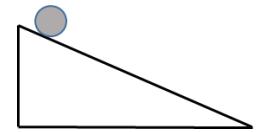


1. Silinder pejal bergerak dari keadaan diam pada posisi ketinggian titik pusat massa (TPM) 1,5 m seperti gambar. Kemudian silinder itu menggelinding tanpa slip di sepanjang bidang miring 30° dengan percepatan TPM $3,33 \text{ m/detik}^2$. Massa silinder tersebut adalah 1,0 kg dan jari-jari 6,0 cm. Diketahui momen inersia silinder pejal, $I = 0,5 (mR^2)$.



- Hitunglah energi kinetik gerak translasi pada saat $t = 0,6$ detik.
- Berapakah energi kinetik gerak rotasi pada saat itu?
- Hitunglah besarnya momentum sudut pada saat itu.

Solusi

a/ **(6 poin)** Untuk TPM berlaku $v_t = v_0 + at = 0 + (3,33 \times 0,6) = 2,0 \text{ m/det}$. 2

$K_{\text{translasi}} = 0,5 mv^2 = 0,5 \times 1,0 \times (2,0)^2 = 2,0 \text{ J}$. 4

b/ **(7 poin)** $I_{\text{silinder}} = 0,5 (mR^2) = 0,5 \times 1,0 \times (0,06)^2 = 1,8 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$. 2

$K_{\text{rotasi}} = 0,5 I\omega^2 = 0,5 \times (1,8 \times 10^{-3}) \times (2,0/0,06)^2$ karena berlaku $v = \omega \times R$ (benda menggelinding tanpa slip).

Maka diperoleh $K_{\text{rotasi}} = 1,0 \text{ J}$ 5

Cara lain:

Karena benda menggelinding tanpa slip, maka berlaku juga hukum kekekalan energi mekanik:

$E_{\text{potensial}} (\text{awal}) = E_{\text{potensial}} (t = 0,6 \text{ det}) + K_{\text{translasi}} + K_{\text{rotasi}}$

$K_{\text{rotasi}} = \Delta E_{\text{potensial}} - K_{\text{translasi}} = mg\Delta h - K_{\text{translasi}} = (1,0 \times 10,0 \times \Delta h) - 2,0 \text{ J} = (1,0 \times 10,0 \times 0,3) - 2,0 \text{ J} = 1,0 \text{ J}$.

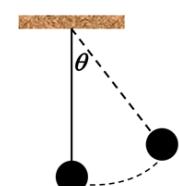
Δh dapat diperoleh dari perhitungan kinematika ($\Delta h = 0,3 \text{ m}$)

c/ **(7 poin)** Besarnya momentum sudut L :

$L = I\omega = (2 \times K_{\text{rotasi}})/\omega$ 2

$L = (2 \times 1,0)/(2,0/0,06) = 0,06 \text{ kg.m}^2/\text{det}$. 5

2. Sebuah pendulum sederhana seperti tampak pada gambar di samping memiliki panjang tali yang massanya dapat diabaikan sebesar 1,6 m dan massa bandulnya adalah 0,4 kg. Pendulum awalnya berada pada posisi setimbang kemudian diberikan laju awal 0,2 m/s pada arah horisontal sehingga berayun dan mengalami osilasi harmonik sederhana. Tentukanlah:



- Periode pendulum.
- Energi total pendulum.
- Nilai $\cos \theta$, di mana θ adalah perpindahan sudut maksimum pendulum.

