

平成 20 年 度

問 題 冊 子

教 科	科 目	ページ数
理 科	物 理	10

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

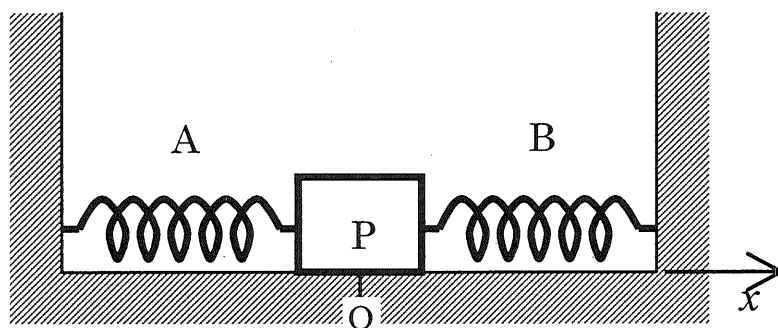
1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部および受験番号のほかはいっさい記入しないこと。
4. 問題〔IV〕，〔V〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。
両方を解答してはいけない。選択問題〔IV〕，〔V〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙3ページ目の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙1ページ目、3ページ目に志望学部および受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いっさい応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ること。

[I] 図のように、なめらかな水平面上に質量 m の物体 P が同じばね定数 k をもった 2 つのばね A, B とばねが自然の長さにある状態でつながっている。水平面上右向きに x 軸をとり、このときの物体 P の位置を x 座標の原点 O とする。

物体 P をばね A のほうへ原点 O より a だけずらしてから放す。このとき物体 P は単振動する。単振動は等速円運動の x 軸上への正射影の運動であるといえる。時刻 $t=0$ において、物体 P はちょうど x 座標の原点 O を正の向きに向って通過した。ばねの質量を無視するものとして、次の問いに答えなさい。



- (1) 任意の時刻 t における物体 P の位置 x および速度 v を、等速円運動の角速度 ω を用いて表わしなさい。
- (2) 任意の時刻 t において物体 P が位置 x にあるときの加速度 a を、 ω と x を用いて表わしなさい。また、2 つのばね A と B から受ける力 F を、 k と x を用いて表わしなさい。
- (3) 前問の結果より、物体 P の単振動の周期 T を、 k と m を用いて表わしなさい。

- (4) 物体 P の運動エネルギー K の最大値とそのときの位置, およびばねの弾性力による物体 P の位置エネルギー U の最大値とそのときの位置を表わしなさい。ただし, ω や T を用いないこと。
- (5) 物体 P が単振動しているときの速度 v と位置 x の関係を求め, v を縦軸に, x を横軸にとって図示しなさい。このとき座標軸との交点を, a , k および m を用いて表わしなさい。また, 物体 P が時間とともに図上をたどる向きを矢印で表わしなさい。

〔Ⅱ〕 図1に示す抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$], 長さ l_0 [m], 断面積 S_0 [m^2] の導体棒を2本用意する。このうち, 1本の導体棒の一端Aを固定し, 力を加えて他端Bを一定の速度 v [m/s]で矢印の方向にゆっくりと引っ張るものとする。これにより, 時間の経過とともに導体棒が伸びて図2に示すように断面積 S [m^2], 長さ l [m]となった。

ここで, 導体棒が伸びるときの温度変化は考えない。また, 断面積は長さ方向のいずれの点においても一様であり, いずれの時刻においても導体棒の体積は一定であると仮定する。

