

物 理

(問 題)

2013年度

〈2013 H25070015 (物理)〉

注 意 事 項

1. 問題冊子および記述解答用紙は、試験開始の指示があるまで開かないこと。
2. 問題は2～5ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷の乱れ、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて解答用紙の所定欄にHBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。欄外の余白には何も記入しないこと。欄外に何かを記入した解答用紙は無効となる場合がある。
4. 試験が開始されたらただちに、解答用紙の所定欄（2か所）に受験番号および氏名を正確に丁寧に記入すること。
5. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

[I] 速さ v_1 で等速直線運動する質点1が静止した質点2に衝突する場合を考える。2つの質点の質量はともに m とし、衝突直後両者は衝突前と同じ直線上を運動するものとする。衝突前の質点1の進行方向を正にとることとし、反発係数を e 、重力加速度は g として、以下の問に答えよ。ただし、解答には問題文に与えられた記号のみを用い、質点と床や壁との摩擦は無視できるものとする。

問1 衝突直後の2質点の速度はそれぞれいくらか。

問2 反発係数が $e = 1$ のとき（弾性衝突という）、衝突前と衝突直後における2質点の運動エネルギーの和の変化はいくらか。また、反発係数が $e = 0$ の場合（完全非弾性衝突といい、衝突後二つの質点は一体となって運動する）はどうか。

問3 図I-1のように、衝突後前方に進む質点2は、半径 R の半円筒の内壁をただちに登るようになっているものとする。弾性衝突された質点2が半円筒の最高点にまで達するための v_1 に対する条件を求めよ。

問4 前問と同様に2質点が弾性衝突するとしたとき、質点2が衝突直後は前方に進むものの、半円筒の内壁を登る途中でもと来た経路を引き返してしまうための v_1 に対する条件を求めよ。

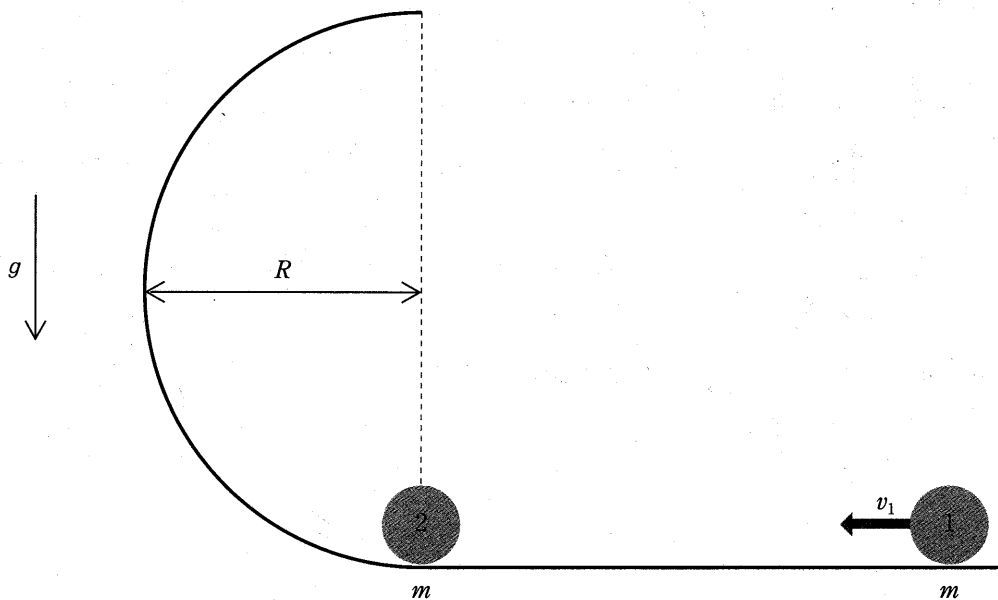


図 I - 1

- 問5 図I-2のように質点2がバネにつながっている場合を考えよう。バネ定数を k として、弾性衝突をした後バネは最大どれだけ縮むか求めよ。また、完全非弾性衝突の場合はどうか。ただし、バネは衝突に影響を与えないものとし、十分長いものとする。
- 問6 前問で、縮んだバネが元の長さに戻るまでの時間は弾性衝突と完全非弾性衝突ではどちらが短いか。
- 問7 $e = 0$ でない場合、バネが縮みきる前に質点1が質点2に再び衝突する条件を e を用いて表せ。

