

平成26年度

## 理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

## 注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子は、「空白」1ページ、「物理」6ページ、「化学」13ページ、「空白」1ページ、「生物」8ページ、「地学」11ページ、合計40ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 理学部の受験者は、次により解答すること。
  - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうち2科目を選択解答すること。
  - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
- 7 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 8 医学部の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
- 9 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」を解答すること。
- 10 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
- 11 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。



(空 白)

# 物 理

## 第 1 問 (35 点)

図 1 のように、鉛直線を中心軸とする半頂角  $\theta$  [rad] の円すい面を下向きにし、その頂点を水平な床に固定する。床から高さ  $h$  [m] の位置で、円すいのなめらかな内側の面にそって、水平の向きに速さ  $v$  [m/s] で質量  $m$  [kg] の小球をすべらせると、小球は水平面上を等速円運動した。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として、以下の問いに答えよ。

問 1 小球の円運動の周期と角速度を、 $v, h, \theta$  を用いて表せ。

問 2 小球の加速度の大きさを、 $v, h, \theta$  を用いて表せ。また小球が円すい面から受ける垂直抗力の大きさを  $N$  [N] として、円運動の向心力の大きさを、 $N, \theta$  を用いて表せ。

問 3 垂直抗力の大きさ  $N$  と速さ  $v$  を、 $m, g, h, \theta$  のうち必要なものを用いて表せ。

つぎに図 2 のように円すいを取りはらい、床から高さ  $l$  [m] ( $l > h$ ) の位置に、軽くて伸びないひもの端を固定し、もう一方の端に質量  $m$  の小球を付けた。この小球を、高さ  $h$  の水平面上で速さ  $v$  の等速円運動をさせたところ、その軌道の半径は、図 1 の円すい面を円運動する小球と同じであった。

問 4 高さ  $l$  を求めよ。

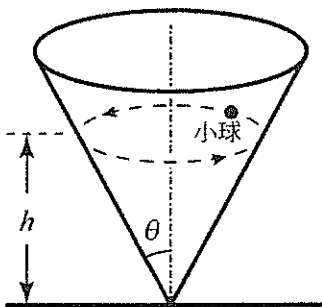


図 1

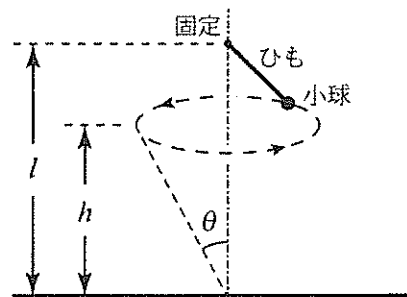


図 2

(空 白)

# 物 理

## 第 2 問 (35 点)

図のように、抵抗値が  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗  $R$ 、電気容量が  $C$  [F] のコンデンサー  $C$ 、抵抗が無視でき、自己インダクタンスが  $L$  [H] のコイル  $L$ 、抵抗値が  $R'$  [ $\Omega$ ] の抵抗  $R'$  が、周波数を変えることができる交流電源  $E$  に接続されている。  $L$ 、 $C$ 、 $R$  に加わる電圧  $V$  [V] が、時刻  $t$  [s] の関数として  $V = V_0 \cos \omega t$  で表せるとする。ただし、 $V_0$  [V] は交流電圧の最大値、 $\omega$  [rad/s] は交流の角周波数である。以下の問いに答えよ。