Solusi

a/ **(6 poin)** Periode pendulum:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1,6}{10}} \quad \boxed{4}$$

$$T = 2\pi(0,4) = 0,8\pi s = 2,512 s \quad \boxed{2}$$

b/ **(6 poin)** Energi total pendulum:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad \boxed{3}$$

dengan v adalah kecepatan maksimum, sehingga

$$E = \frac{1}{2}(0.4)(0.2)^2 = 0.008 J \quad \boxed{3}$$

c/ **(8 poin)** Nilai $\cos \theta$, di mana θ adalah perpindahan sudut maksimum pendulum:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.04}{2(10)} = 2 \times 10^{-3} m \quad \boxed{3}$$

$$h = L - L \cos \theta = L(1 - \cos \theta) \quad \boxed{2}$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{h}{L} = 1 - \frac{2 \times 10^{-3} m}{1,6 m} = 1 - 0,00125$$

$$\cos \theta = 0,99875 \quad \boxed{3}$$

3. Gelombang bunyi menjalar ke arah sumbu x positif pada suatu medium tertentu. Pada saat $t = 0$ s dan $x = 0$ m, simpangan gelombang adalah $s_s = 2,5$ mm yang merupakan setengah dari simpangan maksimumnya (s_m), dan partikel medium tersebut bergerak ke arah x negatif. Diketahui cepat rambat bunyi dalam medium tersebut adalah $v = 1500$ m/s dan panjang gelombang bunyi $\lambda = 40$ cm.

- Tentukan bilangan (konstanta) gelombang dan frekuensi sudut,
- Tentukan bentuk fungsi simpangan dari gelombang bunyi bentuk $s(x, t) = s_m \cos[kx \mp \omega t + \phi]$,
- Carilah kecepatan osilasi partikel medium saat $t = 0$ s dan $x = 2$ m.

Solusi

a/ **(6 poin)** Dari soal diketahui amplitudo gelombang adalah $s_m = 5$ mm, Panjang gelombang $\lambda = 4$ cm = 0,4 m, cepat rambat gelombang : $v = 1500$ m/s

$$\text{Bilangan Gelombang } k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,4} = 5\pi \text{ m}^{-1} \quad \boxed{3}$$

$$\text{Frekuensi gelombang : } f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1500 \text{ m}}{0,4 \text{ m}} = 3750 \text{ Hz} \quad \boxed{2}$$

$$\text{Frekuensi sudut gelombang : } \omega = vk = 2\pi f = 7500\pi \text{ s}^{-1} \quad \boxed{1}$$

b/ **(8 poin)** Gelombang merambat pada arah x positif, sehingga tanda untuk ω negatif. 2

Lalu karena simpangan saat $t = 0$ s dan $x = 0$ m, simpangan gelombang adalah $s_s = 2,5$ mm yang merupakan setengah dari simpangan maksimumnya maka

$$2,5 \text{ mm} = (2 \times 2,5 \text{ mm}) \cos[0 - 0 + \phi]$$

$$\frac{1}{2} = \cos[\phi]$$

$$\phi = \frac{\pi}{3} \text{ atau } -\frac{\pi}{3} \quad \boxed{1}$$

Partikel medium di $t = 0$ s dan $x = 0$ m tersebut bergerak ke arah x negatif, sehingga

$$\frac{ds}{dt} = \omega s_m \sin \left[kx - \omega t \pm \frac{\pi}{3} \right]$$

Di $t = 0$ s dan $x = 0$ m,

$$\frac{ds}{dt} = \omega s_m \sin \left[0 - 0 \pm \frac{\pi}{3} \right]$$

Nilai $\frac{ds}{dt}$ negatif diberikan oleh $\phi = -\frac{\pi}{3}$ 3

Fungsi gelombang dapat dituliskan sebagai:

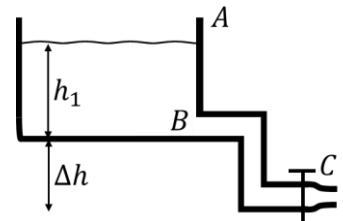
$$s(x, t) = (5 \times 10^{-3} m) \cos[(5\pi m^{-1})x - (7500\pi s^{-1})t - \frac{\pi}{3}] \quad \boxed{2}$$

c/ (6 poin) Kecepatan osilasi saat $t=0$ s dan $x=2$ m didapat dari fungsi osilasi sbb:

