

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。

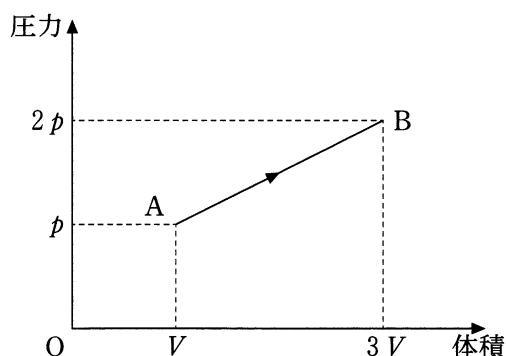
(a) $\omega = 4.5 \text{ rad/s}$ のとき、小物体にはたらく摩擦力の大きさは ア . イ $\times 10^{-\text{ウ}}$ Nである。

(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

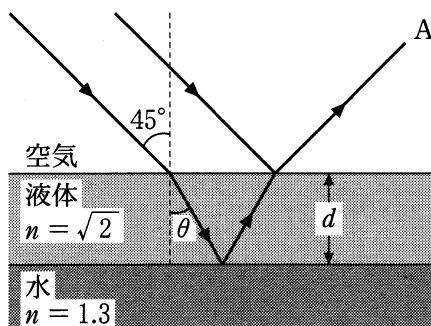
サシ
ス pV である。



(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° 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 θ は セソ $^\circ$ である。

(b) Aから下向きに 45° 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。

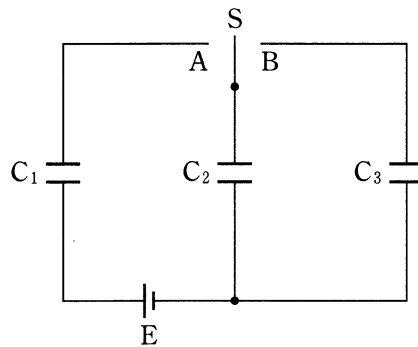


II にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

(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 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 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。

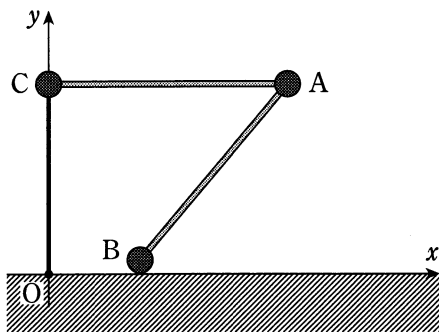
(a) この光の光子1個のエネルギーは サ . シ eV である。

(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 α 崩壊を ソ 回, β 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 カ 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、 カ 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。

カ 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 $T = 2F_G$

, の解答群

- ① Nh ② Nl ③ Th ④ Tl ⑤ mgh ⑥ mgl ⑦ F_{Gh} ⑧ F_{Gl}

(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 。また、小球Bが床から受ける垂直抗力は 。付着させた粘土を含めた物体系の重心の y 座標は 。

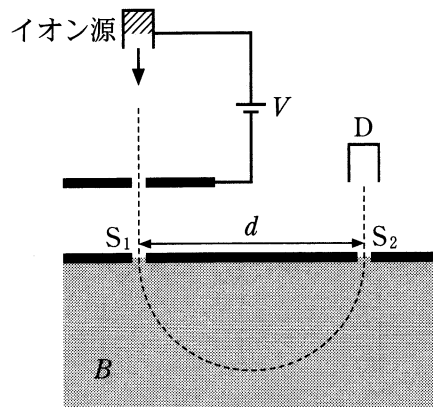
また、点Pに代えて小球Cに粘土を付着させる場合、付着させた粘土の総質量が m を超えると、物体系は静止状態を保てず転倒する。ただし、付着させた粘土の大きさはじゅうぶん小さく、質点として扱うものとする。

~ 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 には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 π ⑧ 2π

(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 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 \times となる。

, 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、. $\times 10^{\text{$ u である。ただし、 $1 u = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ とする。