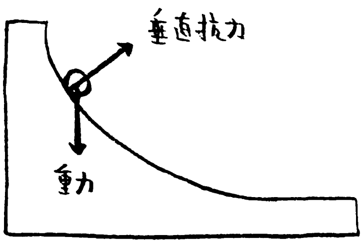
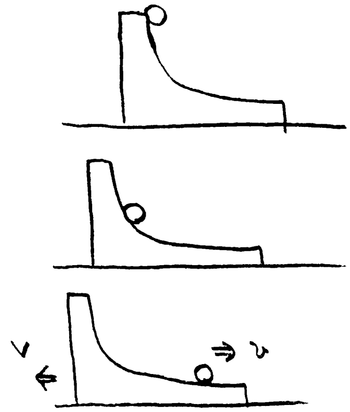
1 問1



問2 (理由)



小球と台のあいだに働く力は垂直抗力と、その反作用のみであり、作用・反作用の法則より両者は同じ大きさで逆向きに働く。
したがって両者の受ける力積の合計は0
また台と床の間に働く水平方向の力もない。
したがって、両者の水平方向の運動量は保存する。

(速さ)

運動量保存則より $0 = mv + M(-V)$ ∴ $V = \frac{m}{M}v$

問3、すべり始めて以降のエネルギーが保存しているので

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2$$

ここに $V = \frac{m}{M}v$ を代入して $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}M\frac{m^2}{M^2}v^2$

$$v = \sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$$

数値を代入 $v = \sqrt{\frac{2\times 9\times 9.8\times 1}{0.8+9}} = 3\sqrt{2} = 3\times 1.41 \fallingdotseq 4.2$ m/s

問4 区間BCで小球に働く水平方向の力はないので、等速直線運動を行う
運動量の和が0で、保存している ($mv = MV$)。したがって速さの比は常に
$v : V = M : m$ を保っており、移動距離を x, X とすると
$x : X = M : m$ となっている。したがって重心の変化量 Δx_G は、

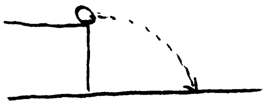
$$\Delta x_G = \frac{mx + M(-X)}{m+M} = 0$$

となり重心は動かない。

問5　小球が点Cから飛び出すとき、台から見た小球の速さは

$$v-(-V) = v+\frac{m}{M}v = \frac{m+M}{M}\sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}} = \sqrt{\frac{2gh(m+M)}{M}}$$

この速さで飛び出した小球の水平方向の相対的な移動距離は、

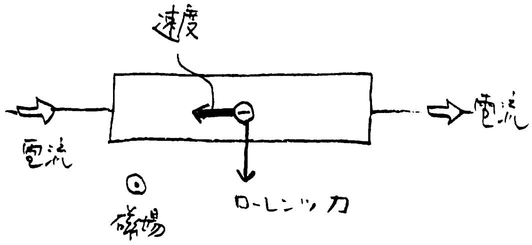


落下に要する時間が　$\frac{1}{2}gt^2=l$ より　$t=\sqrt{\frac{2l}{g}}$

であることから

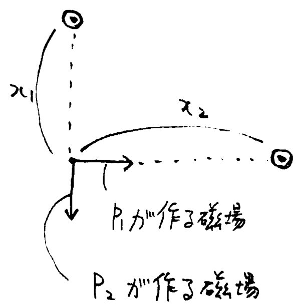
$$\sqrt{\frac{2gh(m+M)}{M}}\times\sqrt{\frac{2l}{g}} = \underline{2\sqrt{\frac{hl(m+M)}{M}}}$$

2 問1



導線を電流が流れるとき、電流の流れと逆向きに電子が動いている。
電子は負の電荷を持っているので、上図の方向のローレンツ力を受け、
この、導体中の電子が受ける力の総和が磁場が導線に及ぼす力で、
その向きは上図のようになる。

問2



P_1が作る磁場の大きさをH_1とすると

$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi x_1} \quad (A/m)$$

P_2が作る磁場の大きさをH_2として、

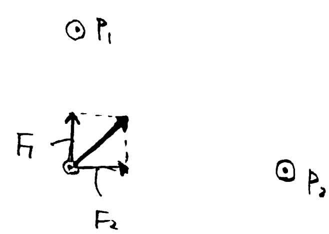
$$H_2 = \frac{I_2}{2\pi x_2} \quad (A/m)$$

