

2) Sebuah batu dijatuhkan dari keadaan diam pada $t=0$. Batu kedua dengan massa 2 kali massa batu pertama dijatuhkan dari titik yg sama pada $t=100$ ms.

a) Berapa jauh dibawah titik pelepasan pasir massa dari kedua batu pada $t=300$ ms?

b) Seberapa cepat pasir massa dari sistem 2 batu bergerak pada waktu tersebut?

a) $y(t) = \frac{1}{2} g \Delta t^2$ \Rightarrow gerak jatuh bebas

$\Delta t = t - 0$ $y =$ jarak jatuh

$t = 300 \text{ ms} - 0$
 $= 300 \text{ ms}$

$8 \approx \frac{300 \text{ ms}}{1000} = 0,3$

$y_1 = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot \Delta t^2 = \frac{1}{2} (10) \cdot (0,3)^2$
 $= 0,45 \text{ m}$

$y_2 = \frac{1}{2} g \cdot \Delta t^2 = \frac{1}{2} (10) \cdot (0,3 - 0,1)^2$
 $= 0,2 \text{ m}$

$y_{pm} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 (0,45) + 2m_2 (0,2)}{m_1 + 2m_2}$

$= \frac{0,45 m_1 + 0,4 m_2}{3 m_1}$

$= 0,4 m_1$

$3 m_1$

$= 0,20 \text{ m}$

m_2
 $v = g \cdot \Delta t$

No
 Date

b) $v_{pm} = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$

$= \frac{m_1 (9) (0,3) + 2m_2 (9) (0,3 - 0,1)}{m_1 + 2m_2}$

$= \frac{m_1 (10) (0,3) + 2m_2 (10) (0,2)}{m_1 + 2m_2}$

$= \frac{3m_1 + 4m_2}{3m_1}$

$= \frac{7m_1}{3m_1} = 2,3 \text{ m/s}$

3) Dik: $m_a = 0,5 \text{ kg}$ terlekat di titik awal sistem (x, y)

$m_b = 1,5 \text{ kg}$ $(1,2) \text{ m}$
 $t = 0$

$F_a = (2\hat{i} + 3\hat{j}) \text{ N}$

$F_b = (-3\hat{i} - 2\hat{j}) \text{ N}$

Seberapa jauh pindahkan pusat massa sistem setelah waktu $t = 4 \text{ s}$ relatif pada posisinya $t = 0$?

$\Rightarrow a_{pm} = \frac{F_{tot}}{m_{tot}} = \frac{\sum F}{\sum m}$

$= (F_a + F_b)$

$(m_a + m_b)$

$= (-1\hat{i} + 1\hat{j})$

$0,5 + 1,5$

$= \frac{1}{2} (-1 + 1) \text{ m/s}^2$

$\Delta r_{pm} = \frac{1}{2} \frac{1}{2} (-1 + 1) (4^2)$

$= 4(-1 + 1)$

$(\frac{1}{2} a_{pm} \Delta t^2)$

Perpindahan pusat massa:

$$\Delta \vec{r}_{pm} = \frac{M_A \Delta \vec{r}_A + M_B \Delta \vec{r}_B}{M_A + M_B}$$

Benda A:

$$\Delta \vec{r}_A = \frac{1}{2} \vec{a}_A t^2 = \frac{1}{2} \frac{\vec{F}_A}{m_A} t^2$$

Benda B:

