

実験教室 B

放射線を見る道具を作る

(霧箱を使った放射線の観察)

はじめに

放射線ほうしゃせんは、目に見えないし、音もしない、また、においも味も無いし、さわっても感じない...まるで忍者のようで、わたしたちの前にはすがたをなかなかみせてくれません。それでは、このような放射線が、ほんとうあるのかどうか、どのようにして知ることができるのでしょうか。

いま、ここに、忍者がいたとしましょう。忍者はかくれるのがとくいで、なかなか見つけることができません。でも、忍者そのものは見えなくても、忍者が歩いたり走ったりしたあと(跡)が残っていれば、たしかに忍者がそこにいたことがわかります。足あとがあつたら、いくらかくれていてもバレバレですね。しかも、その足あとをくわしく調べると、たとえば足の長い忍者だったとか、体重たいじゅうが軽い忍者だったというように、どのような忍者だったのか、ということもわかるでしょう。

さて、今日の実験では、忍者をさがすように、目に見えない放射線そのものではなく、放射線の「足あと」かんさつを観察します。このために、「霧箱(きりばこ)」という道具を作ります。

実験では、放射線のうち、「アルファ線」(アルファは「 α 」)と書きます)という、体重のおも～い放射線を見ることにしましょう。アルファ線の「あしあと」は、他の放射線よりもずっと見やすく、実験にはぴったりなのです。

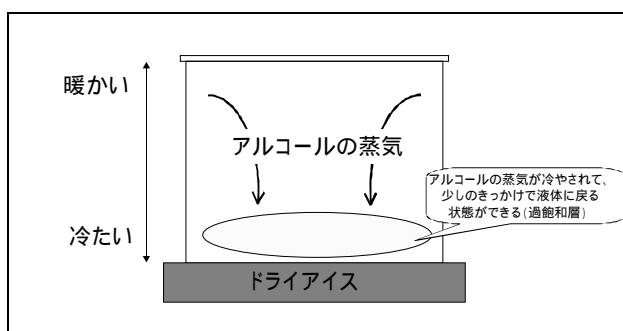
霧箱をつかって放射線を見るしくみは、ひこうき雲ができるしくみとよく似ています。よく晴れた日に、空にひこうき雲ができていくようすを見たことはありませんか？ひこうきは小さくて見えなくても、ひこうきの飛んだあとには、白くて、あざやかなひこうき雲がはっきりと見えています。これと同じように、今日の実験では、空の上を小さなプラスチックケースの中に作ってあげて、その中を「アルファ線」というひこうきを飛ばして、できたひこうき雲を見る、ということを行います。

霧箱について

霧箱は、およそ100年前、ウィルソンという物理学者が発明した実験装置で、放射線に関する研究が始まった当初、様々な実験に使われて、物理学の進歩に役立ちました。今日、私たちが作る霧箱も、原理的には、ウィルソンが発明したものと同じです。ただし、今回は、プラスチックの容器など、身の回りで見つかるような材料を使って、簡単なつくりの霧箱を作ります。こんな簡単なもので放射線が見えるのだろうか、と心配になるかも知れませんが、いくつかのポイントさえおさえれば、必ず、放射線のおった「足あと」が見えてきます。

なぜ霧箱で放射線がみえるのか

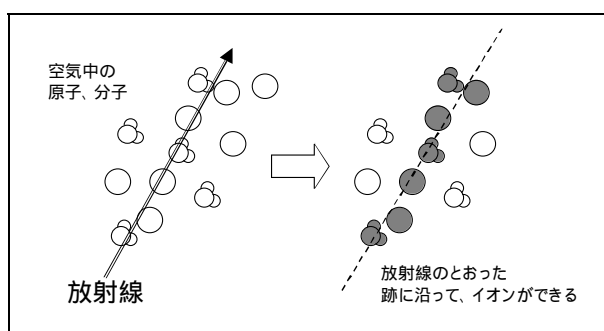
容器にアルコールを少し入れます。アルコールは蒸発し、容器の中はアルコールの蒸気で満たされます。この容器をドライアイスの上に乗せて、容器の底をドライアイスで冷やします。ここで、容器の上部は室温のままですので、容器の中には、上ほど暖かく、下に行くほど冷たくなるという状態になります。



このような状態では、アルコールの蒸気は、容器の上から下へと流れていきます。すると、底からある高さで、アルコールの蒸気が冷やされて、もはやこれ以上は蒸気の状態で存在することができずに、何かのきっかけがあれば、もとのアルコールの液体になる、という状態になります。蒸発していたアルコールが、もとの液体にもどりたくて、うずうずしているような感じです。これを「過飽和層」(「かほうわそう」)とよびます。

