

# とやま科学オリンピック大会2017

## 物 理

(高校部門)

2017年8月9日(水)

時間： 9時45分～12時15分(150分)

### 注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は [1] から [3] まで6ページにわたって印刷してあります。
3. 机の上に置けるものは、「大会参加にあたって」で定められたものと与えられた実験器具のみとする。
4. 解答はすべて解答用レポート用紙に記入し、レポート用紙を提出すること。
5. 参加番号をレポート用紙の決められた欄に記入すること。
6. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。
7. 実験はチームで協力して行うこと。
8. 観察・実験等に当たっては、安全に十分に注意すること。
9. 実験中に器具が故障・破損したり、けがをした場合には速やかに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県では、豊かな水資源や急流河川を活かした水力発電の開発が盛んに行われている。また、近年では小水力発電にも積極的に取り組んでいる。そこで、電気のことをさらに知るために、電流を測定する仕組みを理解し、電流計を自作することを考える。電流計を使うと、様々な電化製品を流れる電流の値を測定することができ、電化製品の電気抵抗を求めることができる。不要な抵抗を小さくすることで、発熱によるロスなど無駄にしている電気エネルギーを減らすことができる。

- 1** 製作説明ビデオ、【手順】①～⑥を参考にしてコイルを製作し、考察をレポートにまとめなさい。

(目安20分)

**【製作に必要なもの】**

- ・エナメル線 (φ0.35 mm、8.5m、φは直径)
- ・ストロー付きボビン
- ・紙やすり
- ・油性ペン
- ・セロハンテープ
- ・はさみ

**【手順】**

- ① ストロー付きボビン(図1)の穴と切れ込みの横に0、50、100、150、200の数字を書く。



図1 ストロー付きボビン

※巻き数が分かるような記号でもよい。

- ② ボビンの内側から、0と書いた穴の中にエナメル線を通し5cm程度出す。

- ③ ボビンにエナメル線を均等に巻いていき、コイルを製作する。

(③-1) 50回巻いたら、50と書いた切れ込みからエナメル線を5cm程度出す。折り返して再び50の切れ込みからコイルに戻し、同じ方向に巻いていく。

(③-2) 50回巻くごとに(③-1)と同様の作業を行い、0、50、100、150、200回の端子を作る。200回巻き終えた後は、エナメル線を5cm程度出して余分は切り落とす。

- ④ セロハンテープでコイルの外周を2～3周巻き固定する。

- ⑤ 50、100、150の3箇所の切れ込みから出ているエナメル線は、二重になっているので、それぞれをねじる。

- ⑥ 各エナメル線の先端の被膜を紙やすりではがし、それぞれの巻数の端子とする(図2)。

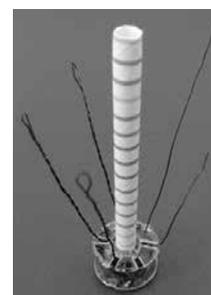


図2 完成したコイル

**【考察】**

製作にあたって、どのようなことに気がつけたか。

- 2 次の（実験 2－1）、（実験 2－2）を【手順】にしたがって行い、それぞれ実験結果とグラフおよび考察をレポートにまとめなさい。ただし、コイルによる磁力（磁気力）の大きさは、ネオジム磁石との斥力（反発力）で考える。なお、エナメル線の電気抵抗は小さいので無視する。

（目安 60 分）

【実験に必要なもの】

- ・ 製作したコイル
  - ・ ネオジム磁石（ $\phi 13\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ ）
  - ・ 実験スタンド
  - ・ リード線（3 本）
  - ・ 電池（1.5V、2 本）
  - ・ 電池ボックス
  - ・ 抵抗  $20\ \Omega$ （5 本）
  - ・ 抵抗固定器
  - ・ 電子天秤
  - ・ 油性ペン
  - ・ 電卓
  - ・ スチレンブロック（ $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ ）
  - ・ 定規
  - ・ 両面テープ
- ※ネオジム磁石は強力なので、時計や磁気カードなどに近づけないよう注意してください。

