

The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

科技最前線(I)——宇宙探索



Newton

牛頓現代科技大百科 17 科技最前線 (I)——宇宙探索

出版者 / 牛頓出版股份有限公司

負責人：高源清

原著作名稱 / The Expanding Environment

原出版社 / Equinox (Oxford) Ltd.

譯者 / 洪家輝・翁坤詩

發行所 / 牛頓出版股份有限公司

地址 / 臺北市和平東路二段107巷25-1號一樓

電話：7061976・7061977・7059942・7062470

郵撥 / 1179402-3 牛頓出版股份有限公司

製版 / 詮盛彩色製版有限公司

印刷 / 偉勵彩色印刷股份有限公司

單冊定價 / 新臺幣 750元

初版 / 1989年9月15日

出版登記證 / 局版臺業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

●版權所有・翻印必究●

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本社更換。

Printed in Taiwan, R.O.C. 1989

ISBN 957-627-000-6

ISBN 957-627-005-7

總編輯 / 劉君祖

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 高孟忱・劉曼君・李傳楷・曾月卿

柳絲絲

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 傅華麗

封面企劃 / 陳融賢

The World of Science Encyclopedia

The Expanding Environment

Contributing Editor

Nigel Calder

John Newell

Editor

Bill MacKeith

Nicholas Harris

Designers

Niki Overy

Frankie Macmillan

Kevin Maddison

Picture researchers

Mary Fane

Alison Renney

Rose Taylor

Design Consultant

John Ridgeway

Project Editor

Lawrence Clarke

Advisors

Professor Jack Good

Professor André Lebeau

Professor James Lovelock

Contributors

Michael Allaby

Peter Beer

Professor Paul Davies

Dr Anthony Martin

Professor A.D. Papagiannis

Professor J.V. Smith

Lloyd Timberlake

Professor Sir David

Weatherall

Artists

Kevin Maddison

Colin Salmon

Mick Saunders

David Smith

Indexer

John Baines

Typesetting

Peter MacDonald

Una Macnamara

Production

Joanna Turner

Editorial assistant

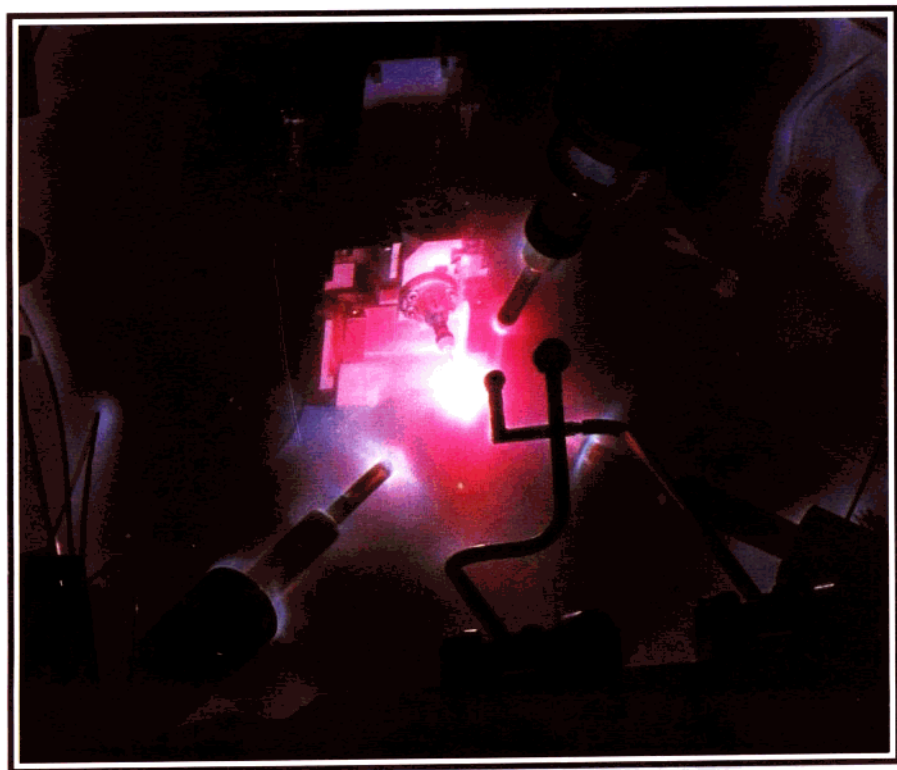
Monica Byles

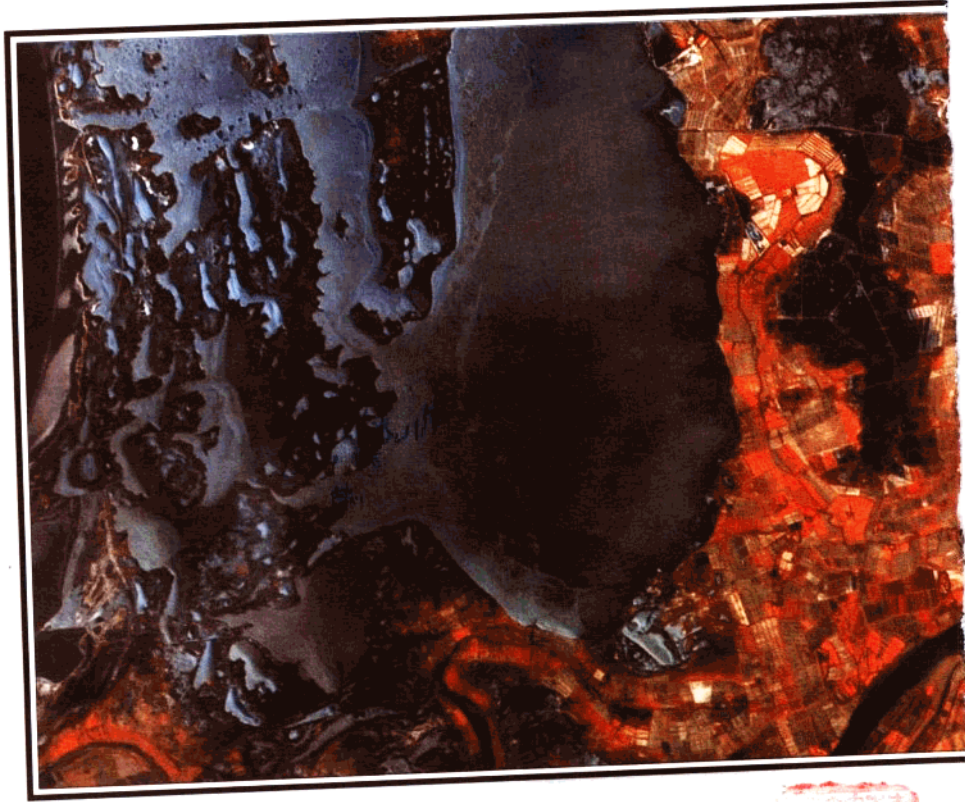
The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

