

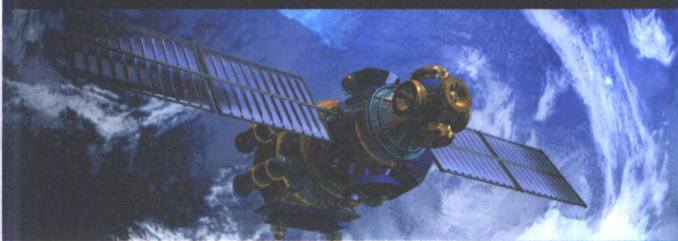


基础教育新课程  
教师教育系列教材

科学课程研究系列 ● 主编 郝京华

# 物质科学精要

马宏佳 陈 娴 编著



高等教育出版社

基础教育新课程教师教育系列教材

科学课程研究系列 主编 郝京华

# 物质科学精要

马宏佳 陈 娴 编著



高等教育出版社

## 内容提要

本书介绍物质科学的基础知识,帮助读者掌握物质科学的基本框架和核心概念;联系物质科学在生产、生活中的实际应用;展示物质科学的前沿性研究成果,渗透物质科学史和科学方法论的启迪。本书文字通俗流畅、图文并茂。全书分为8章,主要内容包括:物质结构、自然力、物体的运动、物质变化、材料与制造、能量转换、信息传递、物质科学的发展和研究方法等。

本书可作为科学课程教师的工具书、参考书以及强化学科背景知识的教材,也可作为科学新课程教师培训的教材及各类师范院校相关专业本专科生的教材或课外读物。

## 图书在版编目(CIP)数据

物质科学精要/马宏佳,陈娴编著. —北京:高等教育出版社,2003.8

ISBN 7-04-012356-8

I. 物… II. ①马… ②陈… III. ①物理学 ②化学  
IV. ①O4 ②O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 046843 号

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100011  
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×960 1/16  
印 张 24.25  
字 数 350 000  
插 页 1

版 次 2003年8月第1版  
印 次 2003年8月第1次印刷  
定 价 49.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

## 作者介绍

---



**马宏佳** 女，1956年5月出生于南京。

1977年考入南京师范大学化学系。曾任南京师范大学附属中学化学教师。1996至1997年在澳大利亚西澳大学作访问学者。现为南京师范大学教授，硕士生导师，课程与教学论在职博士，《化学教与学》杂志副主编。

主编与参编了《化学教学论》、《打开你的化学思路》、《初中化学教师备课大全》等10本书。发表《化学课外实验与思维训练》、《近二十年国际化学教育研究的趋势和走向》、《认知风格与化学解题的研究》等论文30余篇。

参加了华东师范大学出版社出版的初中《科学》教材、教师指导用书和学生活动练习册的编写。

目前，正在主持国家教育科学“十五”规划教育部重点课题“以科学探究为核心的科学教育教学策略研究”课题的研究。



**陈 娴** 女，1962年10月出生于南京。

1987年毕业于北京师范大学物理系，硕士研究生。1998至1999年在美国纽约州联合学院进修学习。现为南京师范大学物理科学与技术学院副教授，课程与教学论在职博士。

主要从事中学科学教育、科学教师的师资培训、中外科学教材和物理教学论的研究。

参加了教育部《初中科学课程标准（7—9年级）》的制定，参与了华东师范大学出版社出版的初中《科学》教材、教师指导用书和学生活动练习册的编写工作。

1998年以来发表论文10余篇，参与编写2本书。

# 总 序

---

《基础教育课程改革纲要（试行）》的颁布，标志着我国基础教育进入一个崭新的时代——课程改革时代。《纲要》从课程目标、内容等方面提出了改革的着眼点和最终归宿——“为了中华民族的复兴，为了每位学生的发展”，这一基本的价值取向预示着我国基础教育课程体系的价值转型。新课程顺应时代发展的需要，决心彻底扭转传统应试教育的弊端，以培养学生健全的个性和完整的人格为己任，努力构建符合素质教育要求的新的基础教育课程体系，明示了课程改革的基本理念。

