

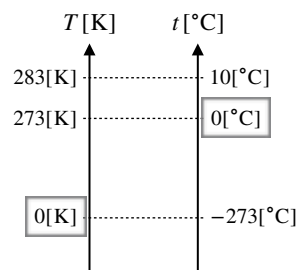
1. 熱容量と比熱

◎ 温度 … 熱運動の激しさ

→ 物質を構成している分子や原子の不規則な運動

◎ $T[\text{K}] = t[^\circ\text{C}] + 273$ ☆ $[\text{K}]$ (ケルビン)の方が数字大きい!

絶対温度 $[\text{K}]$ セルシウス温度 $[\text{C}]$



◎ 絶対温度 $[\text{K}]$ とセルシウス温度 $[\text{C}]$ は目盛り幅が一緒 (基準となる温度が違うだけ)

→ 温度変化量 (Δ) は $[\text{K}]$ も $[\text{C}]$ 同じ

例) 「5.0 $[\text{K}]$ 上昇した」と「5.0 $[\text{C}]$ 上昇した」は全く同じ意味

◎ 熱容量 $C[\text{J}/\text{K}]$ … ある物体を1.0 $[\text{K}]$ 上昇 (1.0 $[\text{C}]$ 上昇) させるのに必要な熱量 $[\text{J}]$

熱容量 C が大きいほど、物体の温度は変化しにくい (温まりにくく、冷めにくい)

◎ 比熱 $c[\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ … ある物体1.0 $[\text{g}]$ を1.0 $[\text{K}]$ 上昇 (1.0 $[\text{C}]$ 上昇) させるのに必要な熱量 $[\text{J}]$

比熱 c が大きいほど、物体の温度は変化しにくい (温まりにくく、冷めにくい)

◎ 熱量 $Q[\text{J}]$ を求める式 ※ Δ は温度変化であることに注意!! ($[\text{K}]$ も $[\text{C}]$ も変化量なら同じ意味)

$$\begin{aligned} Q &= C \times \Delta T = m \times c \times \Delta T \\ [\text{J}] &= \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right] \times [\text{K}] = [\text{g}] \times \left[\frac{\text{J}}{(\text{g} \cdot \text{K})} \right] \times [\text{K}] \end{aligned}$$

単位に注目すると、
どう計算すれば良いのかがわかる!

例題 セルシウス温度は絶対温度に、絶対温度はセルシウス温度になおそう。

(1) 27 $[\text{C}]$ (2) 0 $[\text{C}]$ (3) -23 $[\text{C}]$ (4) 400 $[\text{K}]$ (5) 0 $[\text{K}]$ (6) 273 $[\text{K}]$

(1) 27 $[\text{C}]$ $\xrightarrow{+273}$? $[\text{K}]$ $\therefore$ 300 $[\text{K}]$

(2) 0 $[\text{C}]$ $\xrightarrow{+273}$? $[\text{K}]$ $\therefore$ 273 $[\text{K}]$

(3) -23 $[\text{C}]$ $\xrightarrow{+273}$? $[\text{K}]$ $\therefore$ 250 $[\text{K}]$

(4) ? $[\text{C}]$ $\xrightarrow{+273}$ 400 $[\text{K}]$ $\therefore$ 127 $[\text{C}]$

(5) ? $[\text{C}]$ $\xrightarrow{+273}$ 0 $[\text{K}]$ $\therefore$ -273 $[\text{C}]$

(6) ? $[\text{C}]$ $\xrightarrow{+273}$ 273 $[\text{K}]$ $\therefore$ 0 $[\text{C}]$

例題 次の問いに答えよう。

(1) ある鉄球に $9.0 \times 10^2 [\text{J}]$ の熱量を加えると、温度が $15 [\text{K}]$ 上昇した。鉄球の熱容量 $C_1 [\text{J/K}]$ を求めよう。

(2) ある銅球に $5.0 \times 10^2 [\text{J}]$ の熱量を加えると、温度が $10 [^\circ\text{C}]$ 上昇した。銅球の熱容量 $C_2 [\text{J/K}]$ を求めよう。

(3) (1)の鉄球と(2)の銅球は、どちらの方が温度が変化しやすいか。

(4) $50 [\text{g}]$ のアルミニウム片の熱容量は $45 [\text{J/K}]$ である。アルミニウムの比熱 $c [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ を求めよう。

(5) $60 [\text{g}]$ の鉄球を $15 [\text{K}]$ 上昇させるのに必要な熱量 $Q [\text{J}]$ を求めよう。鉄の比熱を $0.45 [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]$ とする。

(1) 熱容量の単位に注目する。

→ $\left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$ なので、この単位になるように計算式を立てれば良い。

$$\therefore C_1 [\text{J/K}] = \frac{9.0 \times 10^2 [\text{J}]}{15 [\text{K}]} = \underline{60 [\text{J/K}]}$$

