

# 悖論

Paradox  
The Nine Greatest  
Enigmas in Science

9  
大謎團  
破解科學史上最複雜的

生物人類學者

王道還

《胡桃裡的宇宙》譯者

葉李華

前建國中學物理老師

鄭永銘

PanSci 泛科學網總編輯

鄭國威

北一女中物理教師

簡麗賢

suncoast  
三采文化

專業推薦

(以姓名筆劃排序)

世界上最聰明的科學家都曾被考倒的經典難題

英國知名物理學家教你輕鬆破解

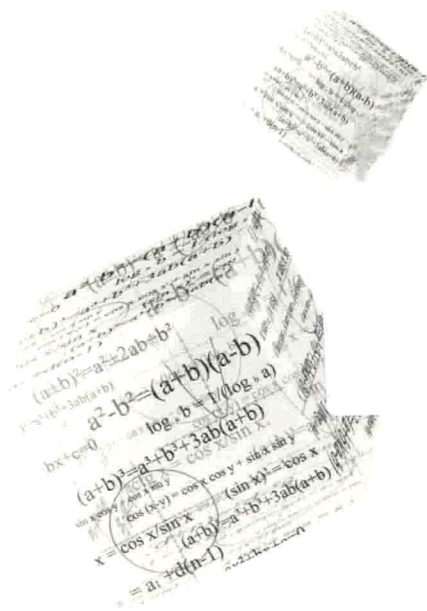
Jim Al-Khalili 吉姆·艾爾—卡利里 著 戴凡惟 譯

9 大謎團  
破解科學史上最複雜的

# 悖論

Paradox

The Nine Greatest Enigmas  
in Science



Jim Al-Khalili  
吉姆·艾爾—卡利里 著  
戴凡惟 譯

suncolor  
三采文化

●國家圖書館出版品預行編目資料

悖論：破解科學史上最複雜的9大謎團 / 吉姆·艾爾—卡利里 (Jim Al-Khalili) 著；戴凡惟譯。  
— 臺北市：三采文化，2013.04  
面：公分。-- (Focus: 44)  
譯目：Paradox: the nine greatest enigmas in science  
ISBN 978-986-229-874-9 (平裝)  
1. 物理學 2. 悖論  
330 1020042492

Copyright © 2013 SUN COLOR CULTURE PUBLISHING CO., LTD., TAIPEI



FOCUS 44

# 悖論

## 破解科學史上最複雜的9大謎團

作者	吉姆·艾爾—卡利里 (Jim Al-Khalili)
譯者	戴凡惟
責任編輯	洪韻涵
校對	老王
封面設計	池婉珊
內頁排版	池婉珊 晨捷印製股份有限公司
發行人	張輝明
總編輯	曾雅青
發行所	三采文化出版事業有限公司
地址	台北市內湖區瑞光路513巷33號8樓
傳訊	TEL:8797-1234 FAX:8797-1688
網址	www.suncolor.com.tw
郵政劃撥	帳號：14319060 戶名：三采文化出版事業有限公司
本版發行	2013年4月4日
定價	NT\$280

### Paradox: The Nine Greatest Enigmas in Science

Copyright © 2012 Jim Al-Khalili

TRADITIONAL CHINESE language edition published by © 2013 SUN COLOR CULTURE PUBLISHING CO., LTD. All rights reserved.

