

哲人石  
丛书

Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列



# 大众科学指南

宇宙、生命与万物

John Gribbin  
Mary Gribbin

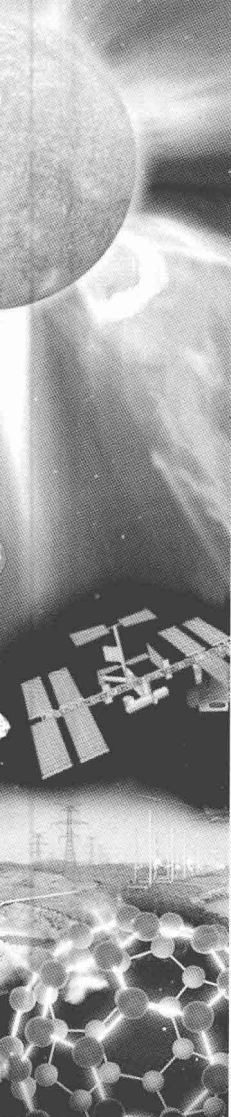
**ALMOST  
EVERYONE'S GUIDE  
TO SCIENCE**

*THE UNIVERSE, LIFE  
AND EVERYTHING*

约翰·格里宾 玛丽·格里宾 著  
戴吾三 戴晓宁 译



上海科技教育出版社



哲人石  
丛书

Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列

# 大众科学指南

宇宙、生命与万物

约翰·格里宾 玛丽·格里宾 著

戴吾三 戴晓宁 译



上海科技教育出版社

**Almost Everyone's Guide to Science:  
The Universe, Life and Everything**

by

John Gribbin & Mary Gribbin

Copyright © John Gribbin & Mary Gribbin, 1998

Published by arrangement with Weidenfeld & Nicolson

Chinese (Simplified Characters) Trade Paperback copyright © 2010 by  
Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House

ALL RIGHTS RESERVED

上海科技教育出版社业经 John Gribbin & Mary Gribbin 授权  
取得本书中文简体字版版权

责任编辑 傅勇 装帧设计 汤世梁

哲人石丛书

**大众科学指南**

**——宇宙、生命与万物**

约翰·格里宾 玛丽·格里宾 著

戴吾三 戴晓宁 译

---

上海世纪出版股份有限公司

出版发行

上海科技教育出版社

(上海冠生园路393号 邮政编码200235)

网址: [www.ewen.cc](http://www.ewen.cc) [www.sste.com](http://www.sste.com)

各地新华书店经销 丹阳教育印刷厂印刷

ISBN 978-7-5428-5127-7/N·798

图字 09-2009-718 号

---

开本 850×1168 1/32 印张 8.75 插页 2 字数 203 000

2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

印数 1-4 400 定价:25.00 元

## 对本书的 评价

就宇宙的基本问题写成这样一本好书,目前无人可及。

——《新科学家》(*New Scientist*)

任何类别的世界最畅销科学读物作家排行榜上,都必然会有约翰·格里宾的大名。他不仅能够行云流水般地将复杂的思想表述清楚,而且将写作过程当作了一种探险活动。

——《金融时报》(*Financial Times*)

对于任何希望了解科学但又心存畏惧的人来说,约翰·格里宾是一笔财富……他化繁为简,为没有多少科学基础的人提供了一幅科学世界的画卷。

——布拉格(Melvyn Bragg)

约翰·格里宾以精湛的技巧,将物理学、化学、地球科学和生物学结合在一起,并做了令人叹服的概述。他细致地解释了涌现出的科学新概念和新术语……本书极富见解。

——斯坦纳德(Russell Stannard),  
《泰晤士报教育副刊》  
(*Times Educational Supplement*)

作者力图用清晰、简洁的方式表达复

杂的思想……值得一读。

——《独立报》(*The Independent*)

从原子内部到宇宙暗物质,从恒星的孕育、成长到死亡,约翰·格里宾为解释世界而探究科学的力量。显然他喜欢自己的主题,并试图人性化地对最难以捉摸的概念进行解读(例如,在讲述量子论时,他让我们想象自动取款机只能吐出整钞)。本书有它独特的地位。

