

平成 31 年度入学者選抜試験〔前期日程〕（物理基礎・物理その 1）解答例

問題 1

- (1) AB 間の距離は、 $\frac{0.5h}{\sin 30^\circ}$ 、斜面方向の加速度は、 $a = g \sin 30^\circ$ であるので、

$$\frac{0.5h}{\sin 30^\circ} = \frac{1}{2} (g \sin 30^\circ) t^2$$

よって、

$$t = \frac{1}{\sin 30^\circ} \sqrt{\frac{2 \cdot 0.5h}{g}} = \sqrt{\frac{4h}{g}}$$

- (2) 床での小球の速度を v_1 とすると、エネルギー保存則から

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

よって、

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

- (3) 最高点 h_2 に達するとき、小球と台 B の速度は一致する。その速度を v_2 とする。運動量保存の法則とエネルギー保存の法則から、

$$mv_1 = (M + m)v_2$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(M + m)v_2^2 + mgh_2$$

$v_1 = \sqrt{2gh}$ を代入すると、

$$v_2 = \frac{m}{M + m} \sqrt{2gh}$$

よって、

$$h_2 = \frac{v_2^2}{2g} \frac{M}{(M + m)} = \frac{hM}{(M + m)}$$

- (4) 小球が床に降りた時の小球の速度と台 B の速度をそれぞれ、 v_3, v_4 としたとき、運動量保存の法則とエネルギー保存の法則から、

$$mv_1 = mv_3 + Mv_4$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2$$

よって、

$$v_3 = \frac{m - M}{m + M} v_1 = \frac{m - M}{m + M} \sqrt{2gh}$$

$$v_4 = \frac{2m}{m + M} v_1 = \frac{2m}{m + M} \sqrt{2gh}$$

平成 31 年度入学者選抜試験〔前期日程〕（物理基礎・物理その 2）解答例

問題 2

(1)

コンデンサー C_1 に電荷がたまっていないので、コンデンサー C_1 にかかる電圧は 0。

よって、すべての電圧は抵抗 R にかかるので、電流は $I = \frac{V}{R}$ 。

(2)

コンデンサー C_1 にたくわえられる電荷量は $Q = C_1 V$ 。電源 V は、電位差 V で電荷 $Q = C_1 V$ を移動させたと考えられる。よって、電源 V が行った仕事量 w は $w = C_1 V^2$ となる。

またコンデンサー C_1 にたくわえられた静電エネルギー U_C は $U_C = \frac{1}{2} C_1 V^2$ になる。

その差が抵抗 R で発生したジュール熱となるので $w - U_C = C_1 V^2 - \frac{1}{2} C_1 V^2 = \frac{1}{2} C_1 V^2$ となる。

ここで、 $C_1 = C$ により、抵抗 R で発生したジュール熱は $\frac{1}{2} C V^2$

(3)

スイッチ S を b 側に接続すると、一部の電荷が C_2 に移動する。2 つのコンデンサー C_1 , C_2 の電圧は等しく、その値を V' とすると、電荷量保存の法則により $Q_C = C_1 V = C_1 V' + C_2 V'$ となり、 $V' = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V$ が

得られる。 $C = C_1 = C_2$ より $V' = \frac{1}{2} V$ となる。

よって、コンデンサー C_1 にたくわえられた電荷量は $Q = C V' = \frac{1}{2} C V$

(4)

コンデンサーの電気容量は、電極間の距離 d 、誘電率 ϵ 、面積 S とすると、 $C = \frac{\epsilon S}{d}$ で与えられるので、

極板間の距離が 4 倍になり比誘電率 3.0 の誘電体を挿入すると電気容量は $3/4$ 倍になる。

よって、コンデンサー C_1 の電気容量は $\frac{3}{4} C$

(5)

操作前は、コンデンサー C_1 に電荷 $Q = \frac{1}{2} C V$ が蓄えられている。

操作後のコンデンサー C_1 の電気容量は $\frac{3}{4} C$ 、電圧は V'' とすると、電荷量保存の法則より $\frac{3}{4} C V'' = \frac{1}{2} C V$

となり、 $V'' = \frac{2}{3} V$ となる。

増加した静電エネルギー量は $\frac{1}{2} \left(\frac{3}{4} C \right) \left(\frac{2}{3} V \right)^2 - \frac{1}{2} C \left(\frac{1}{2} V \right)^2 = \frac{1}{6} C V^2 - \frac{1}{8} C V^2 = \frac{1}{24} C V^2$

