

目的 熱量保存の法則によって、水熱量計を用いて、混合法により試料金属の比熱を測定する。

準備 水熱量計、温度計（水銀、サミスターデジタル、共に1/10度目盛り）、  
比熱測定用金属（試料）3種（Al, Cu, Fe）、電熱器、ビーカー（500cm<sup>3</sup>）  
電子天秤（教卓上のものを、各班とも共通に使用する）、スタンド、糸、アスベスト付き金網

実験方法・操作・注意事項

1. ビーカー（500cm<sup>3</sup>）に約400cm<sup>3</sup>の水を入れて電熱器（600w）にのせ加熱を開始する。
2. 水熱量計の内槽（銅製の容器）を木箱から取り出し、攪拌棒を入れた質量M<sub>0</sub> [g]を教卓上の電子天秤で測定する。
3. 比熱測定用金属試料（アルミ、銅、鉄）の質量m [g]（糸を含む）を、電子天秤で測定する。
4. 内槽に水を入れる。水の量は試料がかくれる程度とし、全質量（容器+攪拌棒+水）M' (g)を測る。水の質量をM[g]とすると、M = M' - M<sub>0</sub>、これを計算する。
5. 内槽を攪拌棒とともに木箱に入れ、デジタル温度計を取り付けふたをする。このとき、温度計の先端は、内槽の底から3cmほど高い位置にする。  
攪拌棒をゆるやかに上下させ、温度が一定になったときの水温t<sub>1</sub> [°C]を測定する。
6. 図2のように、比熱測定用金属試料と100°Cの水銀温度計をスタンドに吊るす。水が沸騰してから3分以上たったときの水温t<sub>2</sub> [°C]を測定する。
7. 水熱量計のふたをあけ、ビーカーから試料を取り出し水を振り切ってから、手早く熱量計の中に沈め、ふたをする。
8. 攪拌棒でよくかき混ぜながら10秒毎に3分間、水温を記録し、温度変化が少なくなり一定になったときの最高温度t [°C]を求める。このときのグラフを図3（p.3）にプロットせよ。

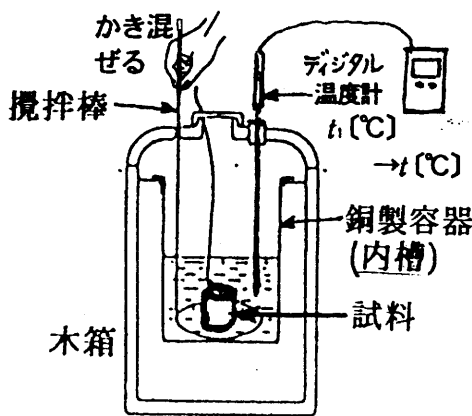


図1 水熱量計

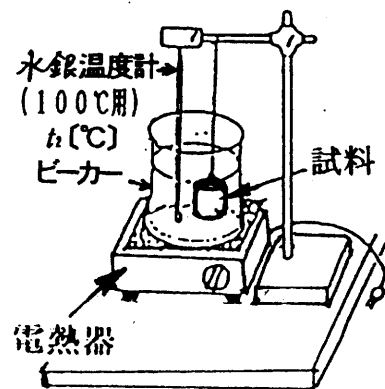


図2 試料の加熱

9. P3の(1)式に各測定値を代入し、比熱Cの<sup>測定</sup>値を計算して求める
10. 相対誤差  $\gamma = \frac{C - C_1}{C_1} \times 100(\%)$  を求める。C<sub>1</sub>は右(2p)の注意4に示された、正しい比熱の値。

## 注意

1. 熱湯やガラス器具の取り扱いに十分注意する。たとえば、試料をビーカーから出し入れするとき、ビーカーに衝撃を与えないこと。
2. 温度計の先端を容器の底につけないこと。
3. 質量の測定は0.1(g)まで、温度の測定は0.1(°C)まで読むこと。
4. 定数表による比熱の値【at 25(°C)】  
Al—0.902, Fe—0.452 Cu—0.385 (J / g·K)
5. 実験の第7項の操作は特に手早く確実に行うこと。
6. レポートは、p.3,4の提出用プリントに記入のうえ一週間後に提出すること。

## 金属の比熱に関するノート

空のフライパンを火にかけた時と、水の入ったものを火にかけた時とでは、水の入った場合の方が温度はゆっくり上がる。同じ量の熱を与えても、温度の上がり方は、物の量や種類によって異なる。物体の温度を1°C上げるのに必要な熱量を、その物体の熱容量といい、物体1gあたりの熱容量を比熱（たとえば単位[J / (g·K)]で表す）という。

今、質量  $m$  [g]、比熱  $c$  [J / (g·K)] の物体に熱量  $Q$  [J] の熱を与えたときに、その物体の温度が  $t_1$  [°C] から  $t_2$  [°C] になったとすると、

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

の関係のあることがわかる。

さて、具体的に金属の比熱を測定することを考えてみよう。そのために  $t_2$  [°C] に熱した  $m$  [g] の金属球を  $t_1$  [°C] の水にいれ、水温が最終的に何度になるかを測定することにする。熱いものと冷たいものが接触すると、熱は熱いものから冷たいものへと移動し、やがて一定の温度  $t$  [°C] になる（熱平衡）（ $t_1 < t < t_2$ ）。この時、外部からの熱の出入りが全くないとすると、金属の失った熱と水の得た熱とは等しくなければならない：

$$(\text{金属の失った熱}) = (\text{水の得た熱})$$

（容器の質）  
水と量を  $M$  [g]、その比熱を  $c_{\text{水+容器}}$  [J / (g·K)] とすると、（水の比熱は  $c_{\text{水}} = 4.18$  であるが、実際には容器のことを考えると、 $c_{\text{水+容器}} < 4.18$  となる。）

