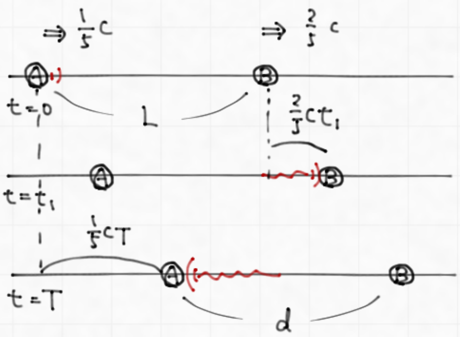
芝浦工業大2022

1 (A)



(イ) $F = F_0 \times \dfrac{c-\frac{2}{5}c}{c-\frac{1}{5}c} \times \dfrac{c+\frac{1}{5}c}{c+\frac{2}{5}c} = F_0 \times \dfrac{3}{4} \times \dfrac{6}{7}$

$\dfrac{F}{F_0} = \mathbf{\dfrac{9}{14}}$

(ロ)
$$\begin{cases} L + \frac{2}{5}ct_1 = ct_1 & \cdots ① \\ L + \frac{2}{5}ct_1 - \frac{1}{5}cT = c(T-t_1) & \cdots ② \\ d = L + \frac{2}{5}cT - \frac{1}{5}cT & \cdots ③ \end{cases}$$

①②より t_1を消す

$t_1 = \dfrac{5}{3c}L$ を②に代入

$L + \frac{2}{3}L - \frac{1}{5}cT = cT - \frac{5}{3}L$

$\frac{10}{3}L = \frac{6}{5}cT$

$L = \frac{9}{25}cT$

これを③に代入 $d = \frac{9}{25}cT + \frac{1}{5}cT = \frac{14}{25}cT$ **$\frac{14}{25}$倍**

(B) (ハ) エネルギー保存 $\dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{1}{2}mv^2 + \dfrac{hc}{\lambda'}$ より

$\frac{1}{2}mv^2 = \mathbf{hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)}$

(ニ) 運動量保存
$$\begin{cases} \dfrac{h}{\lambda} = mv\cos\theta \\ 0 = mv\sin\theta - \dfrac{h}{\lambda'} \end{cases}$$

$m^2v^2(\cos^2\theta + \sin^2\theta) = \dfrac{h^2}{\lambda^2} + \dfrac{h^2}{\lambda'^2}$ より $(mv)^2 = \mathbf{\dfrac{h^2(\lambda^2+\lambda'^2)}{\lambda^2\lambda'^2}}$

(C) A) $PV = nRT$

定積↓ $Q_{AB} = 0 + \frac{3}{2}nR(2T-T)$

B) $2PV = nR\cdot 2T$

等温↓ $Q_{BC} = W_{BC} + 0$

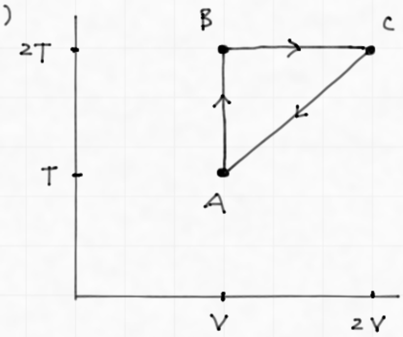
C) $P\cdot 2V = nR\cdot 2T$

定圧↓ $Q_{CA} = P(V-2V) + \frac{3}{2}nR(T-2T)$

$= -\frac{5}{2}nRT$

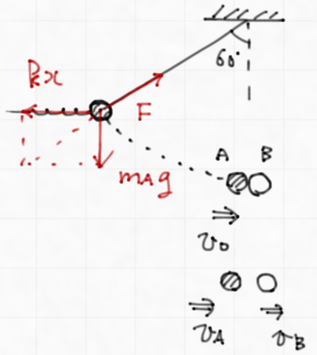
(ホ) $Q_{AB} = \frac{3}{2}nRT = \mathbf{\frac{3}{2}PV}$

(ヘ)



2

(イ) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m_A}{k}}$ $\qquad k = \dfrac{4\pi^2 m_A}{T^2}$



左図より $kx : m_A g = \sqrt{3} : 1$

$$\frac{4\pi^2 m_A}{T^2} x = \sqrt{3} m_A g \qquad x = \frac{T^2 \cdot \sqrt{3} \cancel{m_A} g}{4\pi^2 \cancel{m_A}} = \frac{\sqrt{3}}{4} \times \frac{T^2 g}{\pi^2}$$

(ロ) 衝突直前のAの速さ v_0

$$m_A g \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{2} m_A v_0^2 \qquad v_0 = \sqrt{gL}$$

運動量保存 $\quad m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B \quad \cdots ①$

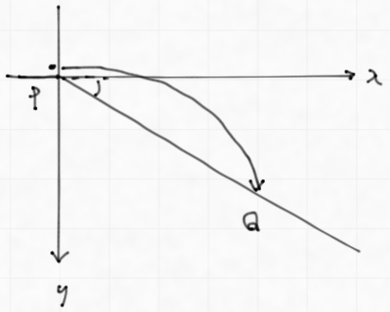
はねかえり $\quad (v_0 - 0) \times (-e) = v_A - v_B \quad \cdots ②$

