ENERJİ VE HAREKET
İş, Enerji, İş - Enerji İlişkisi

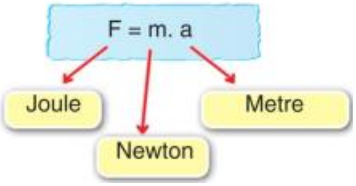
İŞ

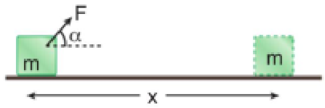
Fiziksel olarak iş yapılabilmesi için;

- Bir kuvvetin olması
- Bu kuvvetin cisme ..... aldırması

gerekir.

İŞ = KUVVET . YOL

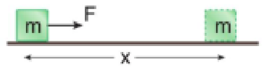




Kuvvetin yatay bileşeni iş yapar.

$W = F_x \cdot x$

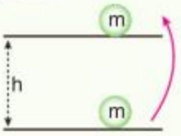
$W = F \cdot \cos\alpha \cdot x$



Kuvvetin tamamı iş yapar.

W = F . x

UYARI

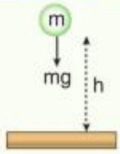


Yerçekimi kuvvetine karşı iş yapılır.

$W = \underset{mg}{F} \cdot \underset{h}{x} \Rightarrow W = mgh$

Uygulanan kuvvet en az cismin ağırlığı kadardır.

UYARI

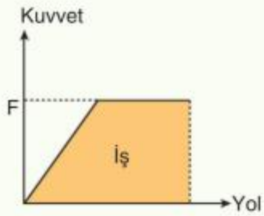


Yerçekimi kuvveti iş yapar. Cisim serbest düşüyorsa, yerçekimi kuvveti iş yapıyordur.

$W = \underset{mg}{F} \cdot \underset{h}{x} = W = mgh$

UYARI

Kuvvet yol grafiğinin altında kalan alan yapılan işi verir.



UYARI

İş, skaler bir büyüklüktür.

ENERJİ

Enerji, iş yapabilme yeteneğidir. Birçok .... çeşidi vardır; kimyasal enerji, güneş enerjisi, nükleer enerji, elektrik enerjisi, ısı enerjisi, ...

Biz bu bölümde Mekanik Enerjiyi inceleyeceğiz.

MEKANİK ENERJİ = KİNETİK ENERJİ + POTANSİYEL ENERJİ

ME = KE + PE

KİNETİK ENERJİ

Cismin hareketinden dolayı sahip olduğu enerjidir. Hareket çeşidi olarak öteleme (ilerleme) ve dönme hareketinden dolayı cisim kinetik enerji kazanır. Dönme kinetik enerjisi daha sonra incelenecek olup, biz bu bölümde öteleme (ilerleme) .... enerjiyi inceleyeceğiz.

$KE_{\text{öteleme (ilerleme)}} = \frac{1}{2} m\vartheta^2$

- KE → kinetik enerji (joule)
- m → kütle (kg)
- ϑ → hız(m/s)^2

POTANSİYEL ENERJİ

Cismin konumundan dolayı sahip olduğu enerjidir. Yere göre konumundan (yükseklik) dolayı sahip olunan enerji yerçekimi .... enerjisi, esnek cisimlerin sıkıştırılmasından veya uzatılmasından dolayı sahip olunan enerji ise esneklik .... enerjisi olarak tanımlanır.

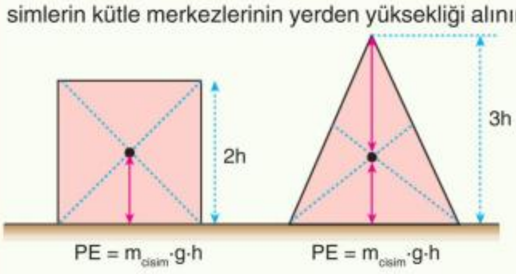
Yerçekim Potansiyel Enerjisi

$PE = m\,g\,h$

- PE → Potansiyel enerji (joule)
- m → kütle (kg)
- g → Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
- h → Yükseklik (m)

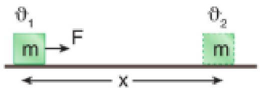
UYARI

Cisimlerin potansiyel enerjileri hesaplanırken, cisimlerin kütle merkezlerinin yerden yüksekliği alınır.



İŞ - ENERJİ İLİŞKİSİ

Enerji, iş yapabilme yeteneği olduğundan cisim üzerine yapılan iş, o cismin enerjisini değiştirir.



m kütleli cisim, ϑ_1 hızı ile hareket ederken, F kuvveti ile x kadar çekilirse, yani üzerine iş yapılırsa, cisim kinetik eneri kazanır ve yol sonunda hızı ϑ_2 olur.

$F = m \cdot a$	$\vartheta^2 = \vartheta_o^{\,2} + 2ax$	$\vartheta^2 - \vartheta_o^{\,2} = 2ax$
(Newton'un II. yasası)	(Zamansız hız denklemi)	$\dfrac{\vartheta^2 - \vartheta_0^2}{2x} = a$ (ivme)

$$F = m \cdot a \rightarrow \text{(ivme)} \Rightarrow F = m \cdot \left(\frac{\vartheta^2 - \vartheta_0^2}{2x}\right)$$

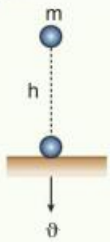
$$\underbrace{F \cdot x}_{\text{İş}} = \underbrace{\frac{1}{2}\, m\,(\vartheta^2 - \vartheta_o^{\,2})}_{\text{Kinetik Enerjideki Değişim}}$$

Yatayda yapılan iş, cismin kinetik enerjisini değiştirir.

$$W_{net} = \Delta KE$$

Yapılan net iş, cismin kinetik enerjisindeki değişime eşittir.

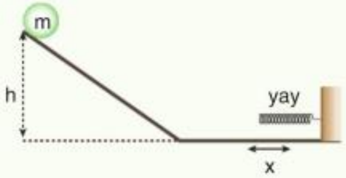
UYARI



m kütleli cisim h yüksekliğinden serbest bırakılırsa, cisim yere düşerken hız kazanır, yani yerçekimi kuvvetinin yaptığı iş, cisme kinetik enerji kazandırır ve yere ϑ hızı ile çarpar.

$$F \cdot x = mg \cdot h = \frac{1}{2}\, m\vartheta^2$$

UYARI



h yüksekliğinde bir cisim serbest bırakıldığında cisim yayı sıkıştırır. Cismin yüksekliğinden dolayı sahip olduğu potansiyel enerji, yayı x kadar sıkıştırarak esneklik potansiyel enerjisine dönüşür.

$$PE = PE_{esnek}$$

UYARI

ϑ hızıyla hareket etmekte olan bir cisim yayı sıkıştırır. Cismin hızından dolayı sahip olduğu kinetik enerji yayı x kadar sıkıştırarak esneklik potansiyel enerjisine dönüşür.

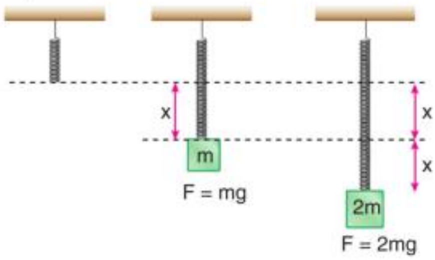
$$KE = PE_{esnek}$$

İŞ ENERJİ dir, ENERJİ de İŞ tir.

Esneklik Potansiyel Enerjisi

Esneklik Potansiyel Enerjisi

Esnek cisimlerde şekil değişikliği durumunda depolanan enerjidir.



Hooke Yasası

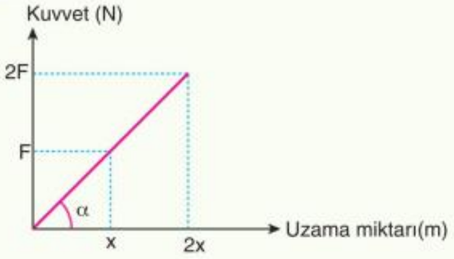
Uygulanan kuvvet ile yayın uzama miktarı doğru orantılıdır. Yay, ağırlık asıldığında önceki konumuna gelmek ister. Yaya uygulanan kuvvetin .... miktarına göre değişimi Hooke Yasası ile bulunur;

$$\boxed{\vec{F} = -k \cdot \vec{x}}$$

kuvvet (N) — Yay sabiti (N/m) — Uzama miktarı (m)

Buradaki negatif işaret, yaylanma sonucu oluşan toplanma kuvvetinin, yaydaki yer değişikliğine sebep olan kuvvetle ters yönlü olmasındandır.

UYARI

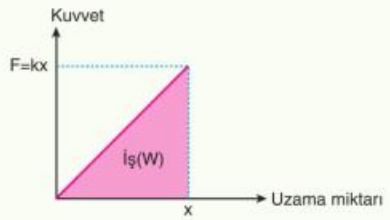


$$\tan\alpha = \frac{F}{x} = \frac{2F}{2x} = k \rightarrow \text{yay sabiti}$$

UYARI

F – x grafiğinin altında kalan alan yapılan işi verir.

Yaylar içinde kuvvet F = k · x olduğundan;



Grafiğin altında alan yayda depo edilen esneklik potansiyel enerjisine eşittir.

$$W = \frac{F \cdot x}{2} = \frac{k \cdot x \cdot x}{2} = \frac{1}{2}kx^2 \text{ olur.}$$

Esneklik Potansiyel Enerjisi;

$$\boxed{E_{yay} = \frac{1}{2}kx^2}$$

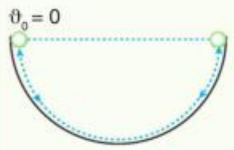
enerji (Nm, joule)

$\left(\frac{N}{m}\right)$

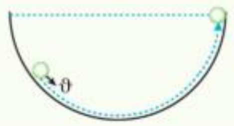
uzama miktarı (m^2)

UYARI

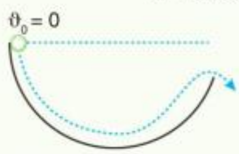
SİSTEMLER SÜRTÜNMESİZ



Serbest bırakılan cisim aynı yükseklikler arasında gidip - gelir



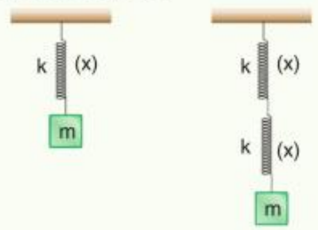
Cismin atıldığı yükseklikten daha yükseğe çıkması için, başlangıçta bir hızı olması gerekir.



Cisim eğik atış yapacağı için bırakıldığı yüksekliğe çıkamaz.

UYARI

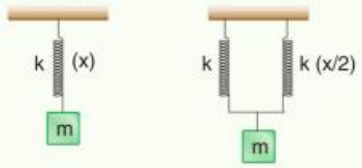
İki yay alt alta bağlı ise;



Uzama miktarı iki kat artar. Ağırlık her bir yayı "x" kadar uzatacağından, toplam uzama 2x olur.

UYARI

İki yay yanyana bağlı ise;



$F = k \cdot x$

$kx = k \cdot \frac{x}{2}$

$2k$

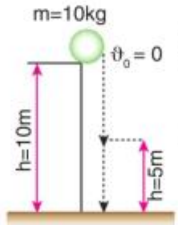
Uzama miktarı yarıya düşer. Ağırlık her yaya yarı yarıya etki edeceğinden her yay $\frac{x}{2}$, toplam uzamada $\frac{x}{2}$ kadar olur.

UYARI

Yay sabiti k, yayın boyu ile ters, kalınlığı ile doğru orantılıdır.

Mekanik Enerjinin Korunumu

Enerji kendiliğinden oluşmaz, var olan enerji de yok olmaz. Ancak .... türleri birbirine dönüşür ve toplam enerji değişmez. Sistemde sürtünme yoksa, mekanik enerji korunur ve değişmez.



PE	KE	ME	
1000J	0J	1000J	(Cisim 10m yüksekte)
500J	500J	1000J	(Cisim 5m yüksekte)
0J	1000J	1000J	(Cisim zemine çarpmadan hemen önce)

10 kg kütleli bir cismi, 10 metre yüksekten sürtünmesiz ortamda serbest bırakalım; Cisim potansiyel enerjiye sahiptir. ⇒ PE = mgh = 10·10·10 = 1000 J

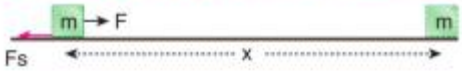
Cisim yere düşerken yüksekliğinden dolayı kaybettiği potansiyel enerji, kinetik enerjiye dönüşür.

Cisim yerden 5 metre yüksekte iken, potansiyel enerjisinin yarısını kaybetmiş, ama o enerji kinetik enerjiye dönüşmüştür.

Cisim yere ulaştığında ise potansiyel enerjisinin tamamı, kinetik enerjiye dönüşmüş, ama mekanik enerjisi değişmemiştir.

Sürtünmeli Yüzeylerde Enerji Korunumu ve Dönüşümü

SÜRTÜNME KUVVETİNİN YAPTIĞI İŞ



$$W_s = f_s \cdot x \ (-)$$

F_s harekete zıt yönlü olduğundan, sistem sürtünmeli yüzeylerde enerji kaybeder.

Bu durumda yapılan net iş; $W_{net} = (F - f_s) \cdot x$ olur.

Kaybedilen enerji ısı enerjisine dönüşür.

UYARI

Sürtünme Kuvveti;

- Harekete zıt yönlüdür. (Dönme hareketi hariç)
- Tek başına hareket ettirici özelliği yoktur, hareketi genellikle engellemeye çalışır.
- Sürtünen cismin yüzey alanına ve yüzeyin büyüklüğüne bağlı değildir.
- Sürtünen yüzeyin cinsine ve yüzeyin tepki kuvvetine bağlıdır.

$$f_s = k \cdot N$$

Sürtünme kuvveti (N)

Sürtünme katsayısı

Yüzeyin tepki kuvveti (N)

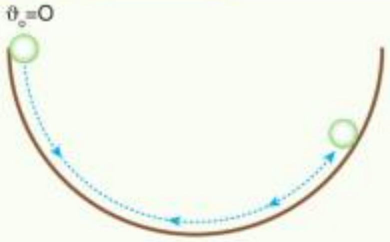
Sürtünmeli Sistemlerde İş-Enerji Teoremi

Sürtünmeli sistemlerde sürtünmeden dolayı kaybolan enerji ısıya dönüşür. Dolayısı ile mekanik enerji korunmaz, azalır. Yapılan net iş, kinetik enerjideki değişime eşittir.

$$W_{net} = \Delta KE$$

$$(F - f_s) \cdot x = \frac{1}{2} m(\vartheta_{son}{}^2 - \vartheta_{ilk})^2$$

UYARI



Yüzey Sürtünmeli

Serbest bırakılan cisim, bırakıldığı yüksekliğe çıkamaz.

