

# 無限 探索無限

Richard Morris 著

黃逸華 譯

林孝信 審訂・導讀



# A CHILLES IN THE QUANTUM UNIVERSE

THE DEFINITIVE  
HISTORY OF INFINITY

## 國家出版品預行編目資料

—無限探索無限/Richard Morris 著

黃逸華譯—台北縣汐止鎮；新新聞文化，1998(民 87)

面；公分—(新·科學系列 3)

譯自：Achilles in the Quantum Universe:the Definitive History of Infinity

ISBN 957-8306-02-4(平裝)

1. 物理— 哲學— 原理 2. 天文學—哲學

330.1

87004566

新·科學系列 3

### 無限探索無限

作者／Richard Morris

發行人／王健壯

法律顧問／蕭雄淋律師

出版者／新新聞文化事業股份有限公司

地址／台北縣汐止鎮新台五路一段 79 號 4F

電話／02-26981898

傳真／02-26981091

郵撥帳號／13201218 新新聞文化事業股份有限公司

責任編輯／蔡盈珠

版 面／唐家瑞

封面設計／李男

登記證／局版台業自第 4504 號

印刷／秋雨印刷

總經銷／黎銘圖書公司 補書專線：02-2981-8089

出版日期／1998 年 6 月 1 日 定價／260 元 Printed in Taiwan

版權所有·翻印必究本書如有缺頁、破損、倒裝，請寄回更換

Copyright © 1997 by Richard Morris

Complex Chinese Characters edition arranged with Henry Holt and Company, inc. through Bardou-Chinese Media Agency.

All Rights Reserved.

