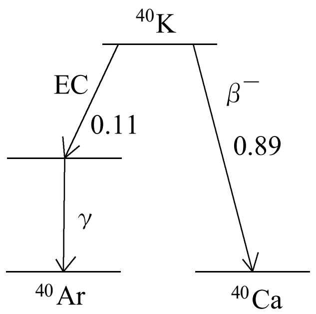
カリウム40の半減期の測定

ガイガーカウンターを使ってカリウム 40 の半減期の測定をしてみました。概略は下図に示しましたが、計測原理はN個の原子が１秒間に崩壊する数（dN/dt）と、N 個の原子 1 個１個がそれぞれ１秒間に崩壊する確率λと原子数Nの積は等しいという仮定（微分方程式を一次近似とみなす）から求めます。1 人が N 個のサイコロをまとめて投げたときに 1 が出たサイコロの数と、N 人の人がそれぞれ１個のサイコロを投げたとき、或いは１人が１個のサイコロを N 回投げたときに 1 が出たサイコロの数が等しいというイメージで捉えるのはいかがでしょうか？

カリウム 40 原子がβ崩壊して出てくるβ線の方向は全方向に均等なはずですからガイガーカウンターの開口部分の面積とカリウムからの距離を半径とする球の表面積の比とガイガーカウンターの値からN個の原子が１秒間に崩壊した数を求めます。また、カリウム 40 はK殻電子捕獲（ＥＣ）による崩壊も起こりますのでこれも考慮に入れます。簡単な実験ですが理科年表の値に近い値が得られました。

もっと精度を上げるにはどうしたらよいか考えて実験で確かめるのも面白そうです。

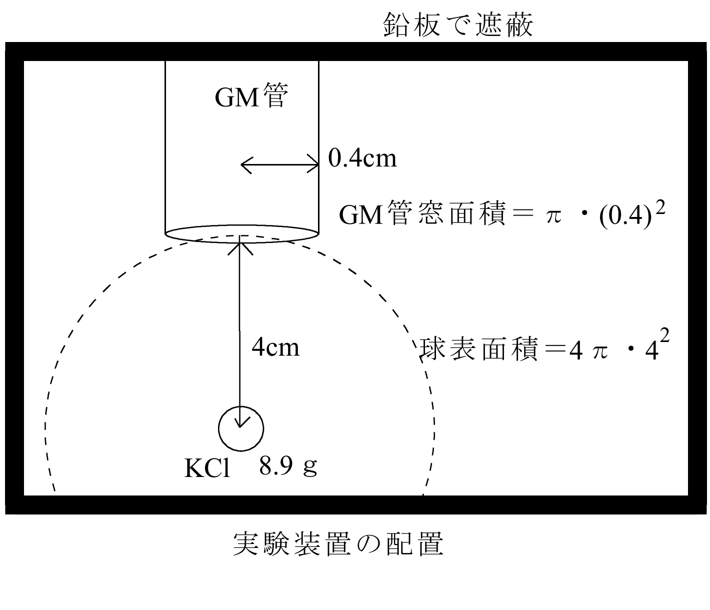


^{40}Kの崩壊図

$$^{40}K \longrightarrow {}^{40}Ca + \beta^- \qquad 89\%$$

$$^{40}K + e^- \longrightarrow {}^{40}Ar + \gamma \qquad 11\%$$

K殻電子（電子捕獲、EC）



実験装置の配置

$$\text{KCl中の}{}^{40}\text{K原子数} = \frac{8.9}{(39.1+35.5)} \times 6.02\times10^{23} \times \underbrace{1.18\times10^{-4}}_{{}^{40}\text{Kの存在率}}$$

$$= 84.55\times10^{17}$$

	30分間の計数	664カウント
―）	30分間のバックグラウンド	385カウント
		279カウント

$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$　を一次近似とみなし、微小時間dtを普通の時間1秒とおいて

$$\underbrace{\frac{279}{30\times60}}_{\text{1秒間の計数値}} \times \underbrace{\frac{4\pi\cdot4^2}{\pi\cdot(0.4)^2}}_{\text{GM管窓面積と球表面積の比}} \times \underbrace{\frac{100}{89}}_{\beta\text{崩壊の割合}} = \lambda \times \underbrace{84.55\times10^{17}}_{\text{試料中の原子数}}$$

