

物 理 問 題

(解答はすべて物理解答用紙に記入すること)

[1] 等しい質量 m をもった二つの物体 A, B を, 自然の長さ l_0 , ばね定数 k の質量が無視できる丈夫なばねで連結し, 図 1 のように B を下にして静かに水平面上に置いた。重力加速度を g として, 以下の問題に答えよ。なお, 必要な場合には, 解答欄内の余白を計算に使ってもよい。

I 物体 A, B とばねは, 図 1 のようなつりあい状態にある。

問 1 この時のばねの長さ l_1 を求めよ。

問 2 ばねに蓄えられている弾性力の位置エネルギーはいくらか。

問 3 B に働く垂直抗力はいくらか。

II つぎに, 鉛直上向きの一定の力 $2mg$ を働かせて物体 A を引っぱりあげると, A は初速度 0 で運動を始める。

問 4 図 2 は, A が加速度 a で運動していて B はまだ静止の状態にある状況を示したものである。このときのばねの長さを l として, A に対するニュートンの運動方程式をかけ。

問 5 このとき, B に働いている垂直抗力はいくらか。求め方も示せ。

III 力を加えつづけていると, やがて B が動き始める。

問 6 B が動き出す瞬間のばねの長さ l_2 はいくらか。

問 7 A に $2mg$ の力を加えはじめてから B が動き出す瞬間までに, この力が A にする仕事 W はいくらか。

問 8 A に力を加えはじめてから B が動き出す瞬間までの, 重力による A の位置エネルギーの増加量 ΔV_A を求めよ。

問 9 A に力を加えはじめてから B が動き出す瞬間までの, ばねに蓄えられた弾性力の位置エネルギーの増加量 ΔV はいくらか。

問10 Bが動き出す瞬間のAの速さを v_0 とすると、文字 W , ΔV_A , ΔV 等を使って、力学的エネルギーの変化とAに加えた力がした仕事との間になりたつ関係式を書け。

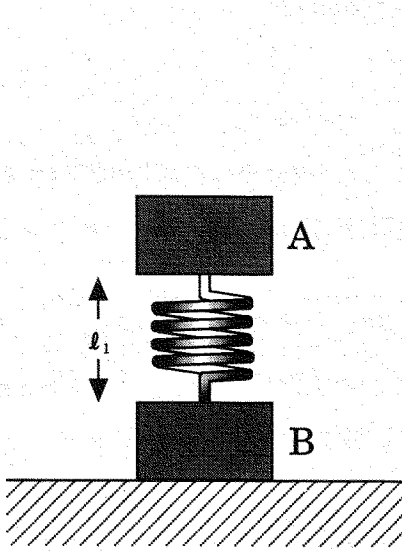


図1

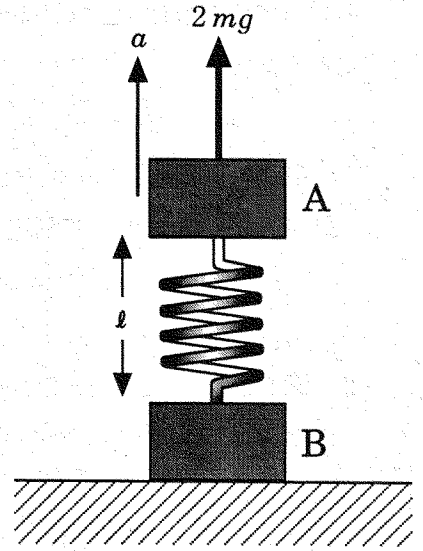


図2

[2] 音源とマイクロホンを準備した。マイクロホンは受けた音波(密度変化の波)の振幅 $A (A > 0)$, 振動数 f , 位相を測定することができる(位相とは, t を時刻として波形を $A \sin(2\pi ft - \theta)$ と表したときの $2\pi ft - \theta$ のことである)。音源の所での波形は $A_1 \sin(2\pi f_1 t)$ で表される。音速を V として, 以下の問題に答えよ。

I 図1のように音源を $x = -L$ に, マイクロホンを原点に固定する。

問 1 マイクロホンで測定した波形は $A_2 \sin(2\pi f_1 t - \alpha)$ であった。 α を L, f_1, V を用いて表せ。

II 図2のように, 原点にマイクロホンを固定した状態で, 音源が x 軸の正の方向に速さ $u (u < V)$ で動いている。時刻 $t = 0$ に音源が $x = -L$ を通過した。

問 2 時刻 $t = 0$ に音源から出た音波が, マイクロホンに到達する時刻を求めよ。

問 3 マイクロホンで測定した波形は $A_2 \sin(2\pi f_2 t - \beta)$ であった。 β を L, f_2, V を用いて表せ。

問 4 時刻 $t = t_1$ に音源から出た音波が, マイクロホンに到達する時刻 t_2 を求めよ。ただし, 時刻 $t = t_1$ で音源は x 軸の負の領域にあるものとせよ。

問 5 時刻 $t = t_1$ に音源から出た音波の位相と, 時刻 $t = t_2$ にマイクロホンが受けた音波の位相を比べることにより f_2 と f_1 の関係を求めよ。解答の際には計算の過程を簡潔に記せ。

III 図3のように, 2台の音源をそれぞれ $x = -L$ と $x = L$ に固定した。それぞれの音源が単独に音を出したとき, 原点に置いたマイクロホンで測定した波形はどちらも同じで, $A_2 \sin(2\pi f_1 t - \alpha)$ であった。

問 6 両方の音源が同時に音を出した。マイクロホンで測定する波形を求めよ。ただし, ここでは α はそのまま用いよ。

問 7 次にマイクロホンの位置を x 軸の正の方向にすこしずらして測定したところ、振幅は 0 になった。このときのマイクロホンの x 座標を f_1 , V を用いて表わせ。ただし、この位置は原点に最も近い振幅が 0 になる位置である。また、片側の音源だけが音を出しているとき、マイクロホンを少しぐらい動かしても、マイクロホンで測定する振幅は変化しないと考えてよい。