向きは左図の通り。

問3　P_1が作る磁場の磁束密度は $\mu_0 H_1 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi x_1}$

I_0の導線が受ける、単位長さあたりの力は　$\mu_0 H_1 \times I_0 \times 1 = \dfrac{\mu_0 I_0 I_1}{2\pi x_1}$ $(= F_1)$

P_2から受ける力は、$F_2 = \mu_0 H_2 I_0 = \dfrac{\mu_0 I_0 I_2}{2\pi x_2}$

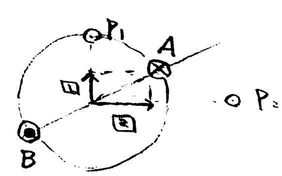


力の向きは右のようになるので、

大きさは $\sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \dfrac{\mu_0 I_0}{2\pi}\sqrt{\dfrac{I_2^2}{x_2^2} + \dfrac{I_1^2}{x_1^2}}$

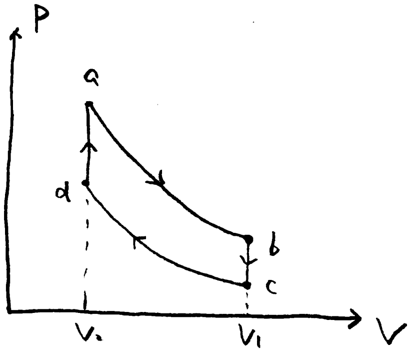
問4　問3の結果に数値を代入

$$\frac{\mu_0}{2\pi}\sqrt{\frac{4^2}{2^2} + \frac{1^2}{1^2}} = \frac{\mu_0\sqrt{5}}{2\pi}$$



$F_1 : F_2 = 1 : 2$ だから、右図のように、半径1の
円周上のA、Bの位置に導線を置く。
Aには、紙面表→裏向き、I_Aの電流を流して、$\dfrac{\mu_0 I_A}{2\pi \times 1} = \dfrac{\mu_0\sqrt{5}}{2\pi}$ 、 $I_A = \sqrt{5}$
Bには 紙面裏→表向き I_B 〃 $I_B = \sqrt{5}$
∴ 大きさは $\sqrt{5}$ (A) 向き、位置は右上図

3 問1



a: $P_a V_2 = RT_a$

断熱膨張 ↓ $0 = \underset{(正)}{W_{ab}} + C_v(T_b - T_a)$

b: $P_b V_1 = RT_b$

定積 ↓ $Q_{bc} = 0 + \underset{(負)}{C_v(T_c - T_b)}$

c: $P_c V_1 = RT_c$

断熱圧縮 ↓ $0 = W_{cd} + \underset{(正)}{C_v(T_d - T_c)}$

d: $P_d V_2 = RT_d$

定積 ↓ $Q_{da} = 0 + \underset{(正)}{C_v(T_a - T_d)}$

a:

問2 b→c 放出 $-Q_{bc} = \underline{C_v(T_b - T_c)}$

d→a 吸収 $Q_{da} = \underline{C_v(T_a - T_d)}$

問3 $W = W_{ab} + W_{cd}$

$= -C_v(T_b - T_a) - C_v(T_d - T_c)$

$= \underline{C_v(T_a + T_c - T_b - T_d)}$

問4 $PV^\gamma =$ 一定 と ボイルシャルルの法則 $\frac{PV}{T} =$ 一定 より $TV^{\gamma-1} =$ 一定.

a→b. $T_a V_2^{\gamma-1} = T_b V_1^{\gamma-1}$ …①

c→d $T_c V_1^{\gamma-1} = T_d V_2^{\gamma-1}$ …②

①, ② で辺々かけて. $T_a T_c = T_b T_d \Leftrightarrow \underline{\frac{T_a}{T_b} = \frac{T_d}{T_c}}$

問5. $e = \frac{W}{Q_{da}} = \frac{C_v(T_a + T_c - T_b - T_d)}{C_v(T_a - T_d)}$

① ② より $T_b = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} T_a$, $T_c = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} T_d$ を代入

$e = \frac{T_a - T_d + \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}(T_d - T_a)}{T_a - T_d} = \underline{1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}}$