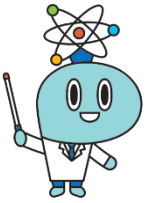


こども物理教室　プログラム



日時：令和８年11月７日 (土) ①11:00～11:30 ②14:00～14:30 ③15:00～15:30

場所：山形大学医学部東日本重粒子センター３F

司会　　山形大学医学部東日本重粒子センター　川合 良典

1. 開会
2. 説明
3. 実験

重粒子線治療施設のコア技術「加速器」。今年は地下1階の中央部にある「線形加速器」のように、電気の力で物体を加速する実験を行います。

4. 質問コーナー
5. まとめ
6. 「こども物理博士」認定証授与
7. 閉会

【講師】想田　光　　山形大学医学部重粒子線医学講座　講師／医学物理士



略歴

平成６年　足利市立柳原小学校卒業

平成９年　足利市立第二中学校卒業

平成12年　栃木県立足利高等学校卒業

平成16年　京都大学理学部理学科卒業

平成18年　京都大学大学院理学研究科修士課程修了

平成25年　京都大学博士（理学）

こどもぶつりきょうしつ

じっけんのやくそく

ひとにむけてものをとばさないでください。

じしゃくやアルミホイルをくちにいれないでください。

てがぬれているときはそうちにさわらないでください。

わからないことがあったら、なんでもせんせいにきいてください。

せんせいのいうことをよくきいてください。

じゅんばんをまもってじっけんしてください。

2026 年 11 月 7 日

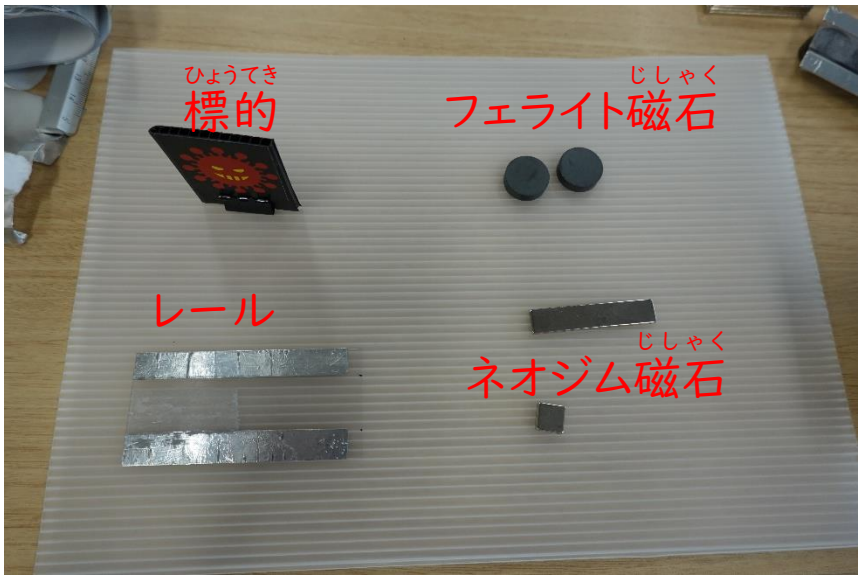
こども物理教室のしおり

山形大学病院には、重粒子線という強力なビームでがんを治す装置があります。

このビームを作る装置が「加速器」です。炭素の小さな粒(原子)を電気の力で光の速さの 73%まで加速することで、悪い病気のもとになるがん細胞をこわすためのエネルギーを作り出しています。

きょうは、粒子の加速を体験してもらうため、電気と磁石の力でいろいろな物を動かす実験をしてみましょう！

実験道具



- 磁石

  磁石は、鉄などの金属にはりついたり、磁石同士でくっついたり遠ざけあったりする力をもっています。きょうは、フェライト磁石とネオジム磁石という 2 つの磁石を使います。ネオジム磁石はフェライト磁石の 3倍

