

A, B, D

平成 29 年度個別学力検査問題  
(国際資源学部, 教育文化学部, 理工学部)

物 理

前 期 日 程

注 意 事 項

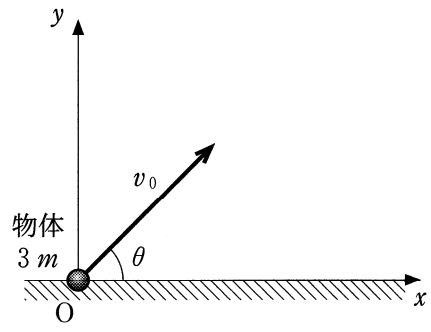
- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 10 ページあります。解答用紙は 1 枚あります。  
問題は I から IV まで 4 題あります。ただし, IV は問題 A または B のいずれかを選択して解答しなさい。  
試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 監督者の指示に従って, 解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は, 解答用紙の該当欄に記入しなさい。
- 5 配付された解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 6 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

I 次の文章中の空欄①を語句で、②～⑨を数式で埋め、解答欄に記入しなさい。

物体の斜方投射を考える。図のように、水平な地面上の発射点を点Oとし、水平方向右向きに $x$ 軸、鉛直方向上向きに $y$ 軸をとり、 $xy$ 平面内で物体は運動する。時刻 $t = 0$ に、点Oから質量 $3m$ の物体を $x$ 軸方向より角度 $\theta$ だけ上向きに、初速度の大きさ $v_0$ で発射した。重力の作用する方向は鉛直下向きで、重力加速度の大きさを $g$ とする。物体の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。

(i) 物体を発射して最高点に達するまでについて考える。物体は発射後、放物運動をする。この運動を $x$ 軸方向と $y$ 軸方向に分解して考えると、 $x$ 軸方向には等速運動、 $y$ 軸方向には( ① )運動と同じ運動をする。物体の速度を $\vec{v} = (v_x, v_y)$ とおけば、物体発射後の時刻 $t$ における $v_x, v_y$ は、それぞれ $v_0, g, \theta, t$ から必要なものを用いて、 $v_x =$  ( ② ),  $v_y =$  ( ③ )で表される。このときの物体の座標 $(x, y)$ は、それぞれ $v_0, g, \theta, t$ から必要なものを用いて、 $x =$  ( ④ ),  $y =$  ( ⑤ )で表される。物体が最高点に達したときの時刻 $T$ と最高点の高さ $H$ は、それぞれ $v_0, g, \theta$ を用いて、 $T =$  ( ⑥ ),  $H =$  ( ⑦ )で表される。

(ii) この物体が最高点に達した瞬間に、質量が $2m$ と $m$ の2つの物体に分裂した。質量 $2m$ の分裂片を物体A、質量 $m$ の分裂片を物体Bと呼ぶ。物体の分裂が水平方向( $x$ 軸に平行)に起きたとすると、物体Aの分裂直後の速度は $\vec{v}' = (v'_x, 0)$ とおくことができる。ここで、 $v'_x$ は正の値でかつ物体Bの速度の $x$ 成分の2倍であった。なお、物体の分裂前後において運動量は保存されるものとする。このとき $v'_x$ は、分裂直前の物体の速度 $v_x$ を用いて、 $v'_x =$  ( ⑧ )と表される。その後、物体Aと物体Bは地面に落下したが、点Oから物体Aの落下点までの水平到達距離 $L$ は、 $v_x, T$ を用いて、 $L =$  ( ⑨ )で表される。



II 次の文章中の空欄①, ②, ⑤, ⑥を数式で, ③, ④を語句で, ⑦~⑨を数値で埋め, 解答欄に記入しなさい。

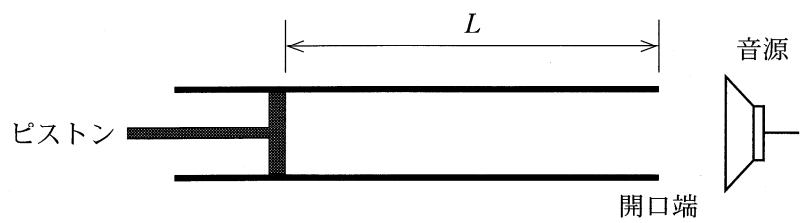
図のように, 左側に可動式のピストンをはめこんだ円筒管がある。その右側の開口端付近に音源を置き, そこから音量が一定の音波を放出する。開口端からピストンの壁までの距離  $L$  [m] はピストンを動かすことにより変えることができる。管内の音速は  $V$  [m/s] とする。

