

探究基礎Ⅱ（理科）

～渦電流の大きさを決める要因～

○はじめに

探究基礎Ⅱ（理科）では、探究基礎Ⅰで取り組んだ「金属管に生じる渦電流現象」の実験を発展させ、渦電流の大きさを決める要因について追究する。一連の活動を通して、仮説設定力、実験計画力、考察力、表現力の伸長を期待する。

○スケジュール

1	復習（金属管に生じる渦電流現象） グループテーマ（課題）の決定，仮説設定，実験計画
2	実験，結果の処理，考察 （仮説，実験計画の修正）
3	実験，結果の処理，考察 発表の準備
4	発表，質疑応答 振り返り

H	番	名前	
グループテーマ（課題）			
グループメンバー			

1. 復習（金属管に生じる渦電流現象） ※探究基礎 I ・第 3 回テキスト

電磁誘導

棒磁石をコイルの上に置き、コイルの両端に検流計をつなぐ。このとき、棒磁石がコイルの上で静止していれば検流計の針は振れないが、棒磁石をコイルに近づけたり遠ざけたりすると、検流計の針が振れる。このように、コイルの内側の空間の磁場（磁束）の変化によってコイルに電圧が生じる現象を電磁誘導 electromagnetic induction といい、このとき生じた電圧を誘導起電力 induced electromotive force という。誘電起電力によって、閉じた回路に流れる電流を誘導電流 induced current という。

※磁場・磁束について（以下の文章はイメージであり、詳しくは物理基礎や物理で学習する。）

磁石（磁極）同士の間には磁力がはたらいており、互いに引き合ったり、反発したりする。物体に力を加えて動かすという状況とは違い、磁力は直接接触なくても空間を介してはたらく力であり、磁力がはたらく空間を磁場という。強力な磁石（磁気量が大きいという）であるほど、また、距離が近いほどより強い磁力がはたらく。すなわち、より強い磁場が空間に存在するというのである。磁極から離れたある位置においてはたらく磁場の大きさの程度を磁束という。

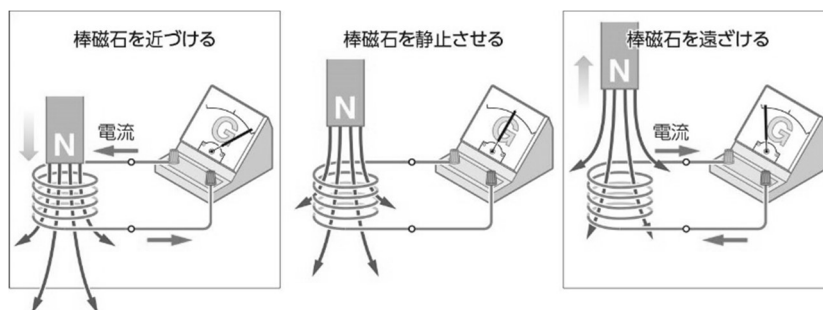


図 1 電磁誘導

誘電起電力は、それによって流れる誘導電流のつくる磁束が、外から加えられた磁束の変化を打ち消すような向きに生じる（レンツの法則）。また、時間当たりの外部磁束の変化が大きいほど、誘導起電力は大きくなる。したがって、強力な磁力を素早く動かすことによって、より大きな誘導起電力が生じる。生じる誘導起電力が大きいほど、誘導電流も大きくなり、誘導電流のつくる磁束も大きくなる（ファラデーの電磁誘導の法則）。

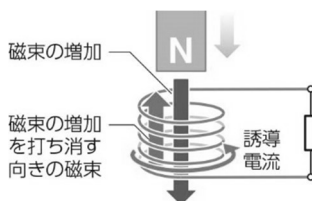


図 2 レンツの法則

渦電流

コイルに磁石を近づけると、コイルに誘導電流が流れる。同様に、金属板に磁石を近づけたり、金属板の上で磁石を動かしたりするときにも、金属板に誘導電流が流れる。これは、金属板を貫く磁束が変化するためで、このとき金属板を流れる誘導電流を渦電流という。

図3のように、銅板の上で磁石を右向きに動かすと、磁石が遠ざかる側(①)は銅板を下向きに貫く磁束が減少するため、その変化を打ち消すように時計回りの渦電流が銅板内を流れる。磁石が近づく側(②)は銅板を下向きに貫く磁束が増加するため、その変化を打ち消すように反時計回りの渦電流が銅板内を流れる。この渦電流によって、磁石の運動を妨げる向きに磁気力がはたらく。

