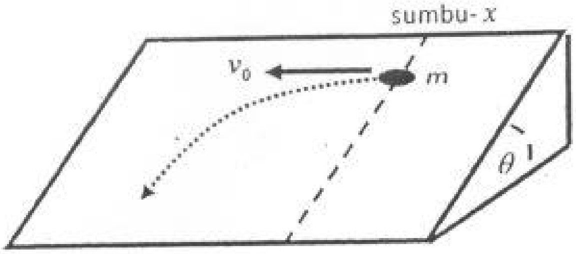
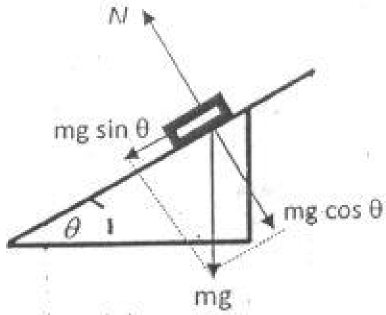
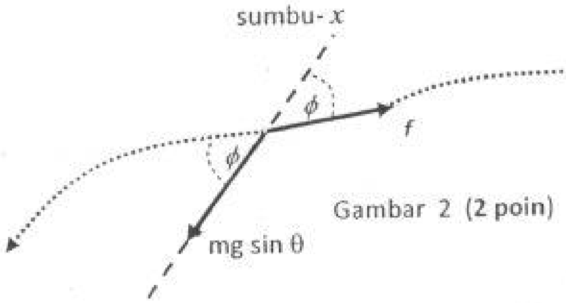
Kunci Jawaban Fisika OSN 2010 Tingkat Kabupaten/Kota

1- Dari gambar pada soal seperti dibawah ini, bisa di sederhanakan menjadi gambar disebelahnya.





Gambar 1 **(2 poin)**



Gambar 2 **(2 poin)**

Gaya gesek:

$f = \mu N$

$= \tan\theta \cdot mg\cos\theta = mg\sin\theta$

a)- Percepatan tangensial :

$m a_t = mg\sin\theta\cos\phi - f$

$= mg\sin\theta\cos\phi - mg\sin\theta = mg\sin\theta(\cos\phi - 1)$ **(2 poin)**

Percepatan pada sumbu – x

$ma_x = mg\sin\theta - f\cos\phi$

$= mg\sin\theta - mg\sin\theta\cos\phi = mg\sin\theta(1-\cos\phi)$

$= -mg\sin\theta(\cos\phi - 1) = -ma_t$ **(2 poin)**

Diperoleh $a_t = -a_x \rightarrow \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = -\dfrac{\Delta v_x}{\Delta t}$ **(1 poin)**

$\Delta v = -\Delta v_x$ **(1 poin)**

$v - v_{to} = -(v_x - v_{xo})$

$v = -v_x + C$ karena $v_x = v\cos\phi$

$v = -v\cos\phi + C$

$v (1 + \cos \phi) = C \rightarrow v = \dfrac{C}{1+\cos\phi}$ (2 poin)

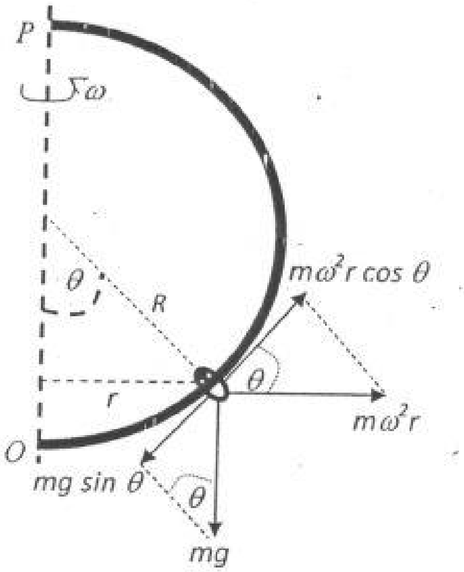
Pada saat t = 0 detik, nilai $\phi = 0$. Maka $v_o = C\,R$

Jadi $v = \dfrac{v_o}{1+\cos\phi}$ (2 poin)

b)- Setelah benda bergerak dalam waktu lama, maka

$\phi \cong 0$ (2 poin) $\rightarrow$ $v = \dfrac{v_o}{2}$ (2 poin)

2- a)- Gambarkan gaya-gaya yang bekerja pada cincin.



