

指導資料

 鹿児島県総合教育センター

理科第285号

— 高等学校，特別支援学校対象 —
平成23年10月発行

探究活動を充実させる授業展開の工夫 —電池の起電力と内部抵抗の測定を通して—

新高等学校学習指導要領の理科においては、「物理基礎」，「物理」とともに大項目に探究活動が位置付けられ，探究的な学習活動をより一層充実することが示されている。

そこで本稿では，電池の起電力と内部抵抗の測定の実験において，生徒に科学的に探究する能力や態度を育てるための授業展開の工夫について述べる。

1 目的意識の高揚

新学習指導要領の理科の目標では，目的意識をもって観察，実験などを行うことが示されている。そのためには，事象提示を工夫し，何について調べるのか明確な目的意識をもたせることが重要である。以下その工夫について述べる。

使用経験がある2個の乾電池を用意し，どちらが新しいか調べる方法を考えさせる場合，中学校で学習したことを生かして，豆電球を接続したときの明るさを比較したり，電圧計によって測定した端子電圧を比較したりするなどの方法が挙げられる。そこでまず，それぞれの電池に同じ豆電球を接続してみる。



写真1 電池Aと豆電球



写真2 電池Bと豆電球

電池Aに接続したときは写真1のように豆電球が明るく点灯し，電池Bに接続したときは写真2のように豆電球がほとんど点灯していないように見える。したがって，電池Aの方が新しい電池であることが簡単に分かる。

次に，電圧計による端子電圧の測定を写真3，4のように行う。このとき，生徒に結果を予想させることが重要である。この場合，電球の明るさの違いから，電池Aは1.5V前後だが，電池Bは1.5Vよりもかなり小さくなると予想するのではないかと考えられる。

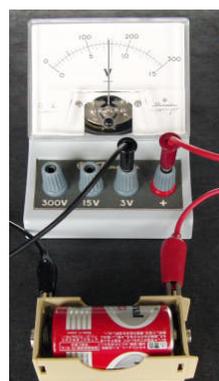


写真3 電池Aの端子電圧



写真4 電池Bの端子電圧

表1 電圧計で測定した電池の端子電圧

	電池A	電池B
端子電圧 [V]	1.51	1.42

ところが，実際に測定してみると，表1のように確かに電池Bは1.5Vより小さいが，予想したほどの大きな差はない。

予想と反する事象に出会わせることによって「電池の端子電圧はほとんど差がないのに、接続した豆電球の明るさが大きく違うのはなぜだろう。」といった疑問を抱かせ、目的意識をもって主体的に問題を解決しようとする意欲を高めることができる。

2 問題点の明確化と課題の設定

問題解決の意欲をもたせたら、解決すべき問題点を明確にしなければならない。教師は、予想と反する事象の原因究明を促し、生徒に自分の考えを整理させ、生徒同士議論する場を設けることも大切である。「電球の明るさは電力(=電流×電圧)に関係するから、電流の強さが大きく違うのではないか。」「オームの法則から考えれば、同じ抵抗を接続した場合、電圧があまり変わらなければ、電流もあまり変わらないはずだ。」など、自分の考えを説明したり、他者の考えを聞いたりしながら考えを練り上げていくことで、思考力、判断力、表現力を育むことができる。