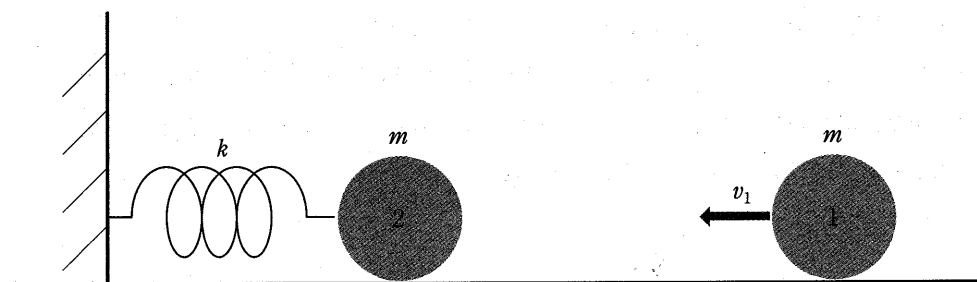
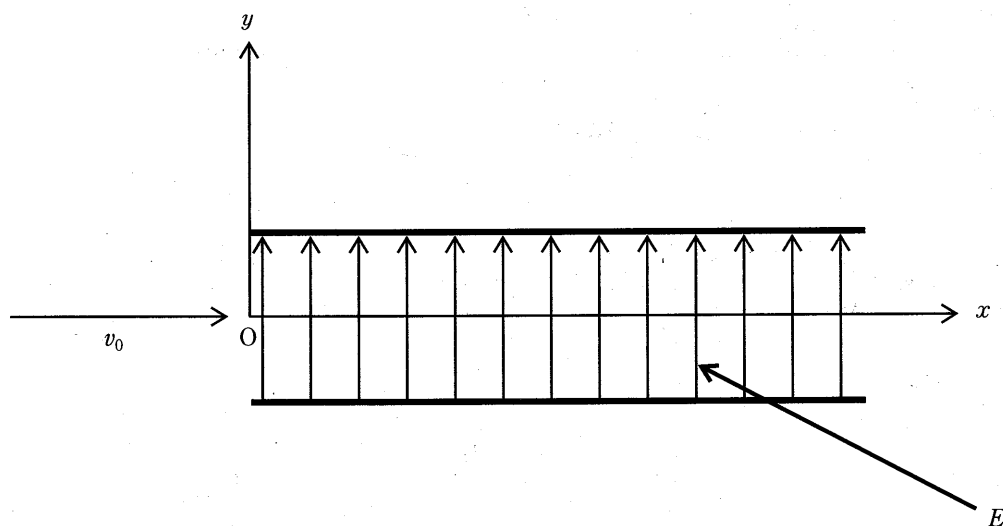


図 I - 2

[Ⅱ] 質量 m または M 、電荷 q をもつ正イオンが真空中、電場及び磁場中で行う運動について考える。なお、以下の設問において電極板の端の影響は無視してよい。

