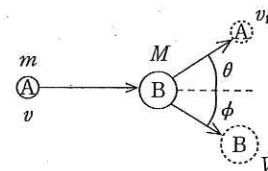


## 試験問題(記述式) — 理 科(物理)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄に書くこと。

解答を導くための過程を明示すること。必要ならば解答用紙の裏面を使用してもよい。

- 1 図のように水平面上で、質量  $m$  の剛体球 A が速さ  $v$  で、静止している質量  $M$  の剛体球 B に弾性衝突した。衝突後、球 A は入射方向から角度  $\theta$  ( $0 < \theta < \pi/2$ ) の方向へ速さ  $v_1$  で進み、球 B は角度  $\phi$  ( $0 < \phi < \pi/2$ ) の方向へ速さ  $V$  で進んだ。これらのうち、 $v$ ,  $m$ ,  $M$  ( $m < M$ ) は既知である。測定により  $\theta$ ,  $v_1$  を求めた。これらの値から、 $\phi$ ,  $V$  を計算によって求めよう。平面と球、および球同士の摩擦はないとし、空気抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えよ。



図

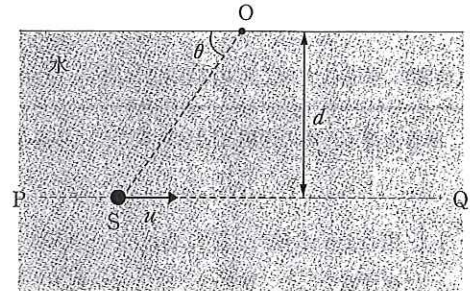
- (1) A の入射方向と、それに垂直な方向の運動量保存の式を示せ。
- (2)  $\phi$  の正接を  $\theta$  と  $v_1$  を含む式で表せ。
- (3)  $V$  を  $\theta$  と  $v_1$  を含む式で表せ。
- (4) 衝突前後のエネルギー保存の式を示せ。
- (5) 問い(4)から  $V$  を求めよ。
- (6) 問い(3)と(5)から A の速さの比  $\frac{v_1}{v}$  を求めよ。

2 図のように、水深  $d$  にある直線 PQ 上を物体 S が等速度  $u$  で移動している。PQ の直上の水面に点 O があり、点 O と物体 S を結ぶ直線と水面のなす角を  $\theta$ 、水中の音速を  $V$  とする。ここで次の二つの場合について考えてみよう。

【A】 物体 S が音源で、その音を点 O で観測する。

【B】 点 O から物体 S (音源ではない) に向けて音を送り、物体 S で反射された音を点 O で観測する。

ただし  $u$  は  $V$  より遅く、また水面での音の反射は考えないものとする。



図

まず上記【A】の場合、物体 S が出す音の振動数が  $f$ 、波長が  $\lambda$  であるとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 点 O で観測される音の振動数  $f'$  および波長  $\lambda'$  を  $f$ ,  $u$ ,  $V$ ,  $\theta$  で表せ。
- (2)  $f = 600 \text{ Hz}$ ,  $u = 60 \text{ m/s}$ ,  $V = 1500 \text{ m/s}$  のとき、 $\theta = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$  における  $f'$  はそれぞれいくらか。有効数字 3 桁まで求めよ。また  $\theta$  が  $0^\circ$  から  $180^\circ$  まで変化するとき  $f'$  がどのように変化するかグラフに示せ。
- (3) 問い(2)において、物体 S が  $\theta = 60^\circ$  で音を出した時刻を  $t = 0$  とする。この音を点 O で聞いた時刻を  $t_1$ 、物体 S が  $\theta = 90^\circ$  で出した音を点 O で聞いた時刻を  $t_2$  とするとき、 $\Delta t = t_2 - t_1$  を  $u$ ,  $V$ ,  $d$  で表せ。また  $\Delta t = 1.00 \text{ s}$  のとき  $d$  はいくらか。有効数字 3 桁まで求めよ。

次に上記【B】の場合、点 O で出す音の振動数が  $f_1$  のとき、以下の問いに答えよ。

- (4) 移動する物体 S において受ける音のみかけの振動数  $f_2$  はいくらか。
- (5) 物体 S で反射された音を点 O で観測したところ振動数は  $f_3$  であった。このとき  $\Delta f = f_3 - f_1$  を  $f_1$ ,  $u$ ,  $V$ ,  $\theta$  で表せ。
- (6) 問い(5)において  $u$  が  $V$  より十分に遅いとき、 $u$  を  $\Delta f$ ,  $f_1$ ,  $V$ ,  $\theta$  で表せ。
- (7) 問い(6)の答は超音波血流計の原理式である。すなわち、生体に超音波を送信すると血管を流れる血球により反射され、その反射超音波を受信すると、送信超音波と受信超音波の振動数の差  $\Delta f$  より血球の速度  $u$  (血流速) を求めることができる。 $\Delta f = 1 \text{ kHz}$ ,  $f_1 = 1.5 \text{ MHz}$ ,  $V = 1500 \text{ m/s}$ ,  $\theta = 60^\circ$  のとき、 $u$  はいくらか。

