

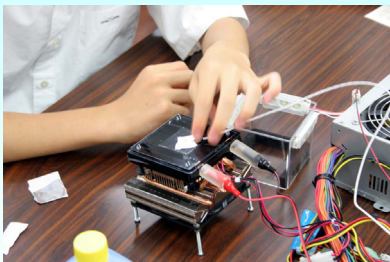
実習メニューの例

40分程度で実施可能な、ペルチェ冷却式高性能霧箱を用いた実習の例です。
4人で1班程度での実習となります。
ただ単に飛跡が見えた、に留まらない、「電離作用」という放射線の本質を理解できる内容となっています。

ペルチェ冷却式高性能霧箱による α 、 β 、 γ 線の観察メニュー

- 1) 熱電対を用いたペルチェ素子表面温度の測定
- 2) 空の霧箱中の液滴の観察
- 3) α 線の観察
- 4) β 線の観察
- 5) γ 線、X線からの光電子の観察
- 6) 霧箱の原理、 α 線、 β 線、 γ 線の物質との相互作用との違いと、生体影響の違いを説明

1) 熱電対を用いたペルチェ素子表面温度の測定



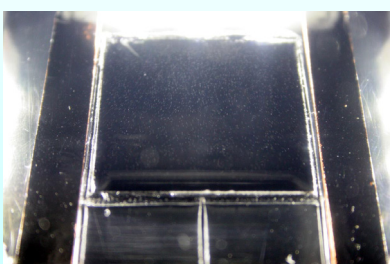
アルミテープによる熱電対の素子表面への貼付け



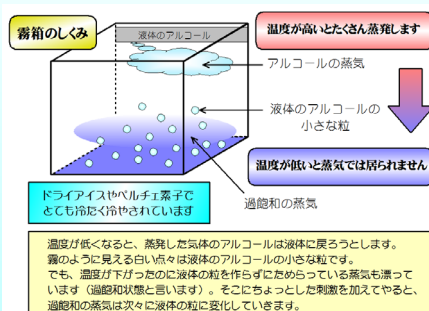
素子上面が冷やされる半面、裏面に放熱しているのを体感

- ・熱電対式のデジタル温度計により霧箱表面温度(-30℃程度)を測定する。
- ・熱電対は温度差があると電流が流れる、ゼーベック効果を利用している。
- ・ペルチェ素子は逆に電流を流すと温度差が発生するペルチェ効果を利用している。熱を吸収している訳ではなく裏面に輸送している点に注意。
- ・点接触では正確な温度測定は出来ず、アルミテープでしっかりと熱接触を取って測定する必要がある。

2) 空の霧箱中の液滴の観察



正常な状態の霧の状態。極端に悪天候下では霧の量が多くなり観察できない。

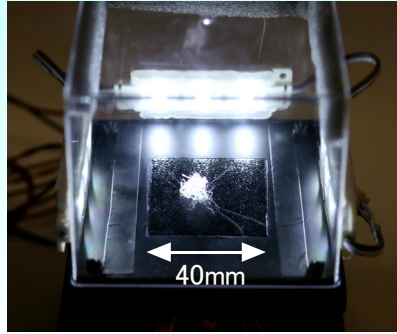


- ・スポンジテープヘタノール(IPA入りの消毒液で構わない)を注入してチャンバーを閉じ電源を入れる。
- ・アルコールの気体が冷やされることにより過飽和蒸気となり、空気中の雑イオンなどに過飽和のアルコール分子が集まって核生成したものが、霧状の液滴として観察できる。
- ・時々、空気中のラドン娘核種からの α 線などのバックグラウンドの放射線が観察される。
- ・ポリパックに入れたマントル線源からは α 線は放出されず、ビニール一枚で遮蔽されていることが確認できる。

3) α線の観察

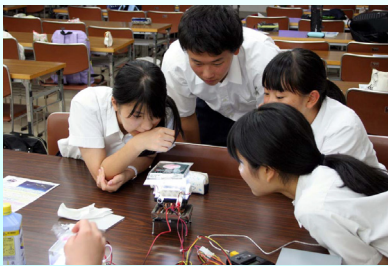


飛跡観察の様子

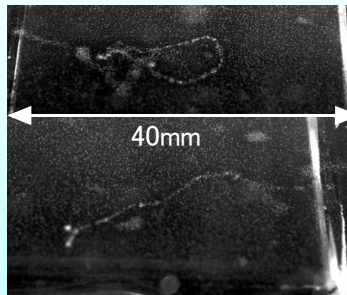


- ・ポリパックからマントルをとりだしてチャンバー内に設置し、α線の飛跡を観察する。
- ・飛行機雲と同じく、粒子自体は見えなくても飛跡が見えている。
- ・空気中での飛程は最大でも7cm程度。
- ・はっきりと、直線的に飛ぶ。
- ・上下方向にも飛んでいるが、過飽和蒸気が薄い層状になっているため水平方向に飛んだα線だけが観測できている。

