

## 令和6年度入学試験問題(前期)

# 理 科(物 理)

### 【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**①**から**③**までの3問題が印刷されていて、合計6ページある。  
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙はA-1～A-3を別に配付している。解答は、問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

1 大きさが無視できる質量  $m$  の小球を、水平な床から  $5L$  の高さにある天井から長さ  $L$  の糸を使ってつり下げた。重力が鉛直下向きに作用するものとし、重力加速度の大きさを  $g$  とするとき、以下の問いに答えなさい。ただし、空気の抵抗や糸の質量は無視できるものとする。

問 1 図 1 に示すように、小球が水平面内で等速円運動しているとき、糸が鉛直方向となす角を  $\theta$  とする。このとき、糸が小球を引く力を張力と呼ぶ。この張力の大きさ  $S$  を、 $\theta$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $L$  から必要な記号を用いて表しなさい。

問 2  $\theta$  が  $60^\circ$  のとき、小球の等速円運動の角速度  $\omega_1$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $L$  から必要な記号を用いて表しなさい。

つぎに、糸を自然長  $L$ 、ばね定数  $k$  のばねに置き換え、 $\theta$  が  $60^\circ$  になるように小球を運動させたところ、ばねは伸びて一定の長さを保ち、小球は水平面内で等速円運動をした。このとき、小球の等速円運動の周期は、長さ  $L$  の糸でつるして  $\theta$  を  $60^\circ$  としたときの 2 倍になった。以下の問いに答えなさい。ただし、空気の抵抗やばねの質量は無視できるものとする。

問 3 このときのばねの伸び  $d$  と、ばね定数  $k$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $L$  から必要な記号を用いて表しなさい。

問 4 図 2 のように、水平面内で等速円運動している小球を点 A でばねから切り離れたところ、小球はそのまま水平方向に飛び出し、点 B で床に到達した。点 A の真下にある床上の点 C と点 B との間の距離  $X$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $L$  から必要な記号を用いて表しなさい。

