

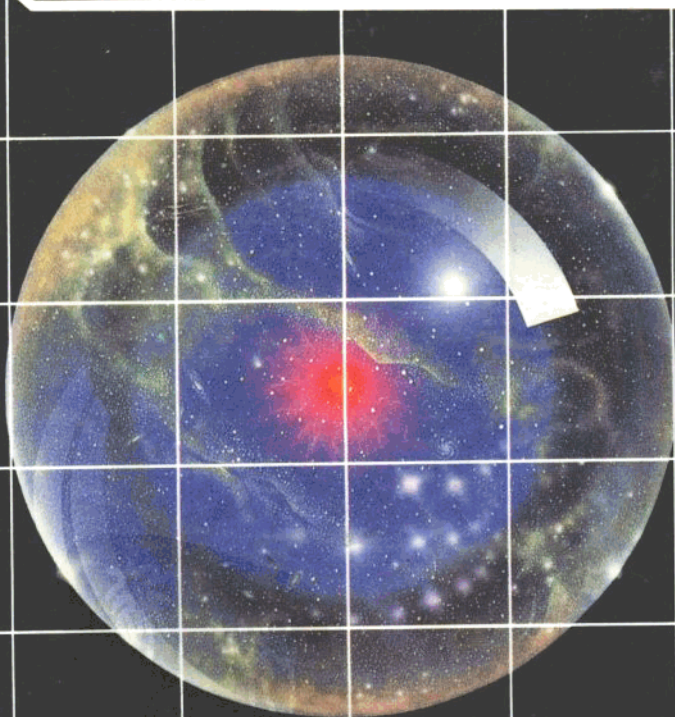
新世紀叢書

反粒子的發現與組成

反物質的世界

譯者：王國銓

審定者：錢凡之



銀禾文化事業有限公司



059

新世紀叢書

反物質的世界

銀禾文化事業公司印行



059

新世紀叢書

反物質的世界

主 編：新世紀編輯小組

審定者：錢凡之

譯 者：王國銓

出版者：銀禾文化事業有限公司

發行人：陳俊安

地 址：台北市和平東路2段96
巷3-1號

電 話：7005420·7005421

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣90元

新聞局登記證局版台業字第3292號

1986年元月初版

■版權所有·不准翻印■

序

在科學進步，知識爆發的現代世界中，一個國家民族的興衰取決於全體國民是否擁有現代化的知識。一個國家即使擁有很多進步的科學機器，但是人民的思想、觀念仍停留在幾十年前的舊巢中，那將是滿清時代所追求的「船堅礮利」翻版而已，完全無補於事，因此普及全民知識是一件刻不容緩之事。

本公司有鑑於此，特成立新世紀編輯小組，無論就自然科學或社會科學，選定重要題目編輯成一系列叢書，逐冊推出，並且以普及版方式印製，希望這一系列的叢書能提供給國人一連串新的知識與觀念。

一件事情的成功，固然是要在事前有妥善規劃與謹慎的執行，而一套叢書發行的成功除了要有上述的要件外，更需要有廣大讀者的支持和批評。希望讀者們能在閱讀本書後給我們寶貴的意見，做為我們編列這套書的參考，謝謝！

陳俊宏

於一九八五年十一月

前 言

我們是住在物質的世界裡。樹木、水、房子、汽車等等都是物質。脚下的地球、我們的身體，都是由好幾種物質所構成的。

假如有人說，在這個物質世界之外，還有另一個世界。相信不會有人理他吧。如果他竟然要主張有一個反物質世界，那他必定會被別人當做瘋子看待。可能有些人會以為，反物質世界就好像人死後的世界那樣的抽象，看不見、不可思議。儘管有許多事情超越了我們的常識與直覺的範圍，但以現代物理學的立場來說，這些事情卻未必是違反物理學的現象。反物質的問題就是其中之一吧。

本書所談的反物質絕不是抽象、非科學的東西或概念。它們跟普通的物質一樣，是可以經由科學了解的一種實體。以現代物理學來說，有物質也有反物質。這是一件非常自然的事。以物理學的立場來說，物質和反物質是平等的。可能會有人說，「既然反物質這麼有份量，那麼拿來給我看吧。我要把物質放在右手掌，反物質放在左手掌，仔細比較」。說得好，自然科學是實證的