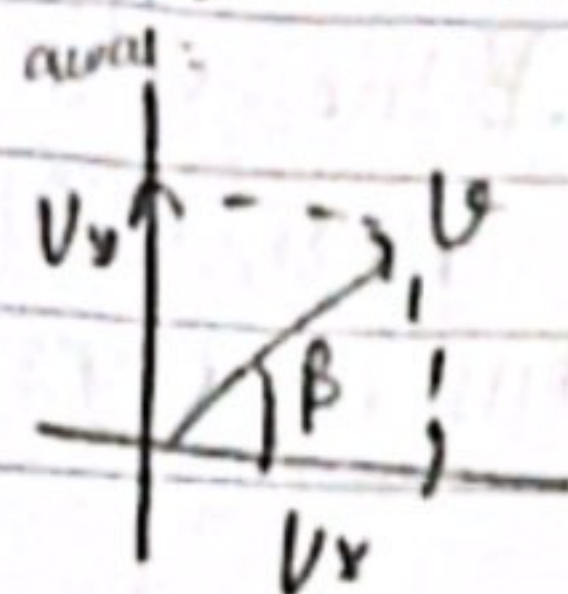
$$\Delta \vec{r}_B = \frac{1}{2} \vec{a}_B t^2 = \frac{1}{2} \frac{\vec{F}_B}{m_B} t^2$$

Jadi:

$$\Delta \vec{r}_{pm} = M_A \left(\frac{1}{2} \frac{\vec{F}_A}{m_A} t^2 \right) + M_B \left(\frac{1}{2} \frac{\vec{F}_B}{m_B} t^2 \right)$$

$$\begin{aligned} & \frac{M_A + M_B}{M_A + M_B} \\ &= \frac{1}{2} \frac{(\vec{F}_A + \vec{F}_B) t^2}{M_A + M_B} = \frac{1}{2} \left[\frac{\vec{F}_A + \vec{F}_B}{M_A + M_B} \right] t^2 \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\Sigma \vec{F}}{\Sigma m} \right) t^2 \\ &= \frac{1}{2} \vec{a}_{pm} t^2 \end{aligned}$$

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$



$$\tan \beta = \frac{v_y}{v_x}$$

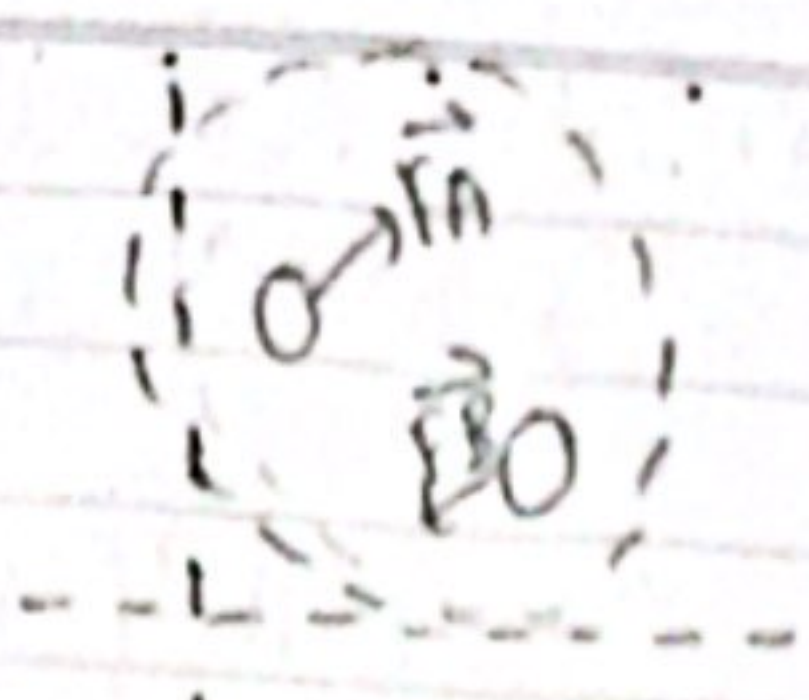
arah v membentuk sudut β terhadap sumbu x , dengan:

$$\tan \beta = \frac{v_y}{v_x}$$

$$\begin{aligned} \vec{v} &= \frac{v_x}{1} \hat{i} + \frac{v_y}{1} \hat{j} \\ \vec{v} &= \frac{v_x}{1} \hat{i} + \frac{v_y}{1} \hat{j} \\ \vec{v} &= \frac{v_x}{1} \hat{i} + \frac{v_y}{1} \hat{j} \end{aligned}$$

$$I_{pm} = \frac{1}{2} I_{pm} t^2$$

$$= 4(-7+2)m$$



7) Benda bermassa 4 kg yang melodak menjadi 2 bagian dan massa 2 kg. Kedua bagian tsb bergerak dengan kecepatan (3 m/s) ke utara & 5 m/s 30° ke timur. Soal tersebut meminta untuk mencari kecepatan awal benda!

