

第4回授業の概要 22221280 渡辺悠斗

放射線と物質の相互作用

物質に電離や励起などを引き起こす

反対に放射線もエネルギーを失う、散乱、吸収されるなどの影響

・相互作用の仕方

種類やエネルギーにより異なる。(主に数 MeV 程度の放射線について学ぶ)

・相互作用の利用

なぜ相互作用を学ぶのか

→不可視な放射線の検出や種類の同定、エネルギーの測定が可能になる

放射線について知ることによって我々の身を防護する方法を考える。

放射線を適切に扱うことで人体(物質)に影響を及ぼす放射線医療へ応用 など

・原理 (いろいろな放射線)

① 荷電粒子線(電荷をもつ放射線)→・重い粒子： α 線(He 原子核)、陽子など

・軽い粒子： β 線(電子線)

☆重い粒子線×物質

主な作用→電離と励起

電離：例 α 線が物質中を進んでいくと、物質原子のそばを通った時に、原子核の周りの軌道電子がクーロン力によって弾き飛ばされ自由電子になることでイオンと電子に分かれる現象。

励起：例 電離と同様、クーロン力によって弾き飛ばされた軌道電子が、位置エネルギーの高い外側の軌道に移る。その後、元の軌道に戻る際に光子を放出することで光を発生する。

◎電離や励起を次々と起こすと荷電粒子線はエネルギーを失っていき(電離消失)、すべての運動エネルギーを失うと止まる。

◎十分に重いので、止まるまではほとんど曲がることなく直進(原子核に当たった時に曲がるがきわめて低い確率)

作用を特徴づける物質質量→定量的に計算する際などに必要

- ① 阻止能 S ：荷電粒子が物質中を単位長さ進む間に失う平均エネルギー(ばらつきがあるため)
- ② 飛程 R ：荷電粒子が物質中に入ってから止まるまでに進む距離

阻止能 S について

・荷電粒子の速度が速いほど小さくなる。なぜなら、速度が速いほど、クーロン力が強く働く範囲を短い時間で通り抜けることで、電子に与えるエネルギーが小さくなるからである。

$v \ll c$ (光速) のとき、 $S \propto \frac{1}{v^2}$ と近似される。(相対的効果により v が大きくなり c に近づくと阻止能 S は大きくなる。

・物質密度が大きいほど阻止能 S は大きくなる。

※単位体積当たりの軌道電子が多い→電離・励起が増える→阻止能 S は大きくなる。

$$\text{※重要} : S \propto \left(\frac{Z}{A}\right) \rho$$

A : 物質モル質量 (原子 1 mol あたりの質量 [g/mol] (=原子量))

N_A : アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ (1mol あたりの原子数)

Z : 物質の原子番号 (=原子 1 個中の電子数)

・電粒子の電荷が大きいほど、阻止能 S は大きい。

※軌道電子とのクーロン力大きくなる→軌道電子に与えるエネルギーが増える

阻止能 S は荷電粒子の電荷の 2 乗に比例

☆ここまでの特性をふまえ、以下のような関係があるとわかる。(近似的)

$$S \propto \frac{Z}{A} \frac{\rho z_i^2}{v^2}$$

荷電粒子の電荷を $z_i e$ とし、 z_i は整数 (例: 陽子→1、 α 線→2、電子→1)