令和５年度医学部一般選抜試験　問題冊子

物理

化学

生物

１月２４日（火）　９：３０～１１：１０

注意事項

１．開始の指示があるまでは，この冊子を開いてはいけません。

２．この問題冊子は表紙１枚，草稿用紙１枚，物理問題用紙３枚，化学問題用紙３枚，生物問題用紙７枚の計１５枚です。

３．乱丁，落丁，印刷不鮮明の箇所があれば，直ちに申し出てください。

４．物理，化学，生物の３科目のうち，２科目を選択して解答してください。

５．解答はすべて答案用紙の所定の位置に記入してください。

６．この冊子の余白は草稿用に使用しても構いません。

７．試験室内で配付されたものは，一切持ち帰ってはいけません。

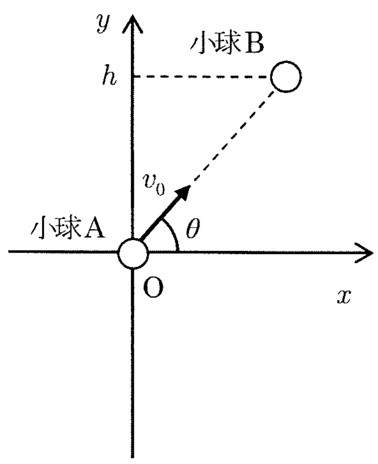
８．試験終了の時刻まで，退出してはいけません。

草稿用紙

物

物　理

物理　問題　I



図のように，水平方向右向きを正として x 軸を，鉛直上向きを正として y 軸をとり，xy 平面内を運動する小球A，Bについて考える。時刻 $t = 0$ s において原点Oから小球Aを，高さ h の位置に静止した小球Bに向けて，x 軸の正の方向からの角度 θ $(0 < \theta < \frac{\pi}{2})$ で打ち出した。小球Aを打ち出すと同時に小球Bが自由落下を始めると，小球A，Bは時刻 t_c において高さ $h_c(>0)$ で衝突し，その後 $y<0$ の領域へと落下していった。

小球Aの初速を v_0，小球A，Bの質量をそれぞれ m_A，m_B とし，重力加速度の大きさを g とする。衝突は十分短い時間で起こるものとし，空気の影響は無視して，次の問いに答えよ。

問1．小球A，Bが衝突した高さ h_c を，h，θ，g，t_c の中から必要なものを用いて表せ。

問2．小球A，Bが衝突した時刻 t_c を，h，θ，v_0 を用いて表せ。

問3．$t = 0$ s における，小球A，Bの重心の y 座標を，h，m_A，m_B を用いて表せ。

問4．$t = 0$ s における，小球A，Bの重心の速度の大きさを，v_0，m_A，m_B を用いて表せ。ただし，小球A，Bの重心の速度は小球A，Bの運動量の和を質量の和で割ったものである。

小球A，Bの衝突直前の速度をそれぞれ $\vec{v}_A$，$\vec{v}_B$，衝突直後の速度をそれぞれ $\vec{v}'_A$，$\vec{v}'_B$ とする。

問5．衝突直後の小球Bの速度 $\vec{v}'_B$ を，m_A，m_B，$\vec{v}_A$，$\vec{v}_B$，$\vec{v}'_A$ を用いて表せ。

以下では，$m_A = m_B = m$ であり，衝突直後の小球Aの速度が $\vec{v}'_A = (0, v_0 \sin\theta - gt_c)$ となった場合について考える。

問6．衝突直後の小球Bの速度 $\vec{v}'_B$ の x 成分と y 成分を，θ，v_0，g，t_c，m の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問7．次の文中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$ にあてはまる語句として最も適切なものを，次の選択肢（a）～（i）の中から1つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。

「衝突直後の小球A，Bの力学的エネルギーの和は，衝突直前と比べて $\boxed{\text{ア}}$。したがって，この衝突は $\boxed{\text{イ}}$。」

選択肢　（a）増加する　（b）変化しない　（c）減少する　（d）増加するときも変化しないときもある
（e）増加するときも減少するときもある　（f）減少するときも変化しないときもある
（g）弾性衝突である　（h）非弾性衝突である　（i）弾性衝突のときも非弾性衝突のときもある

問8．小球A，Bの重心の y 座標が $-h$ になった瞬間の重心の速度の大きさを，h，θ，v_0，g，m の中から必要なものを用いて表せ。ただし，重心の運動は重力加速度の大きさ g の放物運動と等しい。

