

## 平成 21 年度 入学者選抜学力検査問題

# 理 科

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

| 出題科目 | ページ     | 解答用紙枚数 |
|------|---------|--------|
| 物 理  | 1 ～ 8   | 4      |
| 化 学  | 9 ～ 15  | 5      |
| 生 物  | 16 ～ 28 | 5      |
| 地 学  | 29 ～ 39 | 6      |

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

# 物 理

1 円すい振り子に関する以下の問いに答えなさい。(配点 25)

図 1 に示すように、水平面から高さ  $H$  [m] の位置にある支点  $O$  からつるした長さ  $l$  [m] の糸に、質量  $m$  [kg] の小物体を取り付け、小物体に等速円運動をさせた。小物体の軌道の高さは水平面から  $h$  [m] である。重力加速度は  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。なお、糸の質量は無視できるものとし、糸の長さは変化しないものとする。

問 1 糸の張力  $S$  [N] を  $l$ ,  $H$ ,  $h$ ,  $m$ ,  $g$  を用いて表しなさい。

問 2 等速円運動の周期  $T$  [s] を  $H$ ,  $h$ ,  $g$  を用いて表しなさい。

問 3 小物体の速さ  $v$  [m/s] を  $l$ ,  $H$ ,  $h$ ,  $g$  を用いて表しなさい。

問 4 小物体を糸から切り離したとき、小物体が水平面に落下するまでの水平移動距離  $d_1$  [m] を  $l$ ,  $H$ ,  $h$  を用いて表しなさい。

次に、図 2 に示すように、自然長が  $l$  [m] で、ばね定数が  $k$  [N/m] のばねを、糸のかわりに取り付け、水平面からの軌道の高さが、図 1 の場合と同じ  $h$  [m] となるように、小物体に等速円運動をさせた。なお、ばねの質量は無視できるものとする。

問 5 ばねの自然長からの伸び  $x$  [m] を  $l$ ,  $H$ ,  $h$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $k$  を用いて表しなさい。

問 6 小物体をばねから切り離したとき、小物体が水平面に落下するまでの水平移動距離  $d_2$  [m] は、図 1 の場合の  $d_1$  [m] より大きくなった。この理由をわかりやすく説明しなさい。