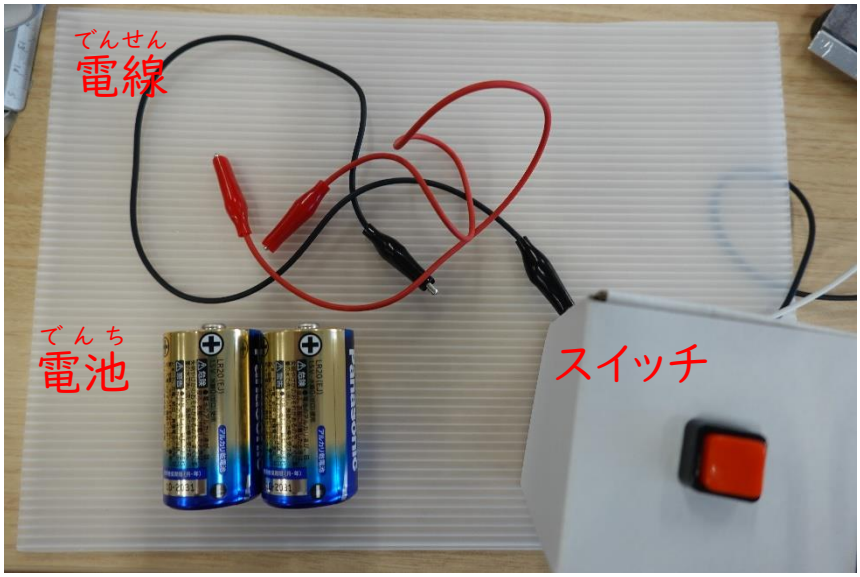
くらい強力な磁石です。

- レール

  プラスチックの板の両端にアルミテープをつけたレールです。この上を動きながら加速していきます。

- 標的

  体の中で病気のもとになるがん細胞です。きょうの実験ではこのがん細胞を加速した物体でやっつけることを目指します！



- 電線

  電気の動きである電流を流すことができる線です。銅でできていて、端にはクリップがついています。

- 電池

  プラスとマイナスの端子に電線をつなぐと電流を流すことができます。きょうは、たくさんの電流を流すことができる単1乾電池を使います。

- スイッチ

  押している間だけ回路をつなぐことができるスイッチです。これを押すと電流が流れて物体の加速が始まります。



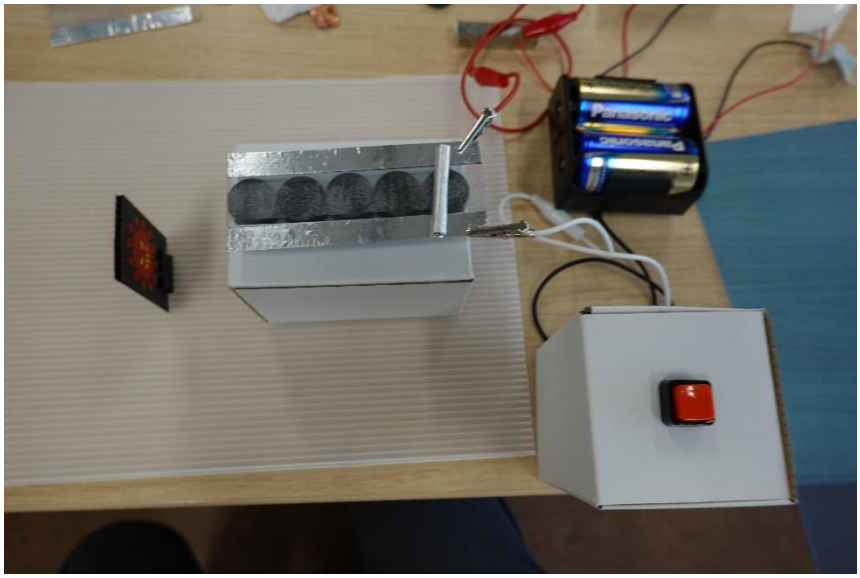
- アルミホイル
  料理で使うアルミホイルです。
- ストロー
  ストローにアルミホイルを巻いて転がるストローを作ります。。
- 発泡スチロール
  食べ物の箱などに使われる発泡スチロールです。
- 弾丸
  発泡スチロールで作った車に、タイヤの役目をするアルミホイルをつけたものです。

今回使った材料は身近にあるものやスーパー、百円均一ショップなどで買えるものです。これを使って電気と磁石を使った実験をしてみましょう。

第１ステージ：

ストローを転がしてみよう！

2枚重ねにしたフェライト磁石を 8個くっつけて、レールの裏に両面テープで貼りつけたレールを使います。電池2個をケースに入れて、スイッチを挟んでレールの片側のアルミテープにつなぎます。手が水などでぬれているときは感電しないようにスイッチや電池にさわらないでください。



