

演習課題 6 : 宇宙線ミュオンを捕まえて素粒子の対称性を調べよう

担当教員：九州大学理学研究院物理学部門、東城順治
九州大学先端素粒子物理研究センター、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、三原智
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
高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所、上野一樹

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。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電子増倍管で作る検出器、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。その対称性の破れをミュオンがもつスピンを利用して見てみましょう。パリティ対称性の破れがあるせいで、崩壊して出てくる(陽)電子はミュオンのスピンの方向に出やすいという性質をもっています。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、スピンの方向も回転します。この回転運動をラーマー歳差運動と呼びます。スピンの方向が回転して上に向いているときは上側の検出器に、下に向いているときは下側の検出器に、より多くの(陽)電子が出てくることになります。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。データを解析をして、(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。