そこで、写真5、6のように電流計を接続して電流の強さを測定してみる。このとき、電圧計を接続したまま行うのがポイントである。

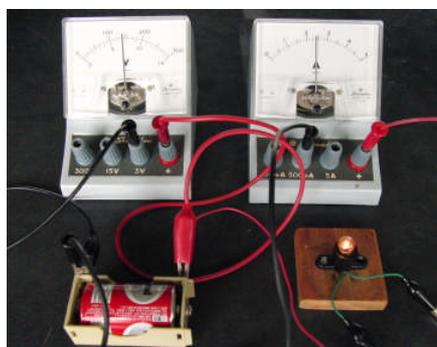


写真5 電池Aの端子電圧と豆電球に流れる電流

すると、写真6のように古い電池の方は、豆電球の接続による端子電圧の減少が大きく、その変化に気づきやすい。

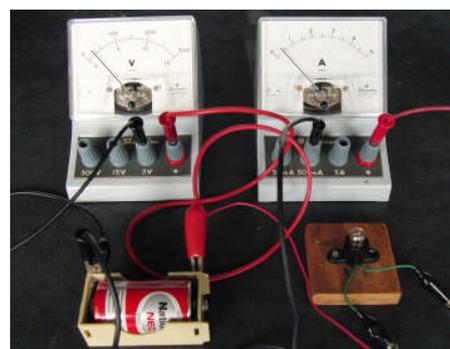


写真6 電池Bの端子電圧と豆電球に流れる電流

表2 豆電球に流れる電流と電池の端子電圧

	電池A	電池B
電流 [A]	0.249	0.034
端子電圧 [V]	1.39	0.22

結果は表2のようになることから、電池AとBでは電流、電圧ともに、大きな差があり、電力の差から電球の明るさに大きな違いが見られたことが理解できる。では、「豆電球を接続したら古い電池の端子電圧が大きく減少したのはなぜか。」という解決すべき問題点が明らかになる。

そこで、この問題点を基に「新旧電池の違いは何か。」という課題を設定する。

3 課題解決のための見通し

(1) 仮説の設定

回路図で表現することにより、考えるべき視点が明確化する。

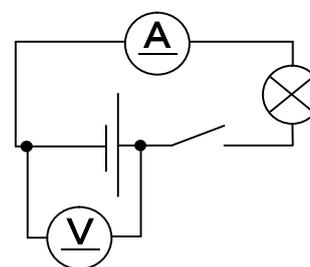


図1 写真5、写真6の回路図

「回路図を図1のように考えたのでは、豆電球に電流が流れても、電池の端子電圧は変化しないはずだ。」「豆電球に電流が流れたとき、電圧計の示す値が小さくなるような回路を考えなければならない。」

そこで、「電池に抵抗はないのだろうか。」という視点で回路図を考えさせ、その妥当性について話し合わせる。

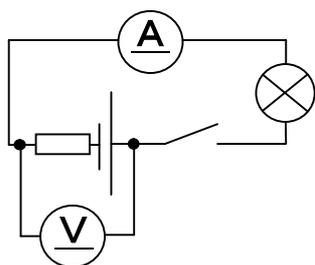


図2 修正した回路図

「図2のように考えれば、豆電球に電流が流れて電池に流れる電流が大きくなると、電池の抵抗での電圧降下が大きくなり、端子電圧が小さくなるということが説明できる。」

「古い電池の方が端子電圧の変化量が大きいということは、新しい電池よりも抵抗が大きいのだろうか。」などの考えを出し合うことで、「電池は古くなると、化学変化によって作り出される電位差（起電力）が小さくなるだけでなく、電池がもつ抵抗（内部抵抗）も大きくなるのではないか。」という仮説の設定が予想される。

(2) 実験の計画

課題を解決するためには、どのような実験を計画し、その結果をどのように分析すればよいのかを、身に付けてきた知識や技能、科学的な見方や考え方を駆使して考えさせなければならない。

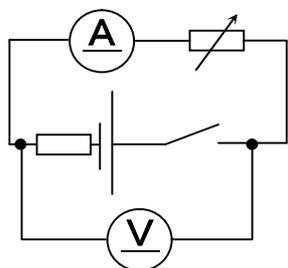


図3 可変抵抗器を接続した回路図

ここではまず、電池に流れる電流が変化すれば、電池の端子電圧が変化することを確かめるための実験を計画させる。図3のように豆電球の代わりに可変抵抗器を接

続して回路に流れる電流の強さを変化させ、そのときの端子電圧の変化を観察すればよい。これで、電池の内部抵抗の存在について確認できる。

ところが、起電力、内部抵抗の測定方法を考えさせるのは難しい。生徒は、「起電力を測定するためには、電流を流さねばならない。電流を流すと、内部抵抗により電圧降下がおこる。よって、起電力の測定は不可能だ。」と考える傾向にある。しかし、この考えを生徒にもたせることこそがポイントで、教師は、「起電力を知るには、電流が0のときの端子電圧を求めればよい。」という考え方に導きやすくなる。

図3の回路について、電池の起電力を E 、内部抵抗を r 、電池の端子電圧を V 、流れる電流の強さを I として、オームの法則を使って、 V と I の関係式を作らせると、

$$V = -rI + E \quad \dots\dots \text{式1}$$

となる。その際、このような一次関数になることを確実に理解させることが重要である。このことから、「図3の回路をつくって V と I の値を測定する実験を行うことにより、 E と r の値を求められそうだ。」という見通しをもたせることができる。また、式1から考えても $I=0$ のとき $V=E$ となり、電流が流れていないときの端子電圧が起電力となることが分かる。

