

## 平成 18 年度入学者選抜学力検査問題

## 理 科

物 理 1 ページ～ 21 ページ

化 学 22 ページ～ 35 ページ

生 物 36 ページ～ 58 ページ

地 学 59 ページ～ 66 ページ

## 注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から解答を始めるよう合図があったら、まず最初に解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入しないでください。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認してください。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してください。
6. 退室の際には、解答用紙は記入の有無にかかわらず机の上に置いてください。持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあったら申し出てください。

# 物 理

注 意 1. 志望学部・学科別に、以下に示す番号の問題を解答すること。

| 志 望 す る 学 部 ・ 学 科              | 解 答 す る 問 題 番 号  |
|--------------------------------|--|
| 教育学部 志望者のうち物理を選択する者            | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">5</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">10</span> </div>  |
| 理学部 物理学科志望者                    | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">2</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">6</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">7</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">9</span> </div>  |
| 理学部 地球科学科志望者のうち物理を選択する者        | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">6</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">7</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">8</span> </div>  |
| 医学部 志望者のうち物理を選択する者             | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">6</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">9</span> </div>   |
| 看護学部 志望者のうち物理を選択する者            | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">3</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">7</span> </div>   |
| 工学部 志望者のうち物理を必須とされている者および選択する者 | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">2</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">4</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">7</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">10</span> </div> |
| 園芸学部 志望者のうち物理を選択する者            | <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">1</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">3</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px 10px;">7</span> </div>   |

2. 解答は、すべて所定の解答用紙に記入すること。
3. 問題文中に、特に指示がない限り、結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。
4. 問題番号 7 , 10 の解答に際しては定規を使用する。定規を忘れた人は、解答用紙の縁<sup>ふち</sup>などを利用してもかまいません。

1 図1のように格子定数  $d$  の薄い回折格子が、格子面が紙面に垂直になるように置かれている。またスクリーンが、回折格子から十分離れた距離  $D$  に、格子面と平行に置かれている。回折格子上の位置 P に、単スリットを通した波長  $\lambda$  の平行光を垂直に入射すると、スクリーン上にいくつかの明線があらわれた。最も明るい明線を  $m = 0$  として、図1に示すように各明線に番号をつける。  $m = 0$  と  $m = 1$  の明線があらわれたスクリーン上の位置をそれぞれ O、Q とし、PO と  $m = 1$  の明線となる光線のなす角を  $\theta$  とする。以下の問に答えなさい。

$\theta$  は十分小さく  $\sin \theta \cong \tan \theta$ 、 $\sin \theta \cong \theta$ 、 $\cos \theta \cong 1$  が成り立つものとする。また格子定数  $d$  は、入射光の波長より十分大きいとする。

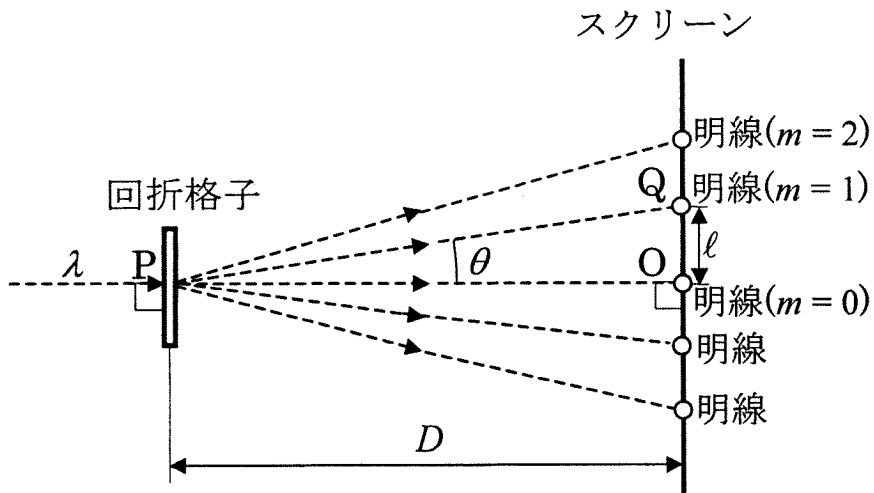


図1

問1 回折格子の格子定数  $d$  を、OQ間の距離  $\ell$ 、回折格子からスクリーンまでの距離  $D$ 、入射光の波長  $\lambda$  で表しなさい。

問2 波長  $\lambda$  の光のかわりに白色光を入射した時、 $m = 0$  および  $m = 1$  の明線はどのようなになるか、それぞれ理由と共に示しなさい。

