

asansör
eylemsiz $T - mg = ma \Rightarrow T = m(g+a)$

eylemsiz
(asansörde) $T - F_{\text{hagels}} = 0 \quad F_{\text{hagels}} = m(g+a)$
 $T = F_{\text{hagels}}$

Doğrusal Momentum ve Çarpışmalar

Doğrusal Momentum ve Korunumu

$\vec{v}$ hızı ile hareket eden m kütleli bir parçacığın doğrusal (lineer) momentumu kütle ve hızın çarpımı olarak tanımlanır.

$$\vec{p} \equiv m\vec{v} \quad (\text{kgm/s})$$



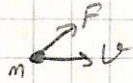
Bir parçacık rastgele bir yönde hareket ediyorsa $\vec{p}$ momentumu üç bileşene sahip olur.

$$\vec{p} = p_x \hat{i} + p_y \hat{j} + p_z \hat{k}$$

$$p_x = m v_x$$

$$p_y = m v_y$$

$$p_z = m v_z$$



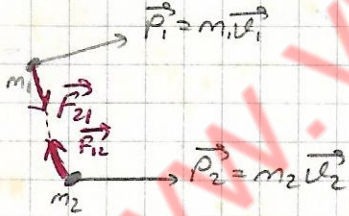
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$= \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

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

İki Parçacıklı Bir Sistem için Momentum Korunumu



$$\vec{p}_1 = m_1 \vec{v}_1$$

$$\vec{p}_2 = m_2 \vec{v}_2$$

$$\vec{F}_{12} = \frac{d\vec{p}_2}{dt}$$

$$\vec{F}_{21} = \frac{d\vec{p}_1}{dt}$$

Newton III

$$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0 \Rightarrow \frac{d\vec{p}_2}{dt} + \frac{d\vec{p}_1}{dt} = 0$$

$$\frac{d(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{p}_s = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \text{Sabit}$$

Sistemin toplam momentumu korunur ise toplam momentumun x, y ve z bileşenleri de korunur.

$$\sum_{\text{system}} p_{ix} = \sum p_{sx}$$

$$\sum_{\text{system}} p_{iy} = \sum p_{sy}$$

$$\sum_{\text{system}} p_{iz} = \sum p_{sz}$$

$$\begin{matrix} t_i \\ \downarrow \\ \vec{p}_{si} \end{matrix} = \begin{matrix} t_s \\ \downarrow \\ \vec{p}_{ss} \end{matrix} = \text{sbt}$$

$$\vec{p}_{2s} + \vec{p}_{1s} = \vec{p}_{1s} + \vec{p}_{2s} = \text{sbt}$$

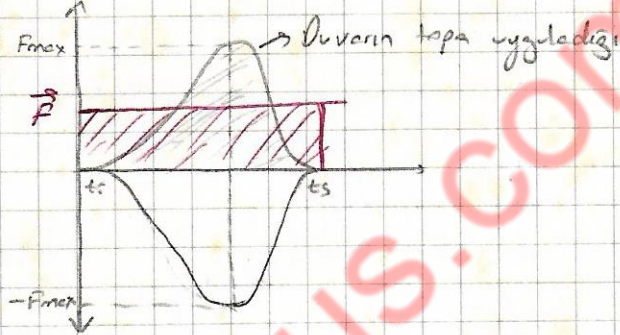
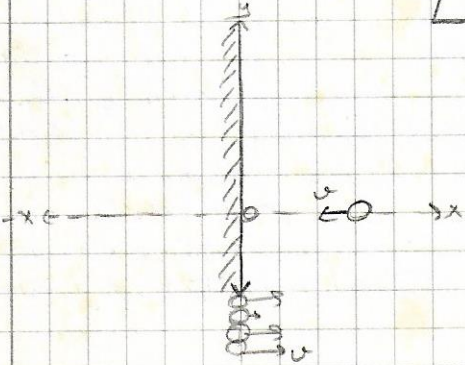
Momentum
Korunur.

Uçatılmış bir sistemde iki veya daha fazla parçacık etkileştiğinde sistemin toplam momentumu sabit kalır.

