

平成 25 年 度
入 学 試 験 問 題

理 科

物 理 (1 頁 ~ 4 頁)
化 学 (5 頁 ~ 9 頁)
生 物 (11 頁 ~ 20 頁)

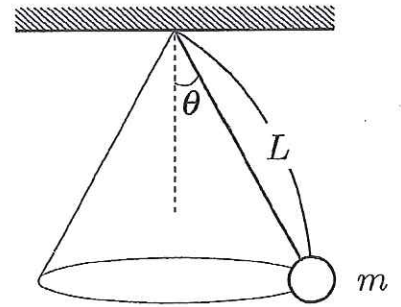
} から 2 科 目 選 択

注意：答えはすべて解答用紙に記入しなさい。

物 理 (その1)

第1問

長さ L の丈夫で軽い糸の一端を天井に固定して、他端に質量 m のおもりを吊るした。重力加速度の大きさを g として、以下の間に答えよ。摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。また、糸が鉛直に垂れさがり、おもりが静止している状態を位置エネルギーの基準とする。



[A] 糸を鉛直方向から角度 θ ($0^\circ < \theta < 45^\circ$) だけ傾け、おもりを水平面内で等速円運動させた。

問1 おもりの位置エネルギー U_1 を、 L, m, g, θ から必要な記号を用いて答えよ。

問2 おもりの運動エネルギー K_1 を、 L, m, g, θ から必要な記号を用いて答えよ。

[B] 次に、糸を鉛直方向から角度 2θ だけ傾け、おもりを水平面内で等速円運動させたところ、糸の張力が前問 [A] の 6 倍になったという。

問3 $\cos \theta$ の値はいくらか。

問4 おもりの位置エネルギーを U_2 とすると、 U_2/U_1 はいくらか。数値で答えよ。

問5 おもりの運動エネルギーを K_2 とすると、 K_2/K_1 はいくらか。数値で答えよ。

物 理 (その2)

第2問

2重スリットによる光の干渉実験について考える。
 図1のように単スリットSをもつ板Fと2重スリットABをもつ板Gおよびスクリーンを平行に配置して、単スリットSの左側から位相がそろった波長 λ の単色光を入射させる。スリットA、Bの間隔を $2d$ 、板Fと板Gとの距離を h 、板Gとスクリーンとの距離を L とする。点OはABの垂直二等分線がスクリーンと交わる点である。点Oから y だけ離れたスクリーン上の点を点Pとする。以下の間において、 d と y は L と h より十分に小さいものとして近似せよ。また、空気の屈折率は1としてよい。はじめ、単スリットSはABの垂直二等分線上にあるとする。

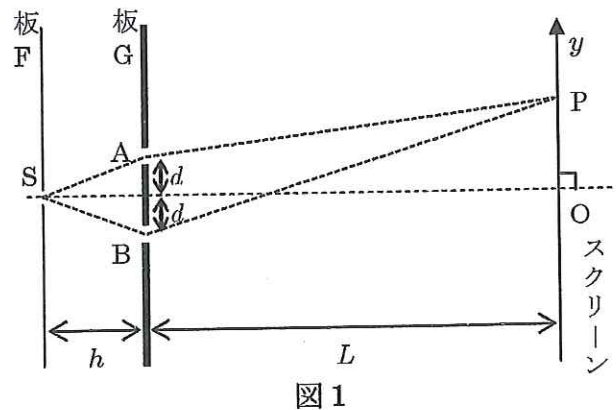


図1

- 問1 点Pに点Oから数えて m 番目の暗線ができるとき、 λ を m 、 d 、 L 、 y を用いて表せ。ここで、 $m=1, 2, 3, \dots$ である。

次に、図2のように、半径 R の半円柱形をした屈折率 n ($n>1$)のガラスを、半円柱の軸がスリットAの中心に一致するようにスリットAにかぶせる。半径 R は d より小さいものとする。

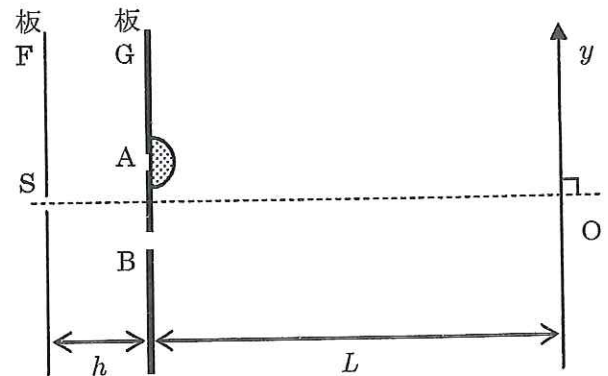


図2

- 問2 ガラス中の光の波長はいくらか。
 問3 ガラスをかぶせる前にスクリーン上の点Oにあった最も明るい明線は、ガラスをかぶせた後、 y 軸の正負どちら側にどれだけ移動するか。正負については解答欄で正しい方に○をつけよ。

