

令和2年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で52ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が1枚入っている。

物 理	1～10ページ,	化 学	11～29ページ
生 物	30～42ページ,	地 学	43～52ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された2箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90分。
  - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 理科1科目の受験者は、90分。
    - ② 理科2科目の受験者は、180分。
  - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

物 理

1

〔1〕 図1のように、なめらかな水平面上で、質量  $m$  の物体を速さ  $v$  で運動させ、静止している質量  $M$  ( $m < M$ ) の物体に正面衝突させた。物体間の反発係数  $e$  がさまざまな値をとった場合の衝突後の運動について考える。運動はすべて直線上で起きたとして、以下の問いに答えよ。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

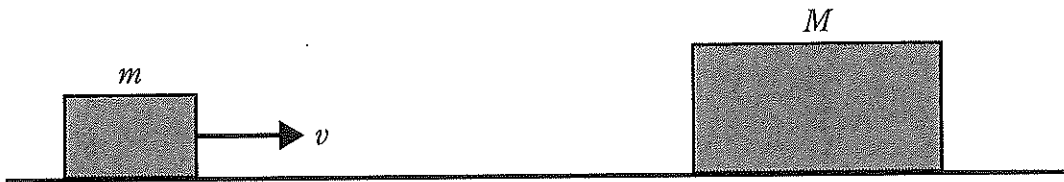


図 1

問 1  $e = 1$  の場合に、衝突後の質量  $M$  の物体の速さを求めよ。

問 2 問 1 の衝突の間に、質量  $m$  の物体に働いた力積の大きさを求めよ。

問 3  $e = 0$  の場合に、衝突後の 2 つの物体の運動エネルギーの合計は、衝突前に質量  $m$  の物体がもっていた運動エネルギーの何倍か、答えよ。

問 4 衝突後に質量  $m$  の物体が衝突前と反対向きに運動した。そうなるための条件を  $m$ ,  $M$ ,  $v$ ,  $e$  のうち必要なものを用いて表せ。

〔2〕 エレベーターの天井から軽いばねによって質量  $m$  の小さなおもりがつるさ  
 れている。はじめエレベーターは静止し、おもりはつり合いの位置で静止して  
 いた。このとき、ばねの自然長からの伸びは  $l$  であった。

時刻  $t = 0$  でエレベーターは一定の加速度で上昇を始め、おもりは振動を始  
 めた。時刻  $t = t_1$  までのばねの自然長からの伸びを図 2 に示した。振動の中  
 心の位置において、ばねの自然長からの伸びは  $l'$  であった。

重力加速度の大きさを  $g$  として、すべての解答は、 $m$ 、 $l$ 、 $l'$ 、 $g$  および、円  
 周率  $\pi$  のうち必要なものを用いて表せ。