このとき, 以下の問いに答えなさい。

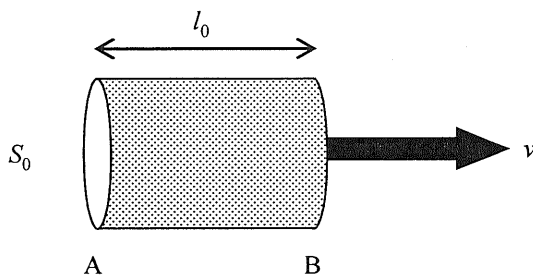


図 1

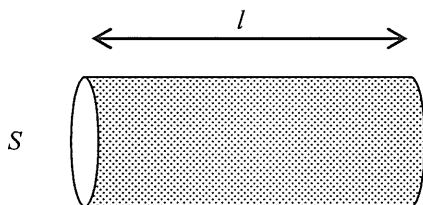


図 2

(1) 括弧のなかに適切な数式を記入しなさい。

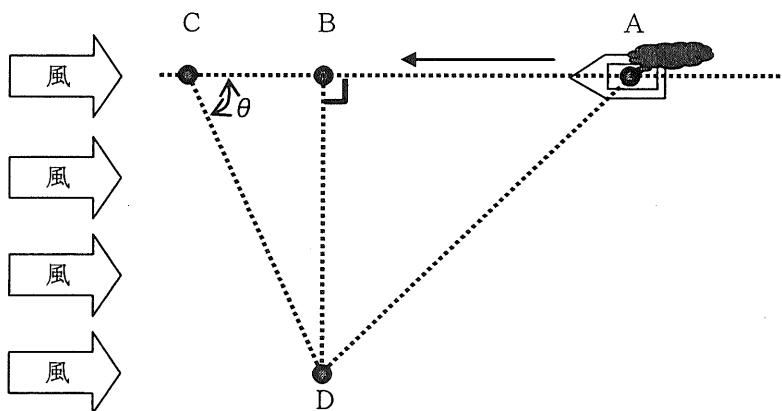
力を加えて引っ張る前の導体棒の両端間の抵抗の大きさ R_0 [Ω] は [①] である。いま、時刻 $t=0$ において力を加え始めるものとする、時刻 t [s] における導体棒の長さ l [m] は [②] であるから、断面積 S [m^2] を、 l_0 [m]、 S_0 [m^2]、 v [m/s] を用いて t [s] の関数として求めると、 $S=[$ ③] となる。したがって、 t [s] における抵抗の大きさ R [Ω] を、 l_0 [m]、 S_0 [m^2]、 v [m/s] を用いて表すと $R=[$ ④] となる。

(2) 抵抗の大きさ R [Ω] を、 R_0 [Ω] を用いて数式で示しなさい。

また、 R [Ω] と R_0 [Ω] の比 R/R_0 を vt/l_0 の関数としてグラフに描きなさい。このとき、グラフを描くために計算した点を黒丸で示しなさい。

(3) 2本の導体棒を、抵抗が無視できる導線により並列に接続した状態で、1本の導体棒だけを引っ張って伸ばしたときの合成抵抗 R_p [Ω] と R_0 [Ω] の比 R_p/R_0 を数式で示しなさい。さらに、 $t=0$ および $t=0.2l_0/v$ のときの R_p/R_0 の値を示しなさい。ただし、その値は四捨五入により小数点以下2けたまで表示しなさい。

〔Ⅲ〕 図の矢印の向きに一定速度で進む船がある。D 点にいる人は、A 点で船が鳴らした汽笛の音を 1.5s 後に聞き、B 点で船が鳴らした汽笛の音を 0.9s 後に聞いた。船が A 点から B 点まで移動するのに 20s かかった。このときの音速は 333m/s であったとし、以下の問いに答えなさい。小数点以下は四捨五入しなさい。

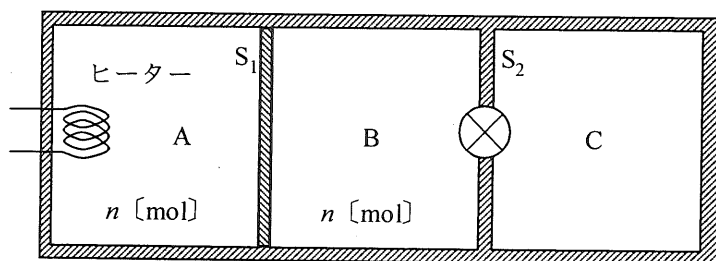


- (1) A 点と D 点の間の距離, B 点と D 点の間の距離はそれぞれいくらになるか求めなさい。
- (2) 船の速さを求めなさい。
- (3) B 点から聞こえた汽笛の振動数が 500Hz であった場合, A 点から聞こえた汽笛の振動数はいくらになるか答えなさい。
- (4) 時刻 $t=0$ において船は B 点を通過した。その t [s] 後に C 点に到達した。 $\angle BCD$ の角度を θ [rad] として, $\cos\theta$ を t を用いて表しなさい。
- (5) 船が C 点に到達したときに, 風が船の正面の向きから v [m/s] の速さで吹きはじめた。船は C 点で汽笛を鳴らした。D 点にいる人に聞こえる汽笛の振動数 f [Hz] を, t と v を用いて表しなさい。音速は風の速度の分, 変化すると考えてよい。

