

令和 6 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

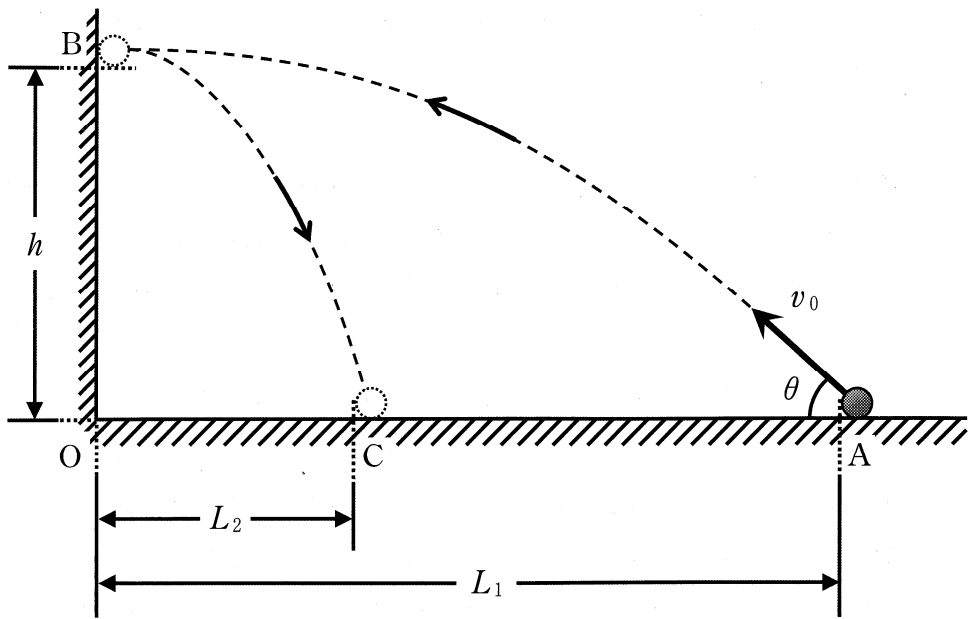
- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 10 ページあります。解答用紙は 1 枚あります。
問題は I から IV まで 4 題あります。ただし, IV は問題 A または問題 B のいずれかを選択して解答しなさい。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 監督者の指示に従って, 解答用紙に受験番号と氏名を記入しなさい。
- 4 解答は, 解答用紙の該当欄に記入しなさい。
- 5 配付された解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 6 試験終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

I 次の文章中の空欄①～⑧を数式で埋め、解答欄に記入しなさい。

図のように、なめらかで鉛直な壁から L_1 だけ離れた水平な床の上の点 A から、壁に向かって水平面より角度 θ の方向に速さ v_0 で質量 m の小球を投げ出した。その後、小球は壁面上の点 B で壁に垂直に衝突し、はねかえって床の上の点 C に落ちた。点 B における衝突のはねかえり係数(反発係数)を e 、重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

(i) 投げ出した小球の初速度における鉛直成分の大きさは、 v_0 、 θ を用いて (①) と表される。小球が点 B に衝突する直前の速さ v_1 は、 v_0 、 θ を用いて $v_1 =$ (②) と表される。また、投げ出してから小球が壁に到達するまでに要した時間 t は、 v_0 、 g 、 θ を用いて $t =$ (③) と表される。したがって、OA の距離 L_1 は、 v_0 、 g 、 θ を用いて $L_1 =$ (④)、点 B の高さ h は、 v_0 、 g 、 θ を用いて $h =$ (⑤) と表される。

(ii) はねかえった直後の小球の速さ v_1' は、 e 、 v_1 を用いて $v_1' =$ (⑥) と表される。また、この衝突で小球が壁から受けた力積の大きさは、 m 、 e 、 v_1 を用いて (⑦) と表される。ここで、小球が点 B から点 C まで落下するのに要した時間は、投げ出してから壁に到達するまでに要した時間 t と同じであるため、OC の距離 L_2 は、 e 、 L_1 を用いて $L_2 =$ (⑧) と表される。