科技最前線(I)——宇宙探索





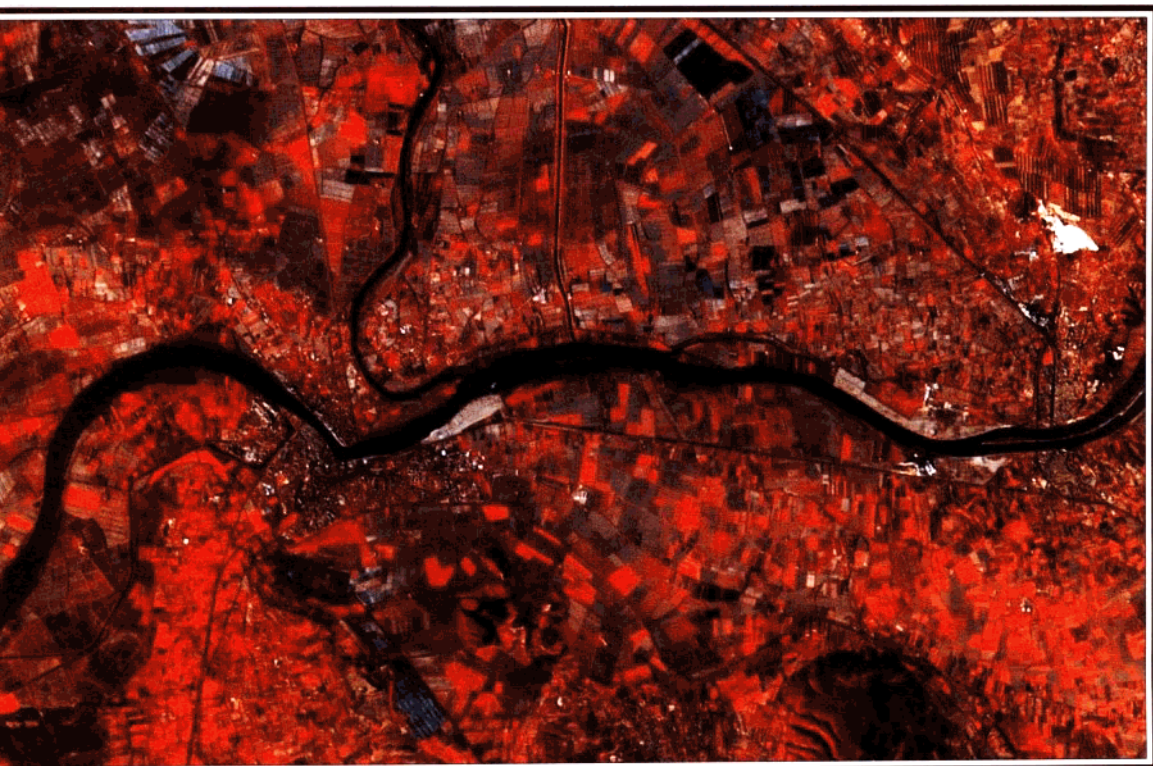
110

The World of Science Encyclopedia

牛
頓

現代科技大百科

科技最前線 (I) —— 宇宙探索



RUT9102

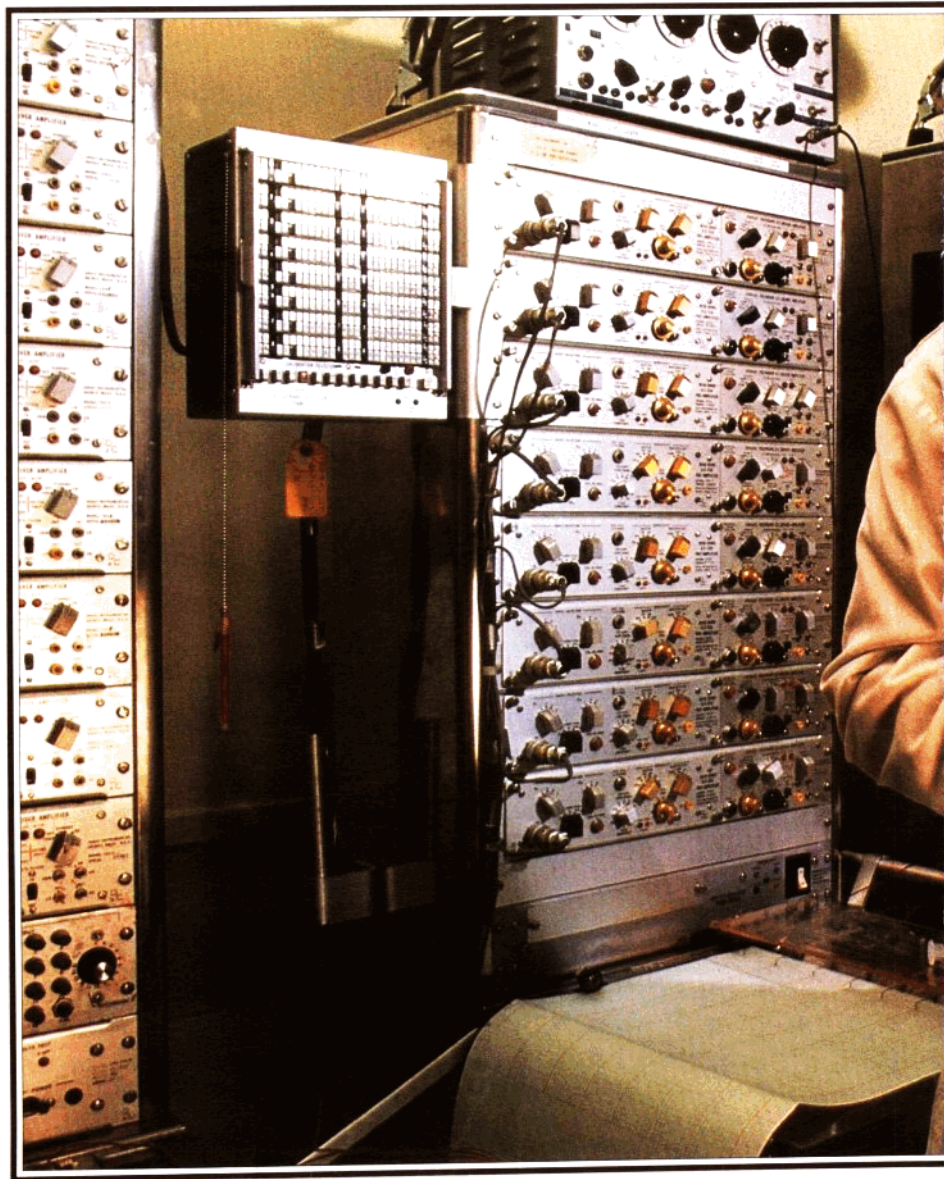
牛頓出版公司

1197010



21197010

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com





目 錄

引 言	6
太 空	
1 全能理論	9
2 天文學的極限	17
3 太空活動的歷程	23
4 在太空中四處遨遊	41
5 其他的智慧	55
地 球	
6 蓋亞理論	65
7 以新的角度來看地球	73
8 規避自然災害	85
9 行星管理	95
10 遺傳工程	117
語 彙	130
索 引	132