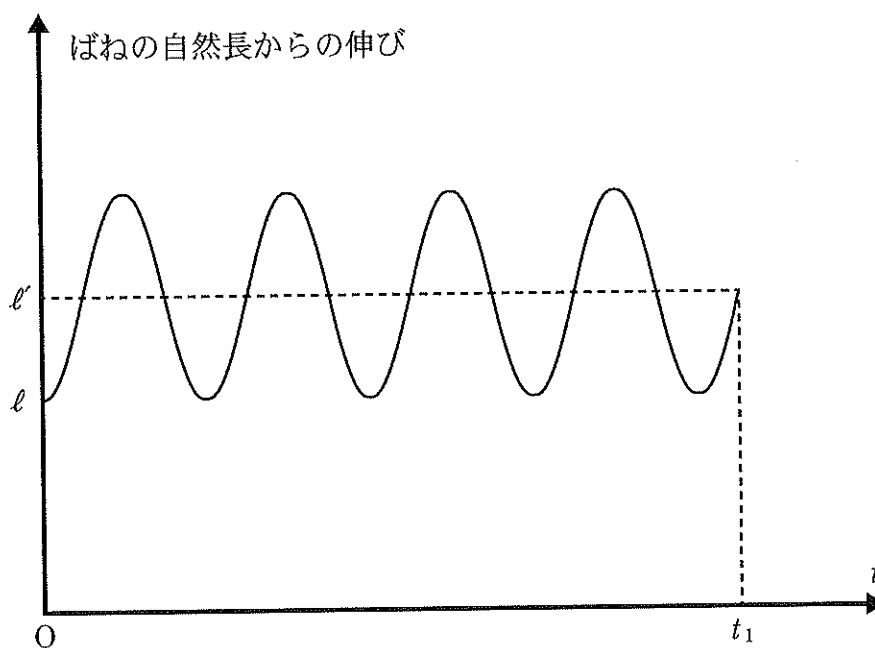


図 2

問 1 ばね定数を求めよ。

問 2 時刻  $t = 0$  から  $t_1$  までのエレベーターの加速度の大きさを求めよ。

問 3 時刻  $t = 0$  から  $t_1$  までのおもりの振動の周期を求めよ。

問 4 時刻  $t = t_1$  におけるエレベーターの速さを求めよ。

次に、時刻  $t = t_1$  でエレベーターは加速をやめ、以後は時刻  $t = t_1$  における速度を保ったまま上昇した。

問 5 時刻  $t = t_1$  以後も、おもりは振動した。この振動の振幅を求めよ。解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

2

図1のように、平面上の領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに一様な磁場もしくは電場が存在する。時刻  $t = 0 \text{ s}$  のとき点  $O$  から電気量  $8.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 、質量  $2.0 \times 10^{-8} \text{ kg}$  の正の荷電粒子を図中上向きに速さ  $2.0 \text{ m/s}$  で打ち出したところ、曲線  $OPQR$  上を矢印で示される時計回りの運動をした。以下の問いに答えよ。数値を解答する際には計算過程も記述し、単位とともに有効数字2桁で示せ。円周率は  $3.14$  を用いよ。

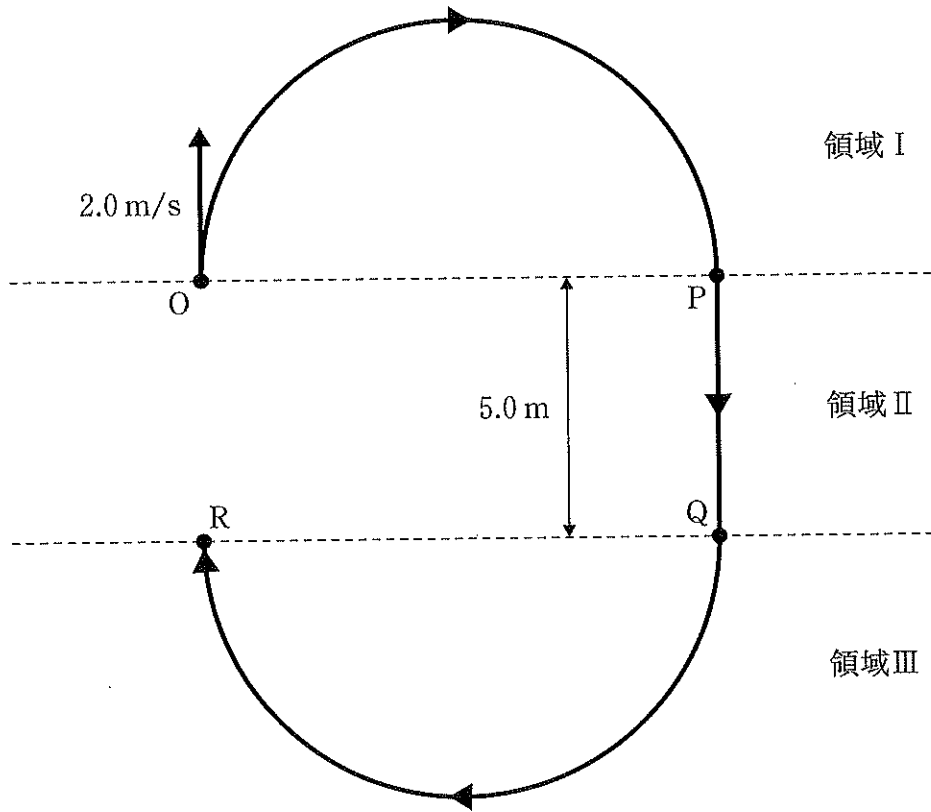


図1

領域Ⅰには紙面に垂直で磁束密度の大きさが $0.10\text{ T}$ の磁場があり、粒子は速度に垂直な力を受け、円運動をした。ただし、領域Ⅰに電場はないものとする。