İtme (İmpulse) ve Momentum

$$F = \frac{dP}{dt} \Rightarrow \int_{P_i}^{P_s} dP = \int F dt \Rightarrow \Delta P = P_s - P_i = \int F(t) dt \equiv I(\text{itme})$$

$$I \equiv \Delta P = P_s - P_i = \int F(t) dt$$



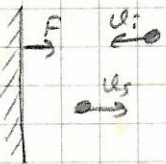
$$I = \Delta P = \int_{t_i}^{t_s} F(t) dt = \vec{F} \cdot \Delta t$$

$$\vec{F} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_i}^{t_s} \vec{F}(t) dt$$

Ortalama kuvvet

$$I = \Delta P = \vec{F}(\Delta t) = \vec{F}(t_s - t_i)$$

Örnek: 1500 kg kütleli bir oto sđeklele gibi bir duvara çarpır. Otomobilin ilk ve son hızları sırası ile $\vec{v}_i = -15 \hat{i} \text{ (m/s)}$, $\vec{v}_s = 2,6 \hat{i} \text{ (m/s)}$; çarpışma 0,15 s sürer ise çarpışma ile ilgili itme ve otomobile uyg. ort. kuvvet = ?



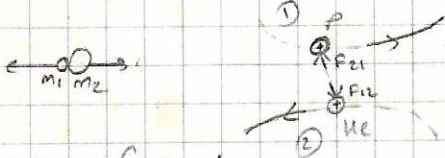
$$I = \Delta \vec{P} = \vec{P}_s - \vec{P}_i = m\vec{v}_s - m\vec{v}_i$$

$$= 1500(2,6 \hat{i}) - 1500(-15 \hat{i}) = 2,64 \cdot 10^4 \hat{i} \text{ (kg m/s)}$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{2,64 \cdot 10^4 \hat{i}}{0,15} = 1,76 \cdot 10^5 \hat{i} \text{ (N)}$$

Çarpışmalar

Çarpışma teorisi, iki parçacığın birbiri üzerine impulsif kuvvetler oluşturmaları kısa bir süre etkileşimlerini ifade eder.



$$\Delta P_1 = \int F_{12} dt$$

$$\Delta P_2 = \int F_{21} dt$$

Newton III

$$\Delta P_{12} = -\Delta P_{21}$$

$$\Delta P_1 + \Delta P_2 = 0$$

$$P_{1s} + P_{2s} - (P_{1i} + P_{2i}) = 0$$

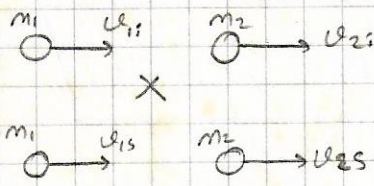
$$P_{1s} + P_{2s} = P_{1i} + P_{2i} = \text{skt}$$

$$\vec{P}_{\text{system}} = \vec{P}_{\text{system}}_i$$

$$(P_{1s} - P_{1i}) + (P_{2s} - P_{2i}) = 0$$

Bir Bapitta Esnek ve Esnek Olmayan Garpisimler

Esnek Garpisma = Toplam momentum ve toplam kinetik enerji garpisma öncesi ve sonrası sabittir.



$$\begin{aligned} \Delta P &= 0 \\ P_{si} - P_{si} &= 0 \\ P_{2i} - P_{2s} &= 0 \\ P_{1i} + P_{2s} &= P_{1s} + P_{2s} \\ m_1 u_{1i} + m_2 u_{2i} &= m_1 u_{1s} + m_2 u_{2s} \\ m_1 (u_{1i} - u_{1s}) &= m_2 (u_{2s} - u_{2i}) \end{aligned}$$

Enerji Korunur

$$\Delta E = 0 \Rightarrow E_s = E_i$$

$$E_i = E_s$$

$$E_{1i} + E_{2i} = E_{1s} + E_{2s}$$

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

$$u_{1i} + u_{1s} = u_{2s} + u_{2i}$$

$$u_{1i} - u_{2s} = -(u_{1s} - u_{2i})$$

Pencicilerin ilk hızları biliniyor ise;

$$u_{1s} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) u_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) u_{2i}$$

$$u_{2s} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) u_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) u_{2i}$$