引言

科學的奧秘就如挖掘不完的寶藏，已遠遠地超越了人類有限的理解範圍。在過去的三十幾年裏，介於探求科學知識之未知領域的科學家們，與其餘急切想了解科學家之研究內容的人們，其間的鴻溝已日漸加深，尤其在一些成果顯著且貢獻極大的科學研究中，差距更大。例如在過去幾年裏，科學家對於了解促使癌症發生的基因、發現不具電阻而能導電的新材料，以及揭示如何來控制早期胚胎的發展等方面，已經有了長足的進展。所有這些急速發展的科學領域，未來都將以不同的方式影響著人們的生活，即使是最聰穎、知識水準最高的一般人，都將追趕不上而忘塵莫及。甚至科學家也會發現他們竟也置身於相同的處境中，例如生物科技等進展快速的知識領域，都是綜合了數種學科的基礎才得以發展的，因此每位生物科技專家都必須再學習本身專精領域之外的知識。由此觀點看來，科學家與一般人無異，都將在他們的工作上持續吸收新知。

因此，本書的目的即在於反映今日大部分科學之主要領域的技術開發層面。針對此一前提，由著名的科學家與專業科學作家組成的編輯小組，特別篩選出目前科學界致力研究的主要領域，並將在科學範疇中以具有先導地位的概念簡化闡釋。本書首先以視宇宙為一整體的現代觀點開始，再以此見解著眼於天文學、太空探測、太空旅行、時光之旅的矛盾理論，以及探尋地球外其他智慧生命。接著將焦點轉移至我們自己的行星，首先以行星生態學(planetary ecology)的觀點視地球為一完整的有機體來加以審視，並關注於維護此孕育萬物的地球所需的一切。焦點自此更進一步地集中於生命的本質、透過基因工程之最新發現來重新塑造生命，以及就目前能力所及的基因療法來探討遺傳學與疾病的相互影響。本書的第二部分以有關人類健康之較廣泛論題開始，包括新的療法、外圍醫學以及對老化的研究調查，以期達到長壽的目標。接著又針對心理與生理層面間的相互影響，以及有關語言、意識、精神病學的最新發展，與情緒控制之令人感到困擾但也感到興奮的展望等心靈研究，予以一一描述。本書的最後部分則探討有關科學界致力於了解、改良，甚至最後將能夠取代人類的新科技。

物理學的發展

在物理學的領域裏，諸如大統一理論(使用相同的語言來描述將宇宙維繫在一起之四種力的架構)之類的概念，從知識觀點來看是美妙的，就如它們對科學而言是絕對必要的一樣。因此，假如我們仍然以一種數學語言

來討論重力，而以另一種語言來描述電磁作用與維持次原子粒子結合在一起的力，就好像它們存在於不同的宇宙空間，而顯得不合時宜。本書也透過現代宇宙學的論點，揭示一些我們所面臨之可能存在的奇特現象。例如有關宇宙的大部分已經逐漸消失於黑洞之中的說法，此即宛如我們正親眼目睹一齣史詩的冗長落幕，但參與其中演出的演員已紛紛離開了舞臺。

阿波羅計畫的偉大探險結束之後，目前的太空探險活動正處於較平靜的狀態。許多人在辯論太空投資時視「太空」為一單獨存在的實體，但也將其看成是綜合數種不同科學活動的舞臺，其中之一的通訊已獲致發展成果。而在可預見的未來，對地球各種資源的探勘研究，將提供更大的收穫。然而另一個需要奉獻大量智慧卻不具任何商業價值的就是太空天文學，在多次的太空探測活動中，將人類送至太空幾乎不具任何實質的效益，反而還會大量地增加其成本費用；但是，太空探險活動仍經常被提起，似乎它們一定與人類有直接的關聯。編輯小組已經在本書中就這些在太空中獲致的不同成果予以釐清，幫助讀者在面對來自各方不同意見時抱持著客觀審慎的懷疑態度，而不是一味地來否定那個驅使我們對自己行星以外的世界進行探索的濃郁本能。

生物學的發展

人類一直未能察覺到必須迫切地來解決地球本身的環境問題。自一九八六年車諾比核電災變發生之後，已促使大部分人類開始注意核能的危險性；除此之外，對於過度使用氟氯碳化物會使臭氧層變得稀薄、發電廠與汽車的排放廢氣會導致酸雨產生，以及燃燒化石燃料而造成全球溫度緩慢升高與氣候和天氣的改變等所產生的許多威脅與問題，也漸漸地引起人們的關切與注意。從另一個角度而言，有關此類問題真正最為缺乏關注的，是現今報章雜誌在陳述其嚴重性的範圍之外所需要探討的解釋，它們同時也是那些將被提出試圖解決前述問題之新問題的解釋。此種環境問題並沒有簡單的解答，但漸漸地人們將了解，在地球上某一地區所做的一切可能會對其他地區產生長期的影響。本書以一系列行星生態學的概要說明來討論有關若干此類問題的複雜性，透過此一方式就比較容易決定那種環境是真正的爭辯所在、各國政府是在那些方面敷衍了事，以及那些問題可能已經被誇大了。

就此而言，醫學研究即將向前邁進一大步。有上千種疾病是由某段基因中的缺陷所引起的，幸運的是，大部

分的疾病都可經由基因療法而予以改善。正因為基因工程的技術開發，那些發生在上百萬嬰兒身上，在今天被認定為會減短其壽命，有時還要面對可怕的死亡等症狀，將有治癒的機會；基因工程也將使得引起這些症狀的基因缺陷從衆多孕婦中篩檢出來，而毋須再面臨墮胎的創傷。目前正展開的此一研究計畫，究竟未來將進行到何種地步？以及經由新科技所帶來的、喚醒他們相關之道德觀點的困惑與真實的恩賜，在本書裏都將採用一種讓讀者能掌握目前論爭焦點的方式來加以說明。

有些人會察覺到諸如「選擇性醫學」之類的論題，在其他書中不像在本書中占有相當的分量。正因為這些療法確實有讓讀者一探究竟的必要，因此特別為文說明其療法的實際效用以及本身的功能限制。在保護人體以對抗疾病的白血球上發現的壓力激素受體，使得科學界重新審視心理與生理間複雜的交互作用；因此本書也指出有關腦化學與遺傳學的研究領域，也逐漸與那些已經理解之心理疾病的複雜成因等社會因素結合在一起。而在改良與最後取代人類潛能的酌量上，也顯示出從事諸如蛋白質工程研究的生物科技與新科學的專家們，已逐漸滙聚個人的專業知識，共同研製出新設施，也許最後製造出一種融合了肌肉構造、金屬與矽樹脂的生物。介於生命與非生命之間的障礙，就如同存在於許多科學領域間的障礙一樣，已經漸漸地融化消失了。