$r = R \sin\theta$

Resultan gaya tangensial:

$\Sigma F_t = mg \sin\theta - m\,\omega^2 r \cos\theta$

$= mg \sin\theta - m\,\omega^2 R \sin\theta \cos\theta$

$= mg \sin\theta \left(1 - \frac{\omega^2 R}{g} \cos\theta\right)$ (2 poin)

Agar cincin diam, maka

$\Sigma F_t = 0$ dan

$mg \sin\theta \left(1 - \frac{\omega^2 R}{g} \cos\theta\right) = 0$

Gambar gaya-gaya (2 poin)

Jadi, $\begin{cases} \theta = 0 \quad \text{atau} \\ 1 - \frac{\omega^2 R}{g} \cos\theta = 0 \end{cases} \rightarrow \cos\theta = \frac{g}{\omega^2 R}$ (4 poin)

b)- Untuk $\theta = 0 \rightarrow \theta <<$ $\rightarrow \begin{cases} \sin\theta \approx \theta \\ \cos\theta \approx 1 \end{cases}$ (1 poin)

Maka $\Sigma F_t = mg\,\theta\,(1 - \frac{\omega^2 R}{g})$

- Jika $1 > \frac{\omega^2 R}{g}$ → $\Sigma F_t > 0$ → ΣF_t menuju $\theta = 0$

  → $\theta = 0$ kesetimbangan stabil
- Jika $1 < \frac{\omega^2 R}{g}$ → $\Sigma F_t < 0$ → ΣF_t menjauhi $\theta = 0$

  → $\theta = 0$ kestimbangan tidak stabil (3 poin)

3- Karena lantai licin dan gaya yang mengenai tongkat dianggap amat sangat kecil, maka gaya yang bekerja pada tongkat cuma gaya normal dari lantai.

a. Karena tidak ada resultan gaya arah horizontal, maka perpindahan titik pusat tongkat adalah nol.
(2 poin)

b. Misal kita membuat sistem koordinat Cartesian dimana titik pusat koordinatnya adalah titik ujung tongkat yang menyentuh meja saat tongkat masih setimbang, dengan sumbu x adalah sumbu horizontal dan sumbu y adalah sumbu vertikal. Sehingga pada saat masih setimbang, koordinat titik A adalah $x = 0$ dan $y = \frac{L}{2} \pm h$. Ketika tongkat sedang jatuh dan membentuk sudut θ terhadap horizontal, maka koordinat titik A adalah

$$x = \pm h\cos\theta; \qquad \text{dan} \qquad y = \left(\frac{L}{2} \mp h\right)\sin\theta$$ **(2 poin)**

sehingga kita memiliki persamaan kurvanya berbentuk

$$\frac{x^2}{h^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{L}{2} \mp h\right)^2} = 1$$ **(3 poin)**

yang tidak lain adalah persamaan ellips. Kita bisa mengecek bahwa ketika tongkat sudah jatuh (yaitu ketika $\theta = 0$) koordinat A adalah $x = \pm h$ dan $y = 0$.

c. Bentuk lintasan dari titik pusat tongkat dan titik ujung tongkat yang menyentuh lantai adalah garis lurus.
(2 poin)