問 3 波長  $\lambda$  の入射光が回折格子に垂直に入射する条件を保ったまま、この回折格子を P を通る紙面に垂直な軸に対して、時計回りに角度  $\alpha$  だけ回転させた。その結果、Q にあった  $m = 1$  の明線の位置は変化した。入射光の波長を  $\lambda'$  としたところ図 2 のように、Q にもどった。 $\lambda'$  を、最初に使用した光の波長  $\lambda$ 、回折格子の格子定数  $d$ 、および  $\alpha$  で表しなさい。 $\alpha$  も  $\theta$  と同様十分小さく、 $\sin \alpha \cong \alpha$ 、 $\cos \alpha \cong 1$ 、 $\sin(\theta + \alpha) \cong \theta + \alpha$  が成り立つものとする。

必要であれば、 $|x|$  が 1 に対して十分小さい時に成り立つ近似式  $(1 + x)^n \cong 1 + nx$  を用いてよい。

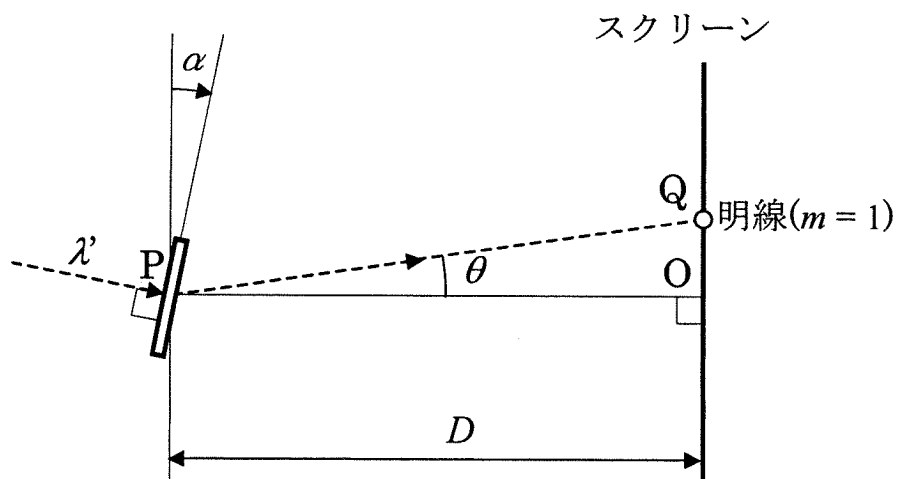


図 2

2

図1は、片側が平面で、他面が球面の平凸レンズに平行光が入射し、屈折した後、レンズの焦点Fに光が集まっている様子断面図を示す。このレンズは図2に示すように、形の異なる直角三角形のプリズムと平板の組み合わせとみなすことができる。平行光が入射する場合、平板では光の方向が変化しないので、この部分を省いて、図3に示すような形にすることができる。このようなレンズについて次の間に答えなさい。ただし、プリズムの厚さ、レンズの厚さは、焦点距離に比べてはるかに小さいものとする。