展望未來

本書的編輯以他們的說明來當做一種跳板，帶領讀者和他們一起藉著想像力進入未來的時空中，遠眺三十年甚至三百年內，人類將會進展到何種景況。這必將是一場充滿了冒險與刺激的遊戲，但其精彩度絕不亞於科幻小說。從目前很多實驗室的研究計畫中也清楚地指出，在往後的三十年左右，其發展的過程與演變結果都即將是如此，但也許大部分的預期目標都將無法達成。在這條研究發展的路上，一定會有導入歧路的陷阱，同時每種新發現的公諸於世，也會衍生出其他新的研究主題。

無論如何，以上的種種預測都確實指出了今日的科學研究，將會引導著未來往何處去。那些對未來三百年內所做之令人感到興奮的預測，同樣地也有這種趨勢。毫無疑問地，有些推測終將證實是當初估計的錯誤，但因人類對於生命與宇宙的認知在某些領域裏已經研究的相當透澈詳盡，我們絕對有信心對未來做合理且正確的判斷，此一目標主要是建立在科學終有一天必可完全突破所有的障礙而獲致巨大成就的前提下。





基本粒子……自然界的四種基本力……朝大一統理論邁進……超弦理論與超對稱……測試超力的軌跡……黑洞……時間旅行

對大部分的人而言，世界很明顯地是個有組織的個體。從原子最內部到範圍極廣的星系，我們所看到的都呈現出和諧與整齊的狀態。以我們目前的知識水準來說，自然界的種種現象需要多樣的敘述方式，譬如重力理論、電磁學理論等等。許多理論物理學家相信，在這種多樣性之下是一個自然界的單一化敘述——即一種全能理論（theory of everything）。假如我們持有這樣的一個理論，那麼所有的自然現象看來就是從一個唯一的基本原理所衍生出來的。有一種觀念指出該理論引人入勝的程度就如同它難以捉摸一樣。最近幾年，在尋求全能理論方面，已經有了很大的進展，而且有些理論家樂觀地認為，我們能夠在三十年之內使整個理論獲得解決。已有人預知了這樣的一種未來遠景，就如同由英國劍橋大學的郝金（Stephen Hawking）教授提出的「理論物理學的終結」一樣。

探尋基本的構成組件

古希臘哲學家留希普士（Leucippus）與德謨克里特斯（Democritus）主張所有的物質最後都是由基本粒子所組成，他們假定這些「原子」（atoms）是真正最基本的，此即意味著它們是無法破壞且無法分割的。今天我們稱之為原子的東西根本不是基本粒子，而是一種由一個四周環繞一羣電子（electrons）的複合核所組成的混合體。原子核則依次再由質子與中子（neutrons）組成，此外，也有為數頗多不存於普通物質裏的其他次原子粒子（subatomic particles），已能夠在宇宙射線中發現得到，或是在實驗室裏以高能量來促使質子或電子碰撞而產生出來。各種不同的粒子也已經予以歸類。

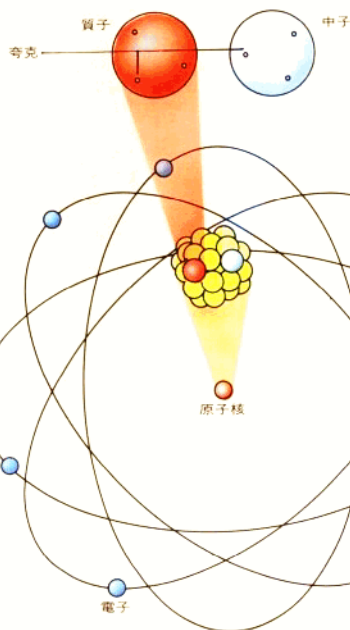
一旦了解了所有的核子——質子、中子及許多與它們有關係的其他粒子——是由稱為夸克（quarks）的較小單位組成的，有關次原子世界組織的狀況實際上相當簡單：夸克以二個一組或三個一組的方式結合在一起以形成核子。欲解釋所有已知的核子，就必須有六種不同的夸克：u(up)夸克、d(down)夸克、s(strange)夸克、c(charm)夸克、t(top)夸克及b(bottom)夸克。

所有其他的粒子看來似乎本來就是基本的，而不是由夸克組成，這些通常比較輕的粒子為電子、二個類似於電子的較重粒子，以及三種所謂的微中子（neutrinos），它們被統稱為輕子（leptons）。因此，就有六種不同的輕子配合著六種不同的夸克。此外，每一種粒子也都存在著一種相應的反粒子（antiparticle），反粒子除了質量以外，其他所有性質都和粒子相反。大多數的理論學家相信這十二種粒子是所有物質的基本組成要素，即古希臘人所認為的基本粒子。



▲郝金是劍橋大學魯卡斯講座（Lucasian Chair）的一位數學物理學家，牛頓也曾主持過這個講座。郝金與牛頓一樣進行有關重力理論方面的工作，目前正在探尋一種能使重力與量子物理學（physics）結合在一起的數學公式。

▼尋找組成物質之真正基本粒子也就是在尋找一種自然界的統一描述。古希臘人認為「不可分割」的原子，在今天相信是由電子與核子（質子和中子）組成，而核子是由兩種或三種稱為夸克的「基本粒子」結合而成的。



自然界的各種力

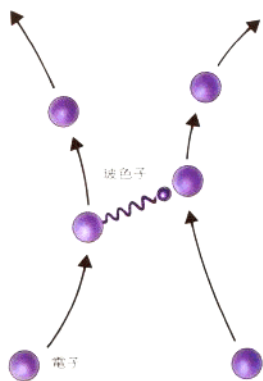
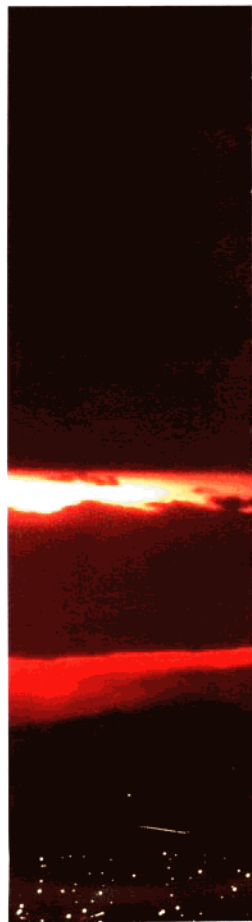
物質本身是靜止的，要使它能夠活動，各種力就必須在粒子之間作用。雖然自然界存在著種類非常豐富的現象，但是所有已知的力皆能夠簡化成四種基本類型：重力(gravitation)、電磁力(electromagnetism)，以及兩種簡稱為弱力與強力的核作用力(nuclear forces)。重力能使我們雙腳站在地面上，並且能使地球固定在軌道上環繞太陽，它是普遍存在的宇宙結合力，聯繫行星與恆星、星球與星系，以及星系與星系。電磁力則說明了我們在日常生活中所遭遇到其他所有的力，尤其是藉著化學方法將各種原子繫結在一起，形成我們身體內所有物質以及周遭的各種物體。