次に半円柱形のガラスをスリットAにかぶせた状態のまま、単スリットSの位置を y 方向に移動させたところ、最も明るい明線の位置が点Oに戻った。

- 問4 このとき、単スリットSを y 方向の正負どちら側にどれだけ移動させたか。正負については解答欄で正しい方に○をつけよ。

次に図1の状態に戻してから、図3のように板Gとスクリーンの間の上半分の領域を屈折率 n の物質で満たす。スクリーン上に点Oを挟んで点Oから等距離に点 Q_1 、点 Q_2 をとる。

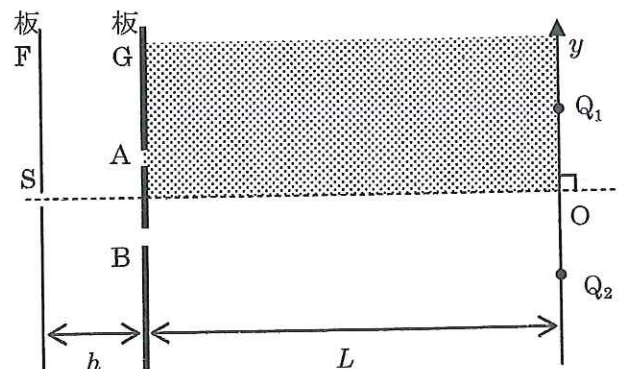


図3

- 問5 単スリットSから点 Q_1 に至る光路 $S \rightarrow A \rightarrow Q_1$ と $S \rightarrow B \rightarrow Q_1$ 、および、点 Q_2 に至る光路 $S \rightarrow A \rightarrow Q_2$ と $S \rightarrow B \rightarrow Q_2$ を解答欄の図中に示せ。

物 理 (その3)

第3問

図1に示すような電流－電圧特性を持つ電球がある。
ここで、電球にかかる電圧 V [V] と電球を流れる電流 I [A] との間には

$$V = \begin{cases} 100 I^2 & (0 \leq I \leq 0.2) \\ 40 I - 4 & (I \geq 0.2) \end{cases}$$

の関係が成り立っている。この電球と、内部抵抗が $r=10$ [Ω] で起電力が $E=12$ [V] の電源を用いて回路を作る。以下の間に数値で答えよ。

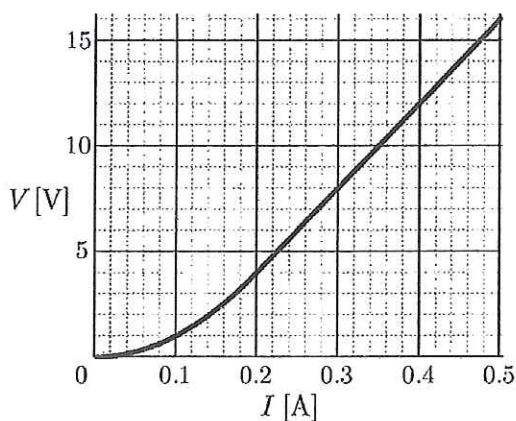


図1

問1 この電球に電源をつないで図2のような回路を作った。電球を流れる電流 I_1 [A] を求めよ。

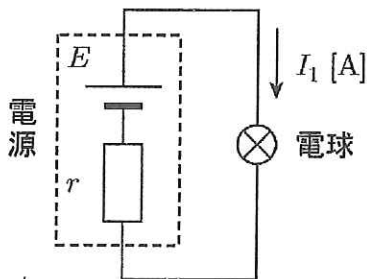


図2

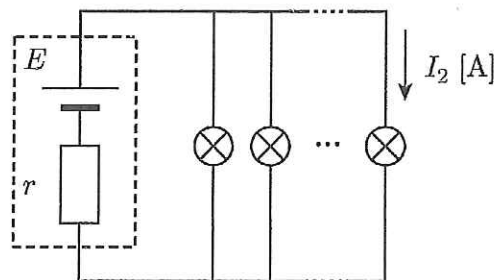


図3

次に、この電源に電球をいくつか並列につないで図3のような回路を作ったところ、電源の供給する電力が $66/5$ [W] になった。

問2 各々の電球を流れる電流 I_2 [A] を求めよ。

問3 この回路につながれている電球の数を求めよ。

続いて、電球2つと電源・抵抗で図4のような回路を作ったところ、電球Aを流れる電流は問2で求めた I_2 [A] に等しかった。

問4 電球Bを流れる電流 I_3 [A] を求めよ。

問5 抵抗の大きさ R [Ω] を求めよ。

問6 電球Bの消費電力は電球Aの消費電力の何倍か。

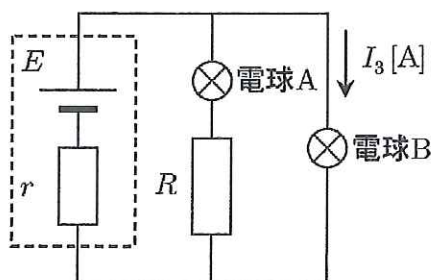


図4

物 理 (その4)

