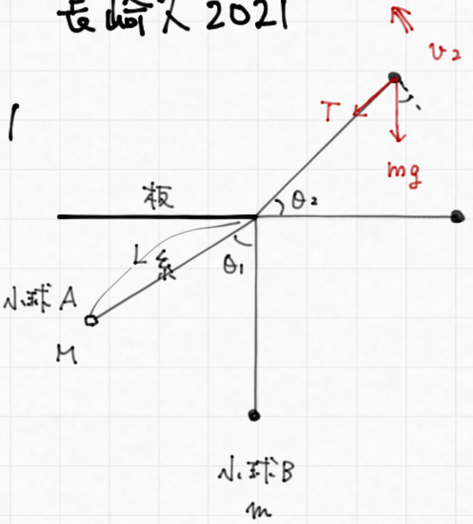
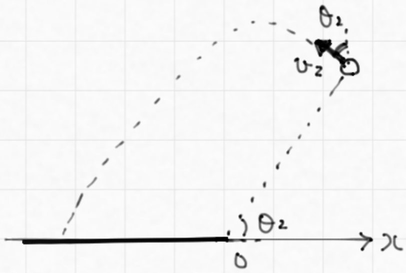
長崎大 2021





I

(1) エネルギー保存

$$MgL(1-\cos\theta_1) = \frac{1}{2}Mw_0^2$$

$$w_0 = \sqrt{2gL(1-\cos\theta_1)}$$

(2) 運動量保存

$$Mw_0 = Mw_1 + mv_1$$

はねかえり

$$-e = \frac{w_1 - v_1}{w_0 - 0}$$

連立して $v_1 = \dfrac{(1+e)Mw_0}{m+M}$

(3) エネルギー保存

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgL(1+\sin\theta_2)$$

(中心方向の)円運動の運動方程式

$$m\frac{v_2^2}{L} = T + mg\sin\theta_2$$

糸がたるんだとき T=0

$$T = \frac{1}{L}\left(mv_1^2 - 2mgL(1+\sin\theta_2)\right) - mg\sin\theta_2 = 0$$

$$\cancel{m}v_1^2 - 2\cancel{m}gL - 2\cancel{m}gL\sin\theta_2 = \cancel{m}gL\sin\theta_2$$

$$3gL\sin\theta_2 = v_1^2 - 2gL \qquad \therefore \sin\theta_2 = \frac{v_1^2 - 2gL}{3gL}$$

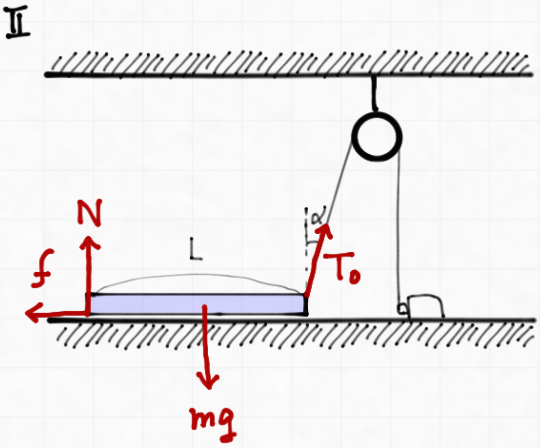
(4) 上図のように x 軸を定める　$x = L\cos\theta_2 - v_2\sin\theta_2 t$