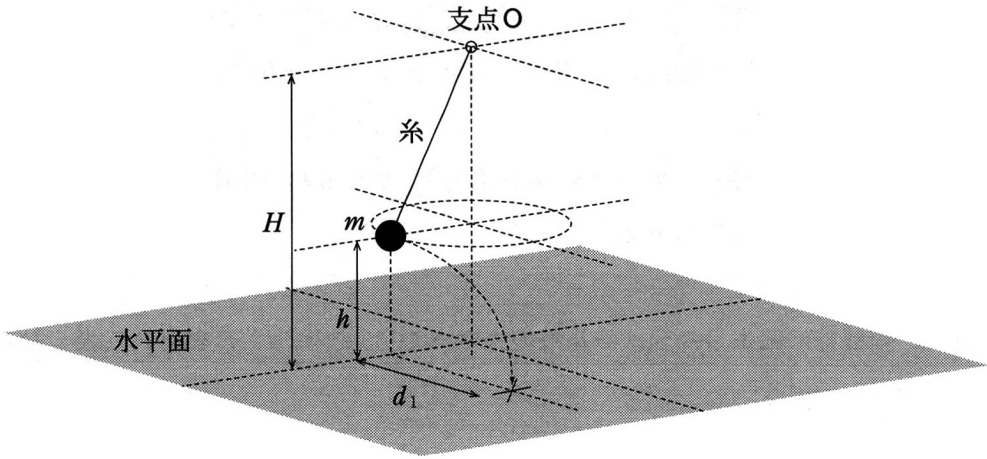


図1

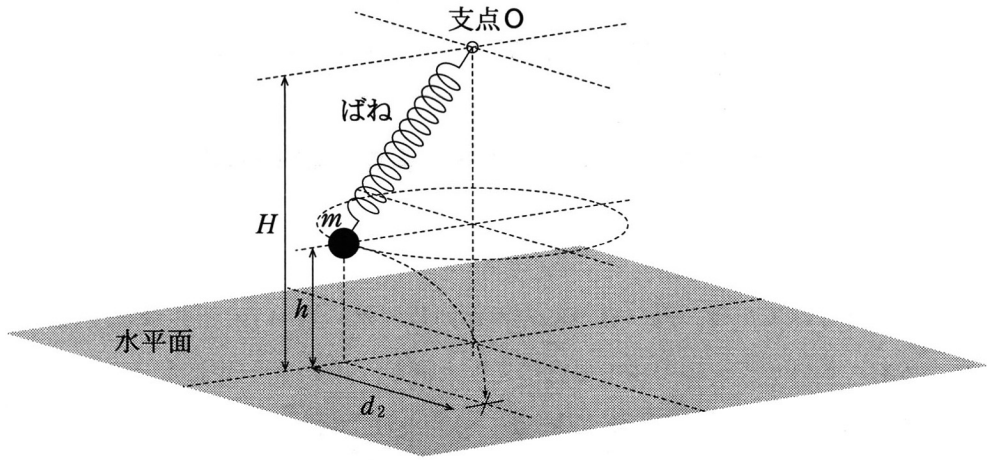


図2

2 図1のような、銅製の容器と温度計、かくはん棒、抵抗  $R[\Omega]$  の電熱線を断熱材でできた箱に入れた水熱量計がある。以下の問いに答えなさい。(配点 25)

銅製の容器に水  $W[\text{g}]$  を入れ、しばらく待つと水の温度は  $T_0[^\circ\text{C}]$  になった。次に電熱線の両端に電圧  $V[\text{V}]$  を  $t[\text{s}]$  間かけた後、かくはん棒でゆっくりかきまぜると水の温度は  $T_1[^\circ\text{C}]$  になった。

問 1 電熱線に発生したジュール熱の大きさ  $Q[\text{J}]$  を  $V$ ,  $t$ ,  $R$  を用いて表しなさい。

問 2 水の比熱を  $c[\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$  とし、水の温度を上昇させるのに使われた熱量  $Q_0[\text{J}]$  を  $W$ ,  $c$ ,  $T_0$ ,  $T_1$  を用いて表しなさい。

問 3 水熱量計(銅製の容器、温度計、かくはん棒、電熱線)の温度を上昇させるのに使われた熱量  $Q_1[\text{J}]$  を  $W$ ,  $c$ ,  $Q$ ,  $T_0$ ,  $T_1$  を用いて表しなさい。

問 4 水熱量計(銅製の容器、温度計、かくはん棒、電熱線)の熱容量  $C_1[\text{J}/\text{K}]$  を  $W$ ,  $c$ ,  $Q$ ,  $T_0$ ,  $T_1$  を用いて表しなさい。

容器の水を捨てた後、再び容器に先程と同じ質量の水  $W[\text{g}]$  と質量  $w[\text{g}]$  の金属球を入れ、しばらく待つと水の温度は先程と同じ  $T_0[^\circ\text{C}]$  で一定になった。次に電熱線の両端に先程と同様に電圧  $V[\text{V}]$  を  $t[\text{s}]$  間かけた後、かくはん棒でゆっくりかきまぜると水の温度は  $T_2[^\circ\text{C}]$  になった。

問 5 水と水熱量計の温度を上昇させるのに使われた熱量  $Q_2[\text{J}]$  を  $Q$ ,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表しなさい。

問 6 金属球の温度を上昇させるのに使われた熱量  $Q_3[\text{J}]$  を  $Q$ ,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表しなさい。

問 7 金属球の熱容量  $C_2$  [J/K] を  $Q$ ,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表しなさい。