momentum awal benda = momentum total kedua bagian

$$M\vec{V} = \frac{M}{2}\vec{V}_1 + \frac{M}{2}\vec{V}_2$$

$$\vec{V} = \frac{1}{2}(\vec{V}_1 + \vec{V}_2)$$

$$\vec{V} = \frac{1}{2}(3\hat{j} + 5\cos 30^\circ \hat{i} + 5\sin 30^\circ \hat{j})$$

$$= \left(\frac{3}{2} + \frac{5\sqrt{3}}{4} \right) \hat{i} + \left(\frac{5}{4} \right) \hat{j}$$

$$V = \sqrt{\left(\frac{5\sqrt{3}}{2} + \frac{3}{2} \right)^2 + \left(\frac{5}{4} \right)^2}$$

$$= 3,8 \text{ m/s}$$

System of Particles

$$r_{pusat\ massa} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^N m_k r_k$$

$$x_{pm} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^N m_k x_k$$

$$y_{pm} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^N m_k y_k$$

$$z_{pm} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^N m_k z_k$$

Benda Tegar

$$x_{com} = \frac{1}{M} \int x dm \quad y_{com} = \frac{1}{M} \int y dm \quad z_{com} = \frac{1}{M} \int z dm$$

$$\rho = \frac{dm}{dv} = \frac{m}{V} \quad dm = \frac{m}{V} dv$$

$$x_{com} = \frac{1}{m} \int x dm = \frac{1}{V} \int x dv$$

$$y_{com} = \frac{1}{V} \int y dv$$

$$z_{com} = \frac{1}{V} \int z dv$$

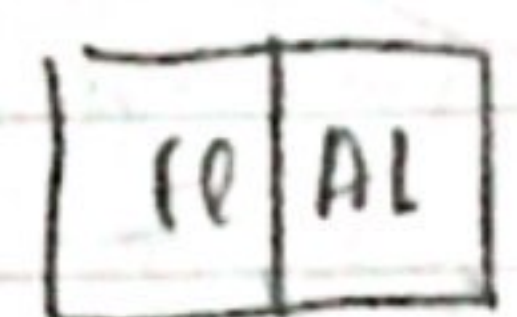
8) Gambar di samping menunjukkan lembaran dengan dimensi $d_1 = 11 \text{ cm}$, $d_2 = 2,0 \text{ cm}$ & $d_3 = 13 \text{ cm}$. $\rho_1 = 2,70 \text{ g/cm}^3$ & $\rho_2 = 7,85 \text{ g/cm}^3$

Berapakah:

a) koordinat x

b) koordinat y

c) koordinat z dan pusat massa lembaran?



$$x_{pm} = \frac{d_1}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ cm (salah)}$$

$$y_{pm} = \frac{m_1 y_{pm1} + m_2 y_{pm2}}{m_1 + m_2}$$

m_1 : Aluminium & m_2 : besi

$$y_{pm} = \frac{m_1 y_{com1} + m_2 y_{com2}}{m_1 + m_2}$$

$m_1 + m_2$

$$P = m \cdot v$$

$$m = P \cdot v$$

No
Date

$$y_{pm} = \frac{m_i y_{pi} + m_a y_{pa}}{m_i + m_a}$$

$$= \frac{P_i v_i y_{pi} + P_a v_a y_{pa}}{P_i v_i + P_a v_a}$$

$$\frac{u+d}{2}$$

$$\frac{11+11}{2} = 16,5$$

$$= \frac{(1,85)(16,5) + (2,7)(16,5)}{1,85 + 2,7} = \frac{33}{2} \text{ cm}$$

$$\textcircled{c} \frac{2pm}{2} = \frac{2,8}{2} = 1,4 \text{ cm}$$

4. Sebuah truk dengan massa 2100 kg yang bergerak ke utara dengan kecepatan 41 km/h, bertabrakan ke timur & memantul kembali menjadi 51 km/h.
a) Berapakah perubahan energi kinetik truk?

b) Besarnya perubahan momentum?

c) Arah perubahan momentum truk?

