

1 以下の文を読み、下記の問題に答えなさい。

図1のように、質量 m [kg] の小球が一端を天井の点 C に固定した長さ l [m] の軽くて伸び縮みしない糸の他端に吊るされており、水平でなめらかな床面から h [m] の高さで点 C を通る鉛直軸のまわりの水平面を等速円運動している。糸が鉛直軸となす角を θ [rad]、円運動の中心を O とする。空気の抵抗は無視できるものとし、重力加速度を g [m/s²] とする。

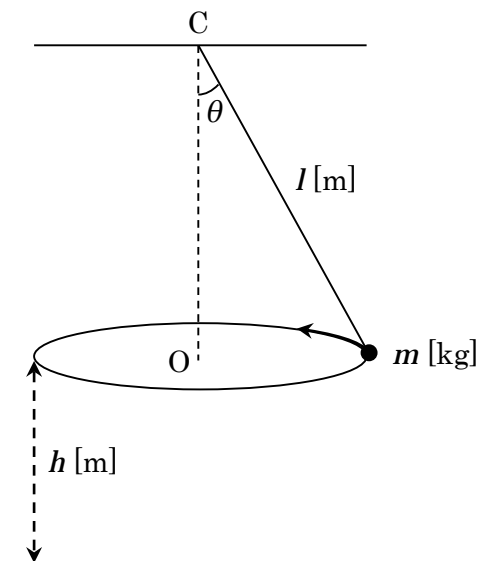


図1

問1 糸の張力の大きさ S [N] を求めなさい。

問2 円運動の向心加速度 a [m/s²] と周期 T [s] を求めなさい。

問3 小球が床面上の点 P の真上の位置を通過する瞬間に糸を切断すると、小球はその直後、水平方向に v_0 [m/s] の速さで飛び出し、点 P' で床面に衝突した。 v_0 の値を求めなさい。

以下の問で解答のために v_0 を要する場合には、そのまま v_0 として用いなさい。

問4 点 P' で床面に衝突する直前の速さ [m/s] を求めなさい。

問5 小球が落下した点 P' と点 P との距離 [m] を求めなさい。

2

以下の文を読み、下記の問題に答えなさい。ただし、電気量は正の値とする。

内部抵抗の無視できる起電力 $V[V]$ の電源 E に、図 1 のようにスイッチ S 、電気容量がそれぞれ C 、 $2C$ 、 $C[F]$ のコンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 が接続している回路を組んだ。最初の段階でスイッチ S は開いており、各コンデンサーの電気量は $0C$ であった。

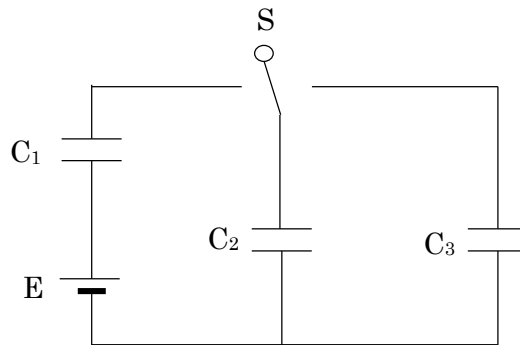


図 1

- 問 1 まず、スイッチ S を C_1 側に接続し、十分な時間が経過した。このときの C_1 と C_2 の合成容量 $[F]$ を求めなさい。また、 C_1 と C_2 に蓄えられる電気量 $[C]$ をそれぞれ求めなさい。
- 問 2 次に、スイッチ S を C_3 側に接続し、十分な時間が経過した。このときの C_2 と C_3 に蓄えられる電気量 $[C]$ をそれぞれ求めなさい。
- 問 3 さらにその後、スイッチ S を C_1 側に接続し、十分な時間が経過した。 C_1 と C_2 に蓄えられる電気量 $[C]$ をそれぞれ求めなさい。

3

以下の文を読み、下記の問題に答えなさい。

図1は両端が開いた管の左端に音源を設置し、右端からピストンを入れたものである。音源の振動数は変化させることができ、管中は温度が一定の空気で満たされている。また、ピストンの位置は自由に変えることができ、閉管の長さ l [m] を自由に変えることができる。音波の振動数を f [Hz]、管内の音の速さが V [m/s] であるとし、開口端補正(開口端と定常波の腹の位置のずれ)はないものとする。