弱核作用力則反而不那麼顯眼，它能夠引起某些諸如 β 衰變(beta decay)之類的放射性衰變過程，然而它有時也會造成極為壯觀的事件。一九八七年二月二十六日，有位天文學家觀測到距離地球約十五萬光年遠的迷你星系——大麥哲倫雲(Large Magellanic Cloud)上的一顆星球發生爆炸，在這個所謂的超新星(supernova)事件中，一顆老年星球的核心發生激烈的塌縮現象，並釋出大量的微中子。這些微中子只能藉著本身的弱作用力將星球外層爆破開而進入附近的太空中，完全破壞了該星球並產生一陣光輝。強核作用力的活動則就是我們每天所看到來自太陽的熱與光之形式。太陽的核心是一個核子爐，由強作用力在其中驅動的各種反應會釋放出巨大的能量，這些能量與在核子爆炸期間所釋放出來的能量相似。

並不是所有的粒子都能感受到全部的力。夸克可以，但所有輕子對強作用力卻都沒有感覺。在輕子當中，微中子也無法感受到電磁力。十二種夸克與輕子都能感受到弱作用力與重力。

弱作用力擁有三種不同的傳遞粒子(messenger particles)，分別稱為 W^+ 、 W^- 和Z粒子。Z粒子相當於光子(photon)，惟它擁有一巨大的質量，而光子則不具質量。兩種W粒子的質量也很大，並且都攜帶有電荷。強作用力會在夸克之間產生作用，因為夸克能夠以三個的形式結合在一起，故強作用力為一種三體力，有別於其他的二體力。這使得物質的組成更形複雜，而這即需要八種不同的傳遞粒子，我們將它們總稱為膠子(gluons)。膠子互換現象中，它所產生的力會隨距離延長而增強，異於一般會減弱的情況，以確保夸克永遠被限制在核子裏，也就是說不可能會出現游離的夸克。

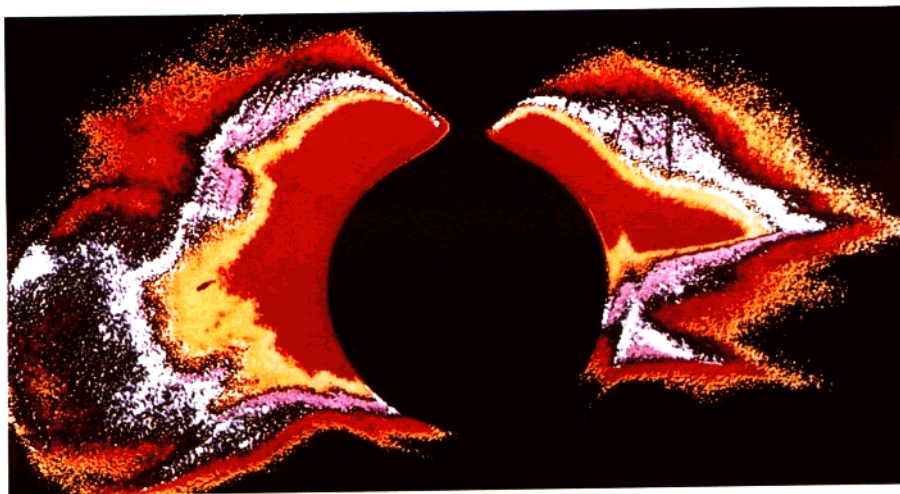
▼電磁力能夠以壯觀的方式將自己顯現出來，就如這張閃電(lightning)擊打的方式。在雲層中與地面上，各電子之間的基本力會聚積起來產生巨大的電動勢，而以閃電的方式釋放出來。



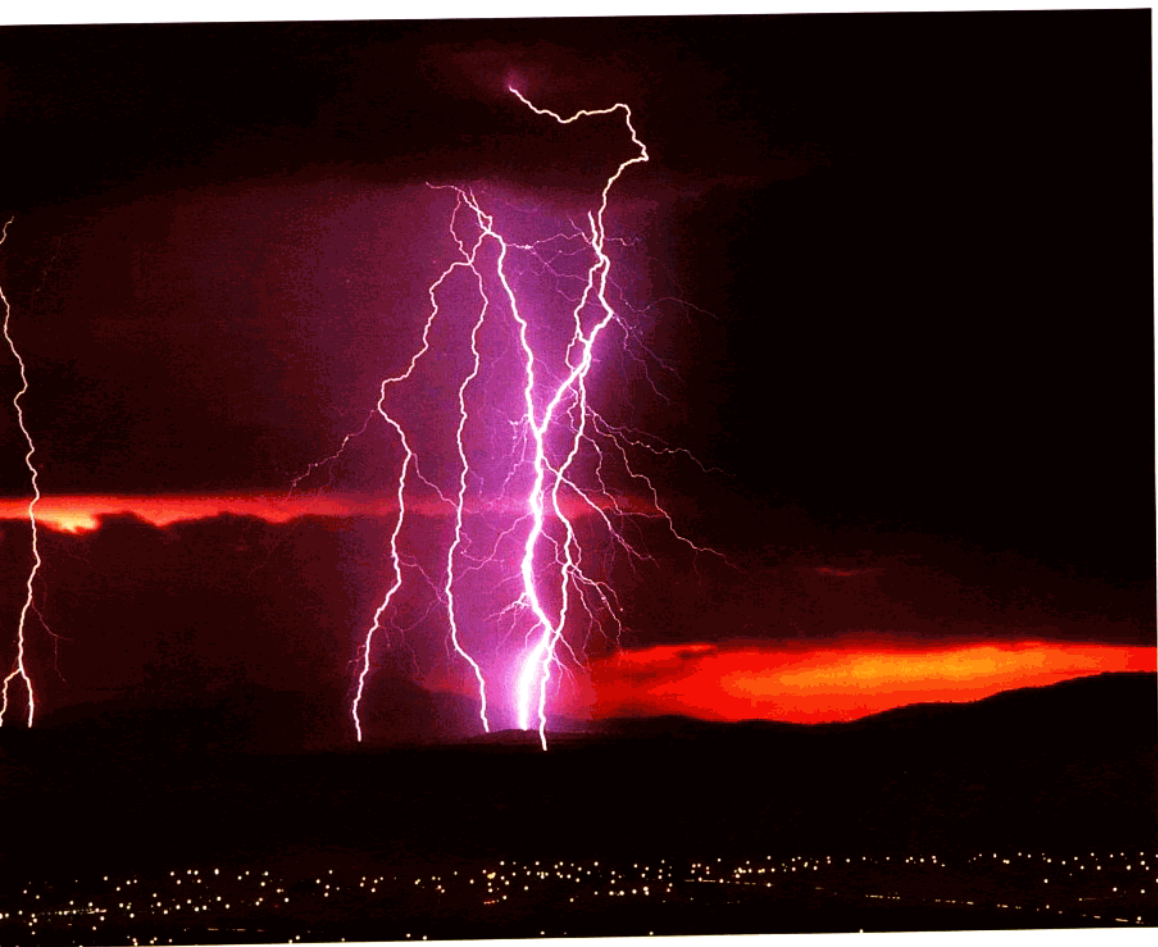
▲在次原子階層中，當粒子彼此發生推拉作用時，就會以量子的形式互換能量，即可將這些能量本身想像成是粒子。此圖係表示在兩個電子之間產生作用的力，該「傳遞粒子」或稱之為玻色子(boson，對電磁力而言稱為光子)是由電子所產生的，並將力傳遞至另一個電子，再由該電子將力吸收。對重力而言也會發生類似的現象，其傳遞粒子即稱為重力子(graviton)。

