

物 理

1

解答

問 1. ウ

問 2. イ

問 3. オ

問 4. エ

問 5. カ

解説

《小問集合》

問 1. 地面に対する小物体 A の速度を v_A 、小球 B の速度を v_B とすると

$$v_A = at$$

$$v_B = v_0 - gt$$

小物体 A に対する小球 B の相対速度 v は

$$v = v_B - v_A$$

$$= v_0 - (g + a)t$$

図 2 より、 $t = t_0$ のとき $v = -2v_0$ であるから

$$-2v_0 = v_0 - (g + a)t_0$$

$$\therefore a = \frac{3v_0}{t_0} - g$$

問 2. A の水平左向きの速さを v_A 、B の水平右向きの速さを v_B とする。

水平右向きを正として運動量保存則より

$$2m(-v_A) + mv_B = 0 \quad \therefore v_A = \frac{1}{2}v_B$$

力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}(2m)v_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}kd^2$$

v_A を代入して整理すると

$$v_B = d\sqrt{\frac{2k}{3m}}$$

問3. ニクロム線の断面積を S 、長さを x 、抵抗率を ρ とすると、ニクロム線の抵抗値 R は

$$R = \rho \frac{x}{S}$$

ニクロム線に加える電圧を V とすると、流れる電流の大きさ I はオームの法則より

$$V = RI = \rho \frac{x}{S} I$$

$$\therefore I = \frac{SV}{\rho} \cdot \frac{1}{x}$$

となるので、電流の大きさ I は長さ x と反比例する。

問4. 単位時間あたりに加える熱量を $P[\text{J/s}]$ 、氷の融解熱を $q[\text{J/g}]$ とする。熱量の関係は

$$\text{時刻 } 0\text{s} \sim 30.0\text{s} \text{ のとき} \quad P \times 30 = 200 \times 2.1 \times 30$$

$$\text{時刻 } 30.0\text{s} \sim 190\text{s} \text{ のとき} \quad P \times 160 = q \times 200$$

2式より P を消去すると

$$q = 336[\text{J/g}]$$

問5. カ。誤文。音波が気体中を伝わる速さは、固体中を伝わる速さよりも遅い。

2

解答

問1. オ

問2. カ

問3. オ

問4. イ

問5. カ

解説

《鉛直面内の円運動》

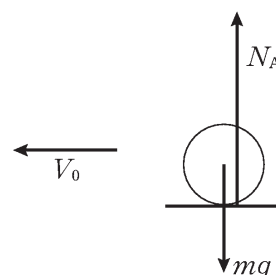
問1. 力学的エネルギー保存則より

$$mg\left(r + \frac{1}{2}r\right) = \frac{1}{2}mV_0^2 \quad \therefore V_0 = \sqrt{3gr}$$

問2. 垂直抗力の大きさを N_A とすると、中心方向の運動方程式より

$$m \frac{V_0^2}{r} = N_A - mg$$

$$\begin{aligned} \therefore N_A &= m \frac{V_0^2}{r} + mg \\ &= 4mg \end{aligned}$$



問3. 力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 + mg\left(\frac{3}{2}r + r\sin\theta\right) = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\therefore v = \sqrt{v_0^2 - gr(3 + 2\sin\theta)}$$

問4. 垂直抗力の大きさを N_P とすると, 中心方向の運動方程式より

$$m\frac{v^2}{r} = N_P + mg\sin\theta$$

$$\therefore N_P = \frac{mv^2}{r} - mg\sin\theta$$

問5. 問4の結果に v を代入すると

$$N_P = \frac{mv_0^2}{r} - 3mg(1 + \sin\theta)$$

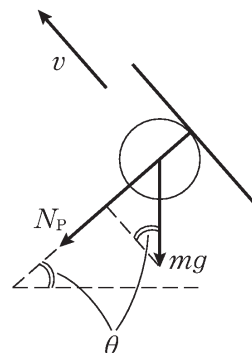
点Dにおける垂直抗力の大きさ N_D は, $\theta = 90^\circ$ を代入して

$$\begin{aligned} N_D &= \frac{mv_0^2}{r} - 3mg(1 + \sin 90^\circ) \\ &= \frac{mv_0^2}{r} - 6mg \end{aligned}$$