〔Ⅳ〕 選択問題

図のように、シリンダーの中の空間 A と B を、機密に保ちつつシリンダー内をなめらかに移動できる仕切り板 S_1 と、シリンダー内に固定されたバルブを持つ仕切り板 S_2 があり、それによってシリンダー内は A と B と C に分けられている。シリンダー内の全容積は V [m^3] であり、C の容積は $V/3$ となるように S_2 が固定されている。シリンダーの外壁や仕切り板は断熱材でできており、A 内にはヒーターが取り付けられている。仕切り板はじゅうぶん薄く、その厚さは無視しうるとし、またシリンダー、仕切り板の熱容量は無視しうるとする。気体定数を R [$\text{J/mol} \cdot \text{K}$] として、以下の問いに答えなさい。

最初、シリンダー内には、A, B それぞれに同じ単原子分子理想気体が n [mol] 入れられており、圧力、温度はともに p [Pa], T [K] である。C の部分は真空である。



(1) A 内の気体の状態方程式を書きなさい。

次に、ヒーターから A 内の気体に熱量 Q [J] をゆっくり与えたところ、A, B 内の圧力は p' [Pa] になり、B 内の温度は T_B [K] となった。また、A の容積は B の 3 倍になった。

- (2) A の気体の圧力が p' になったとき、A の気体の温度 T_A [K] は B の気体の温度 T_B とどのような関係にあるか。
- (3) この変化の過程における B の気体の内部エネルギーの変化 ΔU_B [J] を、 V 、 p および p' で表わしなさい。
- (4) このとき、圧力 p' は、 Q 、 p および V を用いてどのように表わされるか。
- (5) このような変化の過程で、A の気体のモル比熱 C は、 Q 、 n 、 T_A および T を用いてどのように表わされるか。
- その後、仕切り板 S_1 をシリンダーに固定し、さらに仕切り板 S_2 のバルブを開け、B 内の気体を C 内に拡散させた。
- (6) このとき、気体の温度は T_B から上昇するか、下降するか、あるいは変化しないか。
- (7) B、C 内の気体の圧力は p' の何倍になるか。

[V] 選択問題

図1は光電効果を調べる実験装置である。2枚の金属板 P, K を電極として封じこめた真空管に2つの電池と可変抵抗器 C を用いて電圧をかけている。電極 K に単色光を当てたときに流れる光電流を直流電流計によって測定し、電極 P, K 間にかかっている電圧は直流電圧計によって測定する。可変抵抗器には光電流にくらべてじゅうぶん大きな電流を流しておき、電極 P, K 間の電圧を可変抵抗器の接点の位置によって変えられるようにしている。

図2は電極 K に対する電極 P の電位を V [V], 光電流を I [A] として両者の関係をグラフに表したものである。 V が $-V_0$ よりも低いところでは電流は流れず、 V が正でじゅうぶん大きいときには I_0 の電流が流れる。電極 K にあてる単色光の振動数を f [Hz], プランク定数を h [J·s], 電子の質量を m [kg], および電荷を $-e$ [C] として以下の問いに答えなさい。

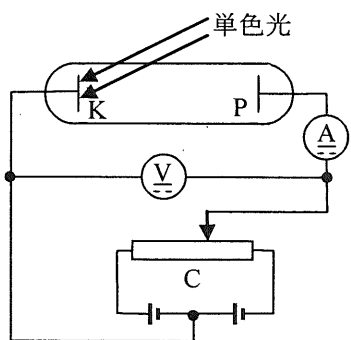


図1

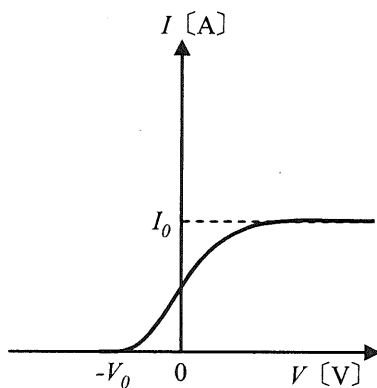


図2

- (1) 電極 K からとび出す電子の最大の速さを, V_0 を用いて表しなさい。
- (2) 電極 K から 1 秒間にとび出す電子の数は何個か求めなさい。
- (3) 電極 K の金属の仕事関数を求めなさい。
- (4) この金属で電子をとび出させることのできる光の限界振動数を求めなさい。
- (5) 光電効果の実験で光の振動数を大きくすると, 電位 V と光電流 I の関係はどのように変化するかを図示しなさい。
- (6) 上の実験で光の強さを大きくすると, 電位 V と光電流 I の関係はどのように変化するかを図示しなさい。