

看不见的科学世界

不可思议的 反物质

BUKESIYI DE
FANWUZHI

刘树勇 邱克 姚润丰 编著

河北出版传媒集团公司
河北科学技术出版社

不可思议的反物质

刘树勇 邱克 姚润丰 编著

河北出版传媒集团公司
河北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

不可思议的反物质 / 刘树勇等编著. ——石家庄 :
河北科学技术出版社, 2012.5
(看不见的科学世界)
ISBN 978-7-5375-5174-8

I. ①不… II. ①刘… III. ①反粒子-青年读物②反
粒子-少年读物 IV. ①O572.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 075617 号

不可思议的反物质

刘树勇 邱 克 姚润丰 编著

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号(邮编:050061)
印 刷	北京市通州富达印刷厂
经 销	新华书店
开 本	640 × 960 1/16
印 张	12
字 数	130000
印 次	2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷
定 价	23.80 元

1998年6月，由著名华裔科学家丁肇中博士主持设计的阿尔法磁谱仪随发现号航天飞机在太空度过了10天的时间，随之，反物质这一词语迅速广为人知。

极具诱惑力的反物质是科幻小说家们获取灵感的源泉，但对于物理学家们来说则是一个巨大的难题。科学家告诉我们，每一种粒子，如电子、质子、中子等均存在相应的反粒子，即正电子、反质子、反中子等。

反物质的形态首先是它们那不驯服的烈性，它们一遇到普通物质就“同归于尽”，并释放出巨大的能量。也正是这些神奇的性质将大批科学家吸引到反物质的身上，这些不同寻常的物质不仅大大延伸了人类对物质认识的界限，而且反物质那些美妙的性质也深深吸引着人们研究它、认识它，甚至还要开发它、利用它。尤其是开发其中巨大无比的能量，幻想着借助反物质能遨游更为广袤的宇宙深处。

有趣的是，研究和认识反物质的方法并不复杂，这种方法是一种极普通的“对称”方法。对我们来说，对称的事物是司空见惯的，镜中的世界与我们生存的世界就是彼此对称的。当你仔细观察那每月初的新月形象和每月末的残月形象，不难发现它们那对称的关系。建筑的对称更加普遍，可

以说“自然处处有对称”。英国著名科学家狄拉克正是根据对称的原则，提出了反电子（即正电子）的观点，并得到了实验上的证实。

本书用生动活泼的笔触和充满趣味的插图为青少年朋友展示了反物质世界一幅幅的生动画面。在书中，我们不仅可以看到物质世界中各种各样的对称的结构和形式之美，而且我们还可以追踪科学家们探寻微观世界的历程，看到科学家们探索科学过程中的种种有趣故事，像“泡利效应”、费因曼“打赌”、介子专家“吃草帽”，从中我们可以看到科学家们的诙谐与幽默。

笔者相信，在读过此书后，您定会大开眼界，也许您会注意到世界上那些美妙与和谐的东西，得到美的享受。也许在感叹世界的美妙时，您还要沿着前辈科学家的足迹，踏上科学的征途，或者把科学变为终生的兴趣，并借此丰富自己的生活。

刘树勇 邱克

2002年8月于北京

一 正反对称的世界

- 从新月、残月说起 001
- 物与像的学问 002
- 神奇的太极图 004
- 自然处处有对称 006
- 元素周期中的对称 009
- 美妙的 C_{60} 014

二 不空的真空

- 自然界害怕真空 023
- 托里拆利的真空实验 026
- 马德堡半球的故事 031
- 真空并不讨厌 035
- 狄拉克“戏说”真空 039

三 第一个反粒子的发现

- 电子发现的历程 045
- 类比的妙用 050
- 电子真的是波吗 052
- 粗心的实验 055
- 赫斯发现了宇宙线 058
- 安德森的发现 060
- 赵忠尧的遗憾 062

