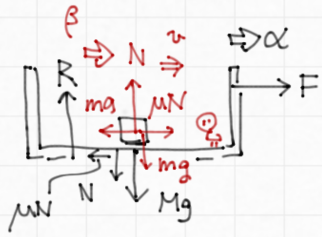
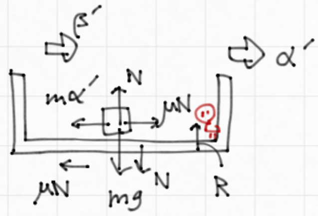
東京理科大学2023工

1 (1) 台車 $\begin{cases} M\alpha = F - \mu N \\ R = N + Mg \end{cases}$　小物体 $\begin{cases} m\beta = \mu N - m\alpha \\ N = mg \end{cases}$



(ア) $\beta = \mu g - \alpha$ だから小物体の相対速度 v は

$v = \beta T = (\mu g - \alpha)T$　$\boxed{6}$



(イ) $\begin{cases} 台車\ M\alpha' = -\mu N \\ 小物体\ m\beta' = \mu [illegible] \end{cases}$　$\alpha' = -\mu \frac{m}{M} g$，$\beta' = \mu g + \mu \frac{m}{M} g$

力を止めてから [illegible] 後に静止したとすると

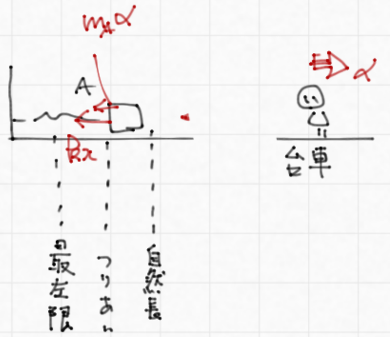
$(\mu g - \alpha)T +$ [illegible] $' = 0$　$T' = \frac{(\alpha - \mu g)T}{\mu g\left(1 + \frac{m}{M}\right)} = \frac{(\alpha - \mu g)M}{\mu g(M+m)}T$　$\boxed{7}$

(ウ) $l = \left|(\mu g -$ [illegible] $T' + \frac{1}{2}\beta' T'^2\right|$

$= (\alpha -$ [illegible] $T\frac{(\alpha - \mu g)M}{\mu g(M+m)}T - \frac{1}{2}\left(\mu g + \mu\frac{m}{M}g\right)\frac{(\alpha-\mu g)^2 M^2 T^2}{\mu^2 g^2 (M+m)^2}$

$= \frac{(\alpha - \mu}{\mu g}$ [illegible] $\frac{T^2}{n)} - \frac{(\alpha - \mu g)^2 M}{2\mu g(M+m)}T^2 = \frac{(\alpha - \mu g)^2 M T^2}{2\mu g(M+m)}$　$\boxed{3}$

(2)



(エ) 単振動の半周期に相当　$\pi\sqrt{\frac{m_A}{k}}$　$\boxed{1}$

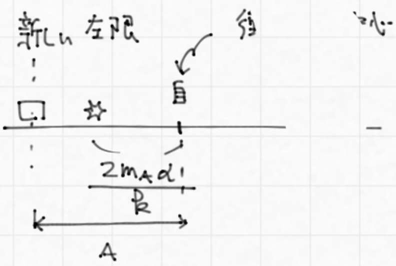
(オ) つりあいまでの距離　$m_A\alpha = kx$　$x = \frac{m_A\alpha}{k}$ …(振幅)

最も左の位置にあるとき、Aの速度は0だから　$\frac{2m_A\alpha}{k}$　$\boxed{2}$

(カ) 衝突時のBの速度　$-\alpha\cdot\pi\sqrt{\frac{m_A}{k}}$

$$\begin{cases} m_A \times 0 + m_B \times \left(-\alpha\pi\sqrt{\frac{m_A}{k}}\right) = m_A v_A' + m_B v_B' \\ v_B' - v_A' = -\left(0 - \alpha\pi\sqrt{\frac{m_A}{k}}\right) \end{cases}$$

$v_A' = -\frac{2\alpha m_B \pi}{m_A + m_B}\sqrt{\frac{m_A}{k}}$　$|v'| = \frac{2\alpha m_B\pi}{m_A + m_B}\sqrt{\frac{m_A}{k}}$　$\boxed{3}$



(キ)

$$\frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}k\left(\frac{2m_A\alpha}{k}\right)^2 + \frac{1}{2}m_A\left(\frac{2\alpha m_B\pi}{m_A + m_B}\sqrt{\frac{m_A}{k}}\right)^2$$

$$A = \sqrt{\frac{4m_A^2\alpha^2}{k^2} + \frac{m_A}{k}\frac{4\alpha^2 m_B^2\pi^2}{(m_A+m_B)^2}\frac{m_A}{k}}$$

$$= \frac{2m_A\alpha}{k}\sqrt{1 + \frac{m_B^2\pi^2}{(m_A+m_B)^2}}$$　$\boxed{6}$

2

(1) (ク) 誘導起電力の大きさをVとして $V = ab\times\frac{B_0}{T}$

したがって回路を流れる電流は $I = \frac{V}{R} = \frac{abB_0}{TR}$ … 一定 $\boxed{4}$

(ケ) 上向きの磁束の増加を妨げる向きの電流が流れる D→C→B→A $\boxed{1}$

(コ) $\frac{abB_0}{TR}$ $\boxed{3}$ (サ) $\left(\frac{abB_0}{TR}\right)^2 R = \frac{a^2b^2B_0^2}{T^2R}$ $\boxed{3}$