（実験 2－1）コイルの巻数と磁力の関係を調べなさい。

【手順】

- ① 磁石の中心に油性ペンで「・」印を描く。両面テープを用い、電子天秤の上にスチレンブロックを、そしてその上に磁石をそれぞれ固定する（図 3）。  
※磁石と天秤の間にスチレンブロックを挟むのは、電子天秤への磁力の影響を避けるためである。
- ② 実験スタンドにコイルの軸（紙ストロー）を鉛直に取り付け、ゼロ調整した電子天秤をコイルの真下に置く（図 4）。
- ③ 実験スタンドでコイルの高さを調整し、磁石との間隔をできるだけ小さくする。※間隔は 1 mm 未満になるとよい。
- ④ コイルの軸（紙ストロー）を真上から覗き、磁石の中心がコイルの中心と揃うように「・」印の位置を調整する（図 5）。
- ⑤ 実験 A、実験 B を行う。  
実験 A・・・ $10\ \Omega$  の抵抗と 3.0V の電源を取り付け、端子 0-50（50 巻）、0-100（100 巻）、0-150（150 巻）、0-200（200 巻）における天秤値を測定する。  
実験 B・・・端子 200-150（50 巻）、200-100（100 巻）、200-50（150 巻）、200-0（200 巻）においても同様に天秤値を測定する。  
※使用する抵抗は全て  $20\ \Omega$  なので、 $10\ \Omega$  になるように工夫して抵抗固定器に取り付けること。

⑥ 各巻数における実験Aと実験Bの平均値を求める。

〈例〉100巻：実験A（端子0-100）と実験B（端子200-100）の平均値

⑦ 結果を表にまとめ、巻数と天秤値の関係をグラフにする。

※実験A、実験B、平均値のそれぞれのグラフを描くこと。なお、コイルの巻数が0回での天秤値（実験A、実験B）は0 [g] とする。



図3 磁石と電子天秤



図4 実験スタンドへの取り付け

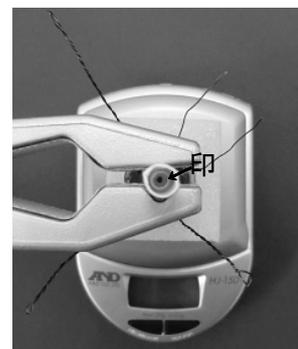


図5 磁石の中心を調整

### 【考察】

- (1) 10 Ω の合成抵抗にするために、20 Ω の抵抗をどのように工夫して抵抗固定器に取り付けたか。
- (2) グラフ（実験A、実験B、平均値）からどのようなことが分かるか。

（実験2-2）コイルに流れる電流と磁力の関係を調べなさい。

### 【手順】

- ① （実験2-1）の装置を使う。※コイルの巻数は200巻で行う。
- ② 10 Ω、20 Ω、30 Ω、40 Ω、70 Ω の抵抗における天秤値を測定する。  
※抵抗（5本）を工夫して抵抗固定器に取り付けること。
- ③ 結果を表にまとめ、コイルに流れる電流と天秤値の関係をグラフにする（参考1）。なお、抵抗値が無大での電流は0 [A] とし、天秤値は0 [g] とする。

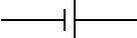
（参考1）

実験では、コイルに流れる電流の大きさは接続する抵抗によって変化している。なお、電流の大きさは、オームの法則から計算できるので、実験結果の表には既に計算値が記載してある。

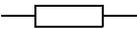
$$\langle \text{例} \rangle I = \frac{V}{R} = \frac{3.0}{10} = 0.30 \text{ [A]}$$

**【考察】**

(1) 以下の記号を用いて、 $30\ \Omega$ の抵抗を接続したときの回路図を描きなさい。

・  $1.5\text{ V}$ の電池 1 個 

・ 200 回巻きコイル 

・  $20\ \Omega$ の抵抗 1 個 

(2) グラフからどのようなことが分かるか。

ここまで終わったら、指示があるまで待っていてください。

- 3 未知の抵抗値を求めたい。そこで、電流計を製作し、既知の抵抗および未知の抵抗による電流計の回転角をそれぞれ測定し、その結果を比較することで未知抵抗の値を推定することとする。製作説明ビデオ、【手順】を参考に電流計を製作し、以下の実験3を行い、実験結果とグラフおよび考察をレポートにまとめなさい。

(目安60分)

【製作に必要なもの】

- ・製作したコイル
- ・未知抵抗
- ・抵抗 20 Ω (5本)
- ・抵抗固定器
- ・リード線 (3本)
- ・電池 (1.5V、2本)
- ・電池ボックス
- ・実験で使用したコイル
- ・ネオジウム磁石 (φ13mm×2mm)
- ・ストロー (2種:各2本、予備含)
- ・画鋸
- ・まち針
- ・工作用紙
- ・分度器用紙
- ・油性ペン
- ・両面テープ
- ・セロハンテープ
- ・電卓
- ・カッター
- ・カッター板
- ・スチレンブロック (大・小)
- ・はさみ
- ・定規