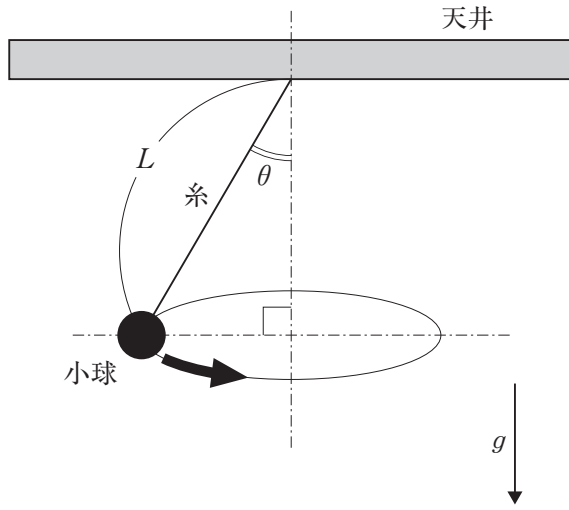


図 1

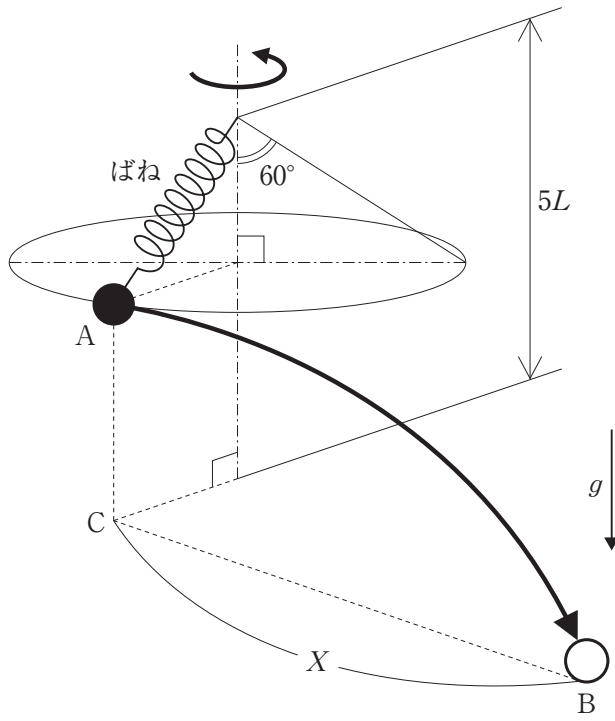


図 2

2 以下の文章中の空欄を埋めなさい。① から ⑦ は、数値や記号を用いて書きなさい。(ア)から(エ)は、説明と計算式、答えを書きなさい。

内部抵抗を無視できる電圧  $V[V]$  の電池，抵抗値  $2R[\Omega]$  の抵抗  $R_1$  から  $R_4$ ，および抵抗値  $R[\Omega]$  の抵抗  $R_5$ ，スイッチ  $S_1$ ， $S_2$  と電圧計で構成された図 1 に示す回路を考える。電圧計の内部抵抗は十分に大きく，電圧計を流れる電流は無視できるものとする。2本の線が交わる箇所での電氣的なつながりについては，図 1 右下の注に示すとおりである。なお，図 1 の回路の中には，電氣的に図 2 の回路に相当する箇所が現れることがある。この両端の点  $g-h$  間の合成抵抗は ①  $[\Omega]$  である。

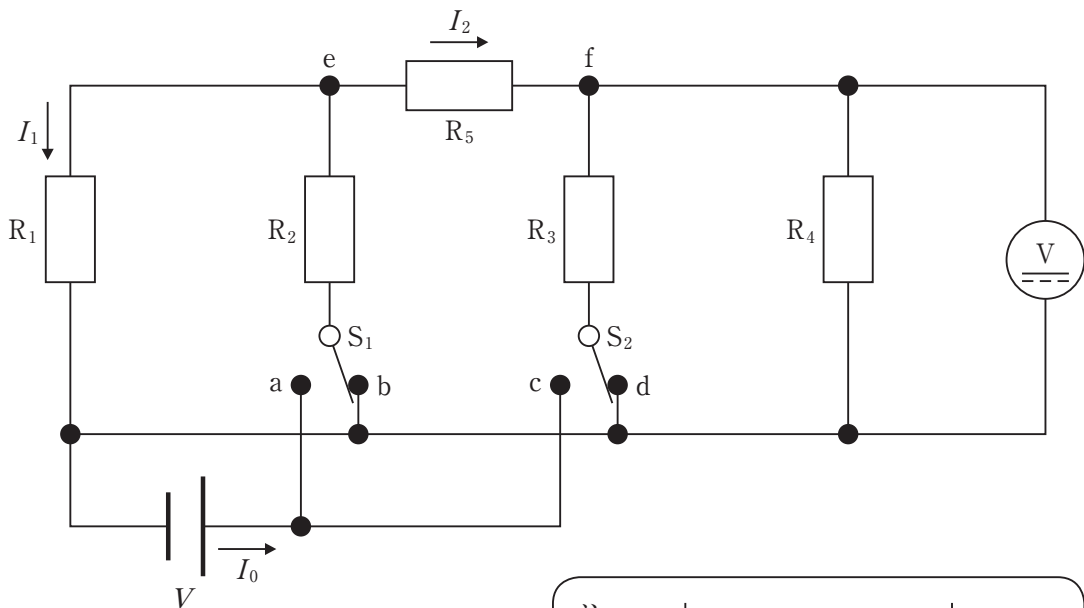
操作 1 : はじめに，スイッチ  $S_1$  を  $b$  側に接続し，スイッチ  $S_2$  を  $d$  側に接続した。このとき電圧計の値は ②  $[V]$  を示した。

