2024年度　理工学部　一般選抜　問題訂正

教科・科目	ページ	設問	誤	→	正
理科 （物理）	2	1 (3)	下から1行目 「…である。」	→	「…である。ただし、物体と小球は一度しか衝突しなかった。」

物　理

1. 以下の文章中の $\boxed{\text{（ア）}}$ ～ $\boxed{\text{（コ）}}$ に適切な式を記入しなさい。

密度 ρ の水に浮かぶ，底面積 S，質量 M の円柱形状の物体の運動を考える。物体は傾くことなく鉛直方向のみで運動し，物体が水面下に完全に沈むことはないものとする。空気抵抗，および，水面の高さや水面の形状の変化は無視する。物体が水から受ける力は浮力のみとし，運動している物体が受ける浮力は，静止している物体が受ける浮力と同じとする。また，物体上面は滑らかであるとする。重力加速度の大きさを g とする。

(1) 図1のように，物体上面が水面と平行で静止するように浮かべた。このとき，アルキメデスの原理により，物体が水から受ける浮力の大きさは，物体の水中にある部分の体積と同じ体積の水の重さに等しい。したがって，物体にはたらく重力と浮力のつり合いを考えると，物体の水面から下に沈んでいる部分の長さは $\boxed{\text{（ア）}}$ であることがわかる。次に，物体上面に鉛直下向きに力を加え，物体をゆっくりと沈めた。図2のように，物体を図1の状態から x だけ沈めたときに加えている力の大きさは $\boxed{\text{（イ）}}$ である。また，物体上面に加える力は物体を沈めた長さに応じて変化することから，その関係のグラフを考えると，図1から図2の状態にいたるまでに物体上面に加えた力がした仕事は $\boxed{\text{（ウ）}}$ となる。

(2) 次に，力を取り除き，物体を再び図1の状態で静止させた。その後，図3のように，物体上面から高さ d，物体上面の円の中心から水平距離 L の位置にある質量 m $(m < M)$ の小球が，水平方向に投げ出された。小球は物体上面の円の中心に落下し，弾性衝突をしてはね返った（反発係数は1である）。小球が投げ出されてから物体に衝突するまでの時間は $\boxed{\text{（エ）}}$ であるから，小球が水平方向に投げ出されたときの速さは $\boxed{\text{（オ）}}$ である。小球と物体の衝突が弾性衝突であることと，衝突前後の運動量保存を考えると，衝突直後の小球の速度の鉛直成分の大きさは $\boxed{\text{（カ）}}$ であり，衝突直後の物体の速度の鉛直成分の大きさは $\boxed{\text{（キ）}}$ である。

(3) 小球と物体が衝突した後のそれぞれの運動を考える。衝突後に小球が上昇し最高点に達したときの高さは，衝突前の物体上面を基準として $\boxed{\text{（ク）}}$ である。また，衝突後に物体のもつ運動エネルギーは，物体が沈むにつれて徐々に減少し，衝突前の状態から $\boxed{\text{（ケ）}}$ の長さだけ沈んだときに0となった。物体にはたらく浮力は，物体の水面から下に沈んでいる部分の長さに比例する。また，物体にはたらく重力と浮力の合力は，物体を図1の位置に戻そうとする復元力と考えることができる。これらのことから，衝突してから物体の運動エネルギーが0になるまでに経過した時間は $\boxed{\text{（コ）}}$ である。