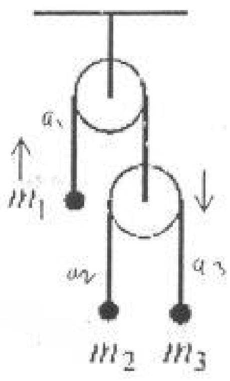
Sedangkan titik ujung atas tongkat ($h = L/2$) bergerak dengan lintasan ellips dengan persamaan

$$4x^2 + y^2 = L^2$$ **(3 poin)**

Titik di antara titik tengah dan titik ujung bergerak dengan lintasan ellips, dan khusus untuk titik di mana $h = L/4$, lintasannya adalah lingkaran dengan persamaan

$$x^2 + y^2 = (L/4)^2 \qquad \textbf{(3 poin)}$$

4- Benda m_1 dianggap bergerak ke atas, sehingga katrol bawah bergerak relatif ke bawah.



a)- Dari katrol atas kita dapatkan persamaan:

$$2T - m_1 g = m_1 a_1 \qquad (1) \qquad \textbf{(1 poin)}$$

Sedangkan dari katrol bawah diperoleh:

$$T - m_2 g = m_2 a_2 \qquad (2) \quad \text{dan} \qquad \textbf{(1 poin)}$$

$$T - m_3 g = m_3 a_3 \qquad (3) \qquad \textbf{(1 poin)}$$

Dari gabungan kedua katrol kita dapatkan:

$$a_1 = -\frac{a_2 + a_3}{2} \qquad (4) \qquad \textbf{(1 poin)}$$

$$(2) - (3) : (m_3 - m_2) g = m_3 a_3 - m_2 a_2 \qquad (5)$$

$$(1) - 2(3): (2m_3 - m_1) g = 2m_3 a_3 - m_1 a_1 \qquad (6)$$

$$(1) - 2(2): (2m_2 - m_1) g = 2m_2 a_2 - m_1 a_1 \qquad (7)$$

$$(4) \rightarrow (6): g\,(2m_3 - m_1) = 2\,m_3 a_3 + \tfrac{1}{2} m_1 a_2 + \tfrac{1}{2} m_1 a_3$$

$$= (2\,m_3 + \tfrac{1}{2} m_1)\, a_3 + \tfrac{1}{2} m_1 a_2 \qquad (8)$$

$$(4) \rightarrow (7): g\,(2m_2 - m_1) = 2\,m_2 a_2 + \tfrac{1}{2} m_1 a_2 + \tfrac{1}{2} m_1 a_3$$

$$= (2\,m_2 + \tfrac{1}{2} m_1)\, a_2 + \tfrac{1}{2} m_1 a_3 \qquad (9)$$

$$[\tfrac{1}{2} m_1 \{(8) - (9)\}] + 2\,m_2\,(8) : g\,(m_1 m_3 - 3m_1 m_2 + 4m_2 m_3) = (m_1 m_3 + 4\,m_2 m_3 + m_1 m_2)\, a_3$$

$$a_3 = \frac{m_1 m_3 - 3m_1 m_2 + 4m_2 m_3}{m_1 m_3 + m_1 m_2 + 4m_2 m_3} g = \frac{4m_2 m_3 - m_1(3m_2 - m_3)}{4m_2 m_3 + m_1(m_2 + m_3)} g \qquad \textbf{(2 poin)}$$

Dengan cara yang sama, dari $[\tfrac{1}{2} m_1 \{(8) - (9)\}] - 2\,m_3\,(8)$ didapatkan:

$$a_2 = \frac{m_1 m_2 - 3m_1 m_3 + 4m_2 m_3}{m_1 m_3 + m_1 m_2 + 4m_2 m_3} g = \frac{4m_2 m_3 - m_1(3m_3 - m_2)}{4m_2 m_3 + m_1(m_2 + m_3)} g \qquad \textbf{(2 poin)}$$

Dan dari pers (4)

$$a_1 = -\frac{a_2 + a_3}{2}$$

$$a_1 = -\frac{4m_2m_3 - m_1(m_3 + m_2)}{4m_2m_3 + m_1(m_2 + m_3)}g \qquad \textbf{(1 poin)}$$