問 1 磁場の向きを答えよ。

問 2 円運動の半径を求めよ。

粒子は点 P に到達後、幅  $5.0\text{ m}$  の領域Ⅱで速度と平行で強さ  $2.4\text{ V/m}$  の電場から力を受け速さが増大した。ただし、領域Ⅱに磁場はないものとする。

問 3 電場の向きを答えよ。

問 4 粒子が電場から受ける力の大きさを求めよ。

問 5 点 Q を通過する時の粒子の速さを求めよ。

粒子は点 Q に到達後、領域Ⅲで磁束密度の大きさが  $B$  の磁場から力を受けて再び円運動をして点 R に到達した。ただし、領域Ⅲに電場はないものとする。

問 6 領域Ⅰと領域Ⅲにおける円運動の半径が等しい場合、 $B$  を求めよ。

問 7 点 R を通過後に領域Ⅱでさらに粒子を加速して点 O に戻すためには点 Q を通過し終えた時刻  $t = t_Q$  に電場の向きを反転する必要がある。 $t_Q$  を求めよ。

3

〔1〕 図1のように、断面積  $S$  のシリンダーに  $n$  モルの理想気体を封入した。初期状態は、温度は  $T_0$  で圧力は大気圧と同じ  $p_0$  であった。また、ピストンはシリンダーの端から  $L$  の位置にあった。シリンダーとピストンは熱を通さず、気体定数を  $R$  とする。この気体の比熱を調べるため、以下の実験を行った。

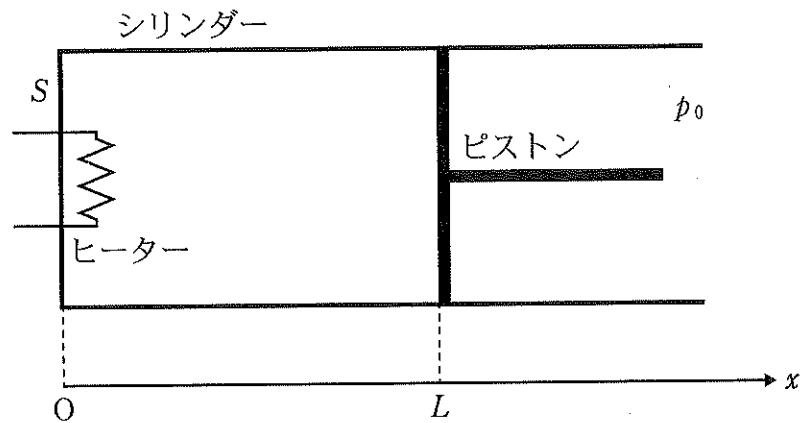


図1

まず、ピストンを  $L$  の位置に固定して、ヒーターで気体に  $Q_1$  の熱を加えると温度は  $T_1$  になった。

問1 温度が  $T_1$  になったときの気体の圧力  $p_1$  を  $n$ ,  $S$ ,  $L$ ,  $R$ ,  $T_1$ ,  $Q_1$  のうち必要なものを用いて表せ。

問2 この気体の定積モル比熱  $C_V$  を  $n$ ,  $p_0$ ,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $Q_1$  のうち必要なものを用いて表せ。



次に、気体を初期状態に戻し、ピストンを自由に動けるようにして、気体に  $Q_2$  の熱を加えると温度が  $T_1$  になった。以下の問いの解答にあたっては、計算の過程も簡潔に示すこと。

