

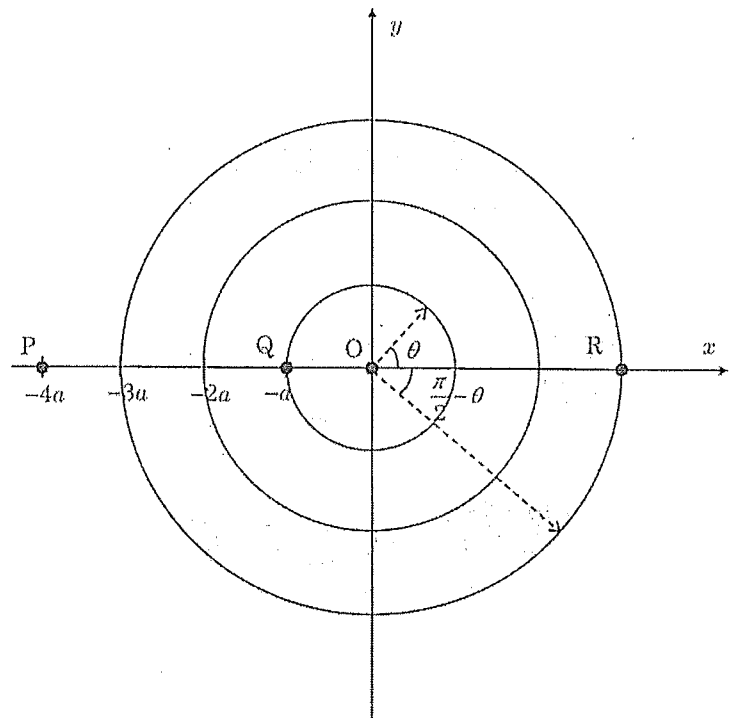
物

物 理

物理 問題 1

原点 O を中心として、半径が a 以下の領域と半径が $2a$ 以上 $3a$ 以下の領域はあらく、それ以外はなめらかな水平面に対して、図のように x 軸と y 軸をとる。この水平面上で、いずれも質量が m 、あらい面との動摩擦係数が μ' の物体 A, B, C の運動について考える。衝突の時間は非常に短く、衝突の間の重力の影響および衝突後の物体の回転は無視できる。重力加速度を g として、次の問いに答えよ。

- 問 1. 点 $P(-4a, 0)$ から x 軸上に沿って物体 A をある初速度ですべらせたところ、原点 O で静止した。
- (1) あらい水平面上で運動中の物体 A の加速度の大きさを求めよ。
 - (2) 静止するまでに物体 A が失ったエネルギーを求めよ。
 - (3) 物体 A の初速度の大きさを求めよ。



- 問 2. 物体 A をある初速度で点 P から x 軸に沿ってすべらせ、点 $Q(-a, 0)$ で静止している物体 B に衝突させた。衝突後、物体 A, B は x 軸上を運動し、物体 A は原点 O で静止した。物体 A と B のはねかえり係数（反発係数）を e ($0 < e < 1$) とする。
- (1) 衝突直後の物体 A, B の速さを求めよ。
 - (2) 衝突後、物体 B が点 $R(3a, 0)$ で静止するには、はねかえり係数がいくらであればよいか。

- 問 3. 物体 A をある初速度で $+x$ 方向に向けて x 軸に平行にすべらせ、原点 O で静止している物体 C に衝突させた。衝突後、物体 A は x 軸に対して $+y$ 方向に θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の向きに運動し、物体 C は x 軸に対して $-y$ 方向に $(\frac{\pi}{2} - \theta)$ [rad] の向きに運動した。このときの衝突は弾性衝突であり、衝突直前の物体 A の速さを v_0 とする。
- (1) 衝突直後の物体 A, C の速さを v_0 , θ を用いて表せ。
 - (2) 衝突の際に物体 A が受けた力積の大きさを m , v_0 , θ を用いて表せ。
 - (3) 衝突後、物体 A は原点 O からの距離が a の位置で静止し、物体 C は原点 O からの距離が $3a$ の位置で静止した。この場合の角度 θ について、 $\tan \theta$ の値を求めよ。

物理 問題 II

管の中の気柱の振動について考える。気温が t_0 のときの音速を V_0 とし、気温が t_0 から Δt だけ変化したときの音速 V を $V = V_0 + \alpha \Delta t$ ($\alpha > 0$) とする。次の問いに答えよ。

問 1. 長さ L の閉管 A の開口部に、振動数を変えられる発振器につないだスピーカーを図 1 のように設置する。

- (1) 気温が t_0 のとき、スピーカーの出す音の振動数を 0 から徐々に大きくしたところ、ある振動数 f_1 で最初の共鳴が起こった。 f_1 を求めよ。
- (2) 1 回目の共鳴が起こった f_1 からさらに振動数を大きくしていくと、ひきつづき共鳴が起こる振動数が観測された。 m 回目 ($m = 1, 2, 3, \dots$) の共鳴が起こったときの管内の音波の波長を m, L, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。

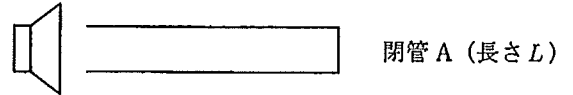


図 1

- (3) 気温が t_0 から Δt だけ上昇したときに、振動数 f_1 では共鳴しなくなった。そこで振動数を f_1 から徐々に大きくしたところ、再び共鳴が起こった。温度を上げてから最初に共鳴が起こった振動数 f_2 を $\alpha, L, \Delta t, V_0$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 発振器とスピーカーを 2 組用意し、振動数 f_1 と f_2 を同時に発生させるとうなりを生じた。うなりの周期を $\alpha, L, \Delta t, V_0$ の中から必要なものを用いて表せ。