1. 关注学生作为“整体的人”的发展。人类个体的存在是一个整体性的存在。个体存在的完整性不是多种学科知识杂烩的结果，亦不是条分缕析的理性思维的还原。第一，“整体的人”的发展意味着智力与人格的协调发展。新课程努力改革既有课程过于注重知识传授的倾向，把统整学生的知识学习与精神建构作为具体改革目标之一，力图通过制定国家课程标准的形式代替一直沿用的教学大纲，把“过程与方法”作为与“知识与技能”、“情感态度与价值观”同等重要的目标维度，承认学习过程的价值，注重在过程中把知识融入个体的整体经验，转化为“精神的力量”和“生活的智慧”。第二，“整体的人”的发展意味着个体、自然与社会的和谐发展。新课程从整体主义的观点出发，贯彻自然、社会与自我有机统一的原则，致力于人的自然性、社会性和自主性的和谐发展，以培养人格统整的人。例如，新课程的一个亮点——综合实践活动课程，其内容的选择和组织就是围绕学生与自然的关系、学生与他人和社会的关系、学生与自我的关系三条线索展开。

2. 回归学生的生活世界。教育是发生在师生之间的真实生活世界中的社会活动，课程是学生的课程，课程教学应该在学生的生活世界中关注教育意义的建构、在现实生活中关注师生之间的对话与理解，追寻富有意义的、充满人性

的教育。新课程强调要“加强课程内容与学生生活以及现代社会和科技发展的联系，关注学生的学习兴趣和经验”，这从课程内容的角度确定了课程改革与学生生活的联系，认为课程不再是单一的、理论化的、体系化的书本知识，而是向学生呈现人类群体的生活经验，并把它们纳入到学生的生活世界中加以组织，赋予课程以生活意义和生命价值。新课程还注重学科知识体系的重建，凸现课程综合化的趋势，努力软化学科界限，展开跨学科的对话，强调综合性、加强选择性并确保均衡性。因此，新课程从结构上也倡导了一种回归生活世界的教育，所体现的不是分科的学科知识，而是综合的跨学科的知识 and 学问，注重社会生活、关照学生的经验和个体差异性，保证每位学生全面、均衡、和谐地发展。

3. 寻求个人理解的知识建构。课程教学必须建构知识与人之间的一种整体的意义关联，使之对个人的成长和发展产生意义。新课程首先确立了新的知识观，积极倡导学生“主动参与、乐于探究、勤于思考”，以培养学生“获取新知识”、“分析和解决问题”的能力，充分表明新课程不再视知识为确定的、独立于认知者的一个目标，而是视其作为一种探索的行动或创造的过程。其次，新课程把转变学生的学习方式作为重要的着眼点，要求在所有学科领域的教学中渗透“研究性学习方式”，强调要尊重学生学习方式的独特性和个性化。再次，新课程还力图构建具有个人意义的评价方式，建立发展性课程评价体系，要求“发挥教育的评价功能，促进学生在原有水平上的发展”，将评价视为评价者与被评价者共同建构意义的过程，强调通过学生的主体参与发展自我反思能力，以提升评价的个人发展价值，保障知识生成方式的个性化。

4. 创建富有个性的学校文化。对于课程改革来说，不仅仅意味着内容的更新、完善与平衡，更为重要的是意味着理想的“学校文化”的创造。学校文化的变革是课程与教学改革中最深层次的改革，“学校文化”的再生正是课程改革的直接诉求和终极目标。新课程正在致力于建立民主的课程管理文化，“实行国家、地方、学校三级课程管理，增强课程对地方、学校以及学生的适应性”，并提出开发校本课程，主张学校拥有课程自主权、教师是课程开发的主体、具体学校是课程开发的场所，这最能反映学校的具体情境和学生的学习需求，体现学校的特色和发展风貌。“三级课程管理”的理念赋予教师参与课程开发、管理课程的权力，有利于建设合作的教师文化，促使教师积极参与课程开发，展开交流和对话，打破原有独立作业的教学形态，培养教师的团队合作精神，逐渐在参与改革的教师之间形成“伙伴式的团队文化”，实现共同的教师专业成长。学校一旦形成民主的管理文化和合作的教师文化，整个学校就会显示出蓬勃的

发展生机,逐渐营造出一种充满学校特色和丰富多彩的环境文化,更好地促进学生的主体发展、培养身心的和谐发展。

新课程秉持全新的课程改革理念,在课程目标、课程功能、课程结构、课程内容、课程实施、课程评价及课程管理等方面都发生了重大变革,较原来的课程有了重大创新和突破。新课程的实施是我国基础教育战线一场深刻的变革,新的理念、新的教材、新的评价,强烈冲击着现有的师范教育体系,对广大教师和教育工作者提出了更高更新的要求。教师自身的理论素养和实践能力是决定课程改革成败的关键。这就需要中小学教师必须迅速走进新课程,理解新课程,确立一种崭新的教育观念,改进原来习以为常的教学方法、教学行为和教学手段,重新认识和确立自己的角色,改变课堂专业生活方式,提升课程意识,提高教师专业化水平。

