

科学天下 科学之美

基本元素

——原子、夸克与元素周期表——



ESSENTIAL ELEMENTS

Atoms, Quarks, and the Periodic Table

[英]迈特·特维德 / 著 贺俊杰 王 昉 / 译

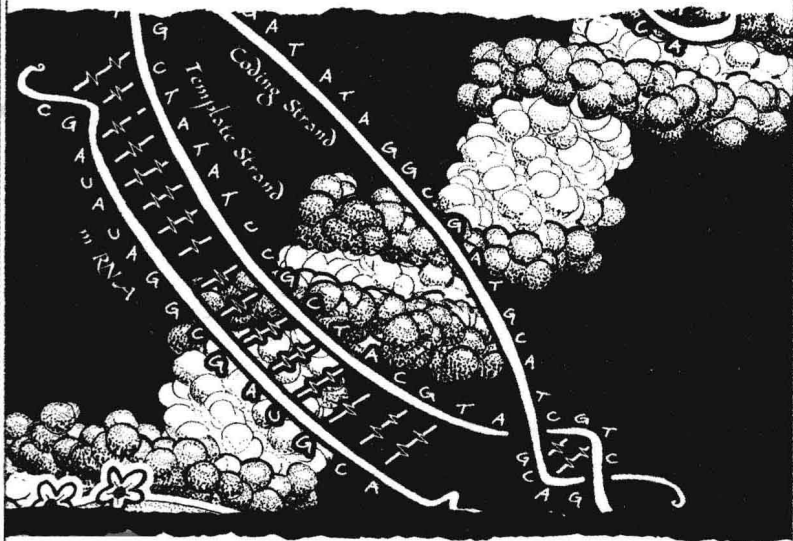
湖南科学技术出版社

科学天下

科学之美

基本元素

——原子、夸克与元素周期表——



ESSENTIAL ELEMENTS

Atoms, Quarks, and the Periodic Table

(英)迈特·特维德/著 贺俊杰 王昉/译

湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

基本元素 原子、夸克与元素周期表 / (英) 特维德著 ; 贺俊杰等译. — 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2011.11 (科学之美)
ISBN 978-7-5357-6920-6

I. ①基… II. ①特… ②贺… III. ①化学元素—普及读物 IV. ①O611-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 220045 号

Copyright © 2010 by matt tweed

Trough Big Apple Thittle-Mori Agency, Inc.

All Rights Reserved

湖南科学技术出版社获得本书中文简体版中国大陆地区独家出版发行权。

著作权登记号: 18—2006—088

版权所有, 侵权必究。

科学之美

基本元素 原子、夸克与元素周期表

著者: [英] 迈特·特维德

译者: 贺俊杰 王 昉

策划编辑: 孙桂均 李 媛

文字编辑: 陈一心

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-84375808

印 刷: 长沙超峰印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市新开铺路 438 号

邮 编: 410007

出版日期: 2012 年 1 月第 1 版第 1 次

开 本: 875mm×1092mm 1/24

印 张: 3

字 数: 50000

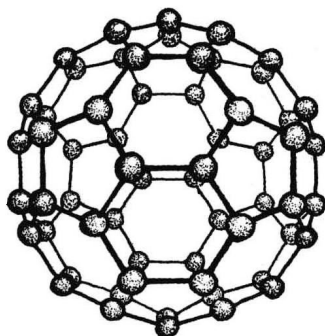
书 号: ISBN 978-7-5357-6920-6

定 价: 15.00 元

(版权所有·翻印必究)

ESSENTIAL ELEMENTS

ATOMS, QUARKS, AND THE PERIODIC TABLE



written and illustrated by

Matt Tweed

WALKER
& COMPANY



Walker & Company
New York

Copyright © 2003 by Matt Tweed

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the Publisher.

First published in the United States of America in 2003 by
Walker Publishing Company, Inc.

Published simultaneously in Canada by Fitzhenry and Whiteside,
Markham, Ontario L3R 4T8

Printed on recycled paper

For information about permission to reproduce selections from this book, write to Permissions, Walker & Company, 435 Hudson Street, New York, New York 10014