物

物　理

物理　問題　II

図のように，スリットS_0と複スリットS_1，S_2および波を観測する測定器からなる装置に，スリットS_0の左側から波長 λ の波を入射し，測定器の位置での波を観測した。装置の中でも波長はλのままで，波の速さは一定であった。

それぞれのスリットの幅は十分に狭く，２つのスリットS_1，S_2の間の距離はdであり，スリットS_0から２つのスリットS_1，S_2までの距離は等しい。複スリットと測定器の間の距離は R であり，スリットS_1，S_2の中点とスリットS_0を結ぶ直線は測定器と原点 O において直交する。測定器上に図の上向きにx軸をとる。

測定器上の点 P における波について考える。スリットS_0を通った波はスリットS_1を通る経路，S_2を通る経路の２通りの経路で点 P に到達する。スリットS_0では，時刻tにおける波の変位$y_0(t)$が振幅A_0，角振動数ω，初期位相θ_0を用いて

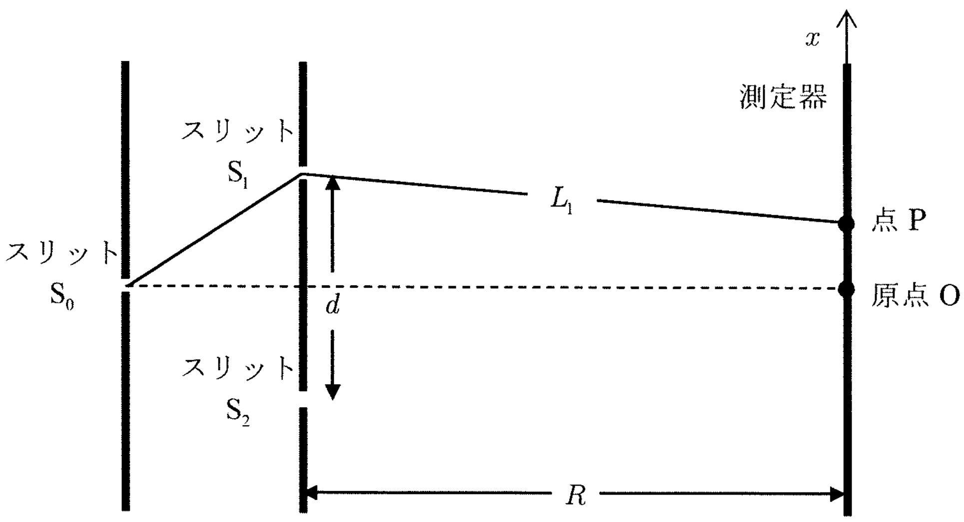
$$y_0(t) = A_0 \sin(\omega t + \theta_0)$$

と表された。スリットS_0からスリットS_i $(i=1,2)$を通り点 P に到達する波の経路の長さをL_i，点 P における振幅をA_i，点 P における変位を$y_i(t)$として，次の問いに答えよ。

必要があれば三角関数の合成公式

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$$

を用いてよい。



問１．この波の伝わる速さを求めよ。

問２．スリットS_0からスリットS_1を通り点 P に到達する波は，長さL_1の距離をある時間をかけて進む。このようにして到達した波の変位$y_1(t)$は，ある時刻t_1におけるスリットS_0での変位$y_0(t_1)$を用いて，$y_1(t) = \dfrac{A_1}{A_0} y_0(t_1) = A_1 \sin(\omega t_1 + \theta_0)$と表される。この$t_1$を，$\lambda$，$t$，$\omega$，$L_1$を用いて表せ。ただし，スリットを通過するときに位相の変化はないものとする。

問３．前問の変位$y_1(t)$を，λ，t，ω，θ_0，L_1，A_1を用いて表せ。

$A_1 = A_2 = A$と近似できる場合，点 P における合成波の変位は，L_1，L_2の時刻tに依らない関数A_Pを用いて

$$y_P(t) = y_1(t) + y_2(t) = A_P \sin\left\{\omega t - \frac{\pi(L_1+L_2)}{\lambda} + \theta_0\right\}$$

のように書ける。ここで，A_Pの絶対値は点 P における合成波の振幅を表す。以下では，この近似が成り立つ場合について考える。

問４．関数A_Pを，λ，L_1，L_2，Aを用いて表せ。

点 P の位置をxとする。

$|x|$とdがRに比べて十分小さい場合，$L_2 - L_1 = \dfrac{xd}{R}$と近似できる。以下では，この近似が成り立つ場合について考える。

問５．$A_P = A$となる点 P の位置$x\,(>0)$のうち，最小のものを，λ，d，Rを用いて表せ。

真空中で，電圧Vで加速して大きさpの運動量を与えた電子を同様の装置に入射させると，測定器において明暗の干渉縞が観測された。これは，電子も波動としての性質を持つことを示す。プランク定数をhとする。

