

香川大学

物理

問題

2015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〕 4・5はいずれか1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、水平な床面に沿って x 軸 (右方向を正)、鉛直方向に y 軸 (上方を正) をとり、床面上に存在する原点を点 O とする。高さ h [m] ($h > 0$) の位置に水平で固定された軌道があり、その軌道上を質点 A (質量 m_A [kg]) を載せた射出台 P が左から右に向かって等加速度直線運動を行う。射出台 P の初速度は v_P [m/s] で、点 O の直上に t_0 [s] ($t_0 > 0$) 後に達する。射出台 P は点 O の直上に達した瞬間に鉛直上方向に初速度 v_A [m/s] ($v_A > 0$) で質点 A を射出する。それと同時に、点 O からは質量 m_B [kg] 質点 B を右上方に角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$)、初速度 v_B [m/s] ($v_B > 0$) で射出することになっている。射出台 P の加速度は、質点 A と質点 B を空中で衝突させることができるように設定される。これについて、以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度は g [m/s²]、空気の抵抗は無視できるものとする。また、射出後の質点 A と質点 B は、射出台 P とその軌道を透過するものと仮定する。

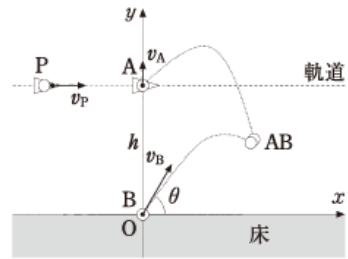


図1

- (1) 射出台 P の加速度を求めなさい。
- (2) 図1のように、質点 A が落下中に質点 B と衝突する場合、質点 A の高さが最高となる位置の x 座標と y 座標を求めなさい。
- (3) 質点 A と質点 B が射出されてから空中で衝突するまでの時間を求めなさい。
- (4) 質点 A が落下中に質点 B と衝突する場合、 h が満たすべき条件を求めなさい。

質点 A と質点 B は、床に落下する前に完全非弾性衝突により質点 AB となる。 $m_A = 3.0$ kg, $v_A = 3.0$ m/s, $m_B = 2.0$ kg, $v_B = 8.0$ m/s, $\theta = 30^\circ$, $g = 10$ m/s², $\sqrt{3} = 1.7$ であるとして以下の問いに答えなさい。

- (5) 質点 A と質点 B が衝突して質点 AB となった位置の x 座標と y 座標を求めなさい。
- (6) 質点 A と質点 B が衝突して質点 AB となった直後の、質点 AB の速度の x 成分と y 成分を求めなさい。

2 図2のような直流回路において、起電力 $E_1 = 24$ V, $E_2 = 8$ V の電池、抵抗 $R_1 = 100$ Ω , $R_2 = 25$ Ω , $R_3 = 60$ Ω , 可変抵抗 R [Ω], 電流計 A , および、スイッチ S が接続されている。ただし、電池および電流計の内部抵抗は無視できるものとする。解答において、必要な場合は、小数点第2位まで答えよ。

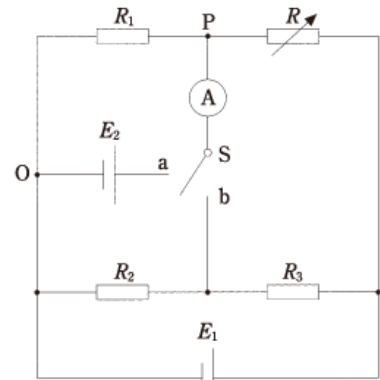


図2

- (1) スイッチ S を a 側に入れた状態にする。
 - ① 電流計に電流が流れないようにしたとき、点 O に対する点 P の電位 [V] を求めなさい。
 - ② 電流計に電流が流れないようにしたとき、可変抵抗 R [Ω] の大きさを求めなさい。
 - ③ 電流計に 0.17 A の電流が図の上から下に向かって流れたとき、可変抵抗 R [Ω] の大きさを求めなさい。
- (2) スイッチ S を a 側から、 b 側に切り替えた状態にする。
 - ① 電流計に電流が流れないようにしたとき、可変抵抗 R [Ω] の大きさを求めなさい。
 - ② 可変抵抗 $R = 30$ Ω にしたとき、回路全体の消費電力 [W] を求めなさい。
 - ③ 可変抵抗 $R = 30$ Ω にしたとき、電流計に流れる電流 [A] の大きさを求めなさい。