四 反物质的世界

- 原子核中的“粒子行为” 066
- 汤川秀树与介子 068
- π 介子的发现 072
- 反质子的发现 074
- 罗马来的科学家 076
- 王淦昌的杰作 079
- 立志“科学救国” 082

五 游荡在宇宙中的“幽灵”

- β 衰变中的“隐身者” 086

● 寻找中微子	090
● “三个诸葛亮”	096
● 新的突破	099
● μ 子的长寿“秘诀”	104
● 有趣的“泡利效应”	105
● “上帝的鞭子”	108
● 太阳中微子失踪案	111
● “宇宙级”的“大明星”	113
● 假说的作用	115

六 粒子世界的对称性

● 最出色的理论和实验物理学家	118
● 日本科学家的探索	122
● 盖尔曼的“周期表”	124
● 喜欢语言课程的学生	126
● 海鸟的叫声	129
● 有趣的“吉普赛”	132
● 喜欢科学幻想的孩子	134
● “夸克囚禁”	136
● 基本粒子大家族	139

七 奇妙的镜中世界

- 马赫的惊讶 141
- 不对称的电磁现象 144
- 最伟大的女数学家 146
- 再谈物与像的奥秘 149
- “ θ - τ 疑难”与宇称不守恒 151
- 物理学界的“第一夫人” 153
- “李精于学” 156
- 雏凤清于老凤声 159
- 真的不守恒吗 161
- 科学界再次震惊 163

八 反物质在哪里

- 毕达哥拉斯的奇想 166
- 制造反物质的能力 168
- 为什么宇宙中的反物质这样少 170
- 昂贵的反粒子 172
- “缉拿”太空中的反粒子 174
- 通古斯大爆炸之谜 179
- 利用反物质能的梦想 181

一、正反对称的世界

在学习几何学时，我们会注意到一些几何图形的对称性。例如，正方形、长方形、圆形、平行四边形、抛物线、椭圆、双曲线等，这些都是具有对称性的图形。对于几何对称性的认识，使我们对图形变化后的一些不变性质有了深刻的理解。

● 从新月、残月说起

风花雪月往往是入诗入画的好题材，如果统计一下，这样的诗作、这样的画作，何止万千！这些诗和画常常会勾起人们的无限遐想，能长时间地品味其中的意境，反而对诗和画的真实性看淡了。例如，著名画家和文学家丰子恺有一幅



名画留下了点科学遗憾



残月与新月的对称

画，名为《人散后，一钩新月天如水》。画面极其简洁，桌上有茶壶和几杯残茶，窗外的弯月是构图的重点。画中的情景为许多人赞叹，

当然这是一幅名画。

然而，这幅画却留下了一点儿遗憾。我们仔细看月亮时，会看到新月凸向右，残月凸向左。丰子恺画面上的月亮是残月，但丰子恺的标题却是“一钩新月”。可见，虽然没有必要小题大做，可对这样一幅名画所留下的永久缺陷，的确令人产生了一点儿遗憾。我们在此并不讨论科学与艺术的关系，而是关注残月与新月的对称，这种对称是有趣的，月亮在运行中，不断重复它的形象，好像我们有时看到的是真实的月亮，有时看到的是它的像（当然这里也是真实的月亮）。

● 物与像的学问

爱美之心，人皆有之。我们每天都照镜子，人们在镜中看到的世界是虚假的、不真实的，但它并非毫无意义。当动物或幼儿照镜子时，它（他）们经常要去探求镜后（而不是镜中）的东西，看看到底是怎么回事。其实，镜中世界对于

科学家来说也是很有趣的，从中可以得到一些有趣的结论。

说到成像，人们总是先与平面反射镜联系起来。有些孩童照镜子的兴趣就在于想知道镜子是如何成像的。经过反复实验知道，像与所映照的物并不是一个东西。在学习反射成像的原理时，并没有什么难度，只要使用角尺来度量光反射的量，以及一些光线的定义，一个小学生就可以弄懂、会用这些知识了。