$$\begin{aligned} v(x, t) &= \frac{ds(x, t)}{dt} = \frac{ds_m \cos[kx - \omega t + \phi]}{dt} = \omega s_m \sin[kx - \omega t + \phi] \\ v(2, 0) &= (7500\pi s^{-1}) (5 \times 10^{-3} m) \sin[(10\pi) - (0) - \frac{\pi}{3}] \quad \boxed{3} \end{aligned}$$

$$v(2, 0) = -\left(\frac{37,5\pi}{2}\sqrt{3}\right) m/s \quad \boxed{3}$$

4. Sebuah tandon terbuka dengan diameter 1 m (bagian A pada gambar) terisi air setinggi $h_1 = 1,5$ meter. Tandon itu terhubung dengan keran (bagian C) pada ketinggian tertentu di bawah tandon melalui pipa berdiameter 5 cm (bagian B) pada dasar tandon. Setelah keran C dibuka, permukaan air pada tandon turun dengan laju 0,5 cm/s. Jika tekanan udara adalah 100 kPa dan kerapatan air 1 gr/cm³,
- Hitung tekanan absolut pada permukaan dasar tandon sebelum keran dibuka.
 - Hitung laju air yang melewati bagian pipa B tepat setelah keran dibuka.
 - Hitung tekanan pada bagian pipa B tepat setelah keran dibuka.



Solusi

$$\text{Kerapatan air diketahui } \rho = 1 \frac{gr}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

a/ (6 poin) Besar tekanan absolut pada permukaan dasar tandon sebelum keran dibuka

$$p = (p_0 + \rho gh) \quad \boxed{2}$$

$$\begin{aligned} p &= 10^5 Pa + 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,5 m \\ F &= 1,15 \times 10^5 Pa \quad \boxed{4} \end{aligned}$$

b/ (6 poin) Laju air pada bagian pipa B tepat setelah keran dibuka

$$\begin{aligned} A_A v_A &= A_B v_B \\ v_B &= \frac{A_A}{A_B} v_A = \frac{\pi \frac{d_A^2}{4}}{\pi \frac{d_B^2}{4}} \cdot v_A = \frac{d_A^2}{d_B^2} \cdot v_A \quad \boxed{2} \\ v_B &= 400 \cdot 0,5 \frac{cm}{s} = 200 \frac{cm}{s} = 2 \frac{m}{s} \quad \boxed{4} \end{aligned}$$

c/ (8 poin) Tekanan pada bagian B tepat setelah keran dibuka

$$p_A + \rho g y_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = p_B + \rho g y_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 \quad \boxed{2}$$

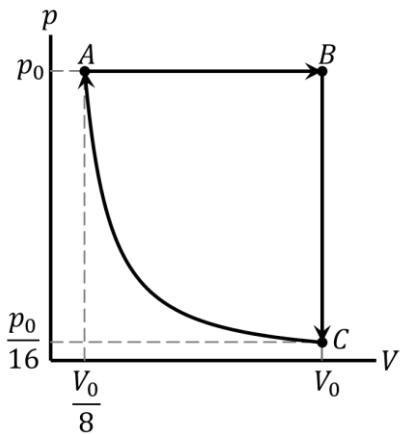
$$p_B = p_A + \rho g(y_A - y_B) + \frac{1}{2} \rho(v_A^2 - v_B^2)$$

$$p_B = p_0 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho(v_A^2 - v_B^2) \quad \boxed{2}$$

$$p_B = 100 \times 10^3 + 1000 \cdot 10 \cdot 1,5 + \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot (0,25 \times 10^{-4} - 4)$$

$$p_B = 10^5 + 0,15 \times 10^5 - \frac{3,99}{2} \times 1000 \approx 1,13 \times 10^5 Pa \quad \boxed{4}$$

5. Gas ideal sebanyak $\frac{1}{8,31}$ mol mengalami sebuah proses dalam suatu mesin yang dapat digambarkan dengan diagram tekanan terhadap volume seperti pada gambar. Proses CA adalah proses adiabatik. Jika $p_0 = 160$ kPa dan $V_0 = 8$ liter,
- Hitung suhu gas tersebut pada keadaan A, B, dan C.
 - Tentukan apakah gas tersebut merupakan gas monoatomik, diatomik, atau poliatomik.
 - Hitung efisiensi dari mesin tersebut.