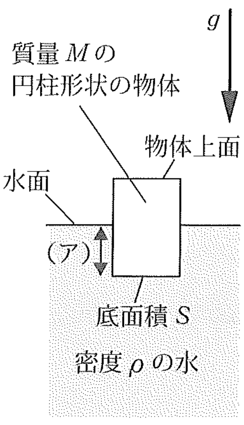


図1

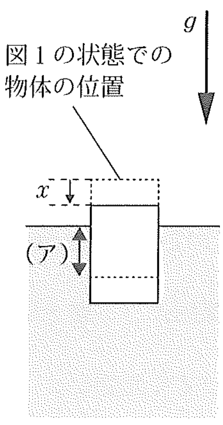


図2

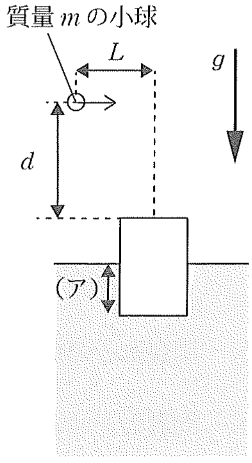


図3

2. 以下の文章中の $\boxed{\text{（ア）}}$ ～ $\boxed{\text{（キ）}}$ および $\boxed{\text{（コ）}}$ に適切な式を記入しなさい。$\boxed{\text{（ク）}}$ および $\boxed{\text{（ケ）}}$ には解答群から適切なグラフを選び，記号 a ～ d で答えなさい。ただし，解答に T，I を用いてはならない。

図 1 のように，$x \geqq 0$ かつ $y \geqq 0$ の領域において一様な磁束密度（大きさ B）の磁場が，紙面に垂直に裏から表へ向かう向きにかかっている。それ以外の領域には磁場はかかっていない。長方形状のコイル ABCDE（以降，長方形コイルとよぶ）が磁場と垂直な x-y 平面内にあり，x 軸となす角 45° の方向へ一定の速さ $\sqrt{2}\,u$（速度の x 成分は u，y 成分は u）で移動している。時刻 $t < 0$ では長方形コイルが $x < 0$ かつ $y < 0$ の領域にあり，時刻 $t = 0$ において点 C が原点 O を通過した。長方形コイルの辺 AB および BC は，それぞれ常に x 軸および y 軸と平行であり，それらの長さはそれぞれ a および $2a$ である。図 2 は，電気抵抗 R の抵抗器，電気容量 C のコンデンサー，自己インダクタンス L のコイル，およびスイッチ S_1，S_2 からなる回路である。図 1 の点 A，E がつながる図 1 の端子 P，Q は，それぞれ図 2 の同じ記号の端子 P，Q と常につながっている。時刻 $t \leqq 0$ では，コンデンサーに蓄積されている電荷は 0 であった。図 2 の回路には図 1 に示す磁場は常にかかっていない。AE 間は十分に短く，長方形コイルの面積は長方形 ABCD の面積と考えて良い。導線の太さ，抵抗器以外の電気抵抗，長方形コイルおよび図 2 のコイル以外の部分で生じる誘導起電力，図 2 のコイル以外の自己誘導は無視する。また，長方形コイルの変形は考えない。

(1) 時刻 $t < \dfrac{a}{u}$ では，スイッチ S_1 は閉じられ，スイッチ S_2 は開いていた。時刻 t $\left(0 < t < \dfrac{a}{u}\right)$ における長方形コイルを貫く磁束は $\boxed{\text{（ア）}}$ である。微小時間 Δt だけ経過する間の（ア）の変化を考えると，時刻 t $\left(0 < t < \dfrac{a}{u}\right)$ における AE 間に生じる誘導起電力の大きさは $\boxed{\text{（イ）}}$ であり，抵抗器で消費される電力は $\boxed{\text{（ウ）}}$ である。ただし，磁束の変化を計算するときには，Δt は十分小さいとして，$(\Delta t)^2$ を含む項は無視しなさい。

(2) 時刻 $t = \dfrac{a}{u}$ において，点 D が $x \geqq 0$ かつ $y \geqq 0$ の領域に入った。その直後，AE 間に生じる誘導起電力は一定となり，スイッチ S_1 を開き，スイッチ S_2 を閉じた。スイッチ S_2 を閉じた直後，スイッチ S_2 に流れる電流の大きさは $\boxed{\text{（エ）}}$ である。時刻 $t = \dfrac{2a}{u}$ までに，図 2 のコイルに流れる電流は一定となった。このとき，抵抗器にかかる電圧の大きさは $\boxed{\text{（オ）}}$ であり，図 2 のコイルに蓄えられているエネルギーは $\boxed{\text{（カ）}}$ である。