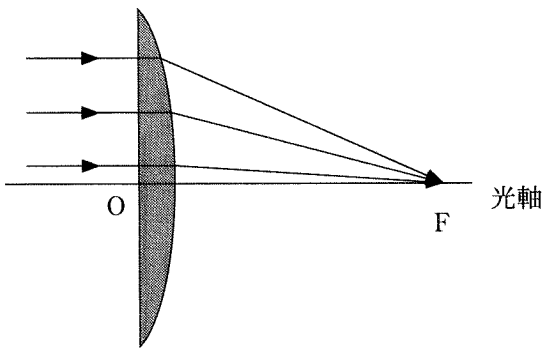


図1

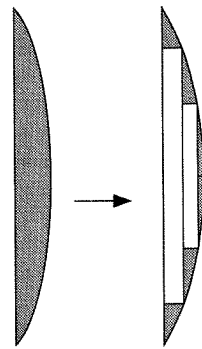


図2

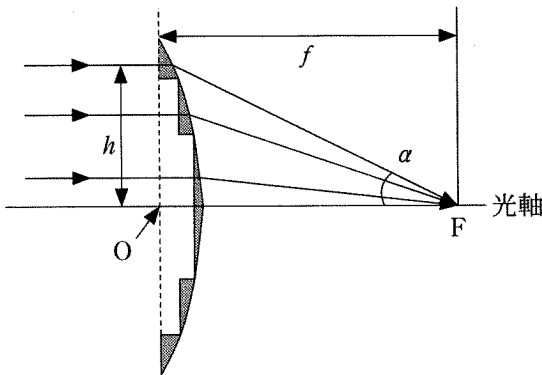


図3

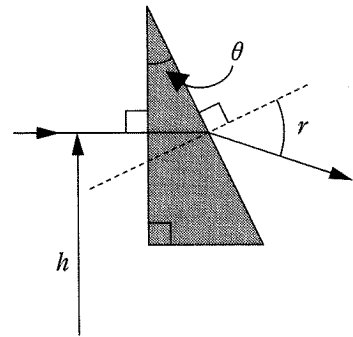


図4

問1 図4に示すように光軸から高さ  $h$  に位置するプリズムに垂直に入射する光線は、プリズムの斜面で屈折する。このときのプリズムの頂点の角度  $\theta$  と屈折角  $r$  の関係を表しなさい。ここで、プリズムは空気中に置かれていて、プリズムの屈折率は  $n$  である。

問 2 図 3 に示すように、高さ  $h$  のところにあるプリズムからの光線と光軸がなす角度を  $\alpha$  とする。 $\alpha$  を  $r$  と  $\theta$  を用いて表しなさい。

問 3 光軸から高さ  $h$  にあるプリズムを通過した光線が焦点  $F$  を通過する。レンズの中心  $O$  から焦点  $F$  までの焦点距離を  $f$  とするとき、 $f$  を  $h$ 、 $r$ 、 $\theta$  を用いて表しなさい。

次に、 $\sin \theta \cong \tan \theta \cong \theta$  および  $\sin r \cong \tan r \cong r$  と近似して、以下の問に答えなさい。

問 4  $\theta$  を  $h$ 、 $f$ 、 $n$  を用いて表しなさい。

問 5 屈折率は波長によって異なる。光の波長が  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  のときのプリズムの屈折率をそれぞれ  $n_1$ 、 $n_2$  とし、それぞれの波長の焦点距離を  $f_1$ 、 $f_2$  とすると、その差  $f_2 - f_1$  を  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $f_1$  を用いて表しなさい。

以上の結果から、波長に依存して、平凸レンズの焦点距離が変わることがわかる。

問 6 図 5 に示すように平凸レンズから距離  $a$  に物体が置かれている。物体は 2 つの波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  で発光していて、それぞれの波長に対応する平凸レンズの焦点距離は  $f_1$ 、 $f_2$  ( $f_1 < f_2$ ) である。ここで、 $a > f_1$  および  $a > f_2$  とすると、2 つの実像ができる。この 2 つの実像の位置の差  $d$  を  $a$ 、 $f_1$ 、 $f_2$  を用いて表しなさい。

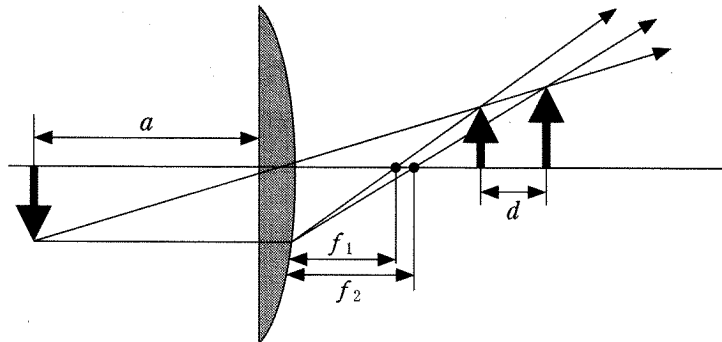


図 5

**3** 図に示すように、上端を固定したばねで物体が斜面に接してつり下げられている。物体の質量を  $m$ ，斜面と水平面のなす角を  $\theta$ ，ばね定数を  $k$ ，重力加速度の大きさを  $g$  とし，ばねの質量や空気抵抗は無視できるものとする。

まず，物体と斜面の間に摩擦がない場合について問 1～4 に答えなさい。ただし，解答はいずれも  $m$ ， $k$ ， $\theta$ ， $g$  のうち，必要な記号を用いて表すこと。

問 1 物体が静止しているときのばねの伸び  $x_1$  を求めなさい。

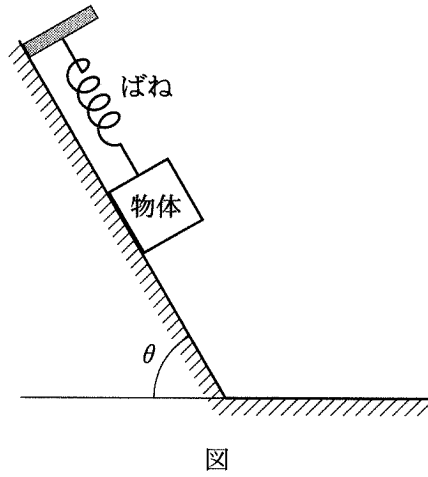
問 2 斜面に沿って物体を手で引き上げ，ばねが自然の長さの状態，手を静かに離すと物体は斜面を滑り始めた。ばねの伸びが問 1 で求めた  $x_1$  になるときの物体の速さを求めなさい。

