

# 平成 23 年度 入学 試験 問題

## 理 科

	ページ
物 理	1～ 8
化 学	9～23
生 物	24～35
地 学	36～44

化学については、問題 **1** から問題 **5** までは必ず解答し、問題 **6** と問題 **7** については、どちらか一方を選択して解答すること。

### 注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

# 物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、互いに直交する  $x$ ,  $y$ ,  $z$  軸を考える。その水平面 ( $xy$  平面,  $z = 0$ ) 内の  $x$  軸上の点  $P$  から質量  $m_A$  [kg] の小球  $A$  を  $z$  軸に向けて、水平面と  $\theta_A$  [rad] の角をなす斜め上方に速さ  $v_A$  [m/s] で投げ上げた。それと同時に、水平面内の  $y$  軸上の点  $Q$  から質量  $m_B$  [kg] の小球  $B$  を  $z$  軸に向けて、水平面と  $\theta_B$  [rad] の角をなす斜め上方に速さ  $v_B$  [m/s] で投げ上げた。投げ上げてから  $t_1$  [s] 後、小球  $A$  と小球  $B$  は同じ最高点  $R$  (原点  $O$  の真上) に到達し、その位置で衝突した。

その後、 $z$  軸の正方向から見た図2に示すように、衝突した小球  $A$  は速さ  $v_A'$  [m/s] となり、 $y$  軸の正方向に向きを変え、 $y$  軸上に落下した。また、小球  $B$  は速さ  $v_B'$  [m/s] となり、図中の矢印方向に向きを変え、水平面上に落下した。なお、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とし、小球  $A$  と小球  $B$  のそれぞれの大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。

(ア) 小球  $B$  の速さ  $v_B$ 、最高点  $R$  に到達するまでの時間  $t_1$ 、 $PO$  間の距離  $d_A$  [m]、 $QO$  間の距離  $d_B$  [m] および  $R$  の水平面からの高さ  $h$  [m] を、 $v_A$ 、 $\theta_A$ 、 $\theta_B$ 、 $g$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(イ) 小球  $A$  と小球  $B$  が最高点で衝突してから小球  $A$  が  $y$  軸上に落下するまでの時間  $t_2$  [s] と、落下地点の  $y$  座標  $y_A$  [m] を、 $v_A$ 、 $v_A'$ 、 $\theta_A$ 、 $g$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(ウ) 小球  $B$  の落下地点の  $x$  座標  $x_B$  [m] と  $y$  座標  $y_B$  [m] を、 $v_A$ 、 $v_A'$ 、 $m_A$ 、 $m_B$ 、 $\theta_A$ 、 $\theta_B$ 、 $g$  のうち、必要なものを用いて表せ。