Sürtünmeli Sistemlerde Enerji Korunumu

Sürtünmeli sistemlerde enerji korunumu bulunurken, sürtünmeden dolayı .... dönüşen enerji de korunum denklemine yazılmalıdır.

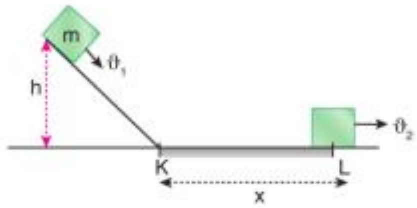
$KE_{ilk} = KE_{son} + W_{sürt.}$

veya

$KE_{ilk} - W_{sürt.} = KE_{son}$

$\frac{1}{2} m\vartheta_1^2 = \frac{1}{2} m\vartheta_2^2 + f_s \cdot x$

Yalnızca KL yolu sürtünmeli ise



$$PE_{ilk} + KE_{ilk} = KE_{son} + W_s$$

veya

$$PE_{ilk} + KE_{ilk} - W_s = KE_{son}$$

$$mgh + \frac{1}{2} m\vartheta_1^2 = \frac{1}{2} m\vartheta_2^2 + f_s \cdot x$$

UYARI

Yüzey Sürtünmeli

Cismin bırakıldığı yüksekliğe çıkabilmesi için ilk hızı olmalıdır, dönüşte sürtünmeden dolayı, aynı yüksekliğe çıkamaz.

İtme ve Çizgisel Momentum

İTME (İMPULS)

Kuvvetin zamanla etkileşimidir. Bir cisme kuvvet ne kadar süre uygulanmış ise, o cisme o kadar itme uygulanmış olur.

İtme = Kuvvet · Zaman

$$\vec{I} = \vec{F} \times \Delta t$$

UYARI

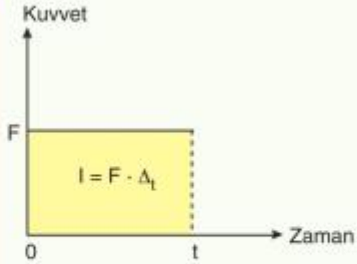
Kuvvet (N)

$\vec{I} = \vec{F} \times \Delta t$

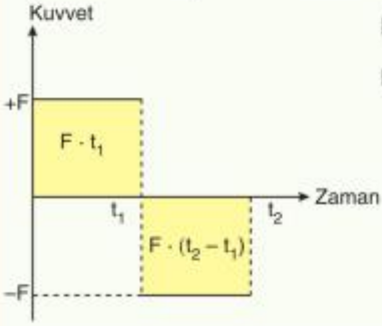
İtme (Ns) Zaman (s)

İtme, vektörel bir büyüklüktür.

UYARI



Bir cisme etki eden kuvvetin zamana bağlı değişim grafiğinin altında kalan alan itmeyi verir.



$I = F \cdot \Delta t$

$I = F \cdot \Delta t_1 - F \cdot \Delta t_2$

İtme ile Çizgisel Momentum Arasındaki İlişkisi

Basit bir inceleme yapıldığında, cisme uygulanan itmenin, cismin momentumundaki değişime eşit olduğu görülür.

$$F = m \cdot a, \quad \vec{a} = \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t} \Rightarrow F = m \cdot \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t} \Rightarrow \underbrace{\vec{F} \cdot \Delta t}_{\text{itme}} = \underbrace{m \cdot \Delta\vec{\vartheta}}_{\text{Momentum değişimi}}$$

Formül olarak eşitlendiği gibi, ... ile .... birimleri de aynıdır.

$$\text{İtme} \Rightarrow I = F \cdot \Delta t = N \cdot s = kg \cdot \frac{m}{s^2} \times s = kg\ m/s$$

$$\text{Momentum} \Rightarrow \vec{P} = m \cdot \Delta\vec{v} = kg \cdot m/s = kg\ m/s$$

MOMENTUM

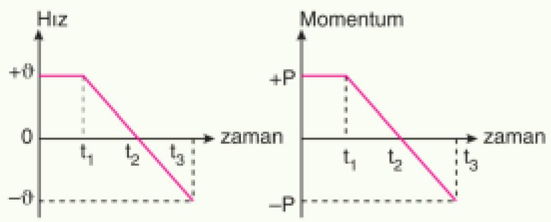
Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımına momentum denir. P ile gösterilir. Vektörel bir büyüklüktür.

$$\vec{P} = m \times \vec{\vartheta}$$

momentum (kg · m/s) | kütle (kg) | hız (m/s)

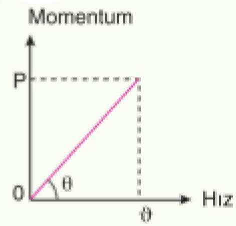
UYARI

Bir doğru boyunca hareket eden cismin momentumuna linear (çizgisel) momentum denir.



Cismin hız - zaman grafiği ile momentum - zaman grafiği aynıdır.

UYARI

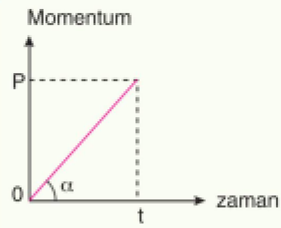


$$\text{eğim} = \tan\theta = \frac{\Delta P}{\Delta \vartheta} = m$$

Momentum - Hız grafiğinin eğimi sabit olup cismin kütlesini verir.

Grafiğin altında kalan alan kinetik enerjiyi verir.

UYARI



$$\text{eğim} = \tan\alpha = \frac{\Delta P}{\Delta t} = F$$

UYARI

Newton, Dinamiğin II. yasasını momentum kavramıyla şöyle ifade etmiştir. "Bir cismin momentumundaki değişim miktarı, cisme uygulanan net kuvvetle doğru orantılıdır ve o kuvvetin yönündedir."

$\vec{F} \times \Delta t = m \times \Delta\vec{v}$

$\vec{F} \times \Delta t = \Delta\vec{P}$

$\vec{I} = \Delta\vec{P}$

Bir cisme uygulanan itme, cismin momentumundaki değişime eşittir.

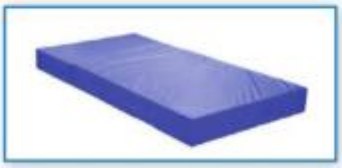
İtme = Momentum Değişimi

$\vec{F} \times \Delta t = \Delta\vec{P} = m \times (\vec{\vartheta}_{Son} - \vec{\vartheta}_{ilk})$

Bir cismin, hareketlinin veya canlının çarpmalara veya temaslarında daha az zarar görmeleri için, cisme veya hareketliye etki eden kuvvetin etkileşim süresi arttırılmalıdır.

Araba yarışlarında pistlerin dışındaki duvarların önünde lastik olması

Boks maçlarında, boksörlerin lastik eldiven kullanmaları



Jimnastik salonlarında zeminin minder olması

ÇARPIŞMALAR

Çarpışmalar esnek olmayan çarpışmalar ve esnek çarpışmalar olmak üzere ikiye ayrılır. Esnek olmayan çarpışmalarda sadece momentum korunurken, esnek çarpışmalarda hem momentum, hem de kinetik enerji korunur.

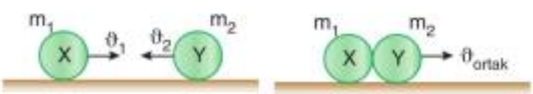
Çarpışmalar ayrıca cisimlerin hareket doğrultularına göre de ikiye ayrılır. Çarpışmadan önce ve sonra, cisimlerin hareket doğrultuları aynı ise, bu tür çarpışmalar merkezi çarpışmadır. Çarpışmadan sonra cisimlerin hareket doğrultuları değişiyorsa, bu tür çarpışmalar merkezi olmayan çarpışmadır.

1. Esnek Olmayan Çarpışmalar

Momentum korunur, kinetik enerji korunmaz. Çarpışmadan sonra cisimler birbirlerine yapışarak hareket ederler.

a) Merkezi Esnek Olmayan Çarpışmalar

Çarpışma sonrası cisimlerin ortak hızı ve hareket yönü momentumun korunumundan bulunur.



Çarpışmadan önce　　Çarpışmadan sonra

$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$

$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_{ortak}$

$$\boxed{m_1\vec{\vartheta}_1 + m_2\vec{\vartheta}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{\vartheta}_{ortak}}$$

Momentum Korunumu

Bir cisme uygulanan net kuvvet sıfır ise cismin momentumu korunur.

$\vec{F}_{net} = 0$　　$\vec{F}_{net} \times \Delta t = \Delta\vec{P}$　　$\Delta\vec{P} = 0$

$\Delta\vec{P} = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk} = 0$

$$\boxed{\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}}$$

Bir sisteme dışarıdan bir kuvvet etki etmiyorsa, momentum vektörel olarak korunur.

Momentum ve Kinetik Enerji Arasındaki İlişki

Bir cismin kinetik enerjisi;

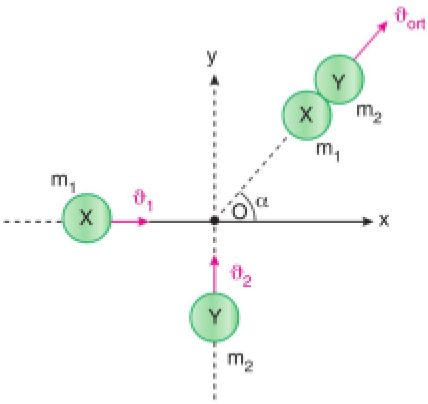
$E_K = \frac{1}{2} m\vartheta^2$ ifadeyi m ile çarpıp m'e bölersek

$E_K = \frac{1}{2} m\vartheta^2 \cdot \frac{m}{m} \Rightarrow E_K = \frac{1}{2} \frac{m^2\vartheta^2}{m}$

$\boxed{E_K = \frac{P^2}{2m}}$ bağıntısı elde edilir.

b) Merkezi Olmayan Esnek Olmayan Çarpışmalar

Çarpışmadan sonraki ortak hızları momentumun vektörel özelliği kullanılarak bulunur. Hem x ekseni, hem de y ekseni için momentumun korunumu yazılır.



x ekseninde;

$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$

$m_1 \cdot \vartheta_1 = (m_1 + m_2) \cdot \vartheta_{ort} \cdot \cos\alpha$

y ekseninde;

$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$

$m_2 \cdot \vartheta_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vartheta_{ort} \cdot \sin\alpha$

Esnek Çarpışmalar ve Patlamalar

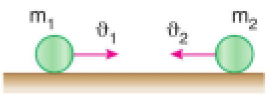
2. Esnek Çarpışmalar

Momentum ve kinetik enerjinin korunduğu çarpışmalardır. Cisimler çarpışmadan sonra birbirinden bağımsız hareket ederler. Bilardo toplarının çarpışmaları örnek verilebilir.

a) Merkezi Esnek Çarpışma (M.E.Ç)

Cisimler çarpışma öncesi ve sonrasında aynı doğrultu üzerinde kalırlar.

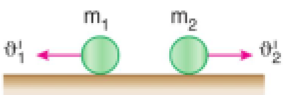
- Momentum korunur.



Çarpışmadan önce

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_1' + \vec{P}_2'$$



Çarpışmadan sonra

$$\boxed{m_1 \cdot \vec{\vartheta}_1 + m_2 \cdot \vec{\vartheta}_2 = m_1\,\vec{\vartheta}_1' + m_2\,\vec{\vartheta}_2'}$$

- Kinetik enerji korunur.

$E_{K_{ilk}} = E_{K_{son}}$

$E_{K_1} + E_{K_2} = EK_1' + EK_2'$

$\frac{1}{2}\,m_1\vartheta_1^2 + \frac{1}{2}\,m_2\vartheta_2^2 = \frac{1}{2}\,m_1\,\vartheta_1'^{2} + \frac{1}{2}m_2\vartheta_2'^{2}$

$\frac{1}{2}\,m_1(\vartheta_1^2 - \vartheta_1'^{2}) = \frac{1}{2}\,m_2\,(\vartheta_2'^{2} - \vartheta_2^2)$

$\cancel{\frac{1}{2}}m_1(\vartheta_1 - \vartheta_1')\,(\vartheta_1 + \vartheta_1') = \cancel{\frac{1}{2}}m_2\,(\vartheta_2' - \vartheta_2)\,(\vartheta_2' + \vartheta_2)$

Momentum korunumundan;

$m_1\vec{\vartheta}_1 + m_2\vec{\vartheta}_2 = m_1\vec{\vartheta}_1' + m_2\vec{\vartheta}_2'$

$m_1(\vartheta_1 - \vartheta_1') = m_2\,(\vartheta_2' - \vartheta_2)$

$\cancel{m_2}\left(\cancel{\vartheta_2' - \vartheta_2}\right)(\vartheta_1 + \vartheta_1') = \cancel{m_2}\left(\cancel{\vartheta_2' - \vartheta_2}\right)(\vartheta_2' + \vartheta_2)$

$\vartheta_1 + \vartheta_1' = \vartheta_2 + \vartheta_2'$

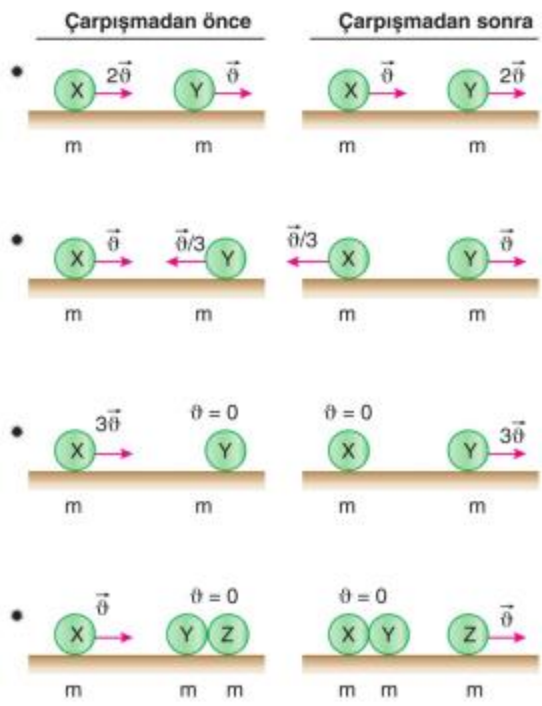
Hız korunumu, kinetik enerji ve momentum konumundan gelir.