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data available
upon request

ISBN 0-8027-1408-0

Visit Walker & Company's Web site at www.walkerbooks.com

Printed in the United States of America

4 6 8 10 9 7 5 3

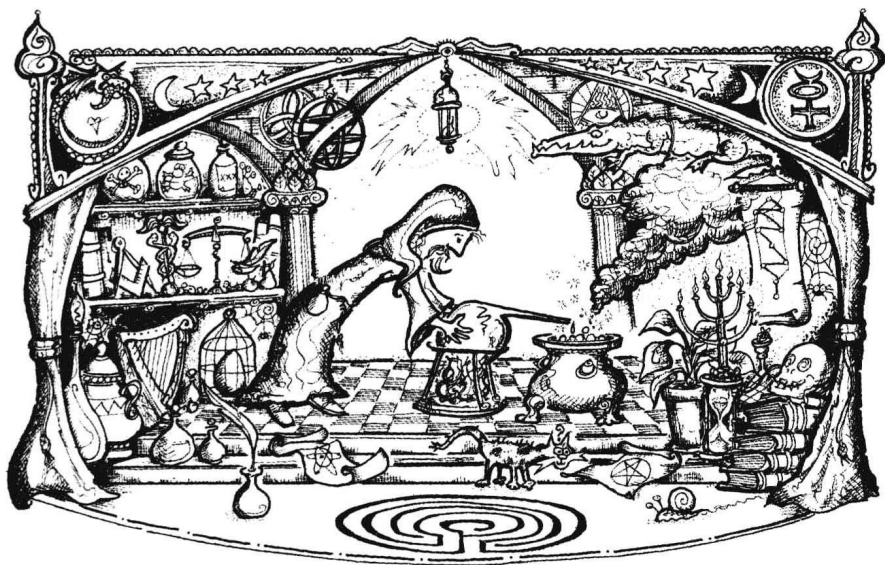
基本元素



人体的成分构成：氧 61%，碳 23%，氢 10%，氮 2.6%，钙 1.4%，磷 1.1%，钾 0.2%，硫 0.2%，钠 0.1%，氯 0.1%，以及镁、铁、氟、锌等其他微量元素。

献给安娜

感谢布莱克比一家对我的支持，
还要一如既往地感谢我伟大的妈妈！



在上如在下，在下亦如在上。于是初始事物乃有奇迹表现。

摘自托特神的翠玉石碑
(The Emerald Tablet of Hermes Trismegistos)

目 录 CONTENTS

- | | |
|---------------|------------------|
| 001 / 引言 | 032 / 过渡金属元素 |
| 002 / 早期炼金术 | 034 / f 区与超重元素 |
| 004 / 科学时代 | 036 / 放射性 |
| 006 / 原子内部 | 038 / 轨道的结构 |
| 008 / 元素周期表 | 040 / 量子力学 |
| 010 / 燃烧问题 | 042 / 4种力 |
| 012 / 化学键 | 044 / 夸克、轻子和介子 |
| 014 / 晶体 | 046 / 奇异的粒子 |
| 016 / 氢和氦 | 048 / 宇宙大爆炸 |
| 018 / 碱与碱土金属 | 050 / 恒星的融合 |
| 020 / p 区元素 | 052 / 弦与万物 |
| 022 / 碳与硅 | 054 / 附录一 常量和强子 |
| 024 / DNA | 055 / 附录二 碳化学 |
| 026 / 氧与硫 | 056 / 附录三 元素周期表 |
| 028 / 水与酸 | 058 / 附录四 电子轨道 |
| 030 / 卤素与惰性气体 | |

引 言

但凡我们所见所及的物质世界中的各种实体，都由亿亿万万颗细小的原子所组成。可见宇宙都是这些原子组成的奇妙的嵌合体构造，其中每个原子都是一种独特元素，总计有 100 多种这样的元素。

细致观察单个原子，令人感到惊奇的是它居然是中空的。原子核是正中的一小点，处于回旋能量的中央，环绕其外的是呼啸旋转的电子，在其周围形成网状结构。这仅仅是表面现象，其内部是一个奇异世界，其中的规律异乎寻常。在那里，固体的概念几乎毫无意义，物质呈波的状态。我们继续深入就会发现，这些原子的交织不过只是短暂的集结。