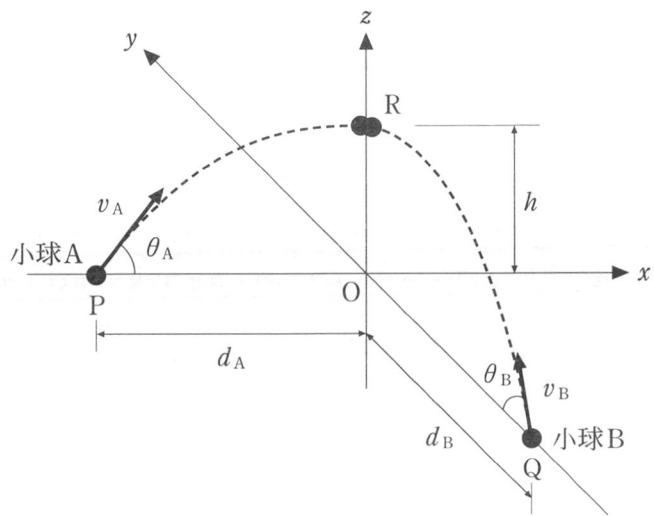


图 1

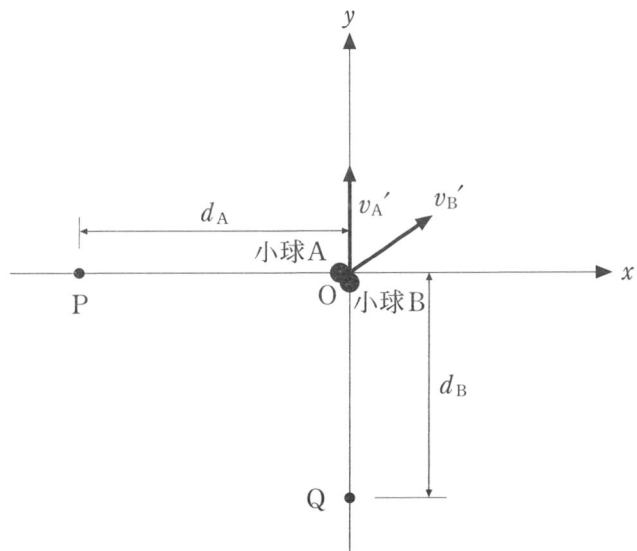


图 2

2

図のように、水平面上に  $l$  [m] 離れた長い 2 本の金属レール  $L_1$ ,  $L_2$  を平行に置き、それにスイッチ  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ , 抵抗値がそれぞれ  $R_0$  [ $\Omega$ ],  $R_1$  [ $\Omega$ ],  $R_2$  [ $\Omega$ ] の抵抗  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  および起電力がそれぞれ  $E_1$  [V],  $E_2$  [V] の電池  $E_1$ ,  $E_2$  を導線でつないでいる。レールの上に置いた軽い導体棒  $P$  は、レールとつねに直角を保ち、レールと接しながらなめらかに移動できる。このとき、レールとの接点を  $P_1$ ,  $P_2$  とする。  $P$  には伸び縮みしない軽い糸を中央に結び、定滑車を通して質量  $m$  [kg] のおもりをつるしている。レール  $L_1$ ,  $L_2$  の間には磁束密度  $B$  [T] の一様な磁界(磁場)が鉛直上向きにかけられている。糸は磁界と導体棒  $P$  の両方に垂直な向きに  $P$  を引っ張っている。

なお、 $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  以外の抵抗、電流がつくる磁界および各部の摩擦は無視でき、重力加速度の大きさを  $g$  [ $m/s^2$ ] とする。また、以下の各実験は別々に行い、それらを開始するとき、 $P$  は両方向に十分動ける位置に手で支えられている。

#### 実験 A

スイッチ  $S_0$  だけを閉じて、導体棒  $P$  から手を静かにはなすと、 $P$  は図の①の向きに動き始め、徐々に速度が増した。速度が増しているときのある瞬間の速さを  $v_A$  [m/s] とし、以下の各問に答えよ。

(A-1) 接点  $P_1$  と  $P_2$  の間に生じる誘導起電力の大きさを  $v_A$  を含む式で示せ。

また、 $P_1$  と  $P_2$  ではどちらの電位が高いか答えよ。

(A-2)  $P$  を流れる電流の大きさを  $v_A$  を含む式で示し、その向きを解答欄の ( ) 内に  $P_1$  または  $P_2$  を記入して表せ。

(A-3)  $P$  が磁界から受ける力の大きさを  $v_A$  を含む式で示し、その向きを図の ①または②で答えよ。

実験B

スイッチ  $S_1$  だけを閉じて、導体棒  $P$  から手を静かにはなすと、 $P$  は図の①の向きに動き始め、徐々に速度が増し、しばらくして速さ  $v_B$  [m/s] で等速度運動をした。等速度運動をしているとき、以下の各問に答えよ。

(B-1)  $P$  を  $P_1$  から  $P_2$  の向きに流れる電流を  $I$  [A] とする。 $P$  が磁界から受ける力とおもりに働く重力の関係を  $I$  を含む式で示せ。

(B-2) 電流が流れる閉回路(閉じた経路)について成立するキルヒホッフの第2法則を、電流  $I$  および速さ  $v_B$  を含む式で示せ。

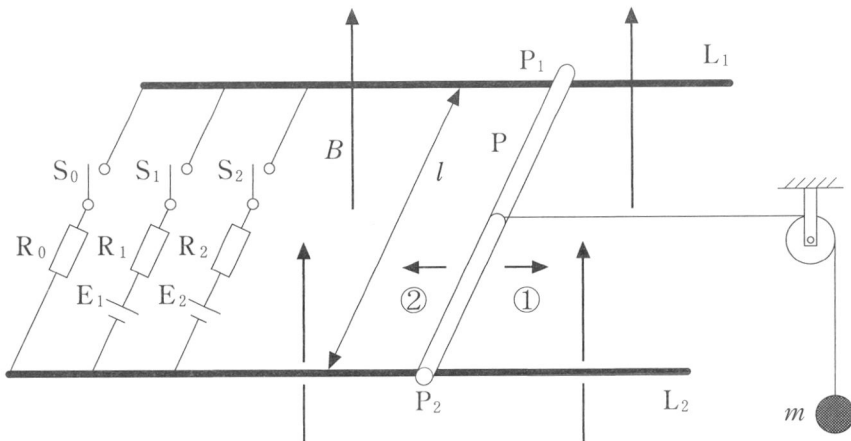
(B-3) 速さ  $v_B$  を、 $R_1$ 、 $E_1$ 、 $l$ 、 $B$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。

