

摩擦と熱

□ 目的

力学的エネルギーが熱エネルギーに変換されることを通じて、エネルギー保存の法則を確かめる。

□ 実験用具

支持台、支柱、吊下腕、ハンドル、C型クランプ、金属ブロック、摩擦バンド、ばねはかり、たこ糸、温度計、温度計支持脚、シリコングリス、ノギス

□ 原理

あらゆる自然現象におけるエネルギーの変換では、それに関係したすべてのエネルギーの和は一定に保たれる。これをエネルギー保存の法則という。

この実験では、手動で回転させる円筒状の金属ブロックに摩擦バンドを巻き付け、摩擦バンドをばねはかりの力で制御して、摩擦熱を発生させている。摩擦に使った力学的エネルギー W と発生した熱エネルギー Q が等しいことより、エネルギーが保存されることを確認する。

□ 解説

力学的エネルギー W は $W = (\text{力}) \times (\text{距離})$ となる。本実験では力 F [N] は、ばねはかりで測定する。ばねはかりの測定値を M [kg] とすると、力 F は

$$F = M \cdot g \quad [\text{kg}] \cdot [\text{m/s}^2] = [\text{N}]$$

$$\text{重力加速度 } g = 9.80 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

である。距離 L [m] は摩擦のために力を加えた延べの距離であるから

$$L = 2\pi Rn$$

R [m]: 金属ブロックの中心からたこ糸の位置までの距離, n : 回転回数

であり、摩擦に使った仕事 W [J] (金属ブロックに与えた力学的エネルギー) は、次式で与えられる。

$$W = F \cdot L \quad [\text{N}] \cdot [\text{m}] = [\text{J}]$$

一方、金属ブロックが得た熱エネルギー Q [J] は、金属ブロックの温度上昇より次式で求められる。

$$Q = mC\Delta T$$

ここで m [g] は金属ブロック (アルミニウム) の質量、 C はアルミニウムの比熱 ($C = 0.891$ [J/gK])、 ΔT [K] はエネルギーを与える前後の温度差を表す。

□ 実験方法

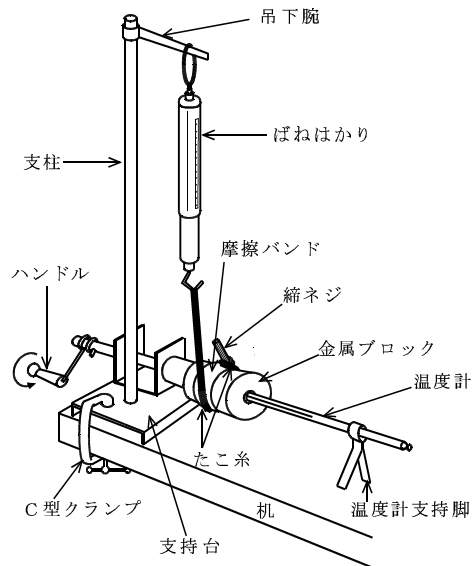


図 1

- (1) 支持台を C 型クランプで机に固定する。
- (2) ばねはかりのゼロ点が出ていることを確認し、吊下腕に掛ける。
- (3) 摩擦バンドを金属ブロックの溝に合わせて固定する。このとき摩擦バンドの向きに注意する。
- (4) 金属ブロックを支持台の回転軸に取り付ける。
- (5) たこ糸を、ばねはかりと摩擦バンドの縮ネジにかける。
- (6) 温度計の先端を金属ブロックの温度計挿入口に入れる。水平で目盛が上になるように支持脚を使って温度計を固定する。
- (7) ハンドルを取り付け、毎秒 1 回転程度で回してみ、ばねはかりの指す値が 1.2 ~ 1.5kg になるように、摩擦バンドの縮ネジを調節する。このとき温度計と一緒に回転する場合は、先端にシリコングリスを塗る。
- (8) 金属ブロックの温度が数分間変動のないことを確認して、その温度を T_1 とする。
- (9) ハンドルを 毎秒 1 回転程度の速さで、ムラなく、ばねはかりが同じ値を示すように回転させる。回し続けながら、50 回転ごとに、ばねはかりの指す値と温度計の示度を記録する。
- (10) 300 回転したら回転を止める。回転停止後も温度上昇があるので温度変化に注意し、最高温度を T_2 とする。ばねはかりの値の平均値を M とする。

- (11) 測定結果のグラフを描く (横軸：回転回数、縦軸：金属ブロックの温度)。
- (12) 摩擦バンドを付けたまま金属ブロックを回転軸から外し、ノギスを使って摩擦バンドの上から直径を測定し、半径 R を求める。
- (13) 摩擦バンドを外して、金属ブロックの質量 m を測定する。
- (14) 摩擦を生じるのに費やした力学的エネルギー W を、回転回数 300 回で計算する。
- (15) $\Delta T = T_2 - T_1$ とし、生じた熱エネルギー Q を計算する。
- (16) エネルギーの比 Q/W を計算する。
- (17) 1 回目と同様の手順で 2 回目の測定および計算を行う。このとき、金属ブロックの温度 T_1 が 1 回目よりもかなり高い場合には、別の金属ブロックと取り替えて測定を行うとよい。
- (18) 2 回の Q/W の値について考察する。

注意 2 回の Q/W の値が著しく異なる場合には、その原因をよく考えて、測定をやり直す。

□ 問

摩擦が起きているのは摩擦バンドと金属ブロックの間である。なぜ金属ブロックの回転半径として摩擦バンドの外側 (糸のかかっている位置) まで測定するのだろうか？