

研究簡報

一個中性重介子的衰變

王淦昌 蕭健 鄭仁圻 呂敏

(中國科學院物理研究所)

DECAY OF A NEUTRAL HEAVY MESON

Wang Kan-chang, Hsiao Chien, Cheng Jen-chi, Lü Min

(Institute of Physics, Academia Sinica)

利用一個 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 內有七塊 0.64 cm 厚的鉛板的雲霧室^[1], 在海拔 3200 m 的高度上拍攝穿透簇射的過程中, 獲得了一批有重介子和超重子的照片. 這些重介子和超重子中, 有一個中性粒子衰變成爲兩個帶電粒子, 但這中性粒子的衰變, 不能用 $A^0 \rightarrow p + \pi^+$ 或 $\theta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ 來解釋.

圖 1 (見插頁) 爲這張照片的立體攝影. 圖 2 所畫的是產生這中性粒子的核交互作用及這中性粒子的衰變產物, 也就是照片中的主要內容的素描.

一個穿透簇射發生於放置在雲霧室上的鉛層中, 其中的一個粒子 (也許是一個中子) 在雲霧室內的第四塊鉛板裏, A 點, 發生了一個次級核交互作用 (星芒). 從這次級核交互作用, 沿着 AB 方向發射出的一個中性粒子在 B 點衰變成爲兩個帶電粒子, 徑跡 $BCEF$ 和 BD . AB 的延長線和 BD 間的夾角爲 23° ; AB 的延長線和 BC 間的夾角爲 28° . 在實驗的誤差範圍內, BC 和 BD 所決定的平面通過 A 點; 這實驗誤差主要是由於 AB 間的距離短以及 A 點的位置不容易很準確地測定.

徑跡 BD 的游離比值 I 很大, 估計得到的數值爲 $6 - 10 \times I_0$ (I_0 爲最小游離數值). 這徑跡終止於第五塊鉛板中, 且沒有發生任何可見效應, 也找不到從 D 點射出 γ 光子的跡象.

