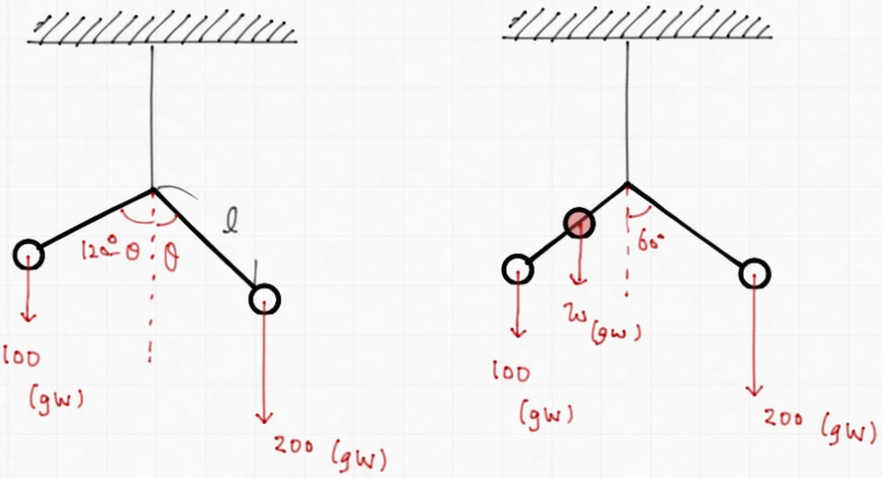
1

(1)



①

$$100 \times l \times \sin(120° - \theta) = 200 \times l \sin\theta$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}\cos\theta + \frac{1}{2}\sin\theta = 2\sin\theta$$

$$\tan\theta = \frac{1}{\sqrt{3}} \qquad \therefore\ \theta = \mathbf{30°}$$

②

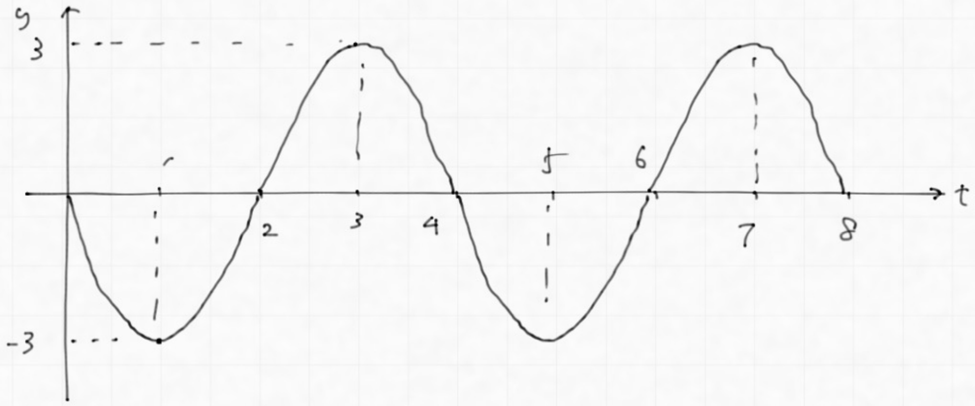
$$100 l \sin 60° + w \cdot \frac{l}{2}\sin 60° = 200 l \sin 60°$$

$$50 + \frac{1}{4}w = 100$$

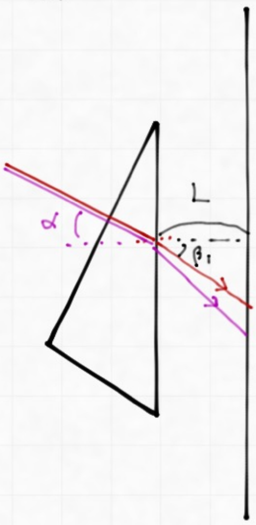
$$w = \mathbf{200}\ \mathbf{(g)}$$

(2) ① 波長は 40 m　　周期 $= \dfrac{波長}{速さ} = \dfrac{40}{10} = \mathbf{4\ (s)}$

② $t=0$ のとき $y=0$. その後 負の値をとるので、



(3)



① $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta_1} = \dfrac{1}{n_1}$　　$\sin\beta_1 = \mathbf{n_1 \sin\alpha}$

②

$$L\tan\beta_2 - L\tan\beta_1 = L(\tan\beta_2 - \tan\beta_1) = (*)$$

$$\tan^2\beta_1 = \frac{\sin^2\beta_1}{1-\sin^2\beta_1} = \frac{n_1^2\sin^2\alpha}{1-n_1^2\sin^2\alpha} \quad だから$$

$$(*) = L\left(n_2\sin\alpha\sqrt{\frac{1}{1-n_2^2\sin^2\alpha}} - n_1\sin\alpha\sqrt{\frac{1}{1-n_1^2\sin^2\alpha}}\right)$$

$$= \mathbf{L\sin\alpha\left(\frac{n_2}{\sqrt{1-n_2^2\sin^2\alpha}} - \frac{n_1}{\sqrt{1-n_1^2\sin^2\alpha}}\right)}$$

