

令和6年度入学者選抜試験問題  
物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

問題1

- (1) 糸の張力を  $T$  とすると、おもりの鉛直方向の力のつり合いより、

$$T \cos \theta = mg$$

よって  $T = \frac{mg}{\cos \theta}$

- (2) 円運動の向心力は、 $T \sin \theta = \frac{mg}{\cos \theta} \sin \theta = mg \tan \theta$  になるので、  
中心方向の円運動の運動方程式は、

$$mg \tan \theta = \frac{mv_0^2}{r}$$

よって  $r = \frac{mv_0^2}{mg \tan \theta} = \frac{v_0^2}{g \tan \theta}$

- (3) 点Bに達するまでの時間を  $t_0$  とする。

糸が切れた後、小球は  $v_0$  で水平投射されるので鉛直方向は自由落下になる。

$$\frac{1}{2}gt_0^2 = h_0$$

よって  $t_0 = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$

- (4) はね返り係数を  $e$  とする。

点Bでの衝突前後の小球の鉛直方向の速さを  $v_1$ ,  $v_2$  とすると、力学的エネルギー保存の法則より

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_0$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = mgh_1$$

よって  $v_1 = \sqrt{2gh_0}$ 、 $v_2 = \sqrt{2gh_1}$

したがって、

$$e = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{2gh_1}}{\sqrt{2gh_0}} = \sqrt{\frac{h_1}{h_0}}$$

- (5) 点 B で衝突してから、点 C で衝突するまでにかかる時間を  $t_1$  とすると、運動の対称性を考慮して

$$\frac{1}{2}g\left(\frac{t_1}{2}\right)^2 = h_1$$

$$t_1 = 2\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

水平方向は速さ  $v_0$  で等速直線運動をするので、点 B から点 C までの距離を  $L$  とすると

$$L = v_0 t_1 = 2v_0 \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

- (6) 力積の水平成分を  $I_x$ 、鉛直成分を  $I_y$  とおく。

力積 = 運動量の変化より

水平方向は速さ  $v_0$  で等速直線運動をするので

$$I_x = 0$$

垂直方向は上向きを正とすると

$$I_y = mv_2 - (-mv_1) = m\sqrt{2gh_1} + m\sqrt{2gh_0} = m\sqrt{2g}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_0})$$

よって 向き：鉛直上向き 大きさ： $m\sqrt{2g}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_0})$

令和6年度入学者選抜試験問題  
物理基礎・物理（前期日程） [解答例]

問題2

- (1) 電場  $E = \frac{V}{d}$ , 電子が電場から受ける力の大きさ  $F = eE = \frac{eV}{d}$  [N] である。従って,  $F = \frac{eV}{d}$  [N]
- (2) ローレンツ力  $F_B = ev_0B$  [N], 半径  $r$  とすると遠心力  $F_v = \frac{mv_0^2}{r}$  [N], 両者が釣り合い  $ev_0B = \frac{mv_0^2}{r}$  となる。従って,  $r = \frac{mv_0}{eB}$  [m]
- (3) 正方向の電子が直進したことから, 電場磁場がゼロ, もしくは電場磁場により受ける力が逆向きに釣り合っている。負方向に進む電子は磁場から受ける力の方向が逆転するため, どちらかに曲がる。電子が  $y$  軸の正の方向に力を受けていることになるから電場の向きは  $y$  軸の負の方向となる。従って電極間の電圧は正となる。磁場についても電子が受けるローレンツ力を考えると磁場の向きは  $z$  軸の負の向きとなる。従って, 解答は②
- (4) 入射時の運動エネルギーは  $\frac{1}{2}mv_0^2$  である。ローレンツ力は電子の進む方向に対して垂直にかかるので磁場は電子に対して仕事をしない。電子は電場と逆方向に進んでおり, 電場により電子にかかる力を  $F$ ,  $P$  の  $y$  座標を  $y_p$  とすると電場は電子に対し  $-F|y_p|$  の仕事をする。符号に注意する必要がある, 今回のケースではサイクロトロン運動が電場で減速され運動量が減る結果となる。最終的に  $E = \frac{1}{2}mv_0^2 - F|y_p|$  となり, 数値と単位を代入すると

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2}(9.1 \times 10^{-31})(1.0 \times 10^5)^2 \text{kg} \cdot \text{m}^2 \text{s}^{-2} - (2.0 \times 10^{-19})(1.0 \times 10^{-2}) \text{N} \cdot \text{m} \\ &= 4.55 \times 10^{-21} \text{N} \cdot \text{m} - 2.0 \times 10^{-21} \text{N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

