

正電子的發現(1932年8月)

(譯自 APS News, 2004年8月)

譯/蕭如珀、楊信男

「星際奇航」(Star Trek)的創作者 Gene Roddenberry 結合大量真實的科學於其虛構科幻影視系列中，是史上最成功的影集之一，其中有一個物質／反物質引擎，可以啟動「企業號」，使其虛擬的航速比光速還快。

1928年，英國的物理學家 Paul Dirac 由愛因斯坦的相對論推論說，宇宙中的每一粒子皆有一相對應的反粒子，其質量相同，但帶著相反的電荷，形同一組孿生子。

於是，科學家競相尋找此假設的實驗證據，最後由加州理工學院的博士後研究員 Carl D. Anderson 勝出。

Anderson 於 1905 年誕生在紐約，父母是瑞典人 (譯者按：原文誤為瑞士人)，當他 7 歲時，舉家遷往洛杉磯，不久父母離異。因此，Anderson 很早即需幫忙負擔家計，但仍得以進入加州理工學院接受大學教育。起先他想攻讀電機工程，但在上過一門特別有啟發性的物理課程後，他決定改讀物理。最後他在加州理工學院獲得物理工程學 (即為現在的應用物理學) 的博士學位。

Anderson 大半的研究生涯都在加州理工學院度過，他早期研究 X 光，但因 Victor Hess 於 1930 年發現宇宙線，Anderson 即在他的恩師 Robert A. Millikan 的建議下，轉而研究那些高能的粒子。大多數的科學家做宇宙線的研究都會使用「雲霧室」，那是一個短的圓柱，兩端由玻璃板組成，內部則是水蒸氣氣體。當帶電的離子通過雲霧室時，會留下水滴的痕跡，可經由攝影呈現出來。透過測量水滴的密度，科學家可

據以推測電荷產生的游離量—進而得知通過的粒子種類。

經過改良後，Anderson 建造了他自己的雲霧室，裏面還裝上一活塞，可以讓壓力急速降低。此外，他將室內的水氣混合酒精，如此攝影的效果比同行們的要好很多。他再將雲霧室繞上一個大電磁鐵，可以使得電離子的軌跡呈現圓弧形；再量出軌跡的曲率 (或半徑)，就可算出粒子的動量而測出其所帶的電荷量。

Anderson 所得到的攝影結果讓他大吃一驚，因為它顯示出宇宙線產生大量帶正、負電荷的粒子，而其中帶正電荷的粒子並非如大家所預期的是質子，因為如果真是質子，而它又帶有由其軌跡的半徑所算出的動量 (或速度) 的話，那麼它在停止之前所走的距離應該要比實際看到的短很多。

Anderson 和 Millikan 因此推測，那些帶正電荷的粒子可能是朝反方向運動的電子。

為了測試他們的假設，Anderson 就在雲霧室裏放了一塊鉛板，當粒子通過鉛板時，會從另一端出來，所帶的能量比通過前少，因此可推測出其行進的方向。

1932 年 8 月，Anderson 將雲霧室裏帶正電荷的電子 (現在已知為正電子) 通過鉛塊的歷史性照片記錄下來，確定它是朝上行進帶正電荷的粒子。

雖然一開始科學界對此假設出現了質疑的聲浪，可是 Anderson 所得到的結果在第二年就得到了證實。科學家證實了正電子是伽瑪射線轉變成物質時，所產生的一組帶正電荷與負電荷電子中的一個。

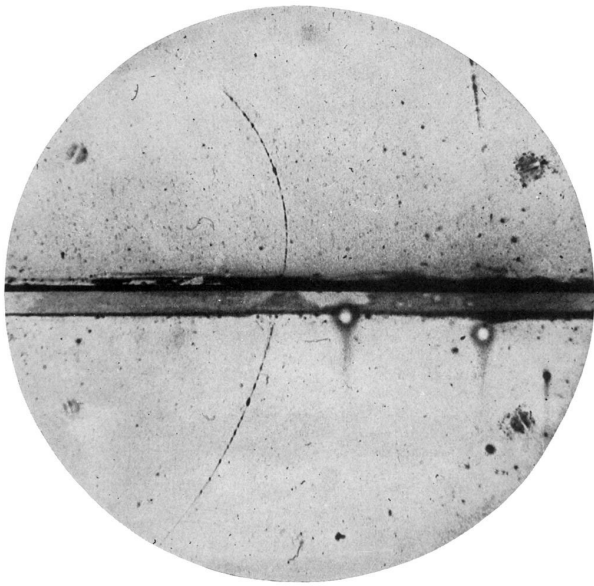


Photo Credit: Carl D. Anderson, Physical Review
Vol.43, p491 (1933)

Anderson 於 1932 年在雲霧室中所攝得的宇宙線，第一次顯示出反電子的存在。圖中可見粒子從下面進入，通過中間的鉛版，繼續往上行進，上面的軌道曲率較大(半徑較小)，表示它損失能量後，速度變慢了。

此發現讓 Anderson 於 1936 年與 Hess 分享諾貝爾物理獎，當時他年僅 31 歲，是史上最年輕的獲獎者¹。反質子—帶負電而非平常帶正電的質子，於 1955 年為柏克萊加州大學的研究員所發現；隔年發現反中子；但卻在 30 年後，科學家才創造出第一個反原子。

1995 年，位於日內瓦的歐洲實驗高能物理研究中心 CERN 的研究員利用低能反質子環〈Low Energy Antiproton Ring, LEAR〉使反質子減速，而非加速，這樣可以將正電子和反質子配對在一起，產生 9 個反氫原子，每個僅持續十億分之 40 (40×10^{-9}) 秒。

之後的 3 年間，CERN 的研究團隊每小時最多可以產生 2,000 個反氫原子。

這樣仍無法達到可實際應用所需的反物質推進劑。要到達星際的目的地需要好多噸的反質子，而 CERN 的設備一年所生產的反質子僅夠 100 瓦的電燈亮 3 秒，且這還尚未考慮到生產反質子時供應高強度

粒子束所需的巨大能量。

然而，2000 年時，NASA 的科學家卻宣稱，他們早期的反物質引擎設計可能可以將太空船送上火星，所需的燃料只要使用百萬分之 1 克的反物質。

如今，正電子已經發現了一個有用的用途—正子斷層掃描〈PET〉。這個醫學造影技術是在病人體內注入放射性原子核，再觀察它衰變時所釋出的正電子，與人體器官內的電子在低能時的湮滅所產生的伽瑪射線，以建造出腦內部功能的影像。這樣產生的能量並不足以形成最輕的粒子與其反物質，只會顯示出兩條伽瑪射線。

註 1：Anderson 在 1936 年 12 月獲獎時，年 31 歲 3 個月，這個記錄後來被李政道所打破。李政道於 1957 年 12 月 12 日獲得諾貝爾物理獎時，年僅 31 歲又 18 天。

譯者簡介

蕭如珀 自由業

楊信男 台灣大學物理系

E-mail: snyang@phys.ntu.edu.tw