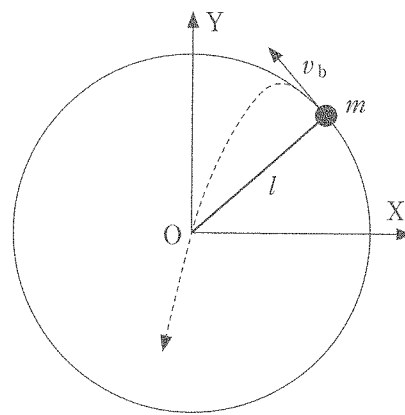
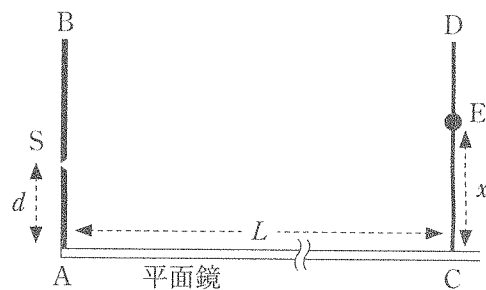


I 質量  $m$  (kg) の小球を長さ  $l$  (m) の糸でつった振り子がある。次の間に答えよ。ただし重力加速度を  $g$  (m/s<sup>2</sup>) とする。

- (1) 振り子が最下点で水平方向に速さを与えられて振動を始める。振幅が十分に小さい時、その周期はいくらになるか。  $l$ ,  $g$ ,  $m$  のうち必要な記号を用いて表せ。
- (2) 最下点における速さを  $v$  (m/s) とするとき糸にかかる張力はいくらになるか。  $v$ ,  $l$ ,  $g$ ,  $m$  のうち必要な記号を用いて表せ。
- (3) 最下点で小球に十分大きな速さが水平方向に与えられ、最高点に達しても糸がたるまず鉛直面内で円運動を続けるためには、最高点での速さ  $v_m$  (m/s) はいくら以上必要か。その大きさを  $l$ ,  $g$ ,  $m$  のうち必要な記号を用いて表せ。
- (4) このとき最下点において水平方向に与える速さ  $v_0$  (m/s) はいくら以上必要か。その大きさを  $l$ ,  $g$ ,  $m$  のうち必要な記号を用いて表せ。
- (5) 最下点で水平方向に与える速さを  $v_a$  (m/s) にすると、図のように座標  $XY$  を考えれば、小球は円周上の座標  $(x, y)$  を速さ  $v_b$  (m/s) で離れ、図の点線のように円の中心  $O$  を通って落下した。  $v_a^2$ ,  $v_b^2$  と  $(x, y)$  の値を  $l$ ,  $g$ ,  $m$  のうち必要な記号を用いて表せ。



II 平面鏡 AC を水平に置き、スリット S のある板 AB と、感光板を貼ったスクリーン CD を AC に垂直に立てた。AC 間の距離は  $L$  (m)、スリット S の中心は A から  $d$  (m) 離れている。この装置を使い、S に向かって左方から AB に垂直にある決まった波長のレーザー光線を照射し、スクリーン CD にできる輝点を観察した。実験環境中の空気の屈折率は波長によらず 1 とし、波長  $\lambda$  (m) の光に対する水の屈折率は  $n$ 、波長  $2\lambda$  の光に対する水の屈折率は  $n'$  であるとして、①から④、および⑥と⑨には適当な記号を用いて、⑤には数値、⑦と⑧は与えられた語句から選んで、それぞれ答えよ。ただし、 $d$  は  $L$  に比べて非常に小さく、また、 $|h| \ll 1$  のとき、 $(1+h)^n \doteq 1+nh$  の近似を使うものとする。鏡による光の反射では、空中、水中によらず位相が反転することに注意せよ。



- (1) C の鉛直上方  $x$  (m) ( $x \ll L$ ) の点 E を考える。S から鏡に反射せず直接 E に到達する光の光路長を  $L_1$  (m) とすると、 $L_1^2 = L^2 + (x-d)^2$  より、与えられた近似を使って、 $L_1$  は  $L_1 = L \left( 1 + \frac{①}{2L^2} \right)$  と表される。同様に、S を通り鏡に反射して E に到達する光の光路長  $L_2$  (m) は  $L_2 = L \left( 1 + \frac{②}{2L^2} \right)$  と表される。よって、 $L_1$  と  $L_2$  の差は  $\frac{2d}{L}$  と表される。
- (2) 波長  $\lambda$  の光線を S に当てると、輝点がほぼ等間隔に 5 つ現れた。それぞれの中心を C に近い位置から順に P1 から P5 までの通し番号で表すと、P5 はスクリーンの D 端に位置していた。このとき、最も C に近い輝点の C からの距離は ( ③ ) であり、CD の距離は ( ④ ) と表される。
- (3) (2) の状態のまま、S に当てる光線の波長を  $2\lambda$  の赤外光にかえると、CD の感光板には ( ⑤ ) カ所の輝点が見られた。
- (4) 次に、水を満たした透明な水槽にこの装置を沈めて実験した。まず水槽の外から波長  $\lambda$  の光線を S に垂直に照射しながら AC 間の距離を変え、全ての輝点が (2) のときの P1 から P5 の位置とほぼ一致するように調整した。このとき AC 間の距離  $L'$  (m) は ( ⑥ ) であった。
- (5) (4) の状態のまま、S に照射する光線の波長を  $2\lambda$  の赤外光にかえて観察したところ、輝点の数は (3) と同じだったが、それぞれの位置は (3) の点といずれも僅かにずれていた。これは、波長が長いほど水の屈折率が ( ⑦ 小小さく、大きく ) なるので、各輝点が ( ⑧ C 側, D 側 ) にずれたためである。このとき、最も C に近い輝点の C からの距離は ( ⑨ ) と表される。