II 反物質的世界

學問，如果無法觀測，有誰會相信有反物質呢？

事實上，本書也沒有辦法滿足「把反物質拿來看」的要求。雖然拿不出實物，但是倒可以拍攝些構成反物質的材料的照片。既然有反物質的材料，為何拿不出反物質？對於這個問題，本書將有詳盡的解答。在大自然中，由反物質所構成的材料的存在，是千真萬確的事實。所以若是能蒐集足夠的材料，就可能造出反物質來。這好比我們有了木料和釘子，就可以建造一間小木屋一樣自然。當然還需要一些工具和技術。

那麼，

1. 反物質的材料是什麼？
2. 既然看得見反物質材料，為何不能觀測它。
3. 反物質的世界究竟在那裡。

這些疑問，與物質的終極形態和宇宙的起源這兩個大問題，有密切的關係，所以無法以三言兩語就說明清楚。而這些疑問都是現代物理學最尖端的課題。

這些問題還沒有解決，其中有許多不明瞭的地方，因此目前有關它們的想法，還很粗糙。因此，本書盡可能也介紹一些目前不算做主流的種種想法。隨著實驗技術的進步，說不定現在被冷落的想法，會變成將來的主流。

以傲視世界和大宇宙為舞台，再加上一些筆者經歷

過的實驗過程，我們一起來探討反物質吧。這本書雖然是一般人爲對象而寫，但難免有些部份較爲深奧。請不要拘泥於那些部份，讓我們去了解反物質世界的全貌。

目 錄

前 言	I
第一章 物質消滅後放出的能量	1
第二章 物質是什麼？	17
第三章 基本粒子的相撞	49
第四章 基本粒子的內部	81
第五章 宇宙中的反物質	117
第六章 探索反物質	149

第一章 物質消滅後放出的能量

西元二一〇〇年

銀河逐漸消失，年復一年，因爆炸而死亡的恒星越來越多。在月球上的宇宙物理學研究所內的一間會議室，以大偉博士為中心的研究小組，還在熱烈地球論桌子上的最新觀測資料。這是西元二一〇〇年的某一天。

我們所居住的地球是太陽系中的一個行星。是在太陽周圍回轉的九個行星中的一個。太陽是一個非常大的星星集團中的一顆星。銀河中有無數個大的星星集團，並約有二千億個像太陽這樣的星星。

西元二一〇〇年的今天，我們已有能力派遣太空船前往太陽系內所有的行星，去做調查工作。所以關於各行星的資料我們已蒐集了很多。

可是踏出太陽系一步，那裡還有許多我們尚未知道的事。銀河中就有二千億之多的星星。有的是剛出生的，有的是快要死亡的。星星的生命非常的長，在其一生中，它們是不停地變化，再變化。

星星會在其時時刻刻都在進行的變化中，發出信號



宇宙物理學研究所

。月球上的這個研究所，就是在研究從遙遠的宇宙來的電波及宇宙射線。根據這些情報，或許便能揭開星星誕生和宇宙構造之謎。

宇宙物理研究所的觀測資料顯示出，銀河的一個角落，還放出着強大無比的能量，而星星正逐漸消失。大偉博士的小組研究的題目就是，為什麼星星將要死的時候會放出那麼大的能量。

大偉博士一邊看資料，一邊自言自語的說。

「能放出這麼大能量的，除了物質和反物質的相撞之外還會有什麼？會不會就在銀河的那個角落，反物質世界和物質世界正在開始接觸？」

物質和反物質的接觸——如果真的有這種事，那麼



織女星附近的銀河・右上的亮星就是織女星

兩者都會在一剎那間「消滅」掉。這種消滅跟水的蒸發或紙張的燃燒那種消滅不一樣。水蒸發後成為水蒸氣，可以在空中浮游。紙張燒掉後會留下灰燼，放出二氧化碳。就是說物質不會因燃燒或蒸發而消滅，只是變換形態而已。

而物質和反物質相撞時，兩者都會消失，兩者的質量都會歸於烏有。那麼消滅掉的質量會到那裡去呢？消滅後會不會留下些什麼？以後我們再詳細討論這個問題。簡略地說，物質的質量會全部變換成能量。因此我們可以推算出其能量的大小。