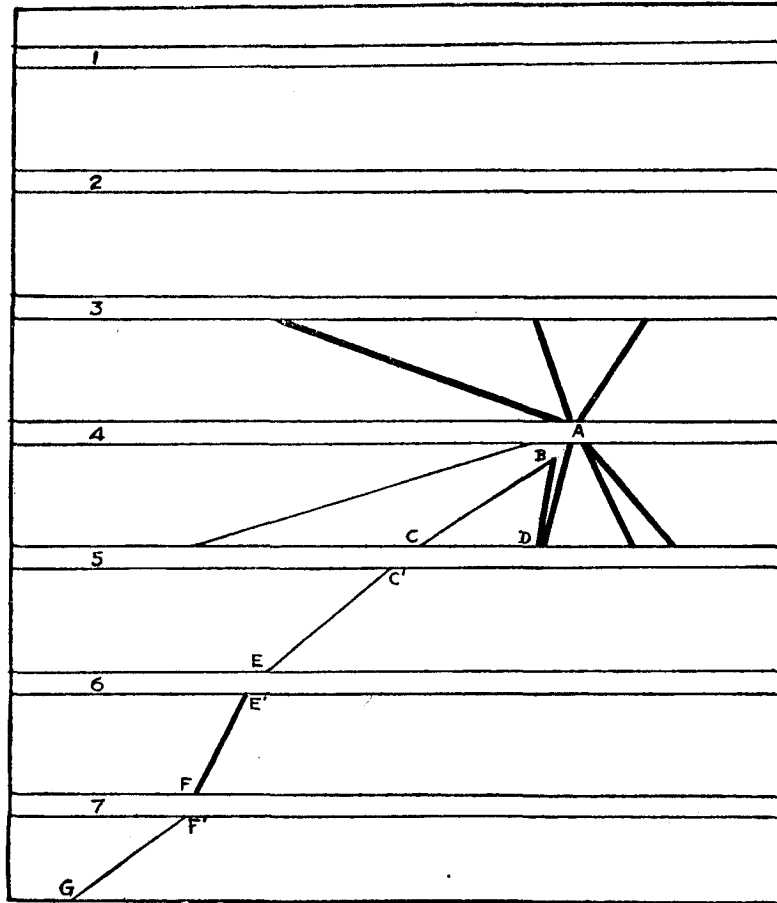


圖 2. 產生中性重介子的核交互作用和中性介子的衰變產物的素描圖

$BCEF$ 為一典型輕介子徑跡。表 1 的第一列為從觀察估計得到的這條徑跡在各塊鉛板之間的游離比值。表 2 為這粒子穿過各塊鉛板時所穿行的路程

表 1

	第四塊和第五塊鉛板之間 (BC)	第五塊和第六塊鉛板之間 ($C'E$)	第六塊和第七塊鉛板之間 ($E'F$)
觀察估計得到的游離比值 $I (\times I_0)$	1.2—1.5	1.5—2	2.5—4
假設 BC 是動量為 $140 \text{ Mev}/c$ 的 π 介子留下的徑跡計算得到的游離比值 $I' (\times I_0)$	1.5	1.9	3
假設 BC 是一個剩餘射程為 $29 \text{ gm}/\text{cm}^2$ 鉛的 $m=1000 m_e$ 的粒子所留下的徑跡計算得到的游離比值 $I'' (\times I_0)$	2.2	2.8	4

R 及其投射散射角。這條徑跡終止在第七塊鉛板中。最有趣的是：從這條徑跡的終點，發射出了一條最小游離的徑跡， $F'G$ 。

徑跡 $BCEF$ 基本上和雲霧室的前面玻璃平行， $F'G$ 的方向稍向後， BD 和垂直方向所夾的角也不大（約 10° ）。 BD 和 $BCEFG$ 全都在照明區域內。

表 2

	第五塊鉛板	第六塊鉛板	第七塊鉛板
粒子穿過鉛板時所穿行的路程 R (gm/cm^2)	12	9.4	7.9*
粒子經過鉛板時的投射散射角 φ (觀察得到的)	8°	26°	—
假設其為 π 介子，根據多重庫倫散射計算得到的粒子經過鉛板時的平均投射散射角 $(\overline{\varphi^2})^{\frac{1}{2}}$	9.6°	11.3°	—

* 假定 $BCEF$ 的終點在第七塊鉛板的底下一面。

從表 2 的第一列可以看出，產生徑跡 $BCEF$ 的粒子在鉛中的剩餘射程應在 $21.4 \text{ gm}/\text{cm}^2$ 和 $29.3 \text{ gm}/\text{cm}^2$ 之間。相當於這樣剩餘射程的 π 介子的動能應在 53 Mev 和 64 Mev 之間，或它的動量應在 $130 \text{ Mev}/c$ 和 $145 \text{ Mev}/c$ 之間。表 1 的第二列是假定這粒子是動量為 $140 \text{ Mev}/c$ 的 π 介子來計算得到的在各塊鉛板間的游離比值 I' 。從表 1 可以看出， I' 和 I 的數值相符。在表 1 中，還列出了假設 $BCEF$ 是一個質量為 $1000 m_e$ ($m_e =$ 電子質量)、剩餘射程為 $29 \text{ gm}/\text{cm}^2$ 鉛的粒子所留下的徑跡來計算所得到的結果；將這結果和觀察得到的比較，可以看出其差別很大。此外，假設 BC 是動量為 $140 \text{ Mev}/c$ 的 π 介子徑跡，根據多重庫倫散射計算得到的平均投射散射角 $(\overline{\varphi^2})^{\frac{1}{2}}$ (表 2 中的第三列) 和觀察得到的投射散射角 φ (表 2 中的第二列) 比較，在粒子穿過第五塊鉛板時，二者很接近；但在它穿過第六塊鉛板時，計算得到的 $(\overline{\varphi^2})^{\frac{1}{2}}$ 比觀察得到的 φ 小得多；這可能是粒子接近射程的終點，也可能是遭受了核散射。因此，我們認為 $BCEF$ 是 π 介子留下的徑跡。

由於這 π 介子停止在第七塊鉛板裏後，又發射出了一條最小游離徑跡，我們認為這 π 介子帶正電。因為 π^- 介子被鉛原子核吸收以後，不可能發射出最小游離的粒子，具有 100 Mev 的動能的質子的游離比值就已經達到 $3.6 \times I_0$ 。

另外，這最小游離徑跡也不可能是由於 π^- 介子和鉛原子核組成的介子原子所放出的 γ 光子所引起的；因為 π^- 介子在重原子核附近被吸收的幾率比在波爾軌道間的躍遷幾率大得多。麥克歌爾等^[2] 觀察到， π^- 介子原子作 $2p \rightarrow 1s$ 躍遷的幾率很快地依 Z 的增加而減低，當 $Z = 8$ (氧) 時，停止的 π^- 介子作 $2p \rightarrow 1s$ 躍遷的幾率就已只有 1%。但如這 π 介子帶正電，則 π^+ 介子停止在鉛中，可通過 $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ 射出正電子；王淦昌等^[3] 曾用雲霧室觀察到過 μ 介子停止在 1.27 cm 厚的鉛中衰變放出電子。所以我們認為 $BCEF$ 是 π^+ 介子徑跡， $F'G$ 為正電子徑跡。