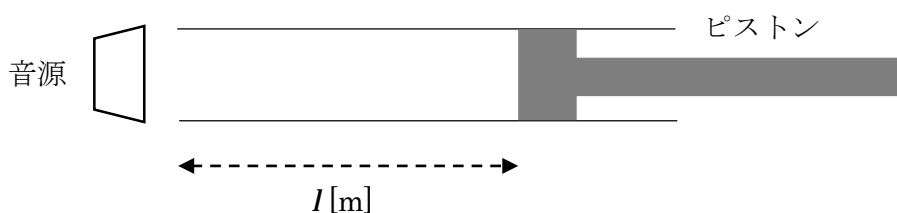


図1

- 問1 ピストンをゆっくりと動かし音源から遠ざけていくと、 $l=h$ のとき共鳴が起こった。さらにピストンをゆっくりと音源から遠ざけていくと、 $l=1.4h$ の位置で再び共鳴した。このときの音波の波長 [m] を h を用いて表しなさい。
- 問2 管中で音が共鳴するとき、ピストンの位置 l [m] が満たす条件式を自然数 n 、 f 、 V を用いて表しなさい。
- 問3 $l=h$ に保ったまま音波の振動数を f から徐々に大きくしていくと、 f' で再び共鳴した。このとき、 $f:f'$ の整数比を求めなさい。
- 問4 音源を2つ用意し、振動数 f の音波と振動数 f' の音波を両方同時に鳴らすと、うなりは2秒間に何回起こるか。 f を用いて表しなさい。
- 問5 図2は、図1において管内の空気の振動を空気の右向きの変位を縦軸の正の値として横波で表したものである。ピストンの位置が図2の位置にあるとき、空気の密度が高くなる場所を①～⑥のうちからすべて選びなさい。

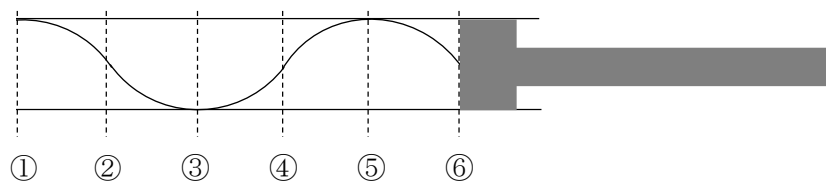


図2

4

以下の文を読み、下記の問題に答えなさい。解答の数値は有効数字2桁とする。

図1のように、断熱容器に温度計とかき混ぜ棒を入れた水熱量計を作製し、以下の実験を行った。断熱容器の中と外との熱の出入りはないものとし、温度計、かき混ぜ棒、断熱容器のそれぞれの熱容量とかき混ぜ棒を使ったかき混ぜの仕事は無視できるものとする。

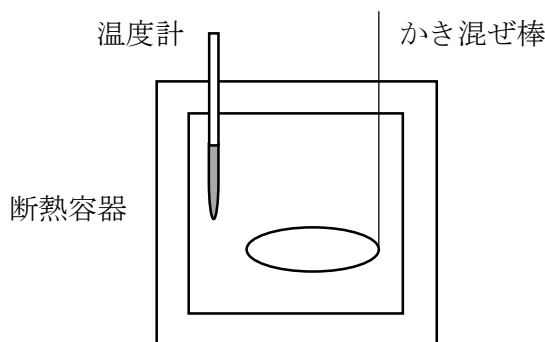


図1

(実験1) 水熱量計内に温度 -20°C 、質量 300 g の氷とヒーターを設置し、ヒーターを用いて一定の割合で熱を加えたところ、熱を加え始めてから 38 秒後には氷は 0°C に達し、 6 分 8 秒後には氷は融解して 0°C の水となった。氷及び水の比熱はそれぞれ $1.9\text{ [J/g}\cdot\text{K]}$ 、 $4.2\text{ [J/g}\cdot\text{K]}$ 、ヒーターで発生したジュール熱はすべて氷及び水に与えられるものとする。

問1 ヒーターの消費電力 $P\text{ [W]}$ を求めなさい。

問2 氷の融解熱 $H\text{ [J/g]}$ を求めなさい。

(実験2) 次に、ヒーターの電源を切り、実験1の 0°C 、 300 g の水を 0°C の金属容器に入れた後、再び断熱容器内の水熱量計中に戻した。さらに、温度が 90°C 、質量 150 g の金属球をこの水熱量計内に入れて、かき混ぜ棒でよく水をかき混ぜ、十分に時間が経ったところで水温は $t_1\text{ [}^{\circ}\text{C]}$ となった。金属容器の熱容量は 280 [J/K] 、金属球の比熱は $0.88\text{ [J/g}\cdot\text{K]}$ とする。

問3 水温 $t_1\text{ [}^{\circ}\text{C]}$ を求めなさい。

問4 この実験による操作の後に水温が一定となった。このような状態を特に熱に着目して何というか。