

物 理

第1問 高低差が h の水平面Hと水平面Lの間になめらかな斜面があり、東西方向の断面は図1—1のようになっている。水平面Lの東端には南北にのびる鉛直な壁がある。ここで小球の衝突実験を行った。すべての小球は面から離れることなく進み、互いに弾性衝突するものとし、小球と壁も弾性衝突するものとする。重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさや回転、摩擦や空気抵抗は無視して以下の設問に答えよ。

I 図1—1のように、水平面Hで質量 m の小球Aを東向きに速さ v で滑らせ、質量 M の小球Bを西向きに速さ v で滑らせて衝突させたところ、衝突後に小球Aは西向きに進み、小球Bは静止した。

(1) 衝突後の小球Aの速さを求めよ。

(2) 質量の比 $\frac{M}{m}$ を求めよ。

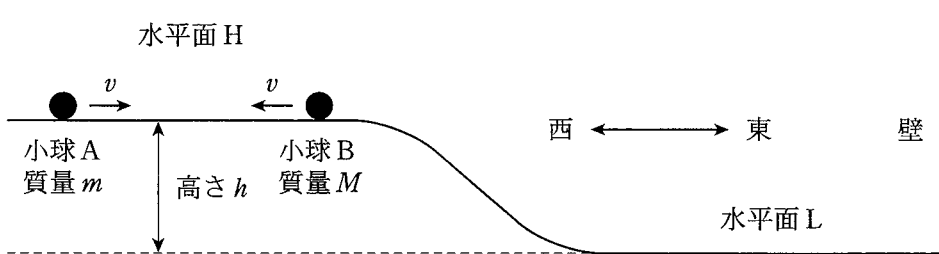


図1—1

II 図1—2のように、水平面Hで前問の小球Aと小球Bを東向きに同じ速さ v_0 で滑らせたところ、小球Bは壁で跳ね返り、水平面Lからの高さが x の斜面上の点で小球Aと衝突した。その後、小球Aは斜面を上がって水平面H上の最初の位置を速さ v_f で西向きに通過し、一方、小球Bは壁と斜面の間を往復運動した。

- (1) 2つの小球が衝突する直前の小球Aの速さを v_A 、小球Bの速さを v_B とする。速さの比 $\frac{v_A}{v_B}$ を求めよ。
- (2) x を v_0 、 v_f 、 h 、 g を用いて表せ。

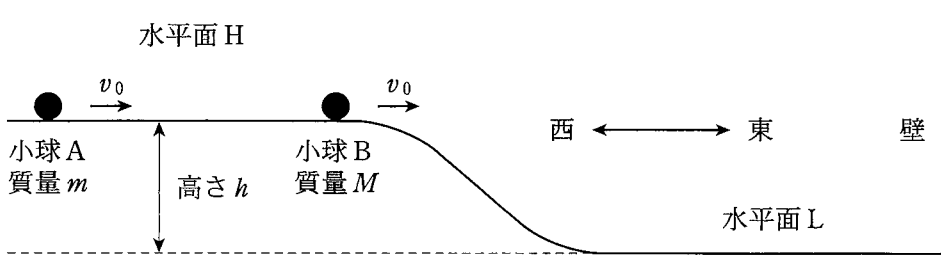


図1—2

Ⅲ 前問の小球 B が、水平面 L から高さ $\frac{h}{10}$ の地点と壁との間を東西方向に往復運動しているとき、図 1—3 のように小球 B をねらって質量 $\frac{M}{2}$ の小球 C を水平面 H 上の点から発射した。水平面 L 上で小球 C はうまく小球 B に命中し、その後小球 B が壁で跳ね返ってから、小球 C と小球 B が両方とも水平面 H まで上ってきた。2 つの小球は同じ速さ $\sqrt{\frac{19gh}{5}}$ で距離を l に保ったまま水平面 H 上を同じ向きに進んだ。その方向は西から北に向けての角度を α とすると $\sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{19}}$ であった。

- (1) 壁で跳ね返ったあとの小球 B の水平面 L での運動の向きは、西から北に向けて角度 β であった。 $\tan \beta$ を求めよ。
- (2) 小球 B と小球 C が衝突した地点の壁からの距離 d を求めよ。
- (3) 水平面 H 上で発射したときの小球 C の速さ V を求めよ。
- (4) 小球 C を発射した方向を東から北に向けて角度 θ とする。 $\sin \theta$ を求めよ。