——《焦点》(*Focus*)

## 内容提要

对于任何希望了解科学但又为细节而苦恼、心存畏惧的人来说,本书是一部绝佳的科学指南。它引领你从微小的粒子世界出发,途经原子、分子及化学世界,再顺着 DNA 双螺旋来到生命世界,然后上天入地,飞出太阳系,遨游于茫茫宇宙,最后又重返起点。本书为你提供了一幅关于宇宙及其万物的宏伟画卷,数百年来重大的科学成果及科学研究方法皆浓缩其中。一卷在手,你不仅得以了解生命的本源、宇宙的奥秘,更能领略到人类在从事科学认知活动、开启自然奥秘之门时的探索精神。

## 作者简介

约翰·格里宾(John Gribbin),英国著名科学读物专业作家,萨塞克斯大学天文学访问学者。他毕业于剑桥大学,获天体物理学博士学位。曾先后任职于《自然》(*Nature*)杂志和《新科学家》(*New Scientist*)周刊。他著有 50 多部科普和科幻作品,其中的科学三部曲《薛定谔猫探秘》(*In Search of Schrödinger's Cat*)、《双螺旋探秘》(*In Search of the Double Helix*)和《大爆炸探秘》(*In Search of the Big Bang*)尤为脍炙人口。

玛丽·格里宾(Mary Gribbin),以青少年科普作品著称,也是多家报纸和杂志的撰稿人。

## 科学计数法

我们在这本书里会看到,在遇到非常大或非常小的数字时,为避免写出一长串的零,用科学简写法就方便得多。这里所说的科学简写法, $10^2$ 表示100, $10^3$ 表示1000,以此类推。 $10^{-1}$ 表示0.1, $10^{-2}$ 表示0.01,以此类推。在遇到“阿伏伽德罗常数”(见第一章)之类的数字时,用科学简写法可简写为 $6 \times 10^{23}$ ,即表示600 000 000 000 000 000 000 000。

要注意的是,10的幂的一个小小的改动,都会使数值发生很大的变化。例如, $10^{24}$ 比 $10^{23}$ 大10倍; $10^6$ 不是 $10^{12}$ 的一半,而是它的百万分之一( $10^{-6}$ )。

我们也遵循这种科学惯例,10亿即 $10^9$ 。

关注人类自身及其命运,必须作为所有技术努力的主要事业……从我们头脑创造出来的,应当是人类的福祉,而不是制造灾祸。在你们的图表和方程中不要忘记这一点。

阿尔伯特·爱因斯坦  
1931 年于加州理工学院

# 目 录

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 导 言   | 与实验结果不一致就是错的 | 1   |
| 第 一 章 | 原子与元素        | 9   |
| 第 二 章 | 原子内部         | 31  |
| 第 三 章 | 粒子与场         | 55  |
| 第 四 章 | 化学           | 75  |
| 第 五 章 | 生命的分子        | 95  |
| 第 六 章 | 进化           | 115 |
| 第 七 章 | 变化的地球        | 137 |
| 第 八 章 | 气流的变化        | 161 |
| 第 九 章 | 太阳与其家族       | 181 |
| 第 十 章 | 恒星的一生        | 205 |
| 第十一章  | 极大与极小        | 227 |
| 注释    |              | 249 |

## 导言

## 与实验结果不一致就是错的

任何一名科学领域的专家都有相同的宿命：他们专注于越分越细的研究领域，对越来越少的问题探究得越来越深，直至最终没有一样东西能完全弄清楚。

正是为了避免这样的宿命，许多年前，我就选择做一名科学作家，而不是科研工作者。这样做，使我有机会向真正的科学家请教，并把我的所得写成一系列的文字作品；这样做，使我对各个越分越细的研究领域都略知一二，尽管我至今还无法通晓每个领域。我从事这一工作已有 30 年，针对诸多具体的科学领域写了许多书，现在趁我对大多数科学领域都有所了解之时，写一本综合性的书，对科学做宏观的描述，应该是个不错的想法。