►物理學家只確認出自然界的四種基本力，其中電磁力和重力二者在日常生活中常見，其他兩種則局限在原子核裏。這些力的強度與活動範圍差異很大，正如受到它們影響的粒子也有很大的變化。只有重力會對自然界中的所有粒子產生作用。

力	受到影響的粒子	活動範圍	相對強度	玻色子(交換粒子)	在宇宙中的任務
強力	夸克	10^{-15}m	1	膠子	將存於質子、中子與其他重子(baryon)和介子(meson)間的夸克維繫在一起。
電磁力	帶電粒子	無限	10^{-2}	光子	確定原子、分子、固體與液體的構造。
弱力	夸克與輕子	10^{-17}m	10^{-5}	W 、 Z 粒子	確定原子核的穩定性；供應燃料給太陽和星球。
重力	所有的粒子	無限	10^{-40}	重力子	將物質組合形成行星、恆星與星系。



◀此幅經過色彩編碼而成的太陽稀薄日冕(或稱外層大氣)照片，是由天空實驗室(Skylab)攝得的。日冕光線的存在即是由於所有四種基本力的顯現，光線本身為電磁輻射(electromagnetic radiation)現象，而產生日冕光線的能量則來自太陽內部深處且牽涉到弱力與強力的核反應過程；最後，日冕則被太陽的重力維繫在適當的位置上。



探索統一理論

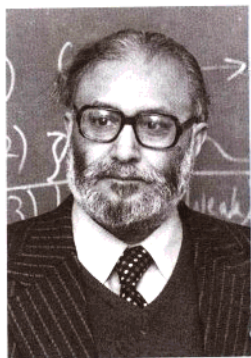
十九世紀中葉，英國科學家法拉第(Michael Faraday, 1791~1867)與馬克士威(James Clerk Maxwell, 1831~1879)踏出了邁向統一理論的第一步，他們證明電力與磁力並非獨立的力，而是統合之電磁力的部分。法拉第也懷疑它們與重力之間有某種關聯。

一九二〇年，將電磁力與重力聯結在一起的觀念才再度被提起。當時愛因斯坦(Albert Einstein, 1879~1955)提出了一個有關重力作用的廣義相對論(general theory of relativity)，取代了由牛頓所提出之自一六八七年以來即不曾再有爭論的理論。一位名叫卡路查(Theodore Kaluza)的年輕德國數學家，由於受愛因斯坦的啓發，突然閃現一個奇怪的想法。相對論將空間與時間聯結在一起，以形成一個四維的時空連續區(space-time continuum)。卡路查認為，假如廣義相對論中的時空是五維而不是四維的話，那麼會有什麼情況發生呢？這就是卡路查所想要探討的，而讓每個人感到奇怪的是，它顯示出五維的重力與四維的重力遵循著相同的定律，就如馬克士威定律適合電磁場一樣。換句話說，重力與電磁力會於五維狀態下自動地統一，電磁力在此僅僅是重力的構成要素之一。

此理論的唯一缺點與那個額外的維度有關，為什麼我們看不到它呢？克萊恩(Oskar Klein)對此提出了一個巧妙的答案：我們觀察遠方的一條水管，看起來就像是條蠕動的直線，也就是說呈一維的狀態。然而，由較近距離檢視時，則就如一條狹窄的管子。事實上，它是二維狀態的，而且在這條直線上被認為是一點的東西，實際上是個環繞這條管子的小圓圈。克萊恩以相同的方法推論出，平常我們在三維空間裏所認為是一點的東西，實際可能是環繞著一個第四維空間的小圓圈。因此，卡路查額外的維度是可能存在的，但卻不可能被偵測出來，這是因為它是封閉的(圓形的)，並且捲成一個非常小的圓周。儘管存在著這些奇特的聯想，未來似乎可能有一種「全能理論」，會利用到這個看不見之較高維度的空間概念。

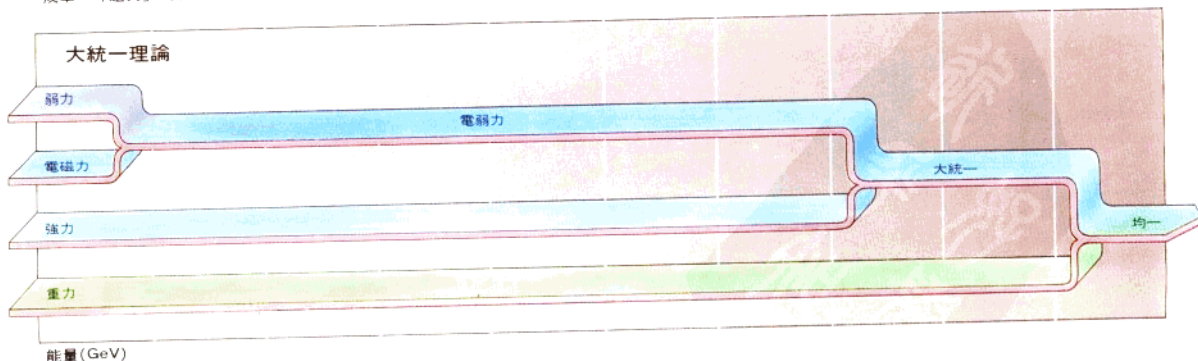
在統一理論方案中另一項必備的要素，同時在尋找全能理論中亦將扮演重要角色的，即是所謂的對稱性(symmetry)。在藝術與建築領域中，對稱性是很常見的，而自然界中的物體，就像雪花之類的物質，對稱性也是常見的。物理學家逐漸發現到有比較高深且抽象的數學對稱性，是構成次原子粒子世界以及作用其上之力的基礎。

緊接著由葛拉修(Sheldon Glashow)、沙拉姆(Abdus Salam)