実験C

スイッチ  $S_1$  と  $S_2$  だけを閉じ、導体棒  $P$  から手を静かにはなすと、 $P$  は図の②の向きに動き始め、徐々に速度が増し、しばらくして速さ  $v_C$  [m/s] で等速度運動をした。以下の各問に答えよ。

(C-1)  $P$  が②の向きに動くための条件を  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $l$ 、 $B$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて不等式で示せ。

(C-2) 速さ  $v_C$  を、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $l$ 、 $B$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。



3 次の文章の  に適当な式を入れよ。

図に示すように、速さ  $V$  [m/s]、波長  $\lambda$  [m] の平面波が海面に生じている。図の平行線はある瞬間での波の山を示し、点 A, B, C, D は、海面に固定された、一辺の長さが  $L$  [m] の正方形の頂点である。船上の観測者が以下の実験を行った。

ただし、水深は十分深く、 $L$  は  $\lambda$  に比べて十分長く、実験中、波の状態は変わらなかったものとする。以下、文中の波の数は整数とは限らない。

この平面波の周期  $T$  [s] を求めるため、点 A から点 B に向かって船を走らせた。このとき、時間  $t_0$  [s] の間に、船の先端を通過した波の数は  $n_0$  であった。波の周期  $T$  は、 $t_0$  と  $n_0$  を用いて表すと、次のようになる。

$$T = \text{  (a) }$$

次に、この平面波の波長  $\lambda$  を求めるため、点 B を通過した波を追いかけて、点 C まで船を走らせ、同じ波が点 B を通過してから、点 C を通過するまでに要した時間  $t_1$  [s] を測定した。波の波長  $\lambda$  は、 $T$ ,  $L$ ,  $t_1$  を用いて表すと、次のようになる。

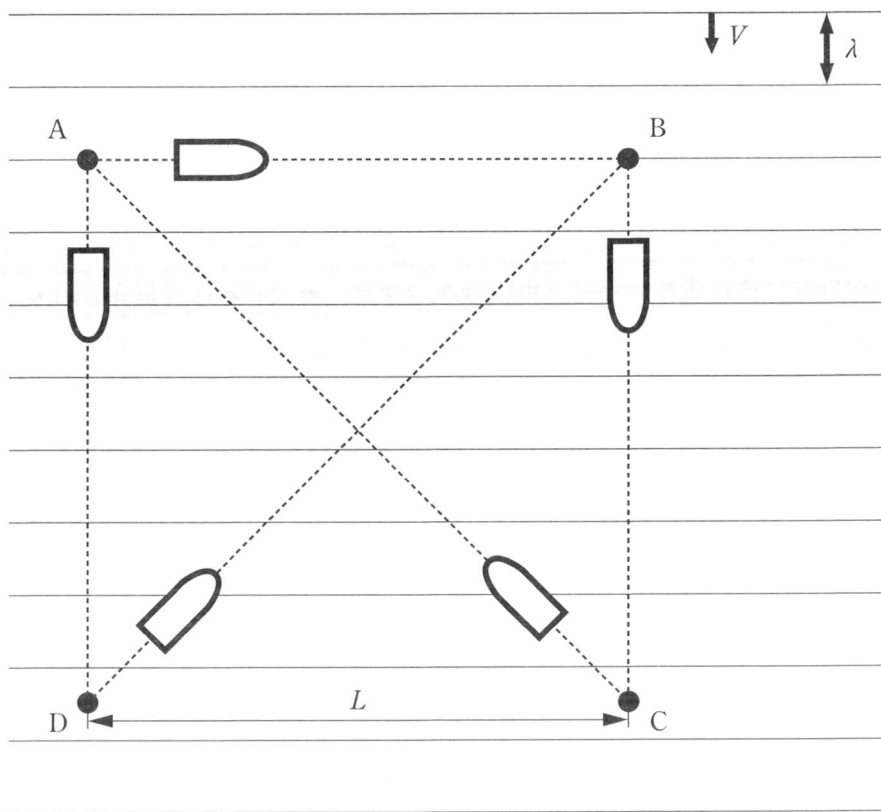
$$\lambda = \text{  (b) }$$

ひきつづき、船を速さ  $u$  [m/s] ( $V > u$ ) で点 C から点 A に向かって走らせたところ、時間  $t_0$  の間に、船の先端を通過した波の数は  $n_1$  になった。さらに、同じ速さで点 A から点 D に向かって走らせたところ、時間  $t_0$  の間に、船の先端を通過した波の数は  $n_2$  になった。波の数  $n_1$  および  $n_2$  は、 $V$ ,  $u$ ,  $n_0$  を用いて表すと、それぞれ次のようになる。

