

杏林大学 2022年度

一般入学試験問題

物理

試験時間 50 分

***Windom***

# 物 理

I  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。分数で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

(1) 表面があらい板を水平面内で、板上の点Oのまわりで回転させるとする。点Oから30 cm離れた位置に質量20 gの小物体を置き、板の回転速度をしだいに大きくしていったところ、角速度  $\omega = 4.5 \text{ rad/s}$  を超えたとき、小物体がすべりだした。重力加速度の大きさを  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  として以下の問題に答えよ。

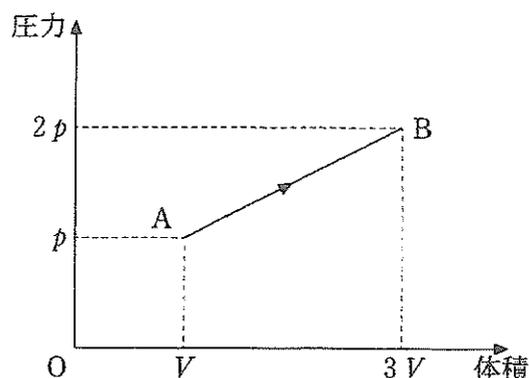
(a)  $\omega = 4.5 \text{ rad/s}$  のとき、小物体にはたらく摩擦力の大きさは ア . イ  $\times 10^{-\text{ウ}}$  Nである。

(b) 小物体と板との間の静止摩擦係数は エ . オ  $\times 10^{-\text{カ}}$  である。

(2) 単原子分子からなる理想気体が図のようなA→Bの状態変化をした。状態Aの体積と圧力は  $V$  と  $p$ 、状態Bの体積と圧力は  $3V$  と  $2p$  である。この状態変化で気体が外部にした仕事は

キ  $pV$ 、気体の内部エネルギーの変化は  $\frac{\text{クケ}}{\text{コ}}$   $pV$ 、気体が外部から吸収した熱量は

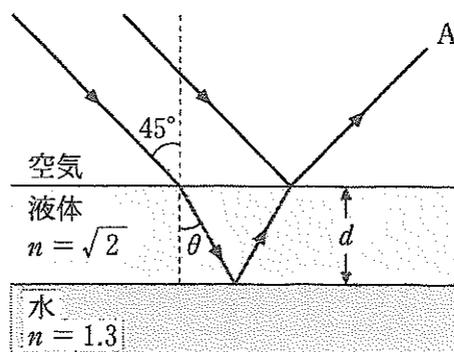
サシ  
ス  $pV$  である。



(3) 図のように空気に対する屈折率が1.3の水面に、空気に対する屈折率  $\sqrt{2}$  の液体で厚さ  $d$  の薄い膜をつくり、液体膜の表面に入射角  $45^\circ$  で光を当てた。以下の問題に答えよ。

(a) 空気と液体の境界での屈折角  $\theta$  は セソ  $^\circ$  である。

(b) A から下向きに  $45^\circ$  方向の水面を見たとき、空気中での波長が  $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  の光が明るく見えるような最も小さい  $d$  の値は タ . チ  $\times 10^{-\text{ツ}}$  m である。

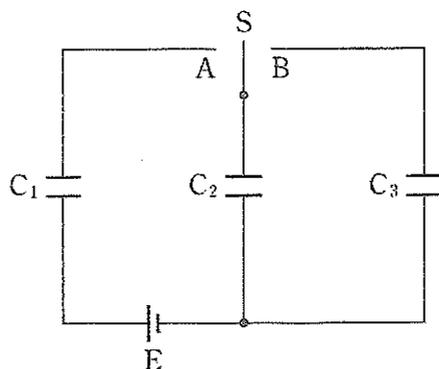


II  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

(1) 図のように、電気容量  $C_1 = 2.0 \mu\text{F}$ 、 $C_2 = 3.0 \mu\text{F}$ 、 $C_3 = 4.0 \mu\text{F}$  の3つのコンデンサー  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、スイッチ  $S$ 、および起電力が  $50 \text{ V}$  の電源  $E$  を接続した回路がある。どのコンデンサーにも初めは電荷が蓄えられていないとして、以下の問題に答えよ。

(a) スイッチを  $A$  に入れしばらく時間が経ったとき、 $C_1$  に蓄えられる電気量は  ア .  イ  $\times 10^{-7}$  C であり、 $C_2$  の両端の電位差は  エオ V となる。

