

2025 年度 一般選抜入試 A 日程 全学部統一
最高得点科目重視型 (2 月 3 日)

物 理

1

解答

問 1. カ

問 2. ア

問 3. イ

問 4. ウ

問 5. エ

解説

《小問集合》

問 1. 力のつり合い

$$\text{小球 A : } 0 = Mg - T_1 \quad \therefore T_1 = Mg$$

$$\text{小球 B : } 0 = T_1 - mg - T_2 \quad \therefore T_2 = (M - m)g$$

$$\text{これより} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{Mg}{(M - m)g} = \frac{M}{M - m}$$

糸 2 を切った後の糸 1 の張力の大きさを T とし、小球 A の加速度の大きさを a とすると運動方程式は

$$\text{小球 A : } Ma = Mg - T$$

$$\text{小球 B : } ma = T - mg$$

$$2 \text{ 式より} \quad T = \frac{2Mmg}{M + m}$$

問 2. DE 間における摩擦力の仕事は、 $-\frac{1}{2}mgh$ となるので、摩擦力による仕事と力学的エネルギーの関係より

$$\frac{1}{2}m(2v)^2 - \left(\frac{1}{2}mv^2 + mgh \right) = -\frac{1}{2}mgh$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{1}{3}gh}$$

問 3. 電球の消費電力 P は電流 I と電圧 V を用いて

$$P = IV$$

と表せるので、 $P = 20 \text{ W}$ となるのは図 3 より、電圧が $V = 10 \text{ V}$ のときで

ある。このとき流れる電流は $I=2.0\text{ A}$ であるから、抵抗値 $R[\Omega]$ はオームの法則より

$$R=\frac{V}{I}=\frac{10}{2.0}=5.0[\Omega]$$

問4. ア. 不適。せっけん膜が色づいて見えるのは、光の干渉である。

イ. 不適。虹が色づいて見えるのは、反射・屈折・分散が原因である。

エ. 不適。光は電場と磁場が垂直に振動しながら進む。

オ. 不適。夕日が赤く見えるのは、太陽光線が散乱されるためである。

カ. 不適。水中の物体が浮き上がって見えるのは、屈折が原因である。

問5. 水力発電では、ダムに蓄えられた水の重力による位置エネルギーを電気エネルギーとして取り出す。水の重力による位置エネルギーが発電機のタービンの運動エネルギーに変換される。この際、電磁誘導を利用している。

2

解答

問1. オ 問2. エ 問3. ウ 問4. カ 問5. カ

解説

《半円柱と接した棒のつり合い》

問1. 重心位置の公式より

$$l=\frac{m\cdot 2r+\frac{1}{2}m\cdot r}{m+\frac{1}{2}m}=\frac{5}{3}r$$

問2. 重心 G に棒と小球の全質量が集中して存在するとみなすと、点 A のまわりの力のモーメントのつり合いより

$$0=F\times 2r-\left(m+\frac{1}{2}m\right)g\times l\cos 30^\circ$$

$$\therefore \frac{3}{2}mgl\cos 30^\circ=2Fr$$

これに、 l の値を代入すると

$$\frac{3}{2}mg\left(\frac{5}{3}r\right)\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}=2Fr$$

$$\therefore F=\frac{5\sqrt{3}}{8}mg \quad \cdots\cdots\textcircled{1}$$

問3. 棒が点 A で床から受ける静止摩擦力の大きさを f とすると, 水平方向の力のつり合いより

$$0 = f - F \sin 30^\circ$$

$$\therefore f = \frac{1}{2}F$$

これに①式を代入して

$$f = \frac{5\sqrt{3}}{16}mg$$

問4. 棒が点 A で床から受ける垂直抗力の大きさを N とすると, 鉛直方向の力のつり合いより

$$0 = N + F \cos 30^\circ - mg - \frac{1}{2}mg$$

①式を代入して

$$0 = N + \left(\frac{5\sqrt{3}}{8}mg \right) \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{3}{2}mg$$

$$\therefore N = \frac{9}{16}mg$$

問5. 棒 AB が床に対してすべらない条件は $f \leq \mu_0 N$

$$\text{よって} \quad \frac{5\sqrt{3}}{16}mg \leq \mu_0 \left(\frac{9}{16}mg \right)$$

$$\therefore \frac{5\sqrt{3}}{9} \leq \mu_0$$

3

解答

問1. ウ

問2. オ

問3. エ

問4. ウ

問5. イ

解説

《点電荷による電場と電位》

問1. 点 A, 点 B の点電荷による点 C の電場の大きさをそれぞれ E_{AC} , E_{BC} とすると

$$E_{AC} = k \frac{4Q}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{2kQ}{a^2}$$

$$E_{BC} = k \frac{|-Q|}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{kQ}{2a^2}$$

