

磁場による偏向を用いたβ線のエネルギー分布の測定

公立鳥取環境大学、足利裕人

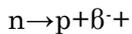
E-mail hashikaga@kankyo-u.ac.jp

1. はじめに

2011年の福島原発事故以来、国民のすべてが放射線の知識をあるレベルで有し、測定ができ、判断でき、行動できることが国民的素養として求められるようになった。中等学校では従来取り扱われていた電子線(陰極線)のほかに、β線を含む放射線について取り扱われるようになったが、β線については高エネルギーであることと、線源の管理に多くの問題があることから、教育現場で実験として利用できるものは霧箱¹⁾以外になかった。本研究では、β線を数種類の磁束密度の1対のネオジウム磁石の間を通し、GM計数管の角度を変えながら磁場による偏向を計測する装置を試作した。この装置により偏向させる磁場の強さによるβ線の角度分布の変化を測定し、正規分布で仮定したエネルギー分布シミュレーションと比較し、β線についての知見を広げる教具となることを試みた。

2. β崩壊

孤立した中性子はβ崩壊をおこし、半減期615秒で陽子となり、電子(β⁻線)と反ニュートリノが放出される。



不安定原子核においても中性子はβ崩壊をおこすがその、原子核の半減期は孤立した中性子の半減期615秒とは異なり、⁹⁰Sr、⁹⁰Yの場合には以下ようになる。



β崩壊では崩壊のエネルギーが娘原子とβ線とニュートリノの3体に分配されるので、放出されるβ線とニュートリノの角度によりβ線のエネルギー

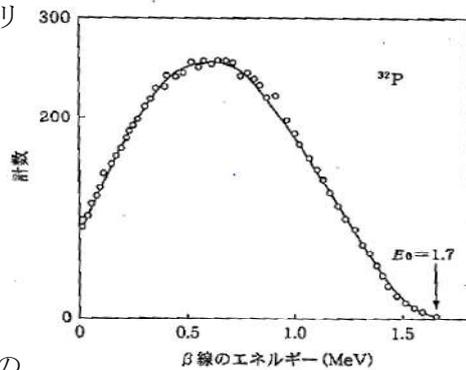


図1 ³²Pのβ線スペクトル

が異なる。このためβ線のエネルギー分布は

連続になり連続スペクトルを示す。図1に³²Pのβ線スペクトル²⁾を示す。平均のエネルギーは最大エネルギーの約1/3である。

3. 装置の製作

測定の概念図を図2に、3Dプリンタで製作した装置の外観を図3に示す。β線源には5k Bqの⁹⁰Sr-⁹⁰Yを用いた。磁場により曲げられたβ線の角度分布を、10°おきにGM計数管で測定する。

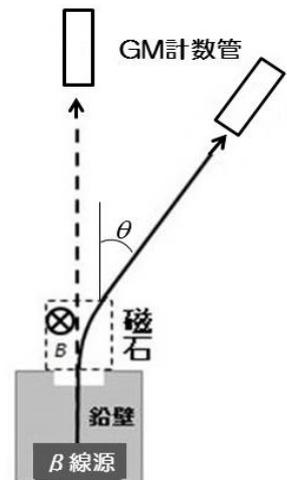


図2 測定の概念図

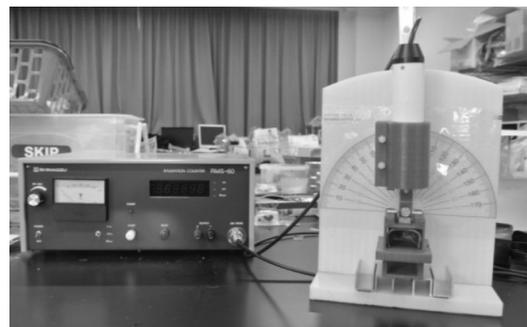


図3 装置の外観

線源を格納する部分は鉛板で覆い、磁場の強さは、一对の磁石の磁束密度を変えた。

3. 測定とシミュレーションの方法

磁場 $B=0, 0.04, 0.09, 0.16, 0.18, 0.20, 0.21$ T の下で、線源の面に垂直な方向より -30° から $+70^\circ$ まで、 10° 毎に1分間の測定を5回行い、平均してバックグラウンドの値を差し引きグラフ化した。また、 β 線のエネルギーを正規分布モデルで仮定し、エネルギー値によって、どの角度に偏向し、分布するのか、増子の示した相対論を用いた計算式³⁾により、 β 線の運動エネルギーから β 線の速さを求め、磁束密度の値からローレンツ半径を求め、さらに偏向角を求めるシミュレーションを行った。その際、各磁場の強さを変えても線源から出る β 線の個数は変わらないとして、各分布のグラフの面積を一定にした。