3

【1】 図3-1のように、 $x$ 軸に平行な十分長い導線KとLが、Kは $y = a > 0$ に、Lは $y = -a < 0$ に固定されている。長さ $2a$ 、抵抗 $r$ の均一な棒Sは、端点PをK上に、端点QをL上に置いたまま、摩擦無く $y$ 軸に平行に滑り動くことができる。紙面の裏から表方向に均一に磁束密度 $B$ の磁場がかかっている。SとKおよびSとLの間には抵抗なく電流が流れるとし、流れる電流により生じる磁場は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

- (1) Sが一定の速さ $v > 0$ で $x$ 軸の正方向に動いているとき、KとLの間には電位差 $V_1$ が生じる。 $V_1$ の大きさはいくらか。またKとLのどちらの電位が高いか。
- (2) 図3-2のように、Sが静止している状態で、KとLの間に起電力 $E_1$ の電池と抵抗 $R_1$ をつないだ。このときSに作用する力の大きさ $F$ と方向を求めよ。ただし電池の内部抵抗は無視できるとする。
- (3) (2)のあと十分時間が経つと、Sは一定の速さ $v_s$ で動くようになった。 $v_s$ はいくらか。

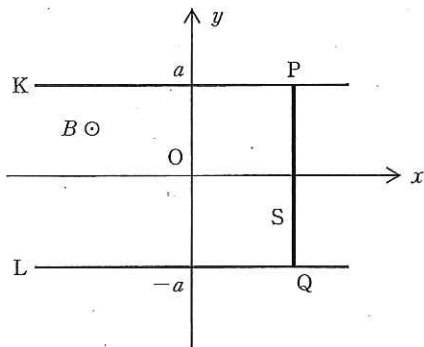


図3-1

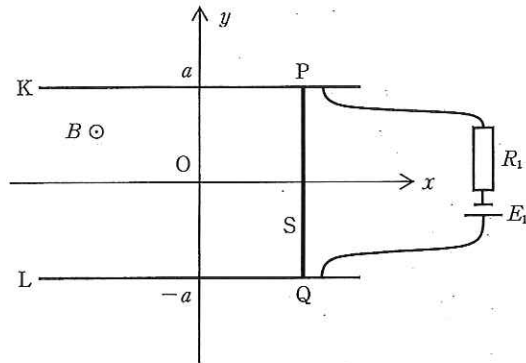


図3-2

【2】 図3-3のように、半径 $a > 0$ の導線円環Cが原点Oを中心として固定されている。長さ $2a$ 、抵抗 $r$ の均一な棒Sは、端点GとHをC上に、中点をOに置いたまま、摩擦無くOを中心に回転することができる。紙面の裏から表方向に均一に磁束密度 $B$ の磁場がかかっている。SとCおよびSとOの間には抵抗なく電流が流れるとし、流れる電流により生じる磁場は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

- (1) Sが一定の角速度 $\omega$ で反時計回りに回転しているとき、CとOの間には電位差 $V_2$ が生じる。 $V_2$ の大きさはいくらか。またCとOのどちらの電位が高いか。
- (2) 図3-4のように、Sが静止している状態で、CとOの間に起電力 $E_2$ の電池と抵抗 $R_2$ をつないだ。このときSに作用するO回りの力のモーメントの大きさ $M$ と方向を求めよ。ただし電池の内部抵抗は無視できるとする。
- (3) (2)のあと十分時間が経つと、Sは一定の角速度 $\omega_s$ で回転するようになった。 $\omega_s$ はいくらか。

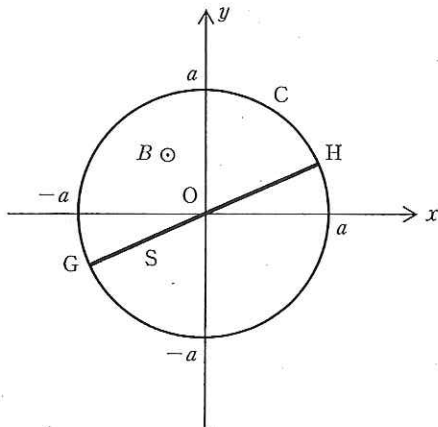


図3-3

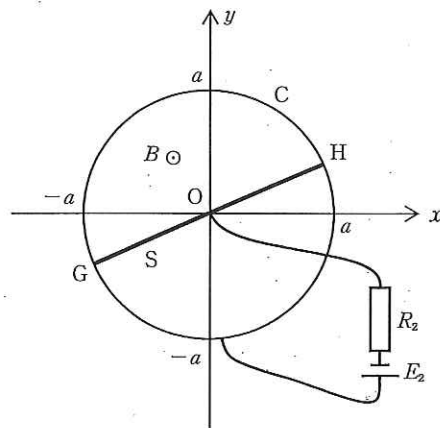


図3-4