

8 電流 (7) ジュール熱の測定

〔ねらい〕 抵抗線に電流を流して発生したジュール熱を測り、消費電力量とジュール熱の関係を調べる。

〔原理〕 物質に熱を加えると温度が上昇する。固体や液体のように温度上昇による体積変化が小さい場合や途中に相転移等がない場合、

$$(\text{熱量[J]}) = (\text{質量[g]}) \times (\text{比熱[J/(g}\cdot\text{K)]}) \times (\text{温度変化[K]})$$

となる。これを用いて、温度変化から熱量を測定することができる。

抵抗に電流を流すと電気エネルギーが消費される。その値を「電力量」といい、

$$(\text{電力量[J]}) = (\text{電圧[V]}) \times (\text{電流[A]}) \times (\text{時間[s]})$$

である。このエネルギーは抵抗で熱となる。この熱を「ジュール熱」という。

〔準備〕 熱量計 (ニクロム線付き)、天秤、温度計 (50°C, $\frac{1}{10}$ K 目盛)、すべり抵抗器、直流電流計、直流電圧計、中間スイッチ付きコード、時計、方眼紙

〔方法〕

(1) 熱量計の銅容器とかき混ぜ棒 (金属部分) の質量 M を天秤で量る。

(2) ニクロム線が全部かくれる程度まで容器に水を入れ、かき混ぜ棒と共にその質量 M' を測る。水の質量 $m = M' - M$ となる。

(3) 図のように測定装置を組み立てる。配線に誤りはないか、よく確かめてからスイッチ付きコードを直流コンセントにつなぎスイッチを ON にする。

その際、A、V の針が振れる向きが正しいか、また針が振りきれないかどうかをよく注意して見る。

(4) すべり抵抗器で流れる電流を 1~2 アンペアになるようにしてから、一旦スイッチを OFF にして、水をよくかくはんし、水温 t_0 [°C] を読み取る。 t_0 [°C] は室温より 2°C ぐらい低い値にするとよい。

(5) 時計を見ながらスイッチを ON にし、電圧、電流の値を読み取る。

(6) 静かに水をかくはんしながら、1 分ごとに水温 t [°C] を測る。

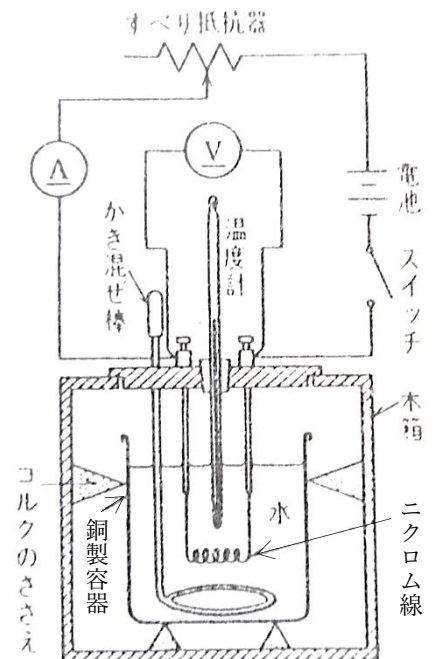
(7) 電流は常に一定に保たれるように、すべり抵抗器で調整する。

(8) 水温が室温より 2°C ぐらい高くなったら測定をやめ、スイッチを OFF にする。

(9) 横軸に時間、縦軸に水の温度をとってグラフを画く。

(10) 消費電力量と銅容器、かき混ぜ棒と水が得た熱量を算出する。

銅の比熱 0.385 J/(g·K)、水の比熱 4.19 J/(g·K) とする。



〔考察〕 仮説を立て、仮説と異なる実験結果が出た場合、何故そのようになったのか考える。仮説通りの結果が出たときは検証されたことになるが、仮説の根拠を明示する。

〔測定値の例〕

時間 [min]	水温 [°C]	電圧 [V]	電流 [A]
0	15.6	3.4	1.82
1	16.0	3.4	1.82
2	16.5	3.4	1.82
3	17.0	3.4	1.82
4	17.3	3.4	1.82
5	17.8	3.4	1.82
6	18.2	3.4	1.82
7	18.6	3.4	1.82
8	19.0	3.4	1.82
平均		3.4	1.82

①室温 16.8°C
 ②銅容器とかき混ぜ棒の質量 $M=117.38$ [g]
 ③銅容器, かき混ぜ棒と水の質量 $M'=326.20$ [g]
 ④水の質量 $m=M'-M=208.82$ [g]
 ⑤銅容器, かき混ぜ棒と水の熱容量
 $0.385 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K}) \times 117.38\text{g} + 4.19 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K}) \times 208.82\text{g}$
 $= 920.1 \text{ J}/\text{K}$
【結果】
 銅容器, かき混ぜ棒と水が得た熱量
 $920.1 \text{ J}/\text{K} \times (19.0 - 15.6) \text{ K} = 3.1 \times 10^3 \text{ J}$
 消費電力量
 $3.4\text{V} \times 1.82\text{A} \times (8 \times 60) \text{ s} = 3.0 \times 10^3 \text{ J}$

仮説：消費電力量は全てジュール熱になる。

発生したジュール熱は、銅容器、かき混ぜ棒と水に吸収され、それらの温度を上昇させる。

したがって、消費電力量と銅容器、かき混ぜ棒、水の温度上昇から算出した熱量は等しくなる。

考察：仮説で等しい値になると考えると約 3%の差が生じたことになる。この差の不確定さの範囲内で仮説が検証されたと考えられる。

この差の原因として、(1) 測定者の技術的面、(2) 測定方法、(3) 仮説の根拠があげられる。

(1)については、同様の実験を複数回実施するか、他の班の結果と比較するなどして検討できる。

(2)については、外部からのエネルギーの出入りの遮断が不完全であったのではないのだろうか。

空気からの熱の出入り、温度計等の熱の吸収、かくはんによる発熱等が考えられる。

一般に熱は外部に発散する傾向があるが、今回の結果は外部からのエネルギーの流入となった。

グラフの温度上昇の様子を見ると、外気温との差による熱の出入りが原因している可能性は低い。

フィラメントに電流を流さずに同様の実験をするなどして確認する必要がある。

(3)エネルギー保存則から、供給されたエネルギーは全て何らかの形のエネルギーに変換されるはずである。したがって、根拠面での原因は考えづらい。