平成 31 年度入学者選抜試験〔前期日程〕（物理基礎・物理その 3）解答例

問題 3

(1)

温度のみ変化するので、 $Q = \frac{3}{2}n_A R(T_1 - T_A)$ [J]

(2)

気体の温度を T_2 [K] とすると、気体の内部エネルギーの総量は変わらないので、

$$\frac{3}{2}(n_A + n_B)RT_2 = \frac{3}{2}n_A RT_A + \frac{3}{2}n_B RT_B$$

したがって、
$$T_2 = \frac{(n_A T_A + n_B T_B)}{(n_A + n_B)} \text{ [K]}$$

気体の圧力を P_2 [Pa] とすると、気体の状態方程式から

$$P_2 (V_A + V_B) = (n_A + n_B)R \frac{(n_A T_A + n_B T_B)}{(n_A + n_B)}$$

したがって、
$$P_2 = \frac{R(n_A T_A + n_B T_B)}{(V_A + V_B)} \text{ [Pa]}$$

(3)

部屋 A と部屋 B の圧力を P_3 、容積を V_3 、部屋 A の温度を T_{3A} 、部屋 B の温度を T_{3B} とすると、

$$P_3 V_3 = n_A R T_{3A}$$

$$P_3 V_3 = n_B R T_{3B}$$

より

$$n_A T_{3A} = n_B T_{3B}$$

部屋 A と部屋 B はそれぞれ断熱変化であるため、

$$P_A V_A^{(5/3)} = P_3 V_3^{(5/3)}$$

$$P_B V_B^{(5/3)} = P_3 V_3^{(5/3)}$$

P を用いない式に変形すると、

$$T_A V_A^{(2/3)} = T_{3A} V_3^{(2/3)}$$

$$T_B V_B^{(2/3)} = T_{3B} V_3^{(2/3)}$$

以上より、

$$n_A T_A V_A^{(2/3)} = n_B T_B V_B^{(2/3)}$$

よって、

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{T_B V_B^{(2/3)}}{T_A V_A^{(2/3)}}$$

平成 31 年度入学者選抜試験〔前期日程〕（物理基礎・物理その 3）解答例

問題 4

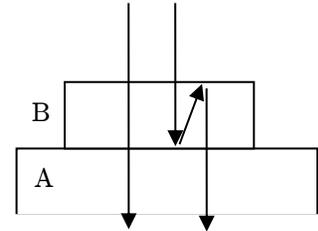
(1) c/n

(2) 右図の 2 つの光が干渉して強め合えばよい。薄膜 B の中での波長は λ/n である。B の下面での反射では位相が反転し、B の上面での反射では位相が反転しないので、強め合う条件は、

$$2d = (m - 1/2) \cdot \lambda/n \quad (\text{ただし, } m \text{ は自然数})$$

ゆえに、 $\lambda = 2dn/(m - 1/2)$

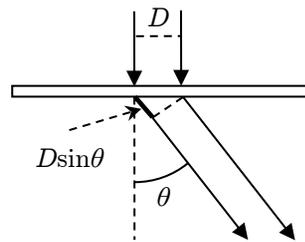
{なお、薄膜 B の上面と下面からの上向き反射波が干渉して弱め合う条件からも同じ式が得られる}



(3) 干渉して強め合う条件は、($\theta=0$ を除くと)

$$D \sin \theta = M \lambda \quad (\text{ただし, } M \text{ は自然数})$$

ゆえに、 $\lambda = D \sin \theta / M$



(4) $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ で $1/2 \leq \sin \theta \leq \sqrt{3}/2$ だから、 $\lambda = D \sin \theta / M$ については、 $M=1, 2, \dots$ に対して、 $0.50 \times 10^{-6} \leq \lambda \leq 0.87 \times 10^{-6}$, $0.25 \times 10^{-6} \leq \lambda \leq 0.43 \times 10^{-6}$, \dots [m] である。

ここで、 $4.5 \times 10^{-7} \leq \lambda \leq 9.0 \times 10^{-7}$ [m] の範囲にあるのは、 $0.50 \times 10^{-6} \leq \lambda \leq 0.87 \times 10^{-6}$ m

膜厚 d_0 の値は $\lambda = 0.50 \times 10^{-6}$ m, $m=1$ のときで、 $d_0 = (m - 1/2) \lambda / 2n = (1 - 1/2) \cdot 0.50 \times 10^{-6} / (2 \times 1.3) = 9.6 \times 10^{-8}$ [m]