- Hızlar korunur.

$$\boxed{\vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_1' = \vec{\vartheta}_2 + \vec{\vartheta}_2'}$$

Merkezi Esnek Çarpışmalarda Özel Durumlar

a) Cisimlerin Kütleleri eşit ise; $m_X = m_Y = m_Z = m$



UYARI

Merkezi Esnek Çarpışmalarda, çarpışan cisimlerin kütleleri eşit ise, cisimler hızlarını birbirlerine aktarırlar. Bu aktarım hem yön, hem de büyüklük olarak gerçekleşir.

b) Cisimlerin çarpışmadan önceki momentumlarının vektörel toplamı sıfır ise; $\vec{P}_{ilk} = 0$

$\vec{P}_Ö = 0$ $\quad\quad$ $\vec{P}_S = 0$

UYARI

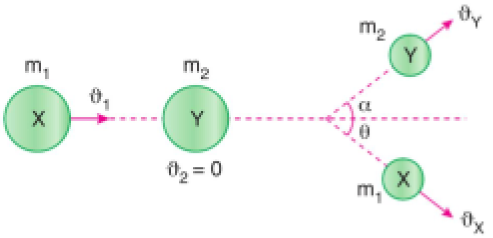
Merkezi esnek çalışmalarda, çarpışan cisimlerin çarpışmadan önceki momentumlarının vektörel toplamı sıfır ise, cisimler aynı hız büyüklükleri ile geri dönerler.

NOT

Hareket yönü bilinmeyen hızlar pozitif alınır.

b) Merkezi Olmayan Esnek Çarpışma

Cisimler çarpışmadan sonra, ilk hareket doğrultularından farklı doğrultularda hareket ederler.



X doğrultusunda;

$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$, $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}'_{1X} + \vec{P}'_{2X}$

$m_1\vartheta_1 + 0 = m_1\vartheta_X\cos\theta + m_2\vartheta_Y \cdot \cos\alpha$

Y doğrultusunda;

$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$, $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}'_{1Y} + \vec{P}'_{2Y}$

$0 + 0 = m_2\vartheta_Y.\sin\alpha - m_1\vartheta_X\sin\theta$

$m_1.\vartheta_X\sin\theta = m_2\vartheta_Y\sin\alpha$

PATLAMALAR

Dışarıdan herhangi bir etki olmadan bir cisim parçalara ayrıldığında, patlamadan önceki momentum, patlamadan sonraki parçaların momentumlarının vektörel toplamına eşit olur. Momentum hem yatayda, hem de düşeyde korunur.

Tork

A) TORK KAVRAMI

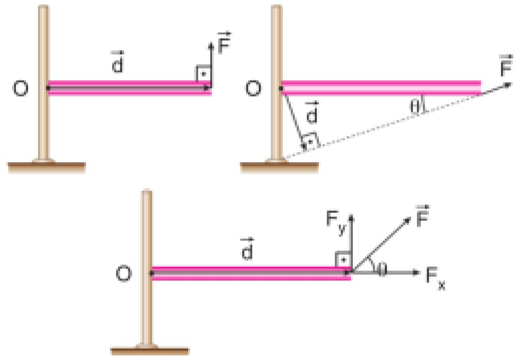
Pencere ve kapıları açmak, su şişesinin kapağını açmak, anahtarla kilidi açmak, kalorifer vanasını kapatmak gibi pek çok hareket, cisimleri döndürme hareketidir. Cisimlerin dönmesi için cisimlere kuvvet uygulanır. Kuvvetin cisimleri ötelemesi, şeklini değiştirmesi, hızı ve yönünü değiştirmesi yanında döndürme etkisi de vardır. Bir nokta veya bir eksene bağlı serbestçe dönebilen cisimlere, dönme eksenine dik olacak şekilde bir kuvvet etki ettiğinde cisimler dönmeye başlar.

Kuvvetin, cisimleri bir nokta veya bir eksen etrafında döndürme etkisine . ..... denir. Tork, t sembolü ile gösterilir. Tork vektörel bir büyüklük olup birimi Newton·metre (N. m)'dir.

- Doğrultusu dönme ekseninden geçen kuvvetler tork oluşturmaz.

O noktası etrafında serbestçe ve sürtünmesiz olarak dönebilen ağırlığı önemsiz çubuğa şekilde verilen $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ ve $\vec{F}_4$ kuvvetleri etki ettiğinde çubuk dönmez. Bu kuvvetlerin O noktasına göre torkları sıfırdır.

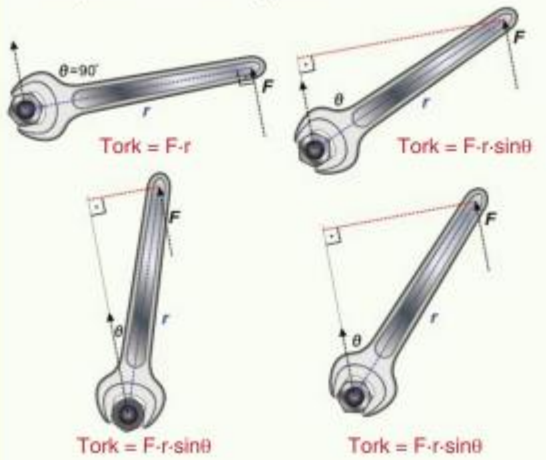
- Başlangıç noktası, dönme ekseni olan ve kuvvet doğrultusuna veya kuvvetin bileşenine doğru çizilen vektöre konum vektörü denir.



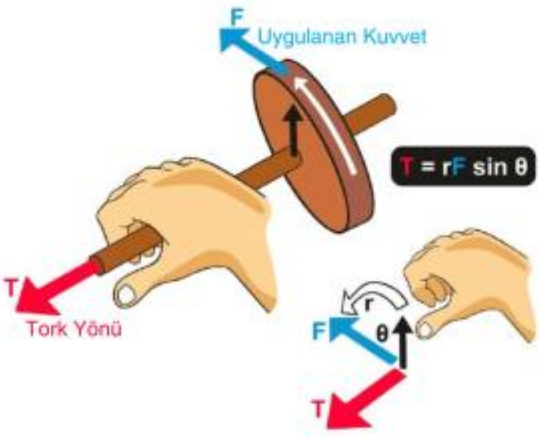
$\vec{d}$ v

UYARI

Kuvvetin tork oluşturabilmesi için konum vektörünün, uygulanan kuvvetin doğrultusuna ya da kuvvetin bileşenine dik olması gerekir.



- Torkun yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ el kuralına göre, avuç içi dönme eksenine bakacak şekilde sağ elin dört parmağı dönme yönünü gösterirken baş parmak dört parmağa dik olacak şekilde torkun yönünü gösterir.



B) TORKUN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

Torkun büyüklüğü hesaplanırken uygulanan kuvvetin şiddeti ve kuvvetin dönme eksenine olan ..... uzaklığı çarpılır.

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

Kuvvet birimi Newton, uzaklık birimi de metre olduğundan,

$$\underset{\text{N}}{\tau = F} \cdot \underset{\text{m}}{d}$$

torkun birimi N · m olarak elde edilir.

UYARI

Kuvvetin dönme noktasına olan dik uzaklığı sabit kalmak koşulu ile kuvvetin şiddeti artırıldığında tork artar. Kuvvetin büyüklüğü sabit kalmak koşulu ile dönme noktasına olan dik uzaklığın artması torku artırır. Bu ilkelere bağlı olarak günlük yaşamda kullanılan pek çok araç tasarlanmıştır.

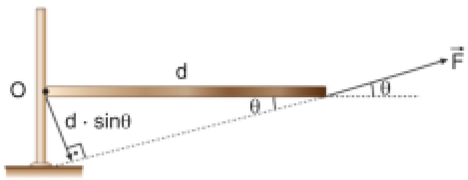
- Otobüs direksiyonlarının otomobil direksiyonlarından büyük olması
- Büyük vidaların daha uzun saplı anahtarla sökülmesi
- Demir kesen makasların kollarının daha uzun olması
- Dizel motorların piston kolunun, benzinli motorların piston kolundan daha uzun olması

Verilen örneklerde torku artırmak amaçlanmıştır.

- Ağırlığı önemsiz çubuğa uygulanan kuvvet dönme eksenine dik değil ise kuvvetin dönme eksenine göre torku, iki yöntem ile hesaplanabilir.

I. Yöntem

Kuvvetin dönme eksenine olan dik uzaklığı hesaplanır.



$$\tau = F \cdot d \cdot \sin\theta$$

II. Yöntem

Kuvvet bileşenlerine ayrılır.

$$F_x = F \cdot \cos\theta$$

$$F_y = F \cdot \sin\theta$$

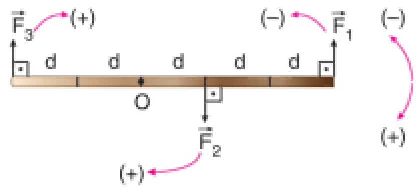
F_x bileşeni dönme ekseninden geçtiğinden tork oluşturmaz. F_y bileşeni dönme eksenine dik olduğundan çubuğu döndürür.

$$\tau = F_y \cdot d$$

$$\tau = F \cdot \sin\theta \cdot d$$

Bileşke Tork

Bir noktaya veya bir eksene bağlı cisimlere birden fazla kuvvet etki ediyor ise dönme yönünü bulmak için toplam tork hesaplanır.



O noktası etrafında serbestçe dönebilen ağırlığı önemsiz çubuğa gösterilen gösterilen kuvvetler uygulandığında kuvvetlerin O noktasına göre çubuğu döndürme yönü belirlenir. Keyfi olarak saat yönüne (+), saat yönünün tersine (–) denilir. Daha sonra torkların cebirsel toplamı hesaplanır.

$\tau_{Toplam} = -F_1 \cdot 3d + F_2 \cdot d + F_3 \cdot 2d$

$\tau_{Toplam} = 0 \Rightarrow$ Çubuk başlangıçta duruyor ise durmaya devam eder. Çubuk başlangıçta hareket halinde ise aynı yönde sabit süratle dönmeye devam eder.

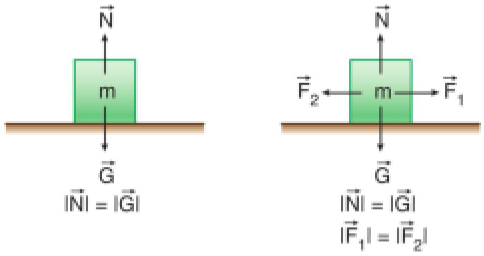
$\tau_{Toplam} = (+) \Rightarrow$ Çubuk saat yönünde döner.

$\tau_{Toplam} = (-) \Rightarrow$ Çubuk saat yönünün tersine döner.

Denge ve Denge Şartları

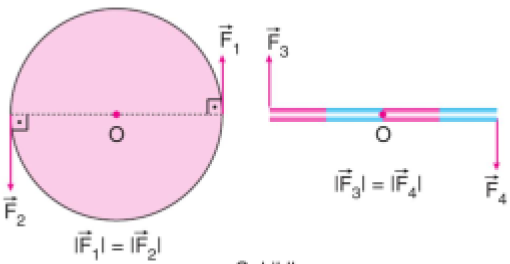
A) DENGE

Bir gözlem çerçevesinden bakıldığında öteleme ya da dönme hareketi yapmayan cisimler statik (durgun) denge durumundadır. Bir cismin üzerine dışarıdan bir kuvvet etki etmediğinde ya da etki eden kuvvetlerin bileşkesi ...... olduğunda cisim dengede olabilir.



Şekil I

Şekil I'de verilen cisimler için $\vec{F}_{net} = 0$ olacağından cisimler statik dengededir.



Şekil II

Şekil II'de verilen O noktası etrafında serbestçe dönebilen cisimlere etki eden $\vec{F}_{net} = 0$ fakat cisimler dengede değildir. Cisimlerin dönme noktasına göre toplam torkları sıfırdan farklı olduğundan cisimler dönme hareketi yapar.

UYARI

Bir cismin dengede olabilmesi için her zaman $\vec{F}_{net} = 0$ olması yeterli değildir.

Bir cisim,

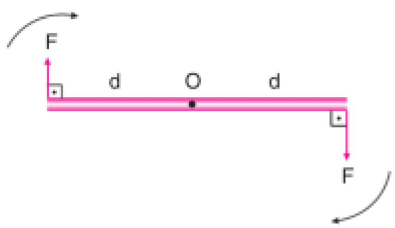
1. $\vec{F}_{net} = 0$ (Öteleme dengesi)

2. $\vec{\tau}_{Toplam} = 0$ (Dönme dengesi)

bu koşulları sağlıyor ise statik (durgun) dengededir.

Kuvvet Çifti

Orta noktasından geçen bir eksen etrafında sürtünmesiz serbestçe dönebilen çubuğa eşit büyüklükteki zıt yönlü kuvvetler uygulandığında çubuk dengede kalamaz.



$\vec{F}_{net} = 0$ (Öteleme dengesi sağlanmıştır.)

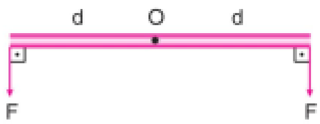
$\vec{\tau}_{Toplam} \neq 0$ (Dönme dengesi sağlanmadığından çubuk döner.)

Çubuğa etki eden net kuvvet sıfırdır. Dengenin 1. koşulu sağlanmıştır. Fakat kuvvetlerin dönme noktası olan O'ya göre torklarının toplamı sıfırdan farklı olduğundan çubuk döner.