(i) 音源が発する音波の振動数を  $f_0$  [Hz] とすると, 音波の周期は ( ① ) [s], 音波の波長は ( ② ) [m] である。

(ii) ここで, 開口端補正が無視できる場合を考える。音源が発する音波の振動数を一定にして, 開口端に置いたピストンを開口端から遠ざけていくと,  $L = L_0$  [m] のときに, 最初の共鳴が起きた。この状態を状態 A とする。状態 A において開口端は定常波の ( ③ ) となっており, ピストンの壁は定常波の ( ④ ) となっている。

ピストンを状態 A の位置で固定したまま, 音源が発する音波の振動数を大きくしていくと, 何回かの共鳴が起きた。状態 A を 1 回目として,  $n$  回目の共鳴が起きたときの音波の波長は,  $n, L_0$  を用いて  $\lambda_n =$  ( ⑤ ) [m], 振動数は,  $n, L_0, V$  を用いて  $f_n =$  ( ⑥ ) [Hz] と表される。

(iii) 次に, 開口端補正が無視できない場合を考える。音源が発する音波の振動数を一定にして, ピストンを開口端 ( $L = 0.0$  cm) から徐々に遠ざけたところ,  $L = 5.0$  cm のときに 1 回目の共鳴が,  $L = 18.0$  cm のときに 2 回目の共鳴が起きた。このことより, 音波の波長は ( ⑦ ) [cm] であり, 開口端補正は ( ⑧ ) [cm] であることが分かる。3 回目の共鳴が起きるのは  $L =$  ( ⑨ ) [cm] のときである。



Ⅲ 次の文章中の空欄①, ⑨を語句で, ②~⑤, ⑧, ⑩を数式で埋め, ⑥は(ア)および(イ)のいずれか正しいものを1つ選び, ⑦を数値で埋め, 解答欄に記入しなさい。

(i) 電池に電気器具をつなぐと, 電流は電池の正極から電気器具へと流れ, 電気器具から電池の負極へと戻り, 逆向きには流れない。このような電流を( ① )という。電池の起電力を  $E$ , 電池の内部抵抗を  $r$ , 電気器具の抵抗を  $R$  とする。このとき, 電気器具に流れる電流は,  $E, r, R$  を用いて, ( ② )であり, 電気器具に加えられる電圧は,  $E, r, R$  を用いて, ( ③ )である。

また, 同じ電気器具をもう1台用意し, 2台の電気器具を電池に並列接続した場合, 1台の電気器具に流れる電流は,  $E, r, R$  を用いて, ( ④ )となる。

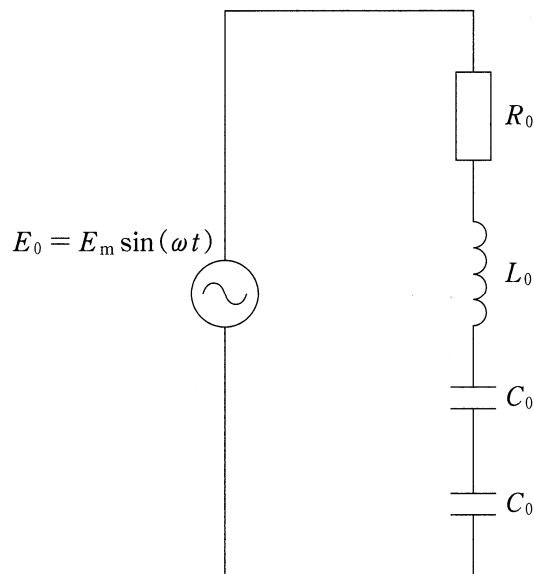
(ii) 発電所で作り出された交流の電気エネルギーは, 送電線によって各家庭に運ばれる。しかし, そのエネルギーの一部は送電線の抵抗でジュール熱として失われてしまう。発電所から送電される電力を  $P$ , 送電電圧を  $V$ , 送電線の抵抗を  $r_0$  とすると, 送電線で単位時間あたりに発生するジュール熱(電力損失)は,  $P, V, r_0$  を用いて, ( ⑤ )となる。一定の電力を運ぶ場合, 送電電圧を(⑥ (ア)高く, (イ)低く)すれば, 送電線におけるジュール熱の発生が抑えられ, エネルギーの損失を少なくできる。

