第81回科学展 優賞

家でもできる物理·化学実験!!

熊本学園大学付属中学校 サイエンス部 物理化学班

動機
夏休みの宿題である、自由研究を見ていたところ、家でもできて楽しそうな実験が有り、それを多くの人に知ってもらいたいと思ったから。

内容·準備物
- ガウス加速器：鉄球（奇数個）、磁石、トイレットペーパーの芯、空き箱、おもり（コインなど）
- ペンの色は何色：コーヒーフィルター、色ペン
- 紅茶にレモンを入れると：紅茶、レモン、紙コップ、pH試験紙、オレンジ、食酢、クエン酸

研究の方法
①ガウス加速器を使って重さを量る
　ガウス加速器を作る。
　摩擦係数を等しくするために同じ空き箱に量るものを入れる。
　空き箱でまず実験し、その結果からどれくらいの重さでどれくらい進むか予測する。
　予測が正しいかどうか確かめる。
②磁石の量や磁石の厚さとガウス加速器の関係を調べる
　ガウス加速器の磁石と鉄球2つを1セットとして、そのセット数を変えて実験する。
　磁石の厚さを5mm〜20mmに変え、実験する。
③鉄球の温度とガウス加速器の関係を調べる
　鉄球を熱したり冷やしたりして常温のときと比べる。(-15℃, 20℃, 40℃)

作成したガウス加速器

用いたおもり

空き箱

- 紅茶にレモンを入れると

[1] 酸味と紅茶の色の変化の関係
(1) レモンの果肉には強い酸味がある。そこで、酸味のあるほかの果物などから「キウイフルーツ」、「オレンジ」、「食酢」、「クエン酸」を用意した。同じ条件にするために果物は果汁を、クエン酸は水にとかしたものを小さじ1杯用意した。
(2) 5つの紙コップに同じ量の紅茶を入れ、用意した果汁などをそれぞれ小さじ1杯入れた。
　そして、条件をそろえるために小さじ1杯入れた紅茶と色のちがいを比較した。

[2] pH試験紙でpHを調べる。
　[1]の紅茶にpH試験紙をつけて、色を見る。

pH試験紙の色の変化

- ペンの色は何色

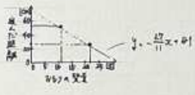
　ペーパークロマトグラフィーを使って実験をする。
(1) 白色のコーヒーフィルターを長方形に切り分け、下から1cmのところに鉛筆で線を引く。
(2) (1)で鉛筆で線を引いた場所にペンで色を付ける。
(3) 水に3分間つけて色の出方を観察する。
　（ペンはアーティック社のエンジョイスタンプマーカーを利用した。）
※ペーパークロマトグラフィーとは、紙と水を利用して物質を分けるやり方の名前

～色が分離する仕組み～
クロマトグラフィーでは、「固定相」と「移動相」という2つの相の中を、試料(混合物)が移動して分離される。ペーパークロマトグラフィーの場合、紙が「固定相」、水が「移動相」、インクが「試料」である。紙を水につけると、水は紙繊維の間を毛細管現象によって上昇するが、このときに溶媒となる水にだけ溶けだしたインクは溶媒と共に一緒に移動していく。しかしインクに含まれている色素は、それぞれの色素によって親水性が異なるため、親水性の良い色素は水によく溶けて紙繊維を上昇しやすいが、親水性の悪い色素は水に溶けにくいため紙繊維に吸着されやすく、順調に上昇しないので取り残される。つまり、色素の種類によって上昇する高さが異なるため、色が分離される。

仮説
- 黒…青色、赤色、黄色が出てくる。
- 赤…変わらない。
- 青…変わらない。
- 茶…黄色、赤色、青色が出てくる。
- ピンク…変わらない
- ベージュ…黄色、赤色が出てくる。
- 緑…青色、黄色が出てくる。

結果
- ガウス加速器

① 空き箱（11g）と空き箱に重りを載せたもの（22g）がそれぞれどれくらい進むか調べたところ、54cmと27cmだった。これをグラフに表すと、右の図のようになった。


① おもりの質量と進んだ距離の関係
$y=-\frac{27}{11}x+81$

グラフからどれくらいの重さで、どれくらいの重さで、どれくらい進むか予想し、それが正しいか確かめた。（xを重さ、yを進む距離として $y=-\frac{27}{11}x+81$ に当てはめる）
右の図のグラフから予測される直線の方程式

重さ(g)	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
[illegible]	54	49	44	39	34	29	25	20	15	10	5	0
[illegible]	54	51	43	33	35	27	22	20	14	12	9	3