Nilai tegangan tali T bisa diperoleh dari pers (1), pers (2) dan pers (3) sebagai berikut:

$$T_3 = 2m_3g\left(\frac{4m_2m_3 + m_1(m_3 - m_2)}{4m_2m_3 + m_1(m_3 + m_2)}\right)$$

$$T_2 = 2m_2g\left(\frac{4m_2m_3 - m_1(m_3 - m_2)}{4m_2m_3 + m_1(m_3 + m_2)}\right) \qquad \textbf{(1,5 poin)}$$

$$T_1 = m_1g\left(\frac{m_1(m_2 + m_3)}{4m_2m_3 + m_1(m_2 + m_3)}\right)$$

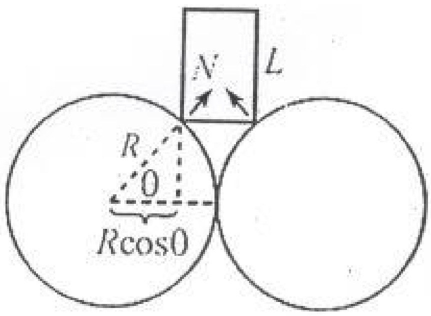
b)- Jika $m_3 << m_1$ dan m_2 maka percepatan ketiga massa tersebut:

$a_1 = g \quad m/s^2$

$a_2 = g \quad m/s^2$

$a_3 = -3g \ m/s^2$ **(1,5 poin)**

5- Dari gaya-gaya yang bekerja pada sistim bidang persegi empat dan dua buah lingkaran diperoleh:



Panjang alas persegi empat adalah:

$d = 2R(1 - \cos\theta)$ **(2 poin)**

maka massa persegi empat adalah:

$m = \sigma A = \sigma\, 2RL(1 - \cos\theta)$ **(2 poin)**

Dari massa persegi empat diperoleh persamaan Newton untuk komponen gaya vertikal

$$\Sigma F_y = m\, a_y$$

$$2N \sin\theta = m g = 2\sigma g RL(1 - \cos\theta)$$

$$\rightarrow \quad N = \frac{\sigma g RL(1 - \cos\theta)}{\sin\theta} \qquad \text{(2 poin)}$$

Komponen horizontal dari gaya normal N_x menjadi:

$$N_x = N\cos\theta = \frac{\sigma\, g\, RL\,(1-\cos\theta)}{\sin\theta}\cos\theta \qquad \text{(2 poin)}$$

Gaya horizontal yang dibutuhkan untuk mempertahankan kedua lingkaran tetap saling bersinggungan adalah $F = N_x = N\cos\theta = \dfrac{\sigma\, g\, RL\,(1-\cos\theta)}{\sin\theta}\cos\theta$. (2 poin)

Nilai $N_x = 0$ jika $\begin{cases} \theta = \pi/2 \\ \theta = 0;\ \textit{karena untuk harga } \theta \textit{ yang sangat kecil, nilai } 1-\cos\theta \\ \qquad \textit{lebih cepat menuju nol dari pada nilai } \sin\theta \end{cases}$

Agar nilai N_x maksimum, maka $\dfrac{dN_x}{d\theta} = 0$ dan diperoleh persamaan: (2 poin)

$$\cos^3\theta - 2\cos\theta + 1 = 0 \qquad \text{(1 poin)}$$

$\cos\theta = 1$ adalah salah satu solusi dari persamaan diatas. Jika persamaan diatas dibagi dengan ($\cos\theta - 1$) akan diperoleh hasil bagi

$$\cos^2\theta + \cos\theta - 1 = 0 \qquad \text{(1 poin)}$$

dan akar-akar dari persamaan kuadrat diatas adalah: $\cos\theta = \dfrac{-1\pm\sqrt{5}}{2}$

Jadi untuk menghasilkan nilai N_x maksimum

nilai θ yang memenuhi adalah $\cos\theta = \dfrac{-1+\sqrt{5}}{2}$ atau $\theta \cong 52^\circ$ **(2 poin)**

Dan agar N_x minimum, $N_x = 0$, terjadi pada $\theta = \pi/2$. **(2 poin)**

Nilai $\theta = 0$ tidak diambil karena pada kondisi ini berarti kedua lingkaran tidak saling bersinggungan.