4 実験と結果処理

実験中においても、何のためにその操作を行っているのか、その操作方法は正しいのか、工夫できることはないのか、などを常に考えさせなければならない。

可変抵抗器として写真7のような「すべり抵抗器」を使用する際、接続の仕方はあえて事前に説明しない。すると、これまで使用したことのある抵抗器を思い出しな

から、左右の端子に接続し、ブラシを動かしても変化が見られない結果を見て、初めてその仕組みについて考え始める。危険を伴わない場合、事前に説明せずに失敗から考えさせることも思考力、判断力、表現力を育むよい機会となる。そして、実験中の電池の消費をできるだけ抑えるようにスイッチの位置等を考え、より正確な測定ができるように工夫しながら、実験を行う。

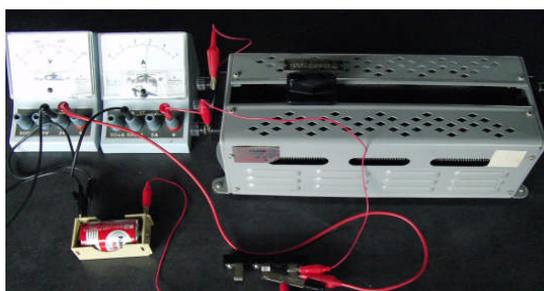
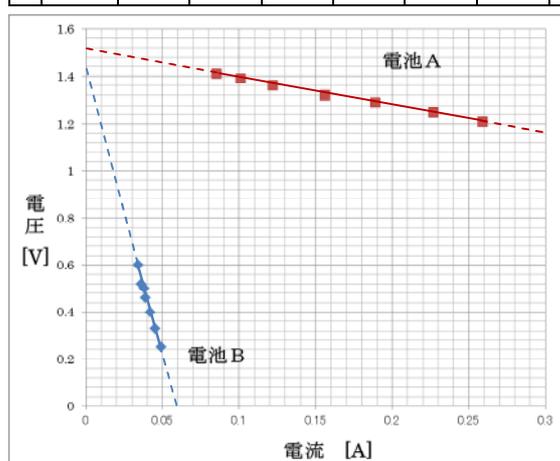


写真7 すべり抵抗器を接続した実験

実験後は、その結果を、図や表、グラフなどを使って、どのように表せば分析、解釈がしやすいのかを考えさせることが重要である。

表3 抵抗に流れる電流と電池の端子電圧

電池A	I[A]	0.085	0.101	0.122	0.156	0.189	0.227	0.259
	V[V]	1.41	1.39	1.36	1.32	1.29	1.25	1.21
電池B	I[A]	0.034	0.036	0.038	0.039	0.042	0.045	0.049
	V[V]	0.60	0.52	0.50	0.46	0.40	0.33	0.25



グラフ1 電流と電圧の関係

データを記録するときは、表3のように表に表わすのが簡単であるが、電流と電圧の関係性を理解するには、グラフ1のようにグラフで表した方が分かりやすいこと

に気付かせる。

また、グラフの形と関係式を関連付ける能力は、科学的な見方や考え方を育てる上で必要な能力である。ここでは式1から、グラフの切片が電池の起電力を、傾きが内部抵抗を表すことに気付かせることが重要なポイントである。

5 考察

結果を分析し、解釈する活動は、予想と比較しながら行うことが大切である。ここでは結果をグラフ化することにより、電池Aより電池Bの方が、起電力はわずかに小さく、内部抵抗ははるかに大きいことが簡単に明らかになり、仮説が正しかったことを検証できる。その原因として、電池が化学変化によって起電力を作り出す際に、不導体の物質を生成しているのではないかという考えにつなげることができる。

日常生活との関連では、電池交換の際は同時にすべての電池を換えることなどを挙げて、科学の知識の必要性を知る工夫も行ってほしい。

探究活動を充実させることによって、疑問をもつ、計画を立てる、実験を行う、記録する、分析する、解釈するといった問題解決の流れを身に付けさせることができるとともに、観察、実験に主体的に取り組む過程において、科学的な思考力・判断力・表現力を育成することができる。さらに、報告書を作成させたり、発表を行う機会を設けたりすれば、実験で活用、導出した科学的な概念や原理・法則の理解を深め、知識・技能の確実な定着を図ることができる。今後の授業においても、充実した探究活動が行われることを期待したい。

—参考文献—

○ 文部科学省『高等学校学習指導要領解説—理科編 理数編—』

(教科教育研修課)