

- (1) 張力を T 、垂直抗力を N とおく。水平方向・鉛直方向における力のつりあいを考えると、次の式が成り立つ。

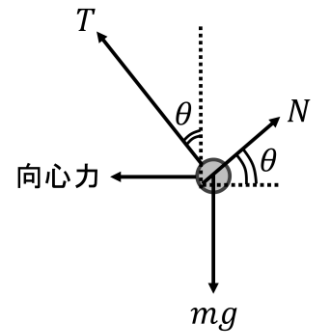
$$T \sin \theta - N \cos \theta = \frac{mv^2}{L \sin \theta} \dots \textcircled{1}$$

$$T \cos \theta + N \sin \theta = mg \dots \textcircled{2}$$

- ①②より N と T をそれぞれ消去して

$$T = mg \cos \theta + \frac{mv^2}{L} \dots \textcircled{3}$$

$$N = mg \sin \theta - mv^2 \cdot \frac{\cos \theta}{L \sin \theta} \dots \textcircled{4}$$



- (2) 条件より、求める限界値 $v_{\max}$ において垂直抗力はゼロとなる。したがって④から、 $v_{\max}$ は

$$0 = mg \sin \theta - mv_{\max}^2 \cdot \frac{\cos \theta}{L \sin \theta}$$

を満たすとわかる。これを解いて、求める答えは

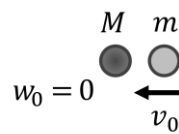
$$v_{\max} = \sqrt{\frac{gL}{\cos \theta}} \cdot \sin \theta$$

- (3) 一回目の衝突直後における質量 m , M のおもりの速度をそれぞれ v_1 , w_1 とおくと、条件より次の二式が成り立つ。

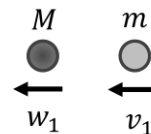
$$Mw_1 + mv_1 = 0 + mv_0$$

$$\frac{w_1 - v_1}{0 - v_0} = -e$$

i) 衝突前



ii) 衝突後



ここから w_1 と v_1 をそれぞれ消去して

$$v_1 = v_0 \cdot \frac{m - eM}{m + M} \dots \textcircled{5}$$

$$w_1 = v_0 \cdot \frac{(1 + e)m}{m + M}$$

(4) 式⑤を用いると

$$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{(m - eM)^2}{(m + M)^2} = E_0 \cdot \frac{(m - eM)^2}{(m + M)^2}$$

したがって求める比は

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{(m - eM)^2}{(m + M)^2} \dots \textcircled{6}$$

(5) 条件より

$$E_1 = E_0 \times \frac{1}{4}$$

式⑥を用いると

$$\frac{(m - eM)^2}{(m + M)^2} = \frac{1}{4}$$

両辺の平方根をとって

$$\frac{m - eM}{m + M} = \pm \frac{1}{2}$$

これを整理すると、次の二つが導かれる。

$$\frac{m}{M} = 1 + 2e \quad \text{または} \quad \frac{m}{M} = \frac{2e - 1}{3}$$

ここで反発係数 e の大きさが、その定義から $0 < e < 1$ を満たすことに注意する。

すると上記二つのうち前者の答えは、問題文で与えられた条件 $M > m$ に反するので不適とわかる。以上より求める答えは

$$\frac{m}{M} = \frac{2e - 1}{3}$$

(6) 1 回目の衝突直後において、二つのおもりの相対速度の大きさ $|w_1 - v_1|$ は

$$|w_1 - v_1| = ev_0$$

と表せる。また、1 回目の衝突から 2 回目の衝突までに要する時間 $T_2 - T_1$ は

$$|w_1 - v_1| \cdot (T_2 - T_1) = 2\pi L \sin \theta$$

を満たす。これら二つの式から $|w_1 - v_1|$ を消去すると

$$T_2 - T_1 = 2\pi \cdot \frac{L \sin \theta}{ev_0}$$

となる。また、明らかに

$$T_1 - T_0 = 2\pi \cdot \frac{L \sin \theta}{v_0}$$

以上より、求める比は

$$\frac{T_2 - T_1}{T_1 - T_0} = \frac{1}{e}$$

(物理基礎・物理その2) 解答例

- (1) 電流はオームの法則より

$$\frac{1.0\text{V}}{5.0\Omega} = 2.0 \times 10^{-1} \text{A}$$

- (2) 蓄えられる電荷は

$$(3.0 \mu\text{F}) \times (1.0 \text{V}) = 3.0 \times 10^{-6} \text{C}$$

エネルギーは

$$(1/2) \cdot (3.0 \mu\text{F}) \cdot (1.0 \text{V})^2 = 1.5 \times 10^{-6} \text{J}$$

- (3) スイッチを閉じてから、分時間がたつまでの間に、電池は 1.0V の電位差を $3.0 \times 10^{-6} \text{C}$ の電荷を移動させた。電池がした仕事は

$$(1.0 \text{V}) \cdot (3.0 \times 10^{-6} \text{C}) = 3.0 \times 10^{-6} \text{J}$$

