物理Ａ１

【解答例】

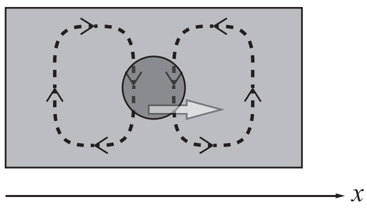

図 1

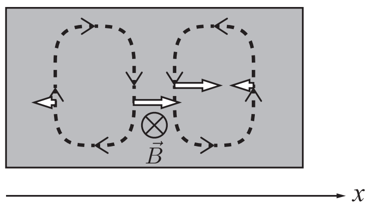

図 2　電流が受ける力（白矢印）.

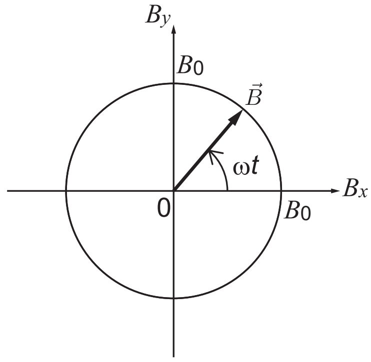

図 3　$B_0 > 0$ の場合.

- 問 (1)　レンツの法則より、図 1 のループの向き
- 問 (2)　x の正方向。例えば図 2 のように、フレミングの左手の法則より誘導電流が力を受け、磁石直下ほどその力が強いので、各ループは正味右向きに力を受ける。
- 問 (3)　例えば図 3
- 問 (4)　反時計回り。磁束密度が図 3 のように回転するので、銅板を貫く磁束密度の変化を抑制する向き、すなわち磁束密度の変化に追随する方向（反時計回り）に回転する。
- 問 (5)　電磁誘導による力のモーメントを発生させ続ける必要があるため。この力のモーメントにより、外部の負荷に対して仕事をすることができる。電磁誘導は、銅板（の任意の領域）から見て、貫く磁束密度が時間変化していると発生するので、回転子が磁束密度より遅く回転しているとき（回転角周波数 $< \omega$）、銅板に誘導電流が発生し、磁束密度の変化に追随させる（回転を促す方向の）力のモーメントが回転子に誘起される。回転角周波数 $= \omega$ では誘導電流が発生しなくなる。
- 問 (6)

$$① \ \frac{V_0}{R}\sin\omega t\ ,\ ② \ \omega C V_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)\ ,\ ③ \ \frac{V_0}{\omega L}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \tag{1}$$

- 問 (7)

$$I_1 \propto \cos\omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)\ ,\ I_2 \propto \sin\omega t \tag{2}$$

であり、I_1 が I_2 より $\pi/2$ 進んだ組み合わせであればよい。式 (1) より、(素子 1, 素子 2) = (C, R) または (R, L) となる。(R: 電気抵抗、C: コンデンサー、L: コイル)

- 問 (8)　インピーダンスを比較すればよい。式 (1) より、

$$[(\mathrm{C, R})\ \text{の場合}]\quad R = \frac{1}{\omega C}\ ,\qquad [(\mathrm{R, L})\ \text{の場合}]\quad R = \omega L\ . \tag{3}$$

物理 A2 解答例

(1) $x = \frac{3}{4}\lambda$

(2) 直線 $x = \frac{\lambda}{T}t + \frac{3}{4}\lambda$ のグラフ

(3) $\frac{\lambda}{T}$

(4) うなりの周期を T_0 とすると、T_0 の間にそれぞれの波が振動する回数は T_0/T_1, T_0/T_2。この差を 1 とすることにより、$T_0 = T_1T_2/(T_1 - T_2)$。

(5) うなりの波長を λ_0 とすると (4) と同様に、$\lambda_0/\lambda_2 - \lambda_0/\lambda_1 = 1$ より $\lambda_0 = \lambda_1\lambda_2/(\lambda_1 - \lambda_2)$。

(6) $2\pi t/T_1 - 2\pi t/T_2 = \pi$ より $t = (1/2)T_1T_2/(T_2 - T_1)$。

(7) $2\pi(t/T_1 - x/\lambda_1) - 2\pi(t/T_2 - x/\lambda_2) = \pi$ より

$$t = \frac{T_1T_2}{T_1 - T_2}\left(\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1\lambda_2}x - \frac{1}{2}\right)$$

