

研究簡報

在鉛板裏發生的電子光子簇射

王淦昌 鄭仁圻 呂 敏

(中國科學院物理研究所)

ELECTRON-PHOTON SHOWERS IN LEAD

WANG KAN-CHANG CHEN JEN-CHI LEE MIN

(*Institute of Physics, Academia Sinica*)

關於把電子光子簇射的實驗與理論相比較的工作，還是非常的少。我們在用雲霧室研究穿透簇射和星芒的過程中，也獲得一些電子光子簇射的照片。從中選擇了適合於研究條件的一部分，加以分析，與理論作比較。

雲霧室是方形的，每邊 50 厘米，深 25 厘米，照明寬度 14 厘米。室中放置 7 塊鉛板，每塊厚 0.64 厘米。雲霧室的膨脹是由置於該室上下的兩排（有時三排）計數管的符合計數促成的（具體安排不在此處詳述，因與本文關係很少）。用兩個與雲霧室正面的法線成 12° 的照相機，攝得立體照片。

我們所選擇的簇射，是符合下面的要求的：簇射的軸，必須包含於或近乎包含於和雲霧室正面相平行的面裏，而且這個軸是在照明區域的中間。只有這樣，每兩塊鉛板中間的電子徑跡，才是全部處在照明區內。太大的和太小的簇射，我們都不加以考慮。因為前者的電子徑跡數目太多，不可能數清楚，後者又因數目太少，統計漲落太大。此外，必須從照片中明確簇射是由一個電子或由一個光子所促發的。

在數百個簇射中，只找到了少於 10 個合乎上述條件的簇射。現在只把其中的 4 個加以研究。這 4 個都是由一個電子促發的簇射。它們的發展情況，可以由表 1 說明。No. 1 和 No. 2 的照片（甲和乙）也附在後面。從表 1 可以

表 1

經過鉛板的數目	厚度 t (輻射單位)	電 子 數 目 $\S$				平 均*
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	
0	0	1	1	1	1	1
1	1.12	1	9	7	5	5.5 ± 1.7
2	2.24	6	17	17	17	14.2 ± 2.7
3	3.36	15	21	22	27	21.2 ± 2.3
4	4.48	29	28	23	31	27.8 ± 1.7
5	5.60	23	17	26	25	22.8 ± 2.0
6	6.72	20	15	18	20	18.3 ± 1.0
7	7.84	18	15	15	15	15.0 ± 0.8
總 數		118	123	119	141	

*偏差數只表示標準平均偏差。

$\S$ 倘電子是由鉛板面向上反射,我們都不予計算。

看出,這 4 個簇射的發展是很相似的,因此它們的初級電子的能量也必定很相近。假定這些能量是相同的,我們就可以表 1 最後一項的數值,繪成點,如圖 1 所示。

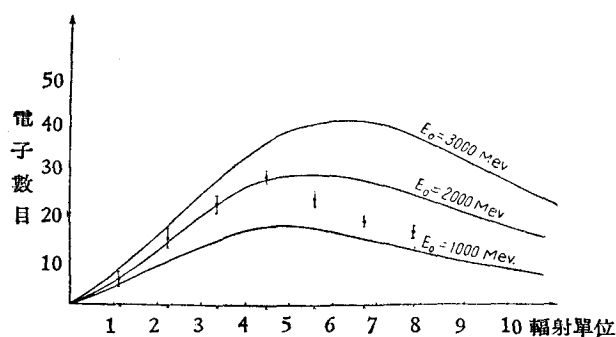


圖 1

關於電子光子簇射理論方面的工作是很多的,但關於在重物如鉛裏產生的簇射的理論,還是很少。伯恩司坦^[1]的工作,只可以應用到空氣而還不能應用到鉛。查采平^[2]用近似公式計算經過鉛的簇射曲線。近來奧特^[3]比較全面地考慮了簇射經過物體的理論,最後得出可以應用到簇射經過各種物體的近似公式。這公式所得出的關於鉛的結果,基本上與查采平的相同。因為奧特採用的常數比較新些,我們把他的數值畫成曲線如圖 1 所示。從這個圖上的各條