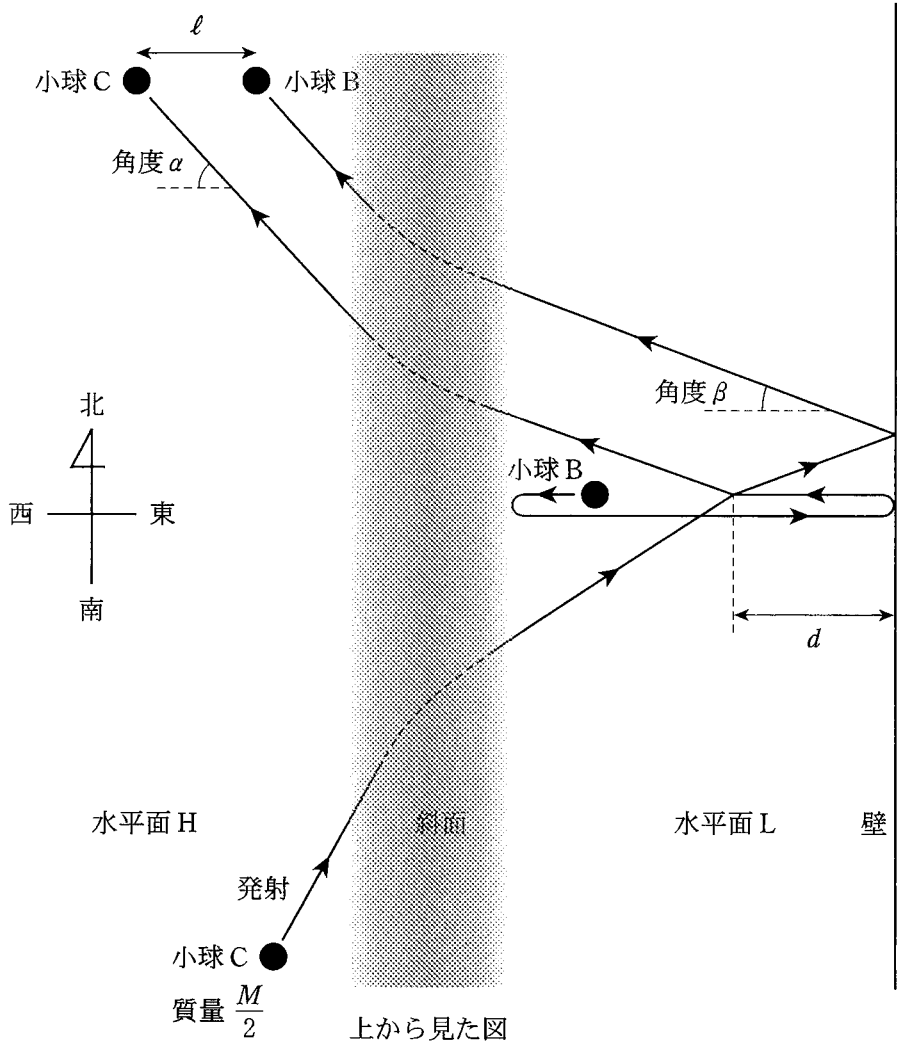
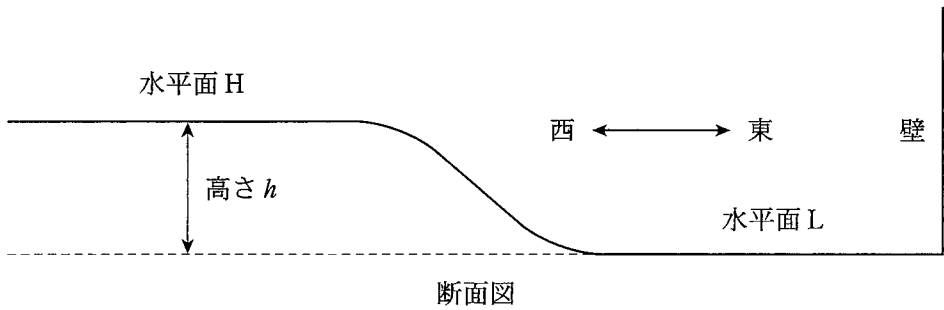


