

中間子の崩壊に関する最近の研究

湯川秀樹

(昭和十六年五月廿二日 原子核 談話会にて)

中間子が不安定で自然に電子に変わり、その為極めて短い  
寿命しか持たぬ事は最早疑ひない事実となった。これに  
関する理論及び実験両方面の昨年度頃迄の結果は

Rossi, Rev. Mod. Phys. 11 (1939), 296;

坂田, 物理学講義集(1), 83;

岡戸, 全上 101.

等に纏めて述べられてゐるが、その後多くの重要な結果が  
得られてゐるので簡単に紹介する。

a) 実験

i) 中間子のエネルギーと寿命の関係

静止してゐる中間子の寿命即ち固有寿命 (proper life time)  
を  $\tau_0$  とすると  $E$  なるエネルギーの中間子の寿命は

$$\tau = \frac{\tau_0 E}{\mu c^2} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (*)$$

であられる。但し  $\mu$  は中間子の質量、 $\beta c$  はその速度である。  
これは中間子崩壊の機構に関係なく  $\beta c$  なる速度で動いてゐ  
る時計は静止せる観測者から見れば  $\sqrt{1-\beta^2}$  なる割合で遅れると  
云ふ、相対論の要求から出てくる結論である。これに対する  
実験的証明は

Rossi and Hall, Phys. Rev. 59 (1941), 223

によつて得られた。即ち鉛で  $196 \sim 311 \text{ g/cm}^2$  の飛程を有する  
中間子と、 $311 \text{ g/cm}^2$  以上の飛程を有する中間子の二つの群に  
就いて、それ等が崩壊する迄に進む平均距離として夫々

$$L = (4.5 \pm 0.6) \times 10^5 \text{ cm}, \quad (13.3 \pm 0.9) \times 10^5 \text{ cm}$$

なる値を得た。前者から固有寿命を求めると

$$\tau_0 = (2.4 \pm 0.3) \times 10^{-6} \text{ sec.}$$

となる。これと (\*) から後者の平均の運動量を求めると

$$p = 1.5 \times 10^9 \text{ eV/c}$$

となりこれは中間子のエネルギー スペクトルに関する我々の知識  
と矛盾しない。この意味で (\*) の関係は確かめられたものと考へてよい。

(ii) 固有寿命の値

従来  $\tau_0$  の値は  $2 \sim 3 \times 10^{-6} \text{ sec}$  の程度であつたが最近  
Nielsen, Ryerson, Nordheim and Morgan, Phys. Rev. 57  
(1941), 547

は鉛  $3 \sim 15 \text{ cm}$  を通過する中間子について

$$\tau_0 = (1.25 \pm 0.3) \left( \frac{\mu c^2}{10^8 \text{ eV}} \right) \times 10^{-6} \text{ sec}$$

なる稍小さい値を得てゐる。

(iii) 中間子崩壊による生成物

現在の中間子理論では崩壊の結果として電子と中性微子とが  
出来、中間子のエネルギーは平均として両者に等分される譯である。  
従つて硬成分のエネルギーの半分が軟成分に移されることになる。

実際

Nelson, Phys. Rev. 58 (1940), 771

は中間子の崩壊によつて生じた軟成分が水中で作る shower の強度を計算し、これを

Neher and Stever, ibid. 766

の実験と比較して、中間子崩壊の生成物の両方共 shower を作るとすると、実験とよく合ふことを結論した。

併し最近

Nordheim, Phys. Rev. 59 (1941), 554

の実験結果によれば、更に極端に硬成分のエネルギーの三分の一位しか軟成分に移つて行かぬと考へた方がよいかも知れぬ。(この考へが正しいとすると、中間子が  $\frac{1}{2}$  のスピンを持ち、電子と二個の中性微子に轉化するといふ假説も考へ得ることになる。)

b) 理論

いづれにしても現在の理論から推定される固有寿命 ( $10^{-8}$  sec 程度) は実験値 ( $10^{-6}$  sec 程度) と相当、喰違つてゐる。坂田氏は次の二つの假説によつてこの困難を排除せんとした。

Sakata, Phys. Rev. 58 (1940), 576

に於ては、現在の理論では例へば  $\beta$  崩壊の過程

$$N^+ \rightarrow P + e^- + \pi \quad (1)$$

$$N \rightarrow P + M^- \quad (2)$$

$$M^- \rightarrow e^- + \pi \quad (3)$$

の如き二つの基本過程の複合過程と見てゐるのに対して (1), (2) を基本過程とし (3) をそれらの過程の複合過程と見做した。これによつて寿命は大体

$$\left(\frac{hc}{g^2}\right)^2 \sim 10^2$$

なる因数又大きくなり、実験と一致する。

Sakata, Proc. Phys-Math. Soc. Japan 1941, April.

に於ては pseudoscalar 場で表はされる中間子の寿命は他の場合に比して  $M/m \sim 10^2$  なる因数だけ大きく取り得る事を示した。最近 pseudo scalar 場が核力、宇宙線 burst の説明に都合がよいことが判つて来たので、この説は特に興味がある。