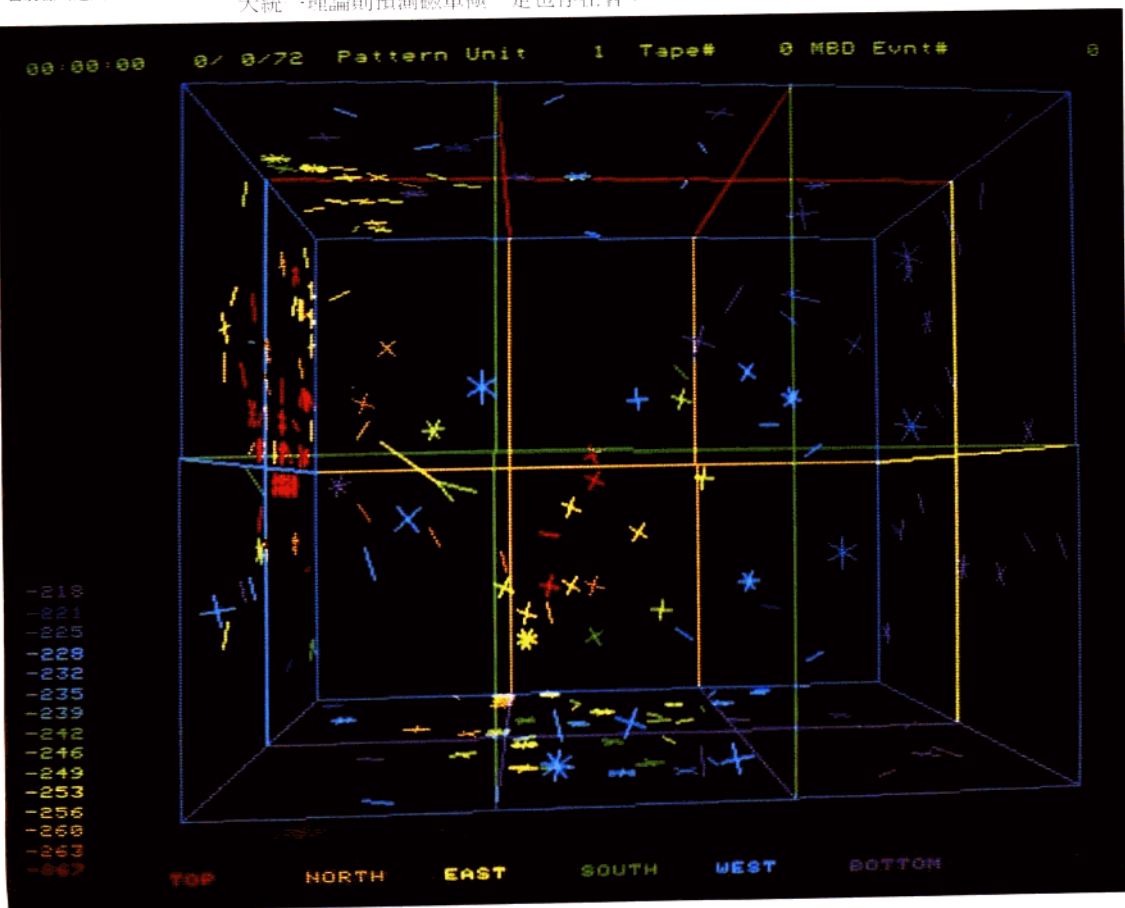
▲沙拉姆(上)與同為一九七九年諾貝爾物理學獎得主的葛拉修、溫伯格曾懷疑在電磁力與弱力之間有一連結關係。許多實驗證實了他們的預測，即一些由弱力造成的效果將會「溢發出來」而成為電磁力。他們也證明了在能量極高的狀態之下，這兩種力實際上將合併為一，並會出現三種新的傳遞粒子：W⁺、W⁻和Z⁰。這些粒子是在一九八〇年代早期所發現的。

▼雖然自然界顯現出四種不同的力，物理學家相信每一種力可能是數量較少且更為原始之力的部分。在高能狀態下，電磁力與弱力似乎會合併成單一的「電弱」力。有些「大統一理論」認為在尚未獲得能量的情況下，電弱力與強力之間會產生更進一步的混合狀態。規模最大的統一體系是在能量極高的階段，所有四種力即會混合成單一「超力」的狀態。



與溫伯格(Steven Weinberg)於一九六〇年代發表的電弱理論(electromagnetic-weak theory)之後,也嘗試來引入強作用力。這些所謂大統一理論(GUTs, grand unified theories)在一個適宜三種力接受的形式上,使用了有關規範對稱(gauge symmetry)的許多概念。大統一理論不只為三種力的合併提供了許多模型,也使夸克與輕子得以統一。夸克是強作用力的來源,而輕子則是弱作用力的來源(►10頁)。一種有關這些「混合」著弱作用與強作用的活動範圍,以及有效地「混合」著夸克與輕子之同等性的一般敘述,能夠使夸克改變成輕子。因此,這些基本粒子中的兩種主要類型在大統一理論下得以統一。對大統一理論所做的實驗性驗證集中在兩種可能性上,其中之一與夸克變成輕子的可能性有關,此一結果能夠導致質子衰變成正電子(positron,電子的反粒子)。理論上的預測為在至少 10^{32} 個質子中,每年平均只有一個質子會發生衰變,也就是說,辨認出質子的衰變現象是件非常艱難的工作。第二個著手研究的方向是找出磁單極(magnetic monopoles)——粒子攜帶著分離的磁北極或磁南極。所有普通的磁鐵都是磁偶極(北與南)的,但是,大統一理論則預測磁單極一定也存在著。

▼物理學家藉著許多裝置於一個水槽四周的光子偵測器(photon detectors)來搜尋有關質子衰變(proton decay)的現象。一次衰變事件會產生一個微小的閃光過程,能夠以電子的表現方式來重建該衰變事件的影像,就如下圖所顯示的模擬情況一樣。圖中央左邊的短黃色軌跡表示正電子,綠色的叉狀物表示兩個光子。這個實驗是在一個深礦坑中進行的,主要是為了要消除由宇宙射線所造成的一些雜訊。



邁向全能理論

在理論物理學家期待實驗物理學家的實驗結果時，他們已經逐漸朝確立其普遍性的全能理論前進。其最終階段是使大統一理論與重力相結合，如此即能使自然界的四種力全部統一起來。但一切的發展似乎不僅於此，我們甚至能夠做得更好，或許可藉粒子理論來統一力的理論。

爲了要獲得這樣的結果，就必須使用一種仍然極爲抽象的對稱性，更適切地說，即所謂的超對稱(supersymmetry)。超對稱是將分屬完全不同羣體的粒子聚集在一起的方法。原來所有的粒子帶著一種稱爲自旋(spin)的內部運動狀態；簡言之，除了所具有的自旋量相等且不變之外，夸克和輕子就像是一些旋轉中的小陀螺。基於某些歷史性的緣故，此量被定爲二分之一的單位。

傳遞粒子(►12頁)也會自旋，但具有一或二個自旋單位。這種看來較小的差異，對於粒子的行爲來說，卻實際上成極爲深遠的影響。在全整數自旋粒子(exact-integer spin particles)與半整數自旋粒子(half-integer spin particles)之間，有著明顯的物理性區分。超對稱的作用即在於將這兩種不同的類型結合成通用的數學體系，它即表示在某種意義上，物質的粒子與傳遞粒子實際上是組成單一超對稱家族的所有部分，因此，超對稱把物質與力統一成通用的體系。然而，關於重力這個大統一理論無法處理的力又是怎麼一種情形呢？相關的主要發展可能完全繫於數年前提出的一個大膽推測，假定宇宙的基本物體並不是具這些性質的粒子，而應該是具有更爲複雜的狀況？其中一個可能性是由弦形成的環。將粒子視爲弦的模式是個舊的觀念，假如弦以某種方式擺動，即顯現爲粒子A；假如弦以另一種方式擺動，則顯現爲粒子B。