Dönme ekseninden eşit uzunluktaki noktalardan eşit büyüklükte ve zıt yönde uygulanan döndürücü kuvvetlere .... denir.

Araba direksiyonu çevrilirken veya musluk açılıp kapanırken kuvvet çifti uygulanır.

Orta noktasından geçen bir eksen etrafında sürtünmesiz serbestçe dönebilen homojen çubuğa eşit büyüklükteki kuvvetler aynı yönde uygulanırsa çubuk dengede kalamaz.

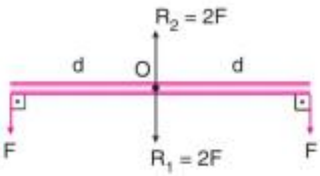


$\vec{F}_{net} \neq 0$ (Öteleme dengesi sağlanmamıştır.)

$\vec{\tau}_{Toplam} = 0$ (Dönme dengesi sağlanmıştır.)

Çubuğa etki eden kuvvetlerin dönme ekseni olan O'ya göre torklarının toplamı sıfırdır. Dengenin 2. koşulu sağlanmıştır. Fakat çubuğa etki eden kuvvetlerin toplamı sıfırdan farklı olduğundan çubuk dengede kalamaz.

Çubuğun dengede kalabilmesi için $\vec{F}_{net} = 0$ olmalıdır.



R_1 = Bileşke kuvvet

R_2 = Dengeleyici kuvvet

Çubuğa uygulanan kuvvetlerin bileşkesinin (R_1) büyüklüğündeki bir dengeleyici kuvvet (R_2) çubuğa uygulandığında çubuk dengede kalır.

UYARI

Dengeleyici kuvvet, dengenin sağlanması için kuvvetlerin bileşkesinin yani toplam torkun sıfır olduğu noktadan uygulanmalıdır.

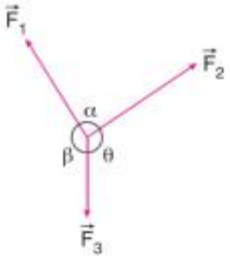
UYARI

Dengede olan cisimlere etki eden kuvvetlerin yalnızca bir noktaya göre değil, tüm noktalara göre toplam torkları sıfırdır.

Kesişen Kuvvetlerin Dengesi

Bir cisme uygulandığında kesişen veya doğrultuları birbirini kesen kuvvetlere kesişen kuvvetler denir. Bu kuvvetlerin kesiştikleri noktaya göre ayrı ayrı torkları sıfır olduğundan döndürme etkileri yoktur. Kesişen kuvvetlerin toplamı yani $\vec{F}_{net} = 0$ ise sistem dengededir.

Kesişen üç kuvvetin bileşkesi sıfır olduğunda herhangi iki kuvvetin bileşkesi üçüncü kuvvetin büyüklüğüne eşit ve zıt yönlüdür.



$\boxed{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0}$ ise,

sistem dengededir.

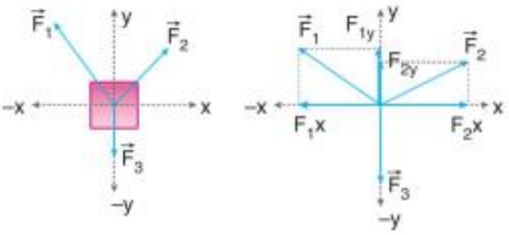
Bu durumda,

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\vec{F}_3$

$\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = -\vec{F}_2$

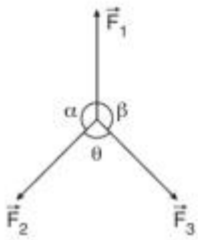
$\vec{F}_2 + \vec{F}_3 = -\vec{F}_1$ olur.

Bir cisme etki eden kuvvetlerin etkisinde cisim hareketsiz kalıyor ise kuvvetlerin yatay ve düşey bileşenlerinin bileşkesi ayrı ayrı sıfır olmalıdır.



Lami Teoremi

Kesişen üç kuvvetin bileşkesi sıfır ise bu kuvvetler arasındaki büyüklük ilişkisi Lami Teoremi kullanılarak bulunur. Lami Teoremine göre, kuvvetlerin tümünün karşısındaki açının sinüsüne oranı aynı sabit değere eşittir.



Lami Teoremi,

$$\boxed{\frac{F_1}{\sin\theta} = \frac{F_2}{\sin\beta} = \frac{F_3}{\sin\alpha}}$$

Bu bağıntıya göre, açının kendisi küçüldüğünde sinüs değeri büyüyeceğinden küçük açının karşısında .... bulunur.

$\alpha > \beta > \theta$ ise, $F_1 > F_2 > F_3$ ilişkisi olur.

UYARI

Birbirini 180° ye tamamlayan açıların sinüs değerleri eşittir.

UYARI

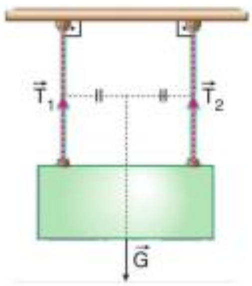
Kuvvetler dengede olduğundan herhangi iki kuvvetin dengeleyicisi üçüncü kuvvettir.

$\vec{G}$ ağırlıklı cisimler esnemeyen ipler yardımı ile tavana asıldığında iplerde gerilmeler oluşur.

Cisim dengede olduğundan $\vec{F}_{net} = 0$'dır.

$\vec{T} + \vec{G} = 0 \Rightarrow \vec{T} = -\vec{G}$

İpte oluşan gerilme kuvvetinin büyüklüğü cismin ağırlığı kadardır.

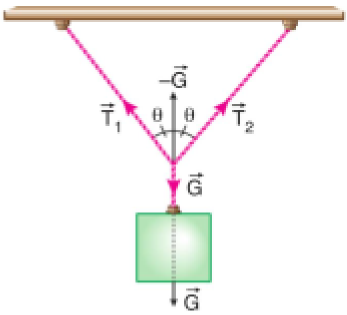


Eşit uzunluktaki paralel iki ip yardımı ile tavana asılan $\vec{G}$ ağırlıklı cisim dengede olduğundan $\vec{F}_{net} = 0$'dır.

$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{G} = 0 \Rightarrow \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = -\vec{G}$

Cismin ağırlığının uzantısı iplere eşit uzaklıkta olduğundan, T_1 ve T_2 gerilme büyüklükleri eşittir.

$$\mathbf{T_1 = T_2 = \frac{G}{2}}$$



Eşit uzunluktaki birbirine paralel olmayan ipler yardımı ile tavana asılan $\vec{G}$ ağırlıklı cisim dengede olduğundan $\vec{F}_{net} = 0$'dır.

$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{G} = 0 \Rightarrow \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = -\vec{G}$

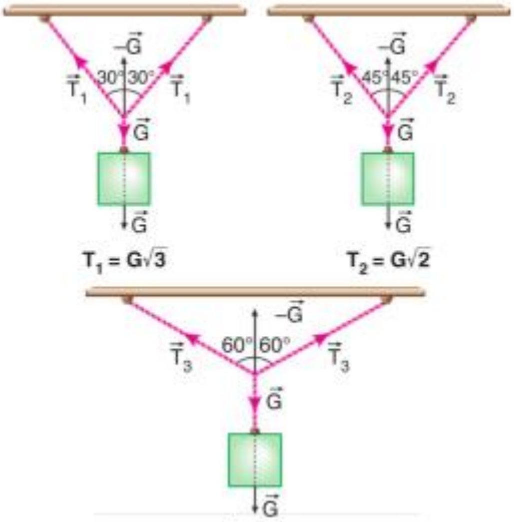
Cismin ağırlığının uzantısı iplerle eşit açı yaptığından ip gerilme büyüklükleri eşittir.

$$\mathbf{T_1 = T_2}$$

UYARI

Cismin ağırlığının uzantısı ipler ile eşit açı yapmıyor ise ip gerilmelerinin büyüklüğü birbirinden farklı olur. İp gerilmelerinin büyüklüğü bulunurken vektörel işlem yapılır ya da Lami Teoremi kullanılarak bulunur.

Eşit uzunluktaki ipler yardımı ile tavana asılan $\vec{G}$ ağırlıklı cisimlerin ağılıklarının uzantıları ile ipler arasındaki açılar özel açılar olduğunda,



$T_1 = G\sqrt{3}$ $\quad$ $T_2 = G\sqrt{2}$

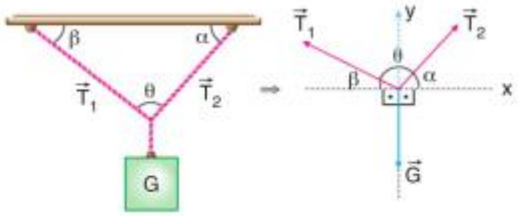
$T_3 = G$

olacak şekilde doğrudan hesaplanabilir.

UYARI

Ağırlığı değişmeyen bir cismin tavana asıldığı iplerin aralarındaki açı arttıkça iplerde oluşan gerilmelerin büyüklüğü de artar.

Farklı uzunluklardaki ipler yardımı ile tavana asılan $\vec{G}$ ağırlıklı bir cismin iplerde oluşturduğu gerilme kuvvetinin büyüklüğü üç farklı yolla hesaplanabilir.

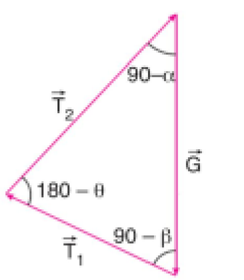


I. Yol (Lami Teoremi)

$$\frac{T_1}{\sin(90+\alpha)} = \frac{T_2}{\sin(90+\beta)} = \frac{G}{\sin\theta}$$

II. Yol (Üçgen Yöntemi)

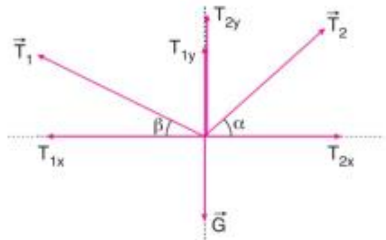
Sistem dengede olduğundan kuvvetlerin vektörel toplamı sıfır olacaktır. Kuvvetler uç uca eklenerek oluşan üçgene açılar yerleştirilir. Oluşan üçgen dik üçgen ise pisagor teoreminden, değil ise açı kenar bağıntıları kullanılarak kuvvetlerin büyüklüğü hesaplanır.



$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{G} = 0$$

III. Yol (Bileşen Yöntemi)

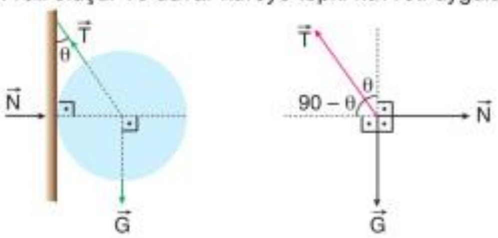
$\vec{F}_{net} = 0$ olduğundan kuvvetlerin yatay ve düşey bileşenlerinin toplamı sıfırdır.



$$T_{1x} = T_{2x}$$

$$T_{1y} + T_{2y} = G$$

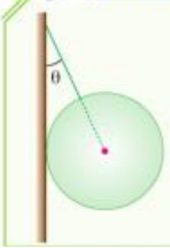
$\vec{G}$ ağırlıklı homojen bir küre esnemeyen ip yardımı ile düşey duvara asılıp dengeye getirildiğinde ipte gerilme kuvveti oluşur ve duvar küreye tepki kuvveti uygular.



Şekil I $\quad$ Şekil II

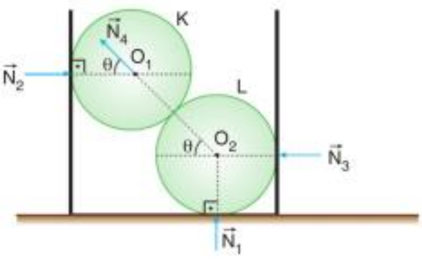
Şekil I'de duvara asılan küreye etki eden kuvvetler Şekil II'de verildiği gibi gösterilir. Sistem dengede olduğundan T, G ve N büyüklükleri Lami Teoremi, üçgen yöntemi veya bileşen yöntemi ile bulunabilir.

UYARI



Düşey duvara küreyi bağlayan ipin boyu kısaltıldığında, düşey duvarın ip ile yaptığı açı θ artar.

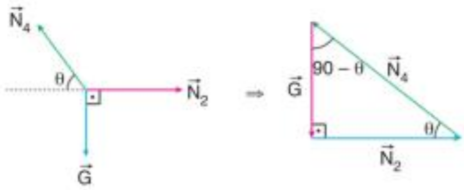
$\vec{G}$ ağırlıklı homojen K ve L özdeş küreleri sürtünmesiz düşey duvarların arasına konulduğunda yatay düzlem, düşey duvarlar ve küreler birbirine tepki kuvveti uygular.



$\vec{N}_1$ = Yatay düzlemin tepkisi

$\vec{N}_2$ ve $\vec{N}_3$ = Düşey duvarların tepkisi

$\vec{N}_4$ = L küresinin K küresine uyguladığı tepki kuvveti

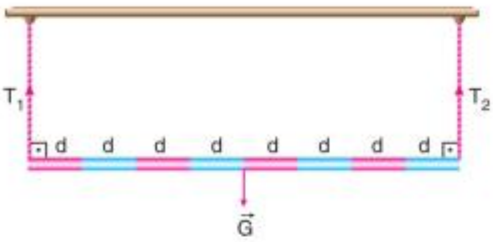


$$N_1 = 2G$$

$$N_2 = N_3$$

Denge Şartları

G ağırlıklı homojen bir çubuk esnemeyen ipler yardımı ile tavana asıldığında iplerde gerilme kuvvetleri oluşur.



Çubuk homojen ve eşit bölmeli olduğundan ağırlık tam orta noktasından gösterilir. Çubuğun dengede olması, $\vec{F}_{net} = 0$ ve $\vec{\tau}_{Toplam} = 0$ olması anlamına gelir.

$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{G} = 0$ yani büyüklük olarak $T_1 + T_2 = G$'dir.