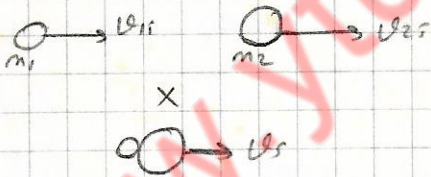
$$m_1 u_{1i}^2 + m_2 u_{2i}^2 = m_1 u_{1s}^2 + m_2 u_{2s}^2$$

$$m_1 (u_{1i}^2 - u_{1s}^2) = m_2 (u_{2s}^2 - u_{2i}^2)$$

$$m_1 (u_{1i} - u_{1s})(u_{1i} + u_{1s}) = m_2 (u_{2s} - u_{2i})(u_{2s} + u_{2i})$$

Tamamen Esnek Olmayan Garpisma

Garpisör cisimler garpisma sonrası yapışarak birlikte hareket ederler. Momentum korunur, mekanik enerji korunmaz.



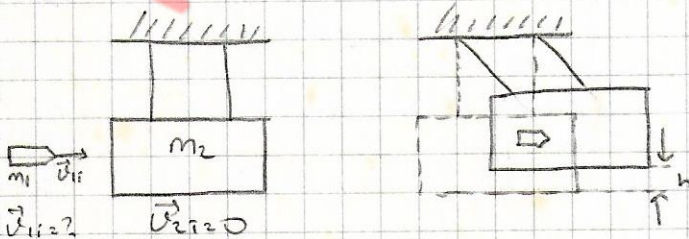
Momentum Korunur

$$P_i = P_s$$

$$m_1 u_{1i} + m_2 u_{2i} = (m_1 + m_2) u$$

$$u = \frac{m_1 u_{1i} + m_2 u_{2i}}{(m_1 + m_2)}$$

Örnekle Batistik Sorucu



$$K_s = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) u_{ort}^2 \rightarrow u_{ort} = \text{Garp. Sonrası Ortak hız}$$

$$u = (m_1 + m_2) gh$$

$$\Delta E = 0 \rightarrow E_i = E_s$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) u_{ort}^2 = (m_1 + m_2) gh$$

$$\text{Garpisma } \Delta P = 0 = P_s - P_i = 0$$

$$P_i = P_s \Rightarrow m_1 u_{1i} + m_2 u_{2i} = (m_1 + m_2) u_{ort}$$

$$u_{ort} = \frac{m_1 u_{1i}}{(m_1 + m_2)}$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) \left(\frac{m_1 u_{1i}}{m_1 + m_2} \right)^2 = (m_1 + m_2) gh$$

$$\frac{1}{2} \frac{m_1^2 u_{1i}^2}{(m_1 + m_2)} = (m_1 + m_2) gh$$

$$u_{1i}^2 = \frac{2}{m_1} \cdot (m_1 + m_2)^2 gh$$

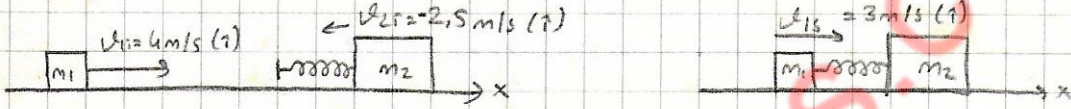
$$u_{1i} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1} \right) \sqrt{2gh}$$

Esnek Olmayan Çarpışma (inelastik)

Momentum korunduğu halde kinetik enerjinin çarpışma öncesi ve sonrası aynı olmadığı çarpışmadır.

Örnek: 4 m/s hızla sağ yöne hareket eden $m_1 = 1,60$ kg kütleli bir blok şeklindeki gibi sürtünmesiz yatay bir düzlem üzerinde 2,50 m/s hızla sola hareket eden $m_2 = 2,1$ kg kütleli ikinci bir bloğa tutturulmuş bir yay ile çarpışıyor. Yayın kuvvet sabiti 600 N/m'dir.

