

罗杰·G·牛顿 著  
李香莲 译 杨建邺 校

当代科普名著系列

# 探求 万物之理

——混沌、夸克与拉普拉斯妖

哲人石  
丛书

上海科技教育出版社

**What Makes Nature Tick?**

by

Roger G. Newton

Copyright © 1993 by Roger G. Newton

Chinese (Simplified Characters) Trade Paperback copyright © 2000 by

Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House

Published by arrangement with Harvard University Press

ALL RIGHTS RESERVED

上海科技教育出版社业经哈佛大学出版社

取得本书中文简体字版权

责任编辑 潘涛 装帧设计 汤世梁

哲人石丛书

**探求万物之理**

——混沌、夸克与拉普拉斯妖

罗杰·G·牛顿 著

李香莲 译 杨建邺 校

---

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号 邮政编码 200233)

各地新华书店经销 丹阳教育印刷厂印刷

ISBN 7-5428-2301-9/N·363

图字 09-1999-153 号

---

开本 850 × 1168 1/32 印张 9.5 插页 2 字数 225 000

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-5 000 定价:20.20 元

## 对本书的评价

牛顿这部著作堪称杰作。我真希望是我写的。

——格拉肖(Sheldon Glashow),  
1979年诺贝尔物理学奖得主

如果你真想知道物理学家是如何工作的,什么东西使他们开心,我觉得最好的办法就是坐下来,读这本书。

——休斯(David Hughes)

## 内 容 提 要

物理科学并不晦涩,其所解释的现象亦不费解。我们目睹大自然的奇观及其所具有的对称性,但这些东西往往隐含于种种奇怪的符号和概念之中。罗杰·牛顿对物理学家如何认识世界的解说,使得门外汉既可探索宇宙之谜,又可领略科学之美。

本书通过对孤子与超导体、夸克与弦、相空间与混沌、快子与时间之箭、拉普拉斯妖与不确定性、基本粒子与集体现象等做的引人入胜的阐释,揭示物理学家的直觉、想象力和审美情感在创造性科学研究过程中的巨大影响。

## 作者简介

罗杰·G·牛顿,印第安纳大学物理学系荣誉教授,著有《何为科学真理——物理理论与实在》(中文版已列入上海科技教育出版社“哲人石丛书·当代科学思潮系列”出版)和《考察物理学》。

献给莉莉、伊莎贝尔和伊登  
希望他们长大后热爱科学

## 前 言

本书的主要内容来源于一次  $q\beta k$  演讲,和近 15 年来对来自各不同行业的一群同事所做的一系列讲演,这些人定期聚在一起,讨论我们各不相同的学术爱好。本书旨在使那些没有接受过科学训练、也没有多少数学知识的读者能读懂。所需的数学知识将在书中适当的地方予以介绍,但只能做到使读者可以体会它们在物理学中所起的作用,而不能足以使他们能借此解决问题。

我得感谢那些将我引导到写这本书的道路上来,并在写书的过程中予以帮助的许多人。首先,我要深深感谢我的妻子鲁思(Ruth),如果说本书具有比较令人满意的文体的话,那应全部归功于她可贵的编辑工作;如果还有任何词不达意之处,那全是我自己的责任。我还要感谢印第安纳大学亨利·拉佛德·霍伯美术学院 的达弗扎克(Shehira Davezac)教授,是他帮我鉴定那些作为插图的艺术品,以及要感谢印第安纳大学艺术博物馆的蒂梅(Danae Thimme),他允许我复制馆藏的一些艺术品,最后还要感谢那许多的非科学同事,他们是我在试图解释我觉得很有意思的一些事情时的试验性听众。

罗杰·G·牛顿

1993 年 5 月于布卢明顿



哲人石丛书

立足当代科学前沿

彰显当代科技名家

介绍当代科学思潮

激扬科技创新精神

---

策划

潘 涛 卞毓麟



## 图书在版编目(CIP)数据

探求万物之理:混沌、夸克与拉普拉斯妖/(美)牛顿(Newton,  
R. G.)著;李香莲译. —上海:上海科技教育出版社,2000.8

(哲人石丛书·当代科普名著系列)

ISBN 7 - 5428 - 2301 - 9

I . 探...

II . ①牛... ②李...

