

1 以下の文を読み、下記の問題に答えなさい。ただし、重力加速度は g [m/s^2] とする。

図1のように、地表から速さ v_0 [m/s] で水平方向から角度 θ で物体を投げ出す。投げ出した点を原点 O とし、地表面と水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸とする。

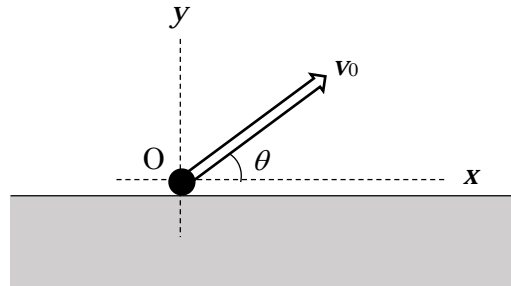


図1

問1 投げ出してから時刻 t_1 [s] 後における物体の x 座標と y 座標を求めなさい。

問2 この物体の描く軌跡は $y = \square$ とあらわすことができる。 \square に入る式を求めなさい。

問3 物体が最高点に達するまでの時間 [s] を求めなさい。

問4 物体が最高点に達した時の高さ [m] を求めなさい。

問5 再び地表に落下するまでの時間 [s] を求めなさい。

問6 再び地表に落下したときの水平到達距離 [m] 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、気体定数は R [J/mol·K] とする。

図1のように、コックのついた細い管につながれた A (容積 V [m³]) と B (容積 V [m³]) からなる断熱容器がある。容器 A は圧力 $2P$ [Pa] で絶対温度 T_1 [K] の単分子理想気体が n [mol]、容器 B には圧力 P [Pa] で絶対温度 T_2 [K] の単分子理想気体が $\frac{1}{3}n$ [mol] 入っている。コックは閉じられており、容器以外の部分の容積は無視できるものとする。

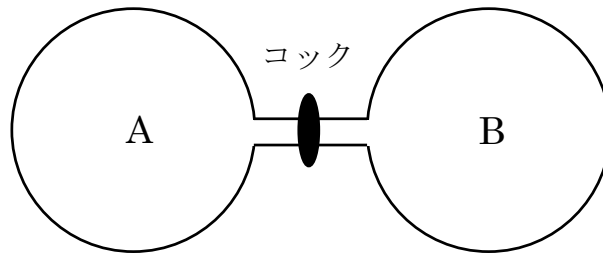


図1

- 問1 T_2 [K] は T_1 [K] の何倍か求めなさい。
- 問2 容器 A と容器 B の気体の内部エネルギーの和は容器 A の気体の内部エネルギーの何倍か求めなさい。
- 問3 次に断熱容器のコックを開き、十分な時間を経過させた。このときの混合気体の温度は T_1 [K] の何倍か求めなさい。また、混合気体の圧力は P [Pa] の何倍か求めなさい。
- 問4 さらに断熱容器のコックを開いたまま、容器 A と容器 B の温度をはじめの T_1 [K]、 T_2 [K] に戻した。このときの容器 A の中にある気体の量 [mol] を求めなさい。また、容器 A の圧力は P [Pa] の何倍か求めなさい。

3 以下の文を読み、下記の問に答えなさい。ただし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

図 1 のように、真空中で x 軸上の点 $A(-a, 0)$ に電気量 $4Q$ [C] の正電荷、点 $B(a, 0)$ に電気量 $-Q$ [C] の負電荷を持つ点電荷を固定した。