那些能量會以光及基本粒子的形態爆開出去。假使物質的星和反物質的星接觸，兩個星都會瞬即消滅而變

成龐大的能量塊。宇宙物理研究所使用了一種特殊儀器，偵測出那種由星和反星的相撞產生的光和基本核子。

大偉博士端起咖啡杯，往窗外看。地球懸掛在黯淡的月世界地平線上，好美的藍色和白色的地球。地球的背景是無數的閃亮着的星星。乍看起來非常寧靜的宇宙的一個角落，是不是正在進行着物質消滅的爆炸性大變動？眼前這麼平靜的宇宙，怎麼會發出顯示大變動的資料呢？

大宇宙中真的有反物質的世界嗎？在遙遠的將來，我們的這個物質宇宙是否會跟反宇宙相撞而消滅？消滅後的宇宙呢？

反物質的世界的存在與否，與我們的宇宙的生存，有著非常密切的關係。

物質消滅後的能量

有好幾種方法可以從物質取出能量。最簡單的方法是，把物質燃燒而取其熱量。如炭或木炭，其主要成份是碳。讓它燃燒，碳會和空氣中的氧結合而成爲二氧化碳。

一公克的碳燃燒時會產生七・八瓩卡路里的熱。我們就是利用這些熱使水變成蒸氣，轉動渦轉而發電。

「燃燒」或「燒掉」這些字眼會使我們連想燒後的

東西會消失。其實，燃燒只不過是使原本分離的碳和氧結合。燃燒前的碳並沒有消失，祇是變成二氧化碳後進入空氣裡去了而已。

物質和反物質接觸時的「物質的消滅」跟這種燃燒完全不同。不像碳燃燒那樣，只是變換形態，是真的完全消滅掉。

只有一個辦法能使碳完全消滅。就是使碳和反碳接觸。這樣，碳和反碳都會完全消滅而產生強大的能量。就是說碳和反碳的全部質量完全變成能量。

「物質和反物質的消滅」就是這樣把全部的質量變換成能量。這種場合，從物質抽出能量的效率是百分之百。就是目前效率最好的原子核反應，都無法跟它相比。

主張物質的質量和能量相等的就是愛因斯坦。根據相對論，質量消滅後會變換成能量，能量也可以變換為質量。

我們來看看那種能量有多大吧，燃燒一公克的石油時，所能得到的能量只不過是一萬卡而已。這種由燃燒產生的能量叫做「化學能量」。

那麼我們所期望的原子力及原子核融合的能量呢？前者是由於鈾的原子核分裂，後者是由於四個氫原子核結合成一個氦原子核時產生能量。一公克的鈾會產生二〇〇億卡的能量，而原子核融合則大約為其數倍之多。

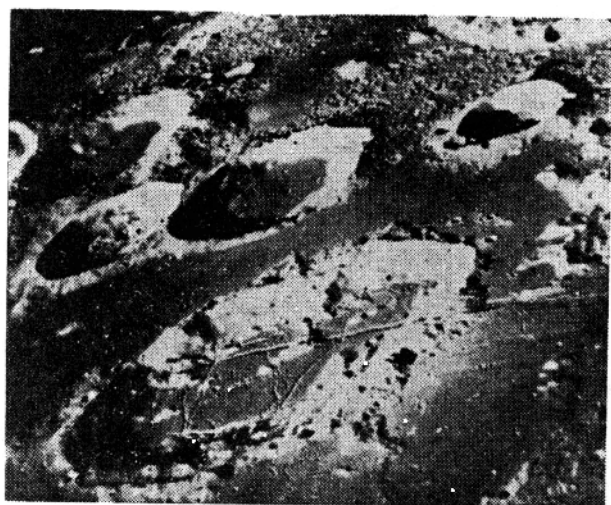
供給我們陽光的太陽，目前正進行着原子核融合。

一公克的物質消滅後，變換的能量有原子核分裂或融合所產生的能量的幾百倍之多。

原子核分裂或融合時，產生的能量也是由質量變化而來。假設分裂前的鈾的質量比分裂後的碎片的總質量大了約一千分之一，也就是說，鈾質量的一千分之一會變換成能量。可是物質消滅時，所有的質量都會變換成能量。因此，任何其他的方式的能量產生效率都不會超過它。

