

物 理

I 次の文章を読んで、問 1～7 に答えなさい。問 4～6 については、導出の過程も簡潔に示しなさい。(配点 30 点)

図のように斜面上の点 A で静止していた質量 m の小球が斜面をすべって下降し、点 O で水平面に衝突して跳ね上がる。斜面の傾きを θ 、AO 間の距離を d 、重力加速度は g とする。また、小球と面との間の摩擦および空気の抵抗は無視でき、水平面と小球の反発係数は 1 とする。

問 1 小球が斜面上にあるとき、小球に働く力とそれらの合力を図に描いて示しなさい。力のベクトルは矢印として描き、大きさを書きそえること。

問 2 斜面を下る際の小球の加速度の大きさ a はいくらか。

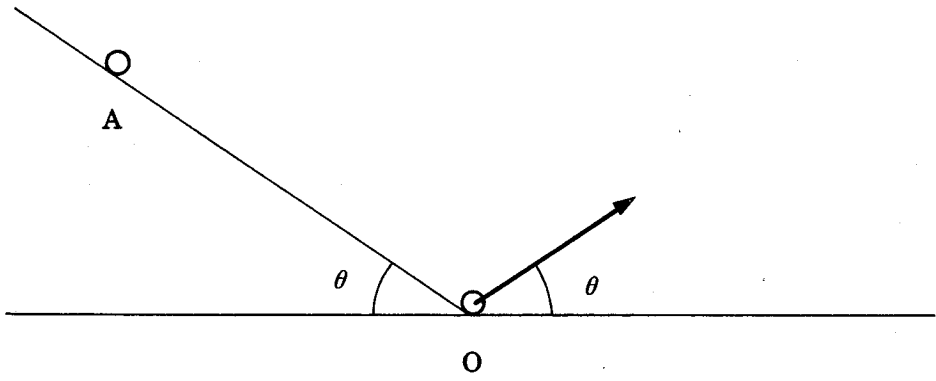
問 3 小球が点 A で斜面をすべりはじめた時刻を 0、点 O にいたる時刻を t_0 、水平面に衝突する直前の速さを v_0 とする。時刻 t が 0 から t_0 の間の小球の速さ v 、および点 A からの距離 l の時間による変化をグラフに示しなさい。

問 4 問 3 の t_0 および v_0 を求めなさい。

問 5 小球は、点 O で水平面からの角度 θ 、速さ v_0 で水平面から跳ね上がる。小球が点 O から最高点 B に達するまでの時間 t_1 を v_0 を用いて表しなさい。

問 6 小球が再び水平面に落下する位置の、点 O からの距離 l_1 を求めなさい。

問 7 最高点 B の高さは点 A の高さより低くなるが、その理由を力学的エネルギー保存の法則を用いて説明しなさい。



II 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点25点)

真空中において、図のように x 軸方向に2本の無限に長い直線導線(導線1, 導線2と呼ぶ)が d [m]離れて平行に配置されている。導線1には大きさ $I_1(>0)$ [A]の電流が x 軸の負の向きに流れている。図のように2本の導線を含む平面内で x 軸に直交する軸を y 軸とし、 xy 平面に直交する軸を z 軸とする。以下では、真空の透磁率は μ_0 [N/A²], 素電荷は $e(>0)$ [C]とし、導線の直径は d に比べて十分小さいものとする。また、数値の答えについては有効数字2けたで答えなさい。

問1 導線2が銅でできているとき、体積 1 cm^3 当たりの自由電子の個数を計算しなさい。ただし、銅は1原子当たり1個の自由電子を供給し、その原子量は63.5、密度は 8.96 g/cm^3 とする。

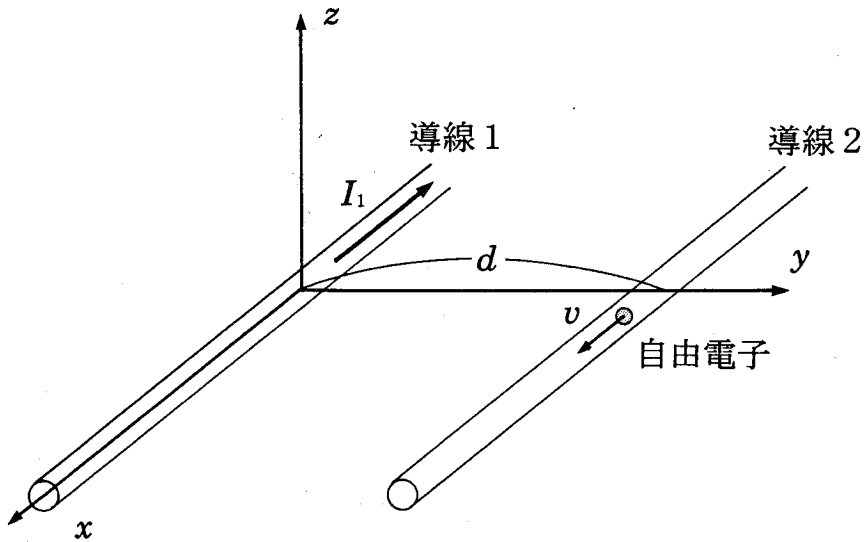
問2 導線2の断面積を S [m²], 単位体積当たりの自由電子の数を n [1/m³]とし、すべての自由電子は一定の速さ v [m/s]で x 軸の正の向きに運動しているものとする。導線2の電流の大きさを I_2 [A]とすると、 I_2 を表す式を書きなさい。

問3 問2で求めた I_2 の表式について、単位がアンペア(A)になっていることを説明しなさい。

問4 電流 I_1 により導線2の位置に発生する磁束密度 \vec{B} [T]を成分表示で書きなさい。ここで、一般にベクトル \vec{a} の成分表示を $\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$ と書くことにする。

問5 導線2の長さ L [m]の部分に存在する全自由電子に働くローレンツ力の総和 \vec{F} [N]を成分表示で書きなさい。

問 6 $d=1.00\text{ m}$ となるように配置し、導線 1 と導線 2 に同じ大きさの電流を流す。
 このとき、導線 2 の受ける力が長さ 1 m 当たり 1.00 N となるためには何アン
 ペア(A)の電流を流せばよいか計算しなさい。ここで、 $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{ N/A}^2$ で
 ある。



Ⅲ 図のように、ナトリウムランプの光(だいだい色)を単スリット S_0 と複スリット S_1, S_2 に通して、スクリーン上に干渉じまを作る。以下の間に答えなさい。

(配点 20 点)

問 1 なぜ干渉じまができるか、その理由を簡潔に説明しなさい。

問 2 スリット S_1, S_2 の間隔を 0.5 mm とし、複スリットとスクリーンの距離を 2 m とする。干渉じまの中央付近にある暗線の間隔はおよそいくらになるか、計算しなさい。導出の過程も示しなさい。

問 3 この実験で、単スリットを取り除くと干渉じまが消えた。その理由を簡潔に説明しなさい。