交流の電気エネルギーが発電所から各家庭に運ばれる間に, 変電所や柱上変圧器によって電圧が変圧される。例えば, 一次コイルの巻き数が1000回, 二次コイルの巻き数が200回の変圧器の場合, 一次コイルに電流が流れ, 実効値が  $V_{1e}$  の電圧が生じたとすると, 二次コイルに生じる電圧の実効値  $V_{2e}$  は,  $V_{1e}$  の( ⑦ )倍に変圧される。

(iii) 図のように、抵抗  $R_0$  の抵抗器、自己インダクタンス  $L_0$  のコイル、電気容量  $C_0$  の 2 個のコンデンサーからなる直列回路に、電圧  $E_0 = E_m \sin(\omega t)$  である交流電源を接続した。ここで、 $E_m$  は振幅、 $\omega$  は角周波数、 $t$  は時刻である。コンデンサー 2 個の合成容量  $C_1$  は、 $C_0$  を用いて、( ⑧ ) である。電圧  $E_0$  の角周波数  $\omega$  を変化させていくと回路を流れる電流の振幅が変化し、 $\omega = \omega_0$  において、振幅が最大となった。このように、特定の角周波数で大きな電流が流れる現象を( ⑨ )という。角周波数  $\omega$  において回路に流れる電流の振幅  $I_m$  は、

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R_0^2 + \left(\omega L_0 - \frac{1}{\omega C_1}\right)^2}}$$

と表されるので、回路が( ⑨ )しているときの角周波数  $\omega_0$  は、 $L_0$ 、 $C_0$  を用いて、( ⑩ )である。



IV 問題Aと問題Bのいずれかを選択して解答しなさい。なお、解答欄にある、選択した問題の記号Aまたは記号Bを○で囲みなさい。

《問題A》

次の文章中の空欄①，②を語句で，③～⑦を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

- (i) 蒸気機関やガソリン機関のように，熱の吸収，放出を繰り返して熱を( ① )  
に  
変える装置を( ② )という。熱を吸収するための高温熱源と，熱を放出する  
ための低温熱源が( ② )を働かせるためには必要である。

気体の状態が，ある状態からいろいろな状態を経て最初の状態にもどるとき，  
この状態変化をサイクルという。1サイクルする間に，サイクルを行う物質が高  
温熱源から吸収する熱量を  $Q_1$  [J]，低温熱源に放出する熱量を  $Q_2$  [J]とすれ  
ば，外部にする( ① )は( ③ ) [J]である。低温熱源に放出した熱量  $Q_2$  は  
( ① )に変えることなく捨てられる。この場合の熱効率は  $Q_1$  と  $Q_2$  を用いて  
( ④ )と表される。

- (ii) 図1のように，容器の中を厚さが無視できる仕切りにより二つの部屋A，Bに  
区切り，同種の単原子分子理想気体を，それぞれ  $n_A$ ， $n_B$  [mol] ずつ入れ，それ  
ぞれの温度を  $T_A$ ， $T_B$  [K] に保った ( $T_A \neq T_B$ )。容器および仕切りは断熱素材で  
できており，熱を伝えないものとする。仕切りを取り去り，全体の状態が一様  
になったときの混合された気体の温度は( ⑤ ) [K] となる。