(b) スイッチを  $A$  から  $B$  に切り替えしばらく時間が経ったとき、 $C_2$  に蓄えられる電気量は  カ .  キ  $\times 10^{-7}$  C であり、 $C_3$  の両端の電位差は  ケ .  コ V となる。



(2) 仕事関数が  $1.8 \text{ eV}$  の金属の表面に真空中での波長が  $4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$  の光を当てる。真空中の光速を  $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、プランク定数を  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  として以下の問題に答えよ。

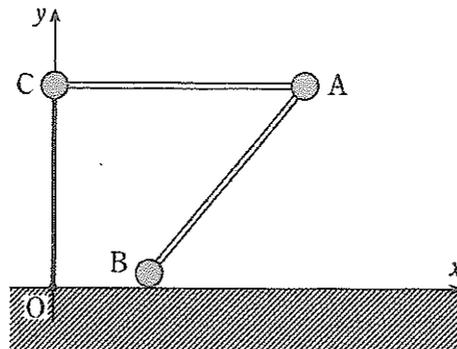
(a) この光の光子1個のエネルギーは  サ .  シ eV である。

(b) 金属の表面から飛び出した光電子の最大の運動エネルギーは  ス .  セ eV である。

(3)  ${}_{92}^{238}\text{U}$  は  ${}_{86}^{218}\text{Rn}$  になるまでに  $\alpha$  崩壊を  ソ 回、 $\beta$  崩壊を  タ 回行う。

III  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。分数で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。ただし  力,  ケ,  コ, および  ス ~  ソ については, 最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

図のように, 質量  $2m$  の小球 A に, 質量  $3m$  の小球 B, および質量  $m$  の小球 C が軽くて変形しない棒で接続されており, これらの棒は  $\angle BAC$  の大きさが変化しないように小球に固定されている。小球 B を水平な床の上に置き, 床上の点 O に一端を固定した軽くて伸縮しない糸を小球 C に取り付けて, 小球 C に対し鉛直下向きの糸の張力がかかるようにすると, 小球 A と C が同じ高さで静止した。点 O を原点とし, 水平方向を  $x$  軸, 鉛直上向きを  $y$  軸の正の方向にとった座標系を考え, 小球および棒は  $xy$  平面内のみを動けるものとする。重力加速度の大きさを  $g$ , 小球 C に付けた糸の長さを  $h$ , 小球 AC 間の距離を  $l$ , 小球 B の  $x$  座標が  $\frac{1}{3}l$  であるとして, 問題に答えよ。



(a) 3つの小球とそれらを接続する棒からなる物体系の重心  $G$  の座標は  $\left( \frac{\text{ア}}{\text{イ}} l, \frac{\text{ウ}}{\text{エ}} h \right)$  である。物体系において, 各小球にはたらく重力の合力は, 大きさ  $F_G = \text{オ} mg$  の重力が 1 点  $G$  にはたらくものとして扱うことができる。小球 B にはたらく床からの垂直抗力の大きさを  $N$ , 小球 C にはたらく糸の張力の大きさを  $T$  とすると,  力 が成り立つ。糸の張力および重力による, 小球 B が置かれた点のまわりの力のモーメントの大きさは, それぞれ  $\frac{\text{キ}}{\text{ク}} \times \text{ケ}$  と  コ である。これらの結果から, 糸の張力と垂直抗力の大きさは, それぞれ  $T = \text{サ} mg$ ,  $N = \text{シ} mg$  と求められる。

力 の解答群

- ①  $N = F_G$       ②  $N = T$       ③  $T = F_G$       ④  $F_G = T + N$   
 ⑤  $N = T + F_G$       ⑥  $T = N + F_G$       ⑦  $T = 2F_G$

ケ ,  コ の解答群

- ①  $Nh$  ②  $Nl$  ③  $Th$  ④  $Tl$  ⑤  $mgh$  ⑥  $mgl$  ⑦  $F_{Ch}$  ⑧  $F_{Cl}$

(b) 小球 AC を接続する棒の一点 P に少量の粘土を付着させると、小球 C にはたらく糸の張力は  ス 。また、小球 B が床から受ける垂直抗力は  セ 。付着させた粘土を含めた物体系の重心の  $y$  座標は  ソ 。