Tが最小となるのは $x=0$ を通るときなので

$$0 = L\cos\theta_2 - v_2\sin\theta_2 T$$

$$\therefore T = \frac{L}{v_2\tan\theta}$$

II



(5) 点Oのまわりのモーメントのつりあい

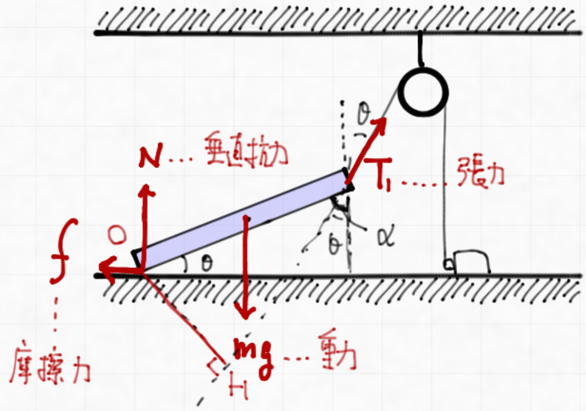
$$T_0\cos\alpha \times L = mg \times \frac{1}{2}L$$

$$T_0 = \frac{mg}{2\cos\alpha}$$

(6)
$$\begin{cases} T_0\sin\alpha = f \leqq \mu N \\ N + T_0\cos\alpha = mg \end{cases}$$

$$\frac{\cancel{mg}}{2\cos\alpha}\sin\alpha \leqq \mu\left(\cancel{mg} - \frac{\cancel{mg}}{2\cancel{\cos\alpha}}\cancel{\cos\alpha}\right)$$

$$\mu \geqq \tan\alpha$$



(7) 重力によるモーメントの大きさ $M_1 = mg \times \frac{L}{2}\cos\theta$

$$= \frac{1}{2}mgL\cos\theta$$

張力によるモーメントの大きさ

図中の $\alpha = 90° - \theta$

$$OH = L\sin(\alpha - \theta) = L\sin(90° - 2\theta)$$

$$= L\cos 2\theta$$

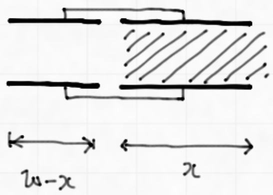
$$M_2 = T_1 \times OH = T_1 L\cos 2\theta$$

長崎大2021

2

(ア) 公式より $C_1 = \varepsilon_0 \dfrac{w^2}{d}$

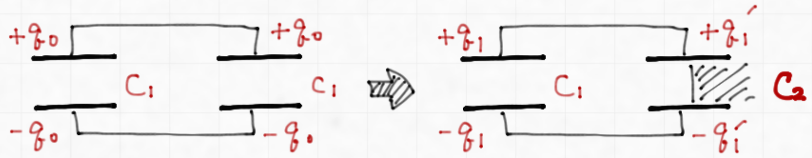
(イ)



左のように挿入部分(右側)と未挿入部分(左側)の2つのコンデンサーが並列に接続されていると考える

$$C_2 = \varepsilon_0 \frac{w(w-x)}{d} + \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{wx}{d} = \frac{\varepsilon_0 w}{d}\left(w-x+\varepsilon_r x\right)$$

(ウ)



両極板にかかる電圧が等しい $\dfrac{q_1}{C_1} = \dfrac{q_1'}{C_2}$

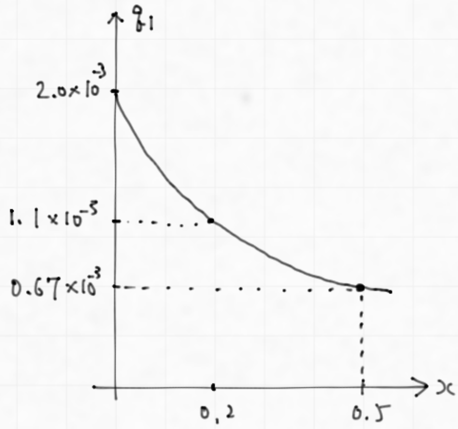
電荷保存 $q_0 + q_0 = q_1 + q_1'$

連立して $q_1 = \dfrac{2C_1 q_0}{C_1 + C_2}$

(エ)

$$q_1 = \frac{2\cancel{\varepsilon_0}\dfrac{w^{\cancel{2}}}{\cancel{d}}q_0}{\cancel{\varepsilon_0}\dfrac{w^{\cancel{2}}}{\cancel{d}} + \dfrac{\cancel{\varepsilon_0}\cancel{w}}{\cancel{d}}\left(w-x+\varepsilon_r x\right)} = \frac{2wq_0}{2w+(\varepsilon_r-1)x}$$

$$= \frac{2.0\times10^{-3}}{1+4x}$$



(オ) スイッチを閉じているので電流が流れて、
両コンデンサーの電圧は電池の電圧と等しく保たれる。
したがって C_1 に蓄えられている電荷は保存され $q_1 = q_0$ のまま。
C_2 は容量が大きくなることからより多くの電荷を蓄え $q_2 > q_0$ となる