Toplam torkun sıfır olması, seçilen herhangi bir noktaya göre alınan toplam torkun sıfır olacağı anlamına gelir. Tork alınacak nokta seçilirken kolaylık olması için kuvvetlerin olduğu noktalar seçilir. Örneğin; çubuğun ağırlık mezkezi dönme noktası olarak seçildiğinde ağırlık vektörü bu noktadan geçtiğinden torku ....

Ağırlık merkezi dönme noktası seçildiğinde $\vec{T}_1$ ip gerilmesi saat yönünde, $\vec{T}_2$ ip gerilmesi saat yönünün tersine dönmeye zorlar. Zıt yöne döndürmeye zorlayan bu kuvvetlerin ağırlık merkezine göre torklarının büyüklüğü eşit olmak zorundadır.
Buna göre,

$T_1 \cdot 4d = T_2 \cdot 4d$

$T_1 = T_2$ bulunur.

Dönme noktası T_2 ip gerilmesinin olduğu nokta seçilirse,

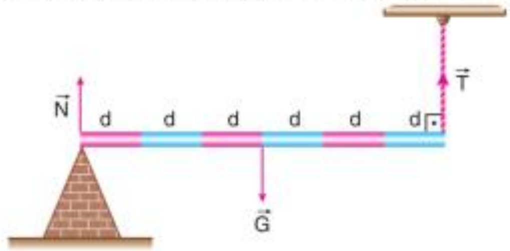
$T_1 \cdot 8d = G \cdot 4d$

$T_1 = \frac{G}{2}$

$T_1 + T_2 = G$ olduğundan,

$T_2 = \frac{G}{2}$ bulunur.

G ağırlıklı homojen eşit bölmeli çubuk bir ucu desteğin üzerinde olacak şekilde ve diğer ucu esnemeyen bir ip yardımı ile tavana asıldığında, destek çubuğa tepki kuvveti uygularken ipte de gerilme kuvveti oluşturur.

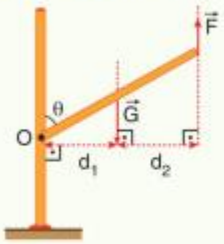


Sistem dengede olduğundan,

1. $\vec{N} + \vec{G} + \vec{T} = 0$ yani büyüklük olarak $N + T = G$'dir.
2. Herhangi bir noktaya göre toplam tork sıfırdır.

Desteğe göre,	İp gerilmesi T'ye göre,
$T \cdot 6d = G \cdot 3d$	$N \cdot 6d = G \cdot 3d$
$T = \frac{G}{2}$ olarak bulunur.	$N = \frac{G}{2}$ olarak bulunur.

UYARI



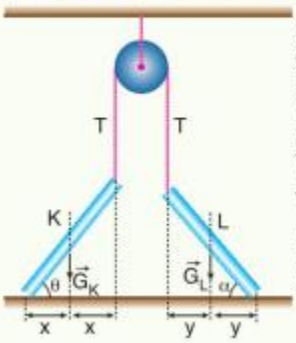
Kuvvetler paralel olduğunda bileşenlerine ayrılmadan doğrudan O'ya göre tork alınır.

$F \cdot (d_1 + d_2) = G \cdot d_1$

Çubuk homojen ise

$d_1 = d_2$ olacağından $F = \frac{G}{2}$ olur.

UYARI



Şekilde verilen sürtünmesiz sistemde homojen K ve L çubukları dengede ise,

$T \cdot 2x = G_K \cdot x$ ve

$T \cdot 2y = G_L \cdot y$ olur.

Buradan, $G_K = G_L$ olarak bulunur.

Kütle Merkezi ve Ağırlık Merkezi

B) KÜTLE MERKEZİ VE AĞIRLIK MERKEZİ

Kütle, bir cismin değişmeyen madde miktarıdır. Skaler bir büyüklük olup birimi kilogramdır. .... ise gezegenin cisimlere uyguladığı çekim kuvvetidir. Vektörel bir büyüklük olup birimi kuvvet birimi olan Newton'dur.

Bir cismin ağırlık kuvvetinin yönü daima gezegenin merkezine doğrudur. Bir cismin kütlesi Dünyada veya uzayın herhangi bir yerinde değişmez. Cisimlerin ağırlığı ise çekim ivmesine bağlı olarak değişir.

Kütlesi m olan bir cismin çekim .... $\vec{g}$ olduğu bir yerde ağırlığı,

$\vec{G} = m \times \vec{g}$ ile ifade edilir.

$G = m \cdot g$

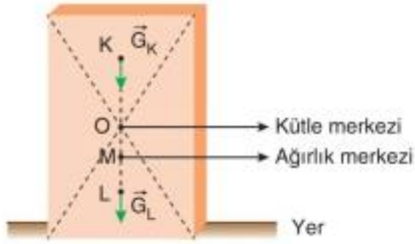
- g → m/s^2 veya N/kg
- m → kg
- G → N

Cisimleri oluşturan tüm parçacıkların bir ağırlığı vardır. Bu parçacıkların tümünün ağırlık kuvveti düşey ve aynı yönlüdür. Bu kuvvetlerin bileşkesi cismin ağırlık kuvvetini, bileşke kuvvetin uygulama noktası ise cismin .... yerini verir. Yer çekimi olmadığı alanlarda cisimlerin ağırlığı olmayacağından ağırlık merkezinden söz edilemez. Fakat ağırlık olmasa da cisimlerin kütlesi olacağından ortak kütlelerin bir merkezi olmalıdır. Bir cismin sahip olduğu tüm kütlelerin toplandığı ortak nokta olarak kabul edilen yere .... denir. Düzgün geometrik şekle sahip homojen cisimlerde kütle merkezi cisimlerin geometrik merkezidir.

UYARI

Kütle merkezi, skaler bir büyüklüğün merkezidir. Ağırlık merkezi ise vektörel olan ağırlık kuvvetinin uygulama merkezidir.

Bir noktadaki yer çekimi ivmesinin büyüklüğü, o noktanın gezegenin merkezine olan uzaklığına bağlıdır. Gezegenin yüzeyinden uzaklaştıkça çekim ivmesinin büyüklüğü azalır. Yeryüzünde bulunan bir cismin alt noktalarında bulunan eşit kütlelere uygulanan çekim kuvveti, üst noktalarında bulunan eşit kütlelere uygulanan çekim kuvvetinden fazladır. Dolayısıyla cismin ağırlık kuvvetlerinin bileşkesinin uygulama noktası yani ağırlık merkezi cismin kütle merkezinin alt tarafında olacaktır.



Kütle merkezi O noktası olan homojen ve düzgün geometrik şekle sahip cismin kütle merkezinin üzerinde kalan parçaların ağırlığı (G_K), kütle merkezinin altında kalan parçaların ağırlığından (G_L) küçük olacağından ağırlık merkezi (M noktası) aşağı kayar.

UYARI

Kütle merkezi çekim ivmesinin değişiminden etkilenmez. Kütle merkezi daima cisimlerin geometrik merkezidir. Fakat ağırlık merkezi çekim ivmesinin değişiminden etkileneceğinden kütle merkezi ile ağırlık merkezi daima aynı noktada olmaz.

Dünya yüzeyinden oldukça yükseklere çıkan gökdelen gibi yapılarda kütle merkezi ile ağırlık merkezi aynı noktada değildir.

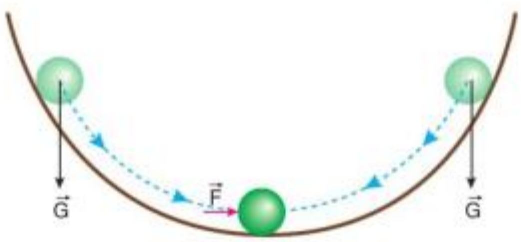
Kararlı, Kararsız ve Doğal Denge

Statik (durgun) dengede olan cisimler kararlı, kararsız veya doğal denge durumunda olabilir.

Kararlı Denge

Dengede olan cisme bir dış kuvvet etki ettiğinde cisim denge konumundan uzaklaşabilir. Bu durumda cisme etkiyen kuvvet ya da tork cismi eski denge konumuna geri getirir. Bu denge durumuna **kararlı denge** denir.

Kararlı dengede olan cisimler denge noktasından uzaklaştırıldığında cismin ağırlık kuvveti bir tork oluşturur. Bu torkun etkisinde cisim denge konumuna geri döner.



Şekilde verilen çanağın içinde bulunan küreye $\vec{F}$ kuvveti etki ettiğinde kürenin dengesi bozulur. Kürenin ağırlık kuvveti temas noktasına göre tork oluşturarak küreyi denge konumuna geri getirir.

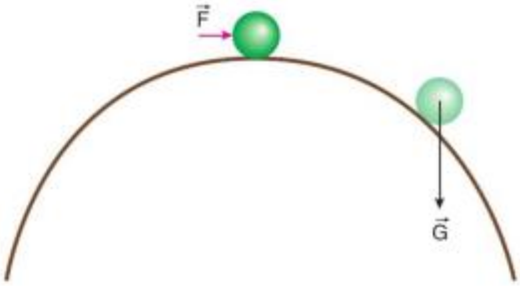
UYARI

Ağırlık merkezinin üzerinde bir noktadan asılan cisimler kararlı dengededirler. Bu cisimlerin dengesi bozulsada eski denge konumuna tekrar gelirler.

Şekilde verilen oyuncağın devrilmemesinin nedeni, ağırlık merkezinin alt tarafta yani devrilme noktasının altında bir noktada olmasıdır.

Kararsız Denge

Dengede olan bir cisme bir dış kuvvet etki ettiğinde cismin dengesi bozulur ve cisim eski konumuna geri dönemez. Bu denge durumuna **kararsız denge** denir.



Şekilde verilen çanağın üzerinde bulunan küreye küçük bir $\vec{F}$ kuvveti etki ettiğinde kürenin dengesi bozulur. Kürenin ağırlık kuvveti, küreyi denge konumundan uzaklaştıracak şekilde tork oluşturacağından küre eski konumuna dönemez.

UYARI

Cisimler asıldığında ağırlık merkezleri asıldığı nokta ile aynı hizada ve asıldığı noktanın üzerinde ise bu cisimler kararsız dengededir.

Doğal Denge

Dengede olan bir cisim denge konumundan uzaklaştırıldığında da dengede kalıyor ise bu cismin dengesine **doğal denge** denir.

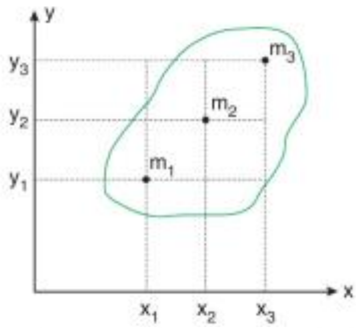
Yatay düzlemde bulunan küreye $\vec{F}$ kuvveti etki ettiğinde kürenin konumu değişir fakat denge durumu değişmez.

UYARI

Cisimler ağırlık merkezlerinden asıldığında doğal dengededirler. Cisimlerin konumları değişse de denge durumları değişmez.

Kütle Merkezi ve Ağırlık Merkezinin Koordinatlarının Bulunması

Çekim ivmesinin sabit olduğu kabul edilen bir alanda cisimlerin kütle merkezi ile ağırlık merkezi çakışıktır. Bir cismin pek çok küçük noktasal parçacıktan oluştuğu kabul edilirse bu parçacıkların ağırlıkları toplamının uygulama noktasının koordinatları cismin ağırlık merkezini verir.



x - y koordinat düzleminde bulunan bir cismin tüm parçacıklarının koordinatları (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) ... (x_n, y_n) olduğu düşünülüp n tane parçacık için $G = m \cdot g$ olduğundan;

Kütle merkezinin x ekseni üzerindeki yeri;

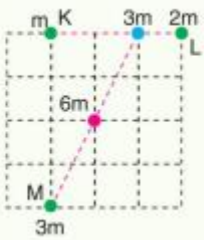
$$x = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + \ldots + (m_n \cdot x_n)}{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots + m_n}$$

Kütle merkezinin y ekseni üzerindeki yeri;

$$y = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3 + \ldots + (m_n \cdot y_n)}{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots + m_n}$$

ile bulunur.

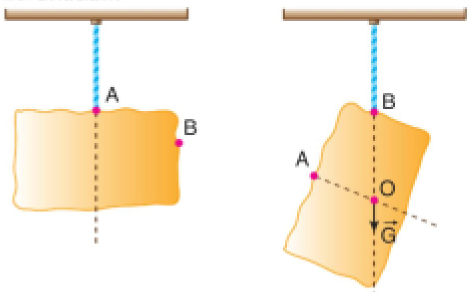
UYARI



Eşit karelere bölünmüş düzlemde verilen noktasal kütlelerin ortak kütle merkezinin yeri, kendi içlerinde ikişerli bulunarak elde edilebilir.

Düzgün Geometrik Şekle Sahip Olmayan Cisimlerin Kütle Merkezinin Bulunması

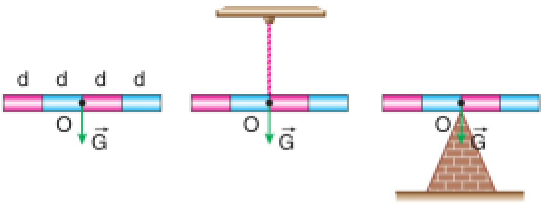
Belirli bir geometrik şekli olmayan cisimlerin kütle merkezi bulunurken cisim herhangi bir noktasından asıldığında ipin doğrultusu cismin kütle merkezinden geçmek zorundadır.



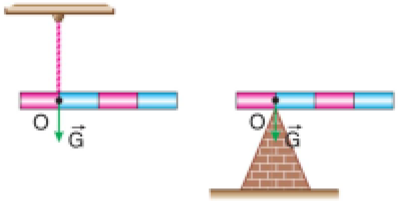
Belirli bir şekli olmayan cisim en az iki kere farklı noktadan ip ile asılıp ipin uzantısı çizilir. İpin uzantılarının kesiştiği yer cismin kütle merkezini verir.

Düzgün Geometrik Şekle Sahip Cisimlerin Kütle Merkezi

1) Homojen bir çubuğun kütle merkezi tam ortasıdır.

