

令和 6 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 53 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。)

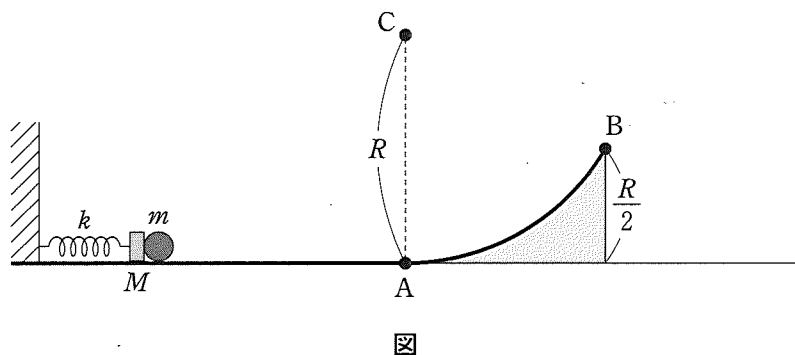
問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1 ～ 9 ページ、	化	学	10 ～ 23 ページ
生	物	24 ～ 43 ページ、	地	学	44 ～ 53 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 of 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 of 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 図のように、水平面となめらかに接続する曲面 AB がある。曲面 AB は C を中心とする半径 R の円の円弧であり、B の高さは $\frac{R}{2}$ である。水平面には、ばね定数 k の軽いばねと質量 M の板で作られた射出機があり、ばねの一端は固定されている。はじめ、射出機のばねを自然長から d だけ縮め、質量 m の質点と射出機の板を密着した状態で静止させた。質点を紙面右向きに射出したところ、質点は面に沿って運動し、B より飛び出し、放物運動を始めた。空気抵抗はないものとし、水平面、曲面はなめらかであるとする。重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに答えよ。解答にあたっては、導出の過程も簡潔に示すこと。



- 問 1 射出機の板が動き始め、ばねの自然長からの縮みが x となったとき、板が質点を押す力の大きさが $\frac{mkx}{M+m}$ となることを示せ。
- 問 2 ばねが自然長に戻ったときの質点の速さを v_0 とする。 $v_0 = d\sqrt{\frac{k}{M+m}}$ となることを示せ。
- 問 3 質点が板から離れた後、ばねは自然長から最大でどれだけ伸びるか。 k , M , d , m のうちから必要なものを用いて表せ。

問 4 質点が板から離れた後、板は単振動する。その周期を k, M, d, m のうちから必要なものを用いて表せ。

問 5 曲面 AB 間における質点の運動を考える。質点の鉛直方向の位置を y とするとき、質点の運動エネルギーの大きさを k, M, d, m, g, y のうちから必要なものを用いて表せ。ただし、A では $y = 0$ とする。

問 6 問 5 のとき、質点が曲面 AB から受ける垂直抗力の大きさを R, k, M, d, m, g, y のうちから必要なものを用いて表せ。

問 7 $d > d_c$ のとき、質点は B より飛び出すことができる。 d_c を R, k, M, m, g のうちから必要なものを用いて表せ。

問 8 B から飛び出した質点が水平面に到達した。 $d = \sqrt{\frac{5gR(M+m)}{k}}$ のとき、A から到達点までの距離を R, k, M, m, g のうちから必要なものを用いて表せ。

- 〔1〕 図1のように、 $1.0\text{ m} \leq x \leq 2.0\text{ m}$ の領域に紙面の裏から表に向う磁束密度の大きさ $B = 8.0\text{ T}$ の一様な磁場があり、その領域を長方形の1巻きのコイル ABCD が一定の速さ $v = 0.50\text{ m/s}$ で通過する。このとき、磁場と ABCD 面は垂直であり、コイルの AB 部分と x 軸は平行であるとする。なお、コイルの AB 間の長さは 0.50 m 、AD 間の長さは 1.0 m であり、コイル ABCD の抵抗は $R = 2.0\ \Omega$ である。時刻 $t = 0\text{ s}$ にコイルの BC の部分が $x = 0\text{ m}$ を通過するとし、以下の問いに答えよ。数値は有効数字2桁で答えよ。