②より

$v_A = -e v_0 + v_B$ を ①に代入

$$m_A v_0 = -e m_A v_0 + m_A v_B + m_B v_B$$

$$v_B = \frac{m_A}{m_A + m_B}(1+e) v_0 = \frac{m_A}{m_A + m_B}(1+e)\sqrt{gL}$$



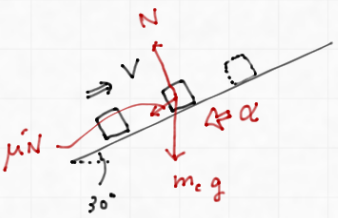
(ハ) x方向 $\quad x = Ut$

y方向 $\quad y = \frac{1}{2} g t^2$

$y = (\tan 30^\circ) x$ に上の2式を代入.

$$\frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{\sqrt{3}} U t \qquad t = \frac{2U}{\sqrt{3} g}$$

このとき $x = \dfrac{2U^2}{\sqrt{3} g}$ だから $PQ = \dfrac{2U^2}{\sqrt{3} g} \times \dfrac{1}{\cos 30^\circ} = \dfrac{4}{3} \dfrac{U^2}{g}$



(ニ)
$$\begin{cases} m_C \alpha = \mu' N + m_C g \sin 30^\circ \\ N = m_C g \cos 30^\circ \end{cases}$$

$$m_C \alpha = \mu' m_C g \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + m_C g \cdot \frac{1}{2} \qquad \alpha = \frac{1}{2} g (1 + \sqrt{3}\mu')$$

静止するまでの時間をtとして

$$V - \alpha t = 0 \qquad t = \frac{V}{\alpha} = \frac{2V}{g(1+\sqrt{3}\mu')} = \frac{1}{1+\sqrt{3}\mu'} \times \frac{2V}{g}$$

(ホ)
$$x = Vt - \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$= \frac{1}{1+\sqrt{3}\mu'} \cdot \frac{2V^2}{g} - \cancel{\frac{1}{2}} \cdot \cancel{\frac{1}{2}} g \cancel{(1+\sqrt{3}\mu')} \cdot \frac{4V^2}{(1+\sqrt{3}\mu')^{\cancel{2}} g^{\cancel{2}}}$$

$$= \frac{1}{1+\sqrt{3}\mu'}\left(\frac{2V^2}{g} - \frac{V^2}{g}\right) = \frac{1}{1+\sqrt{3}\mu'} \cdot \frac{V^2}{g}$$

$$1 + \sqrt{3}\mu' = \frac{V^2}{xg} \qquad \mu' = \frac{\sqrt{3}}{3}\left(\frac{V^2}{xg} - 1\right)$$

3

(イ) 図2のグラフで電圧が電流よりも $\frac{\pi}{2}$ だけ位相が進んでいることから X は コイル

図3で、十分な時間後、5.0Aの定常電流が流れ続けたことから、X.Yにコンデンサーは含まれておらず、したがって Y は抵抗

コイル … X　　コンデンサー … Z　　抵抗 … Y

図2より.

$$V_0 = \omega L I_0 \quad \text{より} \quad L = \frac{V_0}{\omega I_0} = \frac{TV_0}{2\pi I_0} = \frac{\cancel{4}\times\cancel{10^{-2}}\cdot\cancel{100}}{\cancel{2}\cdot 3.14\cdot\cancel{2.0}} = \frac{1}{3.14} = \mathbf{3.2\times10^{-1}}\ (H)$$

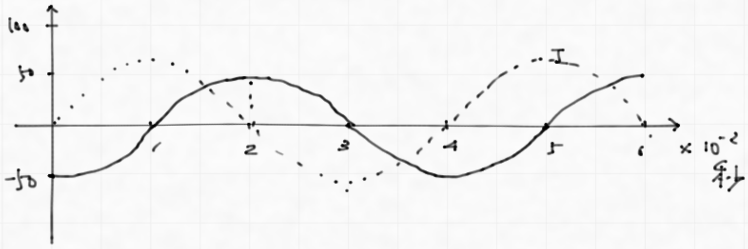
図3で5.0Aの電流が流れたので.

$$100 = 5.0 \times R \qquad R = \mathbf{2.0\times10^{1}}\ (\Omega)$$

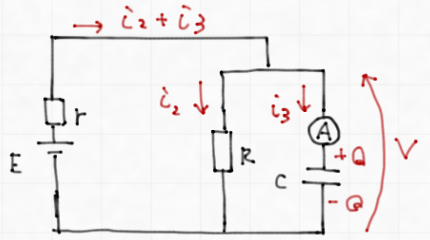
図1. Zの両端の電圧の最大値が50(V)だから.

$$50 = \frac{1}{\omega C} I_0 \qquad C = \frac{\cancel{2.0}\times4\times10^{-2}}{50\cdot\cancel{2}\pi} = \frac{8}{3.14}\times10^{-4} = \mathbf{2.5\times10^{-4}}\ (F)$$