問 3 物体が最下点に到達したときのばねの伸びを求めなさい。

問 4 最下点に到達した後，物体は上昇，下降を繰り返した。その周期を求めなさい。

つぎに，物体と斜面の間に摩擦がある場合について問 5 に答えなさい。ただし，静止摩擦係数を  $\mu_0$ ，動摩擦係数を  $\mu$ ， $\mu < \mu_0 < \tan \theta$  とし，解答は  $m$ ， $k$ ， $\theta$ ， $g$ ， $\mu_0$ ， $\mu$  のうち，必要な記号を用いて表すこと。

問 5 斜面に沿って物体を手で動かし，静かに手を離すとき，物体が滑らずに静止するかどうかを調べたところ，ばねの伸びが最小値  $x_2$  と最大値  $x_3$  の範囲にあるとき，物体を静止させることができた。 $x_2$  と  $x_3$  を求めなさい。



**4** 図に示すように、上端を固定したばねで物体が斜面に接してつり下げられている。物体の質量を  $m$ ，斜面と水平面のなす角を  $\theta$ ，ばね定数を  $k$ ，重力加速度の大きさを  $g$  とし，ばねの質量や空気抵抗は無視できるものとする。

まず，物体と斜面の間に摩擦がない場合について問 1～4 に答えなさい。ただし，解答はいずれも  $m$ ， $k$ ， $\theta$ ， $g$  のうち，必要な記号を用いて表すこと。

問 1 物体が静止しているときのばねの伸び  $x_1$  を求めなさい。

問 2 斜面に沿って物体を手で引き上げ，ばねが自然の長さの状態，手を静かに離すと物体は斜面を滑り始めた。ばねの伸びが問 1 で求めた  $x_1$  になるときの物体の速さを求めなさい。

問 3 物体が最下点に到達したときのばねの伸びを求めなさい。

問 4 最下点に到達した後，物体は上昇，下降を繰り返した。その周期を求めなさい。

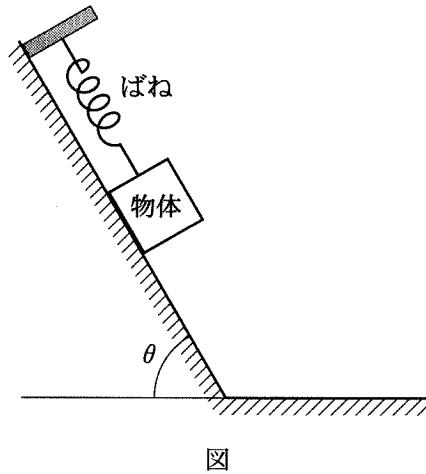
つぎに，物体と斜面の間に摩擦がある場合について問 5～8 に答えなさい。ただし，静止摩擦係数を  $\mu_0$ ，動摩擦係数を  $\mu$ ， $\mu < \mu_0 < \tan \theta$  とし，解答はいずれも  $m$ ， $k$ ， $\theta$ ， $g$ ， $\mu_0$ ， $\mu$  のうち，必要な記号を用いて表すこと。

問 5 斜面に沿って物体を手で動かし，静かに手を離すとき，物体が滑らずに静止するかどうかを調べたところ，ばねの伸びが最小値  $x_2$  と最大値  $x_3$  の範囲にあるとき，物体を静止させることができた。 $x_2$  と  $x_3$  を求めなさい。

問 6 斜面に沿って物体を手で引き上げ，ばねが自然の長さの状態，手を静かに離すと物体は斜面を滑り始めた。ばねの伸びが問 5 で求めた  $x_2$  になるときの物体の速さを求めなさい。

問 7 物体が最下点に到達したときのばねの伸びを求めなさい。

問 8 物体が最下点に到達した後，再び斜面を上昇するか，静止するかは，静止摩擦係数や動摩擦係数などの条件による。物体が再び上昇する条件を  $\theta$ ， $\mu_0$ ， $\mu$  を用いて表しなさい。



5 図のように、軽いゴムひもで台の端につるされた小さな球(質量  $m$ )が鉛直方向に上下する運動を考える。ゴムひもの伸びと弾性力の大きさの間にはフックの法則が成り立つとする。フックの法則の比例定数を  $k$ 、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えなさい。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

