

Cosmic Rays

宇宙班

「本当に大切なものは
目に見えないんだよ」

班紹介

前々回の五月祭から引き続き、宇宙班では宇宙線として降ってくる「ミュオン」という物質について研究してきました。宇宙線には実に面白い現象が詰まっているのですが、それをなかなか身近に感じることが少ないです。なぜなら宇宙線は「目に見えないから」。ということで、昨年まではミュオンを目に見えない形でしか研究できませんでしたが、今年の宇宙班は宇宙線を直に目で見えるようにする装置「スパークチェンバー」を作製し、よりダイレクトに研究していきます。

実験内容

➤ スパークチェンバーの作製

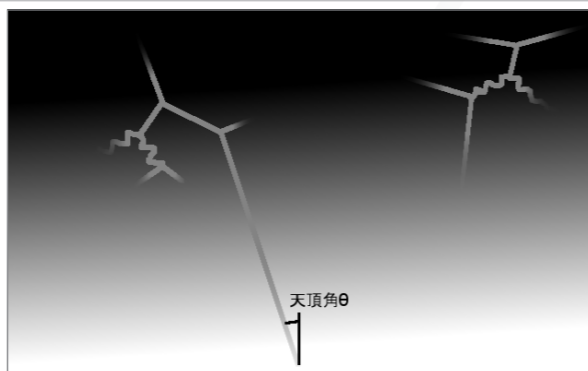
宇宙班では、宇宙線を目で見えるようにする装置「スパークチェンバー」を作製します。この装置は、何層にも積み重ねたアルミ板からできており、宇宙線が通過した瞬間にアルミ板に高電圧をかけて放電を起こす装置です。宇宙線の多くは「電気」を持っています。そのため宇宙線が空気中を通るとその周囲に空気中の「電気」が引き寄せられてきます（冬場に私たちが苦しめる静電気と同じような現象です）。そのため、宇宙線が通過した瞬間にアルミ板に高電圧をかけると、宇宙線に引き寄せられて集まってきた電気に沿って放電を起こします。こうして、宇宙線の通った跡を放電線として目に見えるようにするのがスパークチェンバーで



↑実際のスパークチェンバー。
(http://ksc.kek.jp/1st_2007/gaiyou/SC/ より引用。)

➤ ミューオンの天頂角分布

スパークチェンバーを用いて、宇宙線がどれくらい斜めから来やすいか、つまり真上からどれくらいの角度をつけて来るか（この角度を天頂角と言います）を調べます。宇宙線のなかで地上まで届く物質はほとんどが「ミュオン」という物質だということが知られています。普通、宇宙線は真上から来る量が一番多いのですが、このミュオンは結構斜めからも来ます。この「結構」というのを具体的に数で調べていき、ミュオンという物質の性質を探ることが目的です。



←大気とぶつかりながら降り注ぐ宇宙線。天頂角は真上からの角度。

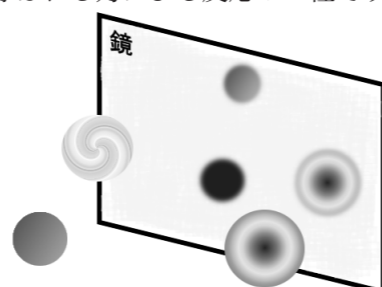
➤ パリティ対称性の破れ

何度か「ミュオン」という言葉が出てきましたが、このミュオンは「素粒子」という非常に小さい物質のひとつです。素粒子の世界は、通常考えられないようなとても不可解な現象に満ち溢れています。

そのうちのひとつは「パリティ対称性の破れ」。パリティ対称性とは「上下前後左右すべて反転させても起こる現象は変わらない」というものです。現実の世界で起こっていることが、鏡の中に映しこんでもちゃんと起こっているという至極当たり前に思える事実です。

ところが素粒子の世界では、これが必ずしも成り立たないことが 20 世紀半ば頃からわかってきました。例えば、ミュオンを電子とニュートリノと反ニュートリノという物質に変換させる反応です（反ニュートリノはニュートリノの反物質と呼ばれるものです）。この反応は素粒子の世界で現れる弱い相互作用と呼ばれる力による反応の一種です。

宇宙班では厚いアルミ板で飛来したミュオンを止め、この反応をスパークチェンバーで観察し、パリティの破れを観察します。



↑現実の世界と鏡の中の世界は微妙に違う？

Column Space



「ミュオンは要らない子？」

今回私たちが測定したミュオンという粒子、発見されたのは 1937 年のことでした。当時は 1935 年に湯川秀樹先生によって予言された、原子核を固くつなぎとめる核力を担う「 π 中間子」を実験で発見できないかと世界中が躍起になっていたころでした。そんな中、発見されたミュオンは重さが予言された π 中間子のそれととても近かったので、初めは π 中間子が発見されたのかと湧きたったのですが、詳しく解析してみると π 中間子とは違う粒子とわかり、それを聞いたラビという、後にノーベル物理学賞を受賞する大先生は大変失望し、「Who ordered that?」（そんなもの誰が注文したんだ？）と言ったという逸話が残っているほどで

