

1 次の小問に答えよ。重力加速度を g とする。

(1) 質点を初速 v_0 で鉛直に投げ上げる場合を考える。空気の抵抗は無視できるとして次の問いに答えよ。

(i) 質点が運動を開始してから、最高点に到達するのに要する時間を答えよ。(6 点)

(ii) 初期高さを 0 として、質点が到達する最高点の高さを答えよ。(6 点)

(2) 図 1 に示す角度 θ の斜面上の質量 m のブロックを斜面にそって引き上げる。次の問いに答えよ。

(i) 斜面がなめらかな場合、ブロックを高さ h だけ引き上げる仕事を求めよ (6 点)

(ii) 斜面とブロックの動摩擦係数が μ の場合、ブロックを高さ h だけ引き上げる仕事を求めよ (6 点)

(iii) (ii) の場合について、ブロックを一定速度 v で引き上げるのに必要な仕事率を求めよ (6 点)

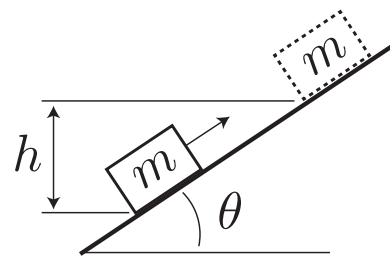


図 1

2 質量が無視できる糸でつられ静止した質量 M の物体と、質量 m の弾の衝突について次の問いに答えよ。

- (1) 弾は図 2(a) のように水平に飛び、速度 v_0 で物体と衝突後、はねかえり係数 $e = 1$ で完全弾性衝突した。衝突直後の物体の速度 V を、 m, M, v_0 を用いて表せ。(ヒント：衝突後の弾の速度を v とするとはねかえり係数は $e = (V - v)/v_0$ である) (10 点)

次に糸につられた物体を、同じ質量 M の柔らかい物体に交換し、同じく質量 m の弾を速度 v_0 で水平に打ち込んだところ、衝突後に弾は物体と一体になって運動した。衝突は振り子の周期と比較して無視できる短い時間で完了するとして、次の問いに答えよ。

- (2) 衝突直後の物体と弾の速度を求めよ。(10 点)

- (3) (2) の衝突後、図 2(b) のように糸は鉛直と角度 α になるまで動いた。衝突後、支点と重心までの距離 ℓ は変わらないとして、弾の初速 v_0 を α を用いて表せ。(10 点)

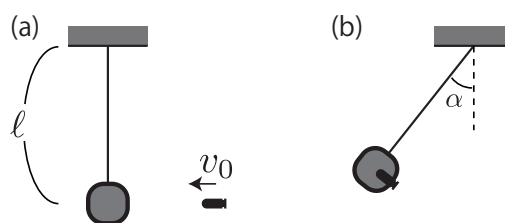


図 2

3 標準大気圧のもとで容器内には水温 36°C 、質量 5.0 kg の水が入っており、その水に氷を混合して水温を下げた。混合された氷は温度 -10°C 、質量 1.2 kg であった。氷を混合した後にしばらくすると容器内は熱的な平衡状態となって水温が $t_m[^{\circ}\text{C}]$ で安定した。ここで、容器は周囲と断熱されており、この系の熱移動は水と氷の間だけで生じ、周囲への損失はないものとする。また、容器内で水の蒸発の影響はないものとする。なお、水の比熱は $4.18\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、氷の比熱は $2.09\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、融解潜熱は 334 kJ/kg とする。このとき、以下の設問に答えよ。解答においては途中の計算を各設問下の余白に記入し、解答における値は有効数字を 3 桁として、解答欄に単位を付記して記入すること。【計 20 点】

(1) 氷を入れる前について、容器内の水の熱容量を求めよ。【5 点】

(1)

(2) 混合時の氷が融解して全て 0°C の水に変化するまでの間に、容器内で混合した氷に対して与えられた熱量を求めよ。【5 点】

(2)

(3) 熱的な平衡状態となった際の水温 $t_m[^{\circ}\text{C}]$ を求めよ。【10 点】

(3)

4 シリンダー内にピストンで密封された空気が絶対圧 240 kPa, 体積 0.8 m^3 , 温度 474 K の状態であった。これを状態 1 とする。その空気を定圧変化のもとで放熱して体積が 0.6 倍になった。これを状態 2 とする。状態 2 の空気は、その後に定積変化のもとで加熱されて圧力が 2.0 倍になった。これを状態 3 とする。この状態 1 から状態 3 に至る一連の過程に関する以下の設問に答えよ。ここで、空気は理想気体として扱い、定圧比熱は $c_p = 1.01 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$, 定積比熱は $c_v = 0.72 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ とする。なお、シリンダーに対するピストンの動作による損失も無視できるものとする。解答においては途中の計算を各設問下の余白に記入し、解答における値は有効数字を 3 桁とし、解答欄に単位を付記して記入すること。【各 5 点 計 20 点】

- (1) 定圧変化の過程における仕事 W_{12} [kJ] を求めよ。周囲になした仕事は正、周囲から与えられる仕事は負の大きさとして符号を付記すること。

(1)

- (2) 定圧変化の過程の終わりに得られる状態 2 における空気の温度 T_2 [K] を求めよ。

(2)

- (3) 定積変化の過程の終わりに得られる状態 3 における温度 T_3 [K] を求めよ。

(3)

- (4) 状態 1 から状態 3 に至る過程全体において、状態変化に関与した熱量の総和 q_{123} [kJ/kg] を求めよ。周囲への放熱の場合は負、周囲からの加熱の場合は正の大きさとして符号を付記すること。

(4)