$$\lambda = \frac{dN}{dt}\cdot\frac{1}{N} \quad \text{より}$$

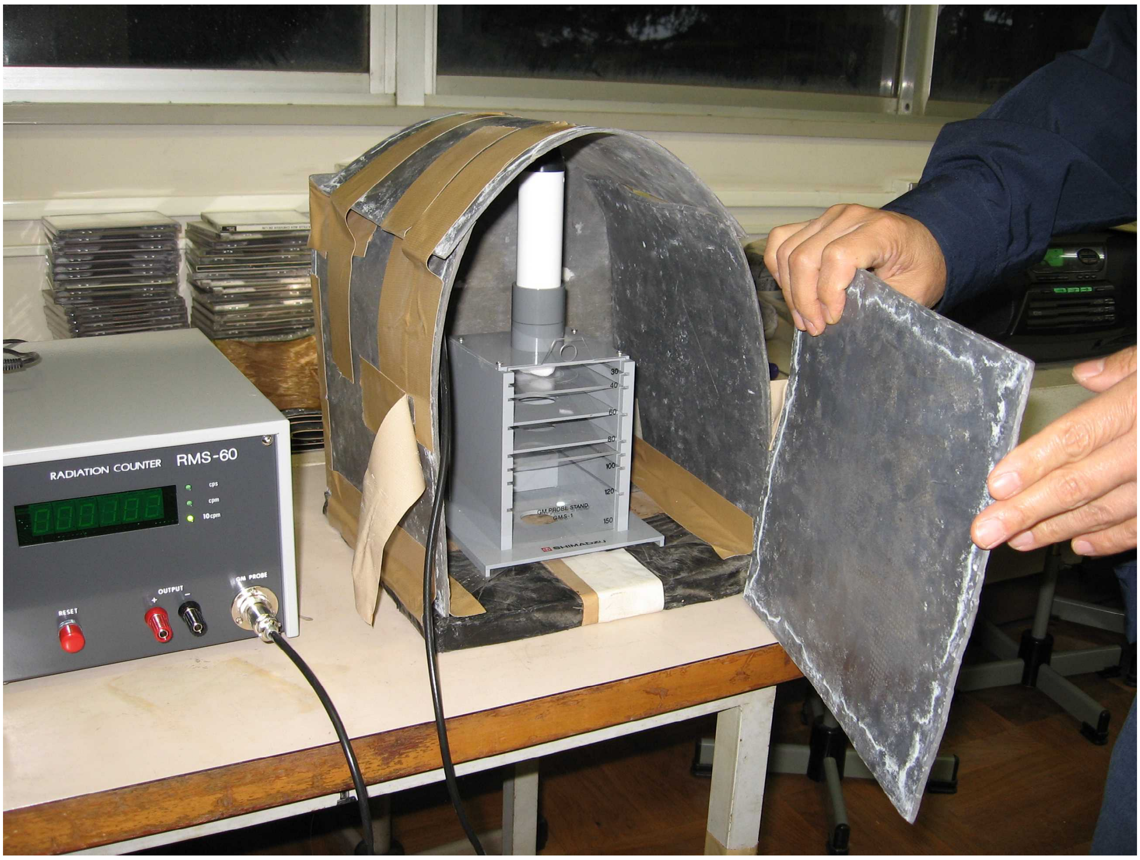
$$\lambda = \frac{279}{30\times60} \times \frac{4\pi\cdot4^2}{\pi\cdot(0.4)^2} \times \frac{100}{89} \times \frac{1}{84.55\times10^{17}}$$

$$T = \frac{\log 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \quad \text{より}$$

$$T = \frac{0.693}{1} \times \frac{30\times60}{279} \times \frac{\pi\cdot(0.4)^2}{4\pi\cdot4^2} \times \frac{89}{100} \times \frac{84.55\times10^{17}}{365\times24\times3600}$$

$$= 2.67\times10^{9}\ \text{年}$$

（理科年表によると　12.6億年 $=1.26\times10^{9}$ 年）


RADIATION COUNTER RMS-60
cps
cpm
10 cpm
RESET
OUTPUT
GM PROBE
GM PROBE STAND