4a) perubahan energi kinetik:

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2100 \left(\left(\frac{51000}{3600} \right)^2 - \left(\frac{41000}{3600} \right)^2 \right)$$

$$= 74531,03104 \text{ J} = 7,4531 \text{ kJ}$$

$$\textcircled{b} |\Delta \vec{p}| = \sqrt{(v_i)^2 + (v_f)^2}$$

$$= \sqrt{(41)^2 + (51)^2}$$

$$= 65,4 \text{ km/h}$$

$$|\Delta \vec{p}| = m |\Delta \vec{v}|$$

$$= 2100 \left(\frac{65,4}{1000} \right)$$

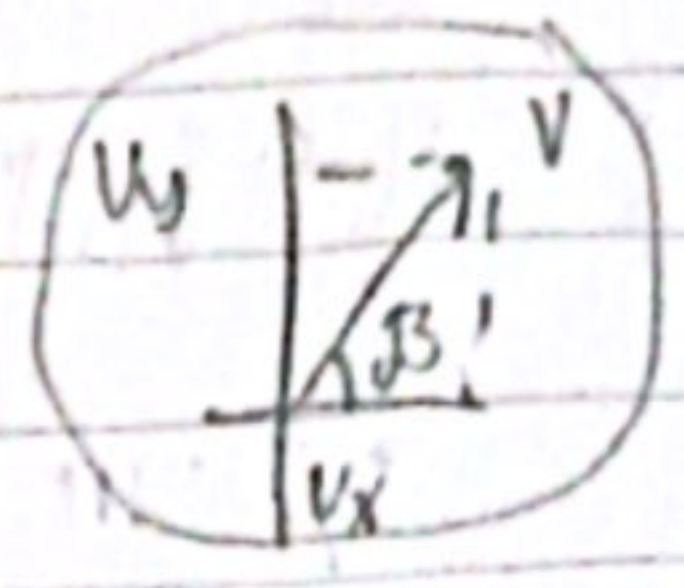
$$= 38150 = 38,15 \text{ kg m/s}$$

5. Arah perubahan momentum =

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{v_i}{v_f} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{41}{51} \right)$$

$$= 39^\circ$$



$$\frac{v_y}{v_x} = \frac{41}{51}$$

5. Sebuah bola bermassa 0,40 kg

bergerak dengan kecepatan 14 m/s

ke arah positif sumbu x. Sebuah gaya

berkerja pada bola selama 27 ms

ke arah negatif sumbu x. Impuls

yang diberikan adalah 32,4 N.s.

a) Berapakah kecepatan bola setelah gaya bekerja?

b) Arah kecepatan bola setelah gaya bekerja?

c) Berapakah besar gaya rata-rata yang bekerja pada bola?

d) Arah impuls yang bekerja pada bola?

$$F_{avg} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{32,4}{27 \times 10^{-3}}$$

$$= 1200 \text{ N}$$

$$-F_{avg} \Delta t = \Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$a) m v_f = m v_i - F_{avg} \Delta t$$

$$v_f = \frac{m v_i - F_{avg} \Delta t}{m}$$

$$= \frac{0,4(14) - (1200)(27 \times 10^{-3})}{0,4}$$

$$= -67 \text{ m/s}$$

$$|v_f| = 67 \text{ m/s}$$

b) arah gerakan:

→ impuls diberikan dalam arah negatif sumbu x.

→ Karena impuls = perubahan momentum, maka arah gerakan bola juga akan berubah ke arah negatif sumbu x.

c) $F_{avg} = \frac{\text{impuls}}{\Delta t}$

$$= \frac{32,4 \text{ N}}{(27 \times 10^{-3})} = 1200 \text{ N}$$

d) Arah impuls = arah gaya yang bekerja

∴ ke sumbu x negatif.