レールの上にストローをのせて、赤いスイッチを押してください。ストローが転がりながら動いていきます！　動かないときは、丸い磁石の真ん中にストローを置きなおしてからスイッチを押してください。

ストローに巻いたアルミホイルは電気を流すので、レールの間に電流が流れます。磁石の上で電流が流れると、電流を流しているアルミホイルが力を受けて動きます。

しかし、ストローを動かすことはできましたが、軽すぎて標的を倒すことができません。標的を倒すにはもっと重いものを加速しなければいけません。

第２ステージ：

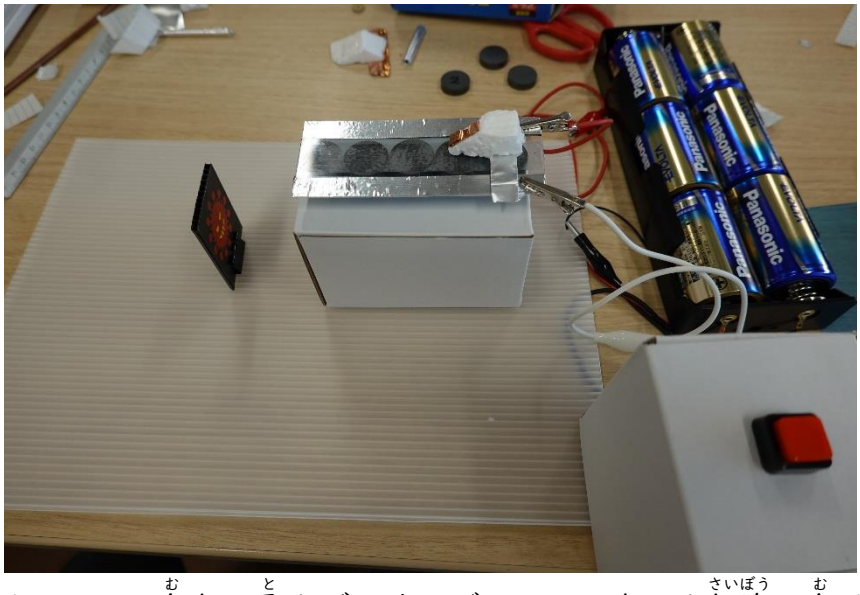
弾丸を加速してがん細胞をやっつけよう！

発泡スチロールの下にアルミホイルを貼りつけた弾丸を作ります。これをさっきのレールの上にのせてスイッチを押してみましょう。

少しだけ動いたけれど止まってしまいました。重いものを加速するには、もっと強い力が必要なのです。

電気と磁石がつくる力は、それぞれの強さのかけ算で決まります。電流を2倍にすれば力も 2倍に、磁石の強さを 2倍にすれば力も 2倍になります。電流と磁石を両方とも 2倍にすれば、そのかけ算で 4倍の力を生み出すことができます。