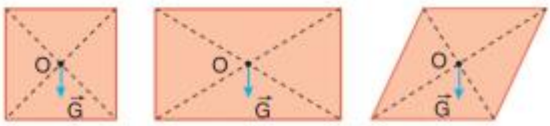


Çubuk homojen değil ise kütle merkezi,

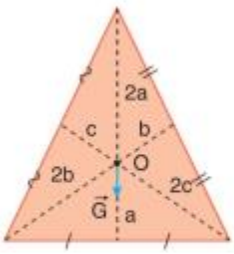


asıldığında ya da destek üzerine konulduğunda dengeye geldiği yerdir.

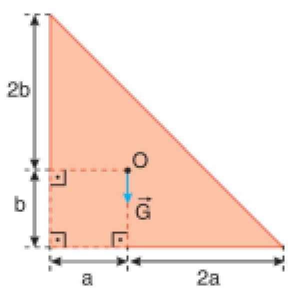
2) Homojen kare, dikdörtgen veya paralelkenar şeklindeki levhaların kütle merkezi köşegenlerinin kesiştiği yerdir.



3) Homojen üçgen levhanın kütle merkezi kenarortaylarının kesim noktasıdır.



Bu nokta seçilen köşeden 2 birim altta, köşenin karşısındaki kenardan 1 birim yukarıdadır.

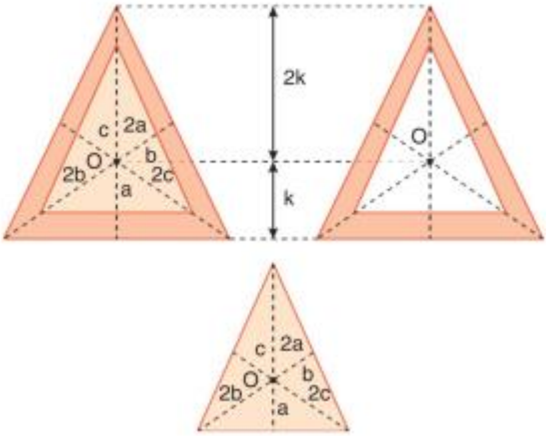


Dik üçgende, dik kenarlar üç eşit parçaya bölünür.

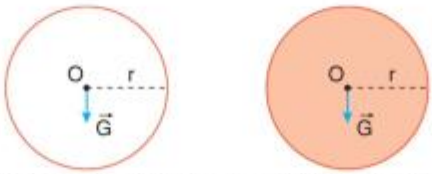
Dik köşeden 1'er birim uzaktaki noktaların kenarlara dik uzantılarının kesiştiği yer kütle merkezini verir.

UYARI

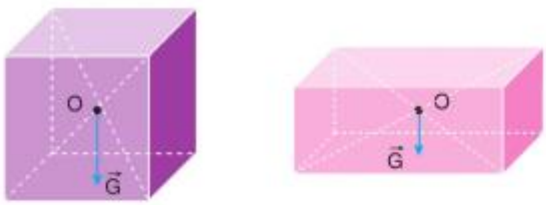
Homojen bir levhadan kütle merkezi, levhanın kütle merkezi ile aynı olan bir parça çıkarıldığında kalan parçanın kütle merkezinin yeri değişmez.

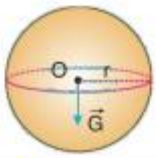


4) Homojen, kalınlığı değişmeyen bir telden yapılan çember veya homojen levhadan kesilmiş dairenin kütle merkezi geometrik merkezleridir.



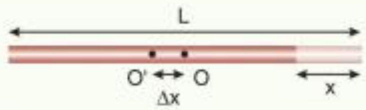
5) Homojen küp, dikdörtgenler prizması gibi cisimlerin, cisim köşegenlerinin kesim noktası, kürenin ise geometrik merkezi kütle merkezidir.





UYARI

Boyu L olan homojen bir telin ucundan x kadar parça kesilip atıldığında,

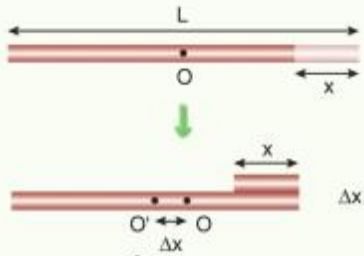


$\Delta x = \frac{x}{2}$

Kalan parçanın ağırlık merkezi, başlangıçtaki ağırlık merkezinin $\frac{x}{2}$ uzağına kayar.

UYARI

Boyu L olan homojen bir telin ucundan x kadar parça telin üzerine katlanırsa,



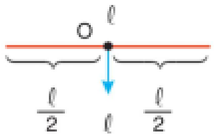
$\Delta x = \frac{x^2}{L}$

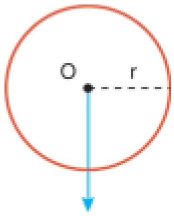
ağırlık merkezi $\frac{x^2}{L}$ kadar yer değiştirir.

Birleştirilmiş Sistemlerin Kütle Merkezlerinin Bulunması

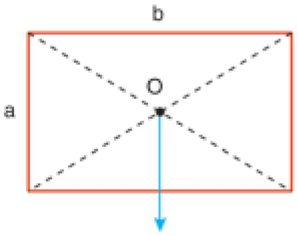
Birden fazla cismin bulunduğu sistemlerde ortak kütle merkezi bulunurken öncelikle her parçanın kendi kütle merkezi bulunup ağırlık kuvvetleri gösterilir. Daha sonra bu kuvvetlerin bileşkesinin uygulanma noktası bulunur. Uygulama noktası sistemin kütle merkezinin yeridir.

1) Kalınlığı değişmeyen homojen bir telden kesilen parçalardan oluşturulan sistemlerde parçaların ağırlıkları boyları ile doğru orantılıdır.



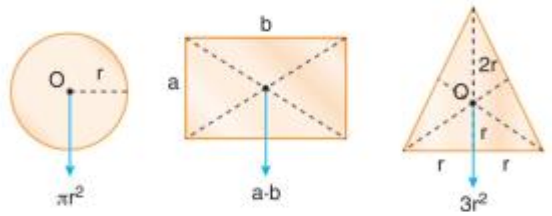


$2\pi r$
Çember



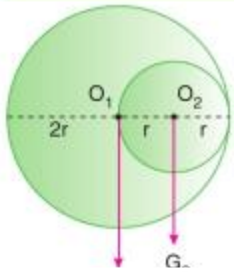
2(a + b)
Dikdörtgen çerçeve

2) Kalınlığı değişmeyen homojen levhalardan oluşturulan sistemlerde parçaların ağırlıkları alanları ile doğru orantılıdır.

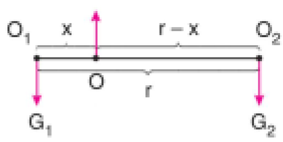


UYARI

Bir sisteme dışarıdan parça eklendiğinde yeni sistemin ağırlık merkezi bulunurken, eski sistemin ağırlık kuvveti ile eklenen parçanın ağırlık kuvvetinin bileşkesinin uygulanma noktası yeni ağırlık merkezinin yerini verir.



İlk ağırlık merkezi O_1 olan dairenin üzerine ağırlık merkezi O_2 olan daire eklendiğinde,

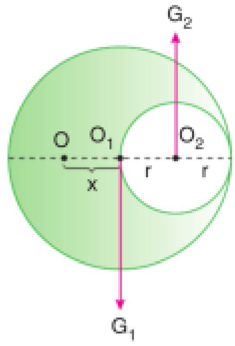


$G_1 \cdot x = G_2(r - x)$

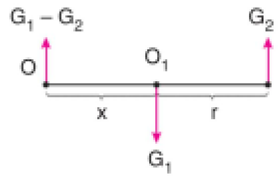
O'ya göre tork alınarak yeni ağırlık merkezinin O_1'e olan uzaklığı bulunur.

UYARI

Bir cisimden veya birleştirilmiş bir sistemden parça çıkarıldığında toplam ağırlık azalacağından çıkan parça veya parçaların ağırlık kuvvetleri düşey yukarı yönde gösterilir. Yeni sistemin ağırlık merkezi, kalan parçalar ve çıkan parçaların ağırlık kuvvetlerinin bileşkesinin uygulama noktasıdır.



Ağırlık merkezi O_1 olan levhadan, ağırlık merkezi O_2 olan levha çıkarıldığında kalan parçanın ağırlık merkezi O_1 in soluna kayar. Sistemin yeni ağırlık merkezi olan O'ya göre tork alındığında,

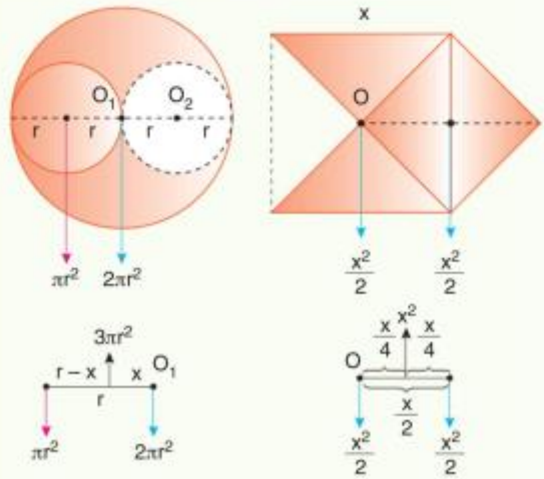


$G_1 \cdot x = G_2 \cdot (r + x)$

yeni ağırlık merkezinin O_1'e olan uzaklığı bulunur.

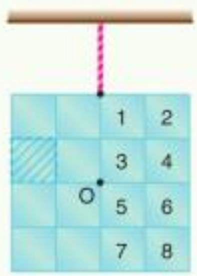
UYARI

Çıkan veya eklenen parçalar sonucunda yeni oluşan sistemde simetrik parçalar oluşturularak yeni sistemin ağırlık merkezi bulunabilir.

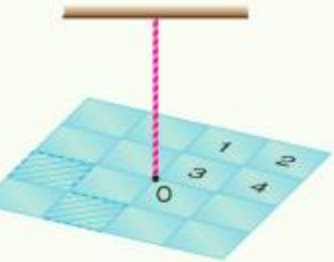


UYARI

Eşit karelere bölünmüş homojen kare levhadan taralı parça kesilip atıldığında,

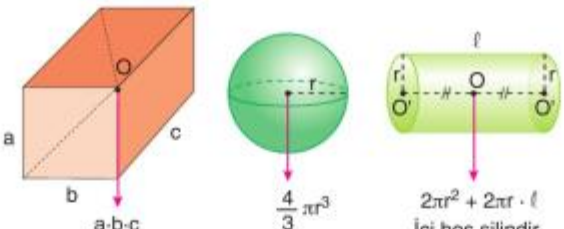


I) Levhanın dengesinin bozulmaması için ipin uzantısına göre toplam torkun sıfır olması gerekir. Bu yüzden taralı parça çıktığında 2, 4, 6 ve 8 nolu parçalardan herhangi biri ya da 1, 3, 5 ve 7 nolu parçalardan herhangi üçünün aynı anda çıkarılması sonucunda levhanın dengesi bozulmaz.
II) Levhanın ağırlık merkezinin yerinin değişmemesi için çıkan parçanın O'ya göre simetriği olan 6 nolu parça çıkarılmalıdır.



Eşit bölmeli homojen levha ağırlık merkezinden asıldığında, dengenin bozulmaması için ya da ağırlık merkezinin değişmemesi için çıkan taralı parçaların O'ya göre simetriği çıkarılır. (1, 4) veya (2, 3)

3) Düzgün geometrik şekle sahip cisimlerden oluşturulan sistemlerde parçaların ağırlıkları, içleri dolu ise hacmi ile içleri boş ise yüzey alanları ile doğru orantılıdır.



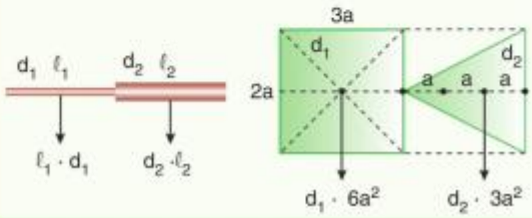
İçi dolu dikdötgenler prizması

İçi dolu küre

İçi boş silindir.

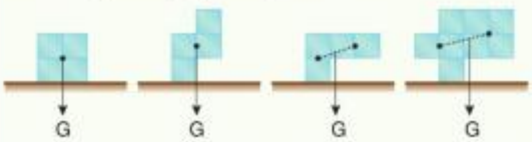
UYARI

Farklı maddelerden oluşturulan sistemlerde cisimlerin ağırlığı bulunurken, cisimlerin yoğunluğu, boyu veriliyor ise boyu ile, alanı veriliyor ise alanı ile, hacmi veriliyor ise hacmi ile çarpılır.



UYARI

Bir cismin yatay zemin üzerinde devrilmeden durabilmesi için cismin ağırlık merkezinin düşey doğrultusunun cismin yatay zemine temas eden yüzey alanının içinden geçmesi gerekir.



Basit Makineler

Günlük yaşamda yaptığımız işleri kolaylaştıran genellikle insan gücü ile çalışan düzeneklere **basit makineler** denir. .... genellikle büyük kuvvet gerektiren işleri daha küçük bir kuvvet kullanarak yapmamızı sağlar. Kaldıraçlar, makaralar, palangalar, eğik düzlem, kasnaklar, dişli çarklar, çıkrık ve vida belli başlı basit makinelerdir. İş kolaylığı sağlamak için tasarlanan basit makineler, işin yapılması için gerekli enerjiden yani işten tasarruf sağlamaz. İdeal bir basit makinede kuvvetin yaptığı iş yükün yaptığı ise eşittir. Basit makineler kuvvetin yönünü veya büyüklüğünü değiştirerek iş kolaylığı sağlar.

Basit makinelerde genellikle kuvvetten kazanç elde edilip yoldan kaybedilir. Fakat kuvvetten kayıp yoldan kazanç sağlanan durumlarda vardır.

Basit makineler iki prensibe göre çalışır:

a) Tork Prensibi

$$\text{Kuvvet} \cdot \text{Kuvvet Kolu} = \text{Yük} \cdot \text{Yük kolu}$$

Denge noktasına göre, kuvvetin oluşturduğu torkun büyüklüğü yükün oluşturduğu torkun büyüklüğüne eşittir.

b) İş Prensibi

$$\text{Kuvvet} \cdot \text{Kuvvet Yolu} = \text{Yük} \cdot \text{Yük yolu}$$

.... yaptığı iş, ... yaptığı işe eşittir.