解答は、各問とも答だけでなく計算の過程も記すこと。

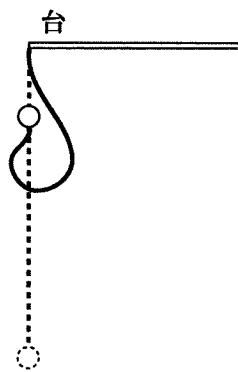
球を持ち上げて台の端から静かに落下させたところ、球は最下点に達した後上昇し始め、再び台の高さに達した。

問 1 球がゴムひもの自然の長さ  $l$  だけ落下して、ゴムひもが張った瞬間の球の速さを求めなさい。

問 2 球の速さが最大になったときのゴムひもの伸びと球の速さを求めなさい。

問 3 最下点でのゴムひもの伸びを求めなさい。

問 4 球の加速度の大きさが最大になったときの加速度の大きさと向きを求めなさい。



**6** 図1のように、軽いゴムひもで台の端につるされた小さな球(質量  $m$ )が鉛直方向に上下する運動を考える。ゴムひもの伸びと弾性力の大きさの間にはフックの法則が成り立つとする。フックの法則の比例定数を  $k$ 、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えなさい。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

球を持ち上げて台の端から静かに落下させたところ、球は最下点に達した後上昇し始め、再び台の高さに達した。

問 1 球がゴムひもの自然の長さ  $l$  だけ落下して、ゴムひもが張った瞬間の球の速さを求めなさい。

問 2 球の速さが最大になったときのゴムひもの伸びと球の速さを求めなさい。

問 3 最下点でのゴムひもの伸びを求めなさい。

問 4 球の加速度の大きさが最大になったときの加速度の大きさと向きを求めなさい。

次に、図2のように、上と同じ球を台の端から油の入った深い容器に静かに落とした。ここでは、球と油の密度をそれぞれ  $\rho$ 、 $\rho_0$  とすると  $\rho > \rho_0$  であり、また、台と油面の距離  $L$  はゴムひもの自然の長さ  $l$  より短いとする。また、球が油の中に入ったときに、油が容器の外にこぼれることはない。

球は油の中に入った後、油から抵抗力と浮力を受け、ゴムひもが張る前に、一定の速さ  $v_0$  で下降するようになった。

問 5 このとき、油が球におよぼす力の大きさと向きを求めなさい。また、油が球に行く単位時間あたりの仕事を求めなさい。

その後、球は油の中で何度か上昇下降を繰り返した後に静止した。

問 6 このときのゴムひもの伸びを求めなさい。また、油の容器の底が床を押す力が、球を容器に落とす前と比べてどれだけ変化したか求めなさい。

問 7 球が落下し始めてから静止するまでの間に、球の力学的エネルギーは変化している。この変化量のすべてが熱に変わり油の温度変化に使われたとして、油の温度がどれだけ変化したか求めなさい。ただし、油の熱容量を  $C$  とする。

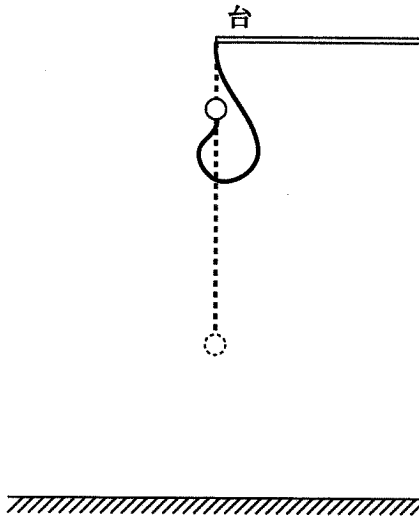


図 1

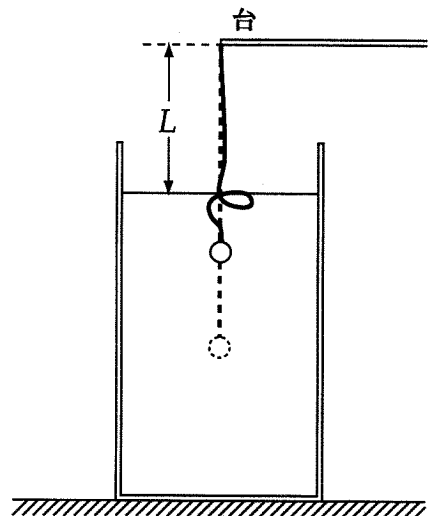


図 2

7 ある材料でできている金属線の電気抵抗を調べるため、図のように電池、スイッチ S、電流計、電圧計を接続した。電池の起電力を  $E$ 、電池の内部抵抗の値を  $r$  として以下の問に答えなさい。なお、電流計および電圧計の内部抵抗が測定結果に及ぼす影響は無視する。また、数値は有効数字 2 桁で示し、単位も明記しなさい。