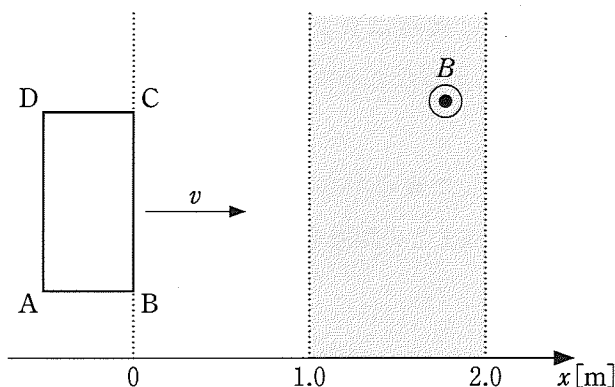


図1

- 問1 コイルを貫く磁束の時間変化を解答用紙のグラフに示せ。ただし、縦軸に適切な数値および単位も書き込むこと。
- 問2 コイルを流れる電流の時間変化を解答用紙のグラフに示せ。ただし、コイルの $A \rightarrow B$ の方向を電流の正の向きとし、縦軸に適切な数値および単位も書き込むこと。
- 問3 コイルが磁場から受ける力の合力の時間変化を解答用紙のグラフに示せ。ただし、縦軸に適切な数値および単位も書き込むこと。また、グラフに描いた合力の正の向きを $A \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C$ のようにして、解答欄に記入すること。

問 4 速さ $v = 1.0 \text{ m/s}$ で動くコイル ABCD が同様に磁場領域を通過した。

コイルが磁場領域を通過するまでに外力のした仕事は、 $v = 0.50 \text{ m/s}$ のときの何倍になるか理由とともに答えよ。

- 〔2〕 図2のように、自己インダクタンス L のコイル L 、起電力がそれぞれ $9E$ 、 $2E$ の電池 E_1 、 E_2 、抵抗値 R の抵抗 R 、可変抵抗 R_1 、 R_2 、電流計、およびスイッチ S からなる回路がある。導線およびコイルの抵抗、電流計や電池の内部抵抗は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。解答にあたっては、 L 、 E 、 R のうち必要なものを用いよ。

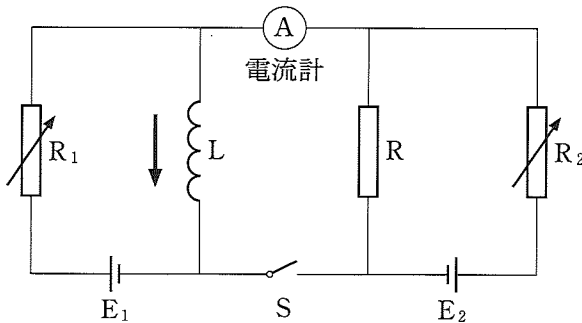


図2

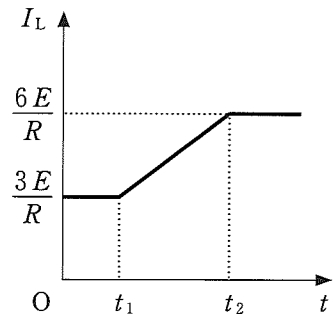


図3

はじめに、スイッチ S を開いた状態で、 R_1 、 R_2 の値を、それぞれ $2R$ 、 $4R$ に固定した。

問 1 R_1 に流れる電流の大きさ I_1 を求めよ。

次に、スイッチ S を閉じ、十分に時間が経過した。

問 2 電流計に流れる電流の大きさ I_A を求めよ。

問 3 コイル L に流れる電流の大きさ I_L を求めよ。

次に、 R_2 の値を $\frac{3}{2}R$ に固定し、スイッチ S を再び開いた後、時刻 t_1 でスイッチを閉じ、 t_2 で開く操作をする。この間、可変抵抗 R_1 を制御し、コイルに流れる電流 I_L を図3のように変化させた。ただし、 I_L の向きは図2の矢印の向きを正とする。以下の問いの解答にあたっては、導出の過程も簡潔に示すこと。

問 4 t_1 から t_2 の間で，電流計を流れる電流は 0 であった。 t_1 から t_2 の間に，コイルに生じていた誘導起電力の大きさ V を求めよ。

問 5 $t_2 - t_1$ を求めよ。

- 〔1〕 図1のように、水中に単色光を発する点光源Pがあり、Pの真上の水面の点をOとする。空気の屈折率を1、水の屈折率を $n(>1)$ とし、以下の問いに答えよ。問3、問4の解答にあたっては、導出の過程も簡潔に示すこと。