由高等教育出版社出版发行的《基础教育新课程教师教育系列教材》,以基础教育课程改革的新思想、新理念为指导,贯彻《纲要》关于教师培养和培训的基本精神,主要宗旨在于促使教师更快地适应新课程理念下的学科教学。这套系列教材由参与基础教育课程改革的专家、教学法专家、各师范大学和省教育学院的教师或教研员以及实验区一线的优秀教师共同参与编写。教材所涉内容既充分反映了课程教学方面的最新进展和研究成果,又贴近一线教师的教学实践,为教师在职培训和师范院校本科生的学习提供了系统的学科教育观念、教学设计的策略以及课程教学的科学性知识。它既可作为教师在职培训的优秀教材,也可作为师范院校本科生乃至学科教学论硕士研究生的主要教学参考书,是广大教师更新教育观念、理解新课程标准、提高教学艺术的重要参考读物。本套系列教材的基本特点在于:

第一,以解读学科课程标准为立足点。这套教材充分体现基础教育课程改革纲要的基本思想,把新的课程标准的各项要求融入其中,紧密结合目前课程改革的经验和教师培训的需求,吸取各学科教学论的最新科研成果,既立足当前需要,又放眼长远发展,力图准确把握学科教育发展的脉搏,分析和介绍各学科教学的内容和特点,勾勒出学科教育教学的整体轮廓。教材所表达的学科教学发展的最新理念将对我国学科教学的转型产生一定的促进作用,而其分析和介绍的学科教学的实践模式亦将对我国新的课程与教学实践产生一定的促进作用。

第二,以加强新课程教师教育为出发点。本套教材从教师实用的角度解析新的课程标准,以培养适应新课程和新教材的新型教师为出发点,本着为中小学教师教学服务的原则,极力凸现如何使教师尽快适应新课程理念下的各学科教学。教材不仅展开了充分的教学理论阐述,而且提供了较为直接的可供读者



使用的新课程典型案例和资料,具有较强的示范性、实用性和指导性,是一线教师进行备课、教学等实际工作的有力助手,有利于积极促进教师教学方式与学生学习方式的根本变革。

第三,以实现学科重建为最终归宿。这套系列教材由70余册著作组成,涵盖基础教育的所有学科,分别针对小学和初中两个层次,根据学科教学论的内容,如教学策略、学习论、教学与学业评价等,全面阐释和分析了学科教学的一般理念和设计范式,呈现出一种崭新的学科样式。就整套教材来看,它是目前同类图书中最新的、最系统的产品,具有较高的质量和权威性,它的出版大力推动了我国学科教学论的理论研究和实践探索,也有效地推进了学科教学过程的优化。

教师发展是课程开发的中心。希冀广大教师以主人翁的姿态积极投入到实践新课程的浪潮之中,与新课程共同成长;盼望新课程的实施,进一步促进教师专业化水平的提高和教师教育事业的发展。让我们共同期待着中国基础教育课程改革的圆满成功!

钟启泉(教授 博士生导师)

2003年1月于华东师范大学



# 序

一直想把丛书定名为《给科学教师的一桶水》，终因名称过“俗”而作罢。但帮助在职的和未来的科学教师获得能使他们在课堂上教好科学的观念、知识和技能的确是撰写此套丛书的初衷。

还是在编制国家小学科学课程标准的时候就想到了新课程标准实践的主体——科学教师的素养问题。做一名优秀的现代科学教师不是件容易的事，他们应具备这样一些素养：

- (1) 知道和理解当代科学的重大主题和核心概念；
- (2) 理解科学的本质和科学的历史；
- (3) 深谙科学探究的基本过程和方法；
- (4) 理解我们的社会所面临的由于科学技术的应用所带来的问题；
- (5) 能够将科学教学与儿童的认知和情感发展相联系；
- (6) 熟知并能运用各种基于现代学习理论之上的科学教学方法策略，这些方法策略不仅能有效地达到教学目标，还能满足学生的兴趣和需要；
- (7) 能够运用新的教育评价理论于小学科学教育评价实践；

.....