図 1-3

第2問 図2—1のように、 xy 平面上に置かれた縦横の長さがともに $2a$ の回路を一定の速さ v で x 軸正方向に動かす。回路の左下の点Pと右下の点Qは常に x 軸上にあり、点Qの座標を $(X, 0)$ とする。磁束密度 B の一様な磁場が、 $y < x$ の領域にのみ紙面に垂直にかけられている。導線の太さ、抵抗およびコンデンサーの素子の大きさ、導線の抵抗および回路を流れる電流が作る磁場の影響は無視できるものとして、以下の設問に答えよ。

I まず、図2—1に示した抵抗値 R の抵抗と導線からなる正方形の回路を用いる。

- (1) $0 < X < 2a$ のときに回路を流れる電流の大きさを求めよ。
- (2) $0 < X < 2a$ のときに回路が磁場から受ける力の x 成分を求めよ。
- (3) $2a < X < 4a$ のときに回路が磁場から受ける力の x 成分を求めよ。

II 次に、設問Iで用いた回路を複数の抵抗を含む回路に取り替える。

- (1) 図2—2に示した抵抗値 R の抵抗を2つ含む回路を用いた場合に対して、 $a < X < 2a$ のときにPQ間の導線を流れる電流の大きさを求めよ。
- (2) 図2—3に示した抵抗値 R の抵抗を3つ含む回路を用いた場合に対して、 $a < X < 2a$ のときにPQ間の抵抗を流れる電流の大きさを求めよ。

III 最後に、図2—4に示した電気容量 C のコンデンサーと導線からなる回路を用いる。

- (1) $0 < X < 2a$ のときに導線を流れる電流の大きさを求めよ。
- (2) $2a < X < 4a$ のときに回路が磁場から受ける力の x 成分を求めよ。