1.0[K] 上昇させるために
必要なエネルギー[J]

(2) 「 $10 [^\circ\text{C}]$ 上昇した」と「 $10 [\text{K}]$ 上昇した」は同じ意味である。

(1) 同様に考えて、

$$\therefore C_2 [\text{J/K}] = \frac{5.0 \times 10^2 [\text{J}]}{10 [\text{K}]} = \underline{50 [\text{J/K}]}$$

(3) 熱容量(&比熱)は、数値が大きいほど、温度変化しにくい

(1.0[K] 上昇させるためにたくさんの熱が必要だから)

従って、(1)と(2)より、熱容量の小さい銅球の方が温度変化しやすい。

(4) 比熱の単位に注目する。

→ $\left[\frac{\text{J}}{(\text{g} \cdot \text{K})} \right]$ なので、この単位になるように計算式を立てれば良い。

$$\therefore c [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})] = \frac{1}{50 [\text{g}]} \times 45 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right] = \underline{0.90 [\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})]}$$

アルミニウム 1.0[g] を
1.0[K] 上昇させるために
必要なエネルギー[J]

(5) 単位が[J]となるように計算式を立てる。

$$Q [\text{J}] = 0.45 \left[\frac{\text{J}}{(\text{g} \cdot \text{K})} \right] \times 60 [\text{g}] \times 15 [\text{K}] = 405 [\text{J}] \approx \underline{4.1 \times 10^2 [\text{J}]}$$

2. 熱量の保存

POINT

◎ 熱量 Q [J]を求める式 ※ Δ は温度変化であることに注意!! ([K]も[°C]も変化量なら同じ意味)

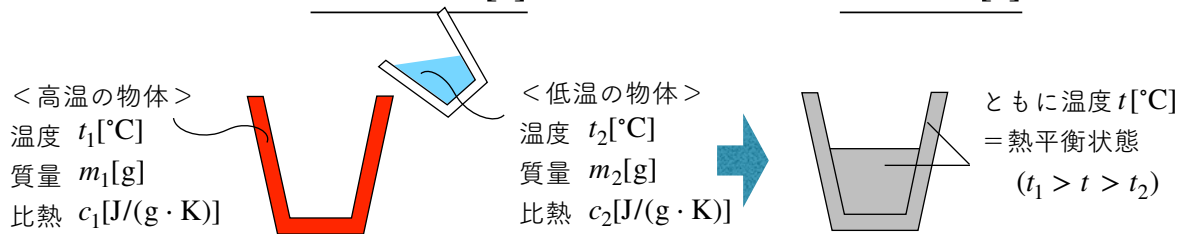
$$\begin{aligned} Q &= C \times \Delta T = m \times c \times \Delta T \\ [J] &= \left[\frac{J}{K} \right] \times [K] = [g] \times \left[\frac{J}{(g \cdot K)} \right] \times [K] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= m \times c \\ \left[\frac{J}{K} \right] &= [g] \times \left[\frac{J}{(g \cdot K)} \right] \end{aligned}$$

◎ 熱量の保存

「高温の物体」と「低温の物体」の間でのみ熱のやり取りが行われるとき、

→ 「高温の物体が失った熱量[J]」 = 「低温の物体が得た熱量[J]」



$Q[J] = mc\Delta T$ より

$$m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2)$$

高温物体が失った熱量 低温物体が得た熱量

※ 温度変化は、必ず
「高い方」 - 「低い方」
で計算すること!
($t_1 > t > t_2$)の大小関係が非常に重要!

※低温・高温の物体が2つ以上のときも同じ考え方!!

例題 90[°C]に鉄製の容器(160[g])に10[°C]の水40[g]を入れた。熱平衡になった時の温度 t [°C]を求めよう。鉄の比熱を0.45[J/(g · K)]、水の比熱を4.2[J/(g · K)]とする。

まずは情報を整理をする。

	鉄(90°C)	水(10°C)
質量 m [g]	160	40
比熱 c [J/(g · K)]	0.45	4.2
温度変化 ΔT [K]	(90 - t)	(t - 10)

温度変化なので、[°C]でも[K]でもOK!

10 < t < 90 の大小関係に気をつけて、必ずプラスにするようにする!

