

演習課題M06：宇宙線を使ったミュオンスピン回転

磁石の中を拡大して見てゆくと、最後は原子 1 個 1 個の大きさの棒磁石「磁気モーメント」に到達します。「磁石」と呼んでいるもの（強磁性体）は、このミクロな棒磁石の向きがそろって、マクロに磁場を発生させているのです（図 1）。ミュオンという素粒子を使って物質中のミクロな磁場を測る方法の一つが、ミュオンスピン回転法です。

“弱い相互作用”のパリティの破れとミュオンスピン回転

ニュートリノのスピン（固有角運動量）の向きが 1 種類しかないので（弱い相互作用のパリティの破れ）、スピンゼロのパイオンが崩壊して

生成したミュオンの磁気モーメントの向きは、角運動量の保存によって、生まれながらにしてそろっています。（図 2 a） しかもミュオンが崩壊して（陽）電子を放出するとき、ミュオンの磁気モーメントの方向に出やすい性質があります（図 2 b）。従って、物質中に打ち込んだミュオンが崩壊して出て来た（陽）電子の分布を測ると、物質中のミクロな磁場の様子が分かります。これがミュオンスピン回転法です。

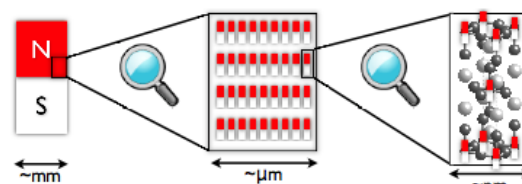


図 1 磁石の拡大図



図 2 (a) ミュオンの磁気モーメント

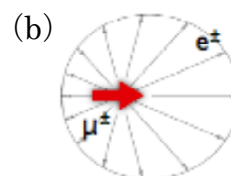


図 2 (b) 崩壊（陽）電子放出角分布

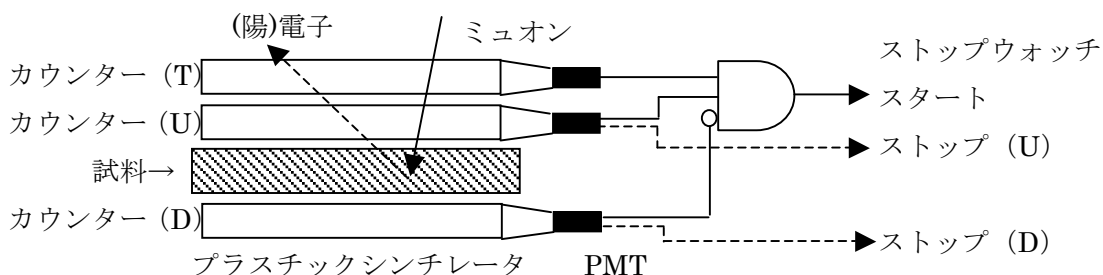


図 3 実験装置の概念図

宇宙線ミュオンと演習のテーマ

宇宙から降ってくる宇宙線にはミュオンが手のひらサイズに毎秒 1 個ぐらい含まれています。図 3 に示す「ミニチュア版ミュオンスピン回転装置」を組み上げて、宇宙線ミュオンの寿命や磁場によるスピン回転を測定します。3つのカウンターが「(T=鳴った) & (U=鳴った) & (D=鳴らない)」という条件で「試料」に止まったミュオンを捕まえ、ストップウォッチのスタートボタンを押します。ついで、数マイクロ秒以内にカウンター (U) か (D) が鳴ったらストップウォッチのストップボタンを押します。このスタートからストップまでの時間分布をコンピュータで記録すると、試料に止まったミュオンの寿命を観測することが出来ます。さらに試料に磁場をかけておくとミュオンスピンのラーマー回転が時間スペクトルの「うねり」として観測できるかもしれないので、やってみましょう。