This edition arranged with Conville & Walsh Limited through Andrew Nurnberg Associates International Limited

●著作權所有，本圖文非經同意不得轉載。如發現書頁有裝訂錯誤或污損事情，請寄至本公司調換。All rights reserved.  
●本書所刊載之商品文字或圖片僅為說明輔助之用，非做為商標之使用，原商品商標之智慧財產權為原權利人所有。

6 學生子悖論	126
7 祖父悖論	147
8 拉普拉斯的精靈	168
9 薛丁格的貓	186
10 費米悖論	205
11 未解的問題	225

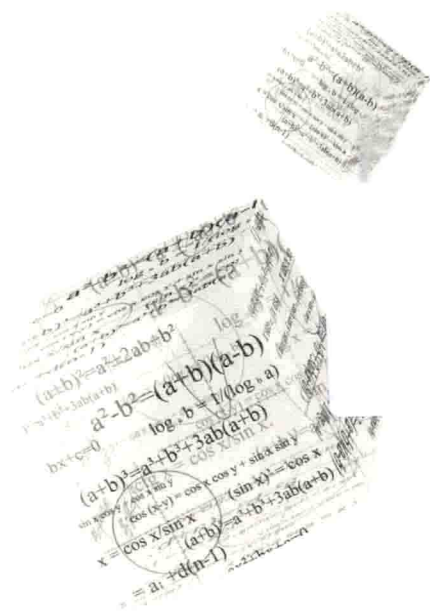


# 悖論

9大謎團  
破解科學史上最複雜的

Paradox

The Nine Greatest Enigmas  
in Science



Jim Al-Khalili

吉姆·艾爾—卡利里 著  
戴凡惟 譯

suncolor  
三采文化

獻給茱莉 (Julie)、大衛 (David) 與凱特 (Kate)

## 誌謝

我在撰寫這本書的過程中獲得極大的樂趣。本書的大半內容是我在教授大學部物理課程時慢慢累積而成的。我曾經在課堂上運用許多悖論，來強調並解釋相對論和量子論中許多難以理解的概念，這些悖論將會在往後的章節中仔細探討。儘管如此，我依然得感謝下面這些人在過去一年來的建議與支持：我的版權代理人派翠克·渥許（Patrick Walsh）總是不吝於提供友善的鼓勵，一如以往；Transworld 的編輯賽門·索羅古德（Simon Thorogood）以及 Crown 的編輯凡妮莎·莫比利（Vanessa Mobley）也是如此。我也非常感謝負責審稿的姬蓮·桑默史蓋爾（Gillian Somerscales）給予許多有用的建議、訂正錯誤，鍥而不捨地讓我的解說盡可能清晰明確。我也想向多年來在薩里大學教過的數百位大學部學生表達感謝，他們讓我在面對現代物理的微妙概念時，能夠保持誠實。最後但同樣重要的是，我要感謝我的太太茱莉，永遠支持與鼓勵我所做的一切。

導讀

## 反其道而行的科普奇書

葉李華（《胡桃裡的宇宙》譯者）

所謂的科普書或通俗科學讀物，顧名思義都是以盡量通俗易懂的方式來推廣科學知識。至於如何做到通俗易懂，不同的作者自有不同的法門，例如文筆生動、深入淺出、風趣幽默；例如多舉例子、多講故事而少談學理；又例如盡可能圖文並茂，甚至乾脆以漫畫形式呈現。可是從另一個角度來看，這些法門萬變不離其宗，都是把科學知識軟化之後，用直接的方式灌輸給讀者。只要用心閱讀，你便能學到其中的知識，這就是標準的「學而知之」。

然而，本書卻大膽地反其道而行，先利用一個個費解的悖論，令讀者陷入五里霧中，然後再以充滿趣味的方式，鍥而不捨地追根究柢。等到真相大白之際，讀者除了茅塞頓開，還能充分享受到解謎的樂趣。因此閱讀本書時，你並非直接增長見識，而是經歷了一番境界更高的學習過程，所謂的「困而知之」是也。

本書最引人入勝之處，正是作者藝高人膽大，敢於挑戰「悖論」這個高難度的主題。為了提綱挈領，底下先試著將書中提到的各種悖論用最通俗的語言整理一遍，括弧中則是內文所採用的正式譯名。