問 8 この金属の比熱  $c_2$  [J/(g·K)] を  $w$ ,  $Q$ ,  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表しなさい。

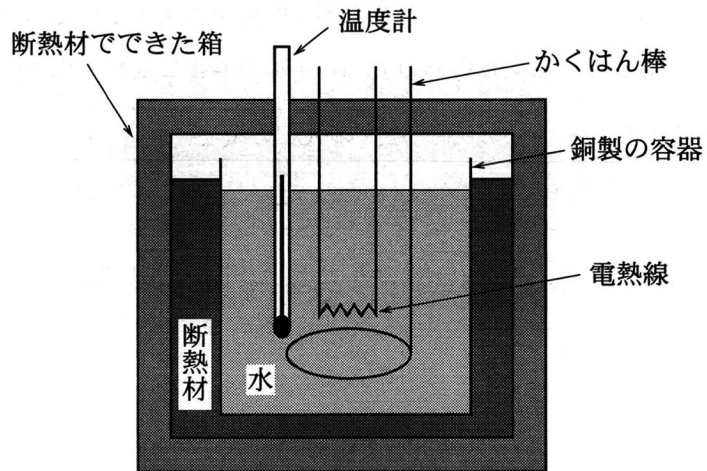


図 1

- 3 図1に示すように、水平面上に間隔  $l$  (m) で平行にならんだ導体のレールがある。このレールに対して鉛直上向きに磁束密度  $B$  (T) の均一な磁界(磁場)をかけた。レール上には、金属棒がレールに直交して置いてあり、レールに沿ってなめらかに動くことができる。レールの左端には、電圧  $V_0$  (V) の電池と抵抗  $R$  ( $\Omega$ ) が直列に接続されている。金属棒に流れる電流は磁界から力を受けるので、この力とつり合うように金属棒に右向きの外力  $F_0$  (N) を加え静止させた。以下の問いに答えなさい。ただし、レールと金属棒の電気抵抗はそれぞれ無視できるものとする。  
(配点 25)

問 1 金属棒に流れる電流  $I_0$  (A) を  $R$  と  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 2 金属棒に加えた外力  $F_0$  (N) の大きさを  $R$ ,  $l$ ,  $B$ ,  $V_0$  を用いて表しなさい。

次に、図2に示すように、外力を  $n$  倍して  $nF_0$  (N) としたところ、やがて金属棒は一定の速さ  $v$  (m/s) で右方向に運動するようになった。

問 3 金属棒の両端に生じる誘導起電力  $V$  (V) を  $n$  と  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 4 金属棒を流れる電流  $I$  (A) を  $n$ ,  $R$ ,  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 5 金属棒の速さ  $v$  (m/s) を  $n$ ,  $l$ ,  $B$ ,  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 6 外力のする仕事率  $P_F$  (W) を  $n$ ,  $R$ ,  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 7 電池の供給する電力  $P_V$  (W) を  $n$ ,  $R$ ,  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 8 抵抗  $R$  で消費される電力  $P_R$  (W) を  $n$ ,  $R$ ,  $V_0$  を用いて表しなさい。

