



## 反物質

### ● 傅俊結\*

反物質，顧名思義，它就是一種和我們生活上能夠認知感受得到東西，在某些特性上相反的物質。反物質是一種真正存在的物質，人類可以把它製造出來，但是我們的感官是感受不到反物質的存在的。一旦你可以感受到反物質的存在，也就是說，如果你可以跟反物質有感官上的接觸，那麼你將會灰灰淹沒，爆炸成能量，變成輻射。這就是反物質的特性，只要反物質跟一般我們所知的普通物質一接觸，那它們就會爆炸，變成輻射。科學家已經可以在實驗室製造出少量的反物質，有多少的少量呢？真的是有夠誇張的少。首先是 1995 年，歐洲的核子研究中心 CERN，他們宣布製造出了 9 個反氫原子，讀者注意喔！你們沒有看錯，就是 9 個反氫原子，才 9 個。

科學家說，所謂宇宙萬物都是由原子組成的，而氫原子應該就是化學週期表裡面最簡單的原子了，任何一粒沙子，應該也都有十幾億個以上的原子組成吧。所謂物以稀為貴，反物質應該就是我們這個世界最貴的物質了。什麼黃金鑽石之類的根本就比不上。為什麼？因為在 2004 年的時候，歐洲核子研究中心為了製造一萬億分之 1 克的反物質，竟然花費了將近兩千萬美金。所以，按照這個比例算下去的話，如果要生產出 1 公克的反物質，要多少錢呢？你們自己算吧，我不敢算。我們這個地球負擔不起在實驗室裡面生產反物質啦。而且反物質的製造並不像我們一般所認知的，蓋一間工廠，買一台機器，就可以生產出來。它是透過大型的粒子加速器，把高能量的高速質子發射出去，讓他們互相碰撞，再藉由巨大磁鐵的強大吸力，把反質子分離出來，再

\* 傅俊結，南台科技大學電子工程系副教授。



讓反電子圍繞著反質子旋轉，這樣就可以製造出反氫原子。反氫原子製造出來之後，還必須把它放在完全的真空中，否則它跟一般的雜質一碰撞，又變成輻射了。

有關反物質的一個還沒解決的難題，就是為什麼反物質在自然界中會這麼的稀有？科學家認為宇宙一開始誕生的時候，反物質跟我們所認知的普通物質應該是一樣多的，那到底是出了什麼狀況呢？為什麼經過 140 億年之後，反物質是這麼的稀少。我們要知道它的存在，還必須在實驗室裡面，花費巨大的資金，才能製造出一丁點的反物質。科學家提出了一些理論來解釋這個現象，但是到目前為止，還沒有一個被大部份的科學家所接受的理論。事實上，在宇宙一開始誕生的 1 秒鐘之內，大部分的反物質可能就消失無蹤了。個人認為，亂猜的，猜錯不要打我，反物質可能和暗物質有關係。

接下來，我們要談一點反物質的歷史，反物質當然就是由所謂的反粒子組成的。人類對反粒子的認知，首先是由理論產生的。1928 年，英國理論物理學家狄拉克 (Dirac) 提出一個方程式，現在這個方程式被叫做狄拉克方程式，狄拉克方程式被用來，在相對論效應下，電子的運動所要滿足的方程式。狄拉克在解他的方程式時，發現除了正能量的解之外，他的方程式還帶有一個負能量的解。那個正能量的解，當然就是代表電子，可是負能量的解呢？剛開始，狄拉克左思右想想不出個所以然來，可能認為這個負能量的解是沒有意義的。就像我們在中學時，剛開始學習解方程式的時候，有時候會解出沒有意義的解。

狄拉克沒有放棄，經過三年深刻思考，1931 年，狄拉克發表了一篇論文，他預測了一個尚未被觀察到的粒子的存在，這個粒子就是代表他的方程式的那個負能量的解，而且他預測這個粒子跟電子有一樣的質量，只是電荷相反而已，狄拉克就把這個粒子，叫做反電子。

一年之後，美國的實驗物理學家安德生，在宇宙射線中居然找到了這個狄拉克所預測的粒子，後來人們就把這個粒子叫做正電子。安德生也因為此發現而得到諾貝爾物理獎，而狄拉克早在幾年之前，就因為對量子力學的貢獻得到過諾貝爾物理獎。這個例子也說明了數學對科學的重要性。在還沒發現正電子之前，居然由數學的計算，就可以預測得到正電子的存在。當然這也需要有狄拉克的這種天份，能夠看出數學計





算結果所代表的物理意義。

很多傑出的數學家，算了一大堆數學結果，可是卻看不出他們所算的數學有何物理意義呢？接下來的歷史發展，就是科學家發現不只電子有反粒子，質子也有它的反粒子，後來更證明，所有的基本粒子，都有它相對應的反粒子的存在。因此科學家就猜測，我們這個宇宙中應該會有一種物質，這些物質完全是由我們一般認知的基本粒子的反粒子所組成的，這個物質就是所謂的反物質。