我深知，只有大批的优秀的科学教师才可以真正开启小学科学课程改革的航船，否则，再好的课程改革方案也只能是纸上谈兵。

我们的科学教师准备好了吗？我怀疑。先期对教师的调查研究记忆犹新：通过对12个省市科学教师素养的调查显示，24.3%的教师科学素养较差；一道涉及科学方法的测试题，合格率仅为10.7%，这一数据足以解释为什么我国小学生的科学素养中的科学方法合格率也只有34.9%。

为科学教师的成长编写一套好的教材，尽快提高现有科学教师队伍的质量，培养大批合格的科学教师，成为我挥之不去的念头。

新教材应有这样的定位:

第一, 全。它既涵盖科学领域也包括科学教育领域;

第二, 新。它应反映科学领域和科学教育领域的最新成果;

第三, 实。它不能过于原则、过于抽象, 而应深入浅出, 具有较强的操作性。

在这些思想的指导下, 便有了呈现在读者面前的这6本书:《生命科学精要》、《物质科学精要》、《地球科学精要》、《小学科学教育概论》、《科学课程设计》和《科学课程教学策略》。这6本书分为两个系列, 前3本为科学知识系列, 它浓缩了当代生命科学、物质科学、地球科学中重要的、基础性的主题、核心概念及其与生产、生活的联系, 具有学科“通论”、“概论”的性质。承担这一系列教材编撰任务的是南京师范大学的学科教学论专家。后3本书属于科学教育系列。它们提供的是关于科学教育的知识。《小学科学教育概论》的主要内容包括:科学的本质, 和儿童科学教育有关的理论新进展, 科学概念、科学过程技能的教学以及科学教育评估等;《科学课程设计》的主要内容包括:科学课程编制的理论及从目标设计到内容、经验的选择与组织的技术, 还介绍了诸多国际著名的科学课程及教材案例;《科学课程教学策略》一书介绍了大量国内外新颖的科学教学策略, 这些教学策略兼具双重性格:既能有效地达到科学教育的各类目标——知识目标、科学探究的过程技能目标、情感态度价值观目标, 又能满足儿童的兴趣需要。承担这一系列教材编撰任务的是科学教育的专家和课程教学论的专家, 其中有两位还是美国科学教育的博士。

这套丛书的读者主要锁定在在职及未来的小学科学教师, 但也适用于初中的科学教师。我国现行的初中理科教师课程方案只适用于单科理科教师的培养, 而国家基础教育课程改革倡导在初中推行综合理科——科学, 这势必涉及到单科理科教师的知识结构改造问题。本丛书在编撰时有意识地考虑到初中科学教师的需要, 相信有意承担初中科学课程的教师能从本套丛书中获益。

我们的工作起始性的, 难免带有诸多的缺憾与不足, 但我们相信:随着时间的推移, 这套丛书会不断完善。衷心期盼读者能给我们更多的批评与支持。

郝京华

2003年6月于南京

# 前言

---

人类一直对生活其中的物质世界充满了好奇，千方百计地探究其作用机制和原理。正是在这种好奇和探究中，人们建立了化学和物理学这两个物质科学中最主要的分支。化学侧重在原子分子层面上研究物质的组成、结构、性质和变化；物理学研究物质运动最一般的规律、物质的基本结构及其相互作用，研究对象既可以大到宇宙天体，也可以小到原子核中的质子、中子，主要包括力、热、电、磁、光、声的现象和规律。

最近的100余年是人类历史上一个巨变的时代，物质科学的发展在其中起到了至关重要的作用。一些决定性的发展，如飞机、电视、抗生素、塑料、计算机、互联网技术等都基于物质科学的研究成果，这些发展极大的改变了人们的生活；飞机等现代化交通工具使人们可以“日行八万里”，电视和互联网使“千里眼”和“顺风耳”的神话变为现实，抗生素等药物大大延长了人类的平均寿命，塑料大棚使冬天的餐桌上也能有夏天的瓜果蔬菜、鲜花四季盛开……人们对物质世界的理解也发生了显著的变化。科学家发现了原子核、电子，建立了原子-分子论；发现了元素周期律；创建了化学键理论和量子化学；形成了完美的牛顿经典力学体系；发现了光的波粒二象性，建立了光的电磁学说；并以相对论和量子论为物质科学未来的发展奠定了理论基础。