問 1 スイッチ S を閉じて金属線に流れた電流  $I$  とその両端の電圧  $V$  を測定する。このとき、電圧  $V$ 、電流  $I$ 、起電力  $E$  の間に成り立つ式を書きなさい。

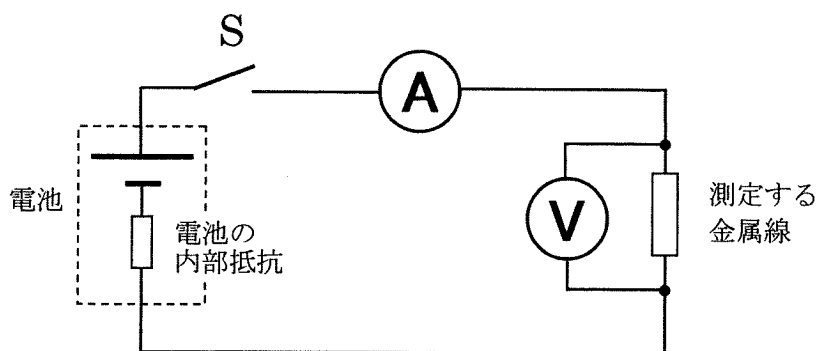
次に、この金属線を長さ 4.0 m、2.0 m、1.0 m、0.50 m の 4 通りにしたものについて電流  $I$  と電圧  $V$  をそれぞれ測定した。その結果を表 1 に示す。

問 2 表 1 の 4 通りの結果について、電流  $I$  と電圧  $V$  との関係をグラフにし、縦軸および横軸の目盛りにも適切な値を記入しなさい。また、このグラフを用いて電池の起電力  $E$  の値と電池の内部抵抗  $r$  の値をそれぞれ求めなさい。

問 3 表 1 で金属線の消費電力の最も大きいものを(ア)~(エ)の中から選び、その抵抗値および消費電力を求めなさい。

問 4 この実験で、スイッチ S を閉じて電流を流しているとき電池に触れたところ、電池が発熱していることがわかった。この理由を 30 字以内で答えなさい。

問 5 金属線に使用されている物質を抵抗率の大きさから推定してみよう。表 2 は銅、タングステン、鉄、ニクロム合金の抵抗率をそれぞれ示したものである。この金属線の抵抗率を求め、この金属線の抵抗率に最も近い物質を表 2 から選び答えなさい。ただし、実験で用いた金属線は断面が円形で、その直径は 0.26 mm である。また、実験中の金属線の温度は 20 °C であったものとする。



図

表1 金属線の電圧  $V$  と電流  $I$

|     | 金属線の長さ [m] | 電圧 $V$ [V] | 電流 $I$ [A] |
|-----|------------|------------|------------|
| (ア) | 4.0        | 0.96       | 0.12       |
| (イ) | 2.0        | 0.80       | 0.20       |
| (ウ) | 1.0        | 0.60       | 0.30       |
| (エ) | 0.50       | 0.40       | 0.40       |

表2 いろいろな物質の抵抗率

| 物質     | 20℃ における抵抗率 [ $\Omega \cdot \text{m}$ ] |
|--------|---|
| 銅      | $1.7 \times 10^{-8}$                    |
| タングステン | $5.4 \times 10^{-8}$                    |
| 鉄      | $1.0 \times 10^{-7}$                    |
| ニクロム合金 | $1.1 \times 10^{-6}$                    |

8 図のように、2本の長い金属レール  $ab$ ,  $cd$  が、間隔  $l$  で鉛直に立っている。

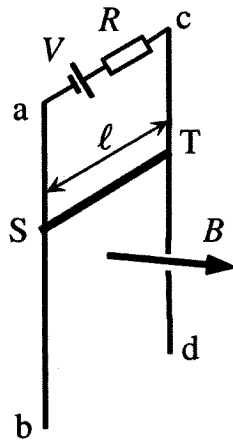
また、一様な磁束密度  $B$  の磁場が、このレールがつくる平面  $abcd$  に垂直で水平右向きにかかっている。レール間には、長さ  $l$ 、質量  $m$  の金属棒  $ST$  が水平に固定されている。固定をはずすと、金属棒は、つねに両端がレールに接し水平を保ちながら、 $a \rightarrow b$  方向に落下する。