4. 結果

実験結果を図4に示す。磁場が強くなるほど、分布のピークがより傾き、磁場なしのときと比べて、磁場を強くしていくときの偏向角の広がりが大きくなっている。

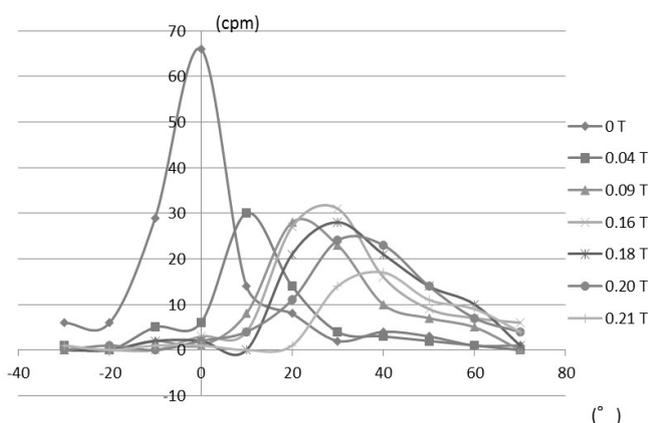


図4 各磁場での β 線の分布

図5は、磁場が無いときの β 線のビームを、全く広がりがなく、そのエネルギーが正規分布をしていると仮定して、各分布の面積が一定になるようにグラフツールで計算して求め

たシミュレーションである。磁場が強くなるほど分布のピークが角度の大きい方に移動していき、ピークの高さは徐々に小さくなっている。各分布の計算点を結んでいくと、図4の分布に近いものが得られる。

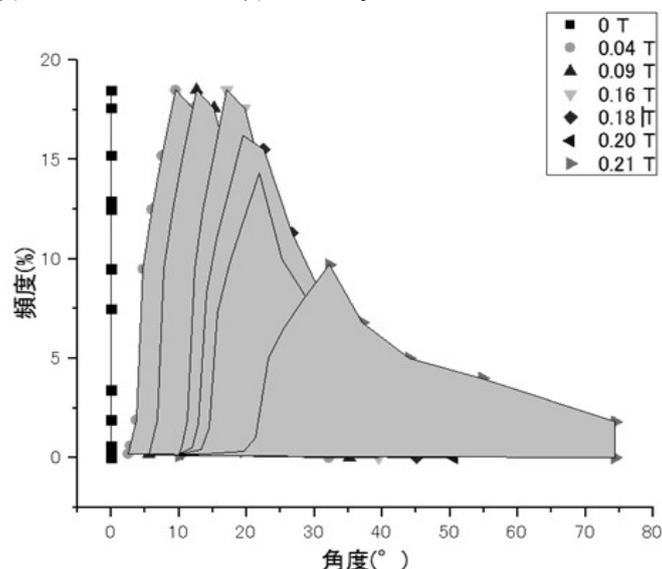


図5 各磁場によるシミュレーション

5. おわりに

図4と図5を比較すると、本研究で用いた正規分布モデルで、 β 線のエネルギー分布の磁場による偏向が説明できそうである。今後の課題として実際の β 線は磁場が無い時も広がりを持つため、測定ではこの広がりを少なくし、またシミュレーションでは考慮する必要がある。また、磁石間の磁場の測定は、精密に求める工夫が必要である。

6. 参考文献

- [1] 足利裕人：2015年〈第62回〉応用物理学会春季学術講演会 予稿集「霧箱中の飛跡を求める β 線のエネルギー分布」
- [2] 飯田博美：放射線概論，通商産業研究社，pp47-48, 2006
- [3] 増子寛：2015年度 日本物理教育学会第32回年会発表予稿集，pp115-116 「 β 線の磁場による偏向を計測する演示実験装置の試作」