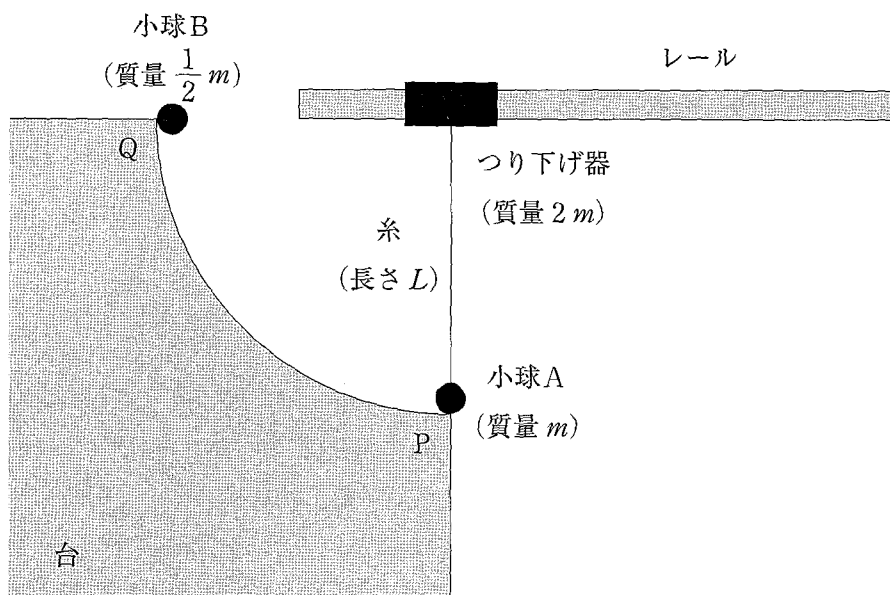


〔 I 〕 右図に示すように、質量 m の小球 A が、質量を無視できる長さ L の伸びない糸によってつり下げられ、半径 L の円弧状の固定された台の右端(点 P)で静止している。このとき、糸はぴんと張っている。この糸の上端は、水平な直線状のレールに沿って移動できる質量 $2m$ のつり下げ器に固定されている。今、つり下げ器と同じ高さにある点 Q において、質量 $\frac{1}{2}m$ の小球 B を静かにはなした。小球 B は、台の上をすべり小球 A に水平方向から衝突した。ここで、2つの小球とつり下げ器の大きさは十分に小さく、さらに、2つの小球と台の間の摩擦、つり下げ器とレールの間の摩擦、および、空気の抵抗は無視できるとする。重力加速度の大きさを g 、小球 A と小球 B の間の反発係数を e とする。また、右向き velocities の符号を正とする。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 小球 A に衝突する直前の小球 B の速度を求めよ。
- (2) 衝突直後の小球 A および小球 B の速度をそれぞれ求めよ。また、小球 B が衝突の前後で運動の向きを変えるための条件を示せ。
- (3) 衝突で失われる力学的エネルギーを求めよ。
- (4) 衝突後、小球 A が右方向に振れ、つり下げ器からみて鉛直下の方向と糸とのなす角度が初めて最大になった。その瞬間における小球 A とつり下げ器の速度を求めよ。
- (5) 上記(4)の状態における小球 A の点 P からの高さを求めよ。
- (6) 上記(4)の状態の後、初めて小球 A が点 P と同じ高さにもどった。その瞬間における小球 A の速度を求めよ。



〔Ⅱ〕 右図に示すように、平行な2つの平板電極 P_1, P_2 と、それに直角に配置した平行な2つの平板電極 Q_1, Q_2 がある。さらに、右方には2つの直交したスクリーン W_1, W_2 がある。電極 P_1, P_2 の間の領域を①、電極 Q_1, Q_2 の間の領域を②、スクリーン W_1, W_2 の右上の領域を③とする。電極 P_2 およびスクリーン W_1 には、それぞれ、小さなスリット S_1, S_2 が開けられている。電極 Q_1, Q_2 の幅を $\frac{L}{2}$ とし、スリット S_1, S_2 を結ぶ線上、領域①内にあってスリット S_1 から距離 L の点を O とする。また、領域②の右端とスクリーン W_1 の間の距離を $2L$ とする。領域①には大きさ E の、領域②には大きさ $4E$ の一様な電場が矢印の向きにかけられている。また、領域②および③には、必要に応じて磁場をかけることができる。ここで、重力・空気抵抗の効果、および、①、②、③以外の領域における電場・磁場の効果は考えなくてよい。また、電極 Q_1, Q_2 は十分に離れているとする。質量 m 、正電荷 q の粒子を点 O に静かに置いた。このとき、以下の実験ⅠおよびⅡに関する問いに答えよ。