Kuvvet Kazancı (Mekanik Avantaj)

Tork prensibine göre kuvvetin uygulama noktasına olan uzaklığının artması kuvvetin büyüklüğünü azaltır. Kuvvetin azalması kuvvet kazancını yani mekanik avantajı artırır.

$$\text{Kuvvet Kazancı} = \frac{\text{Yük}}{\text{Kuvvet}} = \frac{G}{F}$$

Büyük bir yük daha küçük bir kuvvet ile dengelendiğinde kuvvetten kazanç elde edilir.

Örneğin ağırlığı G olan bir cisim $\frac{G}{2}$ büyüklüğündeki kuvvet ile dengelendiğinde,

$$\text{Kuvvet Kazancı} = \frac{G}{\frac{G}{2}} = 2 \text{ olur.}$$

Bu durumda kuvvetten iki katlık bir kazanç elde edilir. Basit makinelerde işten tasarruf olmayacağından,

$$\text{Kuvvet} \cdot \text{Kuvvet Yolu} = \text{Yük} \cdot \text{Yük yolu}$$

$$\frac{G}{2} \cdot \underbrace{\text{Kuvvet yolu}}_{2x} = G \cdot \underbrace{\text{Yük yolu}}_{x}$$

yük x yolunu aldığında kuvvet 2x yolunu almıştır. Sonuç olarak, kuvvetten kazanç kadar yoldan kayıp vardır.

Verim

Sürtünmelerin ihmal edildiği bir durumda bir basit makineye verilen enerji, basit makineden alınan enerjiye eşittir. Bu durumda verim %100 olur. Günlük hayatta sürtünmesiz bir basit makine olamayacağından verilen enerjinin bir kısmı sürtünmeden dolayı ısıya dönüşür. Dolayısı ile basit makinenin verimi azalır. Basit makinelerde verim,

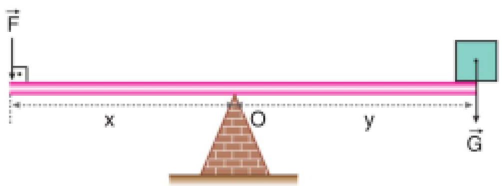
$$\% \text{ Verim} = \frac{\text{Alınan Enerji}}{\text{Verilen Enerji}} \cdot 100 \text{ ya da}$$

$$\% \text{ Verim} = \frac{\text{Yükün Yaptığı iş}}{\text{Kuvvetin Yaptığı iş}} \cdot 100 \text{ ile hesaplanır.}$$

A. KALDIRAÇLAR

Bir destek noktası üzerinde serbestçe hareket edebilen sistemlere kaldıraç denir. Kaldıraçlar; kuvvetin, yükün ve desteğin uygulanma noktasına göre üç çeşittir.

1. Desteğin Yük ile Kuvvet Arasında Olduğu Kaldıraçlar



F kuvveti G ağırlığındaki yükü ağırlığı önemsiz çubuk yardımı ile dengede tutuyor ise O noktasına göre toplam tork sıfırdır.

Bu durumda,

$F \cdot x = G \cdot y$ olur.

$x = y \Rightarrow F = G$ (Kuvvetten kazanç yoktur.)

$x > y \Rightarrow F < G$ (Kuvvetten kazanç, yoldan kayıp vardır.)

$x < y \Rightarrow F > G$ (Kuvvetten kayıp, yoldan kazanç vardır.)

Tahteravalli, eşit kollu terazi, makas, pense ve levye desteğin arada olduğu kaldıraçlara örnek olarak verilebilir.


Tahterevalli

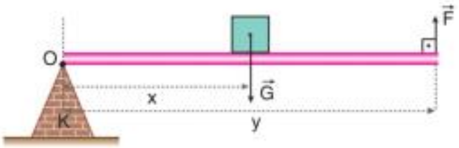

Eşit Kolu Terazi


Makas


Pense


Levye

2. Yükün Destek İle Kuvvet Arasında Olduğu Kaldıraçlar



F kuvveti, ağırlığı önemsiz çubuk yardımı ile G ağırlığındaki yükü dengede tutuyor ise O noktasına göre toplam tork sıfırdır.

Bu durumda,

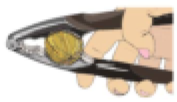
$F \cdot y = G \cdot x$ olur.

$y > x$ olduğundan $F < G$'dir. (Kuvvetten kazanç, yoldan kayıp vardır.)

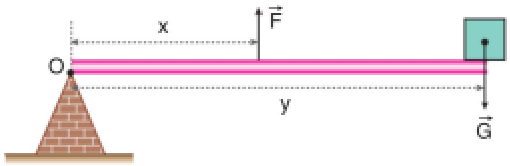
El arabası, gazoz açacağı ve ceviz kıracağı bu tür kaldıraçlara örnek verilebilir.


El Arabası


Gazoz Açacağı


Ceviz Kıracağı

Kuvvetin Destek İle Yük Arasında Olduğu Kaldıraçlar



F kuvveti, ağırlığı önemsiz O noktasından desteğe bağlı çubuk yardımı ile G ağırlığındaki yükü dengede tutuyor ise O noktasına göre toplam tork sıfırdır.

Bu durumda,

$F \cdot x = G \cdot y$ olur.

$y > x$ olduğundan $F > G$'dir. (Kuvvetten kayıp yoldan kazanç vardır.)

Cımbız, maşa ve kürek bu tip kaldıraçlara örnek olarak verilebilir.


Cımbız

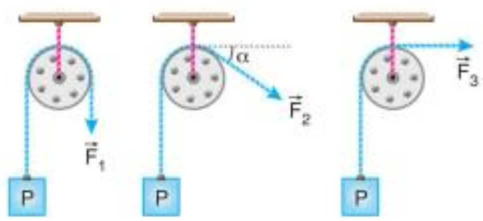

Maşa


Kürek

B. SABİT VE HAREKETLİ MAKARALAR

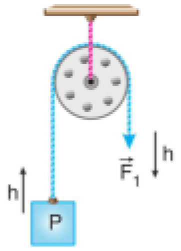
Sabit Makara

Ekseninden geçen bir mil yardımı ile yalnızca dönme hareketi yapan makaralara **sabit makara** denir.

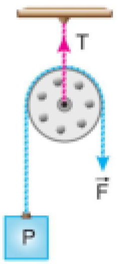


$$F_1 = F_2 = F_3 = P$$

Sabit makarada, F = P olduğundan kuvvetten kazanç ya da yoldan kazanç yoktur. Sabit makaralar kuvvetin yönünü değiştirerek iş kolaylığı sağlar.



Sabit makarada, F kuvveti h kadar yol aldığında P yükü de h kadar yol alır.

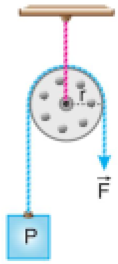


Makarayı tavana bağlayan ipte oluşan gerilme kuvvetinin büyüklüğü,

Makara ağırlıksız ise, T = P + F

F = P olduğundan T = 2P olur.

Makara ağırlıklı ise, $T = P + F + P_M$ ile hesaplanır.



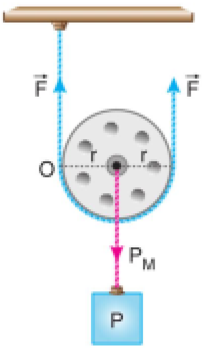
F kuvvetinin büyüklüğü makaranın ağırlığına bağlı değildir.

P yükünün yükselme miktarı, makaranın ağırlığına ve yarıçapına bağlı değildir.

Yarıçapı r olan bir makaranın üzerinden çekilen ip makaraya n tur attırır. F kuvveti ipi h kadar çektiğinde, $n = \frac{h}{2\pi r}$ ile bulunur.

UYARI

Makara ağırlığı ve makaranın yarıçapı yükselme veya alçalma miktarını etkilemez.



Makara ağırlıklı olduğu durumda,

$2F = P + P_M$

$F = \frac{P + P_M}{2}$ ile hesaplanır.

Aynı zamanda sistem dengede olduğundan O noktasına göre toplam tork sıfırdır.

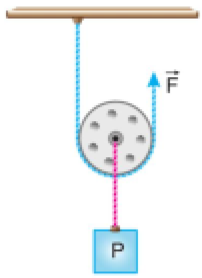
Buna göre,

$F \cdot 2r = P \cdot r + P_M \cdot r$

$F = \frac{P + P_M}{2}$ ile de hesaplanabilir.

Hareketli Makara

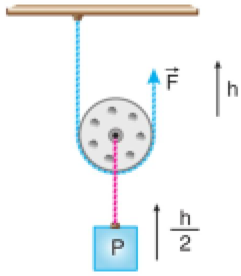
Çevresinden geçen ip yardımı ile yükü hareket ettirirken hem dönme hem de öteleme hareketi yapan makaraya **hareketli makara** denir. Hareketli makarada kuvvetten kazanç sağlanır.



Makara ağırlığının önemsenmediği sürtünmesiz sistemde P yükü F kuvveti ile dengeleniyor ise,

2F = P

$F = \frac{P}{2}$ olur.



$\text{Kuvvet Kazancı} = \frac{\text{Yük}}{\text{Kuvvet}}$

$\text{Kuvvet Kazancı} = \frac{P/2}{P}$

$= 2$ kat

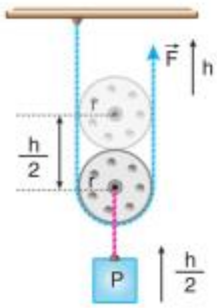
Kuvvetten 2 kat kazanç elde edileceğinden yoldan iki kat kaybedilir.

İş prensibine göre,

Kuvvet · Kuvvet Yolu = Yük · Yük Yolu

$\frac{P}{2} \cdot \underbrace{\text{Kuvvet Yolu}}_{h} = P \cdot \underbrace{\text{Yük Yolu}}_{\frac{h}{2}}$

Bu durumda, kuvvetin etki ettiği ip h kadar düşey yukarı çekildiğinde yük ve makara $\frac{h}{2}$ kadar düşey yukarı yükselir.



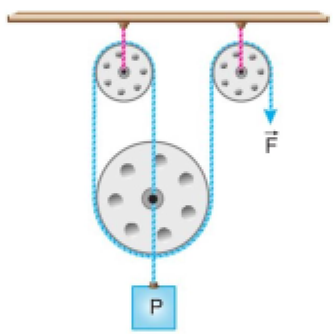
Kuvvet h kadar çekildiğinde makara ve yük h/2 kadar yükselir. Makaranın üzerinden geçen ip h/2 kadar olacağından makaranın tur sayısı n,

$n = \frac{h/2}{2\pi r}$ ile bulunur.

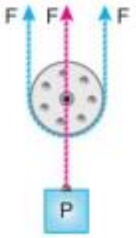
C. PALANGALAR

En az iki (bir hareketli ve bir sabit) ya da daha fazla makaranın bir araya gelmesi ile oluşturulan, ağır cisimleri kaldırmak için kullanılan sistemlere **palanga** denir.

Günlük yaşamda; inşaatlarda, asansörlerde, vinçlerde, gemilerde, madenlerde ve daha pek çok yerde kullanılır.



Ağırlığı önemsiz makara sistemlerinde yükü dengeleyen $\vec{F}$ kuvvetinin büyüklüğü bulunurken, yükü taşıyan makaradaki ip sayısı kadar düşey yukarı yönlü kuvvetin toplam büyüklüğü yüke eşitlenir.



$3F = P$

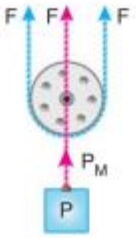
Kuvvet Kazancı $= \dfrac{P}{P/3}$

$F = \dfrac{P}{3}$ bulunur.

$= 3$ kat

Kuvvetten 3 katlık kazanç olması yoldan 3 katlık kayba neden olur.

$\vec{F}$ kuvvetinin bağlı olduğu ip h kadar çekildiğinde yük h/3 kadar yükselir.



Makaraların ağırlıklı olduğu durumda,

$3F = P + P_M$

$F = \dfrac{P + P_M}{3}$ olur.

Makaraların ağırlıklı olması yükselme miktarını ve makaraların tur sayısını etkilemez. $\vec{F}$ kuvvetinin bağlı olduğu ip h kadar çekildiğinde yük h/3 kadar yükselir.

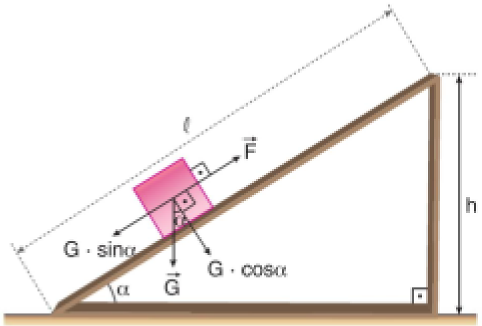
UYARI

Makara ağırlığı olan sistemde yükün yükselme miktarı bulunurken, makara ağırlıkları ihmal edilip kuvvet kazancı bulunduktan sonra kuvvetten kazanç kadar yoldan kayıp olacağına ulaşılabilir.

Eğik Düzlem

D. EĞİK DÜZLEM

İki ucu arasında düşey fark bulunan eğimli yola .... denir. Eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim çekilerek veya itilerek bulunduğu yerden yükseğe çıkarılır. Sürtünmesiz bir eğik düzlemde kuvvetten kazanç sağlanır. Eğik düzlemin eğim açısı azaltılıp eğimli yol artırıldığında yoldan kayıp artar fakat cismi hareket ettiren kuvvetin büyüklüğü azalır.



Sürtünmesiz eğik düzlemde $\vec{G}$ ağırlıklı cisim $\vec{F}$ kuvveti tarafından sabit hızla yükseltiliyor ise,

$F = G \cdot \sin\alpha$ olur.

$\sin\alpha = \dfrac{h}{\ell}$ olduğundan

$F = G \cdot \dfrac{h}{\ell}$

$\boxed{F \cdot \ell = G \cdot h}$ olur.