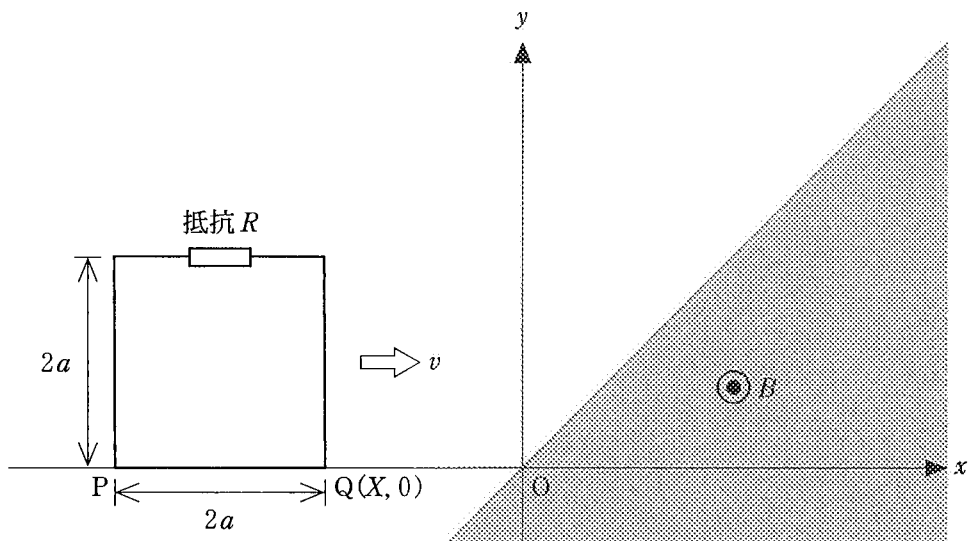


図 2-1

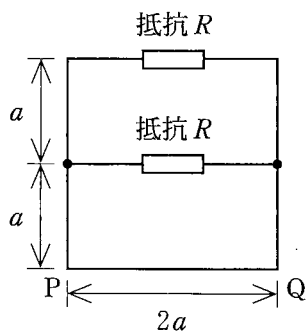


図 2-2

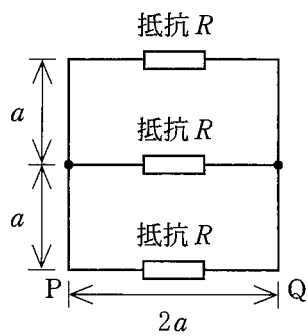


図 2-3

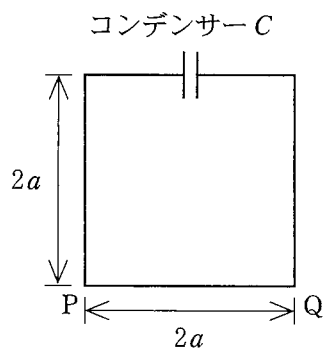


図 2-4

第3問 複スリットによる光の干渉を利用して気体の屈折率を測定する実験について考えよう。図3のように、透明な二つの密閉容器 C_1 , C_2 (長さ d) を、平面 A 上にある二つのスリット S_1 , S_2 (スリット間隔 a) の直前に置き、A の後方にはスクリーン B を配置する。A, B は互いに平行であり、その間の距離を L とする。スクリーン B 上の座標軸 x を、O を原点として図3のようにとる。原点 O は S_1 , S_2 から等距離にある。いま、平面波とみなせる単色光 (波長 λ) を、密閉容器を通してスリットに垂直に照射すると、スクリーン B 上には多数の干渉縞が現れる。密閉容器の壁の厚さは無視して、以下の設問に答えよ。

- I 密閉容器 C_1 , C_2 両方の内部を真空にした場合、光源から二つのスリット S_1 , S_2 までの光路長は等しいため、単色光は S_1 , S_2 において同位相である。
- (1) スクリーン B 上の点 P の x 座標を X , S_1 と P の距離を l_1 , S_2 と P の距離を l_2 としたとき、距離の差 $\Delta l = |l_1 - l_2|$ を、 a , L , X を用いて表せ。ただし、 L は a や $|X|$ よりも十分に大きいものとする。なお、 $|h|$ が 1 よりも十分小さければ、 $\sqrt{1+h} \doteq 1 + \frac{h}{2}$ と近似できることを利用してよい。
- (2) 点 P に明線があるとき、 X を a , L , λ , および整数 m を用いて表せ。
- II C_2 の容器内を真空に保ったまま、 C_1 の容器内に気体をゆっくりと入れ始めた。一般に、絶対温度 T , 圧力 p の気体の屈折率と真空の屈折率との差は、その気体の数密度 (単位体積あたりの気体分子の数) ρ に比例する。
- (1) 容器内の気体の圧力が p で絶対温度が T のとき、その気体の数密度 ρ を p , T , k (ボルツマン定数) を用いて表せ。ただし、この気体は理想気体とみなしてよい。
- (2) 温度を一定に保ったまま C_1 の容器内に気体を入れて圧力を上げると、スクリーン B 上の干渉縞は、 x 軸の正方向、負方向のどちらに移動するか。理由を付けて答えよ。

Ⅲ C_2 の容器内を真空に保ったまま、 C_1 の容器を絶対温度 T 、1 気圧 (101.3 kPa) の気体で満たした。このときの気体の屈折率を n とする。

- (1) C_1 の容器が真空状態から絶対温度 T 、1 気圧の気体で満たされるまでに、それぞれの明線はスクリーン B 上を距離 ΔX だけ移動した。気体の屈折率 n を、 ΔX を用いて表せ。
- (2) (1)で、原点 O を N 本の暗線が通過した後、明線が原点 O にきて止まった。気体の屈折率 n を、 N を用いて表せ。
- (3) 気体の屈折率を精度よく求めるには、測定値の正確さが重要になる。いま、(1)で測定した ΔX は 0.1 mm の正確さで測定でき、(2)で測定した N は 1 本の正確さで数えられるとすると、気体の屈折率は(1)の方法、(2)の方法のどちらが精度よく求められると考えられるか。理由を付けて答えよ。ただし、 $d = 2.5 \times 10^2$ mm, $L = 5.0 \times 10^2$ mm, $a = 5.0$ mm, $\lambda = 5.0 \times 10^{-4}$ mm とすること。

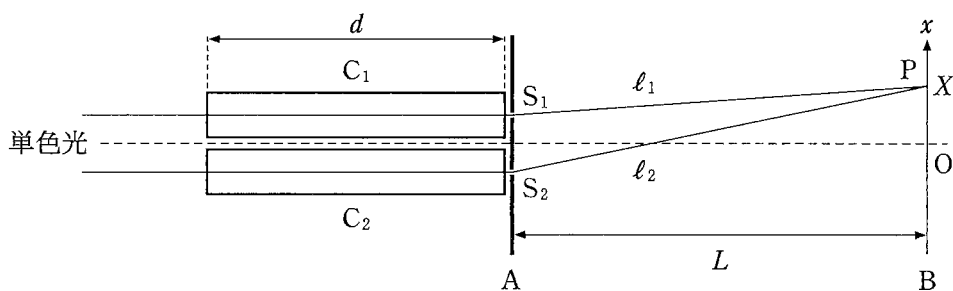


図 3