

事例 4 演示実験「コインとばし」

1 ねらい

コンデンサーに蓄えたエネルギーでコインが飛ぶ原理を考え、エネルギーの流れや電磁誘導に関する理解を深める。

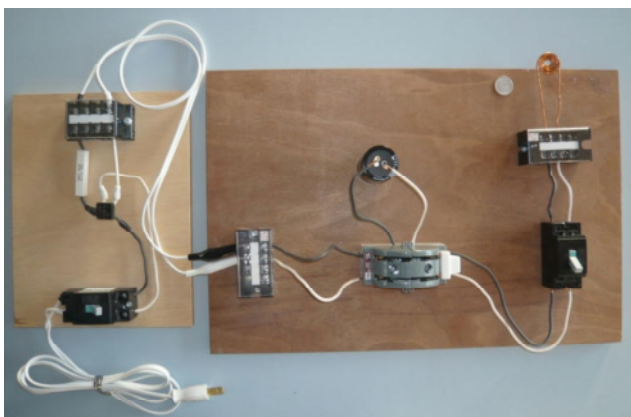
2 準備

コイン飛ばし装置、コイン（1円玉が適当）

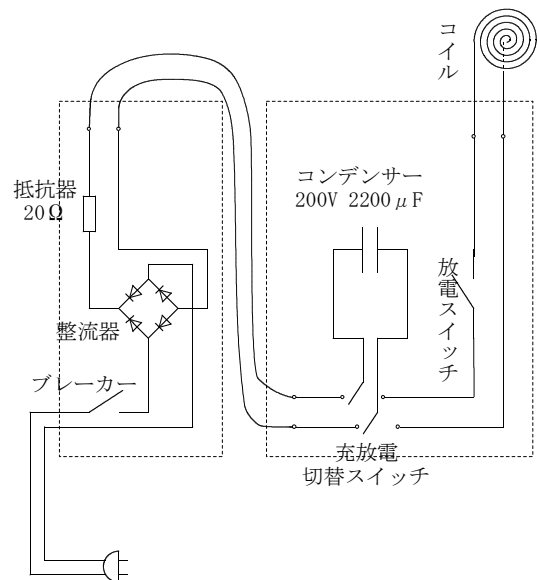
3 手順

(1) 実験装置の概要

今回の実験では図1に示したような装置を用いた。装置は2枚の板上に組まれている。まず、ブレーカーを入れて充放電切替スイッチを充電側に入れると、整流器によって直流に変換された電圧がコンデンサーにかかり、コンデンサーは充電される。十分に時間が経過した後、充放電切替スイッチを放電側に入れて、放電スイッチを入れると、コンデンサーに蓄えられた電荷は一気に放電され、コイルには瞬間的に大電流が流れる。このとき、コイルの上に1円玉を置いておくと、1円玉は1m近く飛び上がる。



