

108 ガウス加速器（物理）

(1) 研究開発の概要

ガウス加速器に関する実験を行い、エネルギー保存則の検証を行う。それらの測定を通して、位置エネルギーや磁力によるエネルギーの理解を深める。また、実験における心構え等を修得する。

(2) 研究開発の経緯

以前より御協力いただいている名古屋大学大学院理学研究科基本粒子研究室（以下F研）の中村先生に実験について御相談した。その中で、名古屋大学の学生実験においても扱われているガウス加速器を実験に生かせないかという御提案を頂き、それをもとに本校にて実験の開発を行った。また、実験後にまとめ講義という形で、実際の最先端での物理実験の様子を中村先生にお話しいただいた。

(3) 仮説（ねらい、目標）

ア ガウス加速器におけるエネルギー保存を測定することで、位置エネルギーという概念の必要性や重要性を認識することが期待できる。

イ 未学習である磁力について、実験結果からの議論が期待できる。

ウ 実際に試行錯誤しながら進めていくことで、問題解決的な学習が期待できる。

エ 実際の実験の様子を聞き、物理実験とはどのようなものかを理解する。

(4) 研究の方法および内容

ア 対象生徒

2 学年理系物理選択者 166 名

イ 実施日程

実験 平成20年10月 6日（月）～28日（火）各クラス2時間

まとめ講義 平成20年11月 5日（水）2クラス合同で各1時間

ウ 実施場所

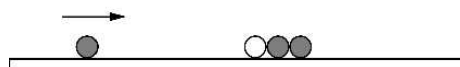
実験 本校物理実験室

まとめ講義 本校視聴覚室

エ 実施内容

(ア) ガウス加速器の観察

ガウス加速器の機構自体は極めてシンプルであり（右図参照、黒丸は鋼球、白丸はネオジウム磁石球）、必要なものは小さな鋼球とそれと同形のネオジウム磁石球（必ずしも球形でなければならないわけではないが、磁力はネオジウム磁石のように強いものが良い）、それらを乗せるレールだけである。レールの上に磁石1個と鋼球2個を接触させたまま置き、磁石の側から鋼球（以後これを衝突球と呼ぶ）を滑らせ磁石に当てる。すると、反対側の一番端にある鋼球（以後これを放出球と呼ぶ）が驚くべき速さで飛び出すというものである。



ガウス加速器の機構

もし、すべてが鋼球であれば、ニュートン振り子のように、放出球は同程度の速さで飛び出すことが予想される。これは、衝突の際に運動エネルギーが順番に

伝わっていくからである。しかし、ガウス加速器の場合、衝突球は磁石に近づき

密着するまでの過程で多くの磁力による位置エネルギーを失い、それも運動エネルギーとなって伝わっていく。一方、放出球はあらかじめ磁石より鋼球1個分だけ遠くにあるので、そこから磁力を振り切って飛び出すために必要なエネルギーはそう多くない。よって、伝わってきたエネルギーと磁力を振り切るために必要なエネルギーとの差が、放出球が飛び出す際の運動エネルギー、すなわち速さとなって現れるのである。

今回の実験では、まず始めにガウス加速器を体験させた。測定時に初めて体験させるのもいいが、この実験はかなりインパクトがあるため、始めに見せることにより興味を持ってその後の実験に取り組めると考えたからである。特に測定等は行わずに、ひたすら現象の観察だけを行わせた。

(イ) 重力加速度の測定

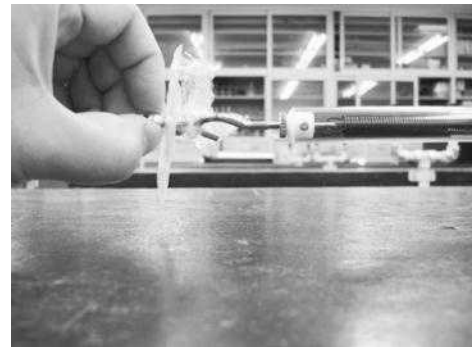
初めて使用するビースピの使用法に慣れてもらうために、重力加速度という身近な物理量を測定させた。鋼球の落下による速さの変化をビースピで測定し、公式より重力加速度を算出する。原理としては簡単なもので、比較的自由な方法で測定させた。ただ、ビースピ自体が簡易的な測定装置なので、あまり精度は期待できないため、測定値から得られた値は、発表するにとどめた。

(ロ) 運動エネルギーの測定

実際にガウス加速器でどの程度速さが速くなっているかを測定させた。ビースピを2台用いて衝突直前の衝突球の速さと、放出直後の放出球の速さを測定させた。また、あらかじめ測定しておいた鋼球の質量をもとに、それらの値からそれぞれの鋼球の持つ運動エネルギーを算出させた。これにより、衝突による運動エネルギーの増分を計算することができる。