6- (a)- Saat awal (t = 0), paket dilepas dengan kecepatan awal v ke atas yang sama dengan kecepatan balon saat itu di ketinggian H. Jadi $v = v_0 = +\ 10$ m/s . **(2 poin)**

(b) Untuk saat $t > 0$, posisi paket adalah $h(t) = H + vt - \frac{1}{2}gt^2 = H + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$

Catatan: percepatan paket = $-g$ karena arahnya ke bawah melawan arah naiknya balon terbang. (3 poin)

(c) Saat $t = T$, $h = 0$ sehingga $h(T) = H + v_0 T - \frac{1}{2} g T^2 = 0$ atau $gT^2 - 2v_0 T - 2H = 0$ (yaitu persamaan kuadrat dalam T). Dengan g = 10 m/s^2 , v_0 = 10 m/s, H = 120 m, diperoleh persamaan kuadrat $T^2 - 2T - 24 = 0$ sehingga $(T + 4)(T - 6) = 0$. Dengan demikian, yang memenuhi sebagai penyelesaian adalah T = 6 s. (5 poin)

7- (a)- Dalam kesetimbangan berlaku :

$$f = \mu N = mg \sin\theta_{maks} \quad (1)$$

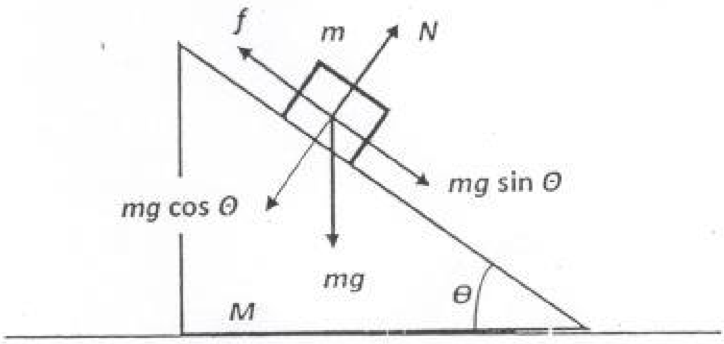
$$N = mg\cos\theta_{maks} \quad (2)$$

Eliminasi N dari (1) dan (2) di atas menghasilkan :

$\mu mg\cos\theta_{maks} = mg\sin\theta_{maks}$,

sehingga $\tan\theta_{maks} = \mu$.

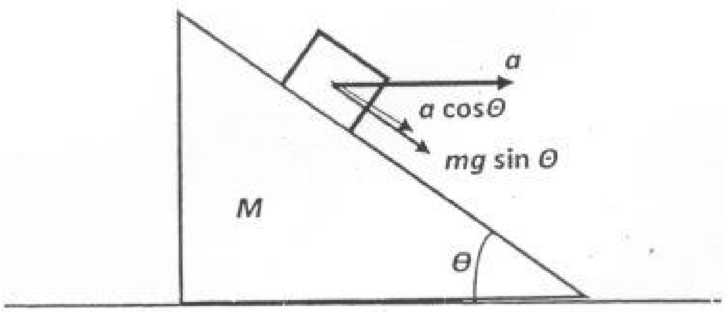
(3 poin)