これを最初のグラフに書き込むと図1のようになった。

図1

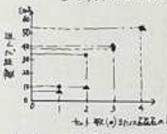
② 鉄球2つと磁石の1セットの数を変えて実験した。

　磁石の数を変えて実験した。

セット数	4	3	2	1
進んだ距離(cm)	54	37	38	10
磁石の数	6	4	2	1
進んだ距離(cm)	54	40	9	7

1セットとする（磁石の数 4個）

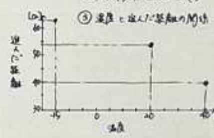
磁石の数 1個


② セット数、または磁石の数と進んだ距離の関係

③ 鉄球の温度を変えて実験した。

温度(℃)	常温	-15	40
進んだ距離(cm)	54	63	40

-15℃に冷やした鉄球


③ 温度と進んだ距離の関係

- 紅茶にレモンを入れると

[1] ※濃さの順位は、結果を並べて色が濃い方から順位をつける。

入れたもの　水　レモン　オレンジ　食酢　クエン酸

写真

濃さの順位　1位　4位　2位　3位　5位

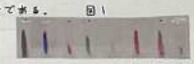
[2] pHの数値が小さいということは、酸性が強いものほど紅茶の色をうすくすることがわかった。

	濃さの順位	pH
水	1	6
レモン	4	4
オレンジ	2	5
食酢	3	4
クエン酸	5	2

pH	2	<	4	≦	4	<	5	<	6
	クエン酸		レモン		食酢		オレンジ		水
紅茶の色のうすさ	1位	>	2位	>	3位	>	4位	>	5位

- ペンの色は何色

結果は図1の通りになった。左から順に黒、青、ピンク、緑、黄、赤、茶、ベージュのインクを利用した結果である。　図1


黒 青 ピンク 緑 黄 赤 茶 ベージュ

ペーパークロマトグラフィーの結果から美術で習ったように、色の組み合わせでインクができていることがわかった。しかし、ピンク、赤、黄、ベージュは、この方法では色がわけられないことがわかった。また、仮説の通りとはいかなかったが黒や茶には複数の色が含まれていることが分かった。

研究の考察
- ガウス加速器

① ガウス加速器を使って重さを量るには、重さを予測し量るには誤差が大きすぎた。しかし、全くできないという訳ではなかったので、重心を揃えるなど他の条件を揃えたりすることで改良して測定精度を上げて再度実験をしてみたい。また、おもりを載せてグラフにし、直線の方程式を予測したが、おもりの質量をさまざまに変えて、より精度の高い直線の方程式をパソコンの表計算ソフトを用いるなどして求めた方がよかったかもしれない。
② 磁石の量や磁石の厚さとおもりが進んだ距離の関係は、鉄球と磁石のセットが多いほど、距離が長いことがいえる。これは、磁石のセットが多いと加速される回数が多くなるため、鉄球がもっているエネルギーが大きかったことが考えられる。
③ 鉄球の温度とおもりが進んだ距離との関係は、グラフから、温度が高くなると進んだ距離が短くなることがいえる。「磁石は熱に弱い」と聞いたことがあるように、この結果を表しているであろう。しかし、今回温度を変えたのは鉄球のみなので、磁石そのものの温度を変えているのではない。磁石と磁力でくっついていたことにより、鉄球も磁石のようになったことが考えられる。

- 紅茶にレモンを入れると

酸性が強いほど、紅茶の色をうすめることがわかった。今回は紅茶で実験を行ったが、お茶の中に種子を入れるとお茶が黄色っぽくなることがあるのも同じ原理なのか知りたいと思った。また、アルカリ性が強くなると、紅茶の色が濃くなるかもしれない。次はアルカリ性のものを入れて紅茶の色の濃さを調べようと思った。

- ペンの色は何色

青は色が分かれないと予測していたが、青色とピンク色に分かれた。このペンは青色ではなく紫色といった方がよいかもしれないと感じた。黒と茶は様々の色が混ざっている事によってなりたっているという実験結果から分かる。色によって伸び方が異なるが、特に黄色とベージュはほとんど伸びていない。今後は、このような点を深く掘り下げて研究してみたいと思った。

まとめ・感想
今回、家でもできる物理・化学実験というテーマで3つの研究を行なったが、家にあるようなものでも、とても興味深く、おもしろい実験を行うことができることが分かりました。新型コロナウイルス感染拡大防止のために、外出することなく、手近に準備できるものでも研究ができることはないかと考えて行なってきましたが、班員のアイディアを取り入れながら実験を行なっていくことは、やはり楽しいし考えを深めることができると感じました。たくさんの偉人は「身近な疑問は大きな発見につながる」と述べているように、私たちも、今回のことを通じてたくさんの発見をすることができました。研究からまとめるまでに、いろいろなことがあったものの、今回、このように仕上げることができてよかったと思います。例年に比べて、完成度が少し下がってはしまいましたが、引き続き研究を続けていきたいと思います。また、家でもできる理科の実験を調べてみると、まだまだ他にも身近なもので行うことができ、かつおもしろそうな実験があったので、普段の生活から身の回りの「なぜ」に注目し、実験をしていきたいと思いました。

〈参考〉

- ペンの色は何色
　産総研　サイエンスタウン　つくって学ぼう　ペーパークロマトグラフィー
　https://www.aist.go.jp/science_town/dream_lab/131
- ガウス加速器 - Wikipedia
　https://ja.m.wikipedia.org/wiki/ガウス加速器
- 紅茶の色が変わる理由　https://tyugaku.net/jiyuken/koutya.html