Solusi:

a/ (6 poin) Suhu pada keadaan A, B, dan C

$$T_A = \frac{p_A V_A}{nR} = \frac{160 \times 10^3 \cdot \frac{8}{8} \times 10^{-3}}{\frac{1}{8,31} \cdot 8,31} = 160 K \quad \boxed{2}$$

$$T_B = \frac{p_B V_B}{nR} = \frac{160 \times 10^3 \cdot 8 \times 10^{-3}}{\frac{1}{8,31} \cdot 8,31} = 1280 K \quad \boxed{2}$$

$$T_C = \frac{p_C V_C}{nR} = \frac{\frac{160}{16} \times 10^3 \cdot 8 \times 10^{-3}}{\frac{1}{8,31} \cdot 8,31} = 80 K \quad \boxed{2}$$

b/ (6 poin) Tinjau proses adiabatik $C \rightarrow A$

$$p_C V_C^\gamma = p_A V_A^\gamma \rightarrow \frac{p_A}{p_C} = \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^\gamma \quad \boxed{1}$$

$$16 = (8)^\gamma$$

$$2^4 = (2^3)^\gamma \quad \boxed{3}$$

$$4 = 3\gamma \rightarrow \gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{4}{3} \quad \boxed{2}$$

c/ (8 poin) Tinjau kerja W dan kalor Q pada tiap proses.

Untuk $\gamma = \frac{4}{3}$, gas ideal tersebut adalah gas poliatomik.

Proses A \rightarrow B (tekanan tetap)

$$Q_{AB} = nC_P \Delta T = 4nR \Delta T = 4 \cdot \frac{1}{8,31} \cdot 8,31 (T_B - T_A) = 4 \cdot 1120 = 4480 J \quad \boxed{1,5}$$

Q_{AB} ini adalah kalor yang diserap dari sumber panas.

$$W_{AB} = p_A \Delta V = p_B \Delta V = 160 \times 10^3 \cdot (V_B - V_A) = 160 \times 10^3 \cdot (8 - 1) \times 10^{-3} = 1120 J \quad \boxed{1,5}$$

Proses B \rightarrow C (volume tetap), $W = 0$

$$Q_{BC} = nC_V \Delta T = 3nR(T_C - T_B) = 3 \cdot \frac{1}{8,31} \cdot 8,31 \cdot (80 - 1280) = -3600 J \quad \boxed{1,5}$$

Q_{BC} ini adalah kalor yang dilepas ke lingkungan.

Proses $C \rightarrow A$ (adiabatik), $Q = 0$

$$\Delta E_{int} = -W \rightarrow W_{CA} = -\Delta E_{int} = -nC_V\Delta T = -3nR(T_A - T_C) = -3 \cdot \frac{1}{8,31} \cdot 8,31 \cdot 80 = -240 J \quad \boxed{1,5}$$

Total usaha = $W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = 1120 + 0 - 240 = 880 J$

Kalor yang diserap dari sumber panas $Q_{AB} = 4480 J$

$$\text{Efisiensi } e = \frac{W}{Q_{AB}} = \frac{880}{4480} \approx 0,196 = 19,6\%. \quad \boxed{2}$$

Catatan: Alternatif lain menghitung usaha pada proses adiabatik $C \rightarrow A$, bisa juga diperoleh langsung dengan

$$W = \int pdV = \int \frac{K}{V^\gamma} dV = \frac{K}{1-\gamma} \left(\frac{1}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}} \right) = \frac{1}{1-\gamma} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

di mana $K = p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$, sehingga

$$W_{CA} = \frac{1}{1-\frac{4}{3}} (p_A V_A - p_D V_D) = -3 \cdot \left(p_0 \cdot \frac{V_0}{8} - \frac{p_0}{16} \cdot V_0 \right) = -240 J$$

dan diperoleh hasil sama.