一、無解的悖論（真悖論）。



二、有解的悖論（認知悖論）：又可細分為「惡性的」（似是而非的悖論）以及「良性的」（似非而是的悖論）。

根據這個簡單的分類，我們便能輕輕鬆鬆地認識本書的結構。比方說，第一章是利用幾個數學問題，來介紹「有解的悖論」如何區分為惡性和良性兩種。前者包括「消失的一塊錢之謎」、「伯特蘭箱子悖論」，後者則有「生日悖論」和「蒙提霍爾悖論」。

值得一提的是，本書雖以物理學為主軸，卻刻意用數學（主要是機率論）來開場，這個安排可謂用心良苦。正如作者所說，這幾個數學悖論本身都很單純，不必任何預備知識便能消化吸收，因此很適合當成暖身操。就這點而言，本章或許更適合稱為「第零章」。

從第二章到第十章則是本書的主要內容，亦即物理學中的九個著名悖論。這些悖論幾乎都是「良性的有解悖論」，只有第七章是唯一的例外，因為「祖父悖論」牴觸了邏輯，是個標準的無解悖論。然而山不轉路轉，物理學家居然想到用「平行宇宙」這個巧門來另闢蹊徑，看到這裡，想必大家都會忍不住拍案叫絕。

事實上，在閱讀這九章的過程中，類似的經驗會一而再、再而三地出現。一開始的時候，每個悖論都會令人感到山窮水盡疑無路，但隨著作者仔細抽絲剝繭，我們便能逐漸瞭解科學家如何利用種種巧思，開創出柳暗花明的新境界。

本書作者是我十分喜愛的科普節目主持人，在此之前，我早已看過他擔綱的許多科普影集，每每受益良多。讀完本書後，我才驚覺他的科普寫作也是一絕，稱之為科普全才絕不為過。

最後我想大聲說一句：Nice Job, Jim!

推薦序

## 享受閱讀與思考的愉快

簡麗賢（北一女中物理教師）

今年大學入學學測國文作文題目是「人間愉快」。新聞記者訪談時，有考生表示行善是人間愉快的事；有人書寫凡事轉念，往正向積極面思考就能愉快；有人認為徜徉在大自然中是愉快的事；也有人認為沉浸在有趣的書海中是人間一大樂事。

如何「人間愉快」？我覺得能與書為友，與作者譯者為友，享受閱讀與思考的樂趣，就是人間愉快的事。

孔子說：「學而不思則罔，思而不學則殆。」閱讀一本書，不能只是讀，還要想思考，讀與思並行，才能沉浸在閱讀的樂趣中，創造源源不絕的頓悟，體現朱熹〈觀書有感〉「問渠哪得清如許？為有源頭活水來」。

閱讀三采文化出版的《悖論：破解科學史上最複雜的9大謎團》，我完全沉浸在文字與思考中，這是一本不宜快瀆瀏覽的書，而是適合慢慢咀嚼玩味的科普書，每一篇章都令我忍不住要思考作者傳達的意涵，所說的這一段話或所舉的例子是否言之有理，符合物理概念嗎？是否掉入語言表述的陷阱中？其實，譯者在翻譯文章時，也是在思考，思考作者的某一段話是否「口誤」？是否「用詞不夠精準」？是否會讓讀者誤會作者傳達的意思？這是讀者閱讀時

的樂趣，也是讀者與作者交流的時候。

閱讀，不是單方面的事，而是讀者與作者、譯者的「共讀」。

這本書的內容，包含數學機率與物理的思維，例如〈綜藝秀裡的悖論〉含括語言與數字的思考，「消失的一塊錢之謎」、「伯特蘭箱子」等悖論，讀者閱讀時要冷靜清晰思考，讀後思考，饒富趣味。第二章〈阿基里斯與烏龜〉，談及「運動場悖論」及「季諾悖論與量子力學」，閱讀時除了牛頓和愛因斯坦來陪伴外，讀者也要親近海森堡、薛丁格及包立等知名物理學家。第三章〈奧伯斯悖論〉內容引人入勝，讀者可要邊讀邊思考，步調緩一緩，偶而掩卷沉思，也可以仰天長考，閱讀這兒，已進入浩瀚的宇宙，凝望夜空，哥白尼、克卜勒等科學家將與你交會。太陽系的行星系統及宇宙起源，是讀者要思考的話題，不斷擴張的宇宙和大霹靂理論是一段只能沉靜閱讀而不宜匆匆掠過的篇幅，因為都卜勒效應和哈伯定律將在你的腦海中浮現，愛因斯坦的相對論和宇宙微波背景輻射，成為你一探究竟的依據。