最有趣的是那些至今我们都无法完全理解的现象，它们是弥漫于整个时空的暗物质，以及高速穿梭、难觅踪影的细小微中子——健全稳定的夸克团块。

在伟大的生命运动中，这些粒子各司其职，发挥着自己的作用，彼此交织而和谐，贯穿始终。

亲爱的读者，我由衷希望您会喜欢这趟阅读旅程，让我们一起来拜访这奇妙的物质世界。希望我们能用好这经千百年而积累的充满智慧的卓越知识！

2002 年，于布赖顿

早期炼金术

一点儿魔法

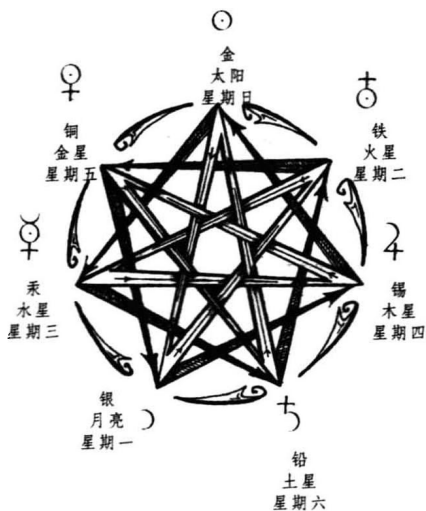
化学起源于遥远的过去，那时我们的祖先已开始通过调制彩色的泥土作画，掌握了火的奥秘，并发展起神奇复杂的烹调术。

古埃及人认识碳和硫，以及7种不同的金属，它们都能从天然矿石中轻松地提炼出来。炼金术据说是得到了天使的暗示，它将7种金属与7颗已知的行星联系起来，并为它们分别赋予了各自的特质（图1上左图）。

古印度典籍提到自然的3种物质形态：火、土与水。中国的哲人们则增加了另外两种：金与木（图1上右图）。

在后来的希腊哲学家看来，世间万物都是由土、空气、火和水构成的（图1下左图）。亚里士多德为它们取名为“元素（elements）”，此外还增加了一个构成天体的第五元素（quintessence）。另一位哲学家德谟克利特则提出，对物质反复切分，最终得到的就是不可分割的原子。亚里士多德对此不以为然，原子这一提法在随后的数百年间几乎被人遗忘。随着希腊帝国的衰落，关于炼金术的研究也转移到了阿拉伯。拉齐（Af-Razi）的《秘典》（*The Secret of Secrets*）与哈扬（Jabir ibn-Hayyan）的《完美概论》（*The Sum of Perfection*）等书中都曾提到使人长生不老的仙丹，以及将普通金属变为黄金。

关于炼金术的探索开始影响到中世纪的欧洲。此时一些著名的炼金术士，如大阿尔伯特斯（Albertus Magnus）、罗杰·培根（Roger Bacon）和尼古拉·勒梅（Nicholas Flamel）等人，都希望能找到这一万能的仙丹——“世界的荣耀（Gloria Mundi）”或“点金石（Philosopher's Stone）”。通过不断的实验、犯错、加上自己的直觉知识，以及偶然带来意外结果的事故，他们逐渐建立起了一整套知识体系。



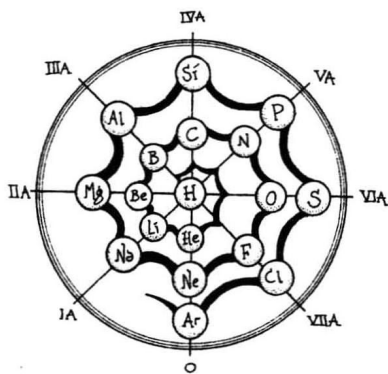
古代的7种金属与7个已知行星



中国的五元素体系——五行



4种元素和4种对应的气质



前18种元素构成的周期网络

图1

科学时代

炼金术嬗变为化学

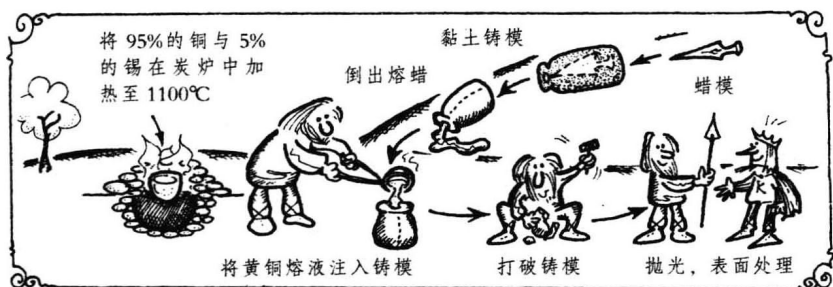
到18世纪时，科学家们已不再关心和研究形而上学的问题。早期的实验实验在物质的重量和质量之间进行比较，那些被认为是基本元素的许多物质确实是细小的微粒，或由多种成分构成的化合物。

法国化学家拉瓦锡（Antoine Lavoisier, 1743~1794）于1789年发表了首个含有23种元素的元素表。不久，英国化学家道尔顿（John Dalton, 1766~1844）在1808年发表了原子学说的先导理论（该理论50年后才引起人们的重视）。