なお $q_2 = \dfrac{C_2}{C_1}q_0 = \left(1+\dfrac{\varepsilon_r-1}{w}x\right)q_0$ となるので q_2 の増加量は x に比例する。

長崎大2021

3

I

(a) $v = \dfrac{移動距離}{時間} = \dfrac{1}{0.2} = \mathbf{5.0}\ m/s$　　$\lambda = \mathbf{6}\ m$

$T = \dfrac{\lambda}{v} = \dfrac{6}{5} = \mathbf{1.2}\ s$　　$f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{5}{6} = \mathbf{8.3 \times 10^{-1}}$ (Hz)

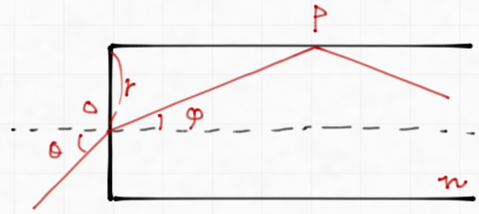
(b) $t=0$のとき変位は0，周期が1.2秒になっているので該当するのは　**(B)**

(c) $y = 1 \cdot \sin 2\pi \dfrac{t}{T} = \sin 2\pi \dfrac{v}{\lambda} t$　　**(B)**

(d) $V_{max} = A\omega = 1 \times \dfrac{2\pi}{T} = 2\pi \dfrac{v}{\lambda} = \cancel{2} \times 3.14 \times \dfrac{5}{\cancel{6}_3} = \dfrac{15.7}{3} = 5.23\ldots = 5.2\ m/s$　**(C)**

II

(e) $\mathbf{\dfrac{c}{n}}$



(f) O点での屈折の式　$\dfrac{\sin\theta}{\sin\varphi} = n$

$OP = \dfrac{r}{\sin\varphi} = \mathbf{\dfrac{nr}{\sin\theta}}$

$OP \div \dfrac{c}{n} = \mathbf{\dfrac{n^2 r}{c\sin\theta}}$

(g) 中心軸方向の速さは $\dfrac{c\cos\varphi}{n}$ だから

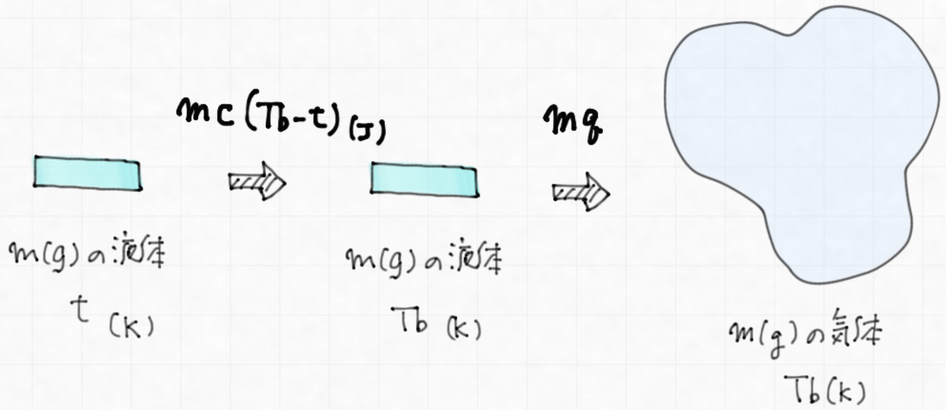
所要時間 $= \dfrac{nL}{c\cos\varphi} = \dfrac{nL}{c} \times \dfrac{1}{\sqrt{1-\sin^2\varphi}} = \dfrac{nL}{c} \times \dfrac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{\sin^2\theta}{n^2}}} = \mathbf{\dfrac{n^2 L}{c\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}}$