$$n_1 = \text{  (c) }, n_2 = \text{  (d) }$$

その後、点 D に固定した音源から振動数  $f_0$  [Hz] の音を発生させ、船を速さ  $u$  で点 D から点 B まで走らせた。このとき、船上の観測者が聞いた音の振動数は  $f_1$  [Hz] であった。振動数  $f_1$  は、音速  $V_0$  [m/s],  $u$ ,  $f_0$  を用いて表すと、次のようになる。

$$f_1 = \text{  (e) }$$

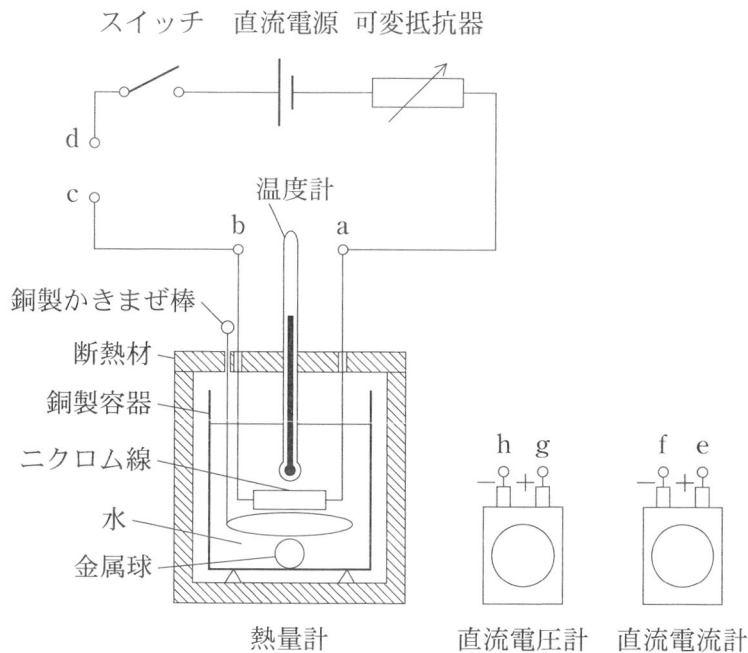


4

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

金属球の比熱を測定するため、図のようなニクロム線で加熱する熱量計を用意した。銅製容器と銅製かきまぜ棒の質量の合計は  $M_0$  [g] である。次に、ニクロム線、スイッチ、直流電源、可変抵抗器を導線でつないで回路を組み立てた。この回路に直流電流計と直流電圧計をつなぎ、銅製容器に質量  $M_1$  [g] の水と質量  $M_2$  [g] の金属球を入れた。全体の温度が一様になってから、回路のスイッチを閉じ、ニクロム線に直流電圧  $V$  [V] をかけて電流  $I$  [A] を時間  $t_1$  [s] 間流したところ、水温は  $\theta_1$  [°C] から  $\theta_2$  [°C] まで上昇し、一定になった。実験中はかきまぜ棒で水をゆっくりとかきまぜて水温を均一にした。

ただし、水の比熱を  $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、銅の比熱を  $0.39 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  とし、ニクロム線と温度計および断熱材の熱容量は無視してよい。また、水、金属球、銅の比熱およびニクロム線の抵抗値は、温度が変化しても変わらないものとする。なお、下記の間(1)～(7)においては、熱量計と外部との熱の出入りはないものとする。





- (1) この実験を行うために、直流電流計の+端子 e と - 端子 f、および直流電圧計の+端子 g と - 端子 h は、回路の端子 a、b、c、d のどれにつなげばよいか。e、f、g、h の端子の記号を解答欄に記せ。
- (2) ニクロム線で発生する熱量を式で示せ。
- (3) 熱量計の水の熱容量はいくらか。解答欄の〔            〕内に単位を付けて、式で示せ。
- (4) 熱量計の水が得た熱量を式で示せ。
- (5) 金属球の比熱を  $c_m$  [J/(g·K)] として、金属球が得た熱量を式で示せ。
- (6)  $c_m$  を、 $V$ 、 $I$ 、 $t_1$ 、 $M_0$ 、 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  を用いて示せ。
- (7) 実験に用いた金属球と同じものを追加し、金属球を 2 個にして同様の実験を行う場合、水温の上昇幅を金属球 1 個の場合と同じにするためには、電流を流す時間  $t_2$  [s] は  $t_1$  [s] に比べて何倍にすればよいか。 $c_m$  を含む式で示せ。ただし、金属球の数と電流を流す時間以外は前と同じ条件とする。
- (8) 実際には、熱量計と外部との間でのわずかな熱の出入りは避けられない。加熱を始めたときの水温が熱量計の周囲の温度(室温)と同じであるとき、測定される金属球の比熱は真の値より大きくなるか小さくなるか。理由を含めて 60 字以内で述べよ。