生活在这样的时代，一定的科学素养已成为现代人的必备条件。目前，我国基础教育阶段已将科学课程作为必修的重要课程，将物质科学作为科学课程的重要内容之一。本书力图概括物质科学最基础和最主要的现象、概念、定理、规律，密切结合它们在生产、生活中的应用，反映物质科学最新的、有趣的进展，凸现物质科学发展中运用的科学方法和闪烁的科学精神，从而，为科学课程的教师和其他对物质科学感兴趣的读者，提供一本有趣、有用、内容丰富的读物。作者将物理和化学知识进行了一定的整合，并以“你知道吗？”、“为什

么”两个栏目介绍有启迪性的史实、新进展和有趣的小知识，如：“曼哈顿工程”、“在外空间生产半导体晶体”、“纸为什么会变黄？”等。书中大量的插图和精致的版面设计增加了信息量，也增强了视觉美感和吸引力。

本书由马宏佳和陈娴设计总体构架并统稿。各章编写人员如下：第1章（马宏佳、吴敏），第2章（张长珍、许海波、崔卫国），第3章（陈娴、殷仁勇、叶安荣），第4章（陶亚奇、马宏佳），第5章（徐惠、杨欣），第6章（杨广军、张守林），第7章（陈娴、梁寒冰、金学军），第8章（仲扣庄、马宏佳）。

顾正山、刘广、邓育红也对本书编写提供了帮助。

本书的出版得到高等教育出版社的大力支持，张华同志对本书策划和编辑作出了重要的贡献，在此一并表示感谢。

编 者

2003年4月

# 目 录

---

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第1章 物质结构                | 1  |
| 第一节 构成物质的砖石 —— 原子       | 2  |
| 第二节 富有个性的微粒 —— 分子       | 9  |
| 第三节 化学上最伟大的发现之一—— 元素周期律 | 13 |
| 第四节 重要元素的性质及其周期性变化      | 22 |
| 第五节 原子间的作用力 —— 化学键      | 42 |

---

|          |    |
|----------|----|
| 第2章 自然力  | 53 |
| 第一节 力    | 54 |
| 第二节 接触力  | 62 |
| 第三节 万有引力 | 68 |
| 第四节 电场力  | 73 |
| 第五节 磁场力  | 82 |

---

|               |     |
|---------------|-----|
| 第3章 物体的运动     | 91  |
| 第一节 直线运动和曲线运动 | 92  |
| 第二节 动量与动量守恒定律 | 101 |
| 第三节 恒定电流      | 107 |
| 第四节 气体分子运动    | 114 |
| 第五节 狭义相对论初步   | 119 |

---

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第4章 物质变化         | 131 |
| 第一节 什么样的化学反应能够发生 | 132 |
| 第二节 反应有多快        | 139 |
| 第三节 反应能进行到什么程度   | 148 |
| 第四节 溶液中的平衡——电离平衡 | 154 |
| 第五节 溶与不溶——溶解平衡   | 166 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第5章 材料与制造        | 175 |
| 第一节 金属材料         | 176 |
| 第二节 非金属材料        | 193 |
| 第三节 有机材料         | 216 |
| 第6章 能量转换         | 241 |
| 第一节 功与能          | 242 |
| 第二节 内能           | 253 |
| 第三节 化学反应中的能量变化   | 263 |
| 第四节 化学能与电能的转化    | 280 |
| 第五节 核能           | 293 |
| 第7章 信息传递         | 303 |
| 第一节 振动与波         | 304 |
| 第二节 电磁波          | 315 |
| 第三节 光的反射与折射      | 328 |
| 第四节 光的本质         | 338 |
| 第8章 物质科学的发展和研究方法 | 345 |
| 第一节 物质科学发展简史     | 346 |
| 第二节 物质科学研究方法     | 360 |
| 参考文献             | 367 |

