



実験手法

- 摩擦紐を巻きつけたアルミニウム体の、回転数に対する温度を測定します。
- 摩擦に対する仕事と温度変化が比例することを確認し、熱力学の第一法則（エネルギー保存則）を確かめます。
- アルミニウム体の熱容量を計算します。

目的

熱力学の第一法則を確認する。

概要

この実験は、摩擦によりアルミニウム体の内部エネルギーが増加する事を確認できます。この内部エネルギーの増加は、アルミニウム体の温度上昇によって分かります。この時、アルミニウム体に化学的変化や相変化は見られず、摩擦の仕事に従って温度のみが上昇していくことより、内部エネルギーの増加を結論できます。厳密に言えば、アルミニウム体と雰囲気との間の熱移動も検討すべきですが、実際に実験前後の雰囲気の温度上昇を測定すると、熱移動を考慮しなくても良いことが分かります（誤差の範囲内）。

必要器具

品番	品名	数量
U10365	熱当量測定装置	1台
U11806	デジタルマルチメーター, P1035	1台
U13812	プラグ付き安全リード線: 75cm, 2本セット	1セット

基礎実験

- 仕様は予告なく変更されることがあります。
- 品番・製品名をクリックすると製品仕様ページ（外部サイト）が開きます。



原理

熱力学の第一法則によれば、内部エネルギーの変化 ΔE は、なされた仕事 ΔW と移動した熱量 ΔQ の和に等しい事が分かります。これは化学的変化や相変化なしで起こる、系の温度変化 ΔT により確かめられます。

実験から、力学的仕事によりアルミニウム体の内部エネルギーが増加することを確認します。装置のハンドルを回すことにより、円筒形状のアルミニウム体が回転します。巻き付けられた紐により摩擦が起き、アルミニウム体の温度が上昇します。摩擦力 F は紐の端に取り付けられ、ぶら下がっている錘の重量になります。その為 n 回回転した時に摩擦が行う仕事 ΔW_n は、アルミニウム体の直径を d とすると次のようになります。

$$(1) \quad \Delta W_n = F \cdot \pi \cdot d \cdot n$$

アルミニウム体が n 回回転する間に摩擦による仕事で、アルミニウム体の温度が初期値の T_0 から T_n に上昇します。この時内部エネルギーの増加分 ΔE は、

$$(2) \quad \Delta E_n = m \cdot c_{Al} \cdot (T_n - T_0)$$

となります。ここで c_{Al} はアルミニウム体の比熱です。

出来る限り、雰囲気中との熱のやりとりの影響をなくすためには、以下のようにすると良いでしょう。

実験を始める前に、アルミニウム体を雰囲気温度からわずかに冷やしておきます。その後、実験を開始し、実験終了時のアルミニウム体の温度の目安は、雰囲気温度からわずかに上昇した温度とします。また実験開始前のアルミニウム体の温度と雰囲気温度との差が、実験終了時のアルミニウム体と雰囲気温度との差に等しくなるようにするのが良いでしょう。こうすることにより、雰囲気との熱のやりとりの影響を最小にすることができます。

これで内部エネルギーの増加が、摩擦のした仕事に等しいという熱力学第一法則を確認できます。

$$(3) \quad \Delta E_n = \Delta W_n$$

関係式から温度 T_n を温度 T_0 と仕事 ΔW_n で表すことができます。

$$T_n = T_0 + \frac{1}{m \cdot c_{Al}} \cdot \Delta W_n$$

実際の到達温度 T_n とその時の仕事 ΔW_n をグラフにプロットすることで、傾きから比熱 c_{Al} を求めることが可能です。ただしこの時、アルミニウム体の温度が雰囲気温度より低い領域と高い領域では、実測点は直線上から外れてきます。これは、低い領域ではアルミニウム体が雰囲気から熱を奪い、仕事量以上に温度が上昇するためです。逆に高い領域では、アルミニウム体から雰囲気が熱を奪い、仕事量よりも小さな温度上昇となるためです。

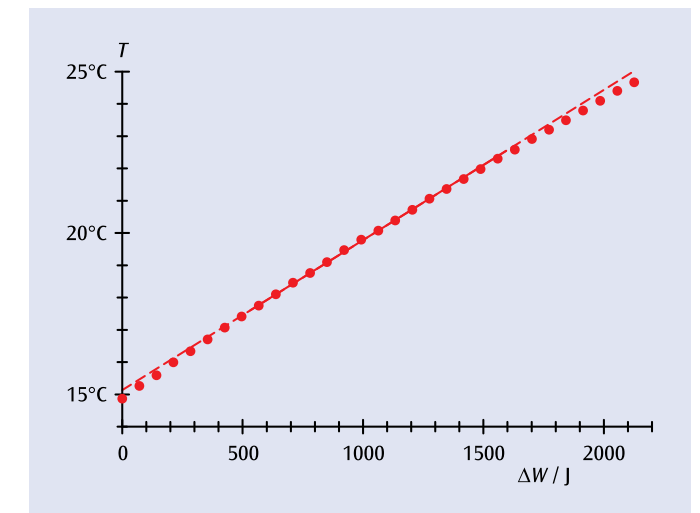


図1: 摩擦力に抗して仕事をしたときのアルミニウム体の温度