

物理学

問題 1

(1)

小球の x 方向には力が働かないので、 x 方向の速度 v_x は $v_x = v_0$ で一定である。

小球が電極を通過するのにかかる時間 t_1 は、電極の幅 d を速度 v_0 で通過するから、
 $t_1 = \frac{d}{v_0}$ である。

また、小球の y 方向には電場による力 $F = qE$ が上向きに働く。そのため、 y 方向の加速度 $a_y = \frac{qE}{m}$ である。

y 方向の速度 v_y は初速度が 0 であるから、 $v_y = 0 + a_y t_1 = \frac{qE}{m} \times \frac{d}{v_0} = \frac{qEd}{mv_0}$ である。

小球が電極の右端を出ていくときの速さ v は、

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \frac{q^2 E^2 d^2}{m^2 v_0^2}}$$

答. $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{q^2 E^2 d^2}{m^2 v_0^2}}$ [m/s]

(2)

小球の x 方向には力が働かないので、 x 方向の速度 v_x は $v_x = v_0$ で一定である。

小球が電極の右端を出てからスクリーンに衝突するまでの時間 t_2 は、電極の右端からスクリーンまでの距離 L を速度 v_0 で通過するから、

$$t_2 = \frac{L}{v_0} \text{ である。}$$

小球が電極の左端に入射し、スクリーンに衝突するまでの時間 t は、

$$t = t_1 + t_2 = \frac{d}{v_0} + \frac{L}{v_0} = \frac{d+L}{v_0}$$

答. $t = \frac{d+L}{v_0}$ [s]

(3)

小球が電極を通過するのにかかる時間 t_1 での、小球の y 軸方向の移動距離を y_1 とすると、

y 方向の初期位置は 0、初速度も 0、加速度 a_y であるから、(1)より、

$$y_1 = 0 + 0 \times t_1 + \frac{1}{2} a_y t_1^2 = \frac{1}{2} \times \frac{qE}{m} \times \left(\frac{d}{v_0} \right)^2 = \frac{qEd^2}{2mv_0^2}$$

小球が電極の右端からスクリーンに衝突するのに時間 t_2 での、小球の y 軸方向の移動距離を y_2 とすると、電極通過後は力が働いていないので、電極の右端の y 方向の速度 v_y の等速運動となる。電極の右端での y 軸方向の位置は y_1 であるから、

(1)より、

$$y_2 = y_1 + v_y t_2 = \frac{qEd^2}{2mv_0^2} + \frac{qEd}{mv_0} \times \frac{L}{v_0} = \frac{qEd^2}{2mv_0^2} + \frac{qEdL}{mv_0^2} = \frac{qEd(d+2L)}{2mv_0^2}$$

答. $y_2 = \frac{qEd(d+2L)}{2mv_0^2}$ [m]

物理学

問題 2

(1)

雨滴の質量を m とすると $m = \frac{4}{3}\pi\rho r^3$ であるから

雨滴が受ける重力は $mg = \frac{4}{3}\pi\rho r^3 g$

雨滴が空気から受ける抵抗力を F とすると、 α を比例定数として

$$F = \alpha Vr$$

したがって、これら 2 つの力が釣り合っていることを表す式は

$$\frac{4}{3}\pi\rho r^3 g = \alpha Vr$$

答. $\frac{4}{3}\pi\rho r^3 g = \alpha Vr$

(2)

(1)で導出した釣り合いの式を変形すると、 $V = \left(\frac{\frac{4}{3}\pi\rho g}{\alpha}\right)r^2$

したがって、雨滴の落下速度はその半径の自乗（2乗）に比例する。

(3)

地球の大気は、一般に上空へ行くほど気温が低い。そのため、大気中を落下する雨滴の周囲は次第に気温が高くなっていく。それに伴い水滴は大気から熱を受け取って温度は上がるが、気温と同じ温度までは達しないまま落下を続ける。その結果、雨滴の温度は周囲の気温より低くなる。

(4)

雪片からの蒸発（昇華）が多いか少ないかによって境界が変動することが考えられる。

大気の湿度が低いほど、蒸発量は多くなる。その際、雪片は気化熱を奪われるため、大気から熱を受け取ることによる温度の上昇は妨げられる。

したがって、湿度が低い場合には、落下する経路での気温がより高い状態でなければ雪片の温度は融点に達しない。