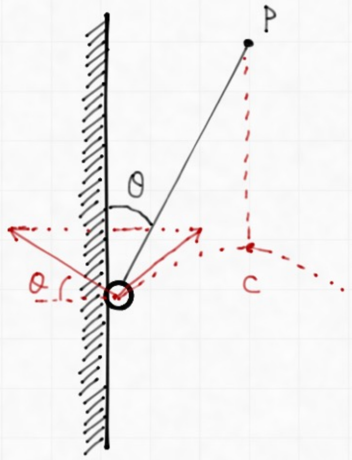
(4)

① $45 \div 9 = 5$　　$\left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$ だから現在は $\frac{1}{32}$ になっている　**32倍あった.**

② ^{238}U は現在の2倍あったので

$140 \times 2 : 1 \times 32 = \mathbf{35 : 4}$

2



(1) 壁から受ける力積は水平右向きなので
鉛直方向の速さは変化しない　∴ $v\sin\theta$

(2) 鉛直方向では初速 $v\sin\theta$、加速度 $-g$ の等加速度運動を行うので B を基準として C の高さを h とすると

$$\begin{cases} h = v\sin\theta\cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \\ 0 = v\sin\theta - gt \end{cases}$$

$$h = \frac{v^2\sin^2\theta}{2g}$$

C と P の差は $l\cos\theta - h = l\cos\theta - \frac{v^2\sin^2\theta}{2g}$

(3) 対称性を考えると衝突後の小球の軌跡は PC を軸とした放物線なので、
C に達するまでに要する時間 $\frac{v\sin\theta}{g}$ の 2倍の時間後 P を中心とした半径 l の円周上に達する　∴ $\frac{2v\sin\theta}{g}$

(4) v'' とすると $\frac{v\sin\theta}{g}$ 後に C に達しているので　$v'' \times \frac{v\sin\theta}{g} = l\sin\theta$

$$\therefore v'' = \frac{gl}{v}$$

(5) $$e = \frac{v''}{v\cos\theta} = \frac{gl}{v^2\cos\theta}$$

3

(1) $p_0 V_0 = nRT_0$

$3p_0 \cdot \frac{3}{2}V_0 = nRT_B$ より $T_B = \frac{9}{2}T_0$

(2) $\Delta U_{AB} = \frac{3}{2}nRT_B - \frac{3}{2}nRT_0 = \frac{3}{2}nRT_0\left(\frac{9}{2}-1\right) = \frac{21}{4}nRT_0 = \frac{21}{4}p_0V_0$

(3) $p_0 V_C = nRT_B$ より $V_C = \frac{9}{2}V_0$

B→Cの過程での仕事は、p-Vグラフの面積より

$$W_{BC} = (3p_0 + p_0) \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{9}{2}V_0 - \frac{3}{2}V_0\right) = 6p_0V_0$$

(4) B→Cではpとvのあいだに、

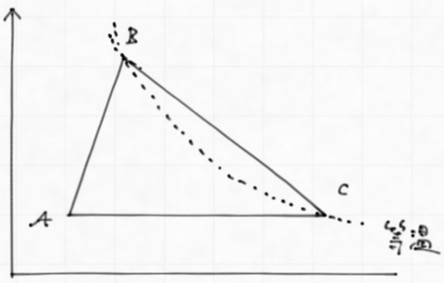
$$p = \frac{p_0 - 3p_0}{\frac{9}{2}V_0 - \frac{3}{2}V_0}\left(V - \frac{3}{2}V_0\right) + 3p_0 = -\frac{2p_0}{3V_0}V + 4p_0$$

状態方程式

$$\left(-\frac{2p_0}{3V_0}V + 4p_0\right)V = nRT \text{ より } T = \frac{1}{nR}\left(-\frac{2p_0}{3V_0}V^2 + 4p_0V\right) = \frac{-2p_0}{3nRV_0}\left(V^2 - 6V_0\right)$$

$$= -\frac{2p_0}{3nRV_0}\left(V - 3V_0\right)^2 + \frac{18p_0V_0}{3nR} = -\frac{2p_0}{3nRV_0}\left(V - 3V_0\right)^2 + 6T_0$$

$V = 3V_0$, $\left(p = 2p_0\right)$ のとき最大. 最大値 $6T_0$



(5) 外部から熱量を吸収しているのは A→B と B→C の途中まで

$$Q_{AB} = W_{AB} + \Delta U_{AB} = \frac{1}{2}(p_0 + 3p_0) \times \left(\frac{3}{2}V_0 - V_0\right) + \frac{21}{4}p_0V_0$$

$$= \frac{25}{4}p_0V_0$$

B→Cの途中までに吸収した熱量は

$$Q = W + \Delta U = \frac{1}{2}\left(3p_0 - \frac{2p_0}{3V_0}V + 4p_0\right)\left(V - \frac{3}{2}V_0\right) + \frac{3}{2}nR \cdot \left(\frac{-2p_0}{3nRV_0}\left(V^2 - 6V_0\right)\right) - \frac{3}{2}nR \cdot \frac{9}{2}T_0$$

$$= -\frac{4p_0}{3V_0}\left(V - \frac{15}{4}V_0\right)^2 + \frac{27}{4}p_0V_0$$

したがって $V = \frac{15}{4}V_0$ まではQは増加. すなわち. 熱を吸収している. (Qは $\frac{27}{4}p_0V_0$)

