

令和8年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

物理基礎・物理

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は8ページ、解答用紙は4枚である。指示があってから確認し、乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所等がある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 解答用紙の指定の箇所に解答のみを記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。問題文に指示のない限り、導出過程は必要ない。
4. 計算その他を試みる場合は、問題冊子の余白を利用すること。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが、問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔I〕

図 I に示すような、レールに沿った小球の運動を考える。質量 m_P [kg] の小球 P を、レール上水平部からの高さ h [m] の点 A から静かに放した。小球 P はレールに沿って摩擦なく動き、水平部の点 B で静止していた質量 m_Q [kg] の小球 Q と弾性衝突を行った。小球 Q はその後レールに沿って摩擦なく動き点 C に至り、半径 R [m] の円形状のループになったレールに沿って摩擦なく 1 周して点 D の方向へ動いたのち、点 D から始まる摩擦のあるレールに沿ってしばらく動いて静止した。小球 P, Q の大きさや空気抵抗は無視でき、 $m_P \leq m_Q$ とする。鉛直下向きの重力加速度を g [m/s²]、また小球 Q と摩擦のあるレールとの動摩擦係数を μ' とする。紙面奥方向の運動は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。(1) から (5) までは m_P , h , m_Q , R , g , μ' の中から適切なものを用いて表し、(6) は有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) 小球 P が水平部に到達したときの、小球 P の速さ v_0 [m/s] を求めよ。
- (2) 小球 P, Q が衝突した直後の、小球 P の速さ v_P [m/s] および小球 Q の速さ v_Q [m/s] を求めよ。
- (3) 小球 Q が円形状のループになったレールの最高点に到達したときの速さ v'_Q [m/s] を求めよ。
- (4) 小球 Q が円形状のループになったレールから離れずに 1 周するために必要な R の条件は $R \leq R_c$ と与えられる。 R_c [m] を求めよ。
- (5) 小球 Q が点 D に到達してから静止するまでの時間 t [s] と動いた距離 L [m] を求めよ。
- (6) $m_P = 0.10$ kg, $h = 1.0$ m, $m_Q = 0.15$ kg, $g = 9.8$ m/s², $\mu' = 0.30$ とする。このとき、 R_c および L の値を求めよ。

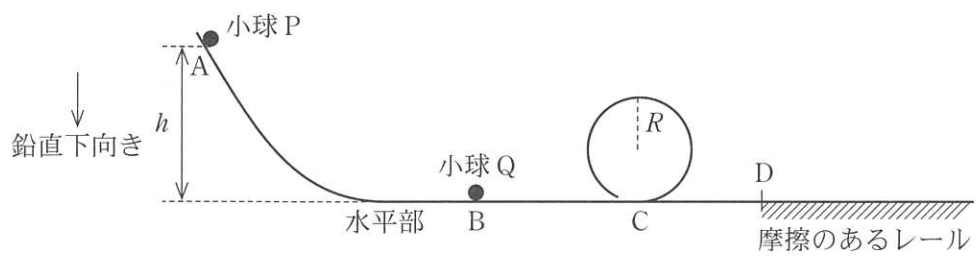


図 I

〔Ⅱ〕

図Ⅱのように体積 V_0 [m³] の断熱容器 A と体積 $2V_0$ [m³] の断熱容器 B をバルブのついた細管でつないだ装置がある。状態 0 ではバルブは閉まっており、容器 A には温度 T_0 [K] の物質量 n [mol] の単原子分子理想気体、容器 B には温度 $\frac{2}{3}T_0$ [K] の物質量 $\frac{3}{2}n$ [mol] の単原子分子理想気体が閉じ込められている。バルブと細管は断熱材でできており、体積は無視できる。容器 A にはヒーターが入っているが、状態 0 においては作動していない。ヒーターの体積と熱容量は無視できる。気体定数を R [J/(mol·K)] とする。このとき、次の問いに答えよ。

- (1) 状態 0 での容器 A と容器 B の気体の内部エネルギーの和 U_0 [J] を n , R , T_0 を用いて表せ。

バルブを開いて十分に時間が経ったときの状態を状態 1 とする。状態 0 から状態 1 への状態変化の間に装置の中の気体が外にもれることはなく、容器 A と容器 B の気体の内部エネルギーの和は一定に保たれているとする。ヒーターは状態 1 においても作動していない。

- (2) 状態 1 における容器内の気体の温度 T_1 [K] を T_0 を用いて表せ。
(3) 状態 1 における容器内の気体の圧力 p_1 [Pa] を n , R , V_0 , T_0 を用いて表せ。

次に、ヒーターを作動させ状態 1 の容器内の気体に熱量 Q [J] を加えて十分に時間が経過したときの状態を状態 2 とする。状態 1 から状態 2 への状態変化の間に装置の中の気体が外にもれることはない。状態 2 での容器内の気体の圧力 p_2 [Pa] は、 p_1 の $\frac{3}{2}$ 倍であった。