円筒面から離れずに点Dを通過する条件は

$$N_D \geq 0 \iff \frac{mv_0^2}{r} - 6mg \geq 0$$

$$\therefore v_0 \geq \sqrt{6gr} = v_1$$



3 解答 問1. ア 問2. イ 問3. イ 問4. オ 問5. ウ

解説

《磁場を横切る導体棒による電磁誘導》

問1. 導体棒が静止しているときに流れる電流の大きさを i_0 とすると, キルヒホッフの第二法則より

$$E = Ri_0 \quad \therefore i_0 = \frac{E}{R}$$

$$\text{力のつり合いより} \quad i_0 Bl = Mg$$

$$\therefore M = \frac{i_0 Bl}{g} = \frac{EBl}{gR}$$

問 2. おもりを 1 つ取り去ると、導体棒は左向きに動き出すので、導体棒の速さが v のとき、導体棒には電池の起電力と逆向きに vBl の誘導起電力が生じる。このとき、流れる電流の大きさを I とすると、キルヒホッフの第二法則より

$$E - vBl = RI$$

$$\therefore I = \frac{E - vBl}{R}$$

問 3. おもりを 1 つ取り去ってから十分に時間が経過すると、導体棒の速さは一定になるため、導体棒とおもりにはたらく力は釣り合う。力の釣り合いより

$$I_0 Bl = mg \quad \therefore I_0 = \frac{mg}{Bl}$$

問 4. $I = I_0$ のとき、 $v = v_0$ なので、問 2 と問 3 の結果より

$$\frac{E - v_0 Bl}{R} = \frac{mg}{Bl}$$

$$\therefore v_0 = \frac{1}{Bl} \left(E - \frac{mgR}{Bl} \right)$$

問 5. 電池の供給電力 P_1 の一部が抵抗での消費電力 P_2 に、残りが重力による位置エネルギーの単位時間当たりの変化量 ΔU に使われるので、エネルギー保存則より

$$P_1 = P_2 + \Delta U$$

4

解答

問 1. イ 問 2. オ 問 3. カ 問 4. オ 問 5. イ

解説

《気体の状態変化と熱効率》

問 1. 状態 A の気体の絶対温度を T_A とすると、状態方程式より

$$p_0 V_0 = nRT_A \quad \therefore T_A = \frac{p_0 V_0}{nR}$$

問 2. 状態 A から状態 B までで気体が外部にした仕事 W_{AB} は、 p - V 図で囲まれた面積と一致するので

$$W_{AB} = \frac{1}{2}(p_0 + 3p_0)(3V_0 - V_0)$$

$$= 4p_0V_0$$

問 3. 状態 A から状態 B の間における気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{AB} は

$$\Delta U_{AB} = \frac{3}{2}(3p_0)(3V_0) - \frac{3}{2}p_0V_0$$

$$= 12p_0V_0$$

この間に気体が吸収した熱量 Q_{AB} は熱力学第一法則より

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB}$$

$$= 12p_0V_0 + 4p_0V_0$$

$$= 16p_0V_0$$

問 4. 状態 C から状態 A までの間に気体が放出した熱量を Q_{CA} , 内部エネルギーの変化を ΔU_{CA} , 外部へした仕事を W_{CA} とすると

$$\Delta U_{CA} = \frac{3}{2}p_0V_0 - \frac{3}{2}p_0(3V_0) = -3p_0V_0$$

$$W_{CA} = p_0(V_0 - 3V_0) = -2p_0V_0$$

熱力学第一法則より

$$-Q_{CA} = \Delta U_{CA} + W_{CA}$$

$$= -3p_0V_0 - 2p_0V_0$$

$$\therefore Q_{CA} = 5p_0V_0$$

問 5. この熱サイクルの正味の仕事 W_T は p - V 図における三角形 ABC で囲まれた面積と一致するので

$$W_T = \frac{1}{2}(3p_0 - p_0)(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$$

このサイクルの熱効率 e は

$$e = \frac{W_T}{Q_{AB}} = \frac{2p_0V_0}{16p_0V_0} = \frac{1}{8}$$