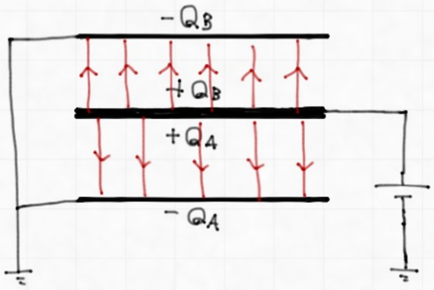
総仕事量 $= W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = p_0V_0 + 6p_0V_0 - p_0\left(\frac{9}{2}V_0 - V_0\right) = \frac{7}{2}p_0V_0$

$$\therefore e = \frac{\frac{7}{2}p_0V_0}{\frac{25}{4}p_0V_0 + \frac{27}{4}p_0V_0} = \frac{7}{26}$$

4

I (1) 公式より $C_{AB} = \varepsilon_0 \dfrac{S}{d}$

II



(2) $\begin{cases} Q_A + Q_B = Q \\ \dfrac{Q_A}{\varepsilon_0 S} x = \dfrac{Q_B}{\varepsilon_0 S}(d-x) \end{cases}$ 連立して $Q_A = \dfrac{d-x}{d} Q$, $Q_B = \dfrac{x}{d} Q$

A: $-\dfrac{d-x}{d} Q$　　B: $-\dfrac{x}{d} Q$

(3) $C_{PB} = \varepsilon_0 \dfrac{S}{d-x}$　　$C_{PA} = \varepsilon_0 \dfrac{S}{x}$

$$U = \frac{Q_B^2}{2C_{PB}} + \frac{Q_A^2}{2C_{PA}} = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S} \cdot \frac{x(d-x)}{d}$$

III $C_{PB}' = \varepsilon_0 \dfrac{S}{d-x-\Delta x}$　　$C_{PA}' = \varepsilon_0 \dfrac{S}{x+\Delta x}$

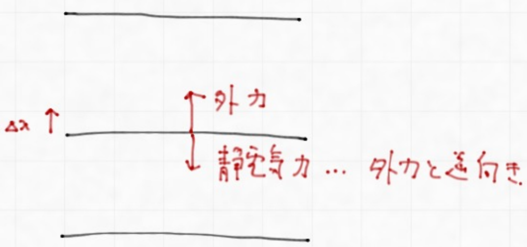
(4)

合成容量は $C_{PA} + C_{PB} = \varepsilon_0 S \dfrac{d}{x(d-x)} \rightarrow C_{PA}' + C_{PB}' = \varepsilon_0 S \dfrac{d}{(x+\Delta x)(d-x-\Delta x)}$ に変化

$$\Delta U = \frac{Q^2}{2} \times \frac{1}{\varepsilon_0 S d}\Big((x+\Delta x)(d-x-\Delta x) - x(d-x)\Big) \fallingdotseq \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S d}(d\Delta x - 2x\Delta x) = \frac{Q^2 \Delta x (d-2x)}{2\varepsilon_0 S d}$$

(5) $\Delta U = -f\Delta x$

$$f = \frac{-Q^2(d-2x)}{2\varepsilon_0 S d}$$



ΔUは外力のする仕事と等しく.

外力は静電気力と逆向きで 同じ大きさ

5

(1) ア **光電効果** イ **光子** ウ **$h\nu$** エ **仕事関数** オ **$h\nu - W$**

(2) ① $E_k = h\nu - W$ に $(E_k, \nu) = (2.3\times10^{-19}, 9.2\times10^{14})$ および $(0, 5.7\times10^{14})$ を代入

$$
\begin{array}{rrcl}
 & 2.3\times10^{-19} & = & 9.2\times10^{14}h - W \\
-) & 0 & = & 5.7\times10^{14}h - W \\ \hline
 & 2.3\times10^{-19} & = & 3.5\times10^{14}h
\end{array}
$$

$$h = \frac{2.3\times10^{-19}}{3.5\times10^{14}} = \mathbf{6.6\times10^{-34}} \quad (J/m)$$

② ① の2式から h を消去

$$2.3\times10^{-19} = 9.2\times\cancel{10^{14}}\times\frac{2.3\times10^{-19}}{3.5\times\cancel{10^{14}}} - W \qquad W = \mathbf{3.7\times10^{-19}} \quad (J)$$

③ $$0 = 6.57\times10^{-34}\times\nu - 3.1\times10^{-19}$$

$$\nu = \frac{3.1}{6.57}\times10^{15} = 4.71\cdots\times10^{14} = 4.7\times10^{14}$$