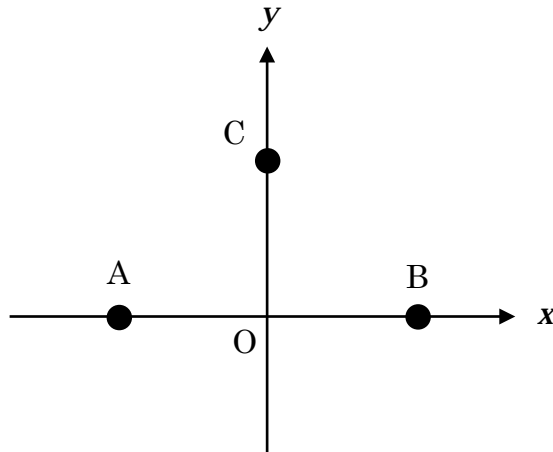


図 1

- 問 1 点 A の点電荷が原点 O につくる電場の強さ [N/C] と向きを求めなさい。
- 問 2 点 B の点電荷が原点 O につくる電場の強さ [N/C] と向きを求めなさい。
- 問 3 原点 O における電場の強さ [N/C] と向きを求めなさい。
- 問 4 x 軸上で電場の強さが 0 N/C となる点の x 座標の値を求めなさい。
- 問 5 原点 O における電位 [V] を求めなさい。
- 問 6 点 C $(0, a)$ における電位 [V] を求めなさい。
- 問 7 点 C に電気量 $+3Q$ [C] の正電荷を持つ点電荷を固定した。この点電荷が持つ静電気力による位置エネルギー [J] を求めなさい。ただし、無限遠点を基準とする。

4

下記の問に答えなさい。数値での解答は有効数字2桁とする。

- (1) X線を発生させる装置(X線管)を図1に示す。プランク定数を 6.6×10^{-34} Js、真空中の光速を 3.0×10^8 m/s、電気素量を 1.6×10^{-19} C として以下の問に答えなさい。

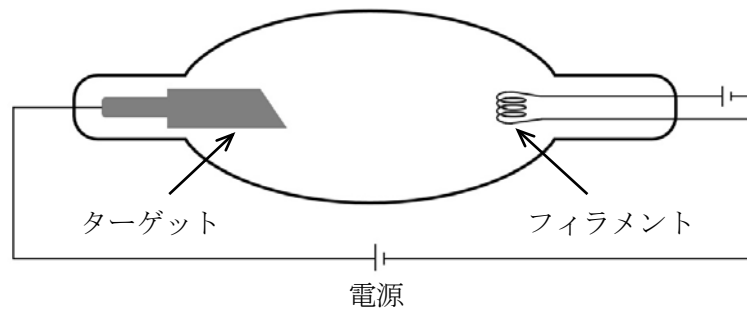


図1

問1 X線を発生させる方法を40字以内で述べなさい。

問2 20 kVの加速電圧を加えたX線管から発生するX線の最短波長 [m]を求めなさい。

- (2) 原子(●)が規則正しく並んだ結晶の結晶面Aと結晶面Bに波長 λ [m]のX線を、結晶面と角 θ [°]をなす方向から入射させると、結晶面Aおよび結晶面Bで図2のように反射した。結晶の面間隔を d [m]として、以下の問に答えなさい。

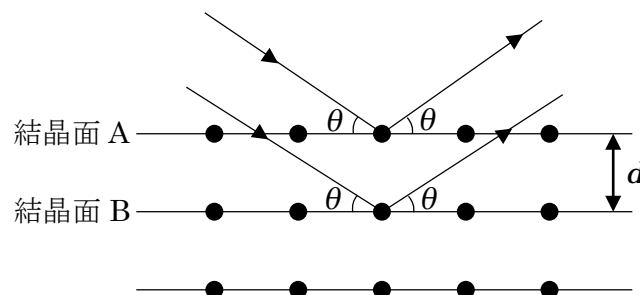


図2

問1 結晶面Aで反射されたX線と結晶面Bで反射されたX線の経路差の導出に必要な作図をし、経路差 [m]を d と θ を用いて表しなさい。

問2 入射角 θ を変えながら波長 λ のX線を結晶に入射させ、入射角を θ_0 としたとき反射したX線が干渉して強め合った(ブラッグ反射)。 θ_0 の条件を正の整数 n 、 λ 、 d 、 θ_0 を用いて表しなさい。

問3 $\theta_0 = 30^\circ$ でブラッグ反射を検出した。 $\lambda = 4.0 \times 10^{-10}$ m で $n=1$ のとき d [m]を求めなさい。