・ 容器が失った熱量 : $Q_1[J] = 160 \times 0.45 \times (90 - t)$

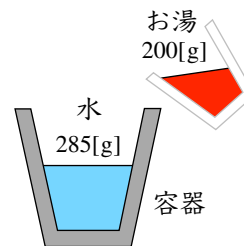
・ 水が得た熱量 : $Q_2[J] = 40 \times 4.2 \times (t - 10)$

熱量の保存より 「高温の物体が失った熱量[J]」 = 「低温の物体が得た熱量[J]」

$$160 \times 0.45 \times (90 - t) = 40 \times 4.2 \times (t - 10) \quad \therefore t = 34[°C]$$

例題 容器に水が285[g]入っており、全体の温度は20[°C]であった。

この容器に80[°C]のお湯200[g]を加えたところ、全体の温度は44[°C]になった。この容器の熱容量 C [J/K]を求めよう。ただし、水の比熱を4.2[J/(g・K)]とする。



まずは情報整理をする。

	容器(20°C)	水(20°C)	湯(80°C)
質量 m [g]		285	200
比熱 c [J/(g・K)]	C [J/K]	4.2	4.2
温度変化 ΔT [K]	(44 - 20)	(44 - 20)	(80 - 44)

容器の質量[g]と比熱[J/(g・K)]は与えられていないが、
(熱容量 C [J/K]) = (質量 m [g]) × (比熱 c [J/(g・K)])
なので、まとめてここに書く！

水も湯も、物質的には「水」なので比熱は同じもの！

温度変化なので、[°C]でも[K]でもOK!

10 < 44 < 80 の大小関係に気をつけて、必ずプラスになるようにする！

- ・ 容器(20[°C])が得た熱量 : Q_1 [J] = $C \times (44 - 20)$
- ・ 水(20[°C])が得た熱量 : Q_2 [J] = $285 \times 4.2 \times (44 - 20)$
- ・ 湯(80[°C])が失った熱量 : Q_3 [J] = $200 \times 4.2 \times (80 - 44)$

低温の物体が2つあるときは、
これらの熱量を足し合わせた値
が低温物体が得た熱量となる！

熱量の保存より「低温の物体が得た熱量[J]」=「高温の物体が失った熱量[J]」

$$\{C \times (44 - 20)\} + \{285 \times 4.2 \times (44 - 20)\} = \{200 \times 4.2 \times (80 - 44)\}$$

$$\therefore C = 63 \text{ [J/K]}$$

[補足] 慣れてきた人は、はじめは「容器と水が同じ20[°C]」なので温度変化も同じになることを考慮して、計算式(44 - 20)の部分をまとめてしまっても良いです。

$$\{C + (285 \times 4.2)\} \times (44 - 20) = 200 \times 4.2 \times (80 - 44)$$

今回の問題についてはメリットがないですが、こうすることで少しだけ計算が楽になったりすることが多いです。

※ ただし、単位の扱いにまだ慣れていなかったり、イメージがつかみにくい人は最初のやり方で立式した方が無難かもしれないですね(-_*)

3. 熱力学第一法則

POINT

◎ 熱力学第一法則 … 気体の内部エネルギー変化の、熱量や仕事との関係を表したもの

◎ $\Delta U = Q_{in} - W_{した}$

・はじめは覚えずに「理解」しよう！

・慣れてきたら、この式の形をひとつだけ押さえておくと便利！

ΔU : 気体の持つ内部エネルギーの変化

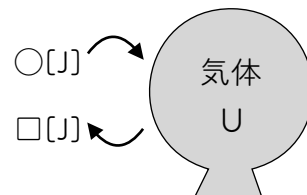
Q_{in} : 気体に与えた（入ってきた）熱量

$W_{した}$: 気体が外部にした仕事
(つまり気体から出ていった)

※ $Q_{in} = -Q_{out}$ 、 $W_{した} = -W_{された}$

・自分に入ってくる(+) → 内部エネルギーは増 (Q_{in} と $W_{された}$)
・自分から出ていく(-) → 内部エネルギーは減 (Q_{out} と $W_{した}$)

気体が主語！



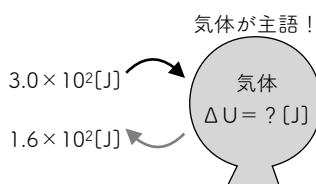
例題 熱力学第一法則について、次の問いに答えよう。

- (1) 気体に $3.0 \times 10^2 [\text{J}]$ の熱量を与えたところ、気体は膨張して、外部へ $1.6 \times 10^2 [\text{J}]$ の仕事をした。気体の内部エネルギーは何[J]増加 or 減少したか。
- (2) 変形しない容器に入った気体が $45 [\text{J}]$ の熱量を放出した。気体の内部エネルギーは何[J]増加 or 減少したか。
- (3) 内部エネルギーを変化させずに気体を圧縮した。気体が外部からされた仕事が $54 [\text{J}]$ のとき、気体は何[J]の熱量を放出 or 吸収したか。