Kuvvet Kazancı $= \dfrac{G}{F} = \dfrac{\ell}{h}$ dır.

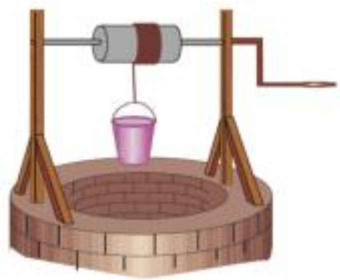
Eğik düzlemde, kuvvetin yaptığı iş yükün kazandığı kinetik enerjiye eşittir.

Günlük yaşamda, engelli rampaları, vida, yük rampaları, merdiven gibi örnekleri vardır.

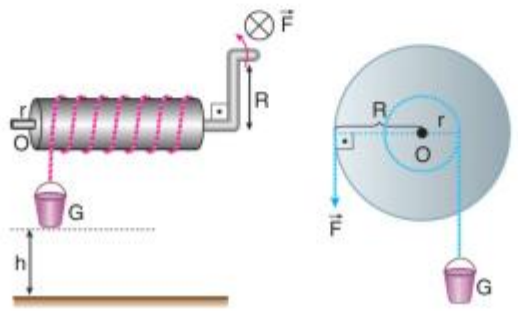
UYARI

Sürtünmesiz eğik düzlemde kuvvet kazancı cismin ağırlığına bağlı değildir.

E. ÇIKRIK



Aynı dönme eksenine sahip üzerine ip veya zincir sarılmış bir silindir ile döndürme kolundan oluşan düzeneğe **çıkrık** denir. Su kuyularında, bisiklet pedalında, kapı kolunda ve anahtarında, araba direksiyonunda ve musluk başlıklarında çıkrık sistemi vardır.



Çıkrık sisteminde yük ile yükü dengeleyen kuvvet zıt döndürme yönlüdür. Sistem dengede olduğunda O noktasına göre toplam tork sıfır olacağından,

$\boxed{F \cdot R = G \cdot r}$ olur.

Silindire bağlı kol bir tur döndürüldüğünde yük silindirin çevresi kadar yükselir. Kol n tur attığında tur sayısı ile silindirin çevresinin çarpımı kadar yükselir.

$$\boxed{h = n \cdot 2\pi r}$$

UYARI

Çıkrık sisteminde yükün yükselme miktarı yalnızca silindirin yarıçapı r' ye ve n tur sayısına bağlıdır. Kuvvete, kuvvetin dönme eksenine uzaklığı R' ye ve yüke bağlı değildir.

UYARI

F kuvvetinin büyüklüğü artırıldığında yük hızlanacağından yükün birim zamanda aldığı yol artar. Fakat çıkrık kolu bir tur attığında yük yine $2\pi r$ kadar yol alır.

Çıkrık sisteminde sürtünmeler önemsenmediğinde kuvvetin yaptığı iş yükün kazandığı enerjiye eşittir.

$$\boxed{F \cdot 2\pi r = G \cdot h}$$

UYARI

Sürtünmesiz çıkrık sistemleri kuvvetten kazanç sağlar.

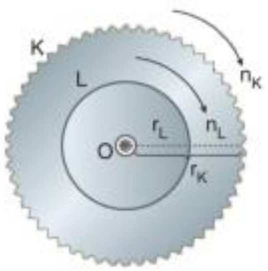
$\mathbf{F \cdot R = G \cdot r}$ olduğundan,

$\mathbf{K \cdot K = \frac{G}{F} = \frac{R}{r}}$ olur

F. DİŞLİ ÇARKLAR

Bir eksen etrafında serbestçe dönebilen yüzeyi dişler ile çevrili çarklara **dişli** denir. Birbirine geçen dişli çarklar eş zamanlı olarak dönerler. Dişli çarklar ile dönme yönü ve tur sayısı değiştirilir. Dişli çarklar torku ileten mekanik parçalardır.

Günlük hayatta saatlerde, araba motorları ve şanzımanlarında, bisikletlerde ve bunun gibi mekanizmalarda kullanılır.

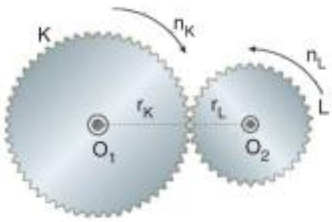


Merkezleri çakışık olan dişlilerin,

Dönme yönleri aynıdır.

Tur sayıları yarıçaplarından bağımsız ve eşittir.

$r_K > r_L$, $n_K = n_L$'dir.



Birbirine dıştan geçmiş dişlilerin,

Dönme yönleri zıttır.

Tur sayıları yarıçapları ya da diş sayıları ile ters orantılıdır.

$r_K > r_L$ ise $n_L > n_K$ dır.

$$\boxed{n_K \cdot r_K = n_L \cdot r_L}$$

f diş sayısı olmak üzere,

$\boxed{n_K \cdot f_K = n_L \cdot f_L}$ dir.

UYARI

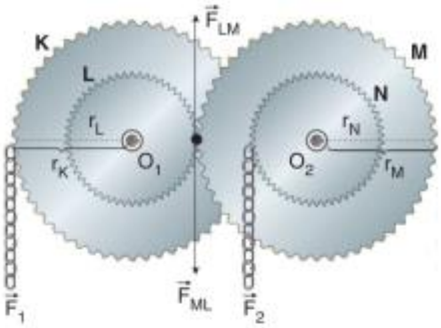
Özdeş dişlerden oluşan dişli çarkların diş sayısı yarıçapları ile doğru orantılıdır.

Enerjinin korunumuna göre, sürtünmenin ihmal edildiği durumda K dişlisinin yaptığı iş L dişlisinin yaptığı işe eşittir.

$F_K \cdot \cancel{2\pi} \cdot r_K \cdot n_K = F_L \cdot \cancel{2\pi} r_L \cdot n_L$

$r_K \cdot n_K = r_L \cdot n_L$ olduğundan $F_K = F_L$ olur.

Buradan sonuçla dişlilerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetin büyüklüğü eşittir.



Eş merkezli K ve L dişlileri ile eş merkezli M ve N dişlilerinden oluşan sistem dengede ise,

$F_{LM} = F_{ML}$ olur.

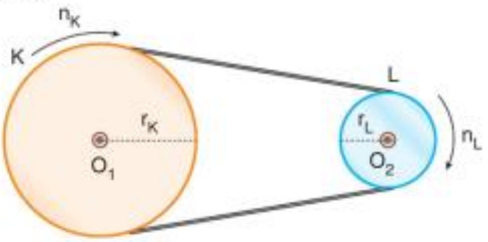
O_1 ve O_2'ye göre tork alındığında,

$F_1 \cdot r_K = F_{LM} \cdot r_L$ $\qquad$ $F_2 \cdot r_N = F_{ML} \cdot r_M$ olur.

G. KASNAKLAR

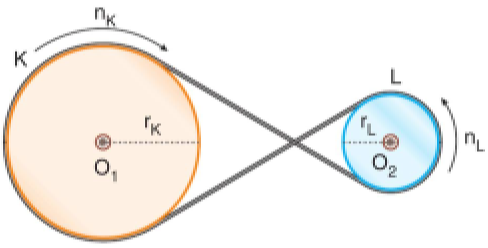
Bir eksen etrafında serbestçe dönebilen, etrafına kayış ya da ip sarılarak birbirlerine bağlanan, dönmeyi aktaran basit makinelere **kasnak** denir. Dişlilerde olduğu gibi dönme yönünü ve tur sayısını değiştirebilir. Enerjiyi aktarırlar.

Günlük hayatta, araç motorlarında, tarım aletlerinde, rüzgar tribünlerinde ve buna benzer pek çok alanda kullanılır.



Şekilde verilen düz bağlı kasnaklar aynı yöne dönerler. Kasnakların tur sayıları yarıçapları ile ters orantılıdır. Buna göre, $r_K > r_L$ ise $n_L > n_K$

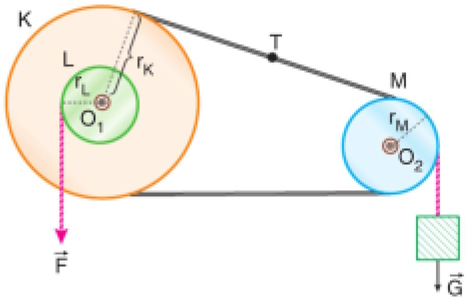
$\boxed{n_K \cdot r_K = n_L \cdot r_L}$ dir.



Şekilde verilen ters bağlı kasnaklar zıt yöne dönerler. Kasnakların tur sayıları yarıçapları ile ters orantılıdır. Buna göre,

$r_K > r_L$ ise $n_L > n_K$ $\qquad$ $\boxed{n_K \cdot r_K = n_L \cdot r_L}$ dir.

Enerjinin korunumuna göre, K kasnağının yaptığı iş, L kasnağının yaptığı işe eşittir. Kasnaklar üzerinde kayışın alacağı yol aynı olacağından kayışın her yerindeki gerilme kuvvetinin büyüklüğü eşittir.

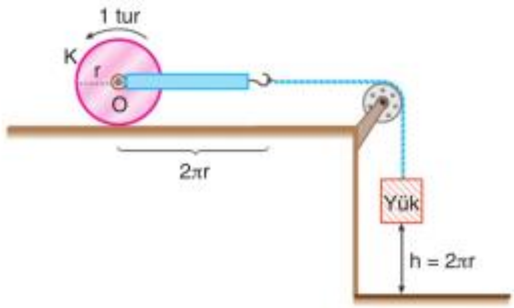


$\vec{F}$ kuvveti tarafından $\vec{G}$ ağırlığındaki cisim dengede ise,

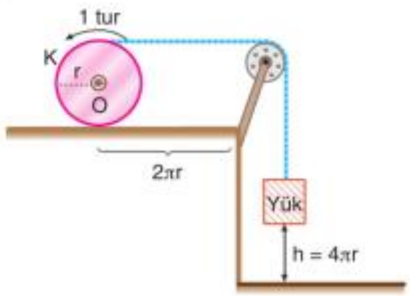
$F \cdot r_L = T \cdot r_K$ $\qquad$ $T \cdot r_M = G \cdot r_M$

$T = \frac{F \cdot r_L}{r_K}$ $\qquad$ $T = G$

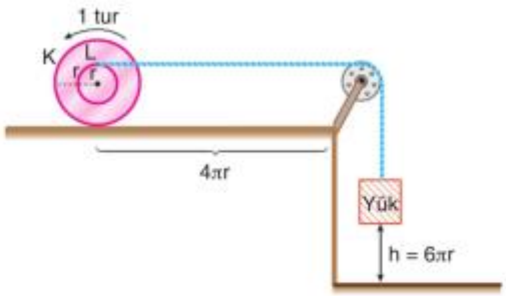
$\frac{F \cdot r_L}{r_K} = G \Rightarrow F \cdot r_L = G \cdot r_K$ olarak bulunur.



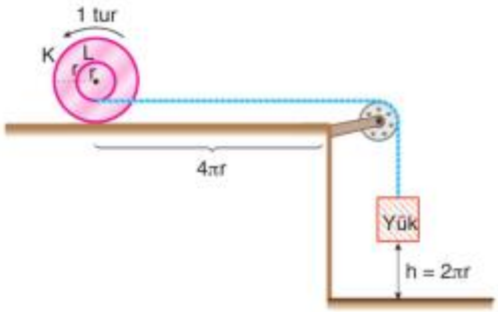
Merkezinden geçen bir mil yardımı ile kaymadan ilerleyen K kasnağı ok yönünde 1 tur attığında çevresi kadar ötelenir.



K kasnağı kaymadan ok yönünde 1 tur atarsa çevresi kadar ötelenir. Aynı zamanda ipi de çevresi kadar üzerine saracağından yük toplamda $4\pi r$ yükselir.



Eş merkezli K ve L kasnaklarından K kasnağı kaymadan ok yönünde 1 tur atarsa K kasnağının çevresi kadar ötelenir aynı zamanda ip L kasnağının çevresine saracağından yük toplamda $6\pi r$ yükselir.



Eş merkezli K ve L kasnaklarından K kasnağı ok yönünde kaymadan 1 tur attığında K kasnağının çevresi kadar ötelenir aynı zamanda L kasnağı ipi salacağından L kasnağı çevresi kadar ipi serbest bırakır. Yük $2\pi r$ yükselir.

UYARI

Şekilde verilen kasnak ok yönünde dönerken,

$\frac{1}{2}$ tur attığında 

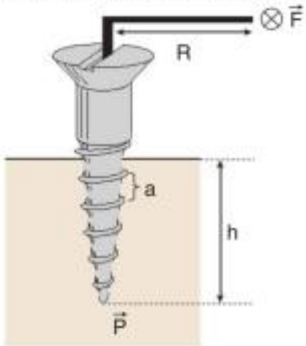
$\frac{1}{4}$ tur attığında 

$\frac{1}{8}$ tur attığında 

olacak şekilde görülür.

H. VİDA

Parçaları birleştirmek ya da tutturmak için kullanılan basit makinelere vida denir. Vidalar, eğik düzlemlerin bir silindir veya koni yüzeyine sarılması ile elde edilir.



a, vida adımıdır. Vida bir tam tur attığında vida a kadar ilerler. a vidanın yapılma özelliğine bağlıdır.

$\vec{P}$, vidanın girdiği yüzeyin vidaya uyguladığı tepki kuvvetidir. Vidayı döndüren kola etki eden kuvvetin yaptığı iş vidanın ilerlemesi için gerekli enerjiye eşit olacağından,

$\boxed{F \cdot 2\pi \cdot R = P \cdot a}$ olur.

Vida bir tur attığında a kadar ilerleyeceğinden n tur attığında,

$\boxed{h = n \cdot a}$ kadar ilerler.

UYARI

Vidanın ilerleme miktarı h, F, P ve R'ye bağlı değildir. Kuvvetin artması vidanın birim zamanda aldığı yolu artırır.

Vida, günlük yaşamda parçaların birleştirilmesinin yanında bir silindir içerisinde dönerek taşıma yapmak içinde kullanılır. Örneğin biçerdöverde buğdayı taşırken, kuyudan su çekerken, toprağı kazarken gibi pek çok yerde vida yapılı aletler kullanılır.