- a) m_1 kütlesinin sağa 3 m/s hızla hareket ettiği anda 2. bloğun hızı?
b) yaydaki sıkışma miktarını bulunuz.



$$a) m_1 u_{1i} + m_2 u_{2i} = m_1 u_{1s} + m_2 u_{2s}$$

$$(1,6 \text{ kg})(4 \text{ m/s}) + (2,1 \text{ kg})(-2,5 \text{ m/s}) = (1,6 \text{ kg})(3 \text{ m/s}) + (2,1 \text{ kg})(u_{2s})$$

$$u_{2s} = -1,74 \text{ m/s}$$

$$b) \frac{1}{2} m_1 u_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 u_{2i}^2 + \frac{1}{2} k x_i^2 = \frac{1}{2} m_1 u_{1s}^2 + \frac{1}{2} m_2 u_{2s}^2 + \frac{1}{2} k x_s^2$$

$$0 = 0 \quad x_s = 0,173 \text{ m}$$

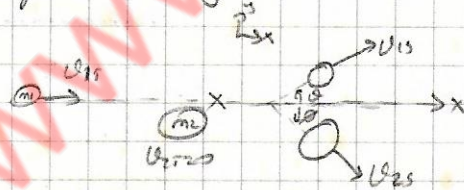
- c) m_2 durgun olduğu anda m_1 'in hızını ve yaydaki sıkışma miktarını bulunuz.

$$u_{1s} = 0,719 \text{ m/s}$$

$$x_s = 0,251 \text{ m}$$

İki Boyutta Çarpışmalar

x, y ve z doğrultularının her birinde toplam momentum korunur.



$$x: m_1 u_{1xi} + m_2 u_{2xi} = m_1 u_{1xs} + m_2 u_{2xs} = \text{sabit}$$

$$y: m_1 u_{1yi} + m_2 u_{2yi} = m_1 u_{1ys} + m_2 u_{2ys} = \text{sabit}$$

$$x: m_1 u_{1i} + m_2 \cdot 0 = m_1 u_{1s} \cos \theta + m_2 u_{2s} \cos \phi$$

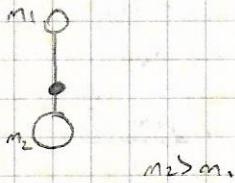
$$y: m_1 \cdot 0 + m_2 \cdot 0 = m_1 u_{1s} \sin \theta - m_2 u_{2s} \sin \phi$$

Eğer Çarpışma Esnek ise Kinetik Enerji Korunur.

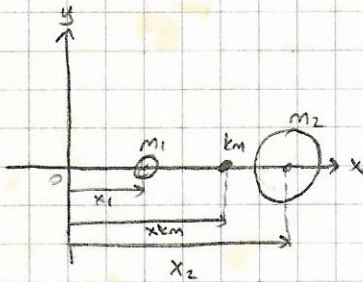
$$\frac{1}{2} m_1 u_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 u_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 u_{1s}^2 + \frac{1}{2} m_2 u_{2s}^2$$

Kütle Merkezi

Mekanik bir sistemin bütün hareketini temsil eden özel nokta.



1- Noktasal Parçacıkların Kütle Merkezinin Bulunması



$$(m_1 + m_2) x_{km} = m_1 x_1 + m_2 x_2$$

$$x_{km} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$x_{km} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_n x_n}{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

$$x_{km} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

$$\vec{r}_{km} = x_{km} \hat{i} + y_{km} \hat{j} + z_{km} \hat{k}$$

$$= \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \hat{i} + \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i} \hat{j} + \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i} \hat{k}$$

$$y_{km} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

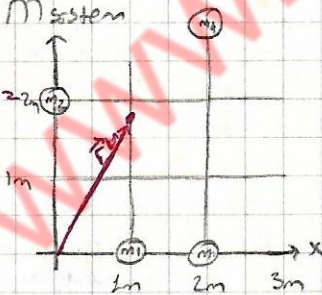
$$= \frac{1}{M} \left(\sum m_i x_i \hat{i} + \sum m_i y_i \hat{j} + \sum m_i z_i \hat{k} \right) = \frac{1}{M} (\sum m_i \vec{r}_i)$$

$$z_{km} = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}$$

$$\vec{r}_i = x_i \hat{i} + y_i \hat{j} + z_i \hat{k}$$

$$\sum m_i = M_{\text{system}}$$

Örnek 2:



$$\begin{aligned} m_1 &= 1 \text{ kg} \\ m_2 &= 1 \text{ kg} \\ m_3 &= 3 \text{ kg} \\ m_4 &= 2 \text{ kg} \end{aligned}$$