III . 物理学-普及读物

IV . O4 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 28929 号

# 目 录

## 引 言

坚持客观性目标

1

## 第一章

科学、数学和想象力

11

## 第二章

混沌与拉普拉斯妖

29

## 第三章

时间之箭

63

## 第四章

通过空间作用的力

95

## 第五章

波：驻波、行波和孤波

121

第六章  
快子、双生子衰老和因果律  
149

第七章  
幽灵般的超距作用  
169

第八章  
什么是基本粒子？  
191

第九章  
集体现象  
215

第十章  
对称之美与对称之魅  
235

结 语  
科学的文化价值  
273

注 释  
275

进一步的读物

279

引 言

# 坚持客观性目标

科学家在阐述他们的理论时所具有的精确性,是科学常常有别于其他人类活动的特点。1948年,当施温格(Julian Schwinger, 1918~ )用他新建构的量子电动力学来计算电子“磁矩”的值时,他宣布所得结果(在适当的单位下)是1.001 162,并将它与当时已知位于1.001 15与1.001 21之间的实验值进行了比较,谁也没有理由不为理论与实验之间只有十万分之几的差别而深深打动。(近40年来,这种吻合更达到了十亿分之几。)因为这项工作,施温格与费恩曼\* (Richard Feynman, 1918~1988)及朝永振一郎(Sin-Itiro Tomonaga, 1906~1979)分享了诺贝尔物理学奖。

然而,如果认为精确性非常高的陈述就必然科学,而不那么精确的陈述一定不太科学,那就大错特错了。当然,在理论与实验测量进行比较时,尽可能使用各学科领域中有用的理论与技术工具,来达到所需的精度非常重要,有时这种精度要求还真的挺高。但在另外一些情形中,在草稿纸上写写画画而得出的近似估计就很令人满意了。一个实验家在准备或设计一套精巧的实验装置(或申请所需基金),以开展一项计划中的测量时,她得做到对预期出现的结果心中有数。是每年得到几个记数,还是每秒得到几百万个记数?刻度盘上的指

\* 见《迷人的科学风采——费恩曼传》,约翰·格里宾、玛丽·格里宾著,江向东译,上海科技教育出版社,1999年。——译者

针预计会移动千分之几英寸,还是移动几英寸(1英寸合2.54厘米)?所用实验仪器的设计强烈地依赖于这些预期的结果。对科学来说,粗略的预期估计与高度精确的实得结果具有同等重要的作用;原则上,它们的科学性一点也不会被削弱。“回顾60年前的科学史,我得出如下结论,”在那段时期对物理学和化学做出重要贡献者之一的鲍林(Linus Pauling)最近这样写道,“科学上所取得的进步,大部分要归功于一直在进行的近似的量子力学计算。”<sup>1</sup>他将这些计算同另一些精确得多但他认为并不提供多少物理内涵的计算进行了比较,他觉得前者有意义得多。在很多情形下,理论与实验之间的差别限于20%就至少暂时被认为满意了。另一方面,如果声称某种品牌的商品X具有“99.9%的纯度”,那并不具有科学重要性,即便有意标榜也是如此。对科学来说,重要的是在给定条件下对精确程度给出适当的判断。

实际上,试图在狭窄的界限内描述科学的本质将是徒劳无益的,就像关于科学方法也没有严格一致的观点一样。正如美国物理学家,也是美国新英格兰人中精英的布里奇曼(Percy Bridgman, 1882~1961)所说的,科学方法就是“使用你的头脑,不要受任何羁绊”。科学有各种各样的:有的已经成熟,发育良好,具有明显的理论结构;而有的还比较年轻,尚在寻找最恰当的工具。至于科学家,有的是修补匠,有的是分类家;有的是问题解答者,有的是使问题概念化者;有的比较敏捷高雅,有的则认真周到、一丝不苟。当然,此外还有一些科学家做出重要发现,明显地推动了科学的发展,而另一些人则只是填补细小的漏洞,使一个伟大图景更加完善。而那些做出重大理论或实验贡献的人必须具备这样一个禀赋,那就是想象力。这才是使科学成为最深意义上人类活动的东西。

本书的主题是物理学,这是最成熟的科学,也是我们用以

认识宇宙活动的基础。“物理学是一门实验科学”，物理学家们经常自豪地宣称——而他们也确实是对的。我们所掌握的关于宇宙及其运作的知识的最终来源，是建立在对自然的观察与实验结果基础之上的。然而这并不全对。仅有观察，还不足以产生我们称之为科学的知识体系；它们还必须经过人类智慧的过滤与消化。事实上，如果没有理论概念作为指导和解释，观察结果就将毫无意义。尽管可以用最强大的计算机将采集的大量数据进行分类加工，但并不能以此取代概念结构的建造。一个富有创造性的实验家的任务是，向自然提出正确的问题，而要做到这一点，不仅需要从理论上理解所预计的答案的意义，而且还需要想象力。不但解释“事实”需要理论，而且对知识进一步探求的一致性也需要理论的指导。