【図1 実験装置（写真）】



【図2 実験装置（回路図）】

(2) 実験中の様子

コイル上の1円玉が飛び上がる様子を生徒に何度か観察させ、装置の回路図とコインが飛ぶ原理を考えさせた。また、コイン以外の物体をコイルにのせて実験してみた。

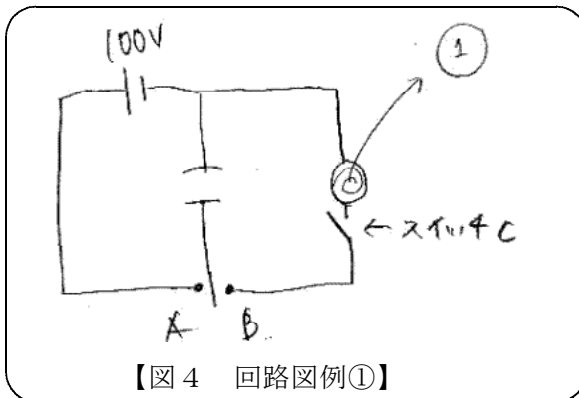


【図3 実験の様子】

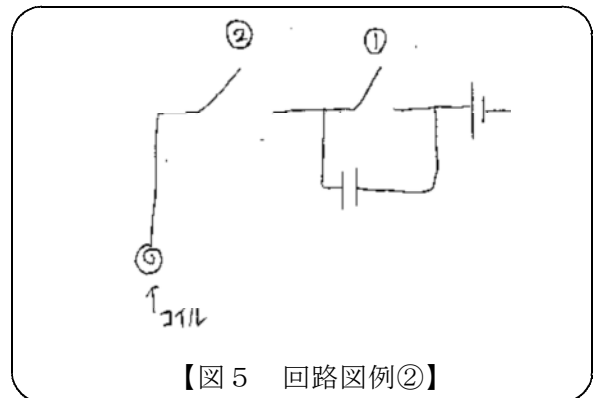
4 結果

(1) 生徒が観察して描いた回路図

実験を見せた後、ノートに実験装置の回路図を描かせてみた。ただし、プラグから整流回路までの部分は「100Vの電池」として描いてよいと指示した。8割方の生徒は図4のような回路図を描き、正しく理解できていることが分かった。しかし、中には図5のような誤った認識をもつ生徒もいた。



【図4 回路図例①】



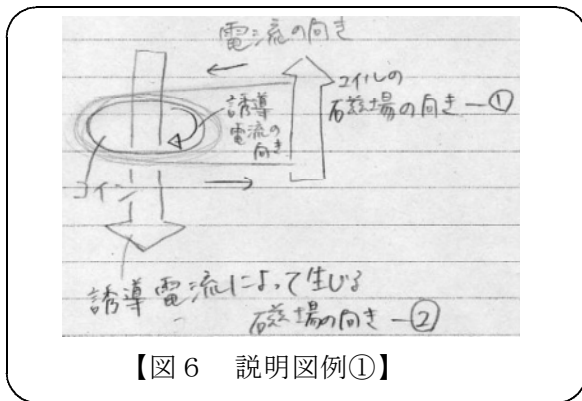
【図5 回路図例②】

(2) 生徒の考察結果

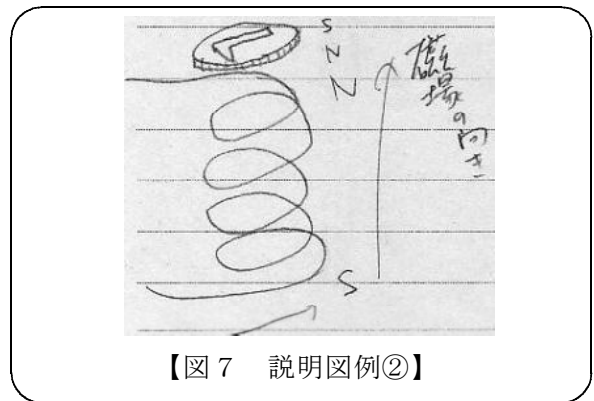
22名中9名が、コイルの飛ぶ原理は電磁誘導であると考えた。そのうち4名はコイルのつくる磁場と、コインに生じる渦電流のつくる磁場の向きが逆向きになることに注目して反発力が生じるということにも気が付いた。

(正しい考察の例)

- ・コインに誘導電流が生じ、磁場ができる。このときの磁場の向きと導線に生じていた磁場の向きが逆だから、反発してコインが飛ぶ。
- ・電流が流れると磁界が生じる。電磁誘導でコインを飛ばそう（遠ざけよう）とする上向きの力が増える。



【図6 説明図例①】



【図7 説明図例②】

一方、残りの13名については、まったく理由を説明することができないか、例えば、「コイルに大電流が流れるとき、コイルが振動するからコインがとばされる」などのように電磁誘導以外の原因を考えた。コインをピンポン球に変えて実験を行ったところ、13名中11名については、原因が電磁誘導であることに気が付いた。以下の表に、このときの思考の変化を示す。残りの2名については、ピンポン球の実験を見た後も、考察を書くことができなかった。

