

香川大学

物理

問題

2016年度入試

- 【学部】 教育学部、医学部、工学部、農学部
- 【入試名】 前期日程
- 【試験日】 2月25日
- 【問題解答前の確認事項】

【注意】 5題のうちいずれか4題を選択して解答する。



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 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。

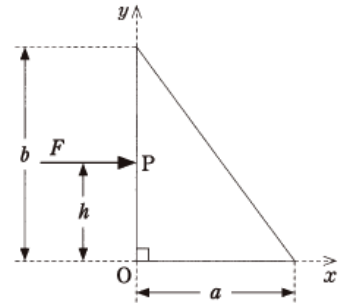


図1

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。

2 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。

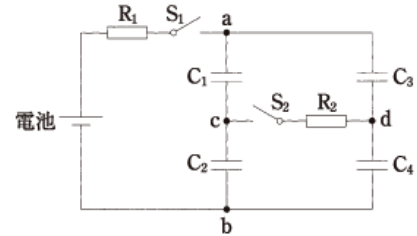


図2

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。

3 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。

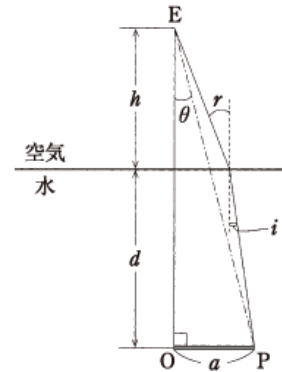


図3

- (1) 右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 $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta$ 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。

4 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 $(1+x)V_0$ [m³] ($x > 0$) とする。

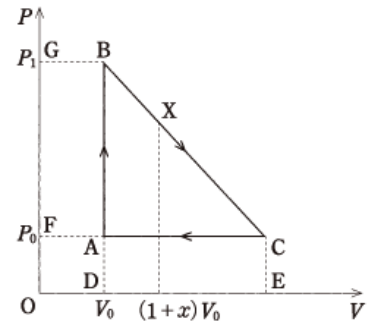


図4

- (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。

5 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。

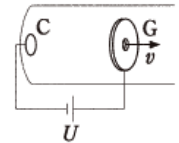


図5-1

- (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。

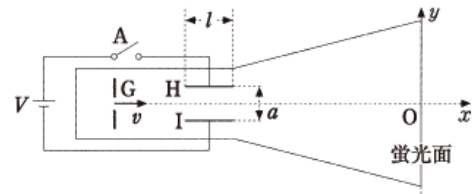


図5-2

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。

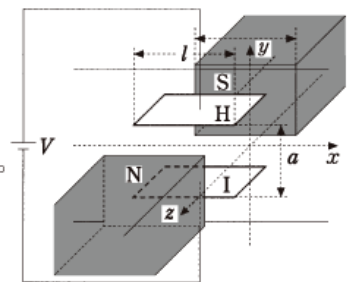


図5-3

- (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)。

- (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。

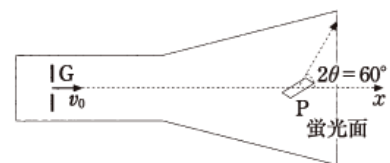


図5-4