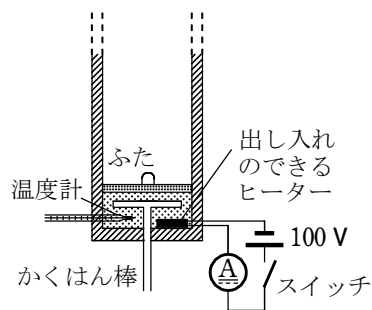


1.

次の文を読んで、 に適した式を記せ。また、(1)~(4)に答えよ。答えの数値は有効数字3桁で示し、単位も記せ。

大気圧下に図のような十分に長い円筒状の断熱容器がある。内側にはなめらかに上下でき、質量の無視できる取手の付いたふたをかぶせてあり、容器の内部と外部に熱および液体・気体の出入りはない。また100Vの直流電源に接続された熱容量 C [J/K]のヒーターを容器に出し入れすることが可能である。

ヒーターに入った電気エネルギーはすべて熱に変換されるものとし、容器内部の温度計とかくはん棒の熱容量は無視できるものとする。また、水を混ぜるときに発生する熱は無視でき、容器内の温度はつねに一様になっているものとする。ただし、水の比熱を c_w [J/(g·K)]、氷の融解熱を L_w [J/g]とする。



ヒーターを外部へ出した状態の断熱容器に、 T_0 [°C] ($T_0 > 0$), m_0 [g]の水が入っている。ここに 0 °C, m_1 [g]の水を入れてよく混ぜてから、ふたをした。その後水温は T_1 [°C]で一定になった。このとき、 m_0 [g]の水が失った熱量は (J), m_1 [g]の水が得た熱量は (J)であるから、両者を等しいとおいて $T_1 =$ [°C]と表される。

次に、同じようにヒーターを外部へ出した状態の断熱容器に入っている T_0 [°C], m_0 [g]の水に、水の代わりに 0 °Cの氷を同じ質量 m_1 [g]入れてふたをし、氷が完全にとけるまでよく混ぜたところ、水温は T_2 [°C]になった。この場合、 m_1 [g]の氷の融解に用いられた (J)の熱量も考慮しなければならないので、 $T_2 =$ [°C]となる。ヒーターの熱容量 C を知るために、断熱容器の外でヒーターのスイッチを入れてヒーターの温度が T_3 [°C] ($T_3 > T_0$)になるまで暖めたあとスイッチを切った。このヒーターと T_0 [°C], m_0 [g]の水をすばやく容器に入れてふたをし、よく混ぜたところ、水温は T_4 [°C]で一定になった。この場合は、 m_0 [g]の水が得た熱量と、ヒーターが失った熱量を等しいとおけばヒーターの熱容量が得られ、 C は [J/K]と表すことができる。

(1) ヒーターの熱容量 C を知るための測定において、 $T_0 = 30.0$ °C, $m_0 = 180$ g,

$T_3 = 60.0$ °C, $T_4 = 40.0$ °Cであった。ヒーターの熱容量 C を求めよ。水の比熱 c_w を4.20 J/(g·K)とする。

(2) (1)の最後の状態、すなわち断熱容器内で、 40.0 °Cになった180 gの水の中にヒーターがある状態で、ふたたびヒーターのスイッチを入れたところ電流計の値は2.40 Aを示した。容器内の水が 100 °Cに達するまでの時間を求めよ。水の比熱 c_w を4.20 J/(g·K)とする。

(3) (2)の最後の状態で、断熱容器内の水が 100 °Cに達してさらにヒーターで熱し続けると水は沸騰し始めた。電流計の値は2.40 Aのままであった。すべての水が 100 °Cの水蒸気になるまでに必要な時間を求めよ。水の蒸発熱を 2.26×10^3 J/gとする。

(4) さらに(3)の最後の状態、すなわち断熱容器内がすべて 100 °Cの水蒸気で満たされたところでヒーターのスイッチを切った。断熱容器内の水蒸気の体積を求めよ。ただし、水蒸気は理想気体と考えよ。また、水1.00 molの質量を18.0 g, 気体定数を8.31 J/(mol·K), 大気圧を 1.00×10^5 Paとする。

2.