操作 2 : つぎに，スイッチ  $S_1$  を  $a$  側に接続し，スイッチ  $S_2$  を  $d$  側に接続した。このとき電池から電流  $I_0 = I[A]$  が流れた。この回路全体で 1 秒間に生じるジュール熱の総量は， $I$  と  $V$  を用いて表すと ③  $[J]$  となった。また，抵抗  $R_1$  に流れる電流  $I_1$  は， $I$  を用いて表すと  $I_1 =$  ④  $[A]$  となった。抵抗  $R_5$  に流れる電流  $I_2$  は， $I$  を用いて表すと  $I_2 =$  ⑤  $[A]$  となった。また，このときの電流  $I$  は， $V$ ， $R$  を用いて表すと  $I =$  (ア)  $[A]$  である。電圧計の値は， $V$  を用いて表すと (イ)  $[V]$  となった。

操作 3 : スイッチ  $S_1$  を  $b$  側に接続し，スイッチ  $S_2$  を  $c$  側に接続した。このとき電池から電流  $I_0 = I[A]$  が流れた。抵抗  $R_1$  に流れる電流  $I_1$  は， $I$  を用いて表すと  $I_1 =$  ⑥  $[A]$  となった。また，電圧計の値は， $V$  を用いて表すと (ウ)  $[V]$  となった。

操作4：最後に、スイッチ  $S_1$  を a 側に接続し、スイッチ  $S_2$  を c 側に接続した。

このとき電流  $I_2$  は 0 A となり、点 e - f 間の電位差は ⑦ [V] となった。また、電圧計の値は、 $V$  を用いて表すと (  $\text{E}$  ) [V] となった。



注：



	
2本の線が電氣的 につながら ないことを示す	2本の線が電氣的 につなが っている ことを示す

図 1

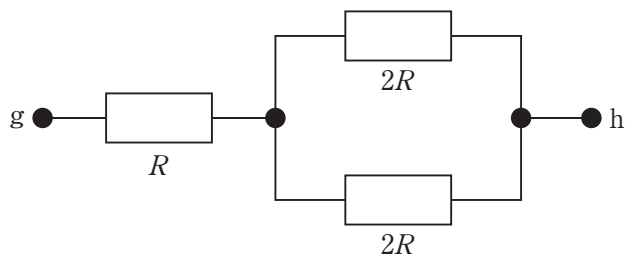


図 2

**3** 光子は波動性ととともに粒子性を示し、粒子性の好例が図1に示すコンプトン効果である。図1のように、振動数 $\nu_0$ の光子(入射光子)が、原点Oに静止している質量 $m$ の電子と衝突し角度 $\theta$ の方向に散乱され、振動数 $\nu_1$ の光子(散乱光子)となる。このとき電子は角度 $\phi$ の方向に速さ $v$ ( $v$ は大きくない)ではね飛ばされる。プランク定数を $h$ 、光の速さを $c$ として、以下の問いに答えなさい。

問1 振動数 $\nu$ 、波長 $\lambda$ の光子を考える。

- (1)  $\nu$ を、 $\lambda$ を含む式で答えなさい。
- (2) エネルギー $h\nu$ の光子の運動量の大きさ $p$ を、 $h\nu$ を含む式で答えなさい。

問2 衝突前後のエネルギーと運動量を考える。

- (1) 衝突の際、エネルギー保存の法則が成り立つ。衝突前後のエネルギー保存則を、 $\nu_0$ 、 $\nu_1$ を含む式で答えなさい。
- (2) 衝突の際、運動量保存の法則も成り立つ。図2のように、入射光子と散乱光子の運動量の大きさをそれぞれ $p_0$ 、 $p_1$ として表した場合、はね飛ばされた電子の運動量の大きさの二乗 $(mv)^2$ を、 $p_0$ 、 $p_1$ 、 $\theta$ を含む式で答えなさい。
- (3)  $\theta = 180^\circ$ の場合、はね飛ばされる電子の角度 $\phi$ はいくらか。数値で答えなさい。
- (4)  $\theta = 90^\circ$ の場合の $\tan\phi$ を、 $\nu_0$ 、 $\nu_1$ を含む式で答えなさい。