第4問

図1のような形状をした棒がある。この棒の両端は半径 r の半球形で、その間の部分の断面が半径 r 、長さ L の円柱形になっている。この棒は一様で重心 G は棒の中心にある。また、棒の質量を m とする。図1中の点 O_1 と点 O_2 は各々両端の半球の中心である。

いま、図2のように、断面の半径が R の円筒を水平な床の上に置き、棒をこの円筒に静かに入れたところ静止した。図中の点 P と点 Q は棒と円筒内壁との接点である。また、円筒には底が無いので棒の下点は床と接している。図2で AB は円筒の直径で、点 P は点 A の、点 Q は点 B の真上にある。図3は円筒に入れた棒を真横から見た図である。床と円筒、床と棒、円筒と棒の各々の間に摩擦はなく、円筒の重心は円筒の中心軸上にあるものとする。

尚、 $0 < R - r < L/2$ であり、重力加速度の大きさを g とし、以下の間で答えよ。

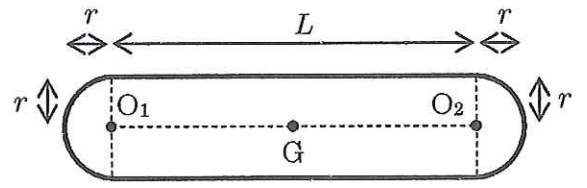


図1

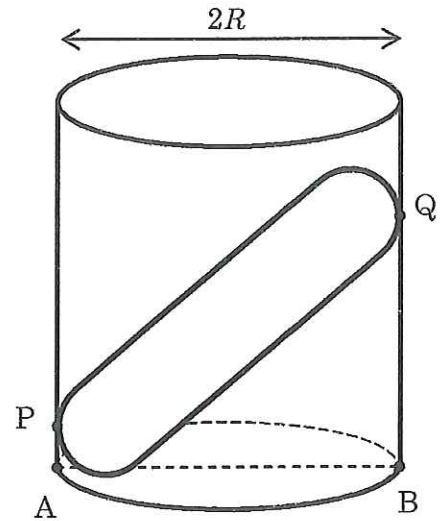


図2

問1 点 Q で棒が円筒から受ける垂直抗力 N_Q を求めよ。

問2 円筒と棒が静止したことから、円筒の質量 M は棒の質量 m の何倍以上であると考えられるか、 R 、 r を用いて表すこと。解答欄には最後の結果だけでなく途中の考えも書くこと。

問3 半径の比が $r/R=1/2$ 、質量の比が $M/m=1/4$ であるとき、静かに棒を入れても円筒は倒れる。いま、点 O_1 に電荷 $-q$ の点電荷を、点 O_2 に電荷 $+q$ の点電荷を固定したとしよう ($q > 0$)。外部から水平方向に大きさ E の一様電場をかけて円筒および棒を静止させるためには、電場を図3の左右どちら向きにかければよいか。解答欄で正しい方を○で囲め。また、その電場の大きさ E をいくら以上にする必要があるか、 M 、 g 、 q 、 R 、 L を用いて答えよ。ただし、点電荷の質量は無視できるものとする。

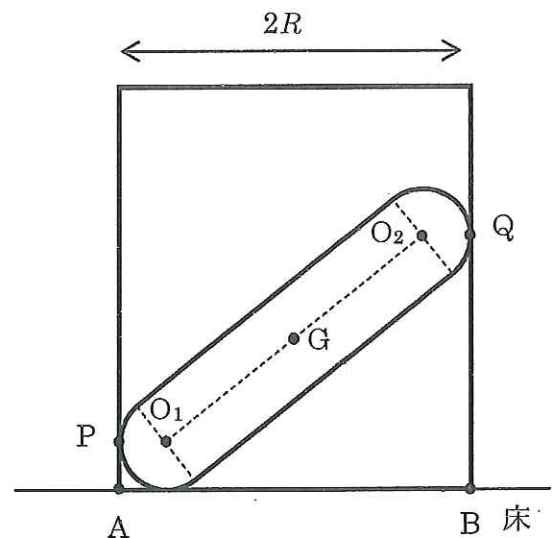


図3