- (4) 状態 2 での容器内の気体の温度 T_2 [K] を T_0 を用いて表せ。
(5) 状態 1 から状態 2 への状態変化における容器 A と容器 B の気体の内部エネルギーの和の変化 ΔU [J] を n , R , T_0 を用いて表せ。
(6) Q を n , R , T_0 を用いて表せ。

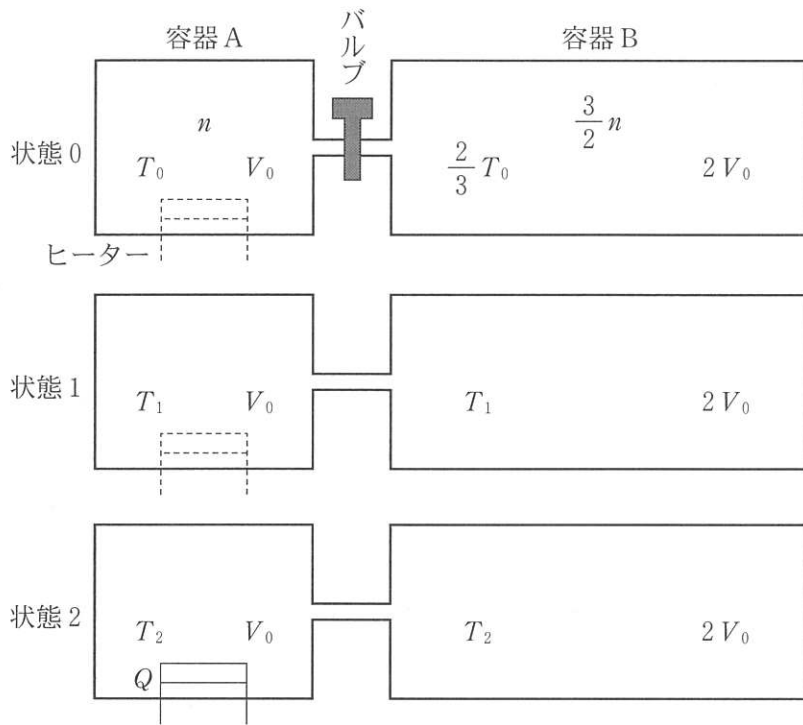


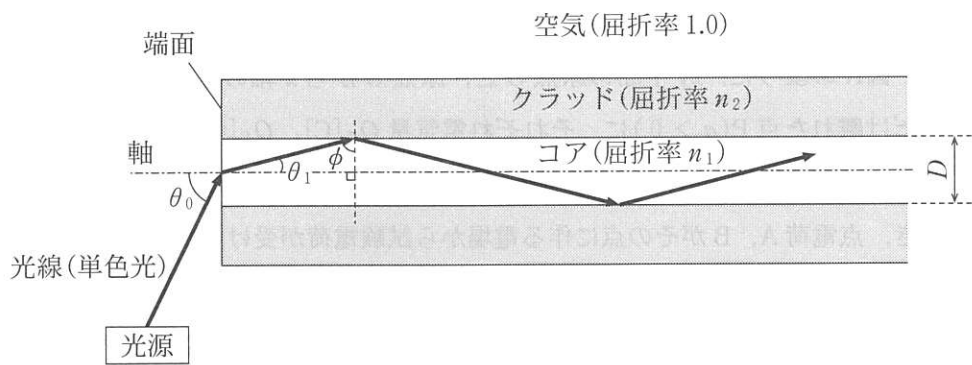
図 II

〔Ⅲ〕

光ファイバーとは、屈折率の異なるガラスを同軸状の細線にしたものである。図Ⅲに示す光ファイバーはまっすぐな細線であり、屈折率 n_1 の「コア」とそれを覆う屈折率 n_2 の「クラッド」で構成される。ここで、 $n_1 > n_2 > 1.0$ とする。図Ⅲに示す通り、空気中(屈折率 1.0)の光源から、単色光の光線がこの光ファイバーの端面に入射する。光ファイバーの端面はその軸方向に対して垂直であり、光線はコアの軸上に入射する。コア内において入射した光は弱まらず、コアの軸に平行な平面内を進む。ここで、端面に入射する光線の進行方向とコアの軸方向のなす角を θ_0 、コア内の光線の進行方向とコアの軸方向のなす角を θ_1 、コアとクラッドの境界への光線の入射角を ϕ とする。以下の問いに答えよ。

