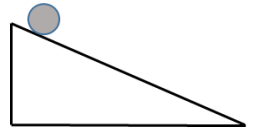


1. Silinder pejal bergerak dari keadaan diam pada posisi ketinggian titik pusat massa (TPM) 1,5 m seperti gambar. Kemudian silinder itu menggelinding tanpa slip di sepanjang bidang miring 30° dengan percepatan TPM $3,33 \text{ m/detik}^2$. Massa silinder tersebut adalah $1,0 \text{ kg}$ dan jari-jari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

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

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

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

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

Cara lain:

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

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

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

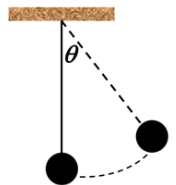
Δh dapat diperoleh dari perhitungan kinematika ($\Delta h = 0,3 \text{ m}$)

c/ (7 poin) Besarnya momentum sudut L :

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

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

2. Sebuah pendulum sederhana seperti tampak pada gambar di samping memiliki panjang tali yang massanya dapat diabaikan sebesar $1,6 \text{ m}$ dan massa bandulnya adalah $0,4 \text{ kg}$. Pendulum awalnya berada pada posisi setimbang kemudian diberikan laju awal $0,2 \text{ m/s}$ pada arah horisontal sehingga berayun dan mengalami osilasi harmonik sederhana. Tentukanlah:
- Perioda pendulum.
 - Energi total pendulum.
 - Nilai $\cos \theta$, di mana θ adalah perpindahan sudut maksimum pendulum.



Solusi

a/ (6 poin) Periode pendulum:

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

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

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

b/ (6 poin) Energi total pendulum:

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

dengan v adalah kecepatan maksimum, sehingga

$$E = \frac{1}{2}(0,4)(0,2)^2 = 0,008 \text{ J} \quad 3$$

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

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,04}{2(10)} = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \quad 3$$

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

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

$$\cos \theta = 0,99875 \quad 3$$

3. Gelombang bunyi menjalar ke arah sumbu x positif pada suatu medium tertentu. Pada saat $t = 0 \text{ s}$ dan $x = 0 \text{ m}$, simpangan gelombang adalah $s_s = 2,5 \text{ mm}$ 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 $v = 1500 \text{ m/s}$ dan panjang gelombang bunyi $\lambda = 40 \text{ cm}$.

- 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 $t = 0 \text{ s}$ dan $x = 2 \text{ m}$.

Solusi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Di $t = 0 \text{ s}$ dan $x = 0 \text{ m}$,

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

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

Fungsi gelombang dapat dituliskan sebagai:

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

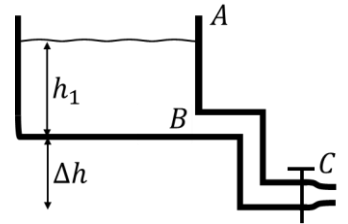
c/ (6 poin) Kecepatan osilasi saat $t = 0$ s dan $x = 2$ m didapat dari fungsi osilasi sbb:

$$v(x, t) = \frac{ds(x, t)}{dt} = \frac{ds_m \cos[kx - \omega t + \phi]}{dt} = \omega s_m \sin[kx - \omega t + \phi]$$

$$v(2, 0) = (7500\pi \text{ s}^{-1}) (5 \times 10^{-3} \text{ m}) \sin[(10\pi) - (0) - \frac{\pi}{3}] \quad 3$$

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

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/cm^3 ,



- 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

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

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

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

$$p = 10^5 \text{ Pa} + 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,5 \text{ m}$$

$$F = 1,15 \times 10^5 \text{ Pa} \quad 4$$

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

$$A_A v_A = A_B v_B$$

$$v_B = \frac{A_A}{A_B} v_A = \frac{\pi \frac{d_A^2}{4}}{\pi \frac{d_B^2}{4}} \cdot v_A = \frac{d_A^2}{d_B^2} \cdot v_A \quad 2$$

$$v_B = 400 \cdot 0,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 200 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad 4$$

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

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

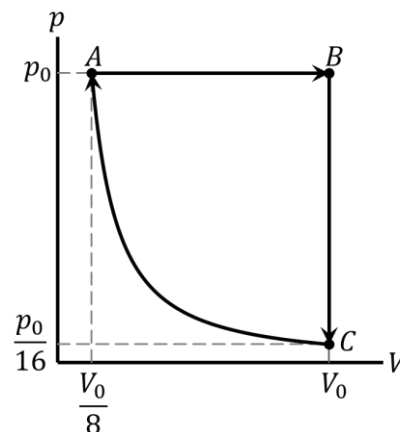
$$p_B = p_A + \rho g (y_A - y_B) + \frac{1}{2} \rho (v_A^2 - v_B^2)$$

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

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

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

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, C dan D

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

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

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

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dan diperoleh hasil sama.