(ロ) 電圧の位相が $\frac{\pi}{2}$ 遅れる



(ハ)



$$\begin{cases} E = (i_2+i_3)r + V \\ V = i_2R = \dfrac{Q}{C} \end{cases}$$

$i_2 = \dfrac{V}{R}$ を代入　$E = \dfrac{r}{R}V + i_3r + V$

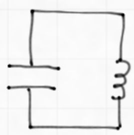
$$i_3 = \mathbf{\frac{ER - rV - RV}{rR}}$$

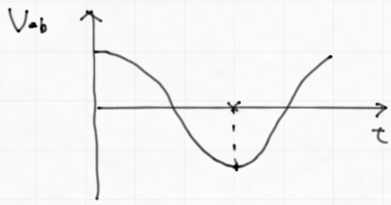
(ニ) 十分な時間が経つと… $i_3 = 0$

$$i_2 = \frac{E}{r+R},\quad Q = C\cdot\frac{RE}{r+R}$$

その後の操作で S_3 を閉じると、右側に振動電流が流れる

その周期Tは　$T = 2\pi\sqrt{LC}$、S_3 を閉じて半周期後、aの電位は最も低くなるので　$\mathbf{\pi\sqrt{LC}}$

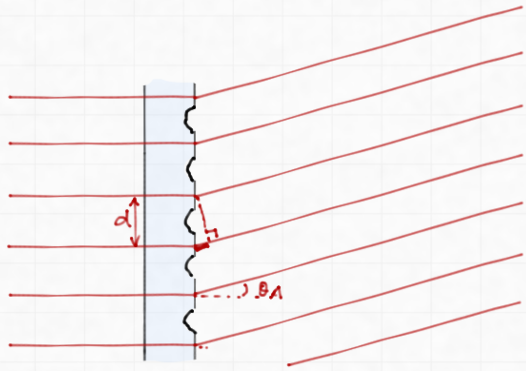




(ホ) エネルギーを考える

$$\frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}LI_{max}^2 \qquad I_{max} = \frac{Q}{\sqrt{LC}} = \mathbf{\frac{RE}{r+R}\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

4



(A) (イ) $d\sin\theta_A = \lambda_0$

(i) λ_0を大きくすると$\sin\theta_A$も大きく. すなわち
θ_Aも大きくなる

(ii) dを大きくすると$\sin\theta_A$は小さくなるので
θ_Aも小さくなる

(iii) $c = f\lambda$の関係が成立しており. またcは一定
だから、波長を短かくすると. 振動数は大きくなる

以上の考察より (3) が正解

(ロ) $\begin{cases} d\sin\theta_A = \lambda_0 \\ d\sin 2\theta_A = c\lambda_0 \end{cases}$ 連立して $2\cancel{d}\cancel{\sin\theta_A}\cos\theta_A = c\cancel{d}\cancel{\sin\theta_A}$

$\cos\theta_A = \frac{c}{2}$ $\therefore\ \sin\theta_A = \sqrt{1-\frac{c^2}{4}}$

(ハ) $\alpha = \alpha_0$のときの隣り合う経路の経路差が2波長分の差となっている

$$d\sin\alpha_0 + d\sin\theta_A = 2\lambda_0$$

$d\sin\theta_A = \lambda_0$だから $d\sin\alpha_0 = \lambda_0$ よって $\alpha_0 = \theta_A$

明線条件は

$$d\sin\alpha_0 + d\sin\theta = n\cdot\frac{3}{2}\lambda_0$$

$$d\sin\theta = n\cdot\frac{3}{2}d\sin\theta_A - d\sin\theta_A$$

$$\sin\theta = \left(\frac{3}{2}n-1\right)\sin\theta_A$$

$n=1$のとき θ_Aは最小で このときのθがβ.

$\sin\beta = \frac{1}{2}\sin\theta_A$

(B) (ニ) 物体が焦点の外側にあるので 倒立実像ができている.

$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ より $\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}$

aを大きくすると $\frac{1}{a}$は小さくなり. したがって $\frac{1}{b}$は大きくなる (bは小さくなる)

$m = \frac{b}{a}$ だから mは小さくなる

(i) 実像 (ii) 倒立 (iii) bは短かく. mは小さくなる ⇒ (8)

(ホ) 凸レンズ1の像の位置を b_1 として.

$$\frac{1}{-a-(-3a)} + \frac{1}{b_1-(-a)} = \frac{1}{4a} \Leftrightarrow \frac{1}{b_1+a} = -\frac{1}{4a}$$

$$\Leftrightarrow b_1 + a = -4a \qquad b_1 = -5a$$

凸レンズ2の像の位置をb_2として

$$\frac{1}{a-(-5a)} + \frac{1}{b_2-a} = \frac{1}{4a} \Leftrightarrow b_2 = 13a$$

(ヘ) $\left|\frac{b_1-(-a)}{-a-(-3a)}\right| \times \left|\frac{b_2-a}{a-(-5a)}\right| = 2\times 2 = 4$ 倍