(参考2)

実際の電流計は、磁石の中のコイルに指針が取り付けられており、コイルに電流を流すと磁力が発生し、磁石との力で指針が回転する仕組みである。指針の回転角は電流に比例するので、回転角から電流の値が測定できる(図6)。

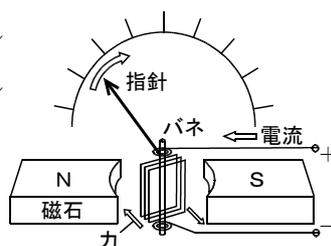


図6 電流計の仕組み

【手順】

今回は、バネの代わりに重力との釣り合いを利用して電流計を製作する。

- ① 指針とするストローの支点となる位置に画鋸を突き刺し、両側に穴を通す。その穴にまち針を入れ、これを支点としてストローが縦に立つか確認する。磁石の位置や取り付け方、支点の位置、指針の先端などを工夫する(図7)。

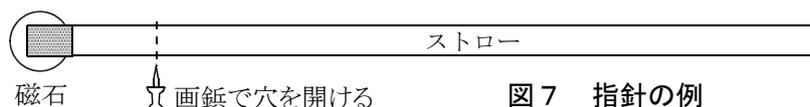


図7 指針の例

- ② ①で製作した指針を用いて、磁石がコイルから受ける力(斥力)を利用し、指針が振れる仕組みを作る(図8)。

※電流計としてより精度の高い測定ができるよう工夫する。

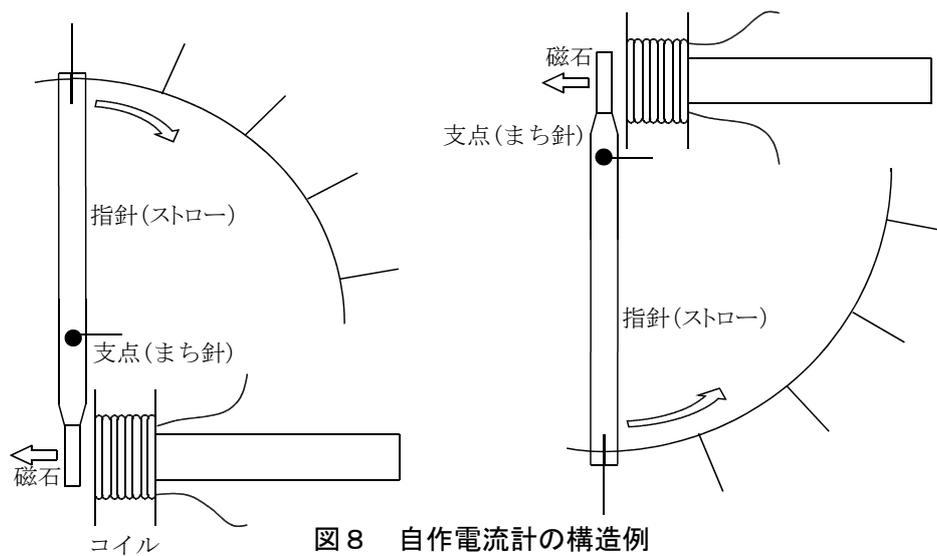


図8 自作電流計の構造例

③ 電流計全体を工作用紙の上に固定し、持ち運びのできる形にする。

**(実験3) 既知抵抗および未知抵抗における回転角の値を測定する。**

製作した電流計を使って、それぞれの抵抗における回転角の値を測定する。実験結果とグラフおよび考察をレポートにまとめなさい。なお、実験結果の表にはオームの法則から計算した電流の値が記載してある。

**【考察】**

(1) 既知抵抗のデータをもとに、未知抵抗の値〔 $\Omega$ 〕を推定しなさい。

また、その理由も説明しなさい。

※実験結果(既定値)のグラフに根拠となる印や補助線を記入し示してもよい。

計算を用いた場合は、その計算式も示すこと。

(2) 電流計の製作にあたって自分たちが工夫した点を挙げなさい。

なお、図を用いて説明してもよい。

**【競技】**

未知抵抗1 ( $R_1$ )、未知抵抗2 ( $R_2$ ) の測定精度を競う。 $R_1$ 、 $R_2$  の真の値からのずれ幅の合計が最も小さいチームを1位とする。

なお、製作した電流計は実験終了後、チームの参加番号を記入し提出すること。

