

# 物 理

第1問 図1のように、質量 $2M$ の物体Aと質量 $M$ の物体Bが、ばね定数 $k$ の質量の無視できるばねによってつながれて、なめらかで水平な床の上に静止していた。また、物体Aはかたい壁に接していた。床の上を左向きに進んできた物体Cが、物体Bに完全弾性衝突して、跳ね返された。右向きを正の向きと定めると、衝突直後の物体Cの速度は $+u_1$  ( $u_1 > 0$ )、物体Bの速度は $-v_1$  ( $v_1 > 0$ )であった。その後、物体Bと物体Cが再び衝突することはなかった。

I まず、衝突前から物体Aが壁から離れるまでの運動を考える。

- (1) 衝突前の物体Cの速度 $u_0$  ( $u_0 < 0$ )を $u_1$ と $v_1$ を用いて表せ。
- (2) ばねが最も縮んだときの自然長からの縮み $x$  ( $x > 0$ )を求めよ。
- (3) 衝突してからばねの長さが自然長に戻るまでの時間 $T$ を求めよ。

II ばねの長さが自然長に戻ると、その直後に物体Aが壁から離れた。

- (1) やがて、ばねの長さは最大値に達し、そのとき物体Aと物体Bの速度は等しくなった。その速度 $v_2$ を求めよ。
- (2) ばねの長さが最大値に達したときの自然長からの伸び $y$  ( $y > 0$ )を求めよ。
- (3) その後ばねが縮んで、長さが再び自然長に戻ったとき、物体Aの速度は最大値 $V$ に達した。 $V$ を求めよ。

III 物体Aが壁から離れた後、物体Bと物体Cの間隔は、ばねが伸び縮みを繰り返すたびに広がっていった。このことからわかる $u_1$ と $v_1$ の関係を、不等式で表せ。

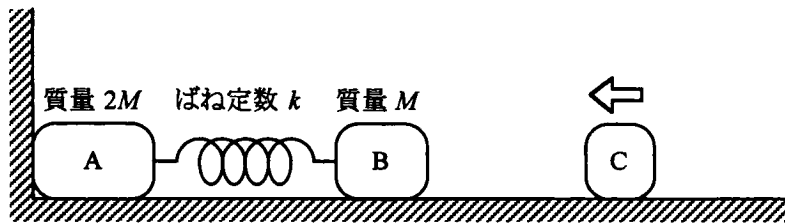


図 1

**第2問** 図2のように、直方体の導体P, P', Q, Q'が、水平なxy面上にy軸と平行に設置されている。これらの導体は十分細長く、その太さは無視できるとする。導体PとP'およびQとQ'の間には絶縁体をはさまれており、全体で間隔 $l$ の2本の平行なレールをなしている。導体P, Qの右端はそれぞれ導体Q', P'の左端と導線で交差して結ばれている。二つの絶縁体はx軸方向の平行移動でちょうど重なりあう位置にある。

2本のレール上には、質量が等しく、ともに抵抗 $R$ を持つ細い棒1, 2がx軸に平行に置かれている。それらはy軸方向に摩擦なしに滑ることができ、棒2の方が棒1より右にあって接触しないものとする。系全体には磁束密度 $B$ の一様な磁界が鉛直上向きにかけられている。

以下では棒を流れる電流はx軸正方向、棒に働く力とその速度はy軸正方向を正とする。棒と絶縁体以外の電気抵抗は無視できるとする。また、棒を流れる電流により発生する磁界の影響も無視できるとする。

I 棒1も棒2も導体P, Q上にあるとして以下の間に答えよ。

- (1) 棒1を導体P, Qに固定し、棒2だけを一定速度 $v_0$ で動かした。この時、棒2に流れる電流 $I_0$ を求めよ。
- (2) 棒1の速度が $u$ 、棒2の速度が $v$ である時、棒1に働く力 $F_1$ 、棒2に働く力 $F_2$ を求めよ。

II 棒1が導体P, Q上、棒2が導体P', Q'上にあるとして以下の間に答えよ。

- (1) 棒1の速度が $u$ 、棒2の速度が $v$ である時、棒2に流れる電流 $I$ を求めよ。
- (2) II(1)の状況で、Pの電位はP'の電位よりどれだけ高いか。

III ある時刻において棒1, 2は同じ正の速度を持ち、棒2はP, Qの右端、棒1はそれより左にあったとする。その後棒1, 2は間隔を一定に保ったまま右へ進んでいった。二つの棒の間隔が絶縁体の長さより大きいとすると、次の四つの状況が順次起こる。