(1) 実験Ⅰ

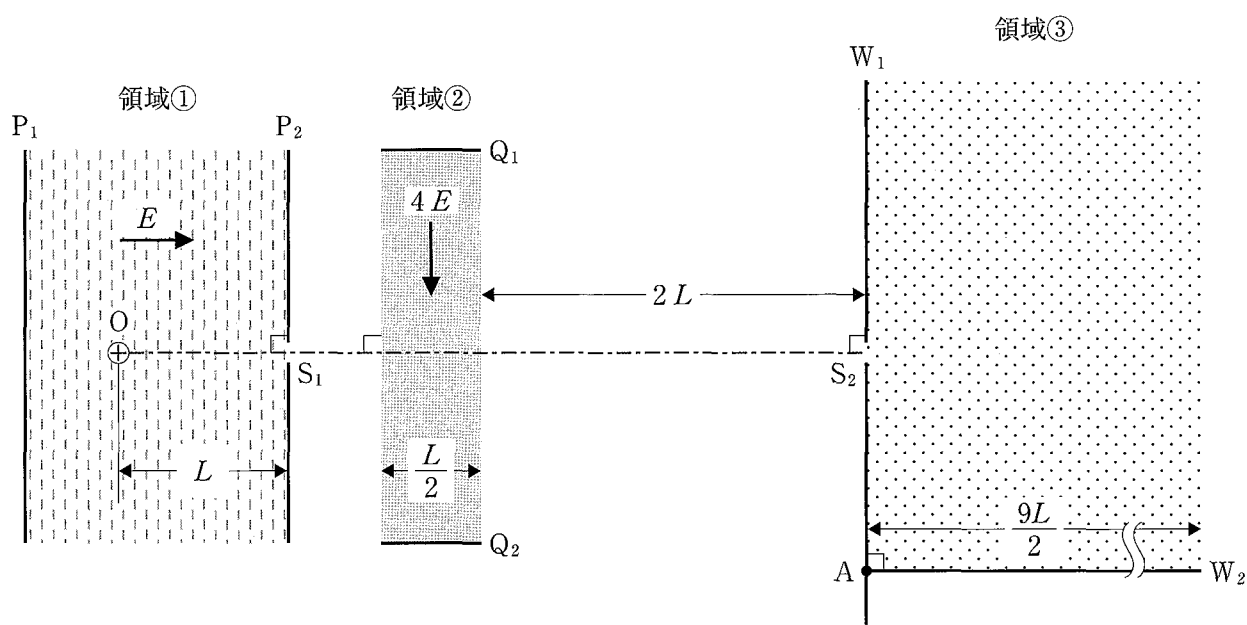
領域②に磁場がかけられていないとき、点 O に置かれた粒子は、領域①で加速しスリット S_1 を通過したのち領域②の電場により曲げられ、スクリーン W_1 上の点 A に到達した。

- (a) スリット S_1 を通過する時の粒子の速さを求めよ。
 (b) S_2A 間の距離を求めよ。

(2) 実験Ⅱ

領域②に紙面に垂直で一様な磁場(磁束密度 B_1) をかけたところ、点 O を出発した粒子は領域②で曲げられることなく進みスリット S_2 に達した。さらに、領域③に紙面に垂直で一様な磁場(磁束密度 B_2) をかけたところ、この粒子は、領域③において円軌道を描き、ある適当な条件の下ではスクリーン W_2 に衝突することが分かった。ここで、スクリーン W_2 は、有限な長さ $\frac{9L}{2}$ をもち、図に示すように、上記(1)で求められた点 A の位置に設置されている。

- (a) 磁束密度 B_1 の大きさと向きを求めよ。
 (b) 粒子がスクリーン W_2 に衝突するための条件(磁束密度 B_2 の大きさの範囲と向き)を求めよ。



領域②

- ・実験Ⅰ：磁場なし
- ・実験Ⅱ：磁場有り (磁束密度 B_1)

領域③

- ・実験Ⅱ：磁場有り (磁束密度 B_2)

〔Ⅲ〕 右図に示すように、断熱材でできた閉じたシリンダーがある。その内部は、なめらかに動くピストンによって3つの部屋に分けられている。これらの部屋に気体を導入し、今、それぞれの部屋は同じモル数 n の気体 A, B, C で満たされている。これらの気体の温度をそれぞれ T_A, T_B, T_C とする。また、これらの気体はすべて単原子分子理想気体であるとする。気体定数を R とし、3部屋の容積の和を V とする。

- (1) ピストンを通した気体間の熱の移動が起きていない状態について、以下の問いに答えよ。
- (a) 気体の圧力 p と、気体 A, B, C の体積 V_A, V_B, V_C を求めよ。
- (b) 気体 A, B, C の内部エネルギーの和 U を求めよ。
- (2) 上記(1)の状態の後、ピストンを通して熱の移動が起きた。十分な時間が経過した後、3気体は等しい温度をもつ熱平衡状態に達した。ここで、ピストンの熱容量は考えなくてよい。このとき、以下の問いに答えよ。
- (a) 気体 A から B および気体 B から C へ移動した熱量をそれぞれ Q_{AB} および Q_{BC} とし、また、この過程において気体 A および C がした仕事をそれぞれ W_A および W_C とする。このとき、これらの量を用いて、気体 A, B, C の内部エネルギーの変化量 $\Delta U_A, \Delta U_B, \Delta U_C$ を表せ。さらに、それらの和 ΔU が 0 であることを示し、その物理的意味を説明せよ。
- (b) この熱平衡状態における気体の温度 T' および圧力 p' を求めよ。また、気体 A, B, C の体積 V'_A, V'_B, V'_C を求めよ。
- (c) 気体 A, C がした仕事 W_A, W_C を求めよ。