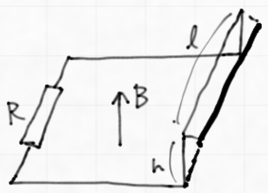
(2) (シ) $0 \leqq t \leqq T$ のとき $V = -ab\times\frac{2B_0}{T}$ $I = -\frac{2abB_0}{TR}$

$T < t \leqq 2T$ 〃 $V = ab\times\frac{2B_0}{T}$ $I = \frac{2abB_0}{TR}$

A→B→C→D の向きを正としている $\boxed{7}$

(ス) $-\frac{2abB_0}{TR}$ $\boxed{1}$ (セ) $\left(\frac{2abB_0}{TR}\right)^2 R\times T = \frac{4a^2b^2B_0^2}{TR}$ $\boxed{5}$

(3)



(ソ) $S = S_0 + hl\sin\omega t$

$\frac{\Delta S}{\Delta t} = hl\omega\cos\omega t$ $V = B\frac{\Delta S}{\Delta t} = Bhl\omega\cos\omega t$

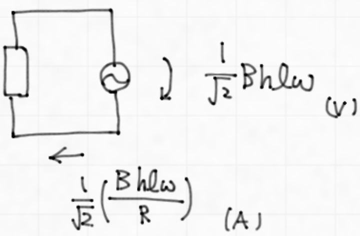
$I = \frac{Bhl\omega}{R}\cos\omega t$

電流の最大値は $\frac{Bhl\omega}{R}$ $\boxed{3}$

(タ) 交流電流が流れているので実効値を使って考える.

$\frac{1}{\sqrt{2}}\frac{Bhl\omega}{R}\times\frac{1}{\sqrt{2}}Bhl\omega\times\frac{2\pi}{\omega} = \frac{\cancel{2}\pi B^2h^2l^2\omega^{\cancel{2}}}{\cancel{2}R\cancel{\omega}}$

$= \frac{\pi B^2h^2l^2\omega}{R}$ $\boxed{6}$



3

(チ) $P_0Sh_0 = nRT_0$ に数値を代入

$1.00\times10^5\times0.150\times h_0 = 8.00\times8.31\times293$

$h_0 = \frac{8.00\times8.31\times293}{0.150\times10^5} = 1.298.. = 1.3\times10^{+0}$

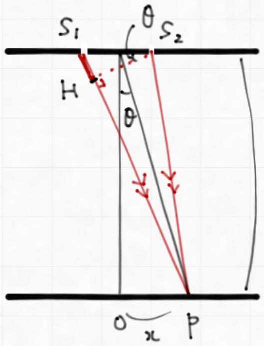
(ツ) $(P_0+\frac{mg}{S})Sh_0 = nRT_1$

(チ)と連立 $\frac{(P_0S+mg)\cancel{h_0}}{P_0S\cancel{h_0}} = \frac{T_1}{T_0}$ $T_1 = T_0(1+\frac{mg}{P_0S}) = 293(1+\frac{17\times9.8}{10^5\times0.15}) = 296.2..$

$= 3.0\times10^{+2}$

(テ)

$S_1P - S_2P \fallingdotseq S_1H \fallingdotseq d\sin\theta \fallingdotseq d\times\frac{x}{l} = x\times\frac{200\times10^{-6}}{1.00} = 2.0\times10^{-4}x$



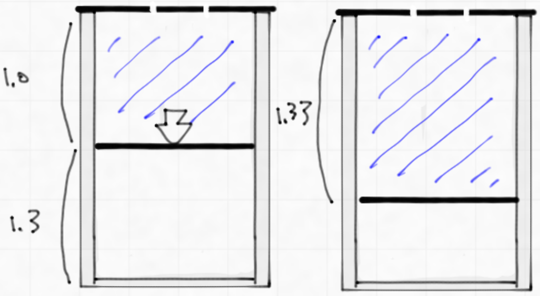
(ト) $2.00\times10^{-4}x = \lambda = 540\times10^{-9}$

$x = \frac{540\times10^{-9}}{2\times10^{-4}} = 2.7\times10^{-3}$ … 最初の明線の位置が明線の間隔に等しい

(ナ) 光学距離が 1.00m → 1.33 mになるので

$x = \frac{1}{1.33}\times\frac{\cancel{540}\times10^{\cancel{-9}}}{2\times\cancel{10^{-4}}} = \frac{3\times5.4}{8}\times10^{-3} = 2.02\times10^{-3} = 2.0\times10^{-3}$

(ニ) 1.33倍にすればよいので 増分は 3.3×10^{-1} m



(ヌ) 気体は 1.3 m → $(1+1.3-1.33) = 0.97$に縮んでいるので

気体の圧力は

$P_0 + \rho\times1.33\,lg + \frac{Mg}{S}$

$= 1.00\times10^5 + 13.06\times10^3 + 1764 = 1.14\times10^5$

ボイルシャルルの法則

$\frac{1.00\times10^5\times1.3}{293} = \frac{1.14\times10^5\times0.97}{T_1}$ より $T_1 = \frac{1.14\times\cancel{10^5}\times0.97}{1.00\times\cancel{10^5}\times1.3}\times293 = 2.5\times10^{+2}$