蘇東坡〈赤壁賦〉說：「逝者如斯，而未嘗往也；盈虛者如彼，而卒莫消長也。蓋將自其變者而觀之，則天地曾不能以一瞬；自其不變者而觀之，則物與我皆無盡也。」閱讀此書，若能像蘇東坡一樣放開心眼，放慢腳步，閱讀又沉思，這本書將使你「人間愉快」。

譯者序

## 關於科學悖論的二三事： 為什麼我們要探討科學悖論？

西方哲學史上第一位哲學家一般公認是古希臘的泰利斯（Thales of Miletus，公元前六二四—五四六年）。他提出的哲學論點非常簡單：「萬物本源為水」。泰利斯所持的理由是，萬物皆由水而生，復歸於水，因此水是萬物的本源。儘管他的論點在今日看來十分天真而粗糙，但卻是西方歷史上人類首度試圖探究世界的本質，並提出以邏輯論證為基礎的解答。這表示人類的智識不再侷限於眼見的表象，而是更進一步探索物質世界背後的本質，這是人類思想史上的里程碑。泰利斯因此被尊為西方哲學之父。

物理學的動機也是如此——試圖在各種自然現象中找出自然界根本的規律性。與哲學不同之處在於，除了邏輯的規範之外，物理學還受惠於數學的發展。各種物理定律不但以數學語言的形式來表達，數學也為物理學提供了量化預測的能力。廣為大眾接受的物理理論（典範理論）不但能夠解釋已知的現象，它所提出的預測也必需與日後的觀測相符。然而，偶爾也會發生典範理論（例如量子論）演繹出看似荒謬的結果（例如薛丁格的貓），這時候物理悖論就誕生了。

作者將悖論區分為兩類，一類導致循環論證或產生自相矛盾，

例如究竟先有雞或先有蛋、以及「這句話是假的」陳述等等，稱之為「真悖論」；這種悖論是無法解決的。另一類則是「認知悖論」，也就是論證的結果看起來荒謬或者與直覺相悖，但卻是可以解決的，也就是它其實並非真的是個悖論。本書所討論的乃是後者。

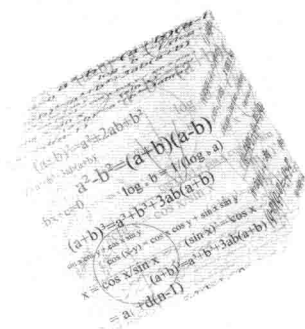
本書探討橫跨古今兩千多年，科學史上最重要的九個悖論，涵蓋了運動學、宇宙論、統計物理、相對論、以及量子物理等範疇。這些悖論之所以重要，有些是因為它們挑戰典範理論，並且在相當的時間之內立於不敗之地（例如奧伯斯悖論）；有些則凸顯出典範理論違背直覺的特性（例如學生子悖論）。然而不論如何，這些悖論的解決都為我們帶來對於物理世界深刻而重要的理解，因此值得深入探討。

作者吉姆·艾爾—卡利里教授本身任教於英國薩里大學，不僅是著名的理論核物理學家，也具有豐富的課堂教學經驗。他還是多本科普書籍的作者，並且主持過許多科普廣播與電視節目。這九則重要的科學悖論，透過作者旁徵博引的生動筆觸，深入淺出地介紹給讀者，讀來引人入勝，趣味橫生，不僅適合對於科學有興趣的一般讀者，也能為專業科學工作者帶來意想不到的收穫。