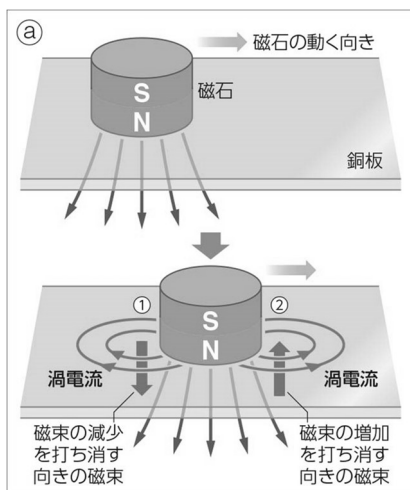


図3 渦電流

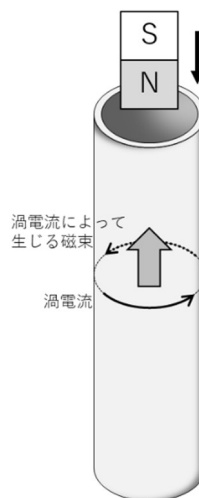


図4 金属管に生じる渦電流

改めて、金属管を落下する磁石の運動について考えよう。図4のように、金属管の中を磁石が落下するとき、金属管内では反時計回りに生じた渦電流によって上向きの磁束が生じる。これが磁石の磁束(下向き)と反発するため、磁石はゆっくりと落下するのである。落下直後は、磁石の落下速度は小さく、外部磁束の変化も小さいため、金属管内で生じる誘導起電力も小さい。落下速度が大きくなるにつれ、外部磁束の変化が大きくなると、金属管内で生じる誘導起電力も大きくなるため、磁石の落下を妨げる力も大きくなる。

問 金属(アルミニウム)管を通過する磁石の運動とその理由について記せ。

2. 課題の設定

金属管を落下する磁石には、重力と磁石の落下を妨げる力 F がはたらく。 F は磁石の落下速度と比例し、磁石の速度を v [m/s] とすると、 $F = kv$ と表すことができる。 k は比例定数 [N・s/m] であり、磁力や金属パイプの種類などによって変化する。

重力と F がつり合うとき、磁石の運動は等速直線運動となる。磁石の質量 m [kg] を、重力加速度を g [m/s²] とすると、等速直線運動をする磁石においては次式が成り立つ。

$$mg = kv$$

したがって、等速直線運動をしている磁石の速度 v および質量 m を測定することで、 k の値を求めることができ、金属管内に生じる渦電流の大きさを評価することができる。

探究基礎Ⅱでは、上記の理論に基づき 4 つのテーマから一つ選んで、渦電流の大きさを決める要因を追究する。

<テーマ>

① 磁石の磁力と渦電流の大きさにはどのような関係があるか。

金属管内に生じる誘導起電力の大きさは磁束の変化量に依存するため、磁石の磁力は渦電流の大きさに影響を与えると予想される。磁石の数や種類を変化させることで渦電流の大きさがどのように変化するかを評価する。

② 金属管の内径と渦電流の大きさにはどのような関係があるか。

金属管内に生じる誘導起電力の大きさは磁束の変化量に依存するが、磁束は磁石に近いほど大きいため、金属管と磁石の距離は渦電流の大きさに影響を与えると予想される。内径の異なる金属管を用いて実験を行い、渦電流の大きさがどのように変化するか評価する。

③ 金属管の種類と渦電流の大きさにはどのような関係があるか。

金属管内に生じる渦電流の大きさは、金属の抵抗の大きさなど金属の性質に依存すると考えられ、金属管の種類は渦電流の大きさに影響を与えると予想される。アルミニウム、銅、黄銅の 3 種類の金属管を用いて実験を行い、渦電流の大きさがどのように変化するか評価する。

④ 金属管の厚みと渦電流の大きさにはどのような関係があるか。

金属管内に生じる渦電流は、外部磁場の変化に伴う電子の運動によって生じる。したがって、金属の厚みは渦電流の大きさに影響を与えると予想される。内径の異なる金属管を重ねたり、厚みの異なる金属管を用いて実験を行い、渦電流の大きさがどのように変化するか評価する。

<p>課題設定とは 課題設定とは、未解決な現象や事象に対する「問い」を立てることであり、探究（研究）において最も重要な段階である。良い課題は、解決の見通しが立ち、また自他がその解決を求めている（社会的意義がある）ものであり、できるだけ具体的である方がよい。観察や体験、シミュレーション、情報収集、対比（比較）などといった活動を通して、自分の興味・関心を深めていくことで良い課題を見つけられる。</p>