レールの上端  $a$ ,  $c$  に抵抗値  $R$  の抵抗と電圧  $V$  の電池を直列につないだ後、時刻  $t = 0$  に固定をはずして金属棒を落下させた。 $a \rightarrow b$  方向を金属棒の落下速度の正の方向、 $T \rightarrow S$  方向を金属棒を流れる電流の正の方向として、この落下運動に関する以下の問に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とし、金属棒やレールの電気抵抗、金属棒とレール間の摩擦、空気抵抗、回路を流れる電流がつくる磁場は無視できるとする。

問 1 固定をはずした瞬間に金属棒が落下を始めるためには、電圧  $V$  はある値  $V_0$  より小さくなければならない。電圧値  $V_0$  を、 $B$ ,  $R$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 2 十分時間がたつと、金属棒の落下速度は一定値  $v_1$  になった。速度  $v_1$  と、そのとき金属棒を流れる電流  $I_1$  を、 $B$ ,  $R$ ,  $V$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 3 金属棒の落下速度が一定になった後、単位時間あたりに電池がする仕事  $W$ 、単位時間あたりに抵抗で発生するジュール熱  $Q$ 、単位時間あたりに金属棒が失う重力による位置エネルギー  $U$  を、それぞれ  $B$ ,  $R$ ,  $V$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。また、 $W$ ,  $Q$ ,  $U$  の間に成り立つ関係式を求めなさい。



⊗

9

図1のように、2本の長い金属レール  $ab$ ,  $cd$  が、間隔  $l$  で鉛直に立っている。また、一様な磁束密度  $B$  の磁場が、このレールがつくる平面  $abdc$  に垂直で水平右向きにかかっている。レール間には、長さ  $l$ 、質量  $m$  の金属棒  $ST$  が水平に固定されている。固定をはずすと、金属棒は、つねに両端がレールに接し水平を保ちながら、 $a \rightarrow b$  方向に落下する。 $a \rightarrow b$  方向を金属棒の落下速度および落下加速度の正の方向、 $T \rightarrow S$  方向を金属棒を流れる電流の正の方向として、この落下運動に関する以下の問に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを  $g$  とし、金属棒やレールの電気抵抗、金属棒とレールの間の摩擦、空気抵抗、回路を流れる電流がつくる磁場は無視できるとする。

まず、図1のように、レールの上端  $a$ ,  $c$  に抵抗値  $R$  の抵抗と電圧  $V$  の電池を直列につないだ後、時刻  $t = 0$  に固定をはずして金属棒を落下させた。

問1 固定をはずした瞬間に金属棒が落下を始めるためには、電圧  $V$  はある値  $V_0$  より小さくなければならない。電圧値  $V_0$  を、 $B$ ,  $R$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問2 十分時間がたつと、金属棒の落下速度は一定値  $v_1$  になった。速度  $v_1$  と、そのとき金属棒を流れる電流  $I_1$  を、 $B$ ,  $R$ ,  $V$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問2の結果から、電池の電圧  $V$  を変えると、金属棒の落下速度が調節可能であることがわかった。

問3 金属棒の落下速度が一定になった後、単位時間あたりに電池がする仕事  $W$ 、単位時間あたりに抵抗で発生するジュール熱  $Q$ 、単位時間あたりに金属棒が失う重力による位置エネルギー  $U$  を、それぞれ  $B$ ,  $R$ ,  $V$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。また、 $W$ ,  $Q$ ,  $U$  の間に成り立つ関係式を求めなさい。

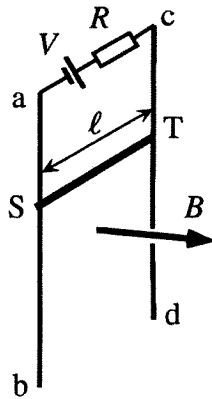


図 1

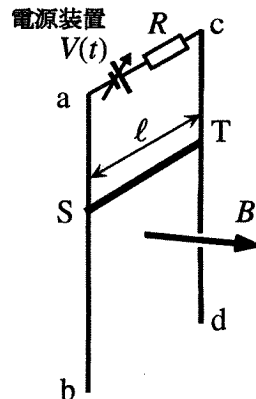


図 2

次に、図 2 のように、レールの上端 a, c に抵抗値  $R$  の抵抗と、電圧  $V(t)$  が時刻  $t$  と共に変化する電源装置を直列につないだ後、時刻  $t = 0$  に固定をはずして金属棒を落下させた。

問 4 時刻  $t$  において、金属棒の落下速度は  $v(t)$ 、落下加速度は  $a(t)$ 、金属棒を流れる電流は  $I(t)$  であった。

- (1) 時刻  $t$  における金属棒の運動方程式を、 $I(t)$ 、 $a(t)$  および  $B$ 、 $g$ 、 $\ell$ 、 $m$  を用いて表しなさい。
- (2) 時刻  $t$  における回路での起電力と電圧降下の関係式(キルヒホッフの第 2 法則)を、 $V(t)$ 、 $I(t)$ 、 $v(t)$  および  $B$ 、 $R$ 、 $\ell$  を用いて表しなさい。

