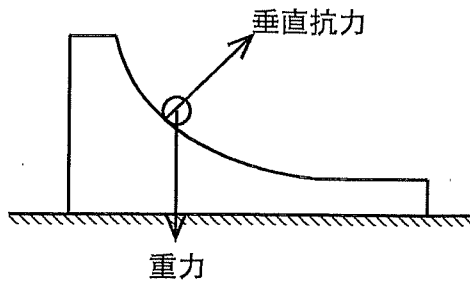


I

問 1



問 2

小球と台からなる物体系に、水平方向には外力がはたらかないため。

運動量保存則より

$$0 = mv + M(-V) \quad \text{よって、} V = \frac{m}{M}v$$

問 3

力学的エネルギー保存則より、

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

問 2 の結果と合わせて
$$v = \sqrt{\frac{2Mgh}{m+M}}$$

与えられた数値を代入して、
$$v = \underline{4.2 \text{ m/s}}$$

問 4

小球にはたらく力はつり合っているので、小球は右向きに速さ v で等速直線運動する。

物体系の運動量の和は 0 だから、重心は静止している。

問 5

小球が点 C から飛び出し、床に落下するまでの時間を t とすると

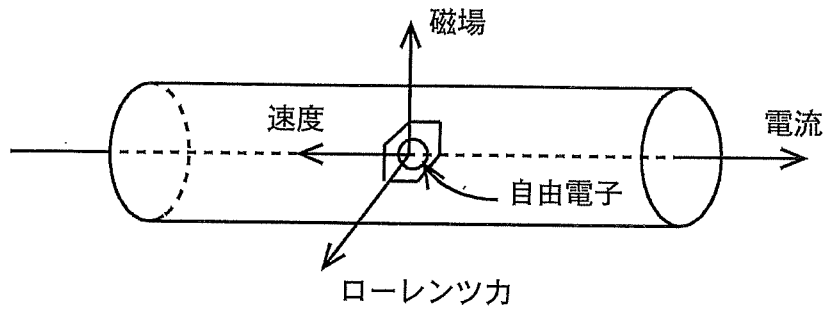
$$l = \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{より} \quad t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

よって、求める距離は、

$$\begin{aligned} (v + V)t &= \frac{M+m}{M}vt \\ &= \underline{2\sqrt{\frac{(M+m)hl}{M}}} \end{aligned}$$

II

問1

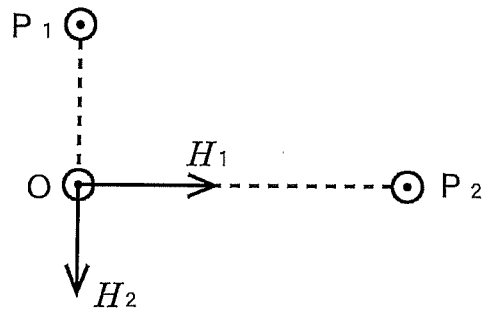


磁場がこの導線に及ぼす力は自由電子が受けるローレンツ力の合力だから、ローレンツ力の向きは磁場がこの導線に及ぼす力の向きに一致する。

問2

I_1, I_2 による磁場の大きさをそれぞれ H_1, H_2 とすると、

$$H_1 = \frac{I_1}{2\pi x_1}, \quad H_2 = \frac{I_2}{2\pi x_2} \quad \text{である。}$$



問3

$$\text{合力の大きさ: } I_0 \times \mu_0 \sqrt{H_1^2 + H_2^2} \times 1 = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{I_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{I_2}{x_2}\right)^2}$$

問4

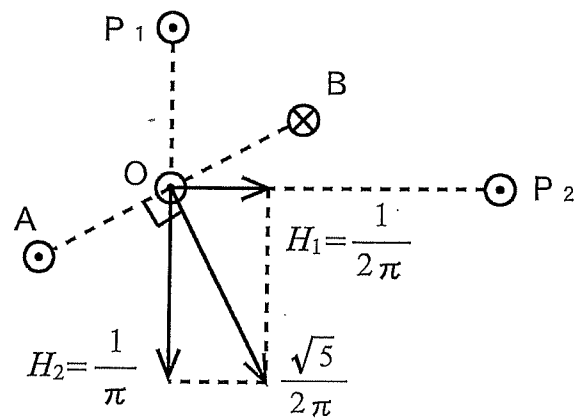
点Oでの I_1, I_2 による合成磁場の強さは

$$\sqrt{H_1^2 + H_2^2} = \frac{\sqrt{5}}{2\pi} \quad \text{だから}$$

求める電流の強さを I とすると

$$\frac{I}{2\pi \cdot 1} = \frac{\sqrt{5}}{2\pi} \quad \text{より}$$

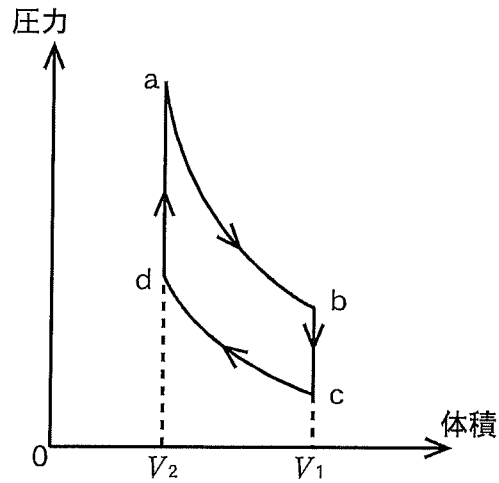
$$I = \underline{\underline{\sqrt{5} \text{ A}}}$$



また、導線の位置と電流の向きは図の点AまたはBである。ただし、図の⊗は紙面の表から裏への向きを表す。

III

問 1



問 2

d → a での吸収熱を Q とすると

$$Q = C_v (T_a - T_d)$$

b → c での放出熱を Q' とすると

$$Q' = C_v (T_b - T_c)$$

問 3

1 サイクルにおける熱力学第一法則より

$$\begin{aligned} W &= Q + (-Q') \\ &= C_v (T_a + T_c - T_b - T_d) \end{aligned}$$

問 4

気体の温度を T とすると、 $PV^\gamma = \text{一定}$ より $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ が成り立つので

$$a \rightarrow b \text{ について } T_a V_2^{\gamma-1} = T_b V_1^{\gamma-1}$$

この2式より $\frac{T_a}{T_b} = \frac{T_d}{T_c}$

$$c \rightarrow d \text{ について } T_d V_2^{\gamma-1} = T_c V_1^{\gamma-1}$$

問 5

$$e = \frac{W}{Q} = 1 - \frac{Q'}{Q} = 1 - \frac{T_b - T_c}{T_a - T_d}$$

ここで、問 4 と同様に

$$T_b = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} T_a, \quad T_c = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} T_d \quad \text{だから}$$

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