其实古人不仅可以制造优质的镜子，古人对光学现象也做了许多研究，像中国战国时期的墨家学派就对各种反射镜做了较为详尽的研究，古代希腊学者也对光的折射现象做了研究，积累了一些光学知识。

平面镜成像知识是人们最早研究的，像山峦、屋舍、人物、飞禽在平静水面形成的倒立影像，人们照镜子看到与自己一模一样的像。这些都引起了人们的注意。当我们做光的镜面反射实验时，我们可以得到更精确的结论：当物体发出的光线在镜面形成反射光，如果我们的眼睛接受了这些反射光线就会发现，沿这些反射光的反向延长线，可以交汇出另一个“物体”，这“另一个物体”就是真实物体在镜中形成的“像”。

当我们做一些测量时，发现物和像分别与镜面的距离是一样的，物与像的大小是一样的。由于物距与像距是相等的，所以物与像相对镜面是对称的。当然，利用光学的定义，我们知道平面镜形成的像是“虚像”。

在实验中，测量物距与像距是一个较麻烦的事情。如果

为了“省事”，我们可以在一张白纸上画一个圆（半圆也可以），再画一条直径线作为界，而后将平面镜放在这条分界线上。拿来一块橡皮竖立在圆周上，我们可以看到，镜中的像也恰好处在“圆周线”上。如果屋中是暗的，可以用点燃的小蜡烛做物体。这样可以更加清楚地看清镜中的像和像距。

● 神奇的太极图

太极思想是中国一种古老的思想，它强调阴与阳相协调，把科学与艺术完美地结合在一起了。这种思想对中国古代社会产生了广泛和深远的影响。

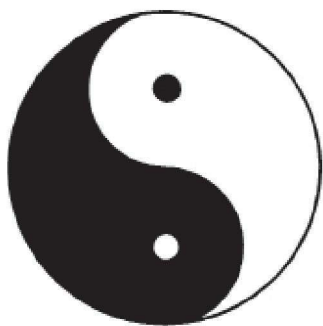
阴阳符号极其简单，阴为“——”，阳为“—”，二者的组合和变化可以形成所谓的“四象”和“八卦”，以及“六十四卦”。在这些变化过程中，阴阳的作用是最基本的。这种思想从现代的观点来看也是很有价值的。例如，电可以分为阴电和阳电两种，在溶液中电解质也大致可分为阴离子和阳离子两种，磁体也具有指南极和指北极性质。借助电磁相互作用，科学家已经可以解释分子中原子间的作用，进而说明化学反应实际上就是原子的结合与分开。

通过黑白分明的反差，我们可以看到，阴与阳的对立是非常明显的，但又具有相互转化的特点，具有功能互补的特点。为了说明这些特点，古人设计了形象极其生动的太极

图。从太极图上我们可以推断，这大概来源于一天昼夜的循环往复，体现着日与月的交替运行和彼此关照。而日月运行的相辅相成既生动体现出一种动力作用，又明确表示着一种互补结构。从太极图上看，阴阳之间的对立被包含在阴阳的互动之中，整个图形在流动变化中体现着一种整体上的和谐。阴阳是相互包容的，阴中有阳、阳中有阴，表现着缠绕的形态，同时在阴阳交替中相互推动。

黑白分明的色彩清楚地显现着对称的结构和平衡的态势。仔细辨认，这种对称是一种旋转对称（不是镜像对称）。这就像在学习几何学时，平行四边形所具有的对称性质。由此可见，太极图的美感除了曲线表现出的力度美或夸张感外，它的对称美是人们感兴趣的一个重要方面，这种对称适度地表现出自然的阴性与阳性之间的和谐与对称。如果我们把太极图固定好，并把它看作一张照片，在旋转180度后，黑变白，白变黑，就好像照片变成底片。这种黑白就像是一个黑白照片与它的底片的对应关系。