問 9  $P_F$ ,  $P_V$ ,  $P_R$  の間に成立する関係式を書きなさい。また、その関係式の意味をわかりやすく説明しなさい。

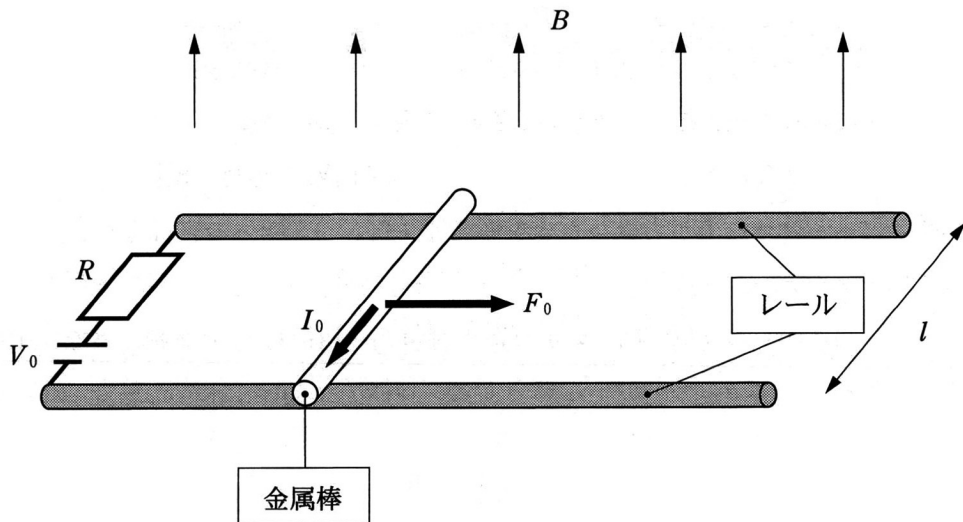


図 1

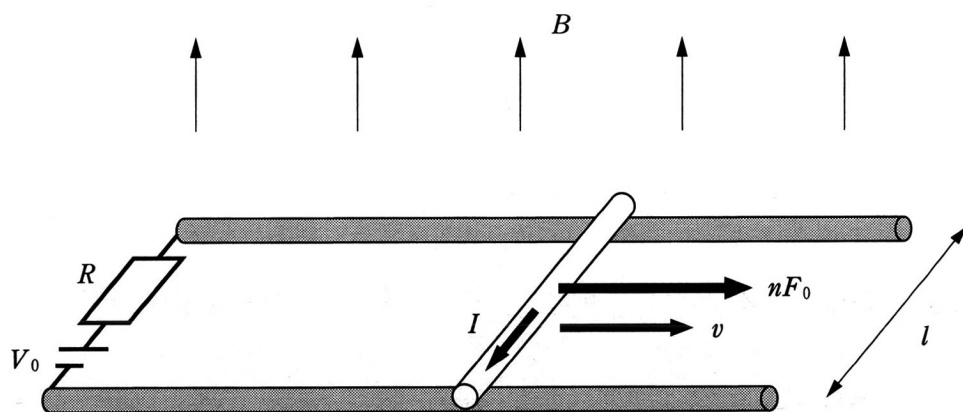


図 2

4 光の屈折による現象について、以下の問いに答えなさい。(配点 25)

問 1 光は異なる物質の境界で屈折するため、水中にある物体は、水面下の実際の深さよりも浅いところにあるように見える。図 1 のように、水面下  $D$  [m] の深さにある物体を上から見たときを考える。ただし、空気の屈折率を  $n_0$ 、水の屈折率を  $n_1$  とする。

- (1) 物体からの光は、図 1 のように入射角  $\theta_1$ 、屈折角  $\theta_0$  で進む。実際に眼に入る光では  $\theta_0$  と  $\theta_1$  が小さいとして、 $\tan \theta_0 \cong \sin \theta_0$ 、 $\tan \theta_1 \cong \sin \theta_1$  が成り立つ。屈折の法則を用いて、物体の見かけの深さ  $d$  [m] を求めなさい。
- (2) 水面下 1 m (100 cm) にある物体の見かけの深さが何 cm であるかを計算しなさい。ここでは、空気の屈折率を  $n_0 = 1.00$ 、水の屈折率を  $n_1 = 1.33$  とし、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 2 水族館で水槽内の魚を見るときも、魚は実際よりも近くにいるように見える。図 2 (a) のように、屈折率  $n_2$ 、厚さ  $H$  [m] の透明なアクリル樹脂の水槽内の水中  $D$  [m] の距離に魚がいるときを考える。ただし、空気の屈折率を  $n_0$ 、水の屈折率を  $n_1$  とする。また、 $n_2 > n_1$  とする。問 1 (1) の結果を利用して、水槽表面から見かけの魚までの距離  $a$  [m] を求めてみよう。