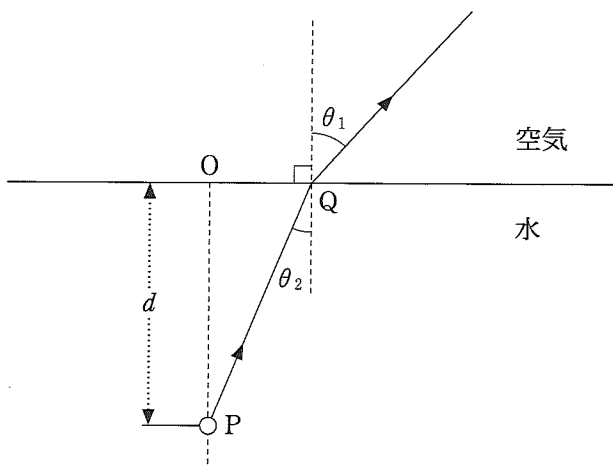


図1

- 問1 図1の光の経路について、光が通過する水面上の点をQとする。Qにおける θ_1 と θ_2 の間に成り立つ関係式を書け。
- 問2 光源の水面からの深さを d 、OQの距離を r とし、 $\sin \theta_2$ を d および r を用いて表せ。
- 問3 Oを中心とする半径 R の薄い不透明な円盤で水面を覆い、光源Pを鉛直上向きに徐々に上げていったところ、水面からの深さが d_c のところで空気中のどこからも光源が見えなくなった。 d_c を求めよ。
- 問4 半径 R の薄い不透明な円盤を置いたまま、水面全体を屈折率 $n'(>n)$ 、厚さ h のガラス板で覆い、問3と同様の実験を行った。光源が見えなくなる水面からの深さ d_c を求めよ。ただし、ガラス板と水および円盤との間に隙間はないものとする。

- 〔2〕 図2のように、シリンダーにピストンとコック、ヒーターが取り付けられている。ピストンとコックは断熱材でできており、コックとヒーターの体積は無視できる。シリンダーは熱の伝わりやすい素材でできており、熱容量は無視できる。また、ピストンはなめらかに動くことができる。シリンダー内部および外部の気体は単原子分子理想気体であり、外部の温度は T_0 、圧力は p_0 でそれぞれ一定である。気体定数を R として、以下の問いに答えよ。解答にあたっては、導出の過程も簡潔に示すこと。また、断熱変化においては圧力 p と体積 V に対して、 $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係が成り立つことを用いてよい。

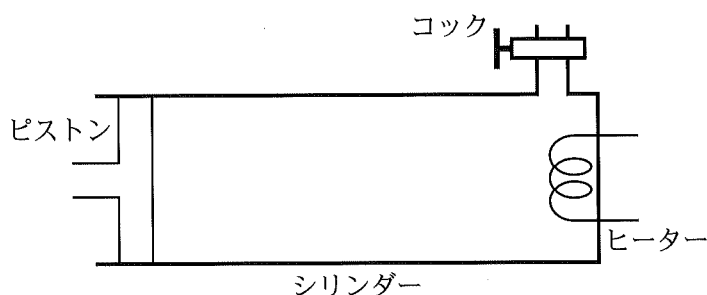


図2

- 問1 はじめに、コックは開いており、シリンダー内の気体の体積が V_0 であった。シリンダー内の気体の物質量を求めよ。
- 問2 次にコックを閉じ、ピストンをゆっくりと押し、シリンダー内の気体の体積が $\frac{V_0}{8}$ になるまで圧縮してピストンを固定した。シリンダー内の気体の圧力を求めよ。

次に、ピストンを固定したままコックを開き、十分に時間が経過した後、シリンダーを断熱材で完全に覆った。

- 問3 コックを再び閉じた後、ピストンをゆっくりと引き、シリンダー内の気体の体積が $\frac{V_0}{8}$ から V_0 になるまで膨張させた。このときのシリンダー内の気体の圧力と温度をそれぞれ求めよ。

問 4 問 3 でピストンを引いている間にシリンダー内の気体が外部にした仕事を求めよ。

問 5 問 3 の操作の後、ピストンを固定し、ヒーターで加熱してシリンダー内の気体の温度を T まで上昇させた。この間にヒーターで加えた熱量を求めよ。