6) sebuah mobil mainan yang bergerak sepanjang sumbu x. Mobil ini diberi gaya yang bervariasi:

$$M: 5 \text{ kg}, t: 0, F: 5 \text{ N}$$

Dalam notasi vektor satuan x.

$$(a) t = 4,0 \text{ s}$$

$$(b) t = 7,0 \text{ s}$$

(c) berapa v pada $t = 9,0 \text{ s}$?

(luas diagram x dibawah kurva

$$\vec{F} =$$

4) Impuls : perubahan momentum

$$V_{0x} = P_0 = 0$$

$$a) P_4 = ?$$

$$\text{luas } 0 \rightarrow 4 = \Delta P_x = P_4 - P_0$$

$$\frac{1}{2} \cdot 10 (2 + 4) = 30 \text{ Ns} \quad P_4 = 30 \text{ Ns}$$

∴ i: sumbu x

$$b) P_7 = ?$$

$$\text{luas } 0 \rightarrow 7 = \Delta P_x = P_7 - P_0$$

$$\text{luas } \Delta = \text{luas } \Delta = P_7 - P_0$$

$$\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10 = \frac{1}{2} \cdot 15 = P_7 - 0$$

$$40 = 2,5 = P_7 = 37,5 \text{ Ns}$$

$$\therefore P_7 = 37,5 \text{ Ns}$$

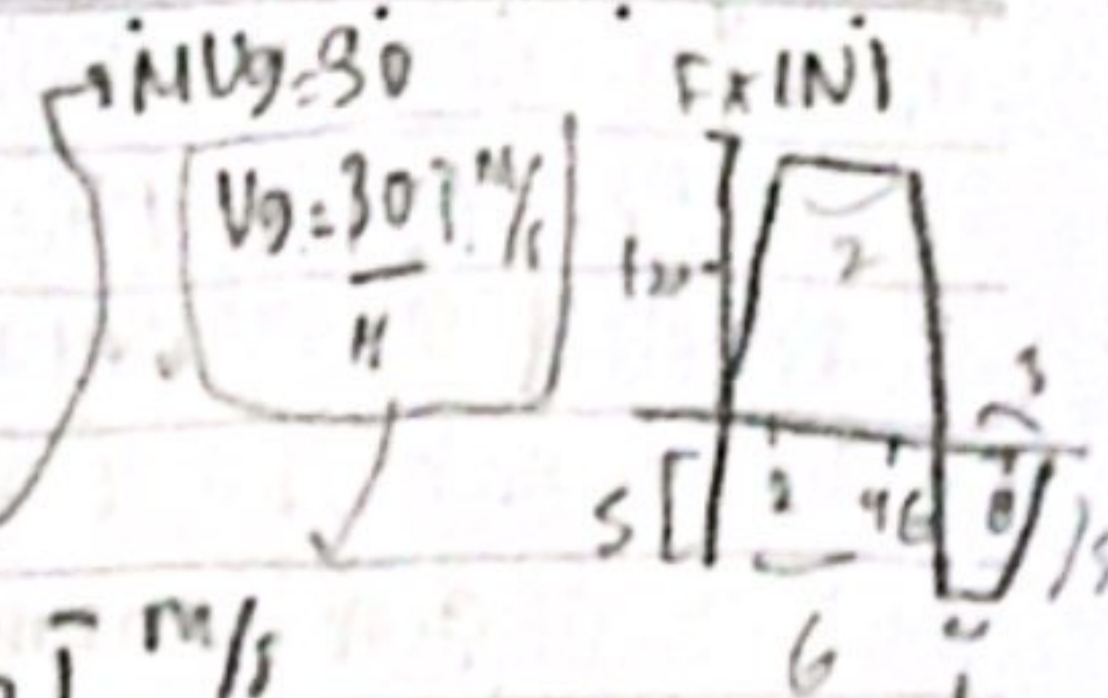
c) \vec{F} at $t = 9 \text{ s}$?

$$\text{luas } 0 \rightarrow 9 = P_9 - P_0$$

$$40 = \frac{1}{2} (1 + 3) = P_9$$

$$P_9 = 40 - 10 = 30 \text{ Ns}$$

$$\vec{v} = \frac{\vec{p}}{m} = \frac{30 \hat{i}}{5} = 6 \hat{i} \text{ m/s}$$



8) sebuah benda massa: 2,0 kg melakukan tumbukan elastis dengan benda lain yang diam & terus bergerak ke arah yang sama dengan kecepatan seperempat dari kecepatan awalnya. (2)

(a) Berapa massa benda lainnya?

