

平成 28 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	物 理	6

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、志望学部及び受験番号のほかはいっさい記入しないこと。
4. 問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕は選択問題である。5つのうち4つを解答すること。5問すべてを解答してはいけない。選択問題〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕、〔Ⅲ〕、〔Ⅳ〕、〔Ⅴ〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その1)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、5枚すべての解答用紙に志望学部及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1のように2辺の長さが a , b , 質量 M の直角三角形の板があり, 長さ b の辺が鉛直 (y 軸方向) となるように直角の頂点を原点 O に置いてある。以下の実験(ア), (イ)のように高さ h ($y = h$) の位置 P に力 F を作用させる。

実験(ア): x 軸方向の正の向き (図の右方向) に力 F を加え徐々に大きくしたところ, $F = F_1$ のときに板は x 軸方向の正の向きにその姿勢のまますべり始めた。

実験(イ): x 軸方向の負の向き (図の左方向) に力 F を加え徐々に大きくしたところ, $F = F_2$ のときに板は原点 O を中心として傾いた。

板は厚さ c の一様な材質であり, 変形したり水平面にめり込むことはない。板と水平面との間の静止摩擦係数を μ , 垂直抗力を R , 重力加速度の大きさを g とし, 以下の問いに答えなさい。

- (1) この板の密度を求めなさい。
- (2) R の大きさを求めなさい。
- (3) 実験(ア)について, すべり始める直前の x と y それぞれの軸方向の力のつり合いの式を示しなさい。
- (4) 実験(イ)について, 傾き始める直前の x と y それぞれの軸方向の力の関係式と力のモーメントのつり合いの式を示しなさい。ただし, 板の重心の座標を (X_g, Y_g) とする。
- (5) 板の重心の座標 X_g, Y_g の値を a, b を用いて示しなさい。
- (6) 実験(イ)について, 板の傾きの角度が θ を超えたとき, 板は図の左方向に倒れた。 $\tan \theta$ の値を示しなさい。
- (7) 実験(ア)と(イ)から, 板と水平面との間の静止摩擦係数 μ がとり得る範囲を力 F を用いないで答えなさい。
- (8) 次に作用点の高さ h を変えて実験(ア)を再び行ったところ, $F = F_3$ のときに板はすべらないで傾いた。 h がとり得る範囲を答えなさい。

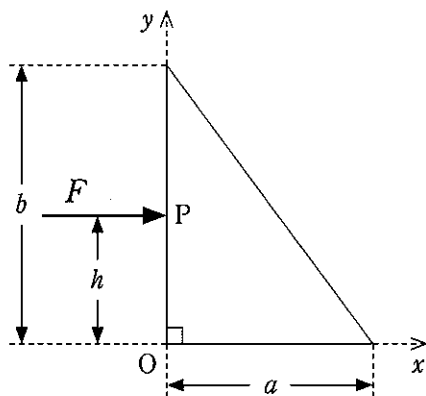


図 1

- 〔Ⅱ〕 図2のように、起電力 E [V] の電池、抵抗 R_1 , R_2 , コンデンサー C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , スイッチ S_1 , S_2 が接続された電気回路がある。抵抗 R_1 と R_2 の抵抗値はいずれも R [Ω], コンデンサーの電気容量は、 C_1 , C_2 , C_3 , C_4 の順に、 $3C$ [F], C [F], C [F], $4C$ [F] である。最初、スイッチ S_1 , S_2 は両方とも開いており、いずれのコンデンサーにも電荷は蓄えられていないものとする。以下の問いに E , R , C のうち必要なものを用いて答えなさい。

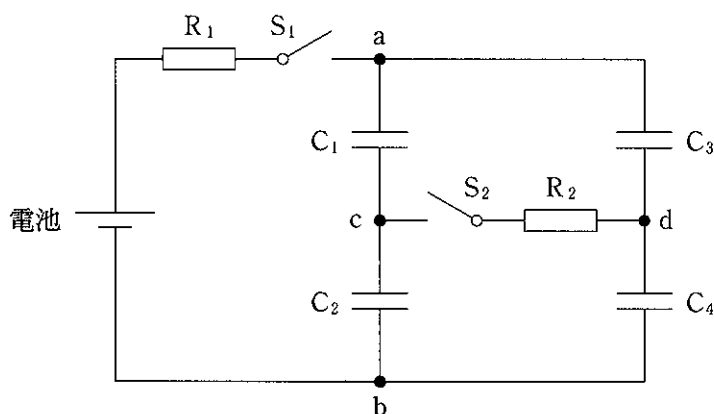


図 2

まず、スイッチ S_1 のみを閉じた。

- (1) スイッチ S_1 を閉じた直後に抵抗 R_1 を流れる電流の大きさを求めなさい。

スイッチ S_1 を閉じてから十分に時間が経過した後、抵抗 R_1 に電流が流れなくなった。

- (2) 点 b を基準とした点 a の電位を求めなさい。
 (3) コンデンサー C_1 および C_2 の両端の電位差をそれぞれ求めなさい。
 (4) コンデンサー C_1 に蓄えられている静電エネルギーを求めなさい。