問 3 温度が  $T_0$  から  $T_1$  に変化する間に、ピストンの位置が  $\Delta x$  だけ変化した。 $\Delta x$  を  $n, S, L, T_0, T_1$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 4  $Q_2$  を  $n, S, L, p_0, T_0, T_1, Q_1$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 5 以上の結果を用いて、この気体の定圧モル比熱  $C_p$  と定積モル比熱  $C_v$  の間に  $C_p = C_v + R$  の関係が成り立つことを示せ。

- [2] 図2のように、風のない温度が一定の空气中を、音源Sが一定の振動数 $f_0$ の音波を球面状に発しながら、原点Oを中心とする半径 $a$ の円周上を一定の速さ $v$ で周回している。円の中心から $\frac{a}{2}$ の距離にある点Mで音波を観測する場合を考える。音速を $V$ とし、 $v < V$ として、以下の問いに答えよ。ただし、点Mは円を含む平面上にあるとする。

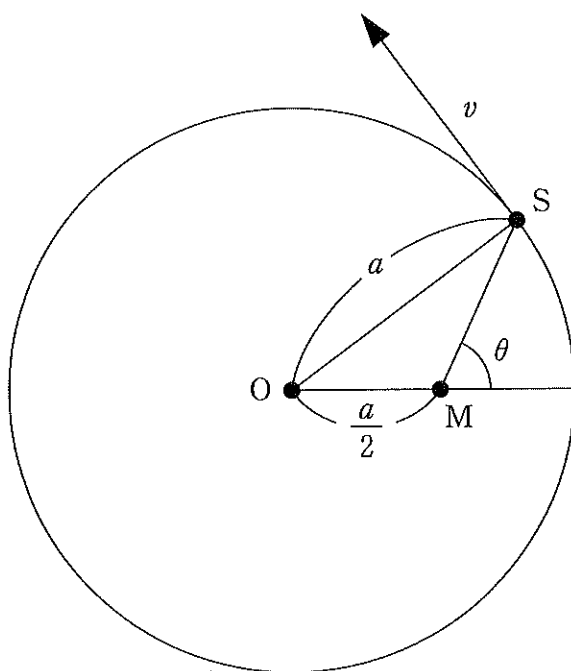


図2

問 1 図 3 を参考にして，直線 OM と MS のなす角が  $\theta$  である瞬間に S を発した音波を，点 M で観測したときの振動数  $f$  が以下の式で表されることを示せ。図 3 の  $v_1$ 、 $v_2$  は，音源 S の速度の，直線 MS に平行な成分，および垂直な成分である。

$$f = \frac{2V}{2V + v \sin \theta} f_0$$

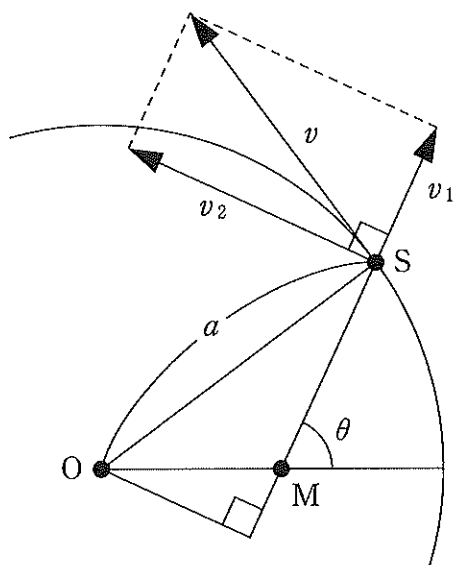


図 3

問 2  $f$  が最大となるときの振動数  $f_1$  および最小となるときの振動数  $f_2$  をそれぞれ求めよ。

問 3 振動数  $f$  を角度  $\theta$  の関数として，その概形を描け。

いま，最大の振動数が  $f_1 = 1050 \text{ Hz}$ ，最小の振動数が  $f_2 = 910 \text{ Hz}$  であった。 $V = 350 \text{ m/s}$  として，以下の問いに答えよ。

問 4 音源 S の速さ  $v$  を求めよ。

問 5 振動数  $f_0$  を求めよ。