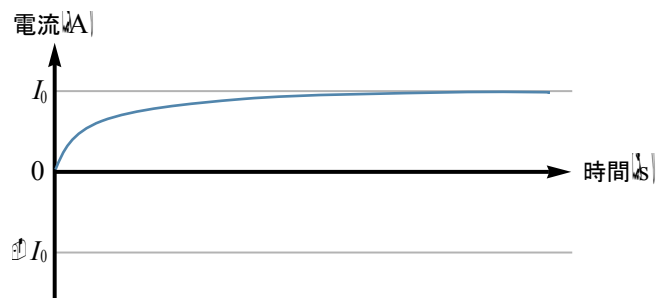
- (4) 時刻0では回路に電流は流れていない。このことから、誘導起電力と電池の電圧が釣り合っていることがわかる。

$$1.0 \text{V}$$

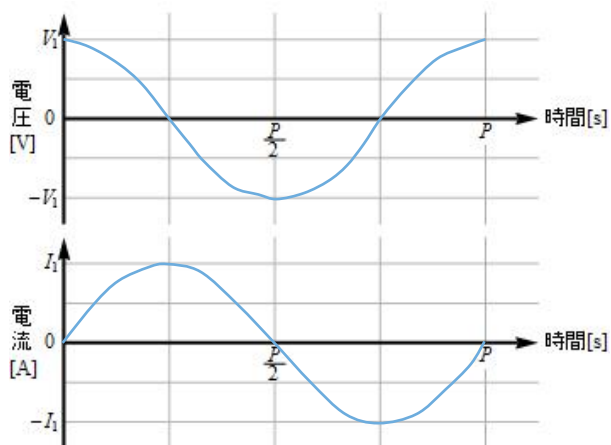
- (5) 十分時間が経過すると、回路に流れる電流が問(1)の一定値に 0.2A なる。コイルの蓄えているエネルギーは

$$(1/2) \cdot (2.0 \text{mH}) \cdot (0.2 \text{A})^2 = 4.0 \times 10^{-5} \text{J}$$

- (6)



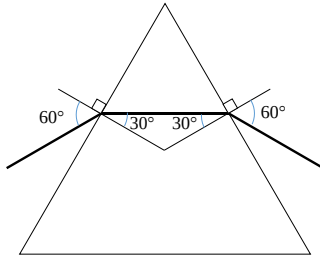
- (7)



解答例

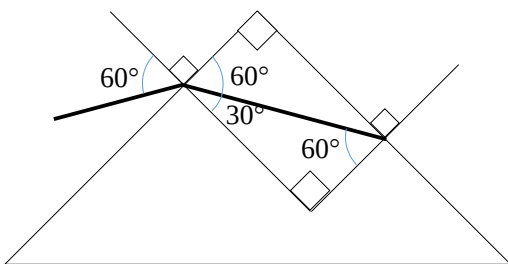
- (1) スネルの法則より $\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$
- (2) 三角の内角の和が 180° となることから $\angle BAC$ は $180^\circ - 2\beta$. $\angle ADF$, $\angle AEF$ がともに 90° となり, また四角形の内角の和が 360° となることから, $\angle DFE$ は 2β .
 三角形 BFE について, 内角の和が 180° となることから $\theta_3 = 180^\circ - 2\beta - \theta_2$
- (3) (1)の結果より, $\sin 60^\circ = \sqrt{3} \sin \theta_2$ となり, $\sqrt{3}/2 = \sqrt{3} \sin \theta_2$
 これを計算すると $\sin \theta_2 = 1/2$ となり $\theta_2 = 30^\circ$ が求められる.
 (2)の結果より, $\theta_3 = 180^\circ - 2 \times 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$
 再びスネルの法則より, $\sin \theta_4 = n \sin \theta_3 = \sqrt{3} \sin 30^\circ = \sqrt{3}/2$
 結果, $\theta_4 = 60^\circ$

図を描くと簡単.



- (4) (1)の結果より, $\sin 60^\circ = \sqrt{3} \sin \theta_2$ となり, これを整理すると $\sin \theta_2 = 1/2$ となる.
 よって $\theta_2 = 30^\circ$. (2)の結果より $\theta_3 = 180^\circ - 2 \times 45^\circ - 30^\circ = 60^\circ$
 スネルの法則より $\sin \theta_4 = n \sin \theta_3 = \sqrt{3} \sin 60^\circ = 3/2 > 1$
 この条件を満たす θ_4 は存在しないので, 全反射を起こす.

図を描くと簡単.



AC 面に対する入射角度が 60° となる.

スネルの法則より

$$\sin \theta_4 = n \sin \theta_3 = \sqrt{3} \sin 60^\circ = 3/2 > 1$$

問題 4

- (ア) $p_0SL/4RT_0$: 状態方程式より $p_0SL/4 = nRT_0 \quad \therefore \quad n = p_0SL/4RT_0$
- (イ) $5L/8$: ボイル・シャルルの法則より $p_0SL/4T_0 = p_0S(L-x)/(3T_0/2) \quad \therefore \quad x = 5L/8$
- (ウ) $5p_0SL/16$: $Q = n C_p \Delta T = p_0SL/4RT_0 \cdot 5R/2 \cdot T_0/2 = 5p_0SL/16$
- (エ) $3L/4$: 圧力 p_0 が変わらないように気体が排出され、ピストンは動かない。
- (オ) $9L/13$: 2 室は同じ圧力 p になる。
- A : ボイル・シャルルの法則より $p_0SL/4T_0 = pS(L-y)/(4T_0/3)$
- B : ボイル・シャルルの法則より $3p_0SL/4T_0 = pSy/T_0$
- $\therefore \quad y = 9L/13$