まずは電流を大きくしてみましょう。電池の数を 2個から 6個に増やしてみます。これで、およそ 3倍の電流が流れ、加速する力は 3倍に強くなります。



ボールはレールの向きに飛んでいくので、レールをがん細胞に向けてボールを発射してください！ パネルが倒れたら成功です！

車輪のかわりになるアルミホイルが折れ曲がるとうまく加速できなかったり横に飛んでいったりしてしまうので、折れてしまったときは滑らかに曲げてもとに戻します。

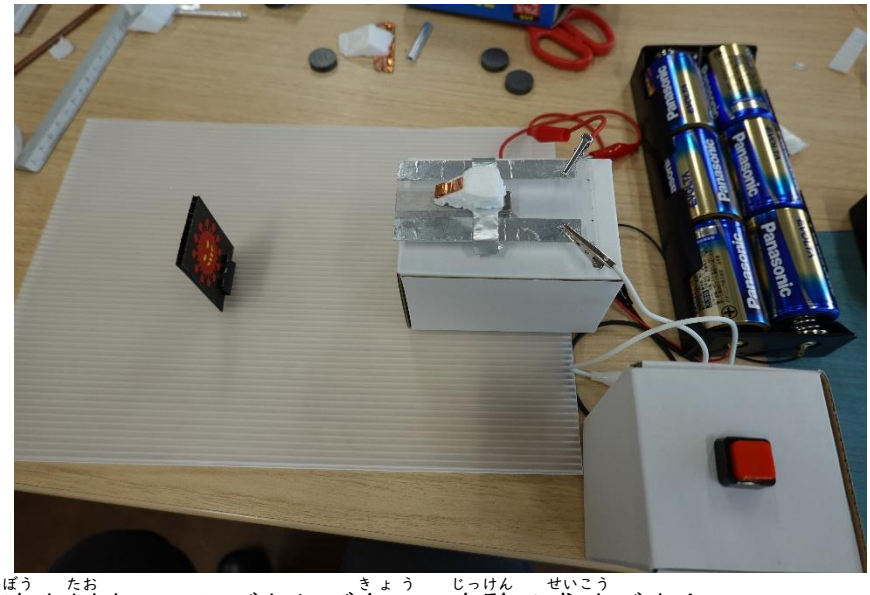
第３ステージ：

遠くにいるがん細胞をやっつけよう！

本物のがん細胞は体の奥深くにいます。そのがん細胞に届くビームを作るためには、もっと速く加速することが必要です。

今度は電気だけでなく磁石もパワーアップしてみましょう。磁石をフェライト磁石からネオジム磁石に変えます。これでおよそ3倍の力を出すことができます。電流で 3倍、磁石で３倍なので 3倍×３倍で９倍の力を出すことができるのです。

弾丸をレールに置いてスイッチを押してください。さっきより速く飛んでいったでしょうか？この強力な弾丸を使って、遠くにいるがん細胞をやっつけてください。



がん細胞を倒すことができれば今日の実験は成功です！

実験を成功させたみなさんは「こども物理博士」に認定します！

今日の実験では、電気と磁石の力で物を動かすことができること、強力な磁石やたくさんの電力を使うと速く動かすことができること、軽いもので倒せない的も重い弾丸で倒せることを学びました。

重いものを動かすのには強い力がいります。そのためには、強力な磁石とたくさんの電気を使います。軽い粒子で倒せないがんをやっつけるために、重い粒子を速く加速するための装置が、きょう見学する重粒子線治療装置の加速器なのです。軽い粒子を加速するのは簡単で、装置も小さくてすみます(実験ホールの壁際にあるのが、軽い電子を加速するための加速器です)が、重い粒子を加速するのは難しく、装置も大きく、必要な電力も大きくなります。それでも、軽い粒子よりもずっとがんを倒す力が強いため、私達はがんばってこの大きな装置を作り、運転しているのです。

今日の実験では、うまく動かなかったり、横に飛んでいったりして命中しなかったことがあると思いますが、実際の治療ではちゃんと狙った場所だけに当たるように粒子をコントロールしています。そのためには、どれくらいの力をかけたらどのくらい動くかをきちんと計算しなくてはいけません。物理学の色々な法則を使うとその動きを計算することができます。

私達は「医学物理士」として、物理学を使って安全な治療を実現するために病院ではたらいています。病院には、お医者さんでない人もたくさんいて、それぞれの得意な分野で患者さんのためにはたらいています。お医者さんでなくても、人の命を助ける役に立てるのです。

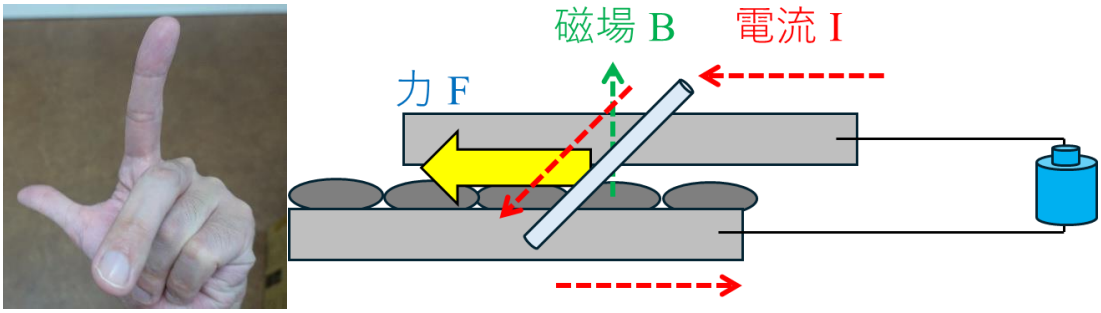
今日学んだことだけでなく、学校の理科の授業でも物理学や化学・生物学などについても楽しみながら学んでいってください。