上の式は金属の比熱  $c$  [J / (g·K)] を用いて

$$mc(t_2 - t_1) = M'c_{\text{水+容器}}(t - t_1)$$

となり、この式から、
$$c = \frac{M'c_{\text{水+容器}}(t - t_1)}{m(t_2 - t_1)}$$

を得る。

詳しくは、プリント p.3,4 に従って求めよ。

# 実験3 金属の比熱測定 (提出用レポート)

レポート提出者 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 組 \_\_\_\_\_ 番 氏名 \_\_\_\_\_

共同実験者 [(番号)・氏名を連記] ( ) \_\_\_\_\_ , ( ) \_\_\_\_\_  
 ( ) \_\_\_\_\_ , ( ) \_\_\_\_\_

実験日時 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分 ~ \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分 天気 \_\_\_\_\_ 気温 \_\_\_\_\_ °C

実験場所 : 専攻科棟 3階 応用物理実験室 \_\_\_\_\_ 気圧 \_\_\_\_\_ hPa

## 原理のまとめ

- 1) 試料の質量  $m$  [g], 比熱を  $c$  [J/(g·K)], 試料の最初の温度を  $t_2$  [°C], 熱量計に入れて一定になったときの温度を  $t$  [°C] とし, 試料が水熱量計の銅製容器と水熱量計の水に与えた熱量  $Q$  [J] を  $m, c, t, t_2$  を使って表すと

$$Q = \boxed{\phantom{000000}}$$

- 2) 熱量計の水の質量を  $M$  [g], その比熱を  $4.18$  [J/(g·K)], 熱量計の銅製容器質量を  $M_0$  [g], その比熱を  $c_0$  [J/(g·K)] とすると, 水  $M$  [g] と熱量計の銅製容器の温度を 1 度上げるのに必要な熱量は

$$Q_0 = \boxed{\phantom{000000}}$$

であるから, 最初の水の温度を  $t_1$  とすると熱量計と水がもらった熱量  $Q_1$  は  $M, c_0, M_0, t, t_1$  を使って表すと

$$Q_1 = \boxed{\phantom{000000}}$$

- 3) 与えた熱量ともらった熱量は等しいから  $Q = Q_1$   
 よって比熱  $c$  は 
$$c = \frac{(4.18M + M_0 \cdot c_0) \cdot (t - t_1)}{m(t_2 - t)} \quad \text{----- (1)}$$

ただし, 水熱量計の銅の比熱  $c_0 = 0.385$  [J/(g·K)] とする。

## 測定データ

1)  $t_1 \rightarrow t$  への水温の変化

時刻	① Fe	② Cu	③ Al
	(°C)	(°C)	(°C)
10s			
20			
30			
40			
50			
1min 00			
10			
20			
30			
40			
50			
2min 00			
10			
20			
30			
40			
50			

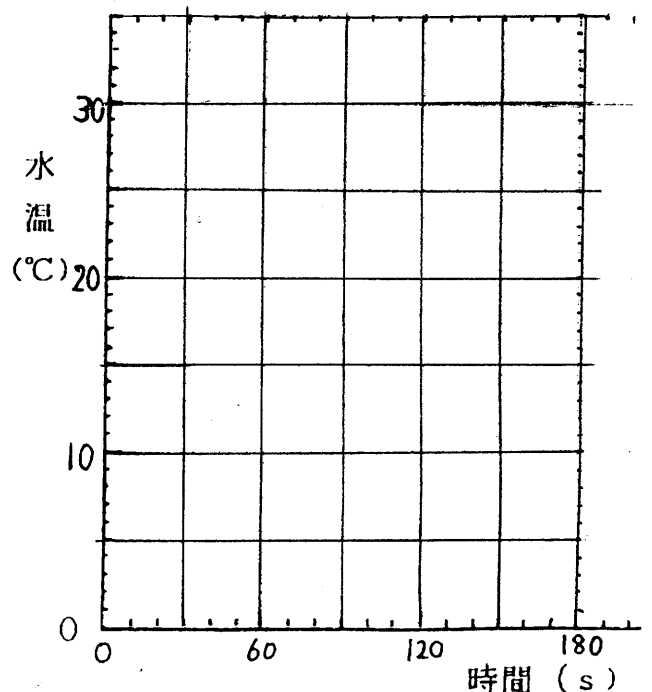


図3 水温の変化 ( $t_1 \rightarrow t$ )

2) 測定値表

試料 測定値(単位)	① Fe	② Cu	③ Al
$M'$ (g)			
$M_0$ (g)			
$M = M' - M_0$ (g)			
$m$ (g)			
$t_1$ (°C)			
$t_2$ (°C)			
$t$ (°C)			
$C$ (単位)			
$C_1$ (J/g·K)	0.452	0.385	0.902
相対誤差 $\gamma = \frac{C - C_1}{C_1} \times 100$ (%)			

(1)式より  
計算

考察

(1) 相対誤差の原因は、どの測定因子の誤差によるものが大きいたろうか？

(2) はじめの水温 < 室温 < 終わりの水温 となるようにしておくと結果がよいのはなぜだろうか。

感想