随着科学技术的进步，人们以惊人的速度发现了更多的元素。在化学性质相近的元素以相同的模式复现之后，门捷列夫（Dmitri Mendeleev, 1834~1907）于1869年发表了著名的元素周期表（Periodic Table of Elements），并成功地预测出铈和镨两种新元素的存在。存在比原子更小的物质形式的认识产生于1896年，这是当贝可勒尔（Becquerel）无意间将沥青铀矿（一种铀矿石）置于一张未曝光的胶片上时，偶然地发现了放射性。

20世纪早期人们惊讶地发现原子核周围是真空，随后又发现了电子的运行轨迹，爱因斯坦提出了物质与能量同一的理论，所有这些都使得薛定谔（Erwin Schrödinger）及其同仁发现了奇妙的、充满波动的量子力学世界。1932年原子被首次分割，在该世纪的后半，科学家们深入探索奇妙的亚原子领域。人们使用庞大的加速器将原子撞到一起，合成新的重元素；有时又将它们分割成一整族全新的粒子。

宇宙确是由各种奇怪的东西构成的。



青铜是最早的合金之一，通常以蜡模铸造法制造。

橄榄油或动物脂肪

木灰烬 (碱液)

一起熬煮, 收集残留物, 用于清洗

$$C_3H_5(OOCR)_3 + 3KOH \longrightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3KOOOR$$

三酰甘油 氢氧化钾 甘油 钾皂

油脂落入潮湿的灰烬，肥皂由此诞生



一些参与发现元素的科学家

图 2

INSIDE THE ATOM

原子内部

质子、中子和电子

原子乍一看就像是太阳系（图4上图），高速旋转的电子围绕着中央极小的原子核运行。

直径只有千亿分之一毫米的原子核里有两种相似粒子：质子（proton）和中子（neutron）。每个质子都带有一个正电荷和一个与其相应的负电荷。所含质子的数目决定了该元素的原子序数（atomic number），也就是它在元素周期表中的位置。

电子的重量仅约质子或中子的两千分之一。电子相互排斥，它们被带有相异电荷的质子所吸引，却完全不受中子影响，因为中子不带电。在这些合力的作用下，电子会成对呼啸绕行原子核，形成三维空间模式的轨道组（orbital sets）。原子越大，轨道组的模式也越复杂。轨道都是依特定顺序填入的（图4下图）。

每种元素都有好几种形式，它们被称为同位素（isotope），这是由原子内相同数目的中子所决定的。对某种元素而言，其各种同位素的化学性质可能完全不同。

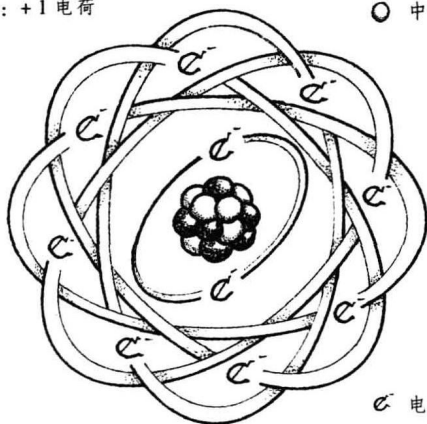
令人不可思议的是，原子里面几乎完全是真空的。电子绕核运行的情形有如一只猫挥摆着近800米长的细绳，末端拴着一只大黄蜂。



图3

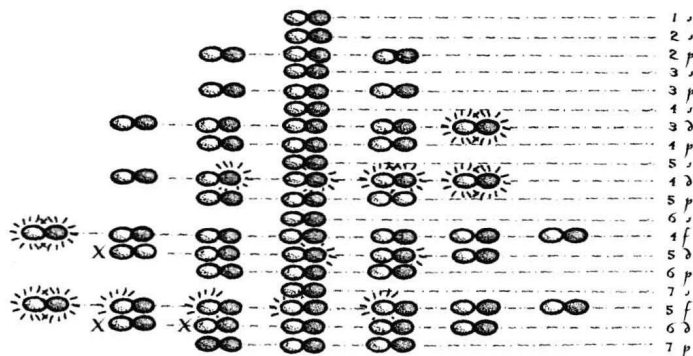
● 质子：+1 电荷

○ 中子：无电荷



e⁻ 电子：-1 电荷

氮原子的经典行星图示：由 10 个质子和 10 个中子所构成的中央原子核，被 10 个电子环绕。



电子轨道组由最内侧的 1s 依序组成。各列会先填入一半的电子（白色卵形）。随后填入反向自旋的另外半数配对电子（黑色卵形）。发光状的卵形表示有一两个电子跃出当前轨道或从其他轨道跃入，从而打破了这种整齐的模式。金、银、铜等元素都有这种奇怪的现象。标记“X”表示那些 d 轨道在上排开始运行之前正准备填入电子。

