

平成 29 年度 入 学 試 験 問 題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。  
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 自然長  $L$  (m), バネ定数  $k$  (N/m) のバネを水平な床面上に垂直においた。鉛直方向の位置座標を  $x$  (m) で表す。荷重がないときのバネの上端の位置を  $x = 0$  とし, 上向きを正とする。重力加速度を  $g$  (m/s<sup>2</sup>) とし, 下記の  に  $M, g, k$  のうち必要な記号を用いた式または数値を記入せよ。ただし, ⑫は, 記号イ~ハで答えよ。なお, バネ, 板, 小球は鉛直方向にのみ運動する。また, 板の厚さと小球の大きさおよびバネの質量は無視でき, 板と板上の小球の位置は, バネの上端の位置と同じとする。

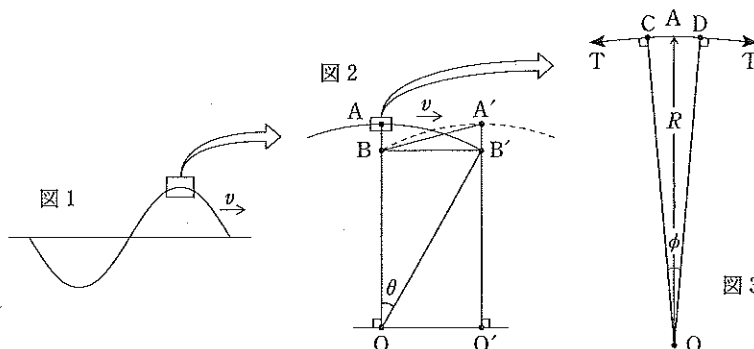
- (1) 質量  $M$  (kg) の板をバネの上端に固定すると, バネは  $D = \text{①}$  (m) 縮んで静止した。バネの上端の位置を  $x = -3D$  にして手を離すと, 板は,  $x = \text{②} \times D$  を中心として, 振幅  $\text{③} \times D$  (m), 周期  $\text{④}$  (s) の単振動をした。
- (2) つぎに, 板の上に質量  $M$  (kg) の小球をのせた。そしてバネの上端の位置を  $x = -5D$  にして手を離した。小球と板が離れるまでは, それらは  $x = \text{⑤} \times D$  を中心とする, 振幅  $\text{⑥} \times D$  (m), 周期  $\text{⑦}$  (s) の単振動となる運動をした。
- (3) 板と小球が離れるまで両者は同じ速度で運動しているが, 板の下向きの加速度が小球の下向きの加速度より大きくなると, 2つは離れる。この条件が成り立つのは  $x > \text{⑧} \times D$  のときである。離れる瞬間の  $x = \text{⑧} \times D$  のときの板と小球の速度はともに  $\text{⑨}$  (m/s) である。
- (4) 離れた後, 小球は  $\text{⑩}$  (s) 後に最高点  $\text{⑪} \times D$  (m) に到達し, 板は小球  $\text{⑫}$  {イ. より早く ロ. より遅れて ハ. と同時に} 最高点  $\text{⑬} \times D$  (m) に到達する。

II 図1のように線密度  $\rho$  (kg/m) の弦を横波が伝搬速度  $v$  (m/s) で右向きに進んでいる。下の文章の①~⑩, ⑫の空欄には { } 内の記号を用いた数式を, ⑪には数値を入れよ。なお, 弦に対する重力の影響は無視する。

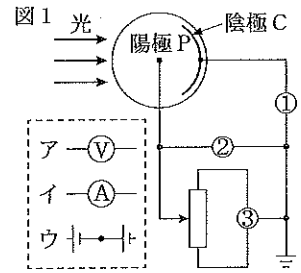
図2は, 図1の四角で囲んだ部分を拡大したものであり, 弦の変位が最大となる点Aの近傍を, Oを中心とする半径  $R$  (m) の円弧(実線)で近似したものである。この円弧は速さ  $v$  で進み, 微小時間  $\Delta t$  (s) 後に  $O'$  を中心とする半径  $R$  (m) の円弧(点線)に変化し, 弦の変位が最大となる点は  $A'$  に移っている。このとき点Aにあった弦の長さ  $\Delta l$  (m) の微小部分は一定の加速度  $a$  (m/s<sup>2</sup>) で  $\text{①}$  { $\Delta t, a$ } m 離れた点Bに移動している。点Bから  $A'O'$  に下ろした垂線の交点を  $B'$  とし,  $\angle BOB' = \theta$  (rad) とすると,  $\sin \theta = \text{②}$  { $v, R, \Delta t$ } である。 $\theta$  が小さいので  $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$  とし, 三角形  $A'B'B'$  を考えると  $\angle A'B'B' = \text{③}$  { $\theta$ } なので,  $A'B'$  の距離は  $\text{④}$  { $v, R, \Delta t$ } m と表される。従って  $a = \text{⑤}$  { $v, R$ } であり, 弦の長さ  $\Delta l$  (m) の微小部分に働く力は  $\text{⑥}$  { $\rho, v, R, \Delta l$ } N である。

