

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° 、 30° 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。

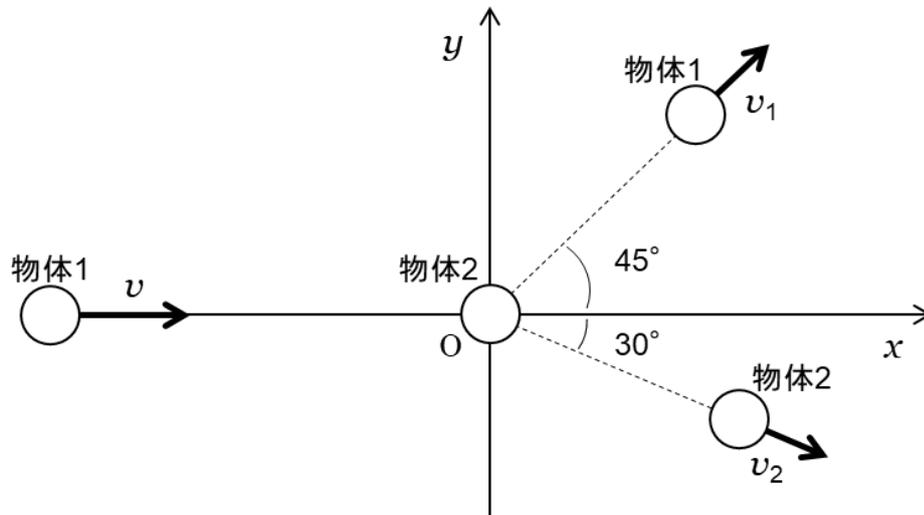


図1

- 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 θ [°]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/s²]、クーロンの法則の比例定数を k [N・m²/C²]として、下記の問題に答えなさい。

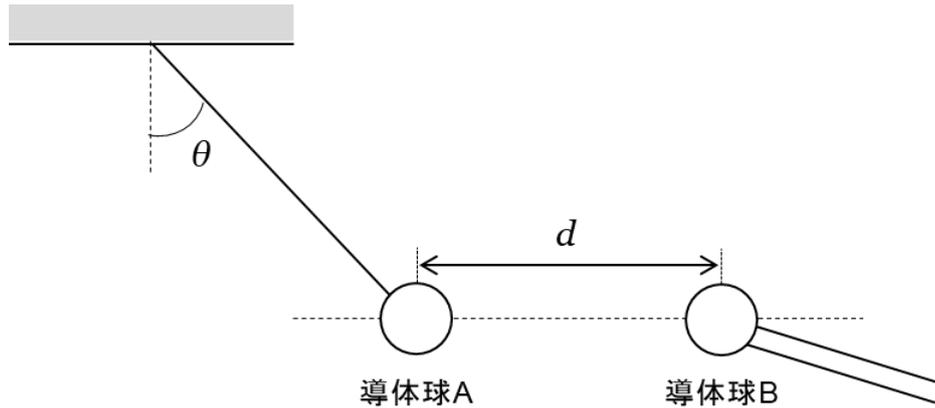


図2

- 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 θ 、 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、下記の問題に答えなさい。ただし、大気圧を p_0 [Pa]、重力加速度を g [m/s²]とする。

- (1) 図1のように、断面積 S [m²]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 [m³]、温度は T [K]であった。

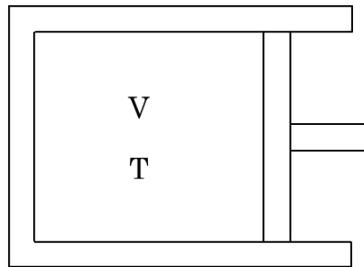


図1

- 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 $\frac{2}{3}V$ [m³]となった。図の鉛直上向きを正として、下記の問題に答えなさい。

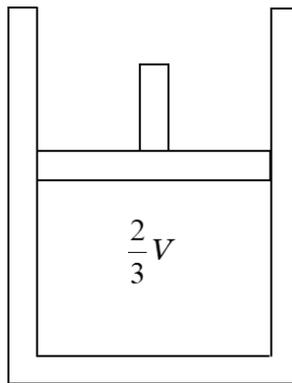


図2

- 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 [m²] 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。

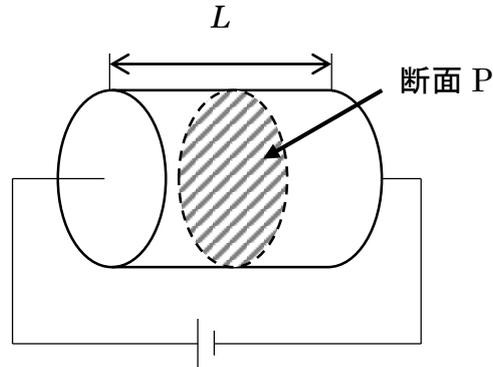
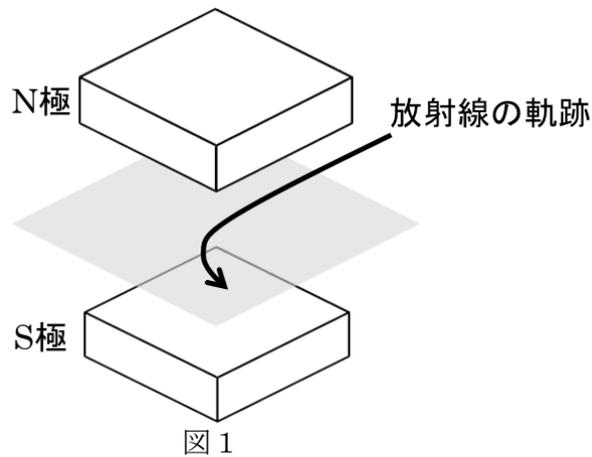


図1

- 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/m²] 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 α 線、 β 線、 γ 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、 α 崩壊と β 崩壊は何回起こるか。それぞれの回数を求めなさい。