(ハ) 磁力の測定

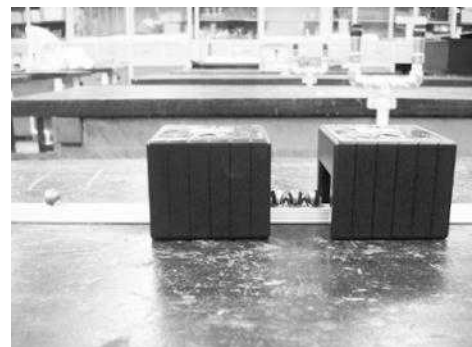
ネオジウム磁石球と鋼球の間にはたらく磁力の測定を行った。原理は簡単であり、ネオジウム磁石球と鋼球が接触している状態から鋼球を引っ張り、磁力と外力がつりあって離れた際の外力の大きさをばねばかりで測定する。これを、始めの磁石と鋼球の間の距離を変えながら繰り返す。実際には、鋼球をラップフィルムで覆って縛り、その端をばねばかりに引っ掛けてそのまま引っ張った。始めの距離を変える際には磁石と鋼球の間にポリプロピレンシートを何枚か挟み込んだ。



磁力の測定

(ニ) エネルギー保存則の検証

以上の実験を終えた後、作業に移る。磁力の測定結果をグラフにすると、磁力と距離との関係が得られる。このグラフを積分したものが磁力による位置エネルギーであるので、グラフのマス目を数えることにより、その値を求めさせる。こちらで用意したグラフ用紙にグラフを描き込ませ、マス目が曲線と重なる場合には、目分量で0.1～0.9マスの間で値をつけて算出させた。この値こそが(ロ)で測



速さの測定

は、目分量で0.1～0.9マスの間で値をつけて算出させた。この値こそが(ロ)で測

定した増加した運動エネルギーになっているはずである。この辺りの説明にはパワーポイントを用いた。

(カ) まとめ講義

実験の終了後にF研の中村先生に素粒子と宇宙についてのまとめ講義を行っていただいた。中村先生が現在実験されていることを中心に、理論だけではなく、実験する上での問題点や苦労した点や実験の醍醐味などをお話いただいた。



まとめ講義

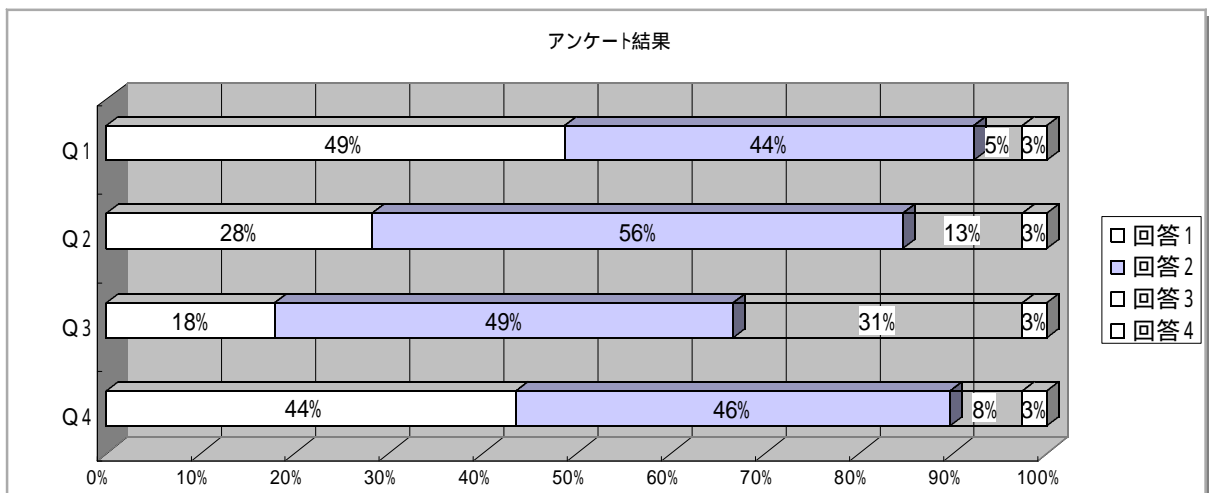
(5) 検証（結果と反省）

ア 事後アンケートの結果から

以下はアンケート結果の一部である。質問は

- Q 1 「実験の内容は面白かったですか」
- Q 2 「実験の内容は理解できましたか」
- Q 3 「実験は今後の役に立つと思いますか」
- Q 4 「特別研究の内容は高度であったと思いますか」

であり、回答1が最も肯定的な回答、回答4が最も否定的な回答である。



内容としては、ほとんどの生徒が実験が面白く、理解できたと考えている。一昨年度まで2学年で実施していた宇宙線の実験と比べると、現象や実験内容はそれほど高度ではないため、しっかりと目的を把握した上で実験ができていたようである。Q4で内容が高度であると答えた者が多く見受けられるが、自由回答欄での回答によれば、まとめ講義の素粒子に関する部分について、やや理解が難しかったようである。実験と直接には関連付いていない分野であるため、事前講義を行っておくと良かったと感じた。

イ 生徒の感想から

今回の実験は、「一見エネルギーが保存されていないように見える現象であるが、磁力の位置エネルギーも含めて計算すると、エネルギーが保存されている」ということを実感してもらう事が目的であったため、ビースピの測定精度や、ネオジウム磁石球の大きさなど、誤差につながる要因を無視した部分が多くあった。そのため、詳しい理解ができた生徒にとっては、逆にそれが気になってしまっていたようであった。

ウ 今後の特別研究に向けて

ガウス加速器はとてもインパクトが大きく、生徒を引きつける力がある。素材と

しては申し分ないので、さらに改良をしたい。また、運動量保存についても検証できるはずなので、教材への利用を検討したい。

なお、本実験は「物理チャレンジ2006」の実験問題を参考に開発をさせていただいた。