- (1) コア内を進む光線が、コアとクラッドの境界で全反射するときの臨界角を ϕ_c とする。このとき、 $\sin \phi_c$ を n_1 と n_2 を用いて表せ。
- (2) コア内において、 ϕ と θ_1 には $\phi + \theta_1 = 90^\circ$ の関係がある。 $\sin \phi$ を $\cos \theta_1$ を用いて表せ。
- (3) 光ファイバー端面で生じる光の屈折に屈折の法則を適用し、 $\cos \theta_1$ を n_1 および $\sin \theta_0$ を用いて表せ。計算には $\cos^2 \theta_1 + \sin^2 \theta_1 = 1$ を利用せよ。
- (4) 光線がコアとクラッドの境界で全反射するとき、 $\sin \theta_0$ の最大値 $(\sin \theta_0)_{\max}$ を n_1 と n_2 を用いて表せ。
- (5) コア内において、光線は $\tan \theta_1 = 0.010$ となる角度 θ_1 で全反射を繰り返しているものとする。コアの軸に垂直な断面は円形で、その直径 D は $5.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ であり、光ファイバーの長さは十分に長い。光線が光ファイバーの軸方向に距離 1.0 m 進む間に起こる全反射の回数を N とする。 N に最も近いものを次の①～④の中から一つ選び、解答欄の該当する番号を丸で囲め。

- ① 20 ② 200 ③ 2000 ④ 20000



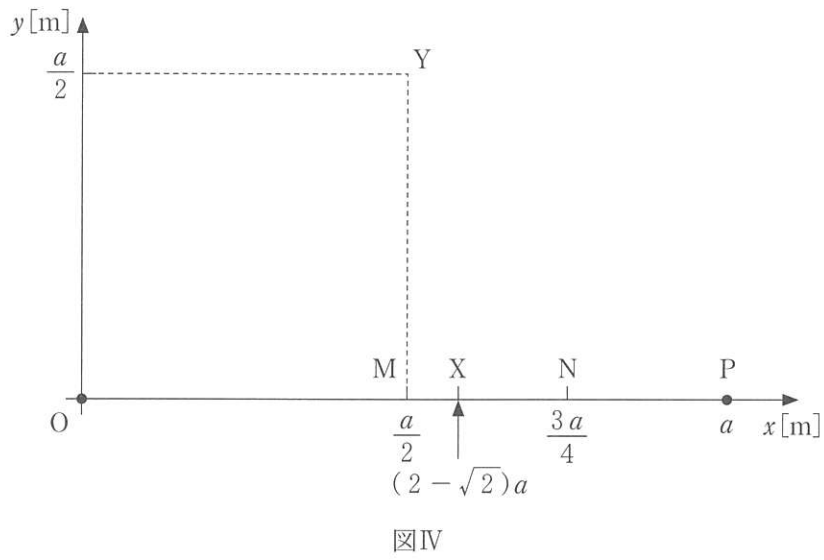
図Ⅲ

[IV]

図IVのように、 xy 平面の原点 O と、原点 O から x 軸の正の方向に距離 a [m] だけ離れた点 $P(a > 0)$ に、それぞれ電気量 Q_A [C]、 Q_B [C] の点電荷 A 、 B を置く。電気量 q [C] ($q > 0$) の点電荷を試験電荷として xy 平面上の様々な点に置き、点電荷 A 、 B がその点に作る電場から試験電荷が受ける力の向きと大きさを調べた。点 $M\left(\frac{a}{2}, 0\right)$ では x 軸の正の向きの力を、点 $N\left(\frac{3a}{4}, 0\right)$ では x 軸の負の向きの力を受けたが、点 $X\left((2 - \sqrt{2})a, 0\right)$ では力を受けなかった。クーロンの法則の比例定数を k [$N \cdot m^2 / C^2$] として以下の問いに答えよ。

- (1) 原点 O から x 軸の正の方向に距離 r [m] だけ離れた点 ($0 < r < a$) に試験電荷を置いたときに、この試験電荷が点電荷 A 、 B の作る電場から受ける力の x 成分 F [N] を、 Q_A 、 Q_B 、 q 、 a 、 r 、 k のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) Q_A 、 Q_B の正負の組み合わせとして、次の①～④の中から正しいものを一つ選び、解答欄の該当する番号を丸で囲め。

① $Q_A > 0$ 、 $Q_B > 0$	② $Q_A > 0$ 、 $Q_B < 0$
③ $Q_A < 0$ 、 $Q_B > 0$	④ $Q_A < 0$ 、 $Q_B < 0$
- (3) $\frac{Q_A}{Q_B}$ は整数値になる。その数値を答えよ。
- (4) 試験電荷を点 $Y\left(\frac{a}{2}, \frac{a}{2}\right)$ に置いたときに、この試験電荷が受ける力の大きさを、 Q_B 、 q 、 a 、 k のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 試験電荷が点電荷 A 、 B の作る電場から受ける力とつり合う外力を加えて、試験電荷を点 X から点 Y までゆっくりと移動させた。そのときに外力が行う仕事の正負について、解答欄の正または負のうち正しい方を丸で囲め。



補 足 説 明

< 補足説明 >

理科「物理基礎・物理」

1 ページ 問題〔I〕

問題文 8行目 下線部を追加

・・・・・・・・重力加速度を・・

↓

・・・・・・・・重力加速度の大きさを・・