(b) Karena bidang miring mengalami percepatan a maka balok m juga akan tetap diam bila ia mengalami percepatan yang sama (a). Jadi berlaku persamaan :

$$ma\cos\theta = mg\sin\theta,$$

sehingga $a = g\tan\theta$

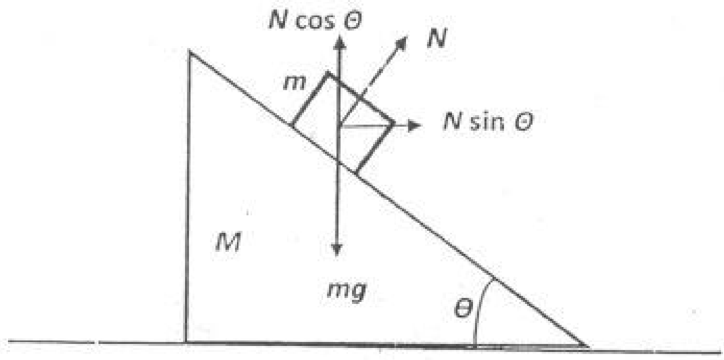


(3 poin)

(c) Katakan dengan gaya F balok m juga bergerak ke kanan sehingga berlaku persamaan

$$F = (M + m)a \quad (1)$$

Bila gaya gesek antara bidang miring M dan balok m harus nol, maka hanya gaya normal N yang dapat mempercepat m dengan percepatan a. Dengan demikian



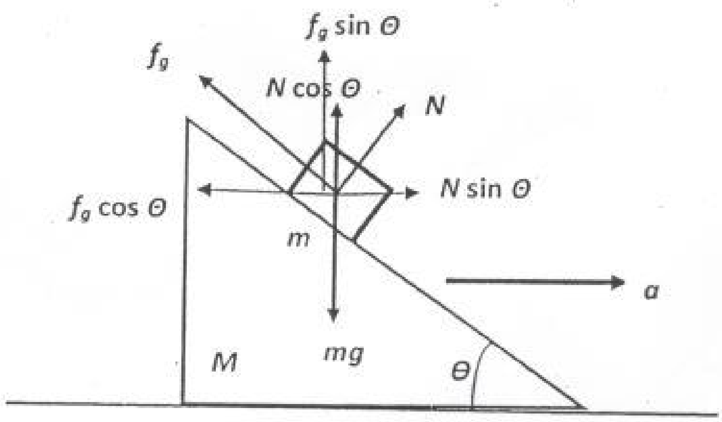
$$ma = N\sin\theta \qquad (2)$$

$$0 = N\cos\theta - mg \qquad (3)$$

Eliminasi N dari (2) dan (3) di atas memberikan $a = g\tan\theta$,

sehingga $F = (M+m)g\tan\theta$. (3 poin)

(d) Agar balok m tetap tidak bergerak maka ia mengalami percepatan a juga seperti bidang miring. Jadi berlaku:



$$N\sin\theta - f_g\cos\theta = ma \qquad (1)$$

$$f_g\sin\theta + N\cos\theta - mg = 0 \qquad (2)$$

Eliminasi N dari (1) dan (2) menghasilkan

$f_g = m(g\sin\theta - a\cos\theta)$ sehingga $N = m(g\cos\theta + a\sin\theta)$

dan koefisien gesekan μ diberikan oleh

$$\mu = \frac{f_g}{N} = \frac{g\sin\theta - a\cos\theta}{g\cos\theta + a\sin\theta} \qquad (3) \qquad \text{(3 poin)}$$

Dari jawaban untuk pertanyaan (a) diperoleh bahwa: percepatan a dalam (3) di atas akan minimum (yaitu a_{min}) kalau koefisien gesek μ maksimum, yaitu dengan hasil $\mu_{maks} = \tan\theta_{maks}$. Dengan demikian

$$\mu_{maks} = \tan\theta_{maks} = \frac{g\sin\theta - a_{min}\cos\theta}{g\cos\theta + a_{min}\sin\theta} \qquad \text{(1 poin)}$$

Sehingga $$a_{\min} = g\frac{\tan\theta - \tan\theta_{maks}}{1+\tan\theta\tan\theta_{maks}} = g\tan(\theta - \theta_{maks}).$$ **(1 poin)**

Untuk θ = 45° diperoleh $$a_{\min} = g\frac{1-\mu}{1+\mu}.$$ **(1 poin)**