通常，我写书定位的读者对象是我本人。比如在我写一本关于量子物理学或进化论的书时，我希望有人已经为我写出这样的书，这样我就不必再去费神查找相关资料。而这次我是为大众写书，并希望能使几乎每个人都喜欢，读有所获。假如你了解一点量子物理学（或知道很多），你会从本书发现你原来并不熟悉的进化论；或设想你懂一些进化论，那么书中介绍的“大爆炸”对你来说却是新知识，我希望是这样。

因此，尽管我感觉到阿西莫夫（Isaac Asimov）\* 的灵魂正

---

\* 阿西莫夫（1920—1992），美国科普巨匠和科幻大师。关于阿西莫夫的生平，可参阅《人生舞台——阿西莫夫自传》（上海科技教育出版社，2009 年）。——译者

在我的身旁,关注着这项知识面广泛的工作(我希望他是以赞许的目光),但这本书并不是服务于我个人的科学指南,而是几乎适合于每个人的科学指南。这本书的主要读者对象不是科学迷和内行专家,更多的是那些隐约地觉得科学挺重要、甚至也很有趣,但常常又怕被技术细节唬住的读者。在这本书里,你不会看到那些难懂的术语(它们已被我的合作者拿掉了,她对过分科学化的词句严格把关,以确保书中的内容是一般读者能读懂的)。通读本书你会感觉到,这都是我的一些个人看法,包括 20 世纪末科学的发展状况,以及不同的科学知识如何关联,构成了一幅关于宇宙及其万物的连贯的宏伟画卷。

当你过分关注科学的某个领域,如“大爆炸”或进化论时,你可能会忽视不同的知识相互关联的事实,但这的确是科学的一个极为重要的特征。进化论和“大爆炸”(以及所有其他科学知识)都基于相同的规则,你不能按个人意愿来挑选你能接受的科学事实。

常常有人跟我说,出于这样或那样的理由,他们无法接受狭义相对论中“运动的时钟走得慢,运动的尺子会缩短”的观点。有时候这些人想方设法避开狭义相对论,但仍接受其他的科学。但这是不可能的。狭义相对论并不是仅仅关系到运动时钟和尺子的孤立理论,它同样关系到我们对另一些事物的理解,例如,质量转化为能量以维持太阳的发光,以及原子内部电子的行为。如果你抛开一些看似违背常理的理论,那你就无法解释太阳为何发光,也无法理解元素周期表。这只是其中一例。

我希望本书能够清楚阐明这样一点,即按现代的科学世界观,一切事物都是相关联的。这种科学的世界观是人类智慧的伟大成就,广阔的视野较之对细枝末节的过分关注,更能体现这一成就的力量。

科学世界观有两个显著的相互关联的特征,但常常被忽视,值得在此强调:整个科学的发展只用了大约400年[从伽利略(Galileo)时代算起,看起来这是追溯现代科学启蒙合适的起点],而且人类的头脑完全能够理解它。也许不是我们每个人都能够理解科学世界观的各个方面,但确实有一些人在有限的生命中能够做到。虽然也许只有天才才能提出用自然选择来解释进化之类的思想,但是这些思想一旦形成,科学家就可以对一般人做解释,而且得到的第一反应通常是:“这么显而易见!我怎么这么笨,就没想出来。”[例如,当赫胥黎(Henry Huxley)第一次阅读达尔文(Charles Darwin)的《物种起源》(*Origin of Species*)时,就有这样的反应。]正如爱因斯坦(Albert Einstein)在1936年说的那样:“这个世界永恒的奥秘就在于它能够被理解。”

