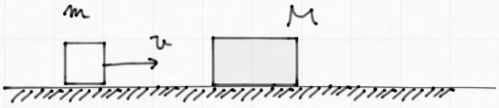
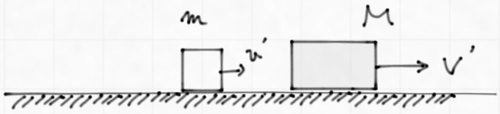
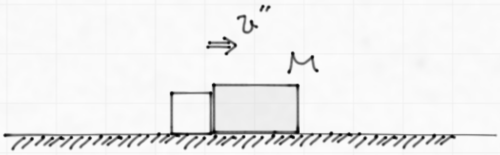
2020 新潟大

1 [1]







問1　衝突後の速度を v', V' とする（右向きを正とする）

$$\begin{cases} \text{運動量保存則} & mv = mv' + MV' \\ \text{はねかえり} & -1 = \dfrac{v'-V'}{v-0} \end{cases}$$

連立すると　$v' = \dfrac{m-M}{m+M}v$，$V' = \dfrac{2m}{m+M}v$

$V' > 0$ なので　質量Mの物体の速さは　$\boldsymbol{\dfrac{2m}{m+M}v}$

問2　力積を $F\Delta t$ とすると

$$F\Delta t = mv' - mv = \frac{m-M}{m+M}v \times m - mv = -\frac{2mM}{m+M}v$$

よって力積の大きさは　$|F\Delta t| = \boldsymbol{\dfrac{2mM}{m+M}v}$

問3　一体となったときの速度を v'' とすると、運動量保存より

$mv = (m+M)v''$　　　$v'' = \dfrac{m}{m+M}v$

エネルギーの比は

$$\frac{\frac{1}{2}(m+M)v''^2}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{\cancel{(m+M)}\cdot\frac{m^{\cancel{2}}}{(m+M)^{\cancel{2}}}\cancel{v^2}}{\cancel{m}\,\cancel{v^2}} = \boldsymbol{\frac{m}{m+M}}$$

問4

$$\begin{cases} \text{運動量保存則} & mv = mv' + MV' \\ \text{はねかえり} & -e = \dfrac{v'-V'}{v-0} \end{cases}$$

$$v' = \frac{m-eM}{m+M}v$$

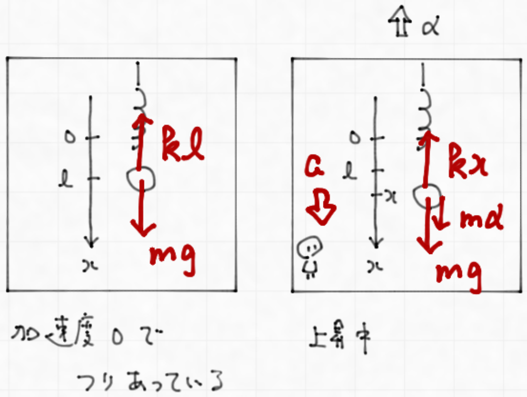
逆方向にはねかえるとき　$v' < 0$ となればよいので

$m - eM < 0$

$\therefore\ \boldsymbol{m < eM}$

2022 新潟大

1 [2]



問1 力のつりあい $mg = kl$ より $k = \dfrac{mg}{l}$

問2 エレベーター内の人から見た運動方程式

$$ma = mg + m\alpha - kx = mg + m\alpha - \frac{mg}{l}x$$

$$= -\frac{mg}{l}\left(x - l - \frac{\alpha}{g}l\right) = -\frac{mg}{l}(x - l') \quad \cdots \quad x = l' \text{が振動中心}$$

よって $l' = l + \dfrac{\alpha}{g}l$ であり $\alpha = \dfrac{(l'-l)g}{l}$

問3 問2で復元力の比例定数は $\dfrac{mg}{l}$ だから、角振動数をωとして

$$\frac{mg}{l} = m\omega^2 \quad \therefore \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \qquad \therefore \text{周期} T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

問4 初速0，加速度αでt_1秒間加速する。また図2のグラフよりt_1は．$4+\frac{1}{4}$周期に相当するので

$$v = \alpha t_1 = \frac{l'-l}{l}g \times 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \times \left(4 + \frac{1}{4}\right) = \frac{17}{2}\pi(l'-l)\sqrt{\frac{g}{l}}$$

問5

加速を終えたときの速度をVとすると

$$\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{mg}{l}\right)(l'-l)^2$$

その後 $x = l$を中心とした単振動を行うので．振幅をAとして

$$\frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{mg}{l}\right)(l'-l)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{mg}{l}\right)A^2$$

$$\cancel{\frac{mg}{l}}(l'-l)^2 = \frac{1}{2}\left(\cancel{\frac{mg}{l}}\right)A^2$$

$$A = \sqrt{2}(l'-l)$$

2020 新潟大

2 問1 右向きの力が働いているので左手の法則より磁場は紙面 **裏から表の向き** にかかっている

問2

$$qvB = m\frac{v^2}{r} \Leftrightarrow r = \frac{mv}{qB} = \frac{\cancel{2.0\times10^{-8}}\times 2.0}{4\,\cancel{8.0\times10^{-8}}\times 0.10} = \mathbf{5.0}\ (\mathrm{m})$$

問3 加速したとあるのでP→Qの向きの力を受けているので **P→Q**

問4 $F = qE = 8.0\times10^{-8}\times2.4 = 1.92\times10^{-7} = \mathbf{1.9\times10^{-7}}$ (N)