图 4

元素周期表

元素序列

每种元素在周期表中都有各自的位置。这里展示给大家几种不同的版本，它们分别突出了各自的特色。

班菲 (Theodor Benfey) 教授的螺旋式排列 (图 5) 是依据原子序数将拥有外层电子相同模式的元素分门别类。因此，具有相同特性的各族元素，分别由以氢为中心向外辐射开来，看上去就像轮辐一样。若有不同轨道填入，该区域就会向外突出。

不同的是，斯托 (Timothy Stowe) 博士的周期表 (图 6 上图) 则是依原子中复杂的电子轨道组壳层的数目排列，反映的是物理序列。表格顶端为最内层，排序采用的是量子数 (quantum number)。可别看呆了!

门捷列夫周期表的现代版本 (图 6 下图) 将各族元素排成纵列，横向则为轨道组的周期。元素是按照原子序数 (各元素中的质子或电子数量) 从左至右依次排列。

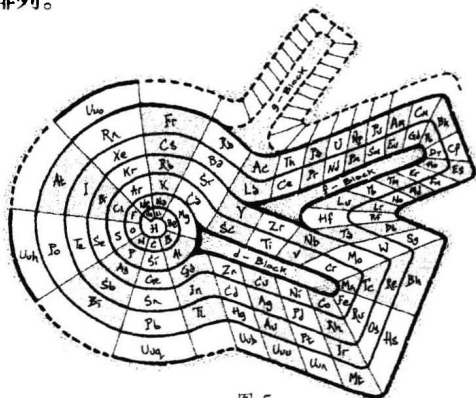
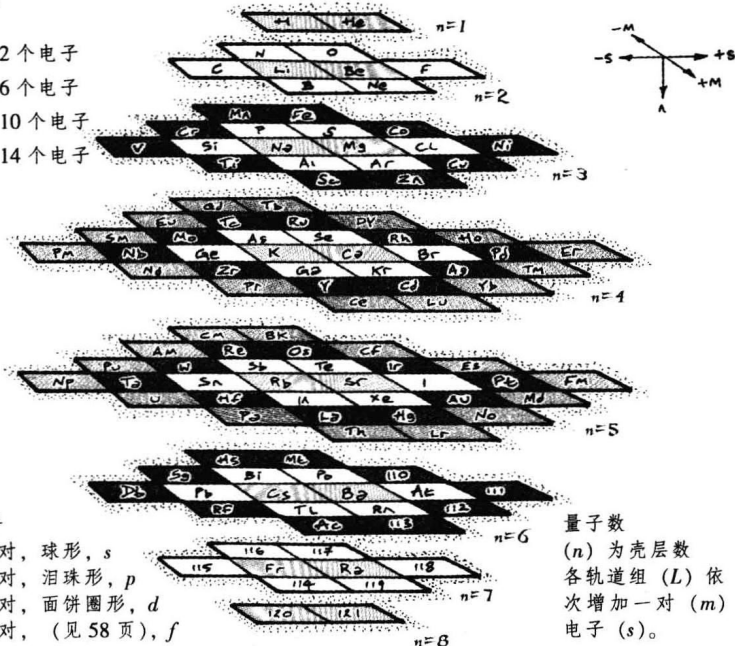


图 5

电子轨道组

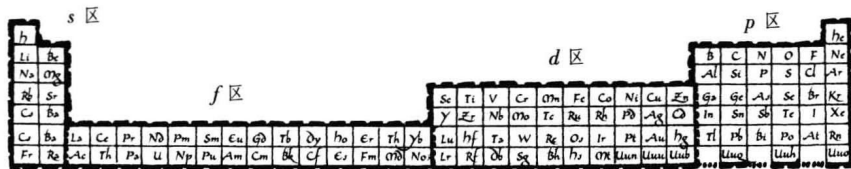
- s $L=0$: 2 个电子
- p $L=1$: 6 个电子
- d $L=2$: 10 个电子
- f $L=3$: 14 个电子



跃动着的电子

- $L=0.1$ 个电子对, 球形, s
- $L=1.3$ 个电子对, 泪珠形, p
- $L=2.5$ 个电子对, 面饼圆形, d
- $L=3.7$ 个电子对, (见 58 页), f

原子壳层及构成壳层的轨道组 (阴影所示)



现代元素周期表, 由左 (跨越空白) 向右, 原子序数递增

图 6