E_{AC} , E_{BC} はそれぞれ $\overrightarrow{AC}$, $\overrightarrow{CB}$ の向きなので直交する。点 C における電場の大きさを E_C とすると、三平方の定理より

$$\begin{aligned} E_C &= \sqrt{E_{AC}^2 + E_{BC}^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{2kQ}{a^2}\right)^2 + \left(\frac{kQ}{2a^2}\right)^2} \\ &= \frac{\sqrt{17}kQ}{2a^2} \end{aligned}$$

問 2. $-a < x < a$ の範囲で電場が 0 となる点 $(x_1, 0)$ は

$$0 = k \frac{4Q}{x_1 + a} + k \frac{(-Q)}{a - x_1}$$

$$\iff 4(a - x_1) = x_1 + a$$

$$\therefore x_1 = \frac{3}{5}a$$

問 3. 点 E($x_2, 0$) で静かにはなした荷電粒子が静止したままなので、点 E の電場は 0 だとわかる。点電荷の配置より、 $x_2 > a$ であるから、力のつり合いより

$$0 = k \frac{4Qq}{(x_2 + a)^2} - k \frac{|-Q|q}{(x_2 - a)^2}$$

$$\iff 4(x_2 - a)^2 = (x_2 + a)^2$$

$x_2 > a$ に注意して、両辺に平方根を取ると

$$2(x_2 - a) = x_2 + a$$

$$\therefore x_2 = 3a$$

問 4. 点 O, 点 D における電位をそれぞれ ϕ_0 , ϕ_D とすると

$$\phi_0 = k \frac{4Q}{a} + k \frac{(-Q)}{a} = \frac{3kQ}{a}$$

$$\phi_D = k \frac{4Q}{5a} + k \frac{(-Q)}{3a} = \frac{7kQ}{15a}$$

よって、荷電粒子 P を点 O から点 C を経由して点 D まで運ぶときに外力がする仕事 W は

$$\begin{aligned} W &= q\phi_D - q\phi_0 \\ &= q\left(\frac{7kQ}{15a}\right) - q\left(\frac{3kQ}{a}\right) \end{aligned}$$

$$= -\frac{38kQq}{15a}$$

問5. 力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = 0 + q\phi_D$$

$$\Longleftrightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 = q\left(\frac{7kQ}{15a}\right)$$

$$\therefore v_0 = \sqrt{\frac{14kQq}{15ma}}$$

4

解答

問1. エ

問2. ウ

問3. エ

問4. イ

問5. ア

解説

《気体の状態変化》

問1. 状態Aにおける圧力を P_A とすると、気体の状態方程式より

$$P_A(2V_0) = nRT_0$$

$$\therefore P_A = \frac{nRT_0}{2V_0}$$

問2. 状態Aから状態Bは定積変化なので、気体が吸収した熱量を Q_{AB} とすると

$$Q_{AB} = \frac{3}{2}nR(2T_0 - T_0)$$

$$= \frac{3}{2}nRT_0$$

問3. 状態Bの圧力を P_B とすると、気体の状態方程式より

$$P_B(2V_0) = nR(2T_0)$$

$$\therefore P_B = \frac{nRT_0}{V_0}$$

状態Bから状態Cは定圧変化なので、この間に気体がした仕事 W_{BC} は

$$W_{BC} = P_B(4V_0 - 2V_0)$$

$$= \frac{nRT_0}{V_0}(4V_0 - 2V_0)$$

$$= 2nRT_0$$

問 4. 状態 D から状態 A は定圧変化なので、気体がした仕事 W_{DA} は

$$\begin{aligned}W_{DA} &= P_A(2V_0 - 4V_0) \\&= \frac{nRT_0}{2V_0}(2V_0 - 4V_0) \\&= -nRT_0\end{aligned}$$

状態 A から状態 B と状態 C から状態 D は定積変化なので、気体は仕事をしない。したがって、熱サイクルの正味の仕事 W_{net} は

$$\begin{aligned}W_{\text{net}} &= W_{BC} + W_{DA} \\&= 2nRT_0 + (-nRT_0) \\&= nRT_0\end{aligned}$$

問 5. 状態 B から状態 C の定圧変化で気体が吸収した熱量 Q_{BC} は

$$\begin{aligned}Q_{BC} &= \frac{5}{2}nR(4T_0 - 2T_0) \\&= 5nRT_0\end{aligned}$$

この熱サイクルの熱効率 e は

$$\begin{aligned}e &= \frac{W_{\text{net}}}{Q_{AB} + Q_{BC}} \\&= \frac{nRT_0}{\frac{3}{2}nRT_0 + 5nRT_0} \\&= \frac{2}{13}\end{aligned}$$