Torkun cisim üzerinde yapacağı iş

$$W_D = \int_{\theta_i}^{\theta_s} \tau.d\theta$$

- Yapılan iş dönme kinetik enerjisine dönüşeceğinden, iş-kinetik enerji teoremi

$$W_D = \frac{1}{2}.I.w_s^2 - \frac{1}{2}.I.w_i^2$$

olarak ifade edilebilir.
- Yani, katı bir cismin sabit bir eksen etrafında dönmesi sırasında dış kuvvetlerin oluşturacağı Torkun yapacağı net iş, cismin dönme kinetik enerjisindeki değişime eşittir.

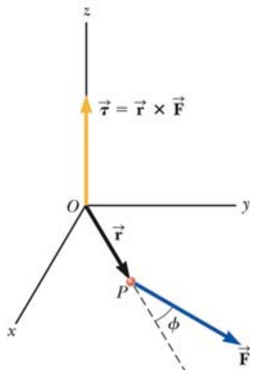
11.2. VEKTÖREL ÇARPIM VE TORK

- Bir cisme etki eden kuvvetin neden olacağı $\vec{\tau}$ vektörü,

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

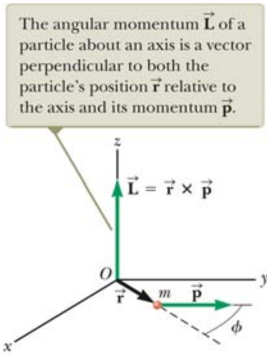
olarak tanımlanır.

- Burada vektörel çarpım kullanıldığına dikkat edilmelidir.



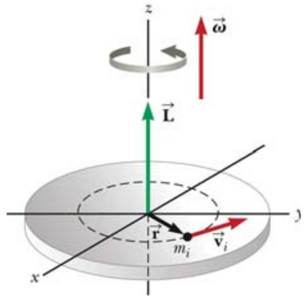
11.3. AÇISAL MOMENTUM

- Bir parçacığın açısal momentumu
$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$$
- Doğrusal momentum cinsinden
$$\vec{P} = m.\vec{v}$$
$$L = m.v.r.Sin(\theta)$$
- Doğrusal hareket sırasında
$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$
olduğundan, aynı analoji ile
$$\sum \vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$
- Cisme etkiyen net tork, cismin açısal momentumunun zamana göre değişimine eşittir.



11.4. DÖNEN BİR CİSMİN AÇISAL MOMENTUMU

- Her noktasal parçacık için
$$L_i = m_i.v_i.r_i = m_i.r_i^2.w_i$$
Açısal momentumun yönü z-ekseni doğrultusunda olur.
$$L_z = \left(\textstyle\sum_i m_i.r_i^2\right).w$$
$$L_z = I.w$$
olur.



11.5. AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU

- Eğer bir cisme etki eden net dış Tork '0' ise, cismin açısal momentumunun yönü ve büyüklüğü sabittir.
$$\sum \vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} = 0$$
$$\vec{L} = sabit$$
$$\vec{L_i} = \vec{L_s}$$
- Yani sonuçta, cisme etkiye toplam net kuvvet '0' ise, korunum yasaları
$$K_i + U_i = K_s + U_s$$
$$\vec{P_i} = \vec{P_s}$$
$$\vec{L_i} = \vec{L_s}$$
şeklinde ifade edilebilir.

11.5. AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU

- Tüm açısal ve doğrusal nicelikler arasındaki benzerlik aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Angular speed $\omega = d\theta/dt$	Translational speed $v = dx/dt$
Angular acceleration $\alpha = d\omega/dt$	Translational acceleration $a = dv/dt$
Net torque $\Sigma\tau_{ext} = I\alpha$	Net force $\Sigma F = ma$
If α = constant $\begin{cases} \omega_f = \omega_i + \alpha t \\ \theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha(\theta_f - \theta_i) \end{cases}$	If a = constant $\begin{cases} v_f = v_i + at \\ x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \\ v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i) \end{cases}$
Work $W = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau\, d\theta$	Work $W = \int_{x_i}^{x_f} F_x\, dx$
Rotational kinetic energy $K_R = \frac{1}{2}I\omega^2$	Kinetic energy $K = \frac{1}{2}mv^2$
Power $P = \tau\omega$	Power $P = Fv$
Angular momentum $L = I\omega$	Linear momentum $p = mv$
Net torque $\Sigma\tau = dL/dt$	Net force $\Sigma F = dp/dt$

- Dikkat edilirse

x,y,z → θ   F → τ
v → w   m → I
a → α   P → L