まず、質量 m の正イオンについて考える。

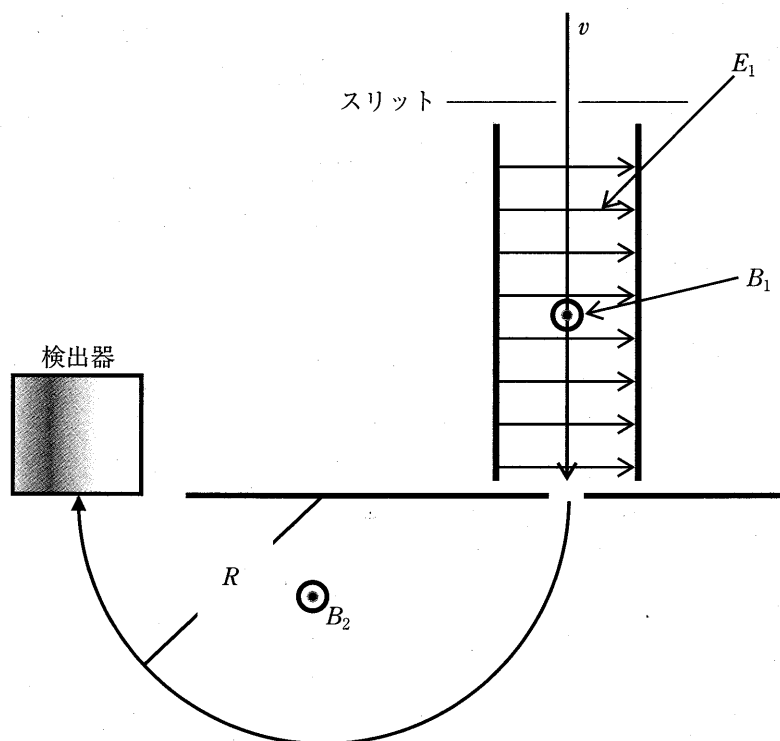
- 問1 電場（電場の大きさ E_0 ）中で正イオンが受ける力の大きさを q 、 E_0 を使って書け。また磁場（磁束密度の大きさ B_0 ）の中で正イオンが速さ v で運動しているとき、この正イオンが磁場（速度に直交する成分の磁束密度の大きさ B ）から受ける力の大きさを q 、 v 、 B を使って書け。
- 問2 図Ⅱ－1 のような一様電場（電場の大きさ E ）をもつ電極板間に正イオンが速さ v_0 で入射する場合を考える。正イオンの進行方向を x 軸、電場の向きを y 軸としたとき、電極板間を通過中のこの正イオンの軌跡の方程式を q 、 v_0 、 m 、 E を使って示せ。ただし図Ⅱ－1 のように xy 座標の原点 O をとることとする。
- 問3 正イオンの質量が $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、 $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、電極の x 方向の長さが 50.0 mm 、電場の大きさが $3.34 \times 10^3 \text{ V/m}$ で、電場のないときにくらべ進路の振れが電極出口において 10.0 mm であったとすると、この正イオンの入射時の速さ v_0 はいくらであったか。有効数字二桁で求めよ。



図Ⅱ－1

次に、未知の正イオンの質量 M を分析する図Ⅱ－2のようなシステムを考える。

- 問4 問1～問3のように電場中で正イオンが運動する際には、正イオンの進行方向が変化してしまう。そこで、図Ⅱ－2のように、正イオンをまっすぐ運動させるために、一様な電場（電場の大きさ E_1 ）をもつ電極板間に、更に電場に垂直で一様な磁場（正イオンの運動方向に直交する成分の磁束密度の大きさ B_1 ）を加えた。この電極板間を正イオンがまっすぐ進むための速さ v の条件を求めよ。
- 問5 問4の条件下で、 v が問3において求めた正イオンの入射時の速さ v_0 の値に等しく、電場の大きさが $E_1 = 3.34 \times 10^3 \text{ V/m}$ の場合に、磁束密度の大きさ B_1 の値を有効数字二桁で求めよ。
- 問6 電極板間をまっすぐ進んだ正イオンは、その後一様磁場（磁束密度の大きさ B_2 ）中で半径 R の円運動をし、検出器に入射したとする。このとき、正イオンの質量 M を q 、 B_1 、 B_2 、 E_1 、 R を用いてあらわせ。
- 問7 $R = 10.0 \text{ cm}$ 、 $E_1 = 2.40 \times 10^3 \text{ V/m}$ 、 $B_1 = 2.00 \times 10^{-2} \text{ T}$ 、 $B_2 = 5.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ 、 $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ としたとき、正イオンの質量は陽子の何倍となるか、整数で答えよ。ただし、陽子の質量は $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ であるとして計算せよ。
- （ヒント：この正イオンは希ガスの単原子イオンである）



注：⊗ は磁場が紙面に垂直で上向きであることを示す

図Ⅱ－2

〔以下余白〕

