

右頁の写真1は、ある気体を封入した霧箱の中に、ユークセン石という自然の放射線源を置き、そこから出た α 線が、偶然何かの原子核に衝突し散乱したときの飛跡を撮影したものである。この写真について以下の解析をせよ。

（条件1）飛跡を表す霧の様子から、Bの原子核の飛跡は、ほぼ過飽和層内にあるものと仮定する。

一方、Aの原子核は上下どちらかの向きに過飽和層を飛び出しているものとする。

（条件2）質量数の小さな原子核同士は、ほぼ弾性衝突すると考えてよい。

（条件3）2物体の衝突なので、同一平面上（2次元）の現象である。

[解析1] 反跳原子核と散乱原子核の飛跡が互いになす角はいくらか、測定せよ。

約90度

[解析2] 前の結果から、反跳原子核の質量数はいくらかと考えられるか。この値から、反跳原子核として考えられる原子核の候補を挙げよ。

※試行実験 … 10円玉を2枚出して、衝突させてみよ。

静止しているとみなせる原子核に弾性衝突し、約90度に分かれるので、 α 粒子と同質量の原子核と考えられる。



質量数4つまり ${}^4\text{He}$ のみが該当する！

<参考>

実際には、衝突される空気中を漂う原子（原子核）も、平均で $10^2 \sim 10^3$ m/sのオーダーで飛び交っている。しかし、 α 線はおおよそ 10^7 m/sのオーダーであり桁違いに速い。したがって、 α 線と比較すると、空気中の原子核の速さは数万分の1であり、ほとんど静止しているとみなすことができる。

[解析3] 写真1において、 θ および ϕ は何度か、補助線を記入し、測定せよ。

$$\theta = 36^\circ$$

$$\phi = 54^\circ$$

（話）高速の原子核は、空気中を漂う原子のまわりの（電子）を跳ね飛ばし、大量のイオンをつくりながら（仕事をしながら）進み、やがて熱運動のレベルの速さにまで減速する。このとき発生した大量のイオンが（霧）をつくる。従って、飛跡が長いということは、（運動エネルギー）が大きい事を意味する。