(8) 直線

$$x = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\left(\frac{T_1 - T_2}{T_1T_2}t + \frac{1}{2}\right)$$

のグラフより速度は

$$\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\frac{T_1 - T_2}{T_1T_2}$$

なお、この速度は、(4) の周期 T_0 と (5) の波長 λ_0 を使って λ_0/T_0 と書け、(3) と同じ形になることがわかる。

物理 B1 解答例

(1)

$$\frac{72 \times 10^3[\mathrm{m}]}{60 \times 60[\mathrm{s}]} = 20[\mathrm{m/s}]$$

(2) $20 \div 25 = 0.8[\mathrm{m/s^2}]$

(3) $\tan\theta = \alpha/g$

(4) $\alpha/g = 0.8/10 = 0.08$。$\tan\theta \simeq \theta$ より $\theta = 0.08[\mathrm{rad}] = 0.08 \times 180/\pi^\circ = 4.5^\circ$ 答えは 5 度。

(5) $\tan\theta_c = 20/80 = 1/4$

(6) $\beta = \sqrt{\alpha^2 + g^2}$

(7) $T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{l/\beta}$ より

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{\alpha^2 + g^2}}}$$

(8) 時速 180km に加速したときの加速度は $0.8 \times 180/72 = 2.0[\mathrm{m/s^2}]$。(7) の式は

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1 + \frac{\alpha^2}{g^2}\right)^{-1/4}$$

と書けるので、α^2 が g^2 に比べて十分小さいとき、地上で静止する場合の周期 $T_0 = \sqrt{l/g}$ との比は

$$\frac{T}{T_0} = \left(1 + \frac{\alpha^2}{g^2}\right)^{-1/4} \simeq 1 - \frac{\alpha^2}{4g^2} = 1 - \left(\frac{2.0}{2 \times 10}\right)^2 = 1 - 0.01$$

したがって周期は 1%短い。

物理 B2 解答例

(1) 気体の圧力 P、内部エネルギーの変化 ΔU、吸収する熱量 Q、体積の増加 ΔV に対して

$$\Delta U = Q - P\Delta V$$

が成り立つ。断熱変化では $Q = 0$ なので、$\Delta U = -P\Delta V$。気体が膨張すると $\Delta V > 0$ であり、内部エネルギーは減少する。内部エネルギーと絶対温度は比例するため、温度は下がる。

(2) $\Delta U = -\frac{5}{2}nR\Delta T = -P\Delta V$ と $PV = nRT$ より $\frac{5}{2}\frac{\Delta T}{T} = -\frac{\Delta V}{V}$。したがって、$\frac{\Delta T}{T} = -\frac{2}{5}\frac{\Delta V}{V}$。

(3) $(P + \Delta P)(V + \Delta V) - PV = P\Delta V + V\Delta P + \Delta P\Delta V$。$nR(T + \Delta T) - nRT = nR\Delta T$。$\Delta P\Delta V$ を無視すれば、$P\Delta V + V\Delta P = nR\Delta T$。

(4) (3) で得られた式を $PV = nRT$ で割ると

$$\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$$

が得られる。

(5) (4) の式に (2) の式を代入すると、

$$\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = -\frac{2}{5}\frac{\Delta V}{V}$$

これより

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{5}{7}\frac{\Delta P}{P}$$

(6) (2) の式に (5) の式を代入すると

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{2}{7}\frac{\Delta P}{P}$$

$\Delta P/P = -1 \times 10^4/1 \times 10^5 = -1/10$ より $\Delta T = \frac{2}{7} \times (-\frac{1}{10}) \times 300 = -8.5$。9 度下がる。

(7) ここまでの導出で定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ に変えると、単原子分子に対しては

$$\frac{\Delta T}{T} = -\frac{2}{3}\frac{\Delta V}{V}, \frac{\Delta V}{V} = -\frac{3}{5}\frac{\Delta P}{P}$$

となる。したがって、

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{2}{5}\frac{\Delta P}{P}$$

$\Delta P/P = -1/10$ のとき、$\Delta T = \frac{2}{5} \times (-\frac{1}{10}) \times 300 = -12$。アルゴン 100%の気体は窒素 100%の気体よりも温度が下がる。