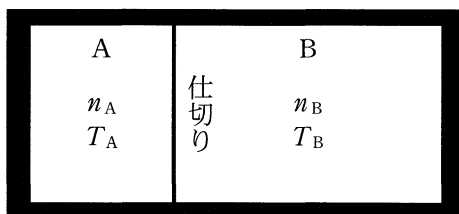


図1



(iii) 二つの同じ容器 C, D に同じモル数の理想気体を入れ, 図 2 のように向かい合  
わせてピストンをつなぎ, 容器を水平な台に固定する。このとき両気体とも温度  
 $T_0$  [K], 圧力  $P_0$  [Pa], 体積  $V_0$  [m<sup>3</sup>] であった。ここで, 容器 C の気体を温度  
 $T_0$  [K] に保ち, 容器 D の気体の温度を上げて  $T_1$  [K] に保ったとき, 容器 D の気  
体の圧力, 体積はそれぞれ ( ⑥ ) [Pa], ( ⑦ ) [m<sup>3</sup>] に変化する。ただし,  
ピストンは断熱素材でできており, なめらかに動くものとする。

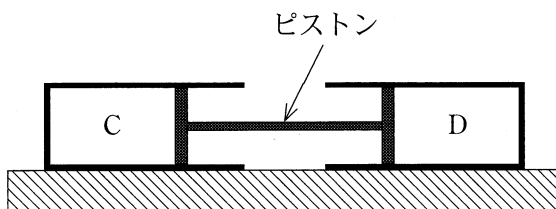


図 2

《問題B》

次の文章中の空欄①～⑦を数式で埋め、解答欄に記入しなさい。

図のように、ガラス管、いくつかの電極および蛍光板で構成される装置を考える。この装置においてガラス管内部を真空にし、陰極と陽極の間に高電圧を加えると陰極から電子が飛び出すようになる。この電子は陰極と陽極の間の電場で加速され、陽極の穴を通過後も直進運動を続け、速度  $v_0$  で電極 MN 間(電極 M と電極 N は平行)に進入する。電子の電気量を  $-e$  ( $e > 0$ )、質量を  $m$  とし、重力の影響は無視できるものとする。なお、電子の位置を示す  $xyz$  座標軸を図のように設定し、電極 MN 間の  $x$  軸方向の長さを  $l$ 、電極 MN 間の中央から蛍光板上の点 O までの距離を  $L$  とする。空欄①～⑥に入る数式を埋める際には、 $e$ 、 $m$ 、 $l$ 、 $L$ 、 $v_0$ 、 $E$  から必要なものを用いて表しなさい。

- (i) 電極 MN 間に電場が無い場合、電極 MN 間に速度  $v_0$  で進入した電子は、電極 MN 間を通過後も運動を続け、その後蛍光板上の点 O へ到達し、そこに輝点を生じる。このとき、電極 MN 間の通過に要する時間  $t_1$  は、 $t_1 =$  ( ① ) と表される。
- (ii) 電極 MN 間に M から N に向かう強さ  $E$  の一様な電場をかけた場合、電子は電場と逆向きで大きさ  $F_1$  の力を受け蛍光板上の点 P に到達するようになる。このとき、 $F_1 =$  ( ② ) と表され、電子の加速度の  $y$  成分  $a_y$  は、運動方程式より  $a_y =$  ( ③ ) と表される。一方、電極 MN 間を通過後の電子は一定の速度で進む。通過後の電子の速度の  $x$  成分  $v_x$  と  $y$  成分  $v_y$  は、それぞれ  $v_x = v_0$ 、 $v_y =$  ( ④ ) と表される。また、電子の進行方向は、電極 MN 間への進入方向に対して角度  $\alpha$  だけ曲げられる。ここで角度  $\alpha$  は、 $\tan \alpha =$  ( ⑤ ) と表される。電極 MN 間を通過した電子が蛍光板上に到達する点 P の  $y$  座標を  $y'$  とする。 $y'$  は、電極 MN 間での変位の  $y$  成分  $y_1$  と、電極 MN 間の右端から蛍光板における区間での変位の  $y$  成分  $y_2$  の和として、 $y' = y_1 + y_2 =$  ( ⑥ ) と表される。

- (iii) 電極 MN 間において、M から N に向かう強さ  $E$  の一様な電場に加え、磁束密度  $B$  の磁場を  $z$  軸の負の方向にかける。ここで、磁束密度  $B$  の大きさを  $B_1$  に変化させ、電極 MN 間に進入した電子が  $x$  軸に平行に直進して蛍光板上の点 O に到達するようにした。このとき、電子の速度  $v_0$  は、 $E$  と  $B_1$  を用いて  $v_0 = ( \text{⑦} )$  と表される。