把一公克的水溫度提升一度，所需要的熱量是一卡。一杯水大約有二〇〇公克，所以燃燒一公克的石油只能把一杯水的溫度提升五十度而已。而一公克的物質消滅變換成的能量，卻可以使十萬公噸的冰沸騰。相較之下，我們在地球上所能獲得的能量，實在是太渺小了。

目前人類一年中所消耗的總能量，若換算成石油燃燒量，則大約是一〇〇億公噸。若以現在的速度消耗下去，地球上的天然能量可能只能維持幾十年，頂多幾百年而已。假若能利用物質消滅的能量代替，大約只要有一公噸的物質，就可以供給現在一年所需要的能量。假使我們能發現控制物質消滅的方法，就不需要再為能源問題傷腦筋了。



月球表面的隕石孔

宇宙物理學研究所

這所研究所是在月球「雲之海」附近的一塊平坦的地方。月球一直都以同一面向着地球，雲之海就是在這一面的中心附近。阿波羅太空船曾經在這附近登陸過。

研究所右方數百公里處，就是隕石孔密集地帶。那些隕石孔大小不一，從直徑只有一公里的到直徑八十公里的，各式各樣都有。

爲了調查隕石孔形成的原因，在阿爾泰山脈也設立了宇宙物理學研究所的基地。那個基地對於研究宇宙射線也有不少貢獻。

構成物質的最小單位是基本核子或原子，而宇宙射

線就是在宇宙空間中飛馳的基子粒子或原子核。當星星誕生或將要死亡時，其內部會造出種種基本粒子或原子核，而把它們放射出來。

在地球上，我們已經發現了一〇〇種以上的原子核及基本粒子。爲了要辨別基本粒子的能量或速度，曾經在地球上建造了許多巨大而精密的機器。幸好，月球上沒有地球上的那種大氣層。因爲宇宙射線衝入大氣層時，能量小的粒子會跟大氣摩擦而消失。而在月球上，就不會發生這種事。從宇宙來的射線不會受到任何損傷。我們可以從任何角度去詳細觀察它們。

研究所建造在地下五層，地上部份只是一個大圓蓋。建築物裡面隨時都保持著一大氣壓，爲了防止空氣漏掉，窗門及牆壁都是兩層的。萬一有什麼突發事故，可以有效的防止空氣的外洩或氣壓的降低。

月球表面的真空狀態和重力只有地球的六分之一，這對製造實驗裝置非常有利。搬運或安裝笨重機器時，只需要用在地球上的六分之一的力氣就夠了。要到幾公尺高的機器上面，只要輕輕一跳就可以。不過要注意不要失去平衡才行。

除了光學望遠鏡及電波望遠鏡之外，大型實驗裝置還有伽瑪射線，微中子偵檢器和原子核分析裝置等。所有儀器都由電腦控制着。儀器發生故障時，都是由具備

電子頭腦的機器人自動去檢查及修護。

會爆炸的宇宙

研究員小張遞給大偉博士一份資料，解釋著說：

「這就是過去一年，伽瑪射線偵檢器所測得的全部資料。會被地球上大氣層吸收，無法測出來的低能量伽瑪射線也清晰地顯示出來了」

「很好，由此可見地球的大氣多麼妨礙着宇宙射線的研究。這就是伽瑪射線的最高潮期嗎？好清楚呀。這可能就是物質和反物質相撞所產生的伽瑪射線吧」

「我們也查出，這些伽瑪射線是從恆星狀天體（QUASARS）3C373 的方向來的」

「好，最近微中子偵檢器也測出了非常多的反微中子。木星及土星那邊的觀測太空船送來的資料也是一樣」

「博士，由這些資料，是不是可以認為物質和反物質正在相撞？」

「我認為這個可能性很大。不過，假使真的是那樣的話，我們的宇宙觀及物質觀就需要大大的改變了」

據說，宇宙是在大約一五〇億年前爆炸而誕生的。大爆炸時，可能造出同量的物質和反物質。然後兩者馬上分離，構成互不相干的物質世界和反物質世界。