4) β線の観察



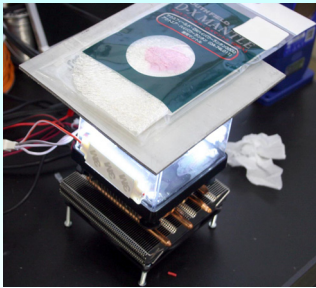
チャンバー天板の上にマントル線源を置いてのβ線飛跡観察の様子。



折れ曲がったり、分岐したりもするβ線の飛跡

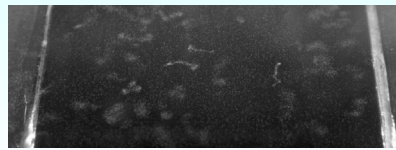
- ・チャンバー天板の上にマントル線源をのせることでβ線の観察を行う。
- ・α線は天板のプラスチックを透過できないが、β線は薄いプラスチック程度は透過できる上に、非常に軽く(α線の7000分の1)散乱されやすいので、上から入射しても空気や素子表面で散乱されて素子に平行に走る電子線が観察できる。
- ・相互作用はα線よりもずっと小さく、うすすらとしか観察されないが、飛程は空気中で数m程度有る。
- ・素子表面に平行に走っている間にも散乱されて糸くずのように曲がりくねる様子が観察できる。

5) γ線、X線からの光電子の観察



アルミ板でβ線を遮蔽してしまうことによりγ線だけを観察できる。γ線はほとんど素通りしてしまうため、観察できる頻度は小さい。

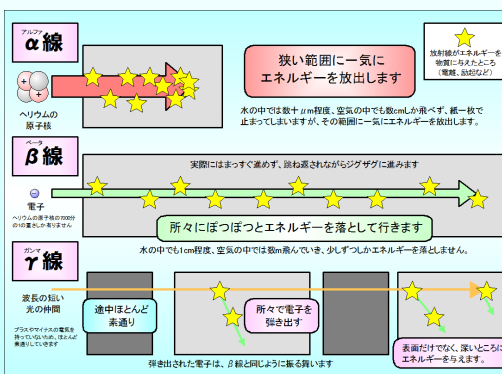
入射電子線のエネルギー E (MeV),
最大飛程 R (g/cm²) とすると、
 $R = 0.542 E - 0.133$ (0.8MeV < E)
ウラン系列核種からのβ線のアルミ中での最大飛程は、Bi-214からの3.27MeV β線による6.1mm。



クルックス管からのX線により放出された光電子の飛跡

- ・アルミ板をマントル線源とチャンバー天板の間に入れてβ線を遮蔽し、γ線のみをチャンバー内に入射する。
- ・非常にイベント数は落ちるが、γ線によって放出された光電子の飛跡が観察される。
- ・クルックス管などを用いてX線を発生させても、同様に光電子が観察できる。クルックス管からのX線はエネルギーが低いため、飛程が短いことも観察できる。
- ・見た目はβ線と同様であり、γ線、X線が最終的にはβ線と同じような作用を示すことが分かる。
- ・さらに、放射線の本質が、電子を叩き出す「電離」作用であることを直感的に理解できる。

6) α線、β線、γ線の物質との相互作用との違いと、生体影響の違いを説明



放射線加重係数の説明

実効線量(Sv) = 吸収線量(Gy) × 放射線加重係数 × 組織加重係数
→ α線: 20, β, γ線: 1

この相互作用の違いから直感的に理解

体内の放射能 1体重60kgの日本人 年間に被ばくする実効線量

K-40: 4.000Bq	→	170 μ Sv/年	β・γ線のみ
Po-210: 20Bq	→	800 μ Sv/年	α線を放出

空気中のラドン同位体もα線を放出 → 世界平均で 1.26mSv/年
日本は木造建築が多く比較的被ばく量は少ない(0.48mSv/年)

※それぞれ線量換算係数、組織加重係数なども異なる

- ・α線、β線、γ線それぞれ物質との相互作用が異なり、それによって霧箱での見え方が異なる。
- ・何発出たかのベクレルだけでは生体影響は評価できない。αβγの種類の違いやエネルギーの違いも考えなくてはならない。