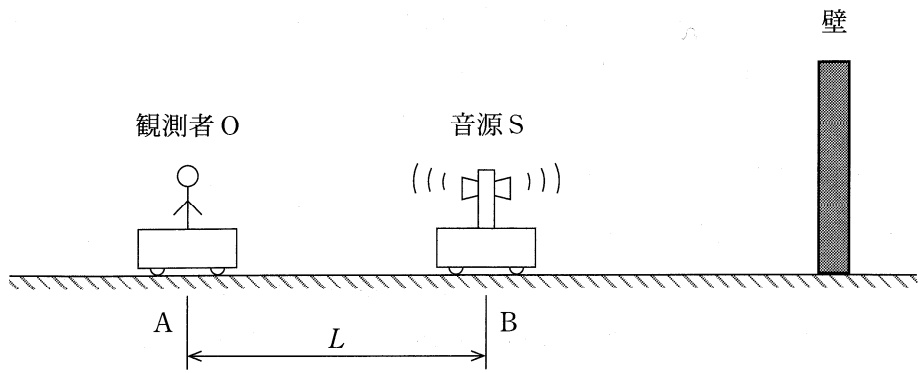


II 次の文章中の空欄①～④，⑥～⑧を数式で埋め，⑤については適切な文を解答欄に記入しなさい。

図のように，観測者 O，音源 S，および壁が一直線上に並んでいる。観測者 O と音源 S は一定の速さで移動できるが，壁は動かないものとする。音源 S が発する音の振動数を f [Hz]，音速を V [m/s] とし，風は吹いていないものとする。

(i) 観測者 O が位置 A で静止したまま，音源 S を壁に向かって速さ v_s [m/s] で移動させた。ただし， $v_s < V$ とする。音源 S は時刻 $t = 0$ s に，位置 B において音波の密部(空気の密度が最大の部分)を放出した(これを 1 番目の密部と呼ぶ)。このときの AB 間の距離を L [m] とする。観測者 O に 1 番目の密部が届く時刻は， V, v_s, L, f の中から必要なものを用いて(①) [s] と表される。音源 S から 2 番目の密部が放出されるのは 1 周期経過後なので，その時刻における観測者 O と音源 S の距離は， V, v_s, L, f の中から必要なものを用いて(②) [m] と表される。そのため，2 番目の密部が観測者 O に届く時刻は， V, v_s, L, f の中から必要なものを用いて(③) [s] と表される。よって，観測者 O に音源 S から直接聞こえる音の振動数は， V, v_s, L, f の中から必要なものを用いて(④) [Hz] と表される。

(ii) 次に，音源 S を壁に向かって速さ v_s [m/s] で移動させたまま，観測者 O を壁から遠ざかる方向に速さ v_o [m/s] で移動させた。ただし， $v_o < V$ とする。観測者 O に音源 S から直接聞こえる音は，観測者 O が移動を開始する前と比べてどのように聞こえるか，理由とともに解答欄⑤に簡潔に記入しなさい。このときの振動数は， V, v_s, v_o, L, f の中から必要なものを用いて(⑥) [Hz] と表される。また，壁で反射して観測者 O に聞こえる音の振動数は， V, v_s, v_o, L, f の中から必要なものを用いて(⑦) [Hz] と表される。直接聞こえる音と壁で反射して聞こえる音によって観測者 O が 1 秒間に聞かうなりの回数は， V, v_s, v_o, L, f の中から必要なものを用いて(⑧) 回と表される。



Ⅲ 次の文章中の空欄①, ③~⑧を数式で埋め, ②, ⑨, ⑩は(ア)~(エ)のうちから正しいものを1つ選び, 解答欄に記入しなさい。

(i) 図1のように, xy 平面内の x 軸上の点 $A(-1, 0)$ と点 $B(1, 0)$ にそれぞれ正の電荷 q を固定する。はじめに, y 軸上の点 $C(0, c)$ における電場 ($c > 0$) を, 2点 A, B の電荷がそれぞれ点 C につくる電場の重ね合わせによって求める。静電気力に関するクーロンの法則の比例定数を k_0 とすると, 点 A の電荷が点 C につくる電場の大きさは, q, k_0, c を用いて (①) と表される。点 B の電荷が点 C につくる電場の大きさも (①) と表される。これらの2つの電場ベクトルを合成すると, 点 C における電場の向きは(② (ア) x 軸の正の向き, (イ) x 軸の負の向き, (ウ) y 軸の正の向き, (エ) y 軸の負の向き)となる。また, 点 C における電場の大きさは, q, k_0, c を用いて (③) と表される。