問 5 電源装置の電圧が正の定数  $e$ 、 $f$  を用いて  $V(t) = e - ft$  と変化する場合、十分時間がたつと、金属棒の落下加速度は一定値  $a_2$  になった。問 4 の結果を参考にして、加速度  $a_2$  と、そのとき金属棒を流れる電流  $I_2$  を、 $B$ 、 $R$ 、 $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $\ell$ 、 $m$  のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 5 の結果から、電源装置の電圧  $V(t) = e - ft$  の  $f$  を変えると、金属棒の落下加速度が調節可能であることがわかった。

10 図1のような一辺の長さが  $\ell$  の正方形の金属極板 2 枚を距離  $d$  だけ離して平行に置いた平行板コンデンサーを考える。下の極板面の中心を原点  $O$  にとり、極板の辺に平行に  $x$  および  $y$  軸を、極板面に垂直に  $z$  軸をとる。ただし、 $\ell$  は十分大きく、 $d$  は十分小さいものとし、極板の外側への電気力線の広がりは無視できるものとする。また、コンデンサーの中は真空とし、重力は無視する。以下の問に答えなさい。

電圧  $V$  の電池の正極、負極にコンデンサーの上下の極板をそれぞれ接続した。

問 1  $x-z$  平面内での極板間の電気力線および等電位線の様子の概略図を以下の点に注意して解答用紙に図示しなさい。

- ① 電気力線は矢印付きの実線で描き、その本数は 4 本とする。
- ② 等電位線は下の極板を基準として、電位差  $\frac{V}{4}$  ごとに点線で描き、各線の電位を記入しなさい。

問 2 点  $A(x, y, z) = (0, 0, \frac{d}{2})$  に、電気量  $q (q > 0)$  で質量  $m$  の荷電粒子

子を静かに置き、 $(0, 0, \frac{d}{2}) \rightarrow (0, 0, \frac{d}{3}) \rightarrow (-\frac{\ell}{4}, \frac{\ell}{4}, \frac{d}{3})$

$\rightarrow (-\frac{\ell}{4}, \frac{\ell}{4}, \frac{d}{2})$  の順にゆっくりと移動させた。荷電粒子を

$(-\frac{\ell}{4}, \frac{\ell}{4}, \frac{d}{2})$  まで移動させるのに要した仕事を求めなさい。

問 3 今度は、同じ荷電粒子を点  $A$  から  $x$  軸方向に初速度の大きさ  $v_0$  で水平に射出したところ、荷電粒子は極板に衝突して止まった。止まった点の座標を求めなさい。また、荷電粒子が極板に衝突したときの速さを求めなさい。

次に、極板に電池を接続したまま、一辺の長さが  $l$  の正方形で厚さが  $\frac{d}{2}$  の帯電していない金属板を、図 2 のように両極板の中央に極板と平行に入れた。

問 4 極板間に蓄えられた電荷は、金属板を入れる前と比べて何倍になったか答えなさい。

問 5  $x-z$  平面内での極板間の電気力線および等電位線の様子の概略図を以下の点に注意して解答用紙に図示しなさい。

- ① 電気力線は矢印付きの実線で描き、その本数は金属板を入れることによって問 1 の場合と比べて変化した部分を考慮して決めなさい。
- ② 等電位線は下の極板を基準として、電位差  $\frac{V}{4}$  ごとに点線で描き、各線の電位を記入しなさい。

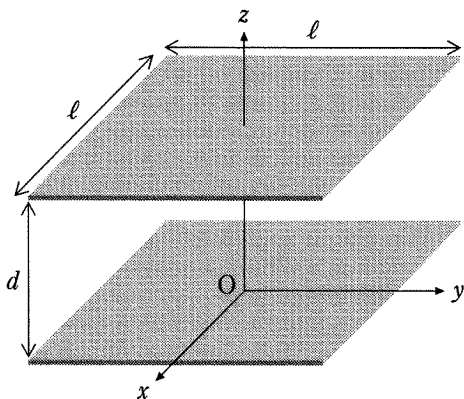


図 1

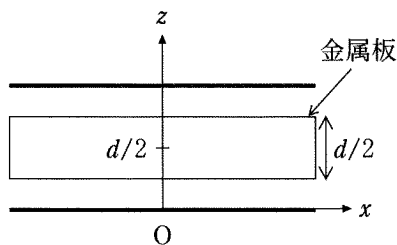


図 2