

令和 2 年度

理工学群物理学類  
私費外国人留学生入試

小 論 文  
試 験 問 題

注意事項

- ① 問題 1 および問題 2 は別々の解答用紙に日本語で  
解答すること。下書き用紙は採点しません。
- ② 試験時間は 90 分です。

## 問題 1

図 1 に示すように、ばねで壁につながれた物体 A を、床の上に静止している物体 B に衝突させる実験を考える。ばね定数は  $k$  とし、物体 A, B の質量をそれぞれ  $M, m$  とする。ばねが自然長だったときの

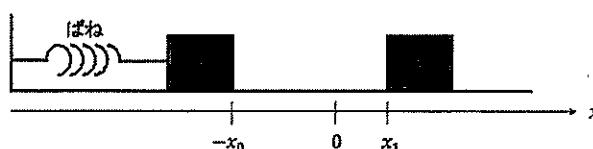


図 1

物体 A の右端の位置を原点とする。物体 A を  $-x_0$  ( $x_0 > 0$ ) の位置まで移動し、静かに放したところ、物体 A はばねの力で右に加速し、物体 B と位置  $x_1$  で衝突した ( $-x_0 < x_1 < x_0$  とする)。床は水平で、ばねの質量、物体と床の間の摩擦および空気抵抗は無視できるものとする。また物体の運動は一次元上で考えてよいものとする。以下の問いに答えよ。

- 問 1. 物体 A を放す前に  $-x_0$  の位置にあるとき、物体 A を押す力の強さ  $F$ 、およびそのときのばねの弾性力による位置エネルギー  $E_0$  を  $k, M, m, x_0, x_1$  の中から必要なものを用いて表せ。
- 問 2. 物体 A を放してから原点を通るまでの時間を  $k, M, m, x_0, x_1$  の中から必要なものを用いて表せ。
- 問 3. 物体 A が物体 B と衝突する直前の物体 A の速度  $V_0$  を  $k, M, m, x_0, x_1$  の中から必要なものを用いて表せ。

つぎに、衝突の直前および直後の物体 A と物体 B の運動を考える。物体 A と物体 B の間の反発係数 (はねかえり係数) を  $e$  ( $0 < e \leq 1$ ) とし、以下の問いに答えよ。問 8 以外では、衝突直前の物体 A の速度は  $V_0$  と表してよい。

- 問 4. 衝突直後の物体 A と物体 B の速度をそれぞれ  $V, v$  とする。  $V$  および  $v$  が以下で表すことができることを示せ。

$$V = \frac{M - em}{M + m} V_0, \quad v = \frac{(1 + e)M}{M + m} V_0$$

- 問 5. 物体 A の質量が物体 B の質量に比べて無視できるくらい小さい場合、衝突直後の物体 A および B はどのような運動をするか。述べよ。
- 問 6. 逆に、物体 B の質量が物体 A の質量に比べて無視できるくらい小さい場合、衝突直後の物体 A および B はどのような運動をするか。述べよ。
- 問 7. 物体 A と物体 B の質量が等しい場合に、衝突によって物体 A と物体 B の運動エネルギーの合計はどれだけ変化したか、  $M, m, e, V_0$  を用いて表せ。また、運動エネルギーの合計が保存するのはどのような場合か。

問 8. はじめにばねに与えたエネルギー  $E_0$  のうち, どれだけの割合が物体 B の運動エネルギー  $K_B$  になったか,  $k, M, m, x_0, x_1, e$  の中から必要なものを用いて表せ。求めた割合を,  $x_1$  の関数として図示せよ。

## 問題 2

図 1 のように、領域 0 の粒子源で作られた電荷  $q$  ( $>0$ )、質量  $m$ 、初速度 0 の荷電粒子が間隔  $d$  の 2 枚の電極にかけた電場  $E_0$  で加速され電極の穴 O から飛び出し、磁場  $B$  が一様にかかった領域 1 に入射する。領域 1 に入射した荷電粒子は、領域 1 内を P-Q-R と移動し、一様電場  $E$  がかかった領域 2 に入射スリット S から入射する。電場  $E_0$ 、磁場  $B$ 、電場  $E$  は、それぞれ領域 0、領域 1、領域 2 の外には影響を及ぼさないものとする。また、荷電粒子は水平面上を運動するものとし、重力は考えないものとする。以下の問に答えよ。