α 線の散乱

α 線が衝突した原子核は何だろうか？
飛跡の角度を測定し、解析してみよう。

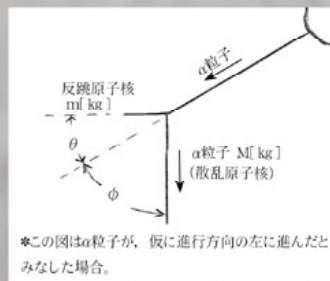
α 線

この写真は、霧箱という装置を使い、 α 線の飛跡を撮影したものです。線源は鉱物標本などにあるユークセン石を使っています。

霧箱は原子核の飛行機雲を作ってその飛跡を観察する装置です。下図を参考に飛跡のまがる角度を測定し、 α 粒子と衝突した原子核は何か、解析してみましよう。

36°

54°

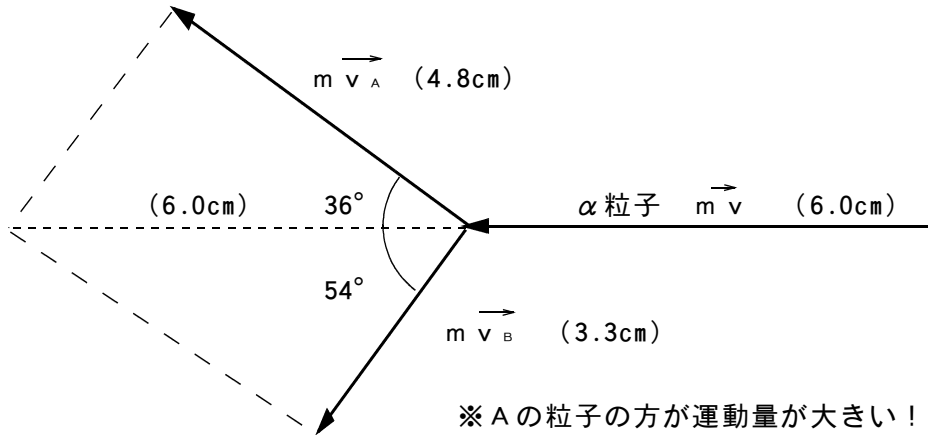


y.mori

写真 1

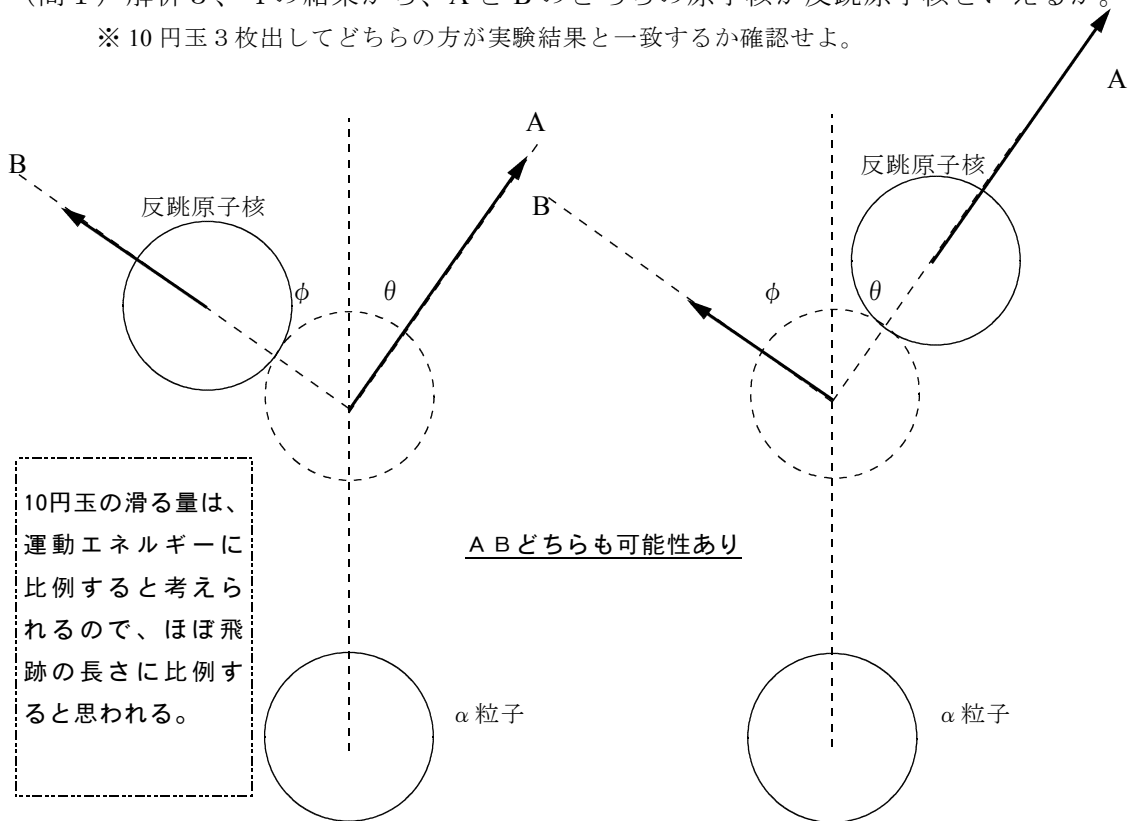
[解析4] はじめの α 粒子の運動量ベクトルを左向きに6.0cmの長さで描き、衝突後のA、Bの原子核の運動量の大きさが何cmになるか作図で求めよ。どちらが大きいか。 ヒント：運動量は保存される。

(注) 運動量は速度に比例するが、飛跡の長さ(飛程)は運動エネルギーに関係する。従って、ここでの作図は、飛跡を表すものではないことに注意せよ。ただし、角度は飛跡と等しい。

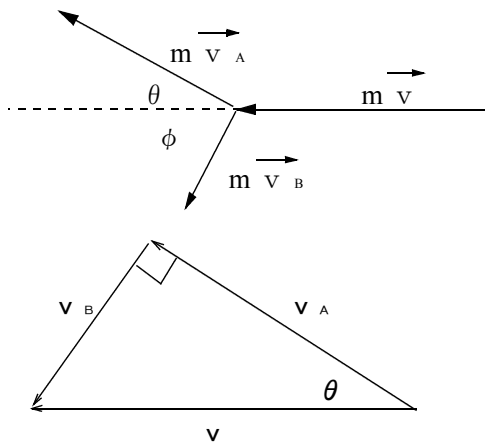


(問1) 解析3、4の結果から、AとBのどちらの原子核が反跳原子核といえるか。

※ 10円玉3枚出してどちらの方が実験結果と一致するか確認せよ。



(問2) いま、衝突前の α 粒子の速度を \vec{v} 、反跳原子核の速度を \vec{v}_A 、散乱原子核の速度を \vec{v}_B とする。運動量保存の法則を使って、反跳角(散乱角) $\theta < 45^\circ$ のとき、 $v_A > v_B$ であることを証明せよ。



$$m\vec{v} = m\vec{v}_A + m\vec{v}_B$$

$$\therefore \vec{v} = \vec{v}_A + \vec{v}_B$$

左下図より、

$$v_A = v \cos \theta$$

$$v_B = v \sin \theta$$

ここで $\theta < 45^\circ$ のとき

$$\cos \theta > \sin \theta$$

$$\therefore v_A > v_B$$

<まとめ>以上の解析から、次のどちらかの反応が起きたことが分かる。

- ①ユークセン石から出た α 粒子は、空気中の(ヘリウム)原子核に弾性衝突し、 $\phi = (54)$ 度の方向に散乱し、ヘリウムの原子核は $\theta = (36)$ 度の方向に反跳された。
- ②ユークセン石から出た α 粒子は、空気中の(ヘリウム)原子核に弾性衝突し、 $\theta = (36)$ 度の方向に散乱し、ヘリウムの原子核は $\phi = (54)$ 度の方向に反跳された。

(応用問題) 仮にイの粒子の飛跡を約1cmとすると、衝突直後には約1 MeVほどの運動エネルギーを持っていたことになる。解析4の結果を使い、衝突直前の α 粒子の運動エネルギーおよび速さのおよその値を計算せよ。

ただし、 α 粒子の質量は 6.6×10^{-27} kgであり、 $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ Jとする。

ヒント：運動エネルギーの比=速さの2乗の比

衝突直前の α 粒子のエネルギーを E_α とおく。

$$1 [\text{MeV}] : E_\alpha = 3.3^2 : 6.0^2$$

$$\therefore E_\alpha = 3.3 \dots$$

約 3 [MeV]

また、 $(1/2) m v^2 = E_\alpha$ より、

$$v^2 = 2 E_\alpha / m$$

$$= (2 \times 3.3 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19})$$

$$/ (6.6 \times 10^{-27})$$

$$\therefore |v| = 1.2 \dots \times 10^7$$

約 1×10^7 [m/s]