問3 問2(1)、(2)より、 $\nu_0 - \nu_1$ が $\nu_0$ に比べ十分小さい場合は、次式が成り立つ。

$$\frac{1}{h\nu_1} - \frac{1}{h\nu_0} = \frac{1}{mc^2}(1 - \cos\theta)$$

ある一定の $\nu_0$ の入射光子について、 $\theta$ と $h\nu_1$ との関係を調べる実験を行い、横軸を $\cos\theta$ 、縦軸を $\frac{1}{h\nu_1}$ とし、測定点とそれらを通る直線を描いたところ図3が得られ、上式と一致した。

- (1) この実験での $h\nu_0$ の数値を答えなさい。ただし、単位をkeVとし有効数字2桁で答えなさい。
- (2)  $h\nu_1$ が最小となる $\theta$ 、およびそのときの $h\nu_1$ の数値を答えなさい。ただし、 $h\nu_1$ の単位をkeVとし有効数字2桁で答えなさい。

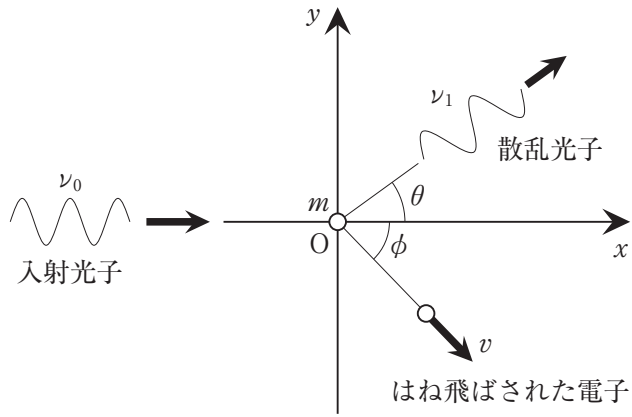


図 1

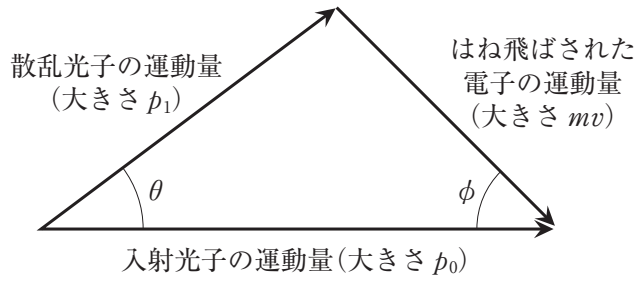


図 2

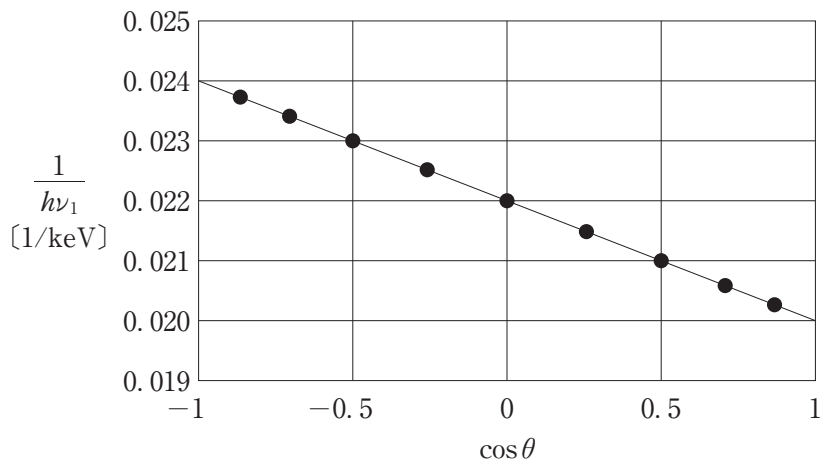


図 3