液体を加熱すると沸騰して気体に変化する。このときのエネルギー収支を考えるために、図1に示すような装置を用いて実験を行うことにする。容器にはなめらかに動くピストンが付いており、容器とピストンで囲まれた領域(密閉領域)に物質を密閉する。容器にはヒーターが備えつけられており、発生したジュール熱はすべて密閉領域内の物質に与えられる。容器およびピストンは断熱材でできており、密閉領域内の物質の温度は均一であるとする。また、密閉領域内の圧力はつねに標準大気圧 P_0 [Pa] ($=1.013 \times 10^5$ Pa) に保たれている。

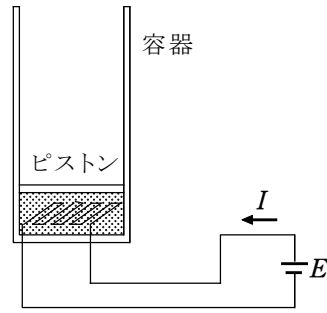


図1

温度 T_0 [K] において液体である物質 m [g] を、密閉領域にすき間なく入れ、時刻 t_0 [s] からヒーターに一定電圧 E [V] を加えて一定電流 I [A] を流し、物質の温度 T [K] の時間変化を測定したところ、図2のような結果が得られた。横軸は時刻 t [s] であり、縦軸は物質の温度 T である。温度は、 $t_0 < t < t_1$ において一定の割合で上昇し、 $t_1 < t < t_2$

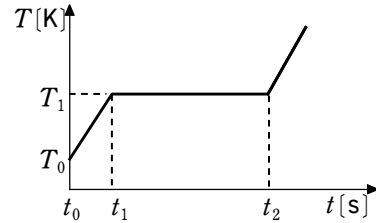


図2

において T_1 [K] で一定となった。 $t > t_2$ において温度はふたたび一定の割合で上昇した。この測定結果をもとにして、次の問いに答えよ。

(1) (a) $t_0 < t < t_1$, (b) $t_1 < t < t_2$, (c) $t > t_2$ の各場合において、密閉領域内の物質はどのような状態になっているか。選択肢から1つ選べ。

① 液体のみが存在する。 ② 気体のみが存在する。 ③ 液体と気体が共存する。

(2) 時刻 t_0 から t_1 の間に物質に加えられた熱量 Q_1 [J], および、時刻 t_1 から t_2 までの間に物質に加えられた熱量 Q_2 [J] を式で表せ。

(3) この物質の液体状態における比熱 c [J/(g·K)] を式で表せ。

(4) この物質の蒸発熱(沸点において液体1g当たりを気体に変化させるのに必要な熱量) B [J/g] を式で表せ。

(5) 時刻 t_1 から t_2 の間にこの物質が外に対してした仕事 W [J] を式で表せ。ただし、気体は理想気体として扱えると仮定する。また、同量の物質について考えるとき、液体状態における体積は、気体状態における体積と比べてきわめて小さく、無視してもよい。容器は十分に長く、物質が膨張してもピストンが容器から外れることはない。気体定数を R [J/(mol·K)], 物質の1mol当たりの質量を M [g/mol] とせよ。

(6) 時刻 t_1 から t_2 の間に加えられた電気エネルギーのうち何%が仕事 W に変換されたかを式で表せ。さらに、 $m=12$ g, $E=12$ V, $I=1.0$ A, $t_1=300$ s, $t_2=2300$ s, $T_1=373$ K, $R=8.31$ J/(mol·K), $M=18$ g/mol として、求めた式の値を計算せよ(これは、水についての結果である)。

(7) 時刻 t_1 から t_2 の間に加えられた電気エネルギーのうち、仕事 W に変換されなかったエネルギー ($=Q_2 - W$) は何に使われたのか、簡潔に説明せよ。