

1

以下の文を読み、下記の問に答えなさい。

- (1) 図1のように、質量  $m$  [kg] の物体1が  $x$  軸上を正の向きに速さ  $v$  [m/s] で進み、静止していた質量  $M$  [kg] の物体2に原点  $O$  で衝突した。衝突後、物体1、2は  $x$  軸に対して、それぞれ  $45^\circ$ 、 $30^\circ$  の角をなす向きに速さ  $v_1$ 、 $v_2$  [m/s] で進んだ。図の  $x$  軸および  $y$  軸の向きを正として、下記の問に答えなさい。

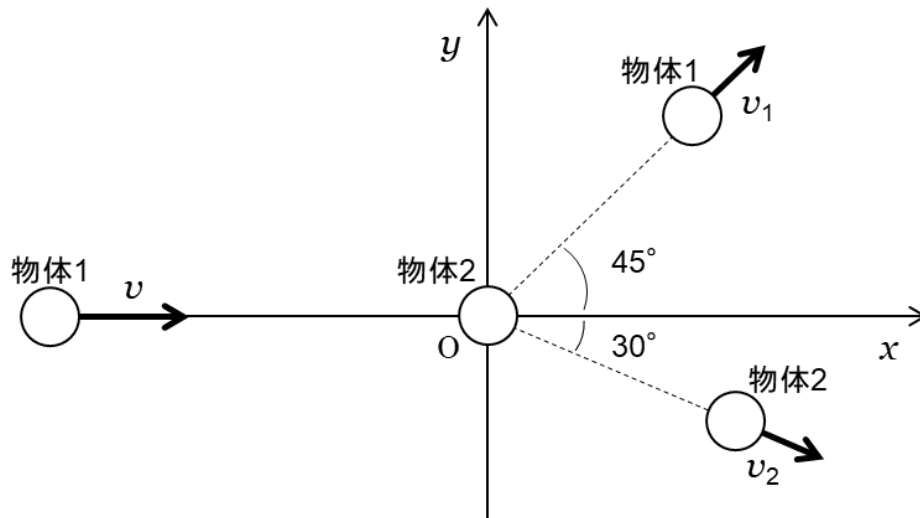


図1

- 問1 衝突前後における  $x$  軸方向の運動量保存の式を求めなさい。  
問2 衝突前後における  $y$  軸方向の運動量保存の式を求めなさい。  
問3 衝突後の物体1、物体2の速さ  $v_1$ 、 $v_2$  [m/s] を求めなさい。

- (2) 重さの無視できる糸に質量  $m$  [kg]、電気量の大きさ  $Q$  [C]の導体球 A を吊るした。その後、導体球 B を近づけると、図2のように、導体球 A は導体球 B と水平線上の距離が  $d$  [m]となるまで引き寄せられ、糸は鉛直線から  $\theta$  [°]だけ傾いて静止した。図の水平右向きおよび鉛直上向きを正とし、重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>]、クーロンの法則の比例定数を  $k$  [N・m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>]として、下記の問題に答えなさい。

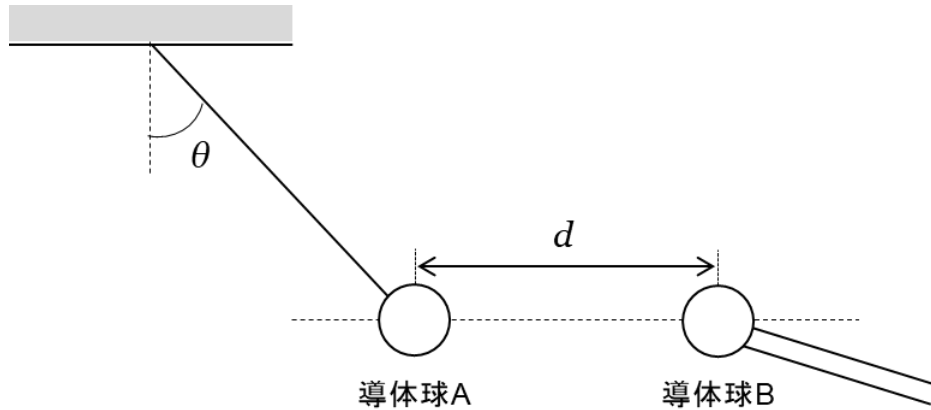


図2

- 問1 導体球 A、B の間にはたらく力を漢字で書きなさい。
- 問2 導体球 A、B の間にはたらく力を  $F$  [N]、糸の張力を  $T$  [N]と置き、導体球 A について水平方向と鉛直方向のつり合いの式を求めなさい。
- 問3 導体球 B の電気量の大きさを  $q$  [C]と置き、導体球 A、B の間にはたらく力  $F$  [N]を  $Q$ 、 $d$ 、 $k$ 、 $q$  を用いて表しなさい。
- 問4 糸の張力  $T$  [N]を  $\theta$ 、 $m$ 、 $g$  を用いて表しなさい。
- 問5 導体球 B の電気量の大きさ  $q$  [C]を求めなさい。

2 以下の文を読み、下記の問に答えなさい。ただし、大気圧を  $p_0$  [Pa]、重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>]とする。

- (1) 図1のように、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>]のシリンダーとシリンダー内をなめらかに動く質量  $M$  [kg]のピストンの間に単原子分子理想気体を封入し、水平に置いた。ピストンが静止した時の気体の体積は  $V$  [m<sup>3</sup>]、温度は  $T$  [K]であった。

