

1.

次の文を読んで以下の問いに答えよ。

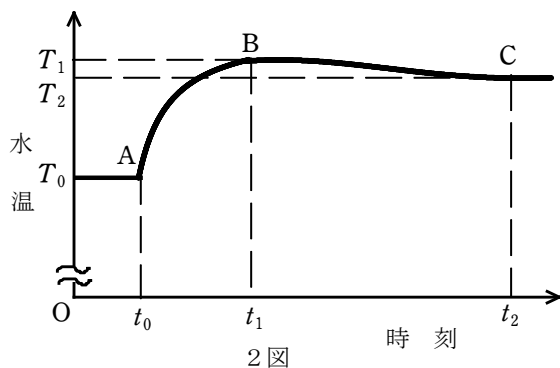
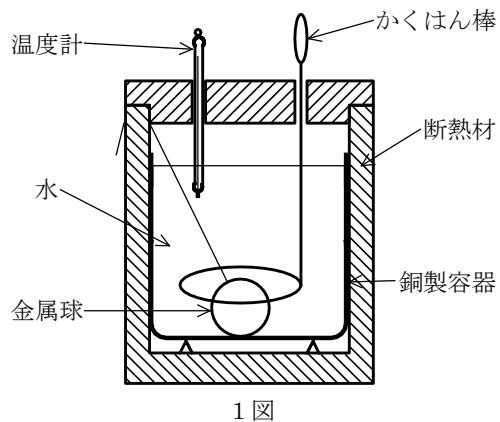
高温の物体と低温の物体を接触させるとき、外部との熱の出入りがなければ、高温の物体が失った熱量は低温の物体が得た熱量に等しい。これを、**ア**の法則という。このことを用いて、1図のような装置で金属の比熱を測定しようとした。

まず、断熱材でおおわれた銅製容器に質量  $W$  の水を入れ、銅製のかくはん棒でかくはんして、水温を測定したところ  $T_0$  だった。容器とかくはん棒の質量の合計は  $m$  であった。

次に、沸騰した水に浸して、温度  $T_B$  にしてあった質量  $M$  の金属球を、すばやく水の入った容器に入れてふたをした。かくはん棒でよくかくはんしながら、水温の時間依存性を測定したところ、2図のような結果を得た。時刻  $t_1$  から  $t_2$  の間に、水温が  $T_1$  から  $T_2$  に変化したのは、断熱が不完全なため、熱が外部へ逃げたことを示している。

水の比熱を  $c_0$ 、銅の比熱を  $c_m$ 、金属球の比熱を  $x$  とする。また、実験をしたときの室温を  $T_R$  とし、温度計の影響は無視できるとする。

- (1) 文中の(ア)に適切な言葉を書け。
- (2) 逃げた熱の影響を無視するとき、温度  $T_0$ 、 $T_1$  を用いて、金属球の比熱  $x'$  を表す式を求めよ。
- (3) (2) で求めた比熱  $x'$  は、実際の金属球の比熱  $x$  に比べて大きさはどうか。下記から選んで、その記号を書け。  
(a) 大きい (b) 小さい (c) 同じ
- (4) 2図のBC間が直線するとき、この装置から外部に毎秒逃げる熱量を表す式を求めよ。



- (5) いま、時刻  $t_0$  から時刻  $t_1$  の間にも、同じ割合で熱が逃げていたとする。このとき、金属球の比熱  $x''$  を求める方程式は、「時刻  $t_0$  から時刻  $t_1$  の間に金属球の失った熱量の式」= **イ** と書くことができる。右辺の(イ)の式を書け。
- (6) (5)の方程式を解いて求めた比熱  $x''$  が、実際の金属球の比熱  $x$  に比べて大きくなった。その理由を説明せよ。
- (7) 2図の測定をしたときのはじめの水温  $T_0$  は、ほぼ  $T_R$  に等しかった。この装置を用いて、外部との熱の出入りの影響をできるだけ小さくして、再度実験をしたい。A点、B点に対応する温度の測定結果を用いて金属の比熱を求めるとき、はじめの水温をどのように設定するのがよいか。その目安として、下記の中で最も適当と思われるものを選んで、その記号を書け。

- (a)  $T_1$  (b)  $T_R - \frac{1}{2}(T_1 - T_0)$  (c)  $T_2$  (d)  $T_R + \frac{1}{2}(T_1 - T_0)$

2.