人类的头脑之所以可以理解宇宙,是因为宇宙受一套非常简单的法则支配。在20世纪初提出原子核模型的物理学家卢瑟福(Ernest Rutherford)说过这样的话:“科学可以分为两类,物理学和集邮。”卢瑟福这样说并不完全在开玩笑,尽管他对其他的学科有某种轻视,而且看上去与他获诺贝尔化学奖的事实不相符(1908年,卢瑟福因对放射性的研究而获奖)。物理学是科学中最基本的,既因为它最直接地研究支配宇宙的简单法则和组成宇宙万物的简单粒子,也因为它的方法可被其他学科参照,使自身与整个世界相关的部分得到发展。

在这些方法中,最重要的是使用物理学家所称的模型。不过,即使对某些物理学家而言,他们也并非总能理解他们所用的模型到底是什么,因而在我们运用这一方法之前,有必要先把它说清楚。

对于物理学家来说,模型是某个基本(或非基本)实体的

心智图像与一组描述该实体行为的数学方程的结合。例如，有一种模型与我写这些文字时房间里的空气有关，这种模型把空气中的每个分子都看作微小硬球。与这种模型相配的方程，一方面描述这些小球如何相互碰撞、相互弹开，或从墙壁上反弹回来；另一方面描述大量小球的整体行为造成了我房间里的空气压力。

至于这些方程，不必担心，在本书中我大都会避开它们。不过要记住，好的模型总会包含方程，科学家要用这些方程来预测物体的行为——比如，可能用来计算在其他条件都一样时，如果把我房间的温度升高  $10^{\circ}\text{C}$ ，气压将发生怎样的变化。区别模型的好坏是用实验来检验。就像上面这种情形，把房间的温度升高  $10^{\circ}\text{C}$ ，看看测出的新气压值是否与模型所预测的一致。如果两个值不一致，那就要么对这个模型做一些修正，要么把它丢在一边。

20 世纪最伟大的物理学家之一费恩曼 (Richard Feynman) \* 在 1964 年的一次演讲中，总结了这种科学方法，他虽用了“法则”一词，但同样适用于模型：

一般说来，我们通过下列步骤来寻找新的法则。首先，我们是猜想。然后，我们假设所猜的法则是正确的，开始计算猜想的结果。接下来，我们通过实验（或凭经验）把计算结果与自然界的真实情况比较，或直接把计算结果与观测比较，看这个法则是否适用。如果与实验结果不一致，那它就是错的。这一简单的表述就是科学的

---

\* 费恩曼 (1918—1988)，美国物理学家，因在量子电动力学方面的贡献获得 1965 年诺贝尔物理学奖。关于费恩曼的生平，可参阅《迷人的科学风采——费恩曼传》（上海科技教育出版社，2005 年）。——译者

关键。无论你的猜想多美妙,都不会有什么差别。不管你有多聪明,不管是谁猜的,他的名字是什么,都不会有什么差别——如果猜想与实验结果不符,它就是错的。

这就是科学和科学模型的全部,如果与实验结果不一致,那就是错的。但还有更微妙之处,即使与实验结果一致,也并不代表那个模型就是“正确”的,就是所探究事物之自然本性的永恒的、普遍的真理。在计算一个房间的气压时,我们可以把分子当作小硬球,但这并不意味着分子就是小硬球,而只是说明在某种状况下,分子行为表现得像小硬球。模型通常都有明确的限定条件,超出限定条件,可能就需要另找模型代替。

为了说得更清楚一些,让我们从另一个角度来看我房间里空气的气体分子。这些分子中有一些是水分子,每个中学生都知道,水分子是由3个原子构成的(2个氢原子和1个氧原子),化学分子式是 $H_2O$ 。为了某些目的,可以用两个较小的硬球(代表氢原子)和一个较大的硬球(代表氧原子),构成一个V形水分子简易模型,氧原子位于V的下端。

为了达到这样的效果,可以把原子之间的连接视作小的硬弹簧,这样分子中的原子可以来回轻微振动。这种振动与特定的辐射波长有关,因为原子带有电荷(后面会详细讲到),所以当它们受激而产生这种振动时,它们就会辐射出微波射电;反过来说,如果用适当的微波射电照射这种分子,就会使分子产生共振。

