

1-4. 熱と仕事の間柄を調べる

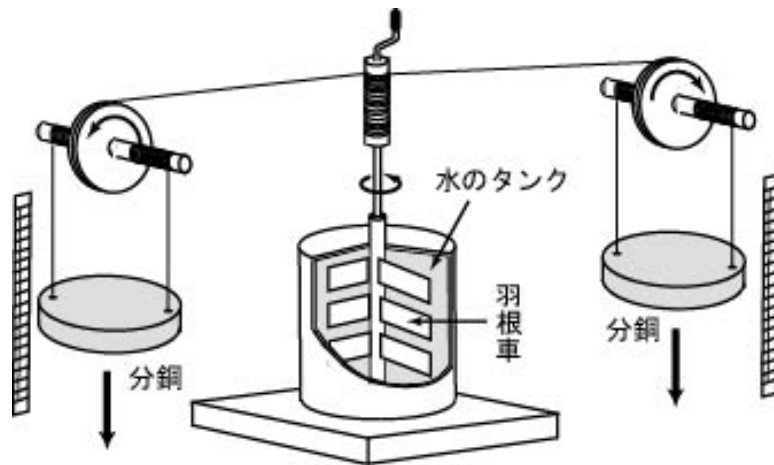
<はじめに>

$$\underline{1\text{cal}=4.18\text{J}}$$

cal ⇒ 熱量の単位 (1gの水が1°C上昇するのに必要な熱量)

J ⇒ エネルギーの単位 (エネルギーとは仕事をする能力のこと)

18世紀～19世紀前期では「熱」はエネルギーの一形態としては考えられず、「熱素 (カロリック)」という“重さのない元素の一種”である、という説が有力であった。それに対し、19世紀の半ば、熱とエネルギーとの間に当量的相互転換の関係があることを実験により明らかにしたのがイギリスの科学者 J.P. ジュール (英、1818–1889) である。



その実験装置の一つが上図のような錘と羽根車を用いた装置である。ある高さに位置する錘は軸についている羽根を回す仕事をする能力 (=位置エネルギー) を持っている。錘が仕事をする、つまり羽根が回ると容器の中の水が攪拌され僅かながら水温が上昇する。ジュールはこの実験結果から熱はエネルギーの一形態であることを主張し、 $1\text{cal}=4.21\text{J}$ の熱の仕事当量を得た。ジュールによる様々な実験はのちの「エネルギー保存の法則」の確立に大きく寄与したことになる。

錘の位置エネルギーが全て水へ与えられた熱に変換されたとすると、

$$M \times g \times H \times n = m \times c \times \Delta T \times J$$

M: 錘の重さ [kg]

g: 重力加速度 [m/s^2]

H: 錘が落ちる高さ [m]

n: 錘を下ろした回数

m: 水の重さ [g]

c: 水の比熱 [$\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$]

ΔT : 水の温度上昇 [$^\circ\text{C}$]

J: 熱の仕事当量 [J/cal]

<目的>

19世紀の半ばに J. P. ジュールによって行われた熱の仕事当量を求める実験を身近にある材料を用いて再現して見ることにより、熱がエネルギーの一つの形態であること、力学的エネルギーと熱との間に一定の関係があることを調べる。

与えられた材料および概念図を参考にしてどのような装置を作ればいいのかを自ら考え、装置を設計・製作し、実験を行う。装置の設計・製作過程では様々な創意工夫が必要であるが、力学的、熱力学的原理をよく考えながら班員全員でよく討論し、各人がアイデアを出し合って設計する。設計・製作・実験という一連の過程を通して、実験装置を自分たちで考え、製作し、実験を行うことの楽しさ、難しさを学ぶ。

<設計手順>

- ① 使用する容器を決める。
- ② 軸、羽根、仕切り板、底、蓋の材質を決める。
- ③ 羽根と仕切り板の形を決める。羽根と仕切り板の形は羽根をどのように軸に固定するか、仕切り板をどのように固定するかを考慮して決定すること。
- ④ 上記①～③に従って設計図を作成する。
 - ※ 設計者以外の誰が見ても理解でき製作できるようにしなくてはならない。
 - ※ 長さはミリ単位。材質も記入しておくこと。
- ⑤ 錘が落ちるときだけ羽根(軸)が回転し、巻き取るときは回転させないようにする仕組みを考える。

<作成のポイント>

- ・ 羽根や仕切り板の枚数、段数、形状は図と同じにする必要は無い。
- ・ なぜ仕切り板が必要なのかを考える。
- ・ 温度計で常時容器内の水の温度を計測しなければならないので温度計が羽根に当たらないように温度計のスペースを考える。
- ・ 錘が落ちるときだけ羽根(軸)が回転し、巻き取るときは回転させないようにするには？
(図に多少のヒントが・・・)
- ・ 仮に、 J の値(実験で求める値)をジュールが実験により求めた値 4.18J/cal 、錘の重さを 1kg 、錘が落ちる高さを 1.8m 、水の重さを 1000g とした場合に n (= 錘の落とす回数)は何回になるのかを1ページ目の式から事前に計算しておいた方が良い。
- ・ 電卓、グラフ用紙をグループ内で最低一人は必ず持参しておく。

<ジュール実験の装置図>