(b) Berapa kecepatan pusat massa dari 2 benda jika kec. awal benda 2 kg = 4,0 m/s?

ω Gambar keadaan awal & akhir

1) awal m_1 akhir m_1



$$m_1 v_1 = \frac{1}{4} v_1$$

2) Kekekalan momentum

$$\sum P_i = \sum P_f$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$2 \times 4 = 2(1) + m_2 v_2'$$

$$8 = 2 + m_2 v_2'$$

$$m_2 v_2' = 6 \dots (1)$$

3) → Statis elastik

$$\sum K_i = \sum K_f$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

$$2 \times 16 = 2 + m_2 v_2'^2$$

$$32 = 2 + m_2 v_2'^2$$

$$m_2 v_2'^2 = 30 \dots (2)$$

$$\frac{m_2^2 v_2'^2}{m_2 v_2'^2} = \frac{36}{30} = \frac{6}{5} \text{ kg}$$

⑥ MOMENTUM kekal

$$\Sigma F_{\text{ext}} = 0 \rightarrow V_{\text{pm}} = \text{konstan}$$

$$M_1 V_1 + M_2 V_2^0 = V_{\text{pm}} = V_{\text{pm}}'$$

$$M_1 + M_2$$

Sebelum
tumbukan

Setelah
tumbukan

$$= \frac{2(4)}{2+6} = \frac{8}{16} \times 5 = \boxed{\frac{40}{16} \text{ m/s}}$$

9) sebuah proton proyektil dengan kecepatan 500 m/s bertumbukan elastis dengan proton target yang awalnya diam. Kedua proton kemudian bergerak sepanjang lintasan lurus lurus dengan lintasan proyektil pada 60° dari arah awal. Setelah tumbukan, berapakah kecepatan:

a) proton target

b) proton proyektil

$\omega \theta = 60^\circ$ (kiri)

$\phi = -30^\circ$ (kiri)

$m_1 = m_2$ & $v_1 = 500$ m/s

$$\text{a) } v_2' = \frac{v_1 \sin \theta}{\sin(\theta - \phi)} = \frac{(500) \sin 60^\circ}{\sin(90^\circ)} = 433 \text{ m/s}$$

$$\sin \theta \cos \phi = \sin(\theta - \phi)$$

$$\text{b) } v_1' = \frac{v_1 \sin \phi}{\sin(\phi - \theta)} = \frac{(500) \sin(-30^\circ)}{\sin(-90^\circ)} = 250 \text{ m/s}$$

10) Dik = tumbukan elastis antara 2 bola, yaitu bola kecil dengan massa m & bola besar dengan massa M . Kedua bola disatukan dari ketinggian yang sama & bola besar menumbuk lantai terlebih dahulu, kemudian menumbuk bola kecil secara elastis.

Dit: a) jika bola besar berhenti? & b) berapa ketinggian yang dicapai?

↳ berada diantara bola besar & lantai

↳ berada diantara bola

< elastik >

$$v = \sqrt{2gh}$$

Manti

$$P = (M/m)v$$

$$2M - mv = mv$$

$$v = \frac{M - m}{M} v$$

M

$$P = mv$$

Karena tumbukan lenting

Ek (sebelum):

$$\frac{1}{2} (M+m) v^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(M-m)^2}{m} v^2$$

(a) $\frac{M}{3}$

3

(b) $v_f = 2v$ (bola kecil)

$$h_{\max} - h' = 2$$

$$\frac{v_f^2}{2g} = 4h$$