不可否认的是，太极图也多少浸染着一种神秘感，但这并不妨碍我们对阴阳的理解，对阴阳对称与和谐的欣赏。丹麦的著名科学家玻尔曾到中国访问，并且注意到太极图，也很欣赏其独特的画面，并自然地联想到他的“互补”观点。



阴阳相互包容的太极图

为此，在设计家族的徽记时，他把太极图放在族徽的突出位置上。可见，追求自然与社会的和谐与对称是人类共同的愿望。

● 自然处处有对称

关于对称的重要性，随着自然科学的发展，人们对于物质世界的对称性认识得更加深入了。对称性已成为一种思维的方法，被一些科学家熟练地运用着。像德布罗意提出物质波的设想时，他考虑的是要维护波粒二象性的完整性，即光具有的性质，一般物质也应具备。同样，薛定谔建立波动力学，也是应用传统理论中的一些原理，推出量子力学的基本方程（薛定谔方程）。爱因斯坦和狄拉克更是运用对称性方法的高手，在建立相对论和探寻反物质世界的研究中取得了重要的成就。爱因斯坦和杨振宁在探索统一理论的研究中也都应用了对称性的概念和方法。

对称性在科学研究上的重要性已不必多说。其实，在日常生活中人们就注意发掘一些对称性的事例。在算术计算中，一些人找到了一些有趣的计算过程，并得到了一些有趣的结果或形式。例如，

$$\frac{999999999 \times 999999999}{1+2+3+4+5+6+7+8+9+8+7+6+5+4+3+2+1}$$

看到这种形式，我们可以感觉到它的对称和平衡，经过

运算，可将分子中的18个9消去，剩下 $111111111 \times 111111111$ ，对称还保留着，并显得很规整；进一步运算，可得到12345678987654321，在计算结果中仍保持着对称和规整，整个运算过程中一直保持着一种和谐的状态。这真正体现出一种和谐的美。如果有兴趣，我们还可以做一点改动，即：

$$\frac{88888888 \times 88888888}{1+2+3+4+5+6+7+8+7+6+5+4+3+2+1}$$

它的结果会怎样呢？我们可以动手算一下，看看实际的结果。

还有些规整数的计算，较有名的是“缺8数”，例如：

$$12345679 \times 9 = 111111111$$

$$12345679 \times 18 = 222222222$$

$$12345679 \times 27 = 333333333$$

.....

$$12345679 \times 81 = 999999999$$

还有这样的运算规律，即：

$$1^2 = 1$$

$$11^2 = 121$$

$$111^2 = 12321$$

$$1111^2 = 1234321$$

计算这些有趣的数字，我们不仅可以体会到计算的乐趣，而且还可以发现数字中的对称与和谐之美。其实在有些数字中还表现出一种“回文”的美，如数字的“塔”从左向

右念或从右向左念都是一样的。在中国古代，追求这种对称与和谐的人也不少，最典型的是文人的游戏——回文诗。

说到回文诗，古人和今人就写了很多。例如，苏轼的诗《题金山寺》：

潮随暗浪雪山倾，远浦渔舟钓月明。
桥对寺门松径小，巷当泉眼石波清。
迢迢远书江天晓，蔼蔼红霞晚日晴。
遥望四山云接水，碧峰千点数鸥轻。

这首诗还可以反过来念，即：

轻鸥数点千峰碧，水接云山四望遥。
晴日晚霞红蔼蔼，晓天江书远迢迢。
清波石眼泉当巷，小径松门寺对桥。
明月钓舟渔浦远，倾山雪浪暗随潮。

可见两诗的意境是差不多的，用的字也一样。

在北京有一家餐馆，在店中有一幅对联：

客上天然居 居然天上客

其中“天然居”是这家餐馆的字号。由于可以“回念”，顾客一进这家馆子吃饭就变成了“天上客”，顾客的心情肯定是不错的。

由此可见，对称对人们的生活也产生了很大的影响，大大丰富了人们生活的情趣，人们可以从这些数字或文字“游戏”中获得乐趣。

总的来看，对称带来一种规整和均衡的结构，并且表