次に、スイッチ S_1 を開いた。その後、スイッチ S_2 のみを閉じた。

- (5) スイッチ S_2 を閉じた直後に抵抗 R_2 を流れる電流を求めなさい。ただし、点 c から点 d に流れる向きを正とする。
 (6) スイッチ S_2 を閉じてから十分に時間が経過した後、抵抗 R_2 に電流が流れなくなった。このとき、コンデンサー C_1 の両端の電位差を求めなさい。

〔Ⅲ〕 屈折のため水中にある物が実際より大きく見えるが、この現象を考えよう。

図3のように、長さ a の物体OPが水面からの深さ d の位置にある。点Oの鉛直上方の、水面から h の高さの点Eから真下を見たところ、深さ d にある物体OPが長さ a' に見えたとする。点Pから出た光は水中から空气中へ入射角 i で入射し、屈折角 r で点Eにいたるものとし、以下の問いに答えなさい。

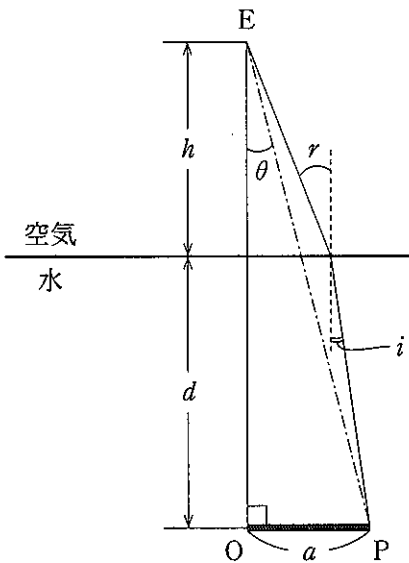


图 3

- (1) 解答欄中の図に補助線を加えて、 a' を図示しなさい。
- (2) a' は a の何倍か、 $\angle OEP$ を θ として、倍率 a'/a を θ と r を用いて導出の過程も含めて答えなさい。
- (3) 空気の絶対屈折率が 1、水の絶対屈折率が n であるとき、入射角 i 、屈折角 r と n の関係を示しなさい。
- (4) a が h や d に対して十分小さいとき、図に与えられている角度 θ 、 i 、 r は十分小さいとして $\tan \theta \simeq \sin \theta \simeq \theta$ などのように近似できる。このとき倍率 a'/a を h 、 d 、 n を用いて導出の過程も含めて答えなさい。

〔Ⅳ〕 片側の閉じたシリンダーに n [mol] の単原子分子理想気体を入れ、水平に滑らかに動くピストンで封じ込めた。シリンダーには熱源が設置されている。定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ [J/(mol・K)]、定圧モル比熱を $\frac{5}{2}R$ [J/(mol・K)]、気体定数を R [J/(mol・K)] とし、以下の問いに答えなさい。

シリンダーの体積を V_0 [m³] と一定に保ったまま、気体の圧力を P_0 [Pa] から P_1 [Pa] ($P_0 < P_1$) となるように変化させた。

- (1) 気体が吸収する熱量を答えなさい。
- (2) 変化前後で気体がされる仕事を答えなさい。

シリンダー内の気体の圧力を P_0 [Pa] と一定に保ったまま、気体の体積を V_0 [m³] から V_1 [m³] ($V_0 < V_1$) となるように変化させた。

- (3) 気体が吸収する熱量を答えなさい。
- (4) 変化前後で気体がされる仕事を答えなさい。

図4のように、シリンダー内の圧力と体積をAの状態からB、Cの状態を経て、再びAの状態に戻るように変化させた。すべての区間は直線に沿っての変化とする。直線BCの傾きを $-b$ ($b > 0$)、BC上の状態Xの体積を $(1+x)V_0$ ($x > 0$) とする。

- (5) 1サイクルで気体が外部にした仕事は図4のどの領域に相当するか、図中の記号を用いて答えなさい。
- (6) BX間で気体がされる仕事を答えなさい。
- (7) BX間での内部エネルギーの変化を答えなさい。

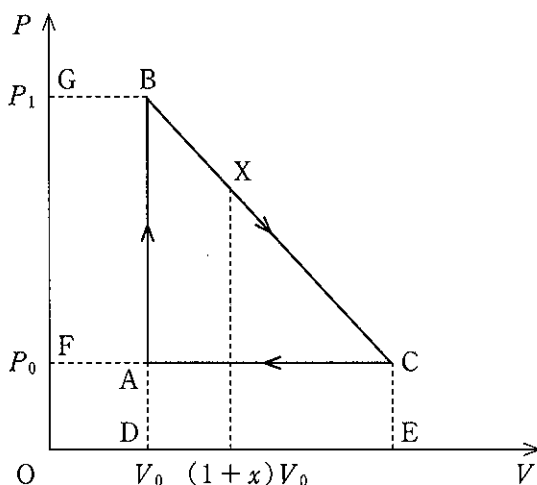


図4

〔V〕 電子の電荷 e と電子の質量 m を求めるために次の実験を行った。プランク定数を h として以下の問いに答えなさい。

図 5-1 に示すように、真空容器内で中央に穴が開いた金属電極 G に $+U$ の電圧をかけて陽極とすると、陰極 C より出てきた電子が陽極 G の穴から速さ v で放出される。これを電子銃と呼ぶ。ここでは電子の速さ v は光速より十分遅いものとする。