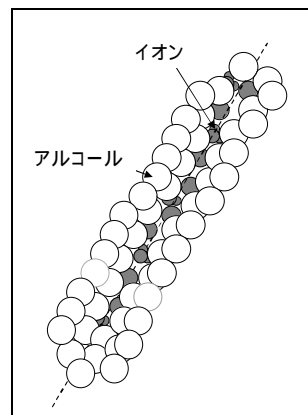
このような「過飽和層」の中を放射線が通り抜けたらどうなるでしょうか。放射線は、物質(いろいろなもの)の中を通りぬけるとき、物質を作っている原子や分子と衝突したり、ひっぱりあったり、はね返ったりします。その中でも、特に、原子や分子から電子をはぎ取って「イオン」を作るといふ、いわゆる「電離」(でんり)という作用が、今日の実験ではたいせつな役目を果たします。

アルコールの過飽和層の中を放射線が通り抜けると、放射線の飛んだあとにそって、たくさんのイオンができます。さ



きほど、過飽和層では、アルコールの蒸気が、何らかのきっかけで液体になる、といたしましたが、その「きっかけ」になるのが、放射線によって作られたイオンです。

イオンが作られると、その回りに、アルコールの蒸気がいっせいに集まり、アルコールの小さなしずくを作ります。このしずくが、放射線の飛んだあとにそってたくさん作られて、その結果、放射線の飛んだあとが、小さなしずくの集まり、すなわち、霧のような「すじ」として見えるようになります。この、放射線の飛んだあとのことを「飛跡(ひせき)」と呼びます。放射線そのものではなく、放射線の飛んだあとを観察することをもういちど思い出しておいて下さい。



実験に使う主な機材

プラスチック容器、スポンジテープ(扉などのすきまテープ)、まち針、紙皿、アルコール、ドライアイス、かき氷器、線源(ランタンのマントル)

線源(せんげん)について

放射線を出す源を「線源」と呼びます。「放射線の源(みなもと)」という意味です。この実験では、キャンプで使うランタン(照明器具)の、マントル(芯)を線源として使います。ランタンのマントルには、放射性元素であるトリウム(Th)を含む物質がごくわずかに含まれており、この実験では、トリウムと、トリウムから作られた様々な原子核から飛び出してくる(アルファ)線の飛跡を観察します。



マントル



ランタン

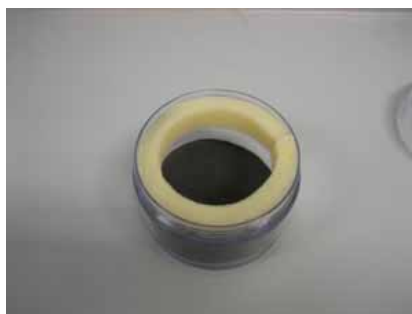
霧箱の作りかた

それでは、いよいよ、霧箱をつくっていきましょう。かんたんな工作ですが、はさみでけがをしないようにきをつけてください。また、ドライアイスはずごくつめたいので、手でさわらないようにしてください！

1. プラスチックのケースのふたをとり、ケースのうちがわにスポンジテープをはりつけます。
(注意)あとでふたをしめるので、スポンジテープがふちからはみ出さないようにしましょう。



2. 黒い紙を、はさみでまるく切りぬいて、プラスチックケースのそこに入れます。



3. プラスチックケースのふたのうちがわに、白色ポリフォームを両面テープを使ってはりつけて、線源がついた針をさします。



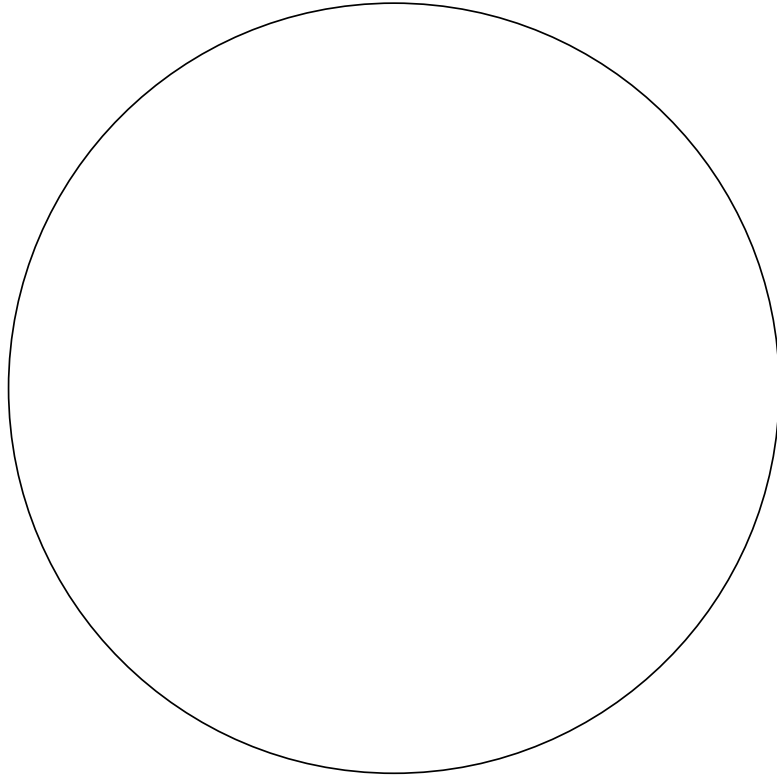
4. ドライアイスをかき氷器でこまかくけずって、紙皿の中に入れ、スプーンでたいらにならします。ドライアイスを手でさわらないように！
5. プラスチックケースを、紙皿の中のドライアイスの上におきます。
(注意)上から手で押さえて、ドライアイスとプラスチックケースの底がぴったりとくっつくようにします。
6. 1.ではり付けたスポンジテープにアルコールをつけます。テープがじゅうぶんにぬれるように、たっぷりつけてください。ケースのそのの黒い紙の上にもアルコールを少したらしめます。
7. ふたをしめます。