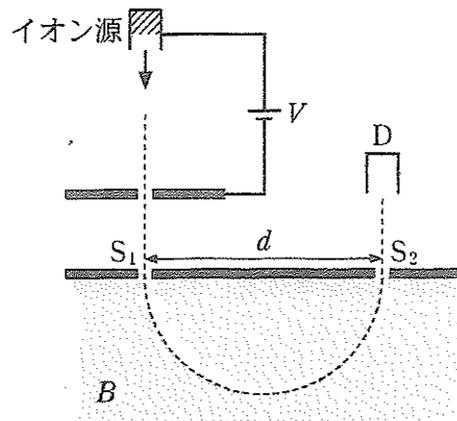
また、点 P に代えて小球 C に粘土を付着させる場合、付着させた粘土の総質量が  タ  $m$  を超えると、物体系は静止状態を保てず転倒する。ただし、付着させた粘土の大きさはじゅうぶん小さく、質点として扱うものとする。

ス ~  ソ の解答群

- ① 大きくなる  
② 小さくなる  
③ 粘土付着前と変わらない  
④ 点 P の位置に依って大きくなる場合も、小さくなる場合もある

IV  にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 ア ~  カ , および  ク については, 最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

真空中に置かれた図のような装置で, イオン源から初速0で放出された電気量  $q$ , 質量  $m$  の陽イオンを電位差  $V$  で加速して, スリット  $S_1$  からスリット面に垂直に入射させる。装置の着色部分には紙面に垂直な方向に一様な磁束密度  $B$  の磁場(磁界)がかけられている。イオンは磁場中で半円の軌道を描いた後, スリット  $S_1$  から距離  $d$  離れたスリット  $S_2$  を通過して, 検出器  $D$  で検出された。以下では, 重力を無視するものとする。



- (1) 電位差  $V$  で加速された後のイオンの速さ  $v$  は  ア である。イオンの軌道が図のようになるとき, 磁場の向きは  イ の方向である。磁場の中でイオンは半径  ウ の等速円運動をするので, イオンがスリット  $S_1$  から入射してスリット  $S_2$  から出るまでにかかる時間は  エ  $\times$   オ である。

ア の解答群

- ①  $\sqrt{\frac{qV}{m}}$    ②  $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$    ③  $\sqrt{\frac{mV}{q}}$    ④  $\sqrt{\frac{2mV}{q}}$    ⑤  $\sqrt{\frac{mq}{V}}$    ⑥  $\sqrt{\frac{2mq}{V}}$

イ の解答群

- ① 紙面の表から裏   ② 紙面の裏から表

ウ ,  オ の解答群

- ①  $\frac{mv}{qB}$    ②  $\frac{qv}{mB}$    ③  $\frac{qB}{mv}$    ④  $\frac{mq}{vB}$    ⑤  $\frac{m}{qB}$    ⑥  $\frac{q}{mB}$    ⑦  $\frac{B}{qm}$

エ の解答群

- ①  $\frac{1}{4}$    ②  $\frac{1}{2}$    ③ 1   ④ 2   ⑤  $\frac{\pi}{4}$    ⑥  $\frac{\pi}{2}$    ⑦  $\pi$    ⑧  $2\pi$

(2) 以下では、加速のための電位差  $V$  と磁束密度の大きさ  $B$  を固定して測定を行うものとする。

(a) 電気量が等しく、質量が  $m_1, m_2$  の2つのイオン源を用いて、スリット間の距離を測定するとそれぞれ  $d_1, d_2$  であった。陽イオンの質量比  $\frac{m_1}{m_2}$  は  $\boxed{\text{カ}}$  である。

(b) 質量比が  $m_1 : m_2 = 4 : 1$  で電気量が  $q_1, q_2$  の2つのイオン源を用いて、スリット間の距離を測定するとそれぞれ  $d_1, d_2$  であった。電気量の比  $\frac{q_1}{q_2}$  は  $\boxed{\text{キ}} \times \boxed{\text{ク}}$  となる。

$\boxed{\text{カ}}$ ,  $\boxed{\text{ク}}$  の解答群

①  $\frac{d_1}{d_2}$       ②  $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$       ③  $\sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$       ④  $\frac{d_2}{d_1}$       ⑤  $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$       ⑥  $\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

(3) あるイオンについて測定した結果、磁束密度の大きさ  $B = 0.10 \text{ T}$ , 電気量  $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 電位差  $V = 1000 \text{ V}$ , スリット間の距離  $d = 1.0 \text{ m}$  であった。このイオンの質量を統一原子質量単位  $u$  で表すと、 $\boxed{\text{ケ}} \cdot \boxed{\text{コ}} \times 10^{\boxed{\text{サ}}} u$  である。ただし、 $1 u = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$  とする。