3 正弦波が x 軸に沿って正の向きに進んでいる。観測機器を地点 $x = 0$ m に設置し波の変位 y [m] を観測した結果、図3の波形を得た。

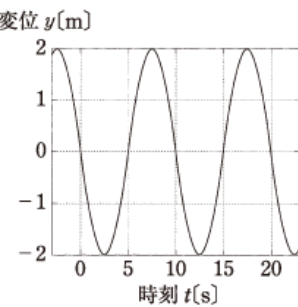


図3

- (1) 図3の波形について、変位 y [m] と時刻 t [s] との関係を表す正弦関数を用いて表しなさい。
- (2) この波の振動数 f [Hz] を答えなさい。
 地点 $x = 20$ m に別の観測機器を設置したところ、地点 $x = 0$ m での測定と比較して逆位相となる波形を観測した。このような観測地点は 0 m $< x < 20$ m には存在しないことも分かった。
- (3) この波の波長 λ [m] を答えなさい。
- (4) この波の進む速さ v [m/s] を答えなさい。
- (5) 時刻 t [s] における、地点 x [m] の波の変位 y [m] を答えなさい。
- (6) 時刻 $t = 15$ s における、波の変位 y [m] をグラフに書きなさい。

上記の正弦波と同じ周期・振幅を持つ正弦波を x 軸の負の向きに加えた。このとき二つの波は干渉し、定常波が発生する。

- (7) 最も振幅が大きくなる点を定常波の腹という。定常波の腹での振幅 [m] を答えなさい。
- (8) 腹と腹との間隔 [m] を答えなさい。

4 図4に示すように断熱された容器とピストンを用いて、単原子分子からなる n [mol] の理想気体を密封した。ピストンの断面積は S [m²] で質量は無視できる。容器内には発熱体を取り付けられている。容器内部の理想気体の初期状態は体積 V_0 [m³]、圧力 p_0 [Pa]、絶対温度 T_0 [K] だった。気体定数を R [J/(mol·K)] とし以下の問いに答えなさい。

- (1) ピストンが動かないように固定した。初期状態の理想気体に、発熱体を用いて Q [J] の熱を与えた。しばらく時間がたつと、容器内の状態は一様となり、体積 V_1 [m³]、圧力 p_1 [Pa]、絶対温度 T_1 [K] となった。
- ① このとき、 n [mol] の気体の内部エネルギー U_1 [J] を求めなさい。
 - ② T_1 [K] と元の温度 T_0 [K] との差を ΔT_1 [K] とする。加えた熱 Q [J] と ΔT_1 [K] の関係を示しなさい。
- (2) ピストンが滑らかに動くことができるようにした。初期状態の理想気体に、発熱体を用いて Q [J] の熱を与えた。しばらく時間がたつと、容器内の状態は一様となり、体積 V_2 [m³]、圧力 p_2 [Pa]、絶対温度 T_2 [K] となった。
- ① このとき、 n [mol] の気体の内部エネルギー U_2 [J] を求めなさい。
 - ② 気体が外部に行った仕事 W_{out} [J] を体積を用いて答えなさい。
 - ③ 気体が外部に行った仕事 W_{out} [J] を体積を用いずに答えなさい。
 - ④ T_2 [K] と元の温度 T_0 [K] との差を ΔT_2 [K] とする。加えた熱量 Q [J] と ΔT_2 [K] の関係を示しなさい。

この実験装置を上皿はかりに乗せたところ、 M_0 [kg] と表示された。重力加速度を g [m/s²] とし以下の問いに答えなさい。はかりの皿の上下動はごくわずかで無視できるものとする。