(1)-解き方その1

- ・ $3.0 \times 10^2 [\text{J}]$ 入
- ・ $1.6 \times 10^2 [\text{J}]$ 出

→ ΔU は(最終的に) $1.4 \times 10^2 [\text{J}]$ 増加した



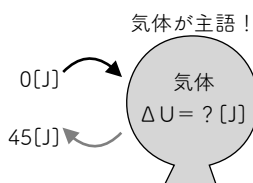
(1)-その2

$$\begin{aligned}\Delta U &= Q_{in} - W_{した} \\ \Delta U &= 3.0 \times 10^2 - 1.6 \times 10^2 \\ &= +1.4 \times 10^2 [\text{J}] \\ \therefore &\text{1.4} \times 10^2 [\text{J}] \text{ 増加した}\end{aligned}$$

(2)-解き方その1

- ・ $45 [\text{J}]$ 出

→ ΔU は(最終的に) $45 [\text{J}]$ 減少した



(2)-その2

「仕事」=「力」×「移動距離」
体積変化が0 → 外部の気体を移動させない
→ 「移動距離」=0 → 「仕事」=0！

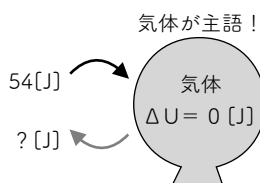
容器が変形しない = 体積変化0
→ $W = 0$

$$\begin{aligned}\Delta U &= Q_{in} - W_{した} \\ \Delta U &= (-45) - 0 = -45 [\text{J}] \\ \therefore &\text{45 [J] 減少した}\end{aligned}$$

(3)-解き方その1

- ・ $54 [\text{J}]$ 入
- ・ ΔU は(最終的に) $0 [\text{J}]$

→ $54 [\text{J}]$ を熱として放出した



(3)-その2

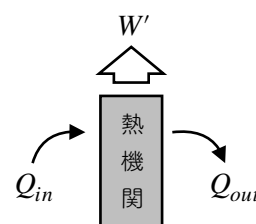
$$\begin{aligned}&\text{外部から } 54 [\text{J}] \text{ された} \\ &\rightarrow W_{した} = -54 [\text{J}] \\ \Delta U &= Q_{in} - W_{した} \\ 0 &= Q_{in} - (-54) \quad Q_{in} = -54 [\text{J}] \\ \therefore &\text{54 [J] の熱を放出した}\end{aligned}$$

4. 熱効率

POINT

◎ 熱効率 … 入ってきた熱のうち、どれくらい仕事に使うことができたのかという割合

- ・ 吸収した熱 Q_{in}
- ・ 放出した熱 Q_{out}
- ・ 熱機関のした仕事 $W' = Q_{in} - Q_{out}$



$$\text{熱効率 } e = \frac{W'}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \quad ※ \text{割合なので、} 0 \leq e < 1 \text{ (単位はない)}$$

例題 次の問いに答えよう。

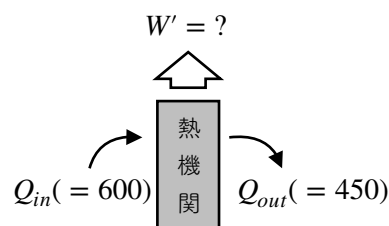
- (1) ある熱機関では、高温物体から吸収した熱量が600[J]、低温物体へ放出した熱量が450[J]であった。このときの熱機関のした仕事 W' と熱効率 e を求めよう。
- (2) 熱効率0.30のエンジンで 5.4×10^8 [J] の仕事をさせる。このとき必要となる熱量は何[J]か。

- (1) 吸収した600[J]のうち、450[J]はそのまま放出され、その残りが仕事として使われた。

$$\therefore W' = 600 - 450 = \underline{150 \text{ [J]}}$$

また、熱効率は入ってきた熱のうち、どれくらい仕事に使うことができたのかという割合なので、

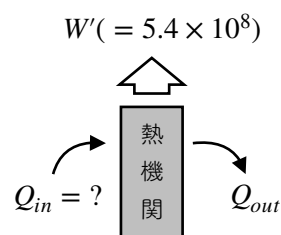
$$\therefore e = \frac{W'}{Q_{in}} = \frac{150}{600} = \underline{0.25}$$



- (2)-解き方その1

$$e = \frac{W'}{Q_{in}} \text{ より}$$

$$0.30 = \frac{5.4 \times 10^8}{Q_{in}} \quad \therefore Q_{in} = \frac{5.4 \times 10^8}{0.30} = \underline{1.8 \times 10^9 \text{ [J]}}$$



- (2)-解き方その2

必要な熱量 Q_{in} の 0.30 (= 30%) 分が 5.4×10^8 [J] なので

$$Q_{in} \times 0.30 = 5.4 \times 10^8 \quad \therefore Q_{in} = \underline{1.8 \times 10^9 \text{ [J]}}$$