

霧箱とマントル線源を用いた陽電子の観察

防衛大学校 本科 65 期 応用物理学科 秦 朱

1 はじめに

放射線物理研究室では、霧箱とネオジウム磁石を用いた陽電子の観察実験の開発を行っている。霧箱は放射線の飛跡の観察のために高校や大学で教育機材として使用される。教育現場での使用を前提としているため、陽電子線源は入手や管理が容易なランタン用のマントルを使用した。マントルに含まれる放射性トリウムが崩壊する過程で ^{208}Tl を生成する。過去の研究により、(1)マントル1つあたりに含まれる ^{208}Tl が放出する 2614 keV の γ 線は毎秒 400~500 本程度放出されること、(2)この高エネルギー γ 線が鉛板に入射した際に電子対生成により最も陽電子が発生する厚さが 1 mm であることが判明している。また、(3)ネオジウム磁石を上下に設置した霧箱内で、ローレンツ力により電子の飛跡が曲がることも確認されている。

本研究ではネオジウム磁石で磁場をかけた霧箱内で陽電子の飛跡を観察する。電子の反粒子である陽電子の飛跡も曲がるのが期待される。

2 実験方法

実験装置の配置を図 1 に示す。霧箱はラド社製液体窒素冷却型拡散霧箱 C-111 を使用した。霧箱底板下部及び天板上部にそれぞれネオジウム磁石を配置し、観察槽内のアルコールを注入する溝の上に陽電子線源をテープで固定して設置した。陽電子線源は、厚さ 1 mm の鉛板で覆ったポリエチレン製のチューブ(外径 14 mm、長さ 110 mm)にマントルを 3 つ封入したものである。磁場は鉛直下向きであるため、陽電子の飛跡は進行方向に対して左に弧を描くはずである。

ビデオカメラを用いて飛跡を撮影したところ図 2 のようにネオジウム磁石近傍で左に曲がる飛跡を観測できた。

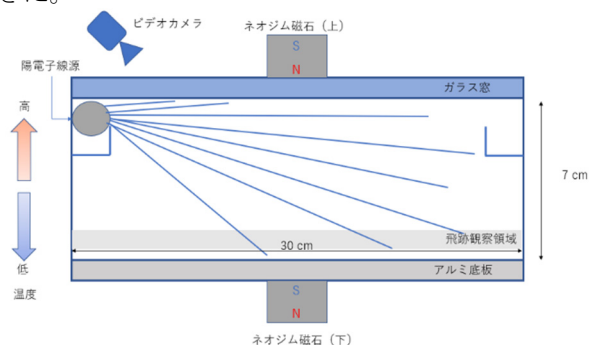


図 1 実験装置

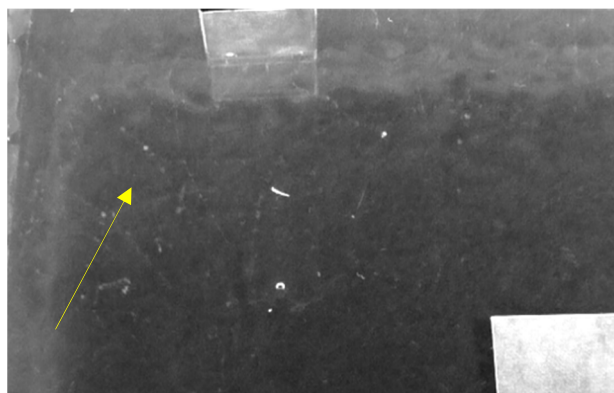


図 2 写真下部に置かれた線源から放出された陽電子の飛跡が磁石近傍において曲がる様子。

Geant4 モンテカルロシミュレーションを使用して、陽電子線源から放出される陽電子が霧箱内でどのくらい観測されるのかを計算した。その結果、 1×10^7 個の γ 線が線源から放出された際に、陽電子が過飽和かつ磁場がかかっている領域(底面から高さ 2 cm、幅 4 cm 程度)に到達する数は 33 個であった。マントル 1 つ毎秒 400~500 個の γ 線が放出されることから、本実験では 1 分あたり 0.3 個程度の陽電子が、飛跡の曲がる領域を通過すると見積もられる。

3 結果と考察

約 1 時間ビデオカメラで撮影した動画を観察した結果、線源付近から放出され、磁石近傍で左に曲がる飛跡を 2 個ほど観測できた。これらの飛跡は α 線の飛跡と比較して色が薄いことから、電離密度の低い陽電子であると考えられる。また、トリウム系列の崩壊様式で放出される放射線は α 線、 β 線、 γ 線であるので、観測された左に曲がる飛跡は陽電子である可能性が高い。シミュレーション結果と比較すると観測数が少ないが、実験の様子を肉眼で観察している時は、10 個程度磁石近傍で左に曲がる飛跡が確認された。ビデオカメラと肉眼で観測できた飛跡の数に差が生じた原因として、霧箱を観察していた角度の違いがあげられる。今後、ビデオカメラの台数を増やし、複数の方向から同時に撮影することでより正確な数を計測できると考えられる。

研究指導教官 准教授 松村 徹