

物 理

I 傾角 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の斜面上から、時刻 $t = 0$ に速さ v_0 、斜面に対する仰角 α ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2} - \theta$) で質量 m の物体を打ち出した(図参照)。重力加速度を g として、以下の問に答えよ。ただし、空気抵抗および物体の大きさは無視できるものとし、斜面と物体は完全弾性衝突を行うとする。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

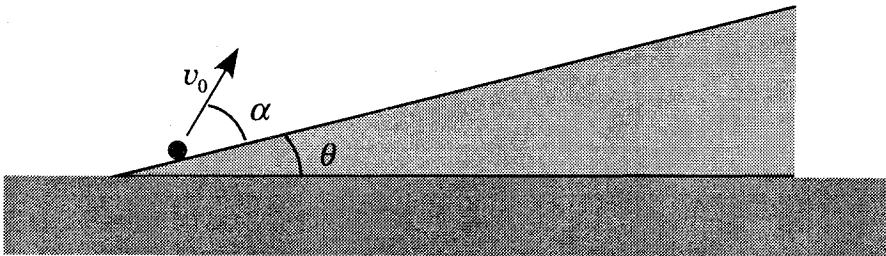
問 1 打ち出した物体に働く重力の、斜面に平行な成分と斜面に垂直な成分を求めよ。

問 2 打ち出した物体が最初に斜面に衝突する時刻 t_1 を求めよ。

問 3 打ち出した地点と最初に斜面に衝突した地点との、斜面に沿って測った距離を求めよ。

問 4 打ち出した物体が 2 回目に斜面に衝突する時刻 t_2 を求めよ。

問 5 斜面の傾角が $\theta = \frac{\pi}{6}$ とする。このとき、2 回目の衝突地点が 1 回目の衝突地点より上方になるためには、仰角 α をどのように設定しなくてはならないか。



Ⅱ 下図に示すように、水平面上に x, y 軸をとり原点を O として、 x 軸上の点 $A(-a, 0)$ に負電荷 $-q$ 、点 $B(a, 0)$ に正電荷 q を固定した。クーロンの法則の比例定数を k 、無限遠における電位をゼロとして、以下の間に答えよ。

問 1 点 $C(0, b)$ における電界の強さ E および向きを求めよ。

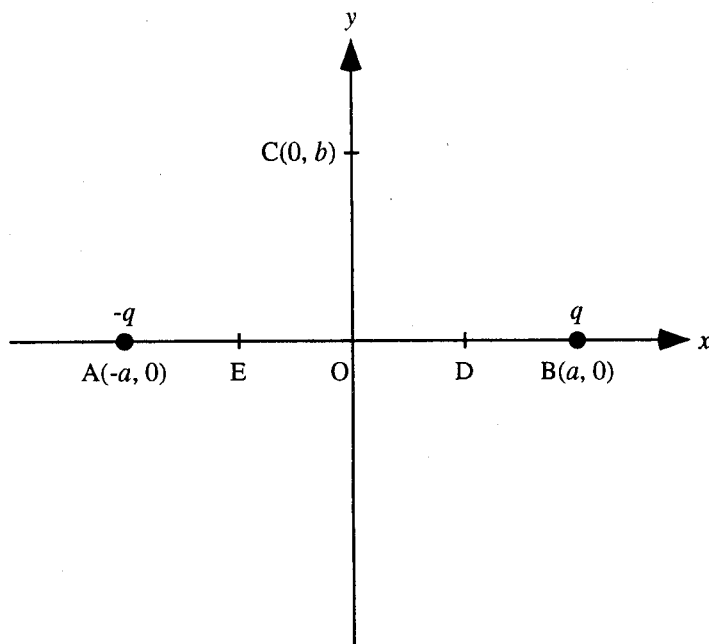
問 2 xy 平面における電界の様子を電気力線を用いて解答用紙の所定の位置に図示せよ。電気力線の密度と向きについて注意すること。

問 3 x 軸上の点 $(x, 0)$ における電位 $V(x)$ を、 $x < -a$ 、 $-a < x < a$ 、 $x > a$ の三つの領域に分けて求めよ。また、 $V(x)$ のグラフの概略を解答用紙の所定の位置に描け。

問 4 y 軸上の点 $(0, y)$ における電位 $V(y)$ を求めよ。

問 5 質量 m 、正電荷 Q の粒子を点 C から点 $D(\frac{a}{2}, 0)$ まで運び、そこで静かに放した。点 C から点 D まで粒子を運ぶために外力のした仕事 W を求めよ。また、この粒子が点 $E(-\frac{a}{2}, 0)$ を通過するときの速さ v を求めよ。ただし、粒子にはクーロン力以外の力は働かないものとする。

問 6 問 2 の電気力線を観察するため、ガラス皿内の液体に草花の小さな種や細かい木くずなどを浮かべ、二つの電極を入れそれぞれに電荷 $q, -q$ を与えたところ、電気力線に沿って種や木くずが並んだ。その理由を 25 字以内で述べよ。



Ⅲ 図のように、波長 λ のX線を静止した電子に照射したところ、X線入射方向と角度 θ をなす方向で、 λ より長い波長 λ' の散乱X線が観測された。X線との散乱によって、電子はX線の入射方向と角度 ϕ をなす方向に速さ v で跳ね飛ばされた。この現象はコンプトン効果と呼ばれ、X線を波動と考えたのでは説明がつかない。X線をエネルギーと運動量をもつ粒子と考え、以下の問に答えよ。ただし、光の速さを c 、電子の質量を m 、プランク定数を h とする。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入すること。

- 問 1 入射X線のエネルギーと運動量はそれぞれどのように表されるか。
- 問 2 散乱前後のエネルギーの保存はどのような式で表されるか。
- 問 3 X線入射方向およびこれに垂直な方向での運動量保存はどのような式で表されるか。
- 問 4 $\lambda' = \lambda(1 + \delta)$ とおく。 δ が1に比べて十分小さいとき、問2のエネルギーの保存から、 δ は λ 、 m 、 v 、 c 、 h を使ってどう表されるか。ただし、 $(1 + \delta)^{-1} \approx 1 - \delta$ と近似できるものとする。
- 問 5 運動量保存の式と問4の結果を合わせることで、 δ を λ 、 m 、 θ 、 c 、 h で表せ。ただし、散乱前後のX線の運動量変化は、波長の変化による部分よりも方向の変化による部分が支配的であり、運動量保存の式においては $\lambda' = \lambda$ と近似してよいとする。