曲線看來，就知道理論與實驗的結果並不符合，主要在於經過最大點後，理論曲線的傾斜度，比實驗的來得小些，雖然估計了實驗數據的漲落，但這差別並不算大。我們知道，按照一般的理論推測，簇射穿過重物時，表示電子數目和深度關係的曲線的向下傾斜度是比較穿過輕物體時來得小。現在我們的實驗結果，恰似簇射穿過輕的物體而不似穿過鉛，事實上我們也發現我們的實驗曲線與斯奈得^[4]的對於很輕物體才適宜的理論曲線很相近。我們認為這原因是在於奧特的公式沒有估計到散射的影響。由於能量小的電子在鉛板內遭到很大的散射，當它們在臨界能量 $E_c(\approx 7.4 \text{ Mev})$ 時，它們的平均散射角已近乎 78° ^[5]。因此能量小的電子根本很少有機會離開鉛板而射入空氣內（但它們由空氣進入鉛板時被反射而回到空氣的機會，反而比較多些）。當簇射穿過鉛板塊數越多時，小能量的電子數目會相對的增加，因此能夠進入空氣的電子的數目就減少得很快。我們認為這就是對於實驗曲線與理論曲線不符合的定性解釋。我們曾試作如下之假定：當電子能量小於一定數值 E_c 時（ E_c 大概在 1 至 2 Mev 的範圍內），電子即因散射太大而不能跑出鉛板，但若能量大於此值，就可穿過而進入空氣層^[6]。根據這個假定，我們計算出 $N(E_c, t, E_0)$ 當作實際上經過 t 厚度鉛板所觀察到的電子數目。雖然這樣修改的方向，似乎是準確的，但仍不能與實驗結果相符合。因此積聚更多的實驗數據，和把理論更深入的處理使合乎實際條件是今後努力的方向。

除了上述四個簇射外，從照片丙還可以看出另外一個簇射。它的電子數目已經很難數清楚。它的最大點的電子數目大約在 45→55 之間， E_0 大概在 4 Bev 左右。

要比較準確的測定簇射的能量，除了用比較理論曲線與實驗曲線的方法外，更可靠的方法是從這些簇射的電子數目與由 π^0 介子的衰變而產生的簇射的電子數目相比較。事實上我們也獲得一些這種簇射，但適合於作測量用的比較還少。照片丁的 s_1 和 s_2 就表示由星芒發出的 π^0 介子所產生的兩個簇射。從公式 $\sin \theta = \frac{m_{\pi^0} c^2}{2\sqrt{E_1 E_2}}$ 及 θ 等於 40° ，得出它們的能量是 $E_1 \simeq E_2 \simeq 220 \text{ Mev}$ 。另外從簇射公式中^[3]得出在最大點的電子數目 $N_{\max}$ 是

$$N_{\max}(t_{\max}, E_0) = \frac{0.123}{\sqrt{\ln y + k_2 - \frac{1}{2}}} y, \quad y = \frac{E_0}{\epsilon},$$

$$t_{\max} = y + k_2 - k_- - 1.$$

從中得出當 $E_0 = 220$ Mev 時, $N_{\max} = 4$, $t_{\max} = 3.8$. 而實際是 $N_{\max} \simeq 7$, $t_{\max} \simeq 3.4$. 在另一個 π^0 介子, 也得出相似的結果: 即由 π^0 介子衰變公式得出簇射的初級電子能量似乎比由用上述比較曲線的方法所得出的能量來得小一些. 但因前者的漲落太大, 兩種方法的結果, 也不能算是不相符合. 因此我們仍用比較理論曲線與實驗曲線的方法得出表 1 中所示的簇射的能量大概是 $1.5 \rightarrow 2.0$ Bev.

參 考 文 獻

- [1] Bernstein, I. B., *Phys. Rev.* **80** (1950), 995.
- [2] Зацепин, Г. Т. *ДАН* **63** (1948), 243.
- [3] Ott, K., "Kosmische Strahlung" herausgegeben von W. Heisenberg, (1953), 344.
- [4] Snyder, H. S., *Phys. Rev.* **76** (1949), 1563.
- [5] Беленький, С. З., Лавинные процессы в космических лучах, стр. 175.
- [6] Nassar, S. and Hazen, W. E., *Phys. Rev.* **69** (1946), 298.