# 無限 探索無限

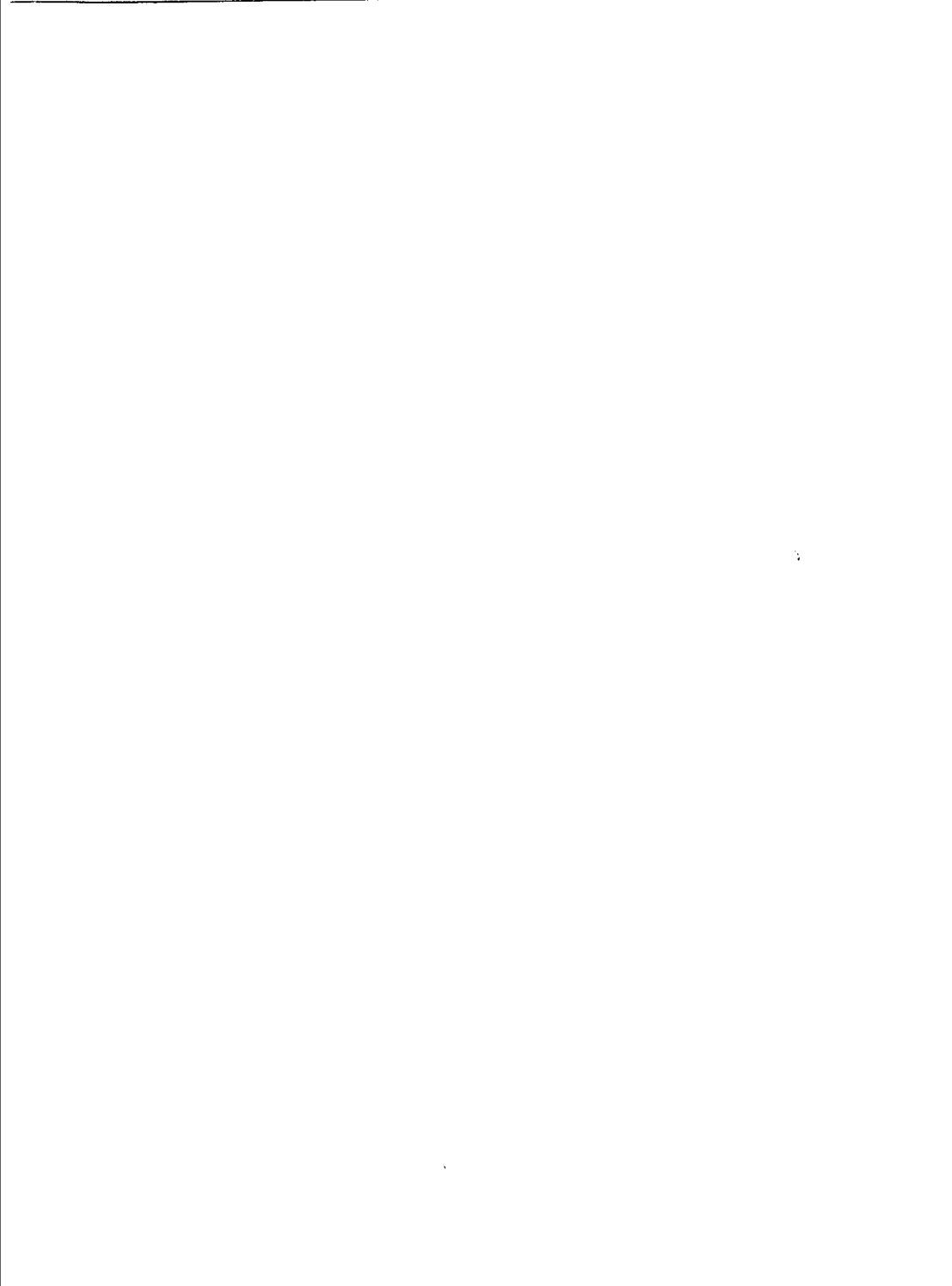
Richard Morris◎著

黃逸華◎譯

林孝信◎審訂·導讀

# A CHILLES IN THE QUANTUM UNIVERSE

THE DEFINITIVE  
HISTORY OF INFINITY



# CONTENTS

## 目錄

導讀 無限的誘惑，無限的作用  
前言

／林孝信 ..... 6  
／理查·摩里斯 ..... 14

第一章 充滿矛盾本質的無限 ..... 19

THE PARADOXICAL NATURE OF INFINITY

第二章 無限的時間 ..... 41

INFINITE TIME

第三章 無限的宇宙世界 ..... 61

INFINITE WORLDS

第四章

無限小 ..... 93  
THE INFINITELY SMALL

第五章

原子的災難 ..... 117  
ATOMIC CATASTROPHE

第六章

電子質量無限大 ..... 149  
ELECTRONS HAVE INFINITE MASS

第七章

有個少女叫明晃 ..... 183  
THERE WAS A YOUNG LADY NAMED BRIGHT

第八章

奇異性 ..... 211  
SINGULARITIES

第九章

宇宙是有限或無限？

IS THE UNIVERSE FINITE, INFINITE, OR IMAGINATION?

235

第十章

無限多個世界

INFINITE WORLDS

269

第十一章

無限

295

導讀

# 「無限」的誘惑 「無限」的作用

林孝信

「無限」可能是人類發展出來的概念中，最令人著迷而又最令人難以理解者。古今中外，不知有多少智者哲人，為此而廢寢忘食，衣帶漸寬；又有多少充滿想像力的年輕男女，在她（他）們那做夢作詩的年齡，冥想著時間的無窮無盡，空間的無邊無涯，為自己編織多少甜美的幻想、或幻想自己在浩瀚的時空的孤單而顫慄不已。三百五十年前，法國數學家巴斯卡（Blaise Pascal, 1623-1662）就有過這段許多年輕朋友都可能經歷過的思緒：

「當我思及有限的生命時間

不過是自然界無止境的時間長河中的剎那；



當我冥想催促生活的空間

僅祇是廣垠無邊空間的一小角落，  
我不寒而慄，

同時又為我為何生於此時而不是無窮的他時，  
活於此地而不是宇宙另一個處所而訝異不已。」

（巴斯卡：《沈思錄》第 205 號）

但是「無限」的魅力不僅在於它引導人們進入各種最富創意的想像世界，它同時也在數學與科學中扮演一個不可或缺的角色。莊子所說：「一尺之帛，日去其半，終生不盡」，已含有實數是密集的 (dense)，指任何兩個實數之間，必然存在著另一個實數的概念；而實數的密集性質正是微積分的基本觀念——極限 (limit) 存在的先決條件。古希臘芝諾 (Zeno) 有名的龜兔賽跑悖論 (即本書中的阿奇里斯與陸龜賽跑悖論) 藉由「無限」次數的迷思而得出兔子永遠追不上烏龜的奇怪結論。這個悖論的一個變種：「飛矢不動」，甚至得出運動乃完全不可能的推論。這裡我們看到，「無限」的概念，不祇是愛好空想的哲學家無聊的思想遊戲，而是與現代的數學與自然科學有極密切的關係。