Ⅲ 90 V の電源、電球 L、可変抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  およびスイッチ S からなる図 1 の回路がある。電球の電圧電流特性の曲線を図 2 に示す。可変抵抗は、抵抗値が  $0 \Omega \sim 100 \Omega$  まで変化できる。以下の( )に数値を入れよ。

- (1) S を開放して、 $R_1$  を  $20 \Omega$  とすると、電球に流れる電流  $I$  [A] は、電球での電圧降下を  $V$  [V] として、電球の電圧電流特性曲線と  $I = ( \text{①} ) - ( \text{②} ) \times V$  との交点から求まり、( ③ ) A である。 $R_1$  を小さくして、( ④ )  $\Omega$  にすると、電球と  $R_1$  での電力消費が等しくなり、消費電力は( ⑤ ) W となる。
- (2) S を閉じ、可変抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  をともに  $20 \Omega$  にすると、電球に流れる電流  $I$  [A] は、電球での電圧降下を  $V$  [V] として、電球の電圧電流特性曲線と  $I = ( \text{⑥} ) - ( \text{⑦} ) \times V$  との交点から求まり、( ⑧ ) A である。 $R_1$  と  $R_2$  を調整して、電球、 $R_1$ 、 $R_2$  の 3 つの消費電力が等しくなるようにするためには、電球の電圧を( ⑨ ) V としなければならない。このとき電球を流れる電流は( ⑩ ) A であり、 $R_1$  は( ⑪ )  $\Omega$ 、 $R_2$  は( ⑫ )  $\Omega$  である。

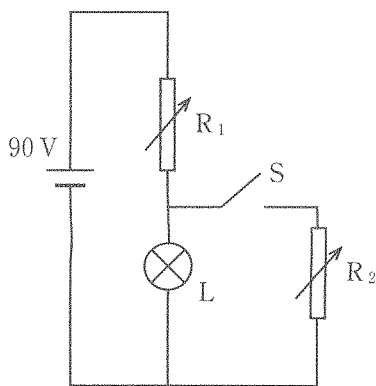


図 1 回路

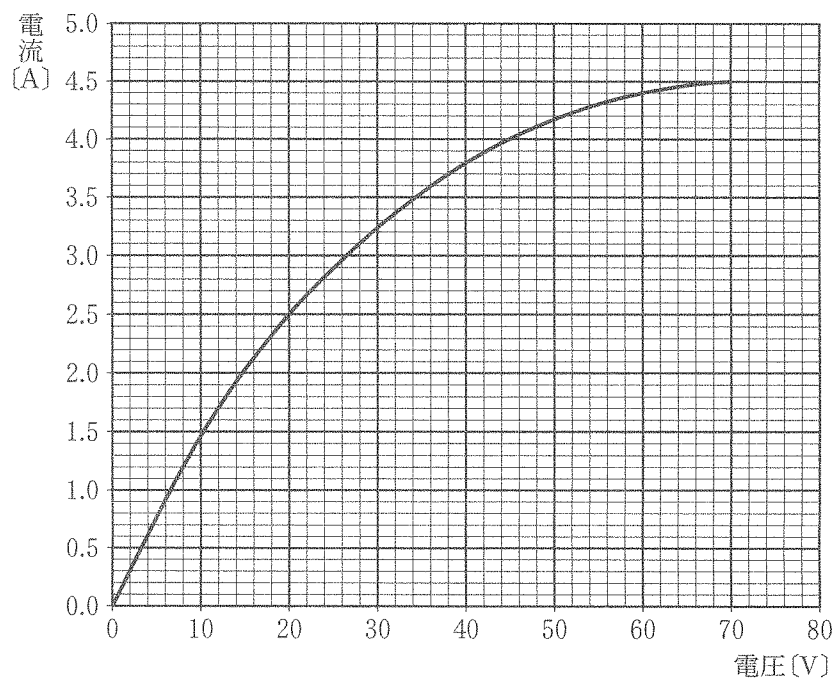


図 2 電球の電圧電流特性

Ⅳ 以下の問に答えよ。

- (1) 発電所から遠く離れた村に送電線で電気が送られている。その村の 10 軒の家が同時に電気を使用すると、送電線で 2.0 % の電力損失が起こる。電力損失が 10 % を超えるのは、何軒が同時に電気を使用したときか。一軒当たりの使用電力は全て同じとする。
- (2) 地球の半径を  $R$  [m] とする。地表から  $R$  [m] の上空を周回している人工衛星の周期を求めよ。なお、地表での重力加速度を  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] とする。
- (3)  $h$  (プランク定数)、 $m$  (電子の質量)、 $c$  (真空中の光速) を組み合わせて表した (A) から (H) のうち、①長さの次元、②時間の次元のものは、それぞれどれか、記号で答えよ。

- (A)  $\frac{h}{mc}$                       (B)  $\frac{mc}{h}$                       (C)  $\frac{hc}{m}$                       (D)  $\frac{m}{hc}$
- (E)  $\frac{hc^2}{m}$                       (F)  $\frac{h}{mc^2}$                       (G)  $\frac{hm}{c^2}$                       (H)  $\frac{h}{m^2c}$

- (4) 以下の( )に整数値を記入せよ。(減少の場合はマイナス符号を付けよ)

原子核がアルファ崩壊すると、その原子番号は( ① )、質量数は( ② )変化する。また、ベータ崩壊すると、原子番号は( ③ )、質量数は( ④ )変化する。原子番号 92、質量数 238 のウランは、( ⑤ )回のアルファ崩壊、( ⑥ )回のベータ崩壊を繰り返しおこない、原子番号 82、質量数 206 の鉛になる。