次に閉管 A に加えて、長さ $\frac{6}{5}L$ の閉管 B と長さ $\frac{4}{3}L$ の閉管 C を用意する。気温を t_0 にして、3 本の管と発振器につないだスピーカーを図 2 のように設置する。

問 2. 発振器の振動数を 0 から徐々に大きくしていくと、ある振動数で最初の共鳴が起こった。

- (1) 最初に共鳴が起こった管の記号を答えよ。
- (2) 最初に共鳴が起こった振動数を L, V_0 を用いて表せ。

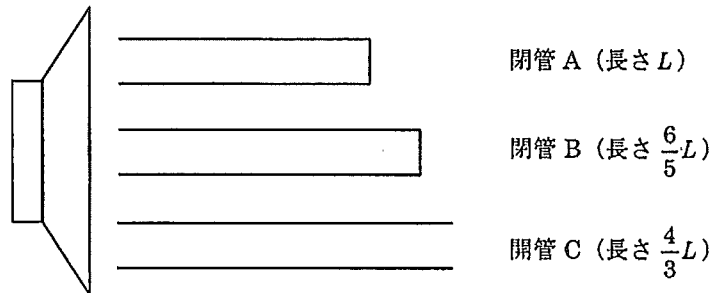


図 2

問 3. 発振器の振動数をさらに大きくしていくと、ある振動数で最初に 2 本の管の共鳴が同時に起こった。

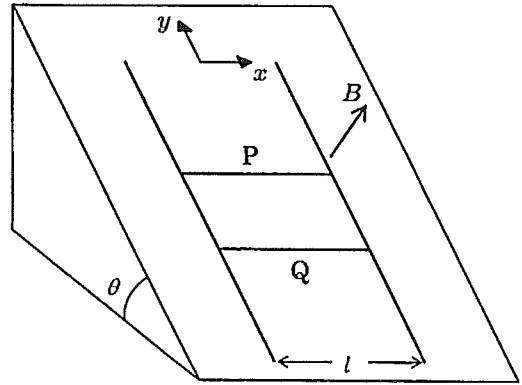
- (1) 最初に同時に共鳴が起こった 2 本の管の記号を答えよ。
- (2) 最初に同時に共鳴が起こった振動数を L, V_0 を用いて表せ。

問 4. 振動数をさらに大きくしていくと、閉管 B の 4 回目の共鳴が起こった。この振動数で発振器の出力を固定し、気温を t_0 から徐々に下げていくと、ある温度で最初に別の管の共鳴が起こった。

- (1) 閉管 B の 4 回目の共鳴が起こった振動数を L, V_0 を用いて表せ。
- (2) 最初に共鳴が起こった管の記号を答えよ。
- (3) 最初に別の管の共鳴が起こった気温を α, L, t_0, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。

物理 問題 III

図のように、水平面から角度 θ だけ傾いた斜面があり、斜面に垂直上向きに磁束密度の大きさが B の一様な磁場（磁界）がかかっている。斜面上で水平方向右向きに x 軸、斜面の最大傾斜の方向上向きに y 軸をとる。斜面上には y 軸に平行に 2 本の導体棒があり、導体棒の間隔は l である。2 本の導体棒の間には、 x 軸に平行に 2 本の金属棒が最初は固定して置かれており、上の金属棒を P、下の金属棒を Q とする。2 本の金属棒は、それぞれ導体棒と接触して水平を保ちながら移動できるようになっている。金属棒 P の質量を m 、金属棒 P と Q の電気抵抗の大きさをいずれも R とし、重力加速度を g とする。導体棒は十分長いものとし、金属棒のすべての摩擦、導体棒の電気抵抗および電流により発生する磁場は無視できるものとする。



金属棒 P の固定をはずし、金属棒 P の中心部分に一定の外力を $+y$ 方向に加え続けたところ、時間が経過した後、金属棒 P は $+y$ 方向に一定の速さ v で動いた。この状態で、金属棒 Q の固定を静かにはずしたところ、金属棒 Q は静止したままであった。

- 問 1. 金属棒 P, Q と平行な導体棒で囲まれる部分を横切る磁束は、時間が Δt 経過する間にどれだけ変化するか。磁束の変化の大きさを求めよ。
- 問 2. 金属棒 P, Q と平行な導体棒でできる回路には電流が流れる。この回路を流れる電流の大きさを求めよ。
- 問 3. 金属棒 P が磁場から受ける力の大きさを求めよ。
- 問 4. 金属棒 P に加えている外力の大きさを求めよ。
- 問 5. 金属棒 P に加えている外力のする仕事率を求めよ。
- 問 6. 金属棒 P に働く重力のする仕事率を求めよ。
- 問 7. 金属棒 Q の質量を求めよ。

次に、金属棒 P と Q が固定された最初の状態から、金属棒 Q の固定を静かにはずしたところ、金属棒 Q は動き始め、時間が経過した後、金属棒 Q の速さは一定になった。

- 問 8. 金属棒 Q の速さを求めよ。
- 問 9. 金属棒 Q で単位時間に発生するジュール熱を求めよ。