次に, 2点 A, B の間の点 $D(d, 0)$ における電位を求める。点 D の電位 V_D は2点 A, B の電荷がそれぞれ点 D につくる電位の和によって求められる。電位の基準の位置を無限遠にとると, V_D は, q, k_0, d を用いて (④) と表される。点 D の位置を2点 A, B の間で変化させたとき, V_D の最小値は, q, k_0 を用いて (⑤) と表される。

(ii) 図2のように, 1辺の長さが l の正方形のコイルを, 鉛直上向きで一様な磁場内に水平に置く。コイルの巻き数を1とし, PQ 間の間隔は十分小さく無視できるものとする。磁場の磁束密度を B とし, コイルに生じる誘導起電力の正の向きを図2の $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の向きにとる。図3のように, 磁束密度 B は時刻 $0 \sim$ 時刻 T において原点 O から直線的に増加し, その後は一定値 B_0 となった。時刻 $0 \sim$ 時刻 T におけるコイルの誘導起電力 V_1 は, B_0, l, T を用いて (⑥) と表される。また, 図4のように, コイル面を水平面から角度 θ の状態に固定し, B を図3のように変化させたとき, 時刻 $0 \sim$ 時刻 T におけるコイルの誘導起電力 V_2 は, B_0, l, T, θ を用いて (⑦) と表される。

次に, 図4において, B が一定値 B_0 となった後に P から Q に直流電流 I を流した。このとき, コイルの辺 ab が受ける力の大きさは, B_0, l, I を用いて

(⑧)と表される。図5は図4をコイルの辺ad側から見た図であり、コイルの辺abが受ける力の向きは図5の(ア), (イ), (ウ), (エ)となる。このように、電流が磁場から力を受ける現象は(⑩ ア) コンデンサー, (イ) モーター, (ウ) 変圧器, (エ) アンテナ)に応用されている。