构成物理学与化学知识基础的数据，大抵（天体物理学除外）是通过主动的实验而非被动的观察得到的。这不同于其他一些科学，诸如生物科学与天文学，那些领域要进行实验有时是不可能的、非常困难的、甚或是不道德的，而这种区别有很重要的影响。如关于吸烟与肺癌之间联系的长久争议所证明的那样，通过实验而建立的因果关系将会比直接观察的结果更具说服力，在那些实验中某些变量可以令其保持不变，而另一些变量则可以随意变化。因此读者应当记住，如果本书中某处提到数据，它们通常都被默认为是通过实验得到的。

既然构成一门高度发展的科学之实验基础的理论，是充满想象地建立起来的，那么有时人们就会有这样的疑问，即那些结构，以及在它们指导下观察到的事实，可能受到科学之外因素的影响。由此，不管是过去还是近来，在讨论科学时引起相当争议的一个词是客观性。某些人由于不相信科学家在与非科学家讨论时经常采取客观性态度，于是声称，实事求是的客观态度是不可能的，尤其当这些事实对研究者自己或对整

个社会变得极其重要的时候更是如此。当然,这种宣称有一定道理;科学家毕竟也是人,而一些业已披露的情况也表明,当在科学内部产生优先权纠纷时,或者是在有关基金申请方面的争论中,某些科学家在作判断时受过他们自身利益、愿望或社会背景等因素的左右。但这些人失误并不能削弱客观性目标,即不为私利及社会或哲学方面的偏见所影响。这一目标即便在实践中有时会遭到违背,也总是在科学活动中起着相当好的作用。

那些通常基于政治理由(不管是以雅利安人鄙薄犹太人智力、唯物主义哲学反对资产阶级价值观、女权主义怀疑男性思考模式,还是东方的直觉反对西方的理性等名义),而对客观性目标的有效性乃至其必要性持怀疑的态度,从根本上是有害于科学本身的。虽然科学家的思想毫无疑问会在一定程度上受到社会、道义以及哲学等科学之外因素的影响,但这些影响绝不可以夸大,欲刻意突出科学家形而上学偏见的意图,总是徒劳无益和消极有害的。科学的开放性与可理解性,使它最终能在很大程度上得到自我纠正,现存的任何偏见最终都会被发现,只要我们坚持将客观性当作指导目标。

本书主要涉及近 400 年内在认识我们周围世界的过程中所用到的理论概念。我们将会碰到这样一些特殊情形,某些理论创始人因政治原因而受到攻击,或者根据他们的社会环境来“解释”他们的思考方式。而这样的攻击与解释是不恰当的。人们可以抑制或从心理学上来分析某些个人所主张的思想,但从长期来看,那些被承认的科学思想,依然既与其心理学原因无关,也与政治上的成就无关。

不过,在科学中确实存在一些起过作用的科学之外的、并在一定程度上为非理性的有价值的动力:它们与美学有关。我希望本书的读者在读完本书后,能够体会到美在科学理论



的建构与科学概念的采纳中所起的作用。毋庸置疑,美在很大程度上决定于观察者的眼光,而在有些情况下美学欣赏需要训练有素的鉴赏力。尽管如此,同一领域的科学家们在关于哪些理论优美、哪些理论丑陋方面的看法,有着惊人的一致性。

因为这类训练不仅仅需要领悟,而且这种鉴赏力的提炼几乎毫无例外都需要数学知识,所以非科学家们常常认为物理学深奥难懂。本书将通过在正文中介绍必要的数学概念,并在附随的方框中详述其中一些概念的方式,来使读者更好地欣赏物理学概念及物理学之美。

第一章将详细阐述这样一个事实,即科学并不像人们所常常描绘的那样,仅仅是一堆事实:虽然这样一些事实是必不可少的,但它们并不构成科学最重要的部分。而且,以与社会“有关”或有益于社会的愿望作为动力的科学家很少。科学家们在工作中需要想象力和直觉力的程度,一点也不逊色于艺术家、作家及音乐家。如果说画家的工具是颜料与画笔,诗人的工具是他所用语言的韵律,那么表现物理学家想象力的基本工具就是数学。但尽管美是科学与数学中一种强大的推动力,而且美学在我们概念的表现形式方面至少起着部分作用,可科学家想象力的成果最终却必须建立在与实验定量一致的基础上。本章的一般观点中,有些适用于所有科学,另一些则只适用于其结构高度理论化与数学化的物理科学。

第二章的核心是著名的拉普拉斯声言:只要有足够的信息与智慧,他就永远能够预言宇宙的未来进程。为了具体说明这一断言的基本原理,我们将从讨论经典力学中的牛顿运动方程,特别是由哈密顿(William Hamilton, 1805 ~ 1865)给出的一阶微分方程形式入手。因为类点粒子(point-like particles)与刚体的力学是物理学中最基本也是最先得到充分发展