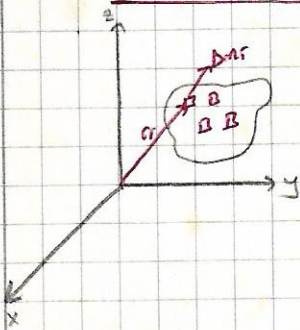
$$x_{km} = \frac{\sum_{i=1}^4 m_i x_i}{\sum_{i=1}^4 m_i} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + m_4 x_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

$$x_{km} = \frac{(1 \text{ kg})(1 \text{ m}) + (1 \text{ kg})(2 \text{ m}) + (3 \text{ kg})(0) + (2 \text{ kg})(0)}{(1 + 1 + 3 + 2)} = 1 \text{ m}$$

$$y_{km} = \frac{\sum_{i=1}^4 m_i y_i}{\sum_{i=1}^4 m_i} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + m_4 y_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

$$y_{km} = \frac{(1 \text{ kg})(0) + (1 \text{ kg})(0) + (3 \text{ kg})(2 \text{ m}) + (2 \text{ kg})(3 \text{ m})}{1 + 1 + 3 + 2} = \frac{12}{7} \text{ m}$$

2- Kütü Bir Cismin Kütle Merkezini Bulması



$$x_{cm} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \rightarrow \text{noktasal}$$

$$x_{cm} = \frac{\sum x_i \Delta m_i}{\sum \Delta m_i} \rightarrow$$

$$\lim_{\substack{\Delta m_i \rightarrow 0 \\ \Delta V_i \rightarrow 0 \\ \text{hacim}}} \frac{\sum x_i \Delta m_i}{\sum \Delta m_i}$$

$$x_{cm} = \frac{\int x dm}{\int dm}$$

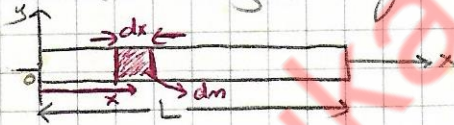
$$y_{cm} = \frac{\int y dm}{\int dm} \quad \int dm = M_{cism}$$

$$z_{cm} = \frac{\int z dm}{\int dm}$$

$$\vec{r}_{cm} = \frac{\int x dm \hat{i} + \int y dm \hat{j} + \int z dm \hat{k}}{\int dm}$$

$$\vec{r}_{cm} = \frac{1}{M_{cism}} \int \vec{r} dm$$

Örnek a) Kütlesi M , boyu L olan düzgen bir cubuğun kütle merkezinin cubuğun ortasında olduğunu gösteriniz. (Cubuk düzgen)



$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x dm$$

$$\lambda \rightarrow \text{boyca kütle yoğunluğu} = \frac{M}{L} \frac{(kg)}{(m)} \rightarrow \underline{dm = \lambda dx}$$

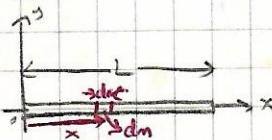
$$\lambda = \frac{dm}{dx}$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x dm = \frac{1}{M} \int x \lambda dx = \frac{\lambda}{M} \int_0^L x dx = \frac{\lambda}{M} \frac{x^2}{2} \Big|_0^L = \frac{\lambda}{M} \left(\frac{L^2}{2} - \frac{0^2}{2} \right)$$

$$x_{cm} = \frac{\lambda}{2M} \cdot L^2 = \frac{\left(\frac{M}{L}\right)}{2M} \cdot L^2 = \boxed{\frac{L}{2}}$$

(boyca kütle)

b) Cubuğun düzgen olmadığı ve α bir sbt olmak üzere kütlesel kütle yoğunluğunun $\lambda = \alpha x$ şeklinde x 'e doğrusal bağlı olduğunu varsayalım. Bu durumda cismin kütle merkezinin x koordinatını L 'ye bağlı olarak bulunuz.