- (1) 図 2 (b) のように、水中  $D$  [m] の距離にいる魚をアクリル樹脂中から見たと仮定して、見かけの距離  $d'$  [m] を求めなさい。
- (2) 図 2 (c) のように、空気中から見たとき、見かけの魚までの距離  $a$  [m] は、屈折率  $n_2$  のアクリル樹脂中に、水槽表面から  $(H + d')$  [m] の距離に魚がいると仮定したときの見かけの距離に等しい。 $a$  [m] を  $n_0$ 、 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $H$ 、 $D$  を用いて表しなさい。
- (3) 厚さ  $H = 60$  cm の水槽で、水中  $D = 40$  cm の距離、すなわち水槽表面から 1 m (100 cm) にいる魚が、水槽表面から何 cm のところにいるように見えるかを計算しなさい。ここでは、空気の屈折率を  $n_0 = 1.00$ 、水の屈折率を  $n_1 = 1.33$ 、アクリル樹脂の屈折率を  $n_2 = 1.50$  とし、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 3 空気の屈折率はほぼ 1 であるが、密度の大きい空気は密度の小さい空気よりもわずかに屈折率が高い。そのため、密度が変化している空気中では、光は曲がって進む。このことによる以下のような自然現象がある。

- (1) 逃げ水(夏の暑い日に、車の前方の熱い路面上に水のようなものが見える)
- (2) 蜃気楼(海水の冷たい日に、沖の上方に船や島などが見えることがある)
- (3) 見かけの日の出(地平線に見え始めた太陽は、実はまだ地平線の下にある)

上記の(1), (2), (3)のうちの一つの現象を取り上げて、光の曲がる様子を描いて、その現象をわかりやすく説明しなさい。

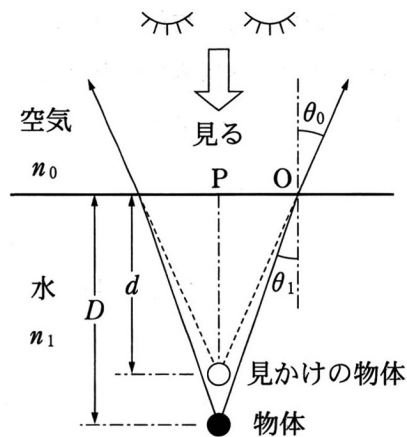


図 1

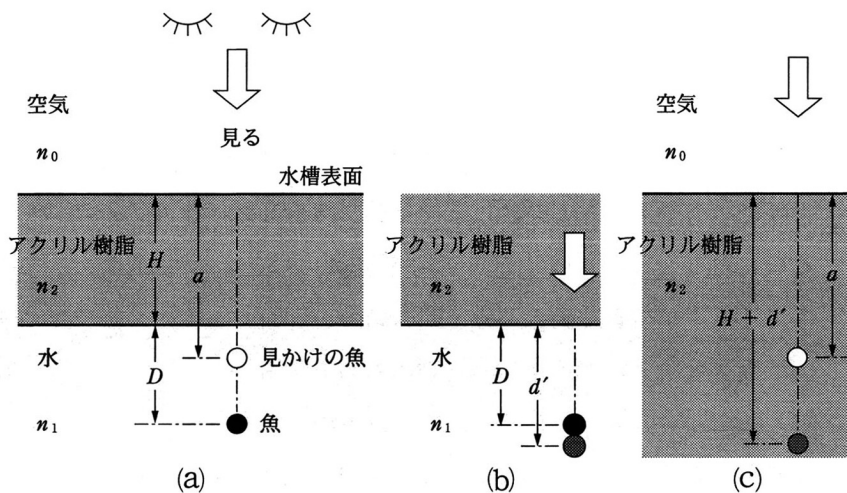


図 2