8. これでできあがりです！そのまましばらく待ちましょう。やがて、白いすじが見えるようになってきます。はじめはわかりにくいかもしれませんが、見るコツをおぼえたらだいじょうぶですよ。ライトでいろいろなむきからてらしてみても、いちばん見えやすいところをさがしましょう。

かんさつノート

霧箱のなかのようすを絵にかいてみましょう。



霧箱のなかのようすをことばでせつめいしてみましょう。

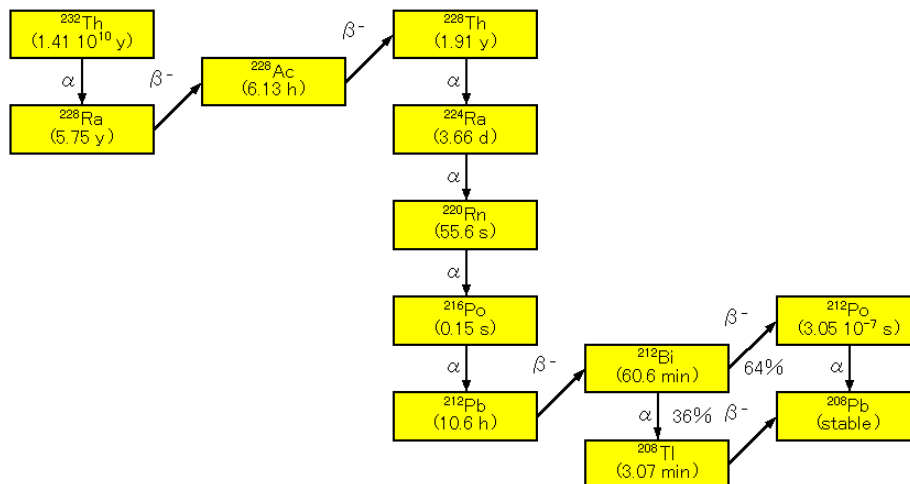
さらに学習するために:

観察のポイント

- 1分間に何本の飛跡が見えるでしょうか？

マントル中のトリウムは、アルファ線を出しながら、別の原子核(核種)に変わっていきます。トリウムがこわれてできた核種も、アルファ線やベータ線、ガンマ線を出しながら、下の図のようなみちすじをたどって、別の核種に変わっていき、最後には、鉛(の同位体 ^{208}Pb)になります。

このように、放射性核種が放射線を出して、別の核種に変わることを「崩壊」(ほうかい:くずれてこわれること)といいます。崩壊する速度は、その核種によって決まっており、もともとあった核種の量がちょうど半分になるまでにかかる時間のことを「半減期」といいます。トリウムのアルファ崩壊(アルファ線を出して崩壊すること)の場合、半減期は 1.41×10^{10} 年です。



飛跡が見えるということは、この図でいうと、ある核種が崩壊して、アルファ線が出て、下向きの矢印のみちすじをたどって、別の核種になった、ということです。

つまり、飛跡が一本見えるたびに、マントルの中では、ある核種が、別の核種に変わるという現象が起こっています。実際には、アルファ線が出て、うまく飛跡として見えてくれない、ということもありますので、飛跡の数よりもはるかに多くの核種が崩壊しています。

- 飛跡の長さは何センチくらいでしょうか？

アルファ線は、物質の中を通ると、その物質とぶつかったりしながらすすみ、自分自身はエネルギーをだんだんと失って、ある距離を進んだ後に止まってしまいます。この距離(飛程)は、

物質によって決まりますが、空気中では約 3cm です。

- 飛跡のできる方向は、線源を中心とした放射状でしょうか？

アルファ線は、線源から四方八方に飛び出しているので、飛跡も、線源を中心として、放射状にできるはずですが、ところが、飛跡をずっと観察していると、たまに、全く違った方向に走るものや、途中で折れ曲がったものが観測されます。これは、空気中に含まれるラドンや、ラドンが崩壊してできた核種から放出されたものや、原子と衝突して飛び方向が変わってしまったもの、それに、宇宙線が観測されているものと考えられます。

ちなみに、空気中のラドンが崩壊してできた核種は、空気中のちりに吸着しやすいので、ちりを集めて、霧箱に入れると、アルファ線が観察できます。