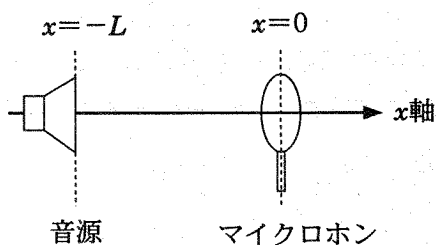


図1

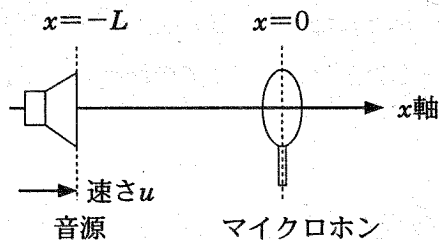


図2

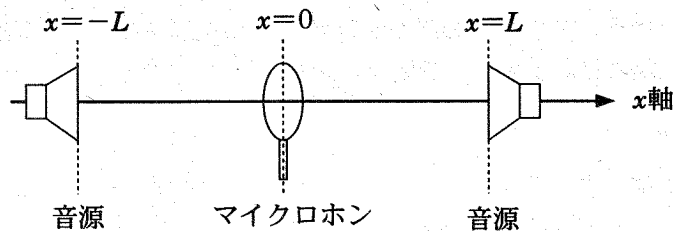


図3

[3] 図1のように鉛直上方に z 軸をとる。 $z < 0$ の領域に紙面に垂直で向こうむきに磁束密度 B の一様な磁場(磁界)がかかっている。スイッチ SW が PS 上についている質量 m の長方形の回路 $PQRS$ を、図1のように PQ 、 SR が z 軸方向になるように紙面に沿って下端 QR が磁場領域に接するようにおく。回路の太さや空気抵抗は無視してよいものとし、以下の問題に答えよ。選択式の解答には、解答用紙の正しいものを丸でかこめ。

I 最初に SW を開いて時刻 $t = 0$ で静かに落とした。

問1 図2のように回路の落下の速さが v のときの、 QR 内にある正電荷 q に磁場からかかる力の大きさ F はいくらか。また、力の向きは $Q \rightarrow R$ 、 $R \rightarrow Q$ のいずれか。

問2 この力で Q と R には+と- (または-と+)の電荷がたまる。この電荷によって生じた電場(電界)による力と磁場による力がつりあうところで、電荷移動はなくなる。このときの QR 内の電場の強さ E はいくらか。また、 QR 間の距離を d としたとき、 QR 間の起電力 V はいくらか。

問3 重力加速度を g としたとき、時刻 t での回路の落下の速さを求めよ。ただし、移動する電荷は十分に少なく、流れる電流は無視できる。

II 次に図3のように、 SW を閉じて上と同様の実験を行なう。回路の抵抗を R とする。

問4 回路の落下の速さが v のときの回路に流れる電流 I を求めよ。

問5 この電流 I によって、回路が磁場から受ける力の大きさ F と向きを求めよ。向きは次の中から選べ。(上, 下, 右, 左, 磁場方向, 磁場と反対方向)

問6 やがて回路の落下の速さが一定になった。このとき、回路の上端 PS は、まだ磁場領域の外にあった。このときの回路の落下の速さ v_0 を求めよ。

問7 その後、時刻 $t = t_0$ で PS が $z = 0$ に達した。この後の運動はどうなるか。次の中から選べ。(しだいに速くなる, 等速運動を続ける, しだいに遅くなる)

問 8 時刻 $t (t > t_0)$ での回路の落下の速さを求めよ。 v_0 をそのまま使ってもよい。

問 9 PQ の長さを l としたとき、時刻 $t (t > t_0)$ での回路の温度 T は何度か。ただし、時刻 $t = 0$ での回路の温度を T_0 、回路を構成する導体の単位質量あたりの比熱を c とし、回路は断熱されており熱の出入りはないものとする。計算過程も解答用紙に示せ。

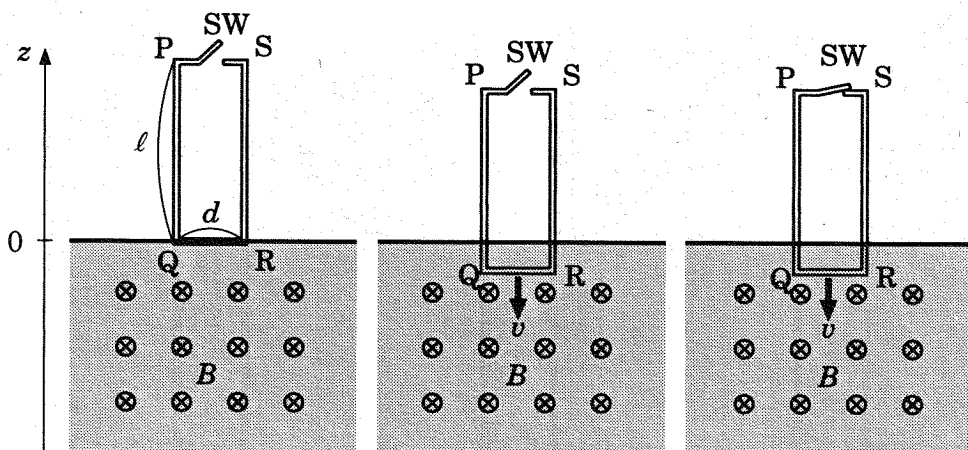


図 1 ($t=0$)

図 2 ($t>0$)

図 3 ($t_0>t>0$)