近代科學中，有那些地方會遇到「無限」？這正是本書討論的主旨。當你看完本書之後，你將會訝異地發現，幾乎近代物理科學中所有主要的理論，都與「無限」脫不了關係。因此，一本討論「無限」與科學關係的書，事實上就是一本介紹近代以來，物理科學所有重大理論進展的書。本書正是以「無限」為軸線，引導讀者進入近代科學各個奇妙領域的導遊。

作者先把讀者帶到悖論的迷宮。古今悖論主要可分兩大類型，一者涉及語句上的自我指涉，如：「我在說謊」，這句話不論真假均會導至矛盾。另一主要類型則「無限」有關。上述「兔龜賽跑」及「飛矢不動」均屬之。本書第一章介紹了第二類悖論，表明「無限」這個概念必須細心對待，否則極易發生矛盾的結論。

首章同時也簡單介紹了康脫 (G. Cantor) 無限數的理論。一般人容易誤認為，「無限大」就是最大的數，因此「無限大」祇有一個。但是康脫別出心裁地證明「無限大」並不是祇有一個，而是有許許多多個，彼此還可以比較其大小。否定了「無限大」就是唯一最大數量的通俗觀念。

本書接著討論「無限」的時間與「無限」的空間。時間與空間是最

基本的物理觀念，這兩者又容易與「無限」結合在一起。人的現實世界都是有限的，唯有時間的長河可能是無始無終的「無限」久遠；祇有宇宙的範圍也可能是無邊際的「無限」廣闊。因此，談到物理世界與「無限」觀念的交會處，時間與空間無疑是最引人討論的對象。這也是一個哲學家最感興趣的題材。本書介紹了古來多少哲學家對「時間與空間」是否「無限」之探討的精采片段。這裡同時呈現了許多睿智的「奇想」，例如時間是否必然是直線式，或是它可以是一個大循環？宇宙如果「無限」大，每個方位在「無限」遠的宇宙總會遇到恆星，如此每個方向都有星光，整個宇宙應當明亮如晝；可是為何夜間的天空大半方位都是漆黑一片呢？這些有趣的問題豐富地嵌鑲在全書各處，讀來倍覺興趣盎然。

談完了時間與空間，接著就進入近代科學時期（指從哥白尼倡日心說，中間經過牛頓科學革命，而到二十世紀初），所謂古典物理的時期。這時期最主要的科學成就就是牛頓力學。但要討論牛頓運動定律，如何描述物體的運動便成了先決條件。從伽利略開始，如何定義速度便困擾了物理學家與數學家。速度的原始意義是度量物體在單位時間內位移的大小，基本上，這是一個平均值。但在研究落體及其他變速運動，科學家要的是在每一個時刻的瞬間速度，而非一段時間內的平均速度。後來科學家終於瞭

解，定義瞬時速度便需要和「無限」觀念打交道。而瞬間速度的數學，正是微積分中的微分。事實上，牛頓之所以發明微積分，就是為了解決運動與力學問題。

微積分出現，人們立刻發現它威力無窮，用途廣泛，因而大量地應用在各方面的計算中。可是微積分的基礎卻是不穩固的。微分（或瞬間速度）的定義立刻陷入兩個「無限小」相除的尷尬環境。什麼是「無限小」，人們當時都搞不清楚；至於把微分定義成兩個「無限小」相除，那就更加複雜了。這個問題一直到十九世紀下半葉才搞清楚。怪異的是，這之前數學家已應用了兩百年了。

進入了現代物理的時期，冒出「無限」就更加家常便飯了。原子模型穩定問題、黑體輻射古典公式的「紫外災難」，能階數目的「無限大」，所有這些煩人的問題，背後都有「無限」的影子存在。量子力學的出現，可以說是克服古典物理中「無限」幽靈到處遊蕩而發展出來的。

怪異的量子力學與狹義相對論結合起來，又添加更多「無限」的新難題，但是難題的出現也是偉大發現的契機。狄拉克在這裡發現了電子與正電子的理論。正電子理論上的預言後來居然在實驗中觀察到，成了二十世紀物理學進展的一個重要里程碑，狄拉克解決這個難題，也牽涉到「無