(h) **光ファイバー**

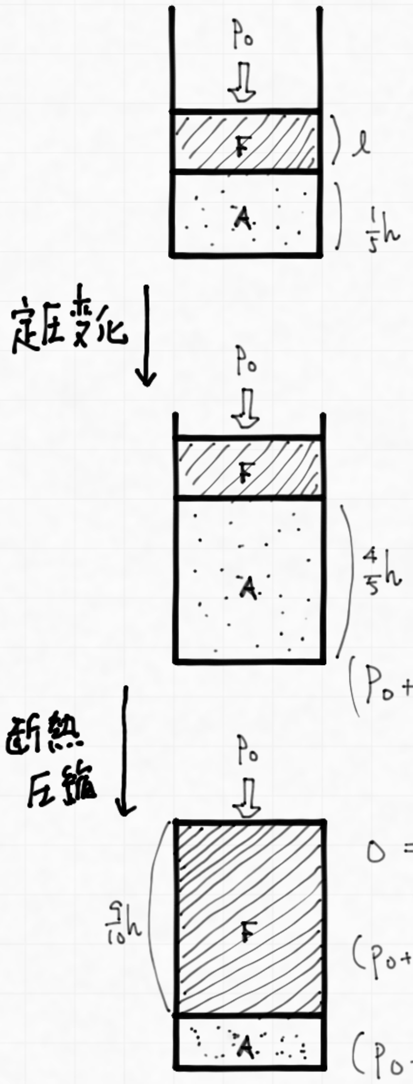
長崎大2021

4

(あ)



$Q_1 = mc(T_b - t) + mq$



$(P_0+\rho lg)s\cdot\frac{4}{5}h = nRT$

$0 = W + \frac{3}{2}nR(T'-T)$

$(p_0+\rho lg)(s\frac{4}{5}h)^{\frac{5}{3}} = (P_0+\rho\frac{9}{10}hg)(s\frac{1}{10}h)^{\frac{5}{3}}$

$(P_0+\rho\frac{9}{10}hg)s\cdot\frac{1}{10}h = nRT'$

最初、液体だったので、いつものようにはまとめなかったが、
まとめた方が良いと判断して途中からまとめなおした。

(い)

液体Fの重さは $Sl\rho$ (kg) だから、Aの気体に加わる圧力は

$$P_0 + \frac{Sl\rho g}{S} = P_0 + \rho lg$$

Aが気化しているあいだ、圧力は $P_0 + Slg$ で一定だからAのする仕事は

$$W_1 = (P_0 + Slg)\cdot\frac{1}{5}h\cdot S = \frac{1}{5}hS(P_0+\rho lg)$$

(う) 定圧変化だから

$$Q_2 = \frac{3}{5}Sh(P_0+\rho lg) + \frac{3}{2}nRT$$

$$= \frac{3}{5}Sh(P_0+\rho lg)\times\frac{5}{2}$$

$$= \frac{3}{2}Sh(P_0+\rho lg)$$

(え) $(p_0+\rho lg)(\frac{4}{5}Sh)^{\frac{5}{3}} = (P_0+\frac{9}{10}\rho hg)(\frac{1}{10}Sh)^{\frac{5}{3}}$

$$\frac{P_0+\frac{9}{10}\rho hg}{P_0+\rho lg} = \frac{(\frac{4}{5}Sh)^{\frac{5}{3}}}{(\frac{1}{10}Sh)^{\frac{5}{3}}} = 8^{\frac{5}{3}} = 2^5 = 32$$

ポアソンの法則を用いる誘導があったので
こちらを答えるのではないと判断し計算した。