將弦模型轉變成一個宇宙攪拌器(world-beater)，是項驚人的發現，若弦的活動呈超對稱性，則個別的擺動會產生重力的傳遞粒子。換句話說，假如把超對稱性加到弦理論中，所顯現出來的就是重力。此一發現所引起的滿足感令人驚訝，目前正有一羣理論學家對這些「超弦理論」(superstrings)的數學進行探究的工作，並充滿自信地期待將提出最終的「全能理論」。

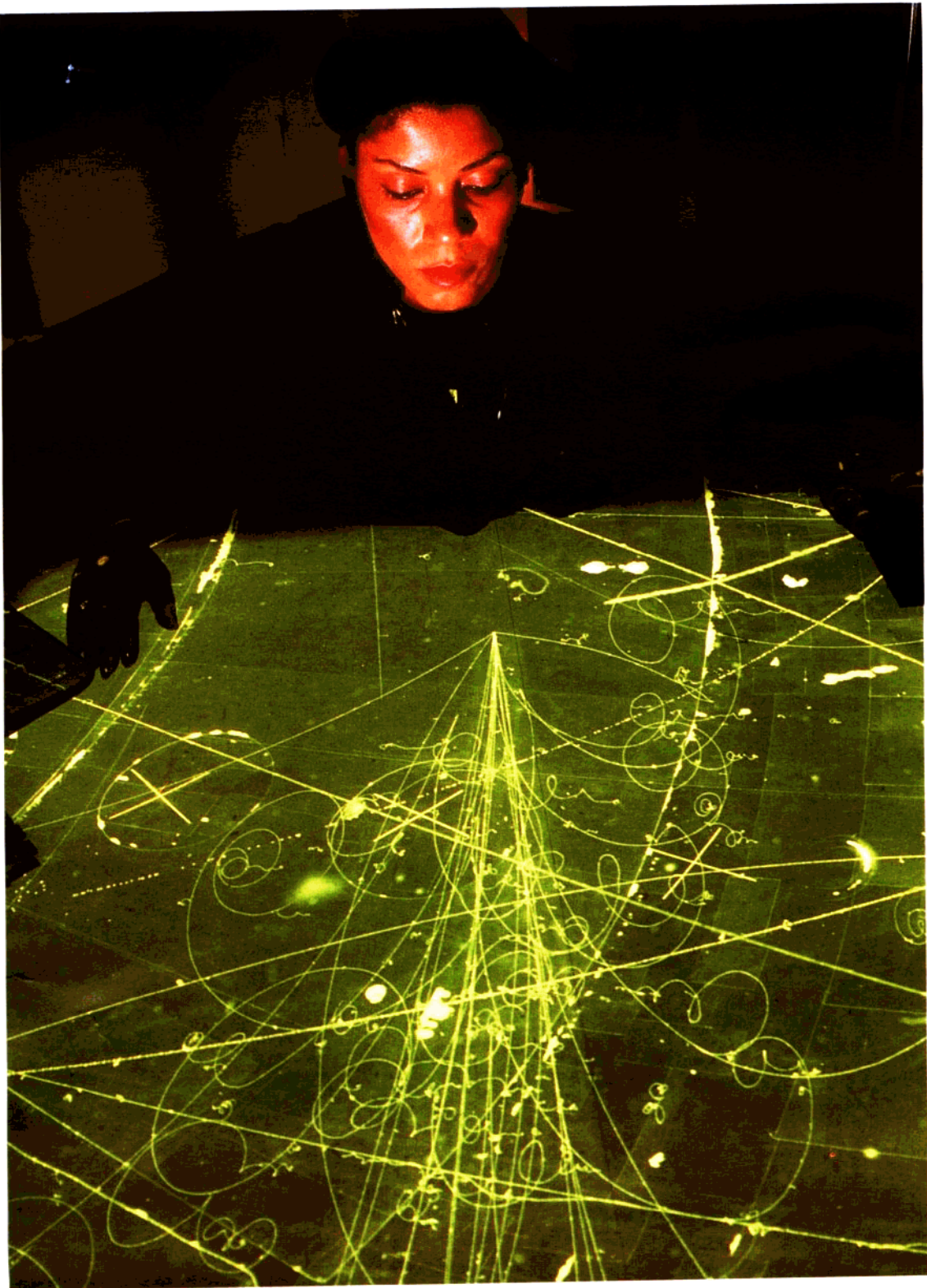
超弦理論的一個獨特形貌在於它們係存在於一個十維的時空區間(space-time dimensions)裏，這個維數是此理論所挑選的。因此，以卡路查和克萊恩的方法(►12頁)來看，必須將六個額外的維度「捲起來」。在了解此方法是否能夠稱心如意地完成之前，主要的數學理論必須先獲得證明。超弦理論是在偶然的情況下來到二十世紀，並已被描述爲一個屬於二十一世紀的理論，而賴以支持的數學尚未予以明確地陳述出來，在未來的三十年內，將可預見會有重要的進展。

假如超弦理論能達到其所被期待的，乃表示它至少是理論物理學的一個重要部分，此即意味著二千五百年來企圖從爲數甚少的單純事物或「原子」(►9頁)來建構整個世界之還原論者計畫的結束。假如此理論能成功地來描述所有已知的粒子與力，並且能夠獲致諸如所有粒子的質量以及力的相對強度之類的正確數值，那麼，物理學家就可能寫下一條單一的、簡單的且涵括所有數學原理的「超律」(superlaw)，所有自然的現象最後都將來自其中。



▲當原子核以非常高的速度相碰撞時，即短暫地重新創造出最初微秒期間發生在原始宇宙裏的狀況。此幅攝自歐洲共同原子核研究所(CERN)的超級質子同步加速器(SPS, Super Proton Synchrotron)的照片，顯示出當硫原子核正對著一個鉛靶撞擊時，所留下之次原子核殘餘物的軌跡。在碰撞當時所釋放出來的能量是如此地高，以致於個別的原子核粒子會消失，即形成一個飛跑中的夸克火球。這些火球接著再重新結合成由高速運動的質子與其他次原子核粒子組成的噴射流。

►雖然以眼睛無法直接看到次原子粒子，但是它們可以在一種稱爲氣泡室(bubble chamber)的裝置裏留下軌跡。藉著一個磁場，可以讓這些軌跡彎曲，而且由這些彎曲的形狀，依據粒子所具有的質量與電荷，可用以確認出粒子。假如一個像質子的高能粒子進入氣泡室中，它將會和裏面的原子核相撞，並且產生數量眾多的粒子，這張照片攝自伊利諾州芝加哥的費米實驗室(Fermilab)，即顯現出與上述一樣的情況。



1197010