$$\lambda = \alpha x$$

$$\lambda = \frac{dm}{dx}$$

$$dm = \lambda dx$$

$$dm = \alpha x dx$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M_{cubuk}} \int x dm = \frac{1}{M_G} \int x \alpha x dx$$

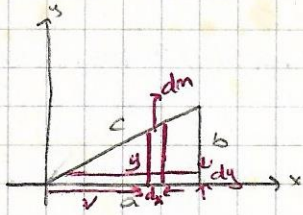
$$x_{cm} = \frac{1}{M_G} \alpha \int_0^L x^2 dx = \frac{\alpha}{M_G} \frac{x^3}{3} \Big|_0^L$$

$$x_{cm} = \frac{\alpha}{M_G} \cdot \frac{L^3}{3} = \frac{\alpha}{\left(\frac{\alpha L^2}{2}\right)} \cdot \frac{L^3}{3} = \boxed{\frac{2}{3}L}$$

$$M_G = \int dm = \int \lambda dx = \int \alpha x dx$$

$$M_G = \frac{\alpha L^2}{2}$$

Örnek 2 Boyutları a ve b olan dik üçgen şeklindeki bir cismin kütlesi M 'dir. Cismin birim alan başına kütlesinin sabit olduğunu göz önüne alarak kütlenin merkezini koordinatlarını bulunuz.



$$\frac{y}{x} = \frac{b}{a}$$

$$y = \frac{bx}{a}$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{\text{kütle}}{\text{hacim}}$$

$$\vec{r}_{cm} = x_{cm}\hat{i} + y_{cm}\hat{j}$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x dm$$

$$y_{cm} = \frac{1}{M} \int y dm$$

$$M = \int dm$$

$$dm = \sigma \cdot dA$$

$$= \sigma \cdot y \cdot dx$$

$$= \frac{2M}{ab} \cdot y \cdot dx$$

$$\sigma = \frac{M}{\left(\frac{ab}{2}\right)} = \frac{2M}{ab} \rightarrow \frac{kg}{m^2} = \frac{kg}{m^2}$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x dm$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x \left(\frac{2M}{ab}\right) y dx$$

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int x \left(\frac{2M}{ab}\right) \left(\frac{b}{a}\right) x dx$$

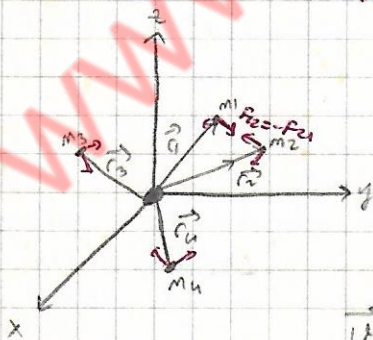
$$x_{cm} = \frac{1}{M} \cdot \frac{2M}{ab} \cdot \frac{b}{a} \int_0^a x^2 dx = \frac{2}{a^2} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_0^a \Rightarrow \boxed{x_{cm} = \frac{2}{3}a}$$

$$y_{cm} = \frac{1}{M} \int y dm = \boxed{\frac{1}{3}b}$$

$$\boxed{\vec{r}_{cm} = \frac{2}{3}a\hat{i} + \frac{1}{3}b\hat{j}}$$

	Homogen	Değil
Çizgisel λ kütle yoğunluğu	$\frac{M}{L}$	$\frac{dm}{dx}$
Yüzeyel σ	$\frac{M}{A}$	$\frac{dm}{dA}$
Hacimsel ρ	$\frac{M}{V}$	$\frac{dm}{dV}$