従って,  $E=2.6 \times 10^{-21} \text{ J}$  となる。

令和6年度入学者選抜試験問題  
物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

問題3（解答例）

気体の物質量を  $n$  mol , 気体定数を  $R$  とする。

A, B, C, D における温度をそれぞれ  $T_A, T_B, T_C, T_D$  とする。

(1)

変化の前後の状態方程式は  $2p_0V_0 = nRT_A, p_0V_0 = nRT_B$

$$-p_0V_0 = nR(T_B - T_A)$$

$$\text{内部エネルギーの変化は, } \Delta U_{AB} = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = -\frac{3}{2}p_0V_0$$

答  $-\frac{3}{2}p_0V_0$

(2)

変化の前後の状態方程式は,

$$p_0V_0 = nRT_B, p_0 \cdot 3V_0 = nRT_C$$

$$2p_0V_0 = nR(T_C - T_B)$$

$$\text{内部エネルギーの変化は, } \Delta U_{BC} = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_C - T_B) = 3p_0V_0$$

B→C の過程で外力が気体にした仕事  $W_{BC}$  は,

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

気体が吸収した熱量は

$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} - W_{BC} = 5p_0V_0$$

答  $5p_0V_0$

(3)

D→A の過程では, 外力が気体にした仕事  $W_{DA} = 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0$

外力が気体にした正味の仕事は,

$$W_{ABCD} = W_{BC} + W_{DA} = -2p_0V_0 + 4p_0V_0 = 2p_0V_0$$

気体が外部にした正味の仕事は,

$$-W_{ABCD} = -2p_0V_0$$

(反時計回りのサイクルのため, 気体が外部にした正味の仕事は負の値となる)

答  $-2p_0V_0$

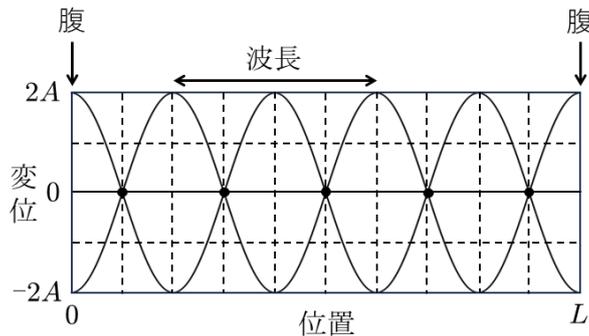
令和6年度入学者選抜試験問題

物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

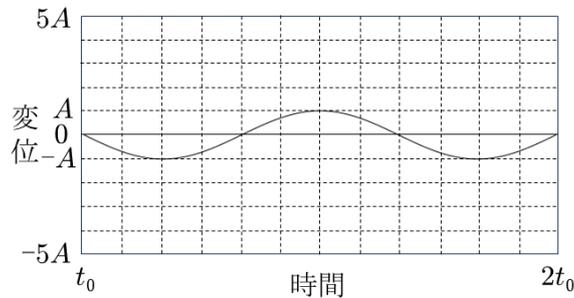
問題4（解答例）

- (1) 図2より，周期は  $T = 2t_0/3$ ，振動数は  $f = 1/T = 3/(2t_0)$  となる。

位置  $x=0$  と自由端がある位置  $x=L$  で腹となり，  $0 \leq x \leq L$  の範囲に節が5個ある定在波の波形は下図のようになるので，波長は  $\lambda = 2L/5$ ，速さは  $v = f\lambda = 3L/(5t_0)$  となる。



- (2) 入射波  $w$  が距離  $L$  を進むとき，図2が表す位置  $x=0$  での媒質の変位の時間変化に対して，位置  $x=L$  では位相が  $2\pi L/\lambda = 5\pi$ ，時間にすると  $L/v = 5t_0/3$  だけ遅れるので，位置  $x=L$  での媒質の変位の時間変化のグラフを図3に描くと以下のようなになる。



- (3) 入射波  $w$  の振動数は変わらないので，相対屈折率が0.5になると波長は2倍になる。また，定在波の振幅は  $2A$  で変わらない。さらに，位置  $x=L$  には自由端があるので腹となる。以上より，位置  $x=L/2$  での媒質の変位が最も大きくなったときの定在波の波形を図4に描くと以下のようなになる。