問 1  $R$  で消費される電力の最大値と最小値を求めよ。

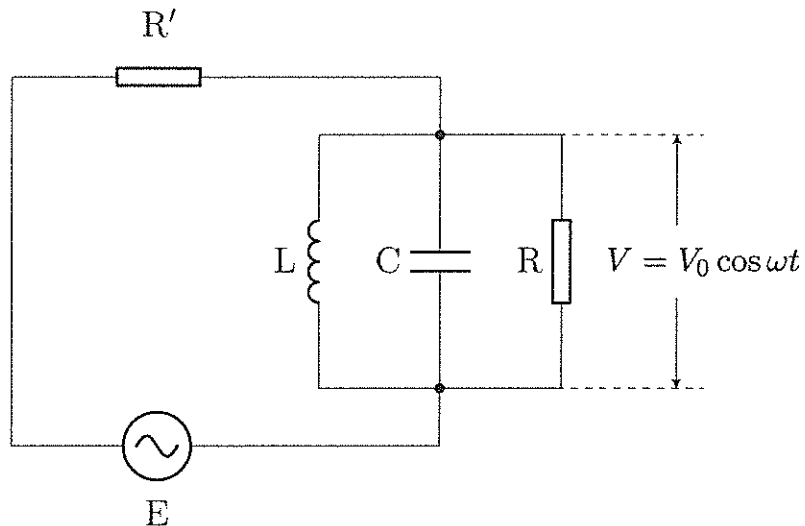
問 2  $R$  において交流の 1 周期の間に消費される電力量を求めよ。

問 3 交流電源の周波数を変えたところ、ある周波数で  $R$  と  $R'$  に流れている電流が同じ値になった。このときの周波数を求めよ。ただし、 $L$  と  $C$  のリアクタンスはそれぞれ  $\omega L$ 、 $\frac{1}{\omega C}$  である。

以下、交流電源の周波数を問 3 で求めた値に固定する。

問 4  $E$  の交流電圧の最大値を  $E_0$  [V] とするとき、 $V_0$  を  $E_0$ 、 $R$ 、 $R'$  を用いて表せ。

問 5  $E_0$  を一定にして、抵抗  $R$  を、別の抵抗値をもついろいろな抵抗に取りかえることを考える。このとき、この抵抗で消費される電力の時間平均を最大にする抵抗値を求めよ。



(空 白)

# 物 理

## 第 3 問 (30 点)

図に示されるような容積  $V$  [ $\text{m}^3$ ] の熱気球を、内部の空気を加熱することにより上昇させる。熱気球の下端部では、空気の自由な出入りがあり、外部と内部の圧力は等しい。また、下端部に取り付けられたゴンドラには熱バーナーが備わっている。これら全体から熱気球内にある空気の質量を除いた残りの部分の質量は、 $M$  [ $\text{kg}$ ] である。熱気球内の空気の温度は、熱バーナーにより制御できる。また容積  $V$  に比べ、他の部分の体積は十分小さいものとする。空気は、理想気体として取り扱ってよい。重力加速度の大きさを  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] とする。

最初、熱気球は地上に置かれており、熱バーナーは働いていなかった。地上での大気の絶対温度は  $T_0$  [ $\text{K}$ ]、大気圧は  $p_0$  [ $\text{Pa}$ ]、大気の密度は  $d_0$  [ $\text{kg/m}^3$ ] であった。以下の問いに答えよ。

問 1 空気 1 モルの質量を  $m_A$  [ $\text{kg}$ ] とする。気体定数  $R$  [ $\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ] および  $T_0, p_0, m_A$  を用いて、 $d_0$  を表せ。

問 2 熱気球が地上で受ける浮力の大きさを、 $d_0, V, M, g, T_0$  のうち必要なものを用いて表せ。

熱気球内の空気を熱バーナーで加熱した。熱気球内の空気の温度は上昇し、絶対温度  $T_1$  [ $\text{K}$ ] になったとき、熱気球は今にも地上を離れようとする状態になった。

問 3 絶対温度  $T_1$  での熱気球内の空気の密度を、 $d_0, T_0, T_1$  で表せ。さらに、 $T_1$  を、 $d_0, V, M, g, T_0$  のうち必要なものを用いて表せ。



大気の温度や圧力が高度により定まる原因にはいくつか考えられる。ここでは任意の高度での大気の絶対温度  $T_A$  [K] および圧力  $p_A$  [Pa] が、

$$T_A = C \cdot (p_A)^\alpha$$

に従いながら、高度が増すにつれ、それぞれ減少していく場合を考える。ここで  $C$  は、地上での大気の絶対温度  $T_0$ 、大気圧  $p_0$  にのみ依存し、

$$C = \frac{T_0}{(p_0)^\alpha}$$

と書ける。 $\alpha$  は  $0 < \alpha \leq 1$  を満たす定数である。

熱気球をひもで地上に固定し、熱気球内の空気の温度を  $T_2$  [K] まで上昇させた。その後、熱気球内の空気の温度を  $T_2$  に保ちつつ地上から解放すると、熱気球は上昇した。最終的に、大気の絶対温度が  $T_A^*$  [K] で与えられる高度で、熱気球にはたらく重力と浮力がつりあった。

問 4 このときの熱気球内の空気の密度を、 $d_0, T_0, T_2, T_A^*, \alpha$  を用いて表せ。

問 5 熱気球にはたらく力のつりあいの式を、 $d_0, V, M, g, T_0, T_2, T_A^*, \alpha$  のうち必要なものを用いて表せ。