- (a) 棒1はP, Q上で棒2は絶縁体上

(b) 棒1はP, Q上で棒2はP', Q'上

(c) 棒1は絶縁体上で棒2はP', Q'上

(d) 棒1, 棒2ともにP', Q'上

それぞれの場合に, 棒1の速度(棒2の速度に等しい)はどうなるか。以下の(ア),

(イ), (ウ)のいずれかを選んで答えよ。

(ア) 加速する

(イ) 減速する

(ウ) 変わらない

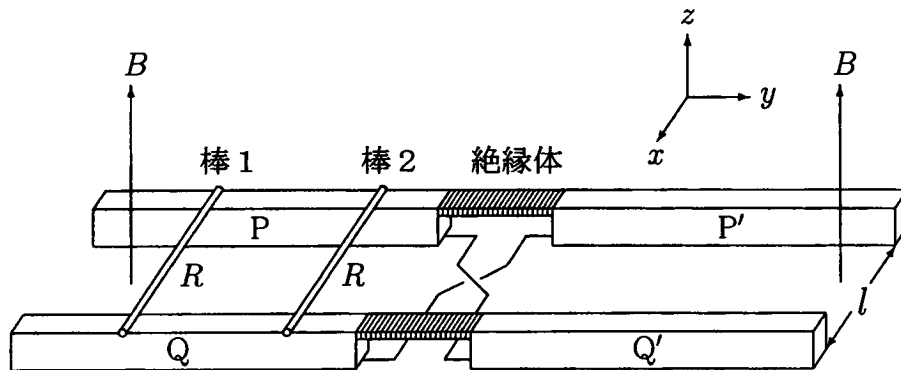


図2

**第3問** 図3—1に示すように、広い水槽に水が張られており、水槽のまっすぐな縁の近くに振動数 $f$ で振動している波源 $S$ がある。図のように座標をとり、波源 $S$ の位置を $(0, h)$ とする。ただし、 $h$ の値は水面波の波長より大きい。また、水面波の速さを $c$ とする。

I 波源から水面波が同心円状に広がり、水槽の縁で反射する。このとき、直接波と反射波が干渉し、強めあうところ(腹)と弱めあうところ(節)ができる。そのときの、節を連ねた曲線(節線)の形状を知りたい。

- (1) まず原点 $O(0, 0)$ での水面の振動の様子を観測したところ、腹であった。そこから $y$ 軸に沿って正の方向に観測点を移してゆくと、位置 $(0, d)$ で初めて節が見つかった。 $d$ を求めよ。
- (2) 観測点が任意の位置 $P(x, y)$ (ただし $y > 0$ )にある場合、直接波と反射波がそれぞれ $S$ から $P$ に至るまでの経路の長さを求めよ。
- (3) (2)の結果と経路に含まれる波の数を考えて、観測点 $P(x, y)$ が節になる条件式を $d$ を用いて表せ。
- (4) 反射波の波面は、水槽の外の点 $S'$ に存在する仮想的な波源がつくる直接波の波面と同等であると考えることができる。そのときの $S'$ の座標を求めよ。
- (5)  $h = 5d$ の場合、原点 $O$ と波源 $S$ の間の $y$ 軸上で、2つの節が見つかった。この場合の2本の節線の概形を図示せよ。

II 次に図3—2に示すように、水が $x$ 軸の正の方向に速さ $V$ で一様に流れている。波源 $S$ の位置は変わらない。この場合の、節の位置を探したい。ただし、 $V < c$ とする。

- (1) 波の速度は、水流がない場合の波の速度(大きさ $c$ )と水流の速度(大きさ $V$ )の合成速度になる。波源 $S$ を出て原点 $O$ に至る波の速さと波長を求めよ。また原点で観測される波の振動数を求めよ。
- (2) I(1)と同様に、原点から出発して観測点を移してゆくと、位置 $(0, d')$ で初めて節が見つかった。 $d'$ を求めよ。

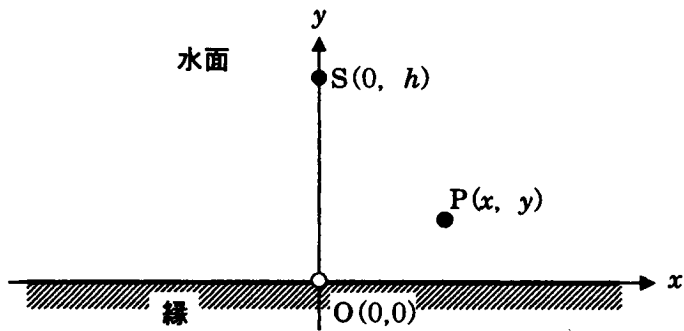


図 3—1



図 3—2