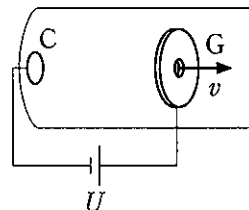


図 5-1

- (1) 電子銃から出てくる電子の速さ v を答えなさい。
- (2) 電子の波長 λ を答えなさい。

この電子銃(以下電子銃 G とする)を図 5-2 に示す右端面が蛍光面の陰極線管に取り付けた。電子銃 G から初速度 v で出てきた電子は陰極線管の中心軸を運動し、蛍光面の中心で発光した。この蛍光面中心を原点 O として、電子銃 G から原点 O の方向を x 軸、蛍光面の上下方向を y 軸とする。

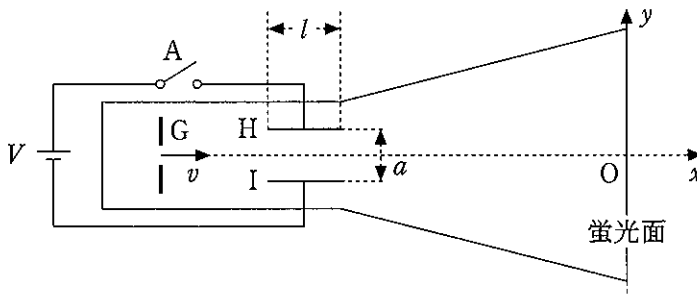


図 5-2

x 軸に沿って平行板電極 HI を置いた。電極板は x 軸方向の長さが l で間隔 a 離れて、 y 方向に電場を生じさせることができる。スイッチ A を閉じて、電極 HI 間に電圧 V をかけた。

- (3) 電極 HI 間に生じる電場 E の大きさを答えなさい。
- (4) 電極 HI 間にかかった電圧 V によって、蛍光面における発光位置は原点 O から y 軸の上方に移動した。電子が電極 HI 間で受ける力 F の大きさを答えなさい。

図5-3に示すように、電極 HI が設置されている場所に x , y 軸と直交する z 方向に磁極 NS を置き、電極板が作る電場の領域に磁束密度 B の一様磁場を生成させた。

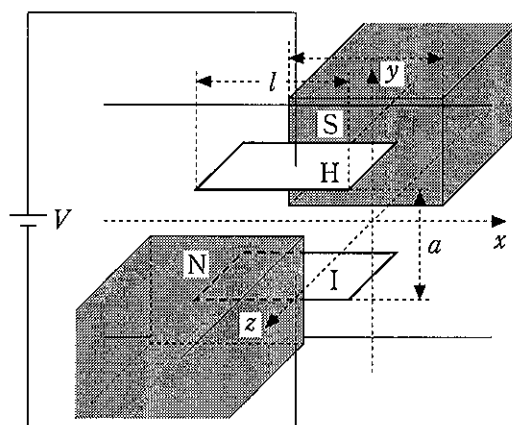


図 5-3

- (5) 電圧 V と磁束密度 B を一定に保ち、電子銃 G の電圧 U を変化させた。電子銃 G の電圧が U_0 、電子の速度が v_0 となったところ

で、蛍光面上の発光点は原点 O に一致した。 v_0 , V , B の間の関係を答えなさい。ただし $V \neq 0$ である。

- (6) (1)で求めた関係式より、電子の比電荷 e/m を v_0 を用いずに求めなさい。

陰極線管から電極 HI や磁極 NS を外し、 x 軸上に結晶試料 P を置いた。電子銃 G の電圧を U_0 として速度 v_0 、波長 λ の電子を結晶試料 P に照射したところ、結晶試料中の格子面間隔 d によって、 x 軸より回折角 $2\theta = 60^\circ$ の角度方向に $2d \sin \theta = \lambda$ のブラッグ反射が生じた(図5-4)。

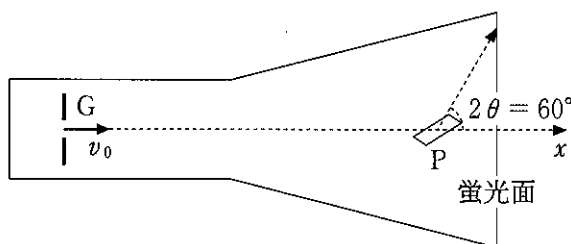


図 5-4

- (7) (2)の結果を用いて面間隔 d と電子銃 G の電圧 U_0 との関係を、 λ を用いずに答えなさい。
- (8) (6)と(7)の結果より電子の電荷 e および電子の質量 m を求める式を、 v_0 と λ を用いずに答えなさい。