(3) その後，時刻 $t = \dfrac{2a}{u}$ においてスイッチ S_2 を開いたところ，点 F，G を含む閉回路で電気振動が起こった。このときの電気振動の周期 T は $T = \boxed{\text{（キ）}}$ であり，点 F から図 2 のコイルをとおり点 G へ流れる電流 I の時間変化のグラフを解答群から選ぶと $\boxed{\text{（ク）}}$ である。また，点 F を電位の基準としたとき，点 G の電位の時間変化のグラフを解答群から選ぶと $\boxed{\text{（ケ）}}$ であり，点 G の電位の最大値は $\boxed{\text{（コ）}}$ である。なお，解答群のグラフの横軸を $t - \dfrac{2a}{u}$ とし，左端を原点とする。したがって，左端において $t = \dfrac{2a}{u}$ である。また，解答群のグラフの縦軸は，（ク）の場合は電流，（ケ）の場合は電位を表す。

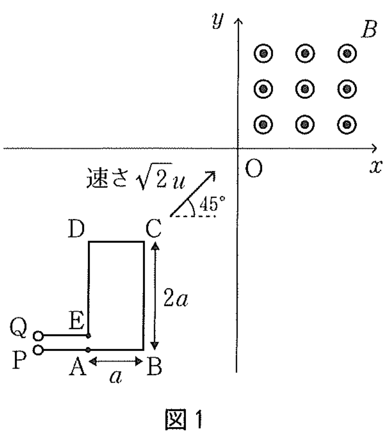


図 1

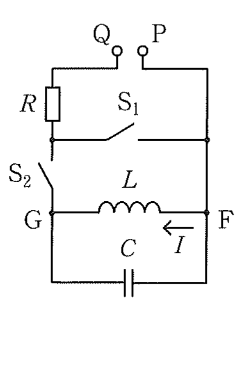
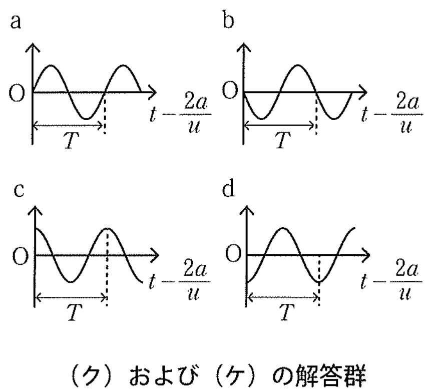


図 2



（ク）および（ケ）の解答群
（縦軸は電流もしくは電位）

3. 以下の文章中の $\boxed{\text{（ア）}}$ ～ $\boxed{\text{（ク）}}$ に適切な式を記入しなさい。ただし，電子の電気量を $-e\ (e>0)$，電子の質量を m，プランク定数を h，光の速さを c とする。

(1) 図1は光電効果を調べるための装置である。光電管の内部にある陰極Cに対する陽極Pの電位 V は，すべり抵抗器によって変えることができる。一定の強度，振動数 ν の単色光を陰極Cに当てる。陰極表面から飛び出して陽極に到達し，回路に流れ込む光電子の単位時間あたりの個数を N とするとき，電流計を流れる光電流 I の大きさは $\boxed{\text{（ア）}}$ と表される。陽極Pの電位 V を変化させると，光電流 I は図2(a)のグラフのようになり，$V=-V_0\ (V_0>0)$ より低い電位では光電流が流れなくなった。このとき，V_0 は阻止電圧と呼ばれる。$V<0$ のとき，陽極に向かう光電子は逆向きの力を受けて減速し，その運動エネルギーが失われる。このことを考慮すると，陰極表面から飛び出したときの光電子の速さの最大値は，V_0，e，m を用いて $\boxed{\text{（イ）}}$ と表される。単色光の振動数 ν をいろいろと変えたとき，阻止電圧 V_0 は，図2(b)のような直線状のグラフとなった。図2(b)の結果は光の強度には依存しないことから，光は光子という粒子の集まりであることが提唱された。陰極金属中の各電子は光子からエネルギー $h\nu$ を受け取るが，光電子が発生するにはこのエネルギーが金属固有の仕事関数 $W\ (W>0)$ 以上である必要がある。飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値を考えると，阻止電圧 V_0 は，ν，W，e，h を用いて $V_0=\boxed{\text{（ウ）}}$ と表すことができる。