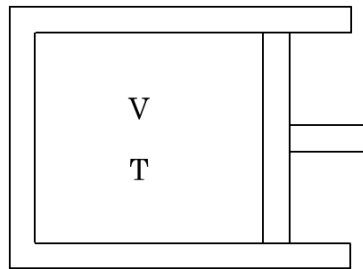


図1

問1 気体の圧力  $p$  [Pa]を求めなさい。

問2 気体がピストンを押す力  $F$  [N]を求めなさい。

- (2) 次に図2のように、ピストンを上にして置いたところ、気体の体積は  $\frac{2}{3}V$  [m<sup>3</sup>]となった。図の鉛直上向きを正として、下記の問に答えなさい。

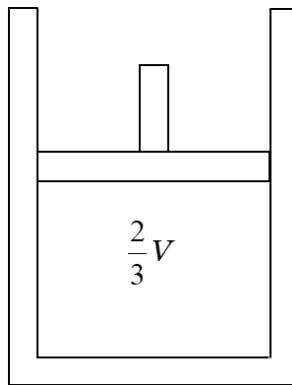


図2

問1 この時の気体の圧力を  $p'$  [Pa]として、ピストンにはたらく力のつり合いの式を求めなさい。

問2 気体の圧力  $p'$  [Pa]を求めなさい。

問3 気体の温度  $T'$  [K]を求めなさい。

- 3 図1のように、長さ  $L$  [m]、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の導線の両端に電圧  $V$  [V] を加えた。電気素量を  $e$  [C] として、下記の間題に答えなさい。

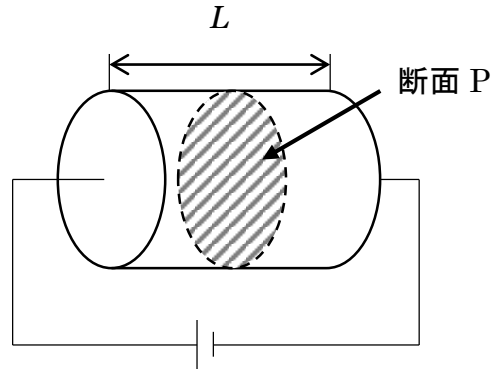
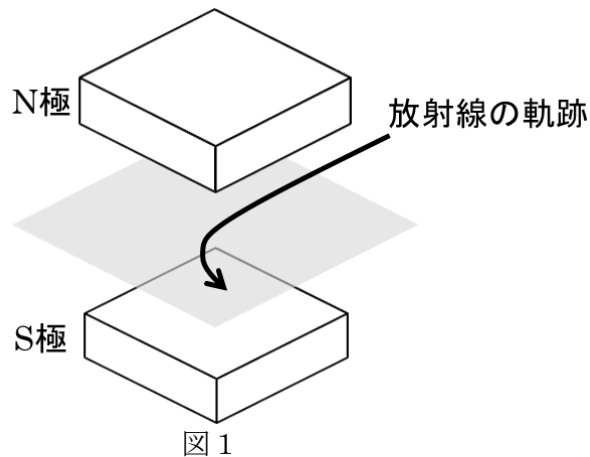


図1

- 問1 導線内部に生じる電場の大きさ  $E$  [V/m] を求めなさい。また、生じる電場の向きは「右向き」、「左向き」のどちらか。
- 問2 導線中の自由電子が電場から受ける力の大きさ  $F$  [N] を求めなさい。
- 問3 この力によって自由電子は加速されるが、抵抗を受け、やがて一定の速さで移動する。この抵抗が生じる理由を 20 字以内で説明しなさい。
- 問4 この抵抗が自由電子の速さ  $v$  [m/s] に比例すると仮定し、その比例定数を  $k$  [N/(m/s)] とするとき、自由電子は  $kv$  [N] の抵抗を受ける。この抵抗と電場から受ける力が釣り合うとき、 $v$  [m/s] を求めなさい。
- 問5 単位面積あたりの自由電子の数を  $n$  [個/m<sup>2</sup>] とするとき、導線に垂直な断面 P を 1 秒間に通過する自由電子の個数を  $L$ 、 $S$ 、 $V$ 、 $n$ 、 $e$  および  $k$  を用いて表しなさい。
- 問6 導線に流れる電流の大きさ  $I$  [A] を  $L$ 、 $S$ 、 $V$ 、 $n$ 、 $e$  および  $k$  を用いて表しなさい。
- 問7 導線の抵抗値  $R$  [Ω] を  $L$ 、 $S$ 、 $n$ 、 $e$  および  $k$  を用いて表しなさい。

- 4 質量数が 238 の  ${}_{92}\text{U}$  は放射性崩壊を起こして放射線を放出する。この放射線が一様な磁場を通過したとき、図1の矢印で示すような軌跡を示した。下記の問題に答えなさい。



- 問1 この放射線は  $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線のうちどれか。1つ答えなさい。
- 問2 この核崩壊後の原子核の質量数を求めなさい。
- 問3 この原子核として適切なものはどれか。次の(a)～(e)から1つ選び、記号で答えなさい。
- (a)  ${}_{90}\text{Th}$  (トリウム)
  - (b)  ${}_{92}\text{U}$  (ウラン)
  - (c)  ${}_{93}\text{Np}$  (ネプツニウム)
  - (d)  ${}_{94}\text{Pu}$  (プルトニウム)
  - (e)  ${}_{95}\text{Am}$  (アメリシウム)
- 問4 質量数 238 の  ${}_{92}\text{U}$  が核崩壊を繰り返して、質量数 206 の  ${}_{82}\text{Pb}$  になるまでに、 $\alpha$  崩壊と  $\beta$  崩壊は何回起こるか。それぞれの回数を求めなさい。