3. 仮説の設定

グループで決めた課題に対する仮説を考えよ。(実験ノートに記載せよ。)

課題
仮説
仮説の根拠

仮説設定とは 仮説とは、「課題(問い)に対して、既存の知識などから導き出した根拠のある仮の答え」である。実験や考察などといった以降の活動は、すべてこの仮説を検証するために行うものがあるから、仮説設定は課題設定とあわせて探究活動の根幹となるプロセスである。

実験ノート 実験ノートは、探究(研究)の内容を自ら整理・記録し、第三者による確認をとるための研究記録用ノートである。研究の世界では、研究者の重要な財産となると共に、研究成果を知的財産権として保護する際の重要な証拠資料にもなりうる。したがって、ボールペンで記載し、記録を作成した日付は必ず記すこと。その他、実験ノートに書くべき内容は以下の通りである(あくまで一例である)。
研究全般：課題、仮説、課題や仮説の設定のために調査した内容や資料について、ディスカッション内容
実験計画：実験タイトル(番号)、目的、必要な器具・試薬、実験装置、操作手順
実験中・後：測定データ、データ処理した結果、考察、その他実験中に気づいたこと

4. 実験計画

課題毎に使用できる器具を配布するので、実験計画を立案せよ。(実験ノートに記載せよ。)

※実験計画ができれば、教員のチェックを受けること。

○留意事項(共通)○

- 等速直線運動になっているかを確認する実験を行うこと。
- 測定においては様々な要因により誤差が生じる。3回以上の測定を行い平均値、標準偏差、相対標準偏差を求めること。

5. 実験・考察

実験計画をもとに、それぞれ実験を実施せよ。実験結果は、実験ノートに記載せよ。表やグラフも使い、整理するとよい。

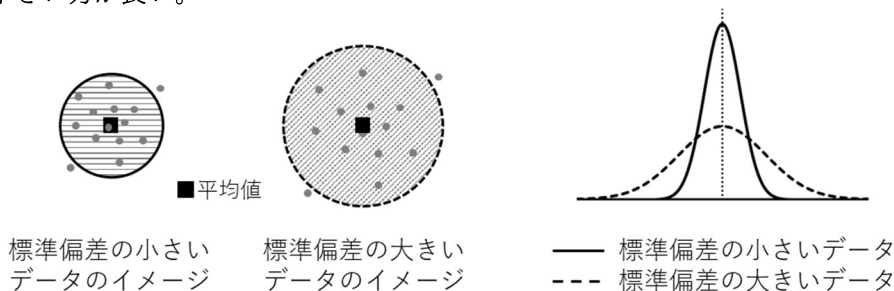
考察では、仮説を前提とし、得られたデータ(結果)に対して解釈を与え、その結果が得られた理由を考える。また、実験方法について検証し、異なる条件でも成り立つのか、別の課題や仮説が立てられるかなどについても考える。

6. 発表

課題、仮説、実験内容、結果、考察、結論の順に発表資料を作成せよ。グループ毎にそれぞれ5分間で発表し、5分間の質疑応答を行う。

標準偏差 SD

データの値全体が平均値の周辺でどれくらいばらついているかを表す基本統計量のことで、標準偏差が大きいと平均値から離れているデータの値が多くばらつきが大きいデータであることを表し、逆に、標準偏差が小さいと平均値から離れているデータの値が少なくばらつきの小さいデータであることを表す。測定により真値を求めたい自然科学の分野においては、当然ながら標準偏差は小さい方がよい。



n 個のデータの値があり、それぞれ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ とする。これらのデータの平均値を \bar{x} とすると、標準偏差 SD は、次式で表される。

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n}\{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2\}}$$

なお、標準偏差 SD の解釈は、 $\bar{x} \pm SD$ の範囲に全データの約 68% が存在するという意味である（データが正規分布であることが前提。また、 $\bar{x} \pm 2SD$ ならば、その範囲に全データの約 95% が存在するという意味になる。）。例えば、あるテストにおいて平均点が 50 点、標準偏差が 10 点である場合、テストを受けた約 68% の人が 40 点～60 点の間の得点であるという意味になる。

相対標準偏差 RSD (%)

標準偏差 SD を平均値 \bar{x} で割り、百分率で表したもの。平均値の異なるデータどうしのばらつきを比較するとき用いる。

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100$$