(2) 光の粒子性を示す別の現象としてコンプトン効果が知られている。ここでは，この効果を利用した物質中の電子の速度の決定について考える。図3のように，波長 λ のX線が x 軸に平行に入射し，物質中の電子は x 軸方向に速度 v で動いていたとする。入射X線の光子と電子が原点Oで衝突すると，X線は波長が λ' に変わり，x 軸に対して角度 θ の方向に散乱された。また，このとき，電子は角度 φ の方向に速さ v' ではね飛ばされた。ただし，θ と φ はそれぞれ図3に示された方向を正とする。波長 λ の入射X線の一つの光子は大きさ $\dfrac{h}{\lambda}$ の運動量を持ち，散乱後のX線では一つの光子の運動量の大きさは $\dfrac{h}{\lambda'}$ に変化する。一つの光子と一つの電子の衝突前後の運動量保存を考えると，はね飛ばされた電子の速度の x 成分 $(v'\cos\varphi)$，y 成分 $(-v'\sin\varphi)$ は，v，λ，λ'，θ，m，h の中から必要なものを用いて，それぞれ $v'\cos\varphi=\boxed{\text{（エ）}}$，$-v'\sin\varphi=\boxed{\text{（オ）}}$ と表すことができる。入射X線の一つの光子のエネルギーは，h と入射X線の振動数の積であり，このエネルギーは λ，h，c を用いて $\boxed{\text{（カ）}}$ と表すことができる。光子と電子の衝突前後のエネルギー保存を考えると，はね飛ばされた電子の運動エネルギー $\dfrac{1}{2}mv'^2$ は，v，λ，λ'，m，h，c を用いて $\dfrac{1}{2}mv'^2=\boxed{\text{（キ）}}$ と表すことができる。

以上の関係式より，散乱前後のX線の波長 λ，λ' から物質中の電子の速度 v を求める。ここでは，$\theta=90°$ の場合を考える。このとき，散乱前の物質中の電子の速度 v は，$v=\boxed{\text{（ク）}}-\dfrac{h}{2m\lambda'}\left(\dfrac{\lambda'}{\lambda}+\dfrac{\lambda}{\lambda'}\right)$ となる。ただし，（ク）は λ，λ'，c を用いて表しなさい。

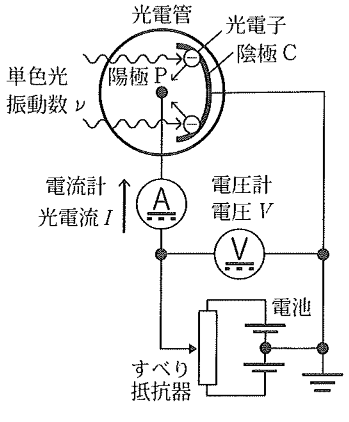


図1

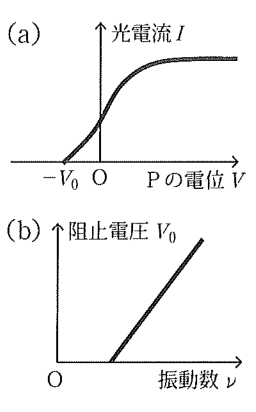


図2

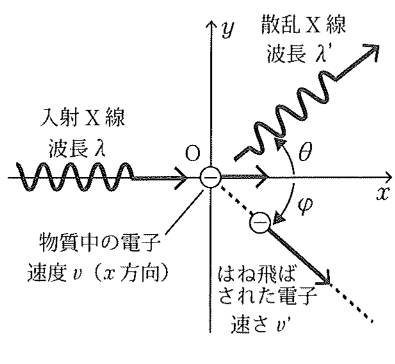


図3