- 問 1. 点 O から飛び出た直後の荷電粒子の速さ  $v_0$  を  $q$ ,  $m$ ,  $d$ ,  $E_0$  のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 2. 荷電粒子が領域 1 に点 P から入射して点 Q に移動するまで円運動を行う。この円の半径  $r_1$  を  $q$ ,  $m$ ,  $d$ ,  $E_0$ ,  $B$  のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 3. 領域 1 の点 Q で、荷電粒子は電荷  $2q$ 、運動エネルギー  $U$  に変化した。荷電粒子が Q-R を円運動する時の速さ  $v_2$  と半径  $r_2$  を  $q$ ,  $m$ ,  $d$ ,  $E_0$ ,  $B$ ,  $U$  のうち必要なものを用いて示せ。

荷電粒子（電荷が  $2q$  に変化していることに注意）が領域 2 に入射スリット S から入射角  $30^\circ$  で入射した後、その軌道が電場  $E$  によって曲げられて、スリット S から距離  $L$  だけ離れた線分 CD 上（長さ  $L$ ）の位置 T に到着する。

- 問 4. 荷電粒子が入射スリット S から領域 2 に入射したとき、荷電粒子の持つ運動エネルギーが小さかった場合、線分 CD まで到達できないことになる。荷電粒子が線分 CD に到達できるための最低運動エネルギーを  $q$ ,  $m$ ,  $E$ ,  $L$  のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 5. 荷電粒子のもつ運動エネルギーが大きすぎても線分 CD に到達できない。荷電粒子が線分 CD に到達することができる最大運動エネルギーを  $q$ ,  $m$ ,  $E$ ,  $L$  のうち必要なものを用いて示せ。また、この条件が成り立つためには、領域 2 の長さ  $K$  が十分長くないといけませんが、このときの  $K$  の満たす条件を  $q$ ,  $m$ ,  $E$ ,  $L$ ,  $K$  のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 6. 荷電粒子が入射スリット S を通過するときの速さ  $v_2$  と入射スリット S から線分 CD に到達した位置 T までの距離  $F$  の満たす関係式を  $F$ ,  $v_2$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $E$ ,  $L$ ,  $K$  のうち必要なものを用いて示せ。

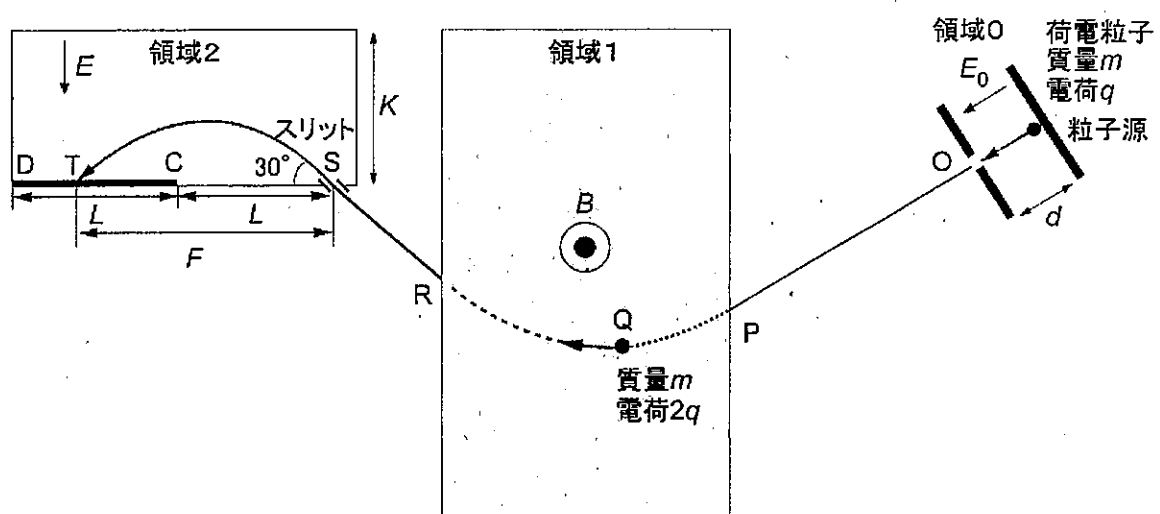


図 1