	最初の考え	ピンポン球の実験を観察した後の考え
生徒①	大電流が流れるときに振動を起こすため。	磁場ができて、フレミングの左手の法則で上向きに力がはたらく。
生徒②	一気にコイルに電流が流れて、コイルがゆれるから。	磁界が変化して反発する。
生徒③	大電流が流れると導線内の電子が激しく運動して、導線がゆれるから。	コイルからの磁場を打ち消そうとして、コインも磁場を作るため反発する。
生徒④	誘導電流によりコイルが振動するから。	コイルの磁場に反発する磁場で飛ぶ。
生徒⑤	たまった電気エネルギーがコインの運動エネルギーに変化した。	コインに誘導電流が流れて、コイルと反発しあう。
生徒⑥	電流によってエネルギーが運ばれるから。	磁界が変化したから。
生徒⑦	急に電気が流れてコインがびっくりしたから。	(書くことができなかった)
生徒⑧	(書くことができなかった)	電流がくるくる回って流れたから。
生徒⑨	(書くことができなかった)	コインに誘導電流が流れて磁石になり、反発しあって飛ぶ。
生徒⑩	(書くことができなかった)	コイルの中の磁力線が急激に増えるため、レンツの法則によりコインが磁力線の変化を打ち消す向きに動く。
生徒⑪	(書くことができなかった)	コインにはコイルの磁力線を打ち消すような向きに磁力線が生じるので飛ぶ。

(3) 生徒の感想等 (抜粋)

- コンデンサーはすごいなと思いました。
- コンデンサーは奥が深い！
- 今まで何も考えずに「わーすごい」と思っていただけだったけど、こうして自分で考えてみると、実験のことをよく理解できていないことが分かった。今回このように自分で考えたことは価値のあるものになったと思います。
- この実験で少し電気が分かった。

5 この事例のポイント

今回の事例では、コンデンサーに蓄えた「電気エネルギー」でコインをとばす実験を見せ、その原理について考えさせた。「電気エネルギーがコインの運動エネルギーに変わった」と言ってしまうえば簡単だが、更に詳しくコインがはねとばされるメカニズムを説明することは、生徒にとってはやや難しかったようである。

しかし、難しかったからこそ学びの場があった。「コイルの振動がコインをはねとばした」という誤った認識をもった生徒に対して、ピンポン球でははねないという実験を見せたことにより「振動ではなく電磁気的な原因がある」という思考の変容が見られた。

このように、やや発展的な内容は、生徒の知的好奇心をくすぐり、特に理解力の優れた生徒に対してはよい刺激になる。一方で、これまでの学習内容が十分に理解できていない生徒などには、逆に苦手意識を助長することにもなりかねず、十分なフォローが必要である。今回の事例では、生徒に考察させた上で、教師側から十分に説明をし、最終的には全員が現象を理解することができた。

ところで、この事例で取り上げた実験では、コンデンサーに蓄えた電荷を一気に放電することが重要である。このとき、コイルには瞬間的に大電流が流れるために、コイン内部に大きな誘導起電力が生じて大きな反発力を生む。（このとき、レンツの法則によって、コイルとコインに働く力が斥力になることも注意したい。）したがって、コイルにはある程度太めの導線が適している。また、コンデンサーにはある程度の高電圧をかけておく必要がある。このような理由から、スイッチ類などの操作には十分に気をつける必要があり、ブレーカーをつけるなど感電・漏電の対策が必要であることに注意したい。

さらに、今回の実験装置を使った発展的な授業例として、整流器を通る前後の波形をオシロスコープで観察すると興味深い。交流だった電圧が、整流器を通ると脈流になること。さらに抵抗器をはさんでコンデンサーをつないだ場合は、直流となることなどを一目瞭然で示すことができる。