問６．この電子のド・ブロイ波長を，p，hを用いて表せ。

問７．加速電圧を４倍にすると，暗線の間隔は元の何倍になるか。

物　理

物理　問題　Ⅲ

図１のように，断面積 S の円形の導体極板A,Bを使ったシリンダーとピストンがあり，極板A,Bはコンデンサーとみなすことができる。シリンダーの側面は不導体（絶縁体）であり，極板Aは固定されていて，極板Bは極板Aと平行を保ったままなめらかに動くことができる。

この極板間に理想気体を封入し，極板Bの右側の空間を真空にして，極板Aに正電荷，極板Bに負電荷を同じ大きさで帯電させた。このとき，封入した理想気体の圧力は P_0 になり，極板間の距離は d，電位差は V になった。理想気体の誘電率を真空と同じ ε_0 とし，極板の直径は極板間の距離に比べて十分大きいものとして，次の問いに答えよ。

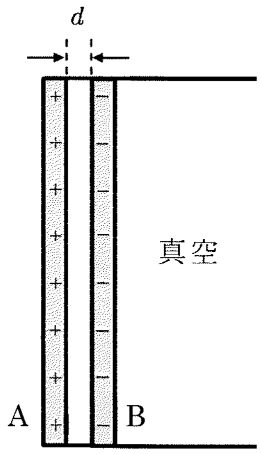


図１

問１．コンデンサーの静電容量を，S，d，V，ε_0 の中から必要なものを用いて表せ。

問２．極板間に生じている電場（電界）の強さを，S，d，V，ε_0 の中から必要なものを用いて表せ。

問３．問２で求めた電場の強さを E とする。コンデンサーに蓄えられた電荷を，S，d，ε_0，E の中から必要なものを用いて表せ。

問４．コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを，S，d，ε_0，E の中から必要なものを用いて表せ。

問５．極板Bが極板Aから受ける静電気力は，（極板Bの電気量）×（極板A上にある電荷が極板Bの位置につくる電場）で表される。このことを使って，P_0 を，S，d，ε_0，E の中から必要なものを用いて表せ。

図１の状態から，封入した理想気体の温度を一定に保ちながら極板Bの右側の空間の圧力を徐々に増加させた。極板Bの右側の空間の圧力が P_1 になったとき，図２のように，極板Bは Δd だけ左に移動し，封入した理想気体の圧力は P_0+P_1 になった。この間の静電気力の大きさは一定であった。

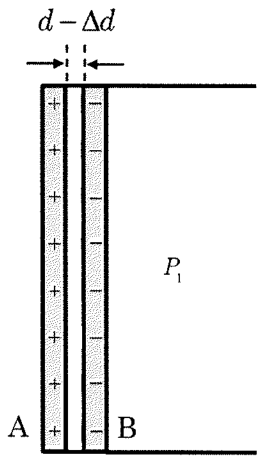


図２

問６．P_1 を，S，d，Δd，P_0 の中から必要なものを用いて表せ。

問７．この間に静電気力がした仕事を，S，d，Δd，P_0 の中から必要なものを用いて表せ。

この間に，封入した理想気体に加えられた熱量を Q，理想気体が外部からされた仕事を W_1 とし，この間の理想気体の内部エネルギーの変化を ΔU とする。

問８．Q，W_1，ΔU のそれぞれの符号はどうなるか。最も適切なものを，次の選択肢①～④の中から１つずつ選び，番号で答えよ。

問８の選択肢　①正　②負　③なし（大きさ0）　④符号は定まらない

問９．問７で求めた仕事を W_2 とする。Q，W_1，W_2 のそれぞれの大きさについて，正しい関係を次の選択肢（ア）～（ケ）の中から１つ選び，記号で答えよ。

問９の選択肢
（ア）$|Q|=|W_1|=|W_2|$　（イ）$|Q|>|W_1|=|W_2|$　（ウ）$|Q|<|W_1|=|W_2|$　（エ）$|Q|=|W_1|<|W_2|$
（オ）$|Q|=|W_1|>|W_2|$　（カ）$|Q|=|W_2|<|W_1|$　（キ）$|Q|=|W_2|>|W_1|$　（ク）$|Q|<|W_1|<|W_2|$
（ケ）$|Q|<|W_2|<|W_1|$