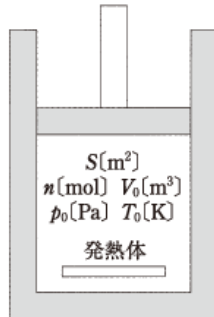


図4

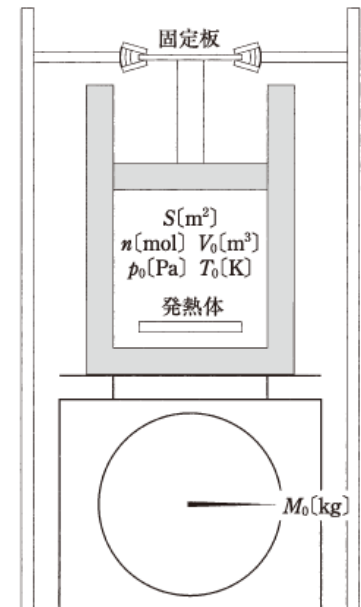


図5

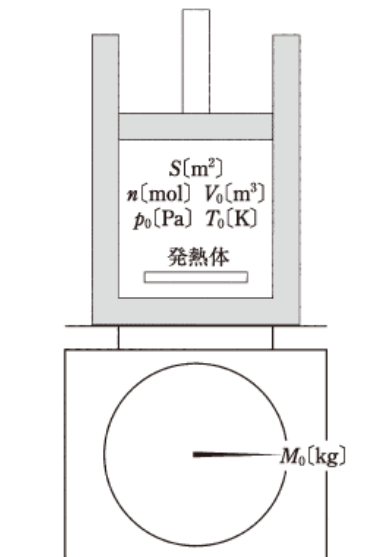


図6

- (3) 図5のようにピストンの上に、固定板を設置し、ピストンが初期状態の位置から、上に上がらないようにした。固定板の質量は、はかりの表示に影響しない。初期状態の理想気体に、発熱体を用いて Q [J] の熱を与えた。しばらく時間がたつと、容器内の状態は一様となり、体積 V_1 [m³]、圧力 p_1 [Pa]、絶対温度 T_1 [K] となった。
- ① p_1 [Pa] と元の圧力 p_0 [Pa] との差を Δp_1 [Pa] とする。 Δp_1 [Pa] を絶対温度を用いて答えなさい。
 - ② 上皿はかりに表示される質量の M_0 [kg] からの変化量 ΔM_1 [kg] を絶対温度や圧力を用いずに答えなさい。
- (4) 図6のように、実験装置を上皿はかりに載せたまま固定板を外し、ピストンが滑らかに動くことができるようにした。初期状態からゆっくりとピストンを押し込むと体積 V_3 [m³]、圧力 p_3 [Pa]、絶対温度 T_3 [K] となった。この場合、発熱体は発熱しない断熱変化の過程なので、 $pV^\gamma = \text{一定}$ が成立する。 γ は比熱比と呼ばれ、(1)–② で得られた ΔT_1 と (2)–④ で得られた ΔT_2 の比 $\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \gamma$ で与えられる。上皿はかりに表示される質量の M_0 [kg] からの変化量 ΔM_3 [kg] を絶対温度や圧力を用いずに答えなさい。ただし、初期状態の絶対温度 T_0 [K] は用いてよい。

5 電子の電荷を求める実験がミリカンにより行われた。この実験と同様の実験を行った。

図7のように、絶縁体の容器に2つの水平で平行な極板を設置した。極板間に電圧をかけ、霧吹きを使って油滴を吹き込んだ。極板間の電場は同様であったとする。油滴周辺の空気分子にX線を当ててイオン化^(a)させ、イオンを油滴に付着させた。この油滴は電場から電気力^(b)を受け運動するが、この油滴1つずつを顕微鏡で観察^(c)した。

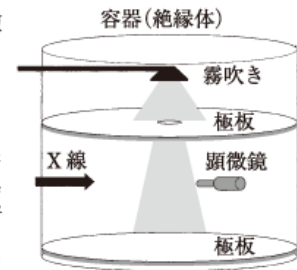


図7

次に、極板間の電圧を0にして、油滴を落下させた。落下する油滴にたいして重力と空気抵抗がつりあう速度^(d)を観察した。

これら二通りの実験の間の油滴の運動の様子から油滴に付着した電荷^(e)を計算し、これにもとづいて電子の電荷^(d)を求めた。

重力加速度を g 、プランク定数を h 、光速を c とする。

下線部(a)について以下の問いに答えなさい。

- (1) X線の波長を λ とするとき、光子1個のエネルギーはいくらか答えなさい。
- (2) X線管によりX線を発生させるとき、特定のエネルギーをもつX線が放射される。このX線を何というか答えなさい。
- (3) X線によりイオン化される現象の名称を1つ答えなさい。

下線部(b)について以下の問いに答えなさい。

- (4) 極板間の電圧が V 、間隔が d として、電場の大きさを答えなさい。
- (5) 油滴がイオン化され電荷が q として、受ける電気力を答えなさい。

下線部(c)について以下の問いに答えなさい。

- (6) 極板間で油滴が静止していた。このとき得られる関係式を答えなさい。ただし、油滴の質量を m とする。

下線部(d)について以下の問いに答えなさい。

- (7) 空気の抵抗力が油滴の落下する速さ v に比例し、比例定数を k とする。このとき得られる関係式を答えなさい。ただし、油滴の質量を m とする。

下線部(e)について、実験の結果得られた油滴の電気量を計算したところ、表1を得た。以下の問いに答えなさい。

表1 油滴の電気量

実験番号	1	2	3	4	5
電荷 [10^{-19} C]	14.42	11.22	7.99	4.81	3.19

- (8) 測定値の差を6通り計算し、小さな値から順に書きなさい。
- (9) (8)で答えた6個の電荷の差のうち最も小さな値を、それぞれ、電子1個、2個、3個分の電荷と仮定した場合について、6個の電荷の差の値を比で表しなさい。表した比のうち簡単な整数比になるものを答えなさい。ただし測定値には、ばらつきがあることを考慮しなさい。
- (10) (9)にもとづき、表1の実験番号1の測定値は電子何個分の電荷に相当するか答えなさい。
- (11) 電子の電荷を求めるために、表1の結果をすべて反映させるように平均をとる。この計算式を書きなさい。