限」的觀念。這個理論的進一步開展，產生了費曼、史溫格及朝永振一郎的量子電動力學，一個物理學上最成功的理論之一。近年來，還應用到基本粒子的各種理論。

當然，二十世界另一大物理革命——相對論，也是與「無限」觀念脫不了關係。光速作為最高速度，很容易便捲入「無限」的觀念。而物體因加速度導致質量可能變得無限大，在在都有「無限」的影子。書中也加入討論超光速可能發生的因果錯亂的矛盾現象。

而「無限」觀念最迷人之處，在於當應用於宇宙上。除了前面提過「時空」本身的「無限大」的問題之外，黑洞的問題恐怕是最為引人入勝。黑洞的可能性，在愛因斯坦發表廣義相對論方程式不久便被人提出了。黑洞很可能是廣義相對論方程式的一個奇異點的解。作者仔細介紹了關於人們探索奇異點的種種努力；當然，過程中也不斷提及無限的作用。譬如，在接近黑洞之際，地球上的觀測者將發現物體在進入之際時間變得無限地緩慢。作者同時也介紹了最近天文學的重大發展，包括對大霹靂說簡潔的引介。

從古希臘到現代，從哲學家的純然臆測到今日精密儀器的實驗與觀察，從前許多觀念得到了澄清，或被接納，成為科學基本辭彙之一；或被

否定，不再受到科學家及學者關愛的眼光。祇有「無限」這個觀念，兩千年前撲朔迷離，今天還是撲朔迷離。但這並不表示「無限」是個累贅多餘的觀念。相反地，幾乎所有重大的科學新理論，都是在克服某些數量變得太「無限」的刺激下發展出來的。沒有「無限」的困擾，也許不少科學理論便不會發展出來。兩千多年也許尚未解決無限的問題，但卻是創造新理論的觸媒。「無限」的概念或許永遠解決不了，但卻是推動人們發展新知識的最「無限大」的動力來源。



## 前言

當我一開始著手準備這本書的大綱時，我知道我將面對現代物理和宇宙學大部分的主題。當科學家試圖瞭解宇宙的起源以及物理實相時，他們一再遭遇「無限」的概念。早在廿世紀早期，當物理革命發生時，科學家便已經發現他們正不斷地面對「無限」這個惱人的問題，如果不能克服，科學就很難再往前進展。同樣的麻煩一再地發生，當他們試圖瞭解量子機制、愛因斯坦的相對論以及黑洞理論時，「無限」的問題幾乎無所不在。舉個例子來說，如果愛因斯坦的廣義相對論是正確的，黑洞的中心便會壓縮成一個數學上的點，不佔任何空間，而且密度達到無窮大。

宇宙學家已經知道古代哲學家懷疑有無限多個與宇宙的存在是太保守了。新近對於量子宇宙學的認識暗示可能存在無數個宇宙，其中有許多和我們所生存的宇宙相類似，也很可能存在與我們相似的生命體，甚至有些宇宙可能和我們的宇宙相差無幾。而過去被視為科幻說法的「交錯的宇宙」(alternate universe)也已經變成科學上一個可能的假設。



這並不僅僅是一本介紹近代物理的書，而是述說著自古至今，人類企圖掌握「無限」概念的故事。從這些故事可以發現，今天人們對「無限」的困惑，與兩千年前亞里斯多德時代並沒有改進多少，唯一的差別在於：由於科學家深刻地探討探討宇宙的本質，我們已能從古希臘人所不能想像的角度，窺視「無限」的問題。

我並不打算在這本書中介紹太多描述「無限」的數學。已經有很多書探討過這個主題，「無限」做為一個抽象的數學概念來理解，已經被研究得很深刻了。但是，當「無限」結合到具體的物理世界，事情便充滿了神秘和捉摸不定，在這個情形中，數學理論似乎用處不大。

芝諾(Zeno)是第一個深入探討「無限」概念的古希臘哲學家，在他所提出的悖論(Paradox)中，宣稱行動是不可能的，因為人們永遠無法完成行動中所需要的無盡動作。例如，在某人前進一段距離之前，他必須先到達這段距離的中途點，在這之前，又有另一個中途點等在前方，依此類推，在這個人面前有無窮多的中途點，因此，他絕不可能到達原先預定的終點。乍看之下，芝諾的觀點似乎很難言之成理，然而，有些現代哲學家卻認為未必如此，他們認為在這看似簡單的論點中，其實蘊含著難以估計的深奧思想，在這短短的幾頁前言中，並不適於深入討論這個問題，我祇