Parçacıklar Sisteminin Hareketi



$$\vec{r}_{cm} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + m_3\vec{r}_3 + \dots + m_N\vec{r}_N}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_N}$$

$$\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i}{\sum m_i} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i}{M_{sist}}$$

$$\vec{v}_{cm} = \frac{d\vec{r}_{cm}}{dt} = \frac{1}{M} \cdot \frac{d}{dt} \left(\sum m_i \cdot \vec{r}_i \right)$$

$$\vec{v}_{cm} = \frac{1}{M} \sum m_i \left(\frac{d\vec{r}_i}{dt} \right) \Rightarrow \vec{v}_i$$

$$\vec{v}_{cm} = \frac{1}{M} \sum m_i \vec{v}_i \Rightarrow M \cdot \vec{v}_{cm} = \sum m_i \vec{v}_i$$

$$\vec{p}_{sist} = \sum \vec{p}_i$$

$$\frac{dU_{cm}}{dt} = \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{M} \sum m_i v_i \right] = \frac{1}{M} \sum m_i \frac{dv_i}{dt}$$

$$a_{cm} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i a_i \quad M a_{cm} = \sum_{i=1}^N m_i a_i$$

$$\vec{F}_{cm} = \sum \vec{F}_i$$

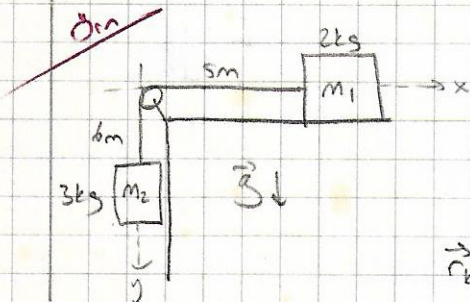
$$\vec{F}_{cm} = \vec{F}_{dis} + \vec{F}_{ia}$$

$$\vec{F}_{ia} = \sum \vec{F}_{ij} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{cm} = \vec{F}_{dis} = M a_{cm}$$

$$\vec{F}_{dis} = \frac{dP_{top}}{dt} = M a_{cm}$$

$$\text{Eger } \vec{F}_{dis} = 0 \rightarrow \frac{dP_{top}}{dt} = 0 = M a_{cm} \rightarrow a_{cm} = 0$$

$$P_{top} = M_{sist.} U_{cm} = \text{Sabit}$$



Sist. $t=0$ 'anında serbest bırakılıyor. Sistemler örensizdir.

a) Sist. kütle merkezinin konumunu 0 nok. göre $t=0$ ve $t=2$ s için yazınız.

$$\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

$$t=0 \Rightarrow \vec{r}_{cm} = \frac{(2\text{kg})(5\text{m})\hat{i} + (3\text{kg})(6\text{m})\hat{j}}{5\text{kg}} = (2\hat{i} + 3,6\hat{j})\text{m}$$

t=2s

$$\left. \begin{array}{l} m_1 \Rightarrow T = m_1 a \\ m_2 \Rightarrow m_2 g - T = m_2 a \end{array} \right\} a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = 6\text{m/s}^2$$

$t=2$ s 'de bloklar $\frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 1 = 3\text{m}$ yer düşüyorlar.

$$\vec{r}_{cm} = \frac{(2\text{kg})(2\text{m})\hat{i} + (3\text{kg})(9\text{m})\hat{j}}{5\text{kg}} = (0,8\hat{i} + 5,4\hat{j})\text{m}$$

b) Sist. kütle merkezinin ivmesini bulunuz.

$$\vec{a}_{cm} = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{m_1 + m_2} = \frac{(2\text{kg})(-6\hat{i}\text{m/s}^2) + (3\text{kg})(6\hat{j}\text{m/s}^2)}{5\text{kg}} = (-2,4\hat{i} + 3,6\hat{j})\text{m/s}^2$$

veya

$$\vec{r}_{cm}(t) = \vec{r}_{cm}(t=0) + \vec{v}_{cm}(t=0)t + \frac{1}{2} \vec{a}_{cm} t^2$$

$$t=2 \Rightarrow \vec{r}_{cm} = 0,8\hat{i} + 5,4\hat{j}$$

a) Sist. etki eden net dış kuvvet = ?

$$F_{dis} = M_{sist.} a_{cm} = \frac{(m_1 + m_2)}{5\text{kg}} \vec{a}_{cm} = 5(-2,4\hat{i} + 3,6\hat{j}) = (-12\hat{i} + 18\hat{j})\text{N}$$