# contents 目錄

誌謝	3
導讀	
反其道而行的科普奇書／葉李華	4
推薦序	
享受閱讀與思考的愉快／簡麗賢	6
譯者序	
關於科學悖論的二三事： 為什麼我們要探討科學悖論？	8
前言	12
1 綜藝秀裡的悖論	17
2 阿基里斯與烏龜	40
3 奧伯斯悖論	58
4 馬克士威的精靈	80
5 竿與穀倉的悖論	106

6 學生子悖論	126
7 祖父悖論	147
8 拉普拉斯的精靈	168
9 薛丁格的貓	186
10 費米悖論	205
11 未解的問題	225





## 前言

悖論（paradox，亦可譯為詭論、謬論、詭局、佯謬、弔詭或矛盾）以各種不同的形式和難度出現。有些只是簡單的邏輯矛盾，沒有深入探討的價值；有些則像是冰山的尖頂，底下是整座冰山的科學知識。許多悖論可以透過謹慎思考，找出基本假設當中一個或多個漏洞來攻破，這種嚴格來說算不上是悖論，因為癥結點一旦突破，它就不再是悖論了。

「真悖論」指的是自相矛盾或循環論證的陳述，或者某種邏輯上不可能發生的情況。然而「悖論」一詞的運用範圍比字面的意義來得廣，還包括被我稱為「認知悖論」的範疇。這類難題一定找得到破解方法。這種悖論有可能包裝在蓄意誤導聽者或讀者的花招或障眼法之中。一旦花招被揭穿，邏輯上的矛盾或荒謬性就消失了。另一類認知悖論則是，其敘述或結論乍聽之下十分離譜或違背直覺，仔細思考後卻發現其實不然，即便結果多少仍令人驚訝。

物理學上有這種悖論。所有這類悖論只要稍加運用一點基本的科學知識便可解決——嗯，幾乎所有啦。而這些都將是本書關注的重點。

讓我們先簡單介紹一則真正的邏輯悖論，它如此清晰明瞭，所



以我並不打算在書中探討它。不過它的陳述方式確實會讓你跳不出邏輯迴圈。

這一則簡單的論述如下：「這句話是假的。」乍看之下每個字似乎都非常直截了當。但是，想一下這一句話，當你仔細推敲其所陳述的含意時，邏輯上的矛盾將逐漸浮現。六個簡單的字就讓你頭痛嗎？果真如此的話，我認為這種頭痛也是好玩的——這句話或許本身也是悖論，而且無疑地你會出於虐待般的快感，向家人或朋友轉述。

你瞧，「這句話是假的」是想告訴你，在宣稱這句話是假的同時，它本身必然也是假的，所以它就不是假的——也就是它是真的，所以這句話真的是假的，也就是真的……諸如此類，陷入一個無窮盡的循環。

有很多類似這樣的悖論存在，但這本書並不打算討論它們。

這本書將探討我個人最鍾愛且著名的科學難題和謎題，它們都是所謂的悖論，但經由正確的角度仔細思索，就能揭穿它們不是悖論。儘管乍聽之下極度違反直覺，事實上卻是因為漏掉一些微妙的因素；一旦將這些因素考慮進來，就會破壞建構整個悖論的其中一根樑柱，整個構築起來的論點便會傾倒。矛盾雖然已經解決，它們之中有許多卻仍然被稱為悖論，部分是因為它們在問世之初顯得如此棘手（在我們終於發現自己錯在哪裡之前），部分則是因為稱之為悖論有助於科學家們釐清一些相當複雜的概念。喔對了，還因為它們如此有趣且值得探討。

我們將要探討的許多謎團，乍看之下似乎是貨真價實的真悖論，不僅僅是認知悖論而已。這就是有趣的地方。以著名的「時光