下記の問いに答えよ。数値については有効数字3桁とする。

断熱容器の中の質量  $m_1$  [g]、温度  $T_1$  [K] の水に、質量  $m_2$  [g]、温度  $T_2$  [K] の水を加えてかくはんし放置したところ、温度が  $T$  [K] となった。このとき水の比熱を  $4.19 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  とすると、 が不変ということから、 という関係が成立する。この関係は水について成立するが、水以外の物質との間では成立しない。そこで、水以外の物質については、以下の式で定義される量(換算水量と呼ぼう)を考える。

$$\text{換算水量 [g]} = \frac{\text{物質の比熱 [J/(g}\cdot\text{K)]}}{\text{水の比熱 [J/(g}\cdot\text{K)]}} \times \text{物質の質量 [g]}$$

たとえば、比熱  $0.390 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  の銅  $41.9 \text{ g}$  の換算水量は  $3.90 \text{ g}$  である。この換算水量の考えを用いると、換算水量  $M_1$  [g]、温度  $T_1$  [K] の物質と、換算水量  $M_2$  [g]、温度  $T_2$  [K] の物質を接触させて放置し、平衡温度  $T_0$  [K] に達したとすると、 が保存されていれば、 という関係が成立する。

換算水量の考えを用いて固体の比熱を測定する方法がある。図はその装置(熱量計)を示す。外部との熱の出入りを断ち切る断熱槽の内部

に、水を入れた銅製容器が置かれている。容器中の水の温度を測るため、水銀温度計が図のように取り付けられている。まず、比熱  $c$  [J/(g·K)] の試料(質量  $m_3$  [g])を、温度  $T_3$  [K] に一様に加熱して、断熱槽中の温度  $T_4$  の水(質量  $m_4$  [g])を入れた銅製容器の中に投入する。その後ふたを閉じ、水をかくはんして放置した結果、平衡温度  $t_0$  [K] になったとする。このとき、試料の失った熱量は  [J] である。この失った熱量は、銅製容器中の水、銅製容器、銅製かくはん棒および水銀温度計の水没部分の得た熱量に等しい。ここで、銅製容器、銅製かくはん棒、水銀温度計の水没部分を合わせた換算水量を  $w$  [g] と表すと、得た熱量の総計は  [J] である。そこで、失った熱量と得た熱量との関係から、比熱  $c$  [J/(g·K)] は、 $c = \text{input type="text" value="e"/> [J/(g·K)]$  として求まる。

熱量計の換算水量  $w$  [g] は、関与する物質の比熱と質量とから求められるが、次のように実験的に求めることもできる。熱量計の銅製容器に質量  $m_5$  [g]、温度  $T_5$  [K] の水を入れておく。この中に温度  $T_6$  [K] ( $> T_5$  [K])、質量  $m_6$  [g] の水を加えてかくはんし、全体が温度  $t_1$  [K] となったとする。このとき、加えられた水によって熱量計に与えられた熱量は  [J] であり、銅製容器中にはじめにある水と熱量計とが受けた熱量は、換

算水量  $w$  [g] を使うと  [J] で表せる。両者は等しいので、 $w = \text{input type="text" value="h"/> [g]$  として求まる。

具体的に鉄の試料の比熱を求めてみる。 $76.4 \text{ g}$  の銅製容器の換算水量は  g であり、 $11.6 \text{ g}$  の銅製かくはん棒の換算水量は  g である。一方、温度計の水没部分を水銀に置き換えて考える。水銀の密度を  $13.6 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、比熱を  $0.138 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、水没部分の体積を  $1.80 \text{ cm}^3$  とすると、水没部分の換算水量は  g である。したがって、熱量計の換算水量は、 g となる。そこで、 $164 \text{ g}$  の水を入れた熱量計(水温  $15.7 \text{ }^\circ\text{C}$ )に  $98.4 \text{ }^\circ\text{C}$  に加熱した試料(質量  $41.7 \text{ g}$ )を投入し、ふたを閉じてかくはんしたところ水の温度は  $17.8 \text{ }^\circ\text{C}$  に上昇した。

- (1) 上記文中の(ア)～(オ)には適当なことばまたは数値を、(a)～(h)には適当な式をあてはめよ。
- (2) 鉄の比熱  $c$  を求めよ。
- (3) この実験で比熱をできるだけ精度よく求めるためには、実験操作の上で特に注意すべき点は何か。40字以内で述べよ。

