

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 π のうち必要なものを用いて表せ。

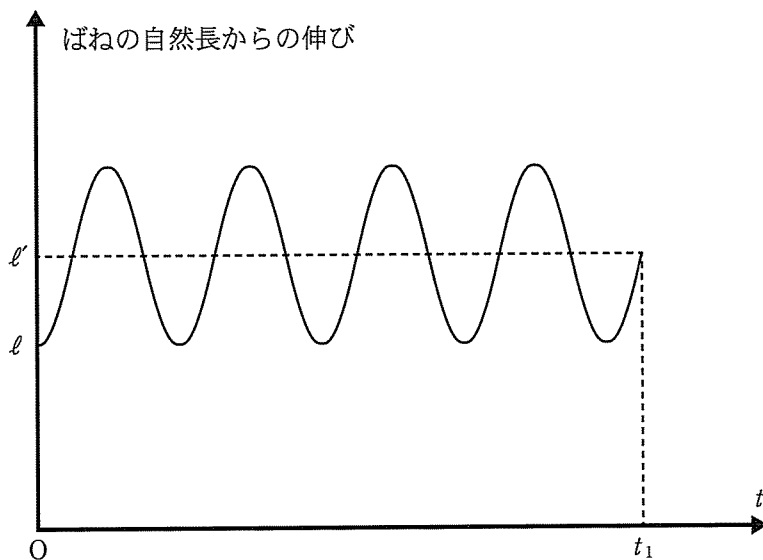


図 2

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 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。

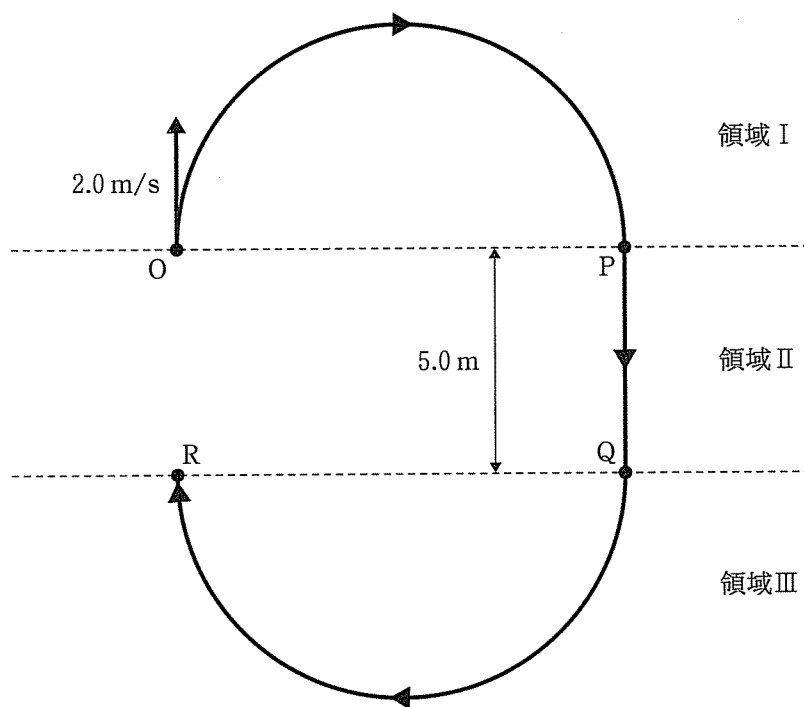


図1

領域Ⅰには紙面に垂直で磁束密度の大きさが 0.10 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 m の領域Ⅱで速度と平行で強さ 2.4 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。

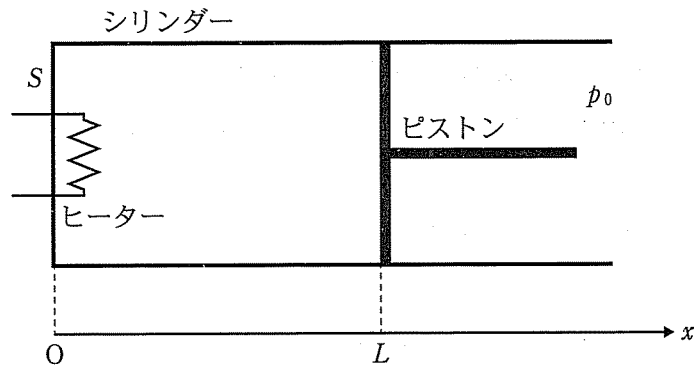


図1

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 Δx だけ変化した。 Δx 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。

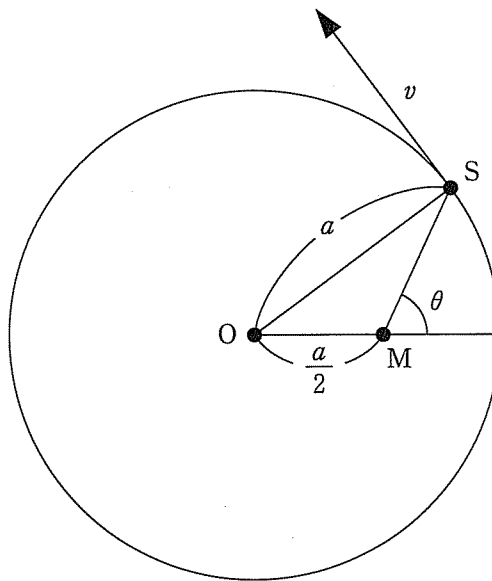


図2

- 問 1 図 3 を参考にして、直線 OM と MS のなす角が θ 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。

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

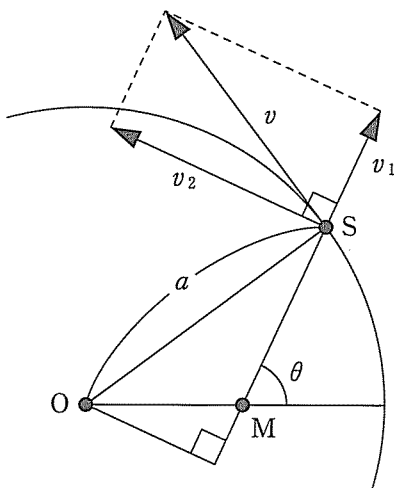


図 3

- 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 θ の関数として、その概形を描け。

いま、最大の振動数が $f_1 = 1050$ Hz、最小の振動数が $f_2 = 910$ Hz であった。 $V = 350$ 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。