図3のように, 弦の長さ  $\Delta l$  の微小部分CDの両端は弦の張力  $T$  (N) で引っ張られており,  $\angle COD$  を  $\phi$  (rad) とすると, AO方向に働く力は  $\text{⑦}$  { $T, \phi$ } N と表される。ここで,  $\phi$  が小さいので  $\sin \phi \approx \tan \phi \approx \phi$  とするとAO方向に働く力は  $\text{⑧}$  { $T, R, \Delta l$ } N と書き換えられ, ⑥と⑧より  $v = \text{⑨}$  { $\rho, T$ } となる。

この弦を距離  $L$  (m) 離れた固定端の間に張力  $T$  で張って弾くと  $\text{⑩}$  { $\rho, T, L$ } Hz の基本音が発生した。そして, 1オクターブ下げのために, 同じ弦を  $\text{⑪}$  本束ねたものを張力  $T$  で張って弾くと周波数が半分になった。この束ねた弦を伝える横波の速さが音速の  $b$  倍であるとき, 同じ周波数の基本音を発する閉管を作るためには, その閉管の長さを  $\text{⑫}$  { $L, b$ } m にしなければならない。ただし, 開口端補正は無視する。

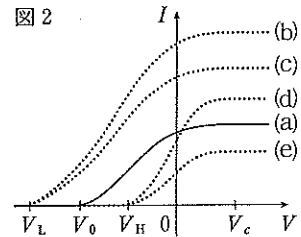


Ⅲ 光電管の陰極 C に単色光を照射し、陽極 P の電圧  $V$  [V] を変化させて両極間に流れる光電流  $I$  [A] を調べた。これを、電流電圧特性の測定と呼ぶ。光速度を  $c$  [m/s]、プランク定数を  $h$  [J·s]、電気素量を  $e$  [C] として、必要なら図中の記号を用いて、以下の問に答えよ。



- (1) 図1の回路図中の①~③に、破線で囲まれた電気用図記号から適当なものを当てはめて、回路を完成させよ。解答には、記号ア~ウを用いよ。

波長  $\lambda = \lambda_0$  [m] の単色光を用いて電流電圧特性の測定を行ったところ、図2の曲線(a)が得られ、 $V = V_c$  のとき、 $I = I_a$  であった。



- (2) 陰極に当たった光子1個当たりのエネルギー [J] はいくらか。  
 (3)  $V = V_c$  のとき、陰極から飛び出した光電子は、全て陽極に到達していると考え、その数は毎秒何個か。また、陰極から飛び出した光電子が、陽極にあたる直前に持つ運動エネルギー [J] の最大値を求めよ。  
 (4) 陰極の仕事関数 [J] を求めよ。  
 (5) 光の強度を上げたとき、電流電圧特性を表す曲線はどのようになるか、曲線(a)と比較できるようにその概形を図示せよ。

次に、単色光の波長を変えたり、光の強度を変えたりして電流電圧特性の測定を行った。 $\lambda_0$  より波長が長い  $\lambda_1$  [m] や、 $\lambda_0$  より波長が短い  $\lambda_2$  [m] の単色光を用いたとき、図2の点線で表した曲線(b), (c), (d), (e)が得られ、 $V = V_c$  のとき、それぞれ  $I = I_b$ ,  $I = I_c$ ,  $I = I_d$ ,  $I = I_e$  であった。

- (6)  $\lambda = \lambda_1$  のとき、どの曲線が対応するか、(b)~(e)の記号で適当なものをすべて答えよ。  
 (7) 曲線(b)~(e)のうち適当なものを比較して、 $h$  を表す式を答えよ。  
 (8) ある波長の単色光を用いた場合、どんな光の強度や陽極電圧にしても光電流は流れなかった。その波長の最小値  $\lambda_m$  [m] を  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $V_H$ ,  $V_L$  を用いた式で表せ。

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。1軒の家が電気を使用すると、送電線で1.0%の電力損失が生じる。何軒が同時に電気を使用すると、電力損失が50%に達するか。一軒当たりの使用電力は全て同じとする。  
 (2) 一樣な太さで長さ  $a$  [m] の針金を3本用いて図1のようなコの字型 ABCD を作り、BC の中点に BC と垂直に同じ太さの針金で棒 ST をつけて、三角形の支点で BC の中点を支えた。ST の長さ (m) をいくら以上にすると支点で安定に支えられなくなるか。ただし、すべての針金は同一平面上にある。  
 (3) 周波数  $f$  [Hz] の音を出している音源が、静止している観測者から速さ  $v$  [m/s] で遠ざかっている。音源の進む方向には壁があり、観測者には音源からの直接音と壁からの反射音が聞こえる。音速を  $c$  [m/s] として、観測者が聞くうなりの1秒間あたりの回数を求めよ。  
 (4) 図2は、水の状態図である。A, B, C はそれぞれ固体、液体、気体のどれに当たるかを答えよ。

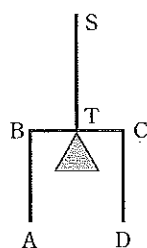


図1

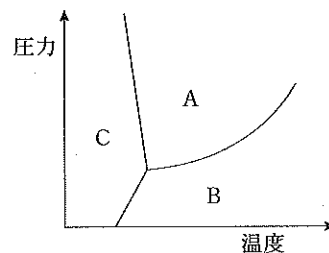


図2