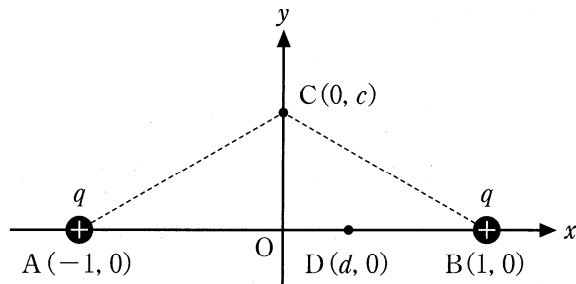


図 1

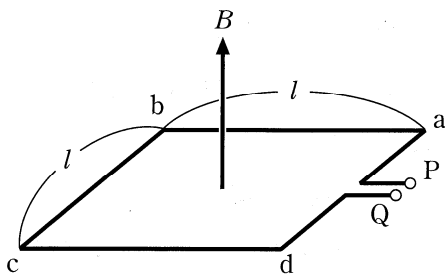


図 2

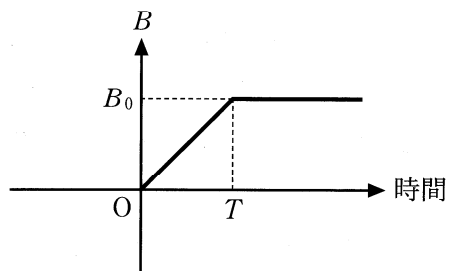


図 3

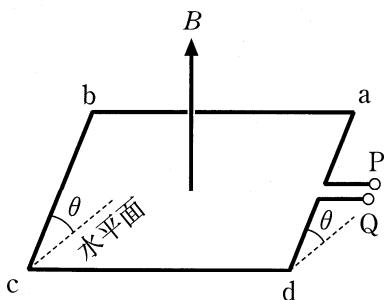


図 4

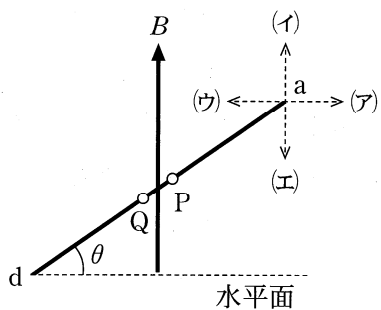


図 5

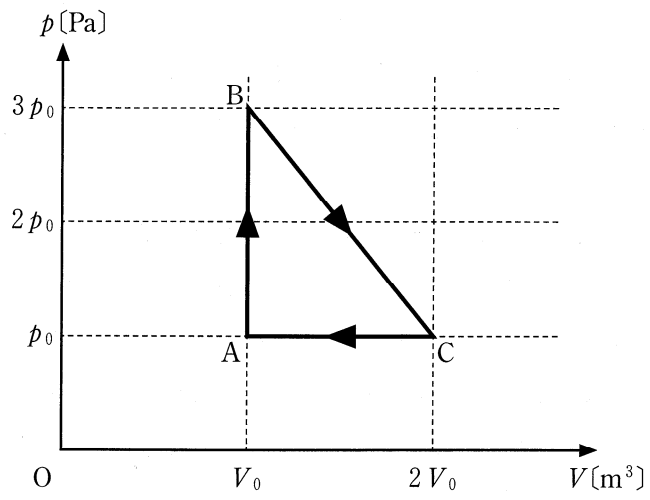
IV 問題Aと問題Bのいずれかを選択して解答しなさい。なお、解答欄にある、選択した問題の記号Aまたは記号Bを○で囲みなさい。

《問題A》

次の文章中の空欄①～⑦を数式で埋め、解答欄に記入しなさい。ただし、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。

n [mol] の単原子分子理想気体の体積 V [m³] と圧力 p [Pa] を図のように変化させた。A→Bは定積変化，C→Aは定圧変化，B→Cはグラフ上の直線に沿って変化するものとする。状態A，B，Cにおける温度 T_A ， T_B ， T_C [K] は、それぞれ、 p_0 [Pa]， V_0 [m³]， n ， R を用いて、 $T_A =$ (①)， $T_B =$ (②)， $T_C =$ (③) [K] と表される。この気体がA→B→C→Aの1サイクルの間に外部に対してする仕事 W [J] は、 p_0 ， V_0 を用いて、 $W =$ (④) [J] と表される。また、 n [mol] かつ温度 T [K] の単原子分子理想気体の内部エネルギー U [J] が $U = \frac{3}{2} nRT$ で与えられることを用いると、C→Aで気体が放出する熱量 Q_{CA} [J] は、 p_0 ， V_0 を用いて、 $Q_{CA} =$ (⑤) [J] と表される。

次に、A→B→C→Aの1サイクルの間における気体の温度の最高値 T_{\max} [K] を求める。理想気体の状態方程式によれば、気体の温度は p と V の積に比例する。したがって、気体の体積が一定ならば圧力が高いほど、また、圧力が一定ならば体積が大きいほど、気体の温度は高くなる。このことより、1サイクルの間で気体の温度が最高になる点は、線分BC上にある。線分BCの傾きは、 p_0 ， V_0 を用いて、(⑥) [Pa/m³] と表される。また、線分BCは点B(V_0 ， $3p_0$)を通る直線の一部であることより、線分BC上の点は、 $p =$ (⑥) $\times (V - V_0) + 3p_0$ で表される直線上にある。この直線の式を用いると、 T_{\max} は、 p_0 ， V_0 ， n ， R を用いて、 $T_{\max} =$ (⑦) [K] と求められる。



