

演習課題 10：宇宙線ミュオンを捕まえて素粒子の対称性を調べよう

九州大学理学研究院 音野瑛俊

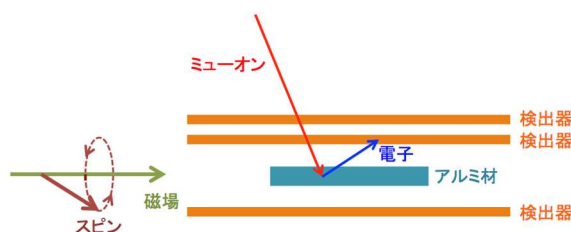
新潟大学自然科学系 佐藤優太郎

九州大学基幹教育院 吉岡瑞樹

高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所 三部勉

宇宙にはエネルギーの高い粒子が飛び交っています。その粒子を宇宙線と呼びます。宇宙線は地球にも降り注いでいて、素粒子のミュオンは手のひらに毎秒1個程度やって来ます。この演習課題では、宇宙線のミュオンを捕まえて、素粒子物理で重要な役割を担う弱い相互作用の対称性を調べます。

ミュオンの寿命を測ろう 多くの素粒子は不安定で、ある寿命でもっと軽い素粒子に崩壊します。(正)ミュオンは、(陽)電子と2つのニュートリノに崩壊します。宇宙線のミュオンを捕まえて、寿命を測ってみましょう。演習では、図のような測定装置を組み立てます。装置は、アルミ材、プラスチックシンチレーターと光センサーで作る検出器、検出器の信号を読み出す回路からなります。宇宙線のミュオンをアルミ材で止めて、止まったミュオンが崩壊して出てくる(陽)電子を検出します。装置を組み立てたら、ミュオンが止まってから(陽)電子が出てくるまでの時間をデータとして記録してみましょう。記録したデータを解析して、ミュオンの寿命を測ってみましょう。



弱い相互作用の対称性を調べよう ミュオンの崩壊では、素粒子物理で重要な役割をする弱い力が働いています。弱い力の大きな特徴の一つは、パリティ対称性が破れていることです。ミュオンがもつスピンを利用して、その対称性の破れを見てみましょう。パリティ対称性の破れがあるせいで、崩壊で出てくる(陽)電子の方向は、ミュオンのスピンの方向と強い相関をもっています。図のように、寿命を測定する装置全体に磁場をかけてみましょう。ミュオンはスピンと同じ方向の磁気モーメントを持っています。磁場中で磁気モーメントは一定周期で回転するので、スピンが回転します。この回転運動をラーマール歳差運動と呼びます。スピンが回転して上か下に向いているとき、上下の検出器で見える(陽)電子の数が非対称になります。演習では、実際にコイルを自作して磁場をかけてみましょう。磁場をかけた状態で寿命の測定と同じようにデータを記録してみましょう。データを解析して、(陽)電子の数が歳差運動とともに振動することをみてみましょう。