# 第 1 章

## 物质结构

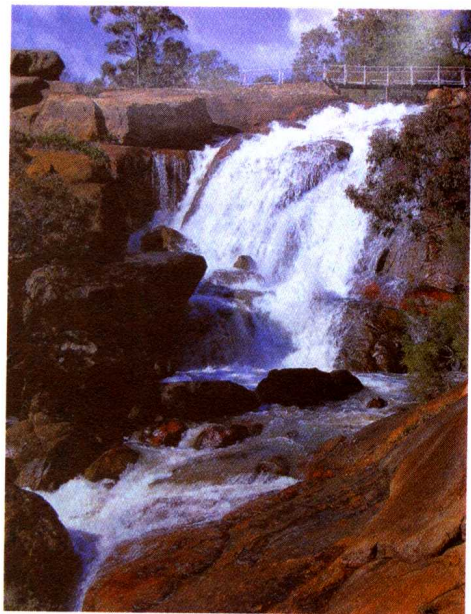
---

- 构成物质的砖石——原子
- 富有个性的微粒——分子
- 化学上最伟大的发现之一——元素周期律
- 重要元素的性质及其周期性变化
- 原子间的作用力——化学键



在晴朗而没有月光的夜晚，星星显得跟几千年前我国古代天文学家看见的几乎没有什么不同。北斗七星依然高悬在漆黑无垠的夜空，牛郎星和织女星也仍在隔着银河相望，似乎什么都没改变。然而，沧海桑田、高山流水、花开花落、木头燃烧、钢铁生锈，又似乎没有一样东西保持原样。这就是充满奇妙和生机的大自然。物质、能量、信息、变化，大自然在永无休止的运动着。物质科学就是希望通过观察、测量、分析、实验、计算、推理等方式来认识自然，来解释我们身边的变化，来了解物质世界的变化规律。

图 1-1  
水是物质，有  
动能和势能



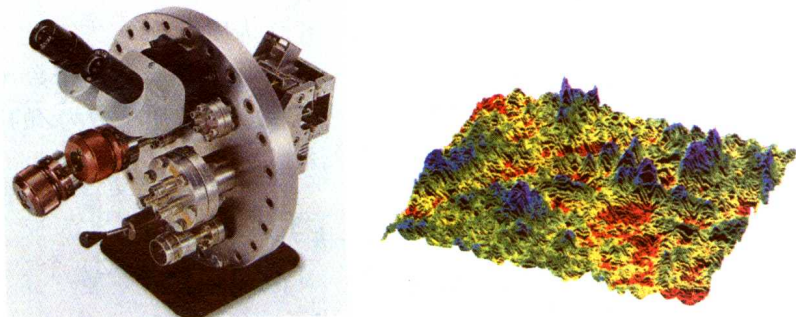
### 第一节 构成物质的砖石——原子

我们生活在物质的世界中，我们周围有形形色色的、丰富多彩的各种物质，像晶莹的水晶、清澈的流水、闪亮的金属、绚丽的花朵、乌黑的煤、雪白的盐等等。为什么不同的物质性质不同？物质是由什么构成的？人们对此充满了好奇。古希腊人认为世间所有的物质都能分解为四种基本要素：火、空气、土和水。中国

古代也有“五行说”，即世界是由金、木、水、火和土组成的。科学发展到今天，人们已经形成了比较完整的物质结构理论：世间万物都是由原子组成的，它们的差别仅仅在于组成物质时原子的种类、数目和结合方式的不同。

我们可以形象地将复杂的物质世界看作一座辉煌的大厦，那么原子就是砌成大厦的砖石，化学键就是将砖石黏结在一起的水泥砂浆。

图 1-2



(a) 扫描隧道显微镜

(b) 用扫描隧道显微镜看到的硅原子图

原子是极小的粒子，人们几乎无法想象原子有多么小，将1亿个原子一个挨一个排成一条直线也只有1 cm长，即使是薄薄的一张纸，其厚度也要100万个原子排在一起。尽管原子是如此之小，人们已有了能看见原子的“眼睛”——扫描隧道显微镜。扫描隧道显微镜利用电子隧道穿透效应工作。将原子线度的极细的针尖和被研究物质的表面作为两个电极，当针尖与样品的距离非常接近时（通常小于1 nm），在外加电场的作用下，电子会穿过两个电极之间的绝缘层流向另一电极，这种现象叫做隧道效应，产生的电流称为隧道电流。隧道电流的强度对针尖与样品之间的距离非常敏感，当针尖在样品表面扫描时，控制针尖与样品之间的距离不变，针尖就会随样品表面的起伏而起伏，针尖的运动轨迹就表现了样品表面的形貌，从而可分辨出单个原子和分子。其放大倍数达到100万倍以上。

### 一、原子的组成

原子虽然很小，但还可以再分。原子由带正电的原子核和带