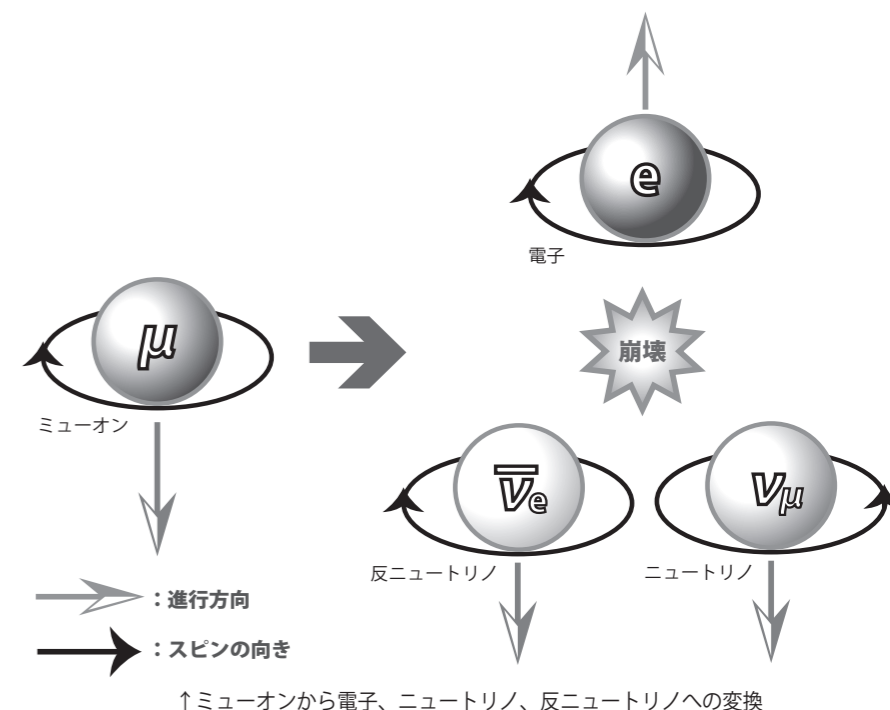
す（ちなみにその時ラビ氏は中華料理店で食事をしていったそう）。

このように、その発見を誰にも望まれなかったミュオンですが、決して意味のない粒子ではありません。素粒子の理論の発展や宇宙の観測に役立ったことは言うまでもありませんが、世界中どこでも常に宇宙から降り注いでいること、そして「物を通り抜ける力が強いが、検出しようと思えば検出できる」という非常に便利な性質から、たとえば火山やピラミッドの内部構造を調べる手段としても使われています。最近ではアメリカが輸送品の中に危険物が入られていないかの検査に応用しようとしているそうです。

要らないと思っけていても実は役に立つものが私たちの周りにも眠っているかもしれませんね。

理論解説

ここではパリティの破れについて、少し詳しく説明します。ミュオンのような素粒子は実はそれ自身、地球のように「自転」しているものが多いということが知られています。進行方向に対して時計回りだったり反時計回りだったり。これら「自転」は鏡に映せばもちろん逆回転しているように映ります。ポイントは先程出てきた弱い相互作用が「反時計回りの物質しか生み出さない」という変な性質を持っていることです（これがパリティの破れ）。ちなみに反物質ならば時計回りだけ。つまりミュオンが変換して出てくる電子とニュートリノはそれぞれ反時計回り、反ニュートリノは時計回りであることが確定しているのです。現実でこの反応が起こっている様子を鏡に映そうとしても、鏡の世界では「自転」が逆転して反転が起こり得ないため全く映らないのです！（逆に鏡の世界で起こっている時は現実では起こりません。）これを実験で観測する際にキーとなるもう一つの法則が「角運動量の保存則」。これは変換前と後でトータルの回転量は変わらないという法則です。これと先程のパリティの破れを組み合わせると、たとえば飛んできたミュオンが時計回りだったとすると、上の図のように 3 つに分かれることになります。重要なのは電子が上に出ること。ミュオンが反時計回りの場合は電子は下に出



↑ミュオンから電子、ニュートリノ、反ニュートリノへの変換

ますが、飛んでくるミュオンはこれまたパリティの破れのために時計回りの方が多いたことがわかっています。電子は「電気」を持っているためスパークチェンバーで観測することができ、これで実際に上に出る電子が多ければパリティの破れを観測したことになります。

DVD収録内容

1. 実験動画（スパークチェンバーの仕組みの解説、パリティ実験のセットアップ）
2. 実験・理論の解説文書