肯定了 BC 是動量在 130 Mev/c 至 145 Mev/c 範圍以內的 π^+ 介子，現在來看 BD 是什麼粒子的徑跡。首先，這粒子必須是帶負電。由於 B, C, D 和 A 四點共面，這中性粒子的衰變應為二體衰變。從平衡動量得到這帶負電粒子的動量在 147 Mev/c 至 175 Mev/c 之間，因之從它的游離比值看來，決不可能是 π 介子。表 3 為當動量為 147 Mev/c 和 175 Mev/c 的各種質量的粒子

表 3

動 量 (Mev/c)	游 離 比 值 ($\times I_0$)			
	$m=900 m_e$	$m=1000 m_e$	$m=1200 m_e$	質 子 ($m=1840 m_e$)
147	6.9	7.6	10.7	20
175	5.0	5.9	7.8	15.5

($m=900 m_e$, $m=1000 m_e$, $m=1200 m_e$ 及質子) 的游離比值。由表 3 可見，產生徑跡 BD 的粒子的質量如在 1000 m_e 左右，則其游離比值和觀察估計得到的 ($6 - 10 \times I_0$) 數值相符。由於大部分宇宙線 K^- 介子停止在照像乳膠中所產生的核交互作用的可見能量小於 50 Mev^[4]，這樣的核交互作用產生在 0.64 cm 厚的鉛板中，很可能任何一枝也跑不出這樣厚的鉛板。因此，我們認為，將 BD 解釋為一條 K^- 介子徑跡最和觀察相符。

根據上面所述，我們認為這中性粒子的衰變，用質量 $\sim 1300 m_e$ 的中性介子衰變成爲一個 π^+ 介子和一個 K^- 介子 (Q 值約爲 30 Mev) 來解釋，最和我們觀察所得到的結果相符。

雷頓等^[5] 曾假設存在有 V_3^0 粒子 ($V_3^0 \rightarrow \pi^+ + K^- + Q$, $Q \sim 60$ Mev)

來解釋他們得到的一個 V^0 粒子。雖然我們觀察到的這個中性介子的衰變的 Q 值比他們的小，但可能我們觀察到的這個中性介子即是雷頓所假設的 V^0 。

現在來看，是否還有其他的可能來說明我們觀察得到的結果。

首先，也許這中性粒子是 τ^0 介子 ($\tau^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$)。如果是這樣，由於 BC 和 BD 的動能不大，則 τ^0 的動能也不會很大；所以，如用 τ^0 介子衰變來解釋我們的中性粒子，則 B, C, D 和 A 共面的幾率很小；同時，也沒有找到從 B 點發出 γ 光子的跡象。另外， τ 介子的壽命較長 ($\sim 10^{-8}$ 秒)，這也和我們觀察到的 ($\sim 10^{-10}$ 秒) 不很相稱。

其次，由於 BD 的游離比值很大，因而可能估計的數值 ($6 - 10 \times I_0$) 偏低，也就是說，可能 BD 是一條質量為質子的粒子留下的徑跡。如果我們的中性粒子為 Λ^0 ，則很難解釋為什麼 π^- 介子停止在鉛中後，會發射出最小游離徑跡；即使 $BCEF$ 是 μ^- 介子，根據克福等^[6] 量得 μ^- 介子停止在鉛中衰變的表觀壽命為 0.76×10^{-6} 秒，則 μ^- 介子停止在鉛中衰變的幾率也只約為 3%，同時 Λ^0 衰變成為質子和 π^- 介子已為一般所接受。此外，雖然我們不能除去 BD 為負質子的可能，然而很難想像負質子終止在 0.64 cm 的鉛板中而看不見任何效應，而且至今還沒有實驗證實過負質子的存在。當然，我們也不能完全除去 BD 為負超重子的可能。

參 考 文 獻

- [1] 王淦昌、鄭仁圻、呂敏，物理學報，11 (1955)，421.
- [2] McGuire, Camac, Halbert and Platt, *Phys. Rev.*, 95 (1954), 625.
- [3] Wang (王淦昌) and Jones, *Phys. Rev.*, 74 (1948), 1547.
- [4] Dilworth, Occhialini and Scarsi, *Annual Rev. of Nuclear Science*, 4 (1954), 271.
- [5] Leighton, Wanlass and Anderson, *Phys. Rev.*, 89 (1953), 148.
- [6] Keuffel, Harrison, Godfrey and Reynolds, *Phys. Rev.*, 87 (1952), 942.