重粒子線治療では、加速器を使って炭素イオンを加速し、その運動エネルギーを標的(がん細胞)に与えることで DNA を切断し細胞分裂できなくすることでがんを治します。

加速器にはいくつかの種類があり、山形大学の重粒子線治療装置で使っているのはシンクロトロンと呼ばれる、電気で粒子を加速する加速器です。ほとんどの加速器が電気の力で粒子を加速します。

今回の装置も電気を使って加速する装置で、「リニアモーター」とも呼ばれます。リニアモーターカーの名前にも使われていますが、回転するのではなく直線で駆動力を生み出すので「リニア(直線)」の名前がついています。

ストローや弾丸に電流を流すと動かすことができるのは、フレミングの左手の法則で説明できます。磁場の中で電流を流すと、電流と磁場に垂直な方向に力が発生するというものです。電流の向きが中指、磁場の向きが人差し指、力の向きが親指です。電流に対して働く力をローレンツ力と呼びます。この力が生まれる理由は、電流の周りに右ねじの方向に磁場が発生するために、前方では電流による下向きの磁場と磁石による上向きの磁場が打ち消し合い、後方では電流による上向きの磁場と磁石による上向きの磁場が強め合うために、磁場が強い方から弱い方に向かう力が生まれることによります。



ローレンツ力の強さを表す式は、電流を I、磁場の強さ(磁束密度)を B として、ローレンツ力 F=I×B です。

B を大きくするためには磁場を強くします。ネオジム磁石は強磁性体として微小な磁石が同じ方向に並んでいて強力な磁場を発生させます。フェライトの時にはおよそ 0.12T の磁束密度が、ネオジムを使うと 0.33T とおよそ 3 倍になります。

I を大きくするためには、電圧をたくさんかければよいことになります。これはオームの法則として、電流＝電圧÷抵抗で表されます。今回は乾電池を 6 個直列につなぎ 9 ボルトの電圧をかけました。2 個直列の時は 3V で 1.3A の電流でしたが、6 個直列にすると 9V で 3.4A の電流になります(ちょうど 3 倍にならないのは電池の内部にも抵抗があるためです)。

磁石も電池も弱い時に、ストローは動かせたけれど弾丸が動かせなかったのは、摩擦力の違いによります。摩擦力は動かす物質の質量に比例し、表面や動き方による摩擦係数にも依存します。ストローは軽い上に、滑るのではなく転がるように動くので摩擦係数が小さいので小さいローレンツ力でも動かすことができましたが、弾丸は重く、滑る摩擦係数は大きいので動かすのに大きなローレンツ力が必要となったわけです。

重いものを動かすのに大きな力が必要なことを私達は感覚的に理解していますが、別の力で動かそうとすると改めてその基本的な概念を意識できると思います。そして、重いものをぶつけた方が破壊力が大きいこともわかると思いますが、その概念を放射線治療に応用して重粒子線治療を実現するためには、物理的に加速するのが難しい重い粒子を加速する技術の開発、実際にがん細胞に対してどれくらいの破壊力があるか、その破壊力が正常な細胞に悪さをしないかなどの研究など長い積み重ねが必要でした。

ですが、それらの技術や研究も全て、電流と磁場が生み出す力によって粒子を加速することができて初めて成り立つものです。基本の法則に立ち返って、そこからいろいろな現象を説明できるのが物理学の面白さです。ぜひ、身の回りの現象を見て、「どうしてこうなるのだろう？」という疑問を持ち、それを知っている法則で説明できないかと考えてみてください。そうすることで複雑な現象もよく理解でき、また基本的な法則に対する理解もより深まると思います。

参考資料

NGK サイエンスサイト「試してフシギ No.201 走れ！リニアモーターカー」
https://site.ngk.co.jp/lab/no201/