問5 $\frac{1}{2}mv^2 + qV = \frac{1}{2}mv'^2$ $\qquad v' = \sqrt{v^2 + \frac{2qV}{m}}$ に値を代入

$$v' = \sqrt{2^2 + \frac{\cancel{2}\times\cancel{8\times10^{-8}}\times2.4\times5}{\cancel{2.0\times10^{-8}}}} = \sqrt{100} = 10 = \mathbf{1.0\times10}\ (\mathrm{m})$$

問6 $r' = \frac{mv'}{qB'} = r$ より $B' = \frac{mv'}{qr}$ に値を代入

$$B' = \frac{\cancel{2}\times\cancel{10^{-8}}\times10\ \cancel{2}}{\cancel{8}\times\cancel{10^{-8}}\times\cancel{5}} = 0.5 = \mathbf{5.0\times10^{-1}}\ (\mathrm{T})$$

問7 O→Pまで $\frac{\pi r}{v} = \pi\times\frac{5.0}{2.0} = \frac{5}{2}\pi = 7.85$

P→Qまで $5 = \frac{1}{2}\cdot at^2 + 2t$ $\qquad a = \frac{F}{m} = \frac{1.92\times10^{-7}}{2\times10^{-8}} = 9.6$

$4.8t^2 + 2t - 5 = 0$ $\qquad t = 0.83$

$7.85 + 0.83 = 8.68 = \mathbf{8.7}$ (s)

2020 新潟大

3 [1] 問1 $p_1 SL = nRT_1$ より

$$p_1 = \frac{nRT_1}{SL}$$

問2 熱力学第1法則より

$$Q_1 = 0 + nC_V(T_1 - T_0)$$

$$C_V = \frac{Q_1}{n(T_1 - T_0)}$$

問3

$$\begin{array}{rl} & p_0 \cdot S(L+\Delta x) = nRT_1 \\ -) & p_0 \cdot SL = nRT_0 \\ \hline & p_0 S\Delta x = nR(T_1 - T_0) \end{array}$$

$$\Delta x = \frac{nR(T_1 - T_0)}{p_0 S} = \frac{L}{T_0}(T_1 - T_0) = \frac{T_1 - T_0}{T_0} L$$

$$p_0 \cdot SL = nRT_0$$

$$\Big\downarrow \text{定積} \quad Q_1 = 0 + nC_V(T_1 - T_0)$$

$$p_1 SL = nRT_1$$

$$p_0 \cdot SL = nRT_0$$

$$\Big\downarrow \text{定圧} \quad Q_2 = p_0 S\Delta x + nC_V(T_1 - T_0) = nC_p(T_1 - T_0)$$

$$p_0 \cdot S(L+\Delta x) = nRT_1$$

問4 熱力学第1法則より

$$Q_2 = p_0 S\Delta x + nC_V(T_1 - T_0) = p_0 S \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_0} L + \cancel{n} \frac{Q_1}{\cancel{n}\cancel{(T_1 - T_0)}} \times \cancel{(T_1 - T_0)}$$

$$= Q_1 + \frac{T_1 - T_0}{T_0} p_0 SL$$

問5

$$Q_2 = nC_p(T_1 - T_0) = p_0 S\Delta x + nC_V(T_1 - T_0)$$

$$= nR(T_1 - T_0) + nC_V(T_1 - T_0) \qquad (\because p_0 S\Delta x = nR(T_1 - T_0))$$

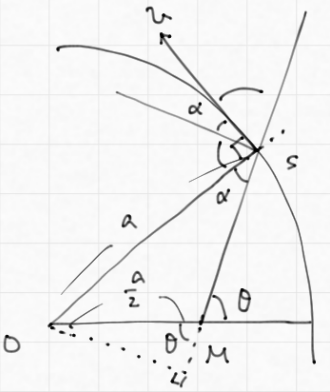
$\therefore$ $C_p = C_V + R$ が成り立っている

2020 新潟大

3【2】

問1　音源Sが点Mから遠ざかる速度は v_1 だから Mで観測される振動数は

$$f = f_0 \times \frac{V}{V + v_1}$$



$\angle OSM = \alpha$ として 正弦定理より

$$\frac{OM}{\sin\alpha} = \frac{OS}{\sin(180^\circ - \theta)} \quad \therefore \sin\alpha = \frac{OM}{OS}\sin\theta = \frac{\frac{a}{2}}{a}\sin\theta = \frac{\sin\theta}{2}$$

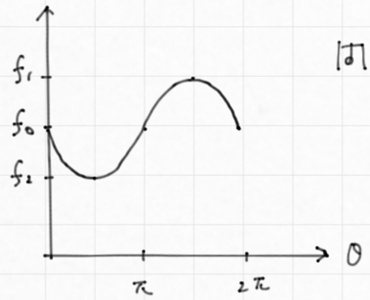
したがって $v_1 = v\sin\alpha = \frac{1}{2}v\sin\theta$ を f の式に代入

$$f = f_0\frac{V}{V + \frac{1}{2}v\sin\theta} = \frac{2V}{2V + v\sin\theta}f_0$$ が成り立つ

問2　$\sin\theta = -1$ のとき f は最大　$f_1 = \frac{2V}{2V - v}f_0$

$\sin\theta = 1$ 〃 f は最小　$f_2 = \frac{2V}{2V + v}f_0$

問3



問4　値を代入

$$1050 = \frac{700}{700 - v} \times f_0$$

$$910 = \frac{700}{700 + v}f_0$$

辺々割る　$\frac{\cancel{105}^{15}}{\cancel{91}_{13}} = \frac{700 + v}{700 - v}$　　$15 \cdot 700 - 15v = 13 \cdot 700 + 13v$

$\cancel{28}_{4}v = 2 \cdot \cancel{700}_{100}$　　$v = 50$ m/s

問5　$f_0 = \cancel{1050}_{15} \times \frac{\cancel{700 - 50}}{\cancel{700}_{10}} = 15 \times 65 = 975$　　975 Hz