这恰是微波炉里所发生的情况。在微波炉里,微波的波长被调到使水分子振动的波长,这样的微波充斥炉内,使食物里的水分子振动,这样,水分子吸收能量,食物也就被加热。这种现象不仅在厨房和实验室里可以看到,天文学家也是通

过研究来自太空的气团发出的微波射电,探测到太空中存在着水分子以及许多其他的分子。

由此,假如你是一位寻找太空中分子的射电天文学家,或是一位设计微波炉的电气工程师,这种由小棍和球组成的水分子模型就是一个很好的模型,前提条件是连接原子的小棍有一定的弹性。你不会再把整个分子当成一个硬球,而是把单个的原子(比如氧原子),看作单个的硬球。

化学家在分析物质的组成时,也会用另一种方式。如果你想知道一种物质中含有哪些种类的原子,一种方法就是研究原子受热时发出的光。不同种类的原子放出不同颜色的光,在彩虹似的光谱中呈现为非常明锐的线条,我们最熟悉的一个例子便是路灯发出的明亮的橙黄色光,这是因为灯泡中有钠化合物,这正是钠原子辐射出的特定颜色的光(在这个例子中,钠原子发光是受电流激发,而不是因为受热)。

这种光是如何产生的?在用来描述这种光产生的模型中,原子不再被视作单个的硬球,而是被想象成这样一种结构:中心是微小的原子核(此时可把原子核当作一个硬球),周围是一团微小的带电的粒子(电子)构成的云。中心的原子核带有正电荷,而每个电子都带有负电荷,这样整个原子的电荷数为零。光谱中的谱线与特定种类的原子有关,可以用原子外层的电子运动状况来解释。如何区分原子的种类,从化学的观点来看,就是电子的数目不同(氧原子有8个电子,氢原子只有1个电子,而钠原子有11个电子);由于每一种原子都有它自己独特的电子排列方式,所以每一种原子都会产生它独特的彩色光谱谱线。

我还可以继续讲下去,不过到此已说得很清楚了。把空气中的分子当作小硬球的模型是一个好模型,因为你可以用它来计算温度变化时气压的变化;把分子当作许多小硬球(原

子)结合在一起,就像一串葡萄,这也是一个好模型,因为它可以用它来计算分子振动产生射电波的方式。还有一种模型没有把原子当作不可分的小硬球,而是看成一个被电子云所围绕的微小的核,这也是一个好模型,因为你可以用它来计算与特定种类的原子相关联的彩色谱线。

没有哪一种模型是绝对正确的,但它们都各有自己的作用。模型是工具,我们可以用来想象事物发生作用的图景,计算出可以通过测量直接检验的结果,如一个房间内的气压或是一种受热物质发出的光线的颜色。

就像一个木匠不能用凿子来干锤子的活儿,同理,科学家必须根据所进行的研究来选择适当的模型。当费恩曼说“与实验结果不一致就是错的”这句话时,他指的是与正确的实验结果不一致的情况。在把水蒸气分子当作单个硬球的模型时,没有考虑到存在与微波相关的振动的可能性,所以这种模型“预测”水蒸气不会产生微波辐射。因而,如果我们要研究微波,使用这样的模型就错了。然而,这并不表明这种模型在任何时候都是错的,如果我们感兴趣的是温度升高对房间气压的影响,那么使用这种模型就没有错。

科学的一切都与模型和预测有关,与在头脑中形成宇宙运行的图景有关,与通过计算来预测在某种条件下将发生的现象有关。走出我们日常生活的世界,不论是向着极小的微观世界,还是向着广袤的宏观世界,我们都会更多地依赖“类比”:比如,在某种条件下原子“像”一个弹子球,而从某种意义上说,黑洞就“像”蹦床上的一个凹坑。

如此分类说明各种模型的应用,难免冗长乏味,我该打住这个话题了。相信你已经记住了这一点,即最好的模型也有它的适用条件,凿子不要当锤子来用。当我们对某个事物的描述是“真的”时,这只是表示在相关的状态下它是最好用的