《問題 B》

次の文章中の空欄①を語句で，②～⑤を数式で埋め，⑥についてはア～ウのうちから正しいものを1つ選び，⑦は数値で埋め，解答欄に記入しなさい。

- (i) 光や X 線などの電磁波は波動としての性質だけでなく，(①)としての性質をあわせもつ。このように相反する2つの性質をもつ現象は，(①)と波動の二重性といわれる。ド・ブロイは，(①)と考えられている電子にも波動性があるのではないかと気づき，プランク定数 h [J·s]，電子の質量 m [kg] および速度 v [m/s] を用いて，波長 $\lambda =$ (②) [m] の波としての性質をあわせもつと考えた。これを電子波という。

図1のように，2枚の極板に電位差 V [V] を加えたところ，極板 A で静止していた電子が加速され，極板 B の小さな穴 P に到達した。電子の電気素量を e [C] とすると，電子が極板 B に到達したときの速度 v は， m ， V ， e を用いて $v =$ (③) [m/s] と表される。このとき，小さな穴 P より放射される電子波の波長 λ は， h ， m ， V ， e を用いて $\lambda =$ (④) [m] と表される。

- (ii) 波長 λ の電子線を，図2のように，原子が間隔 d [m] で配列した結晶面へ入射させ，結晶面で反射した電子線の強度を検出器で測定する。入射した電子線および反射した電子線が結晶面となす角はともに θ [°] である。隣り合う結晶面で回折される電子線の道のりの差は， d ， θ を用いて (⑤) と表されるから，電子線の強め合う条件は n を正の整数として (⑤) $= n\lambda$ と表される。この式を，(⑥) ア トムソン，イ ブラッグ，ウ マクスウエル) の条件(反射条件)という。

波長 $\lambda = 1.2 \times 10^{-10}$ m の電子線を結晶面に入射させ，反射した電子線の強度を測定した。入射した電子線の角度 θ を 0° から増やしていくと，反射した電子線の強度は， $\theta = 30^\circ$ のときに2回目の極大を示した。このときの結晶面の間隔は，有効数字2桁で表すと， $d =$ (⑦) m となる。

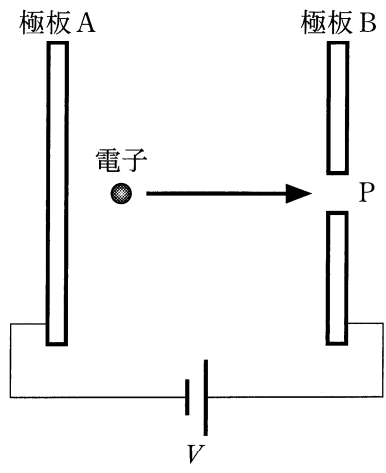


圖 1

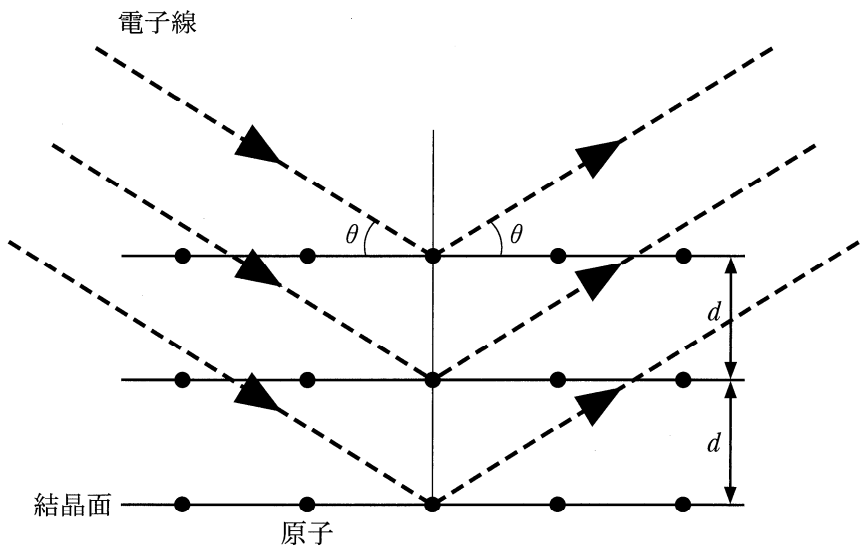


圖 2