



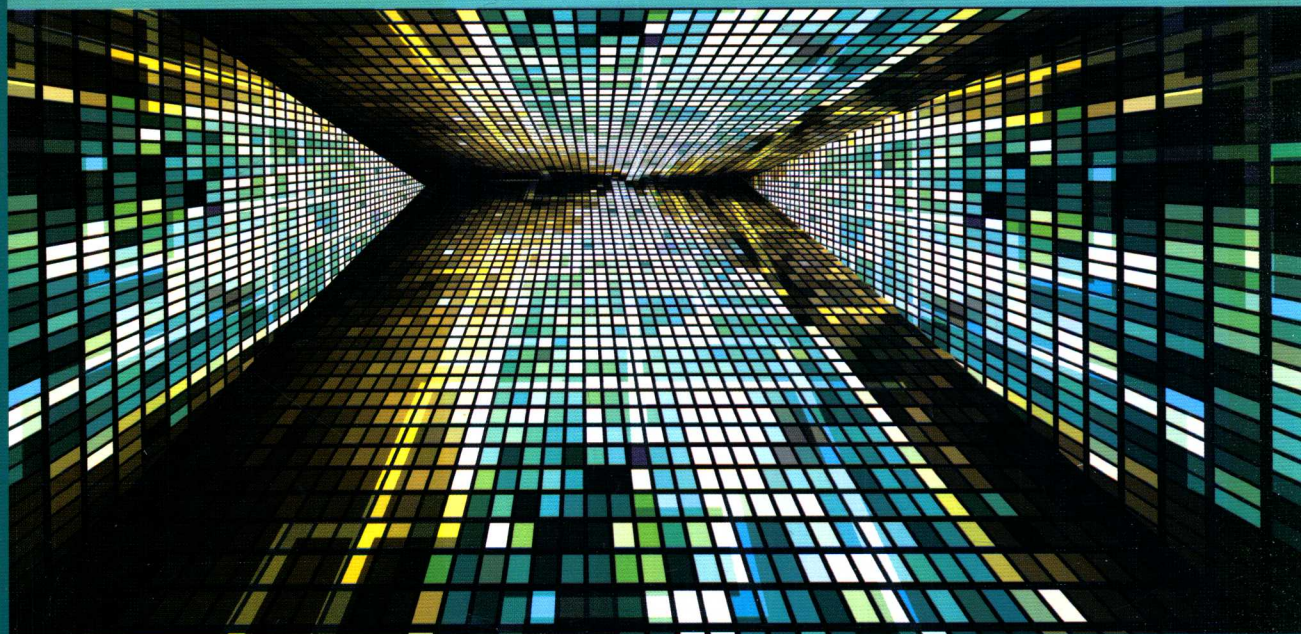
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

» 中等职业教育规划教材

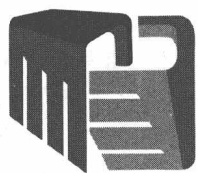
无机化学

WUJI HUAXUE

秦川 主编
师玉荣 主审



化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定
中等职业教育规划教材

无机化学

秦川 主编

师玉荣 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材是根据教育部 2014 年制定的《中等职业学校化学课程标准》的要求编写的。

本书共分九章，主要内容有物质结构、元素周期律和元素周期表、重要的非金属元素、重要的金属元素、物质的量、化学反应速率和化学平衡、电解质溶液、氧化还原反应和电化学基础、配位化合物简介等。每章节后安排的“拓展提升”，可以拓宽学生的视野，激发学生的学习兴趣。

本教材主要考虑了初学者的知识基础和学生的认知规律，紧紧围绕中等职业教育人才培养目标，以理论够用为原则，内容简明扼要，通俗易懂，图文并茂，引人入胜，实践性强，理论和实际紧密结合，充分体现了中等职业教育的特点，贴近学生实际。

本书为中等职业学校化工、工业分析与检验专业或其他相近专业的教材，也可作为相关行业岗位培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/秦川主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 11
“十二五”职业教育国家规划教材 经全国职业教育教材
审定委员会审定 中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-122-25382-8

I. ①无… II. ①秦… III. ①无机化学-中等专业学校-
教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 242561 号

责任编辑: 陈有华 窦 臻
责任校对: 王素芹

文字编辑: 刘心怡
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 11 彩插 1 字数 259 千字 2016 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

“无机化学”是化工类专业课程体系中的一门必修专业基础课程，它在整个课程体系中具有重要地位，不仅要为学生学习有关课程提供理论基础，而且要为以后从事化工、检测检验等方面的工作打基础。本教材在编写时力求以学生为主体，充分调动学生的学习积极性和主动性，体现了中等职业教育的改革和发展方向。在知识点的选择上，注意降低难度，设置了带“*”号的选学内容，知识点力求贴近实际，语言简明扼要，通俗易懂；在教材表现形式上力求图文并茂，注重培养学生的学习兴趣；本教材设计了“看一看”、“练一练”、“思考”、“课堂实验”、“学生实验”、“探究与实践”、“拓展提升”等栏目，遵循学生的认知规律，注重寓教于乐，使学生乐学、易学。

本书为中等职业学校化工、工业分析与检验专业及相关专业的教材，也可以作为相关企业的培训教材和有关人士的参考资料。

全书共分九章，由上海信息技术学校秦川任主编，并负责统稿。参加编写的有：沈阳市化工学校付月（绪论、第一章），秦川（第二章、第三章、第四章），本溪市化学工业学校孙巍（第五章、第六章、第九章），河南化工高级技工学校李晓英（第七章、第八章）。河南化工高级技工学校师玉荣担任本书主审，在本书前期的策划及大纲、样章的编写过程中提出宝贵的意见和建议，对保证教材的高质量编写提供了有力的支持。南京化工职业技术学院的王建梅老师和安徽化工学校的张禾茂老师审阅了全部书稿，提出了许多宝贵意见。在此深表谢意。

由于编者水平有限，编写时间仓促，本书难免出现不妥之处，恳请读者和教育界同仁不吝赐教，不胜感激！

编者
2015年6月

目 录

CONTENTS

绪论

Page

- 一、无机化学与人类生活
- 二、无机化学课程学习的任务
- 三、无机化学的学习方法

001

001

002

002

第一章

Page

物质结构

004

第一节 原子的组成

004

一、原子的组成

004

二、同位素

005

第二节 原子核外电子的排布

006

一、核外电子的运动状态

007

二、核外电子的排布规律

008

第三节 化学键

009

一、离子键

010

二、共价键

010

三、电子式

011

第四节 无机化学实验基础

013

一、化学用品安全使用标识

013

二、化学实验的基本安全措施

013

第五节 分子间作用力

017

一、分子间作用力

018

二、极性分子与非极性分子

018

本章小结

019

习题

020

第二章

Page

元素周期律和元素周期表

022

第一节 元素周期律

022

一、核外电子排布的周期性变化

022

二、原子半径的周期性变化

023

三、元素化合价的周期性变化

024

第二节 元素周期表

025

一、元素周期表的结构

026

二、主族元素性质的递变规律	027
实验探究 同周期同主族元素性质递变规律	030
一、同周期元素性质递变规律	030
二、同主族元素性质递变规律	031
本章小结	031
习题	031

3 第三章	Page
重要的非金属元素	033
第一节 卤素	033
一、氯气	033
二、氯化氢及盐酸	035
三、卤素的性质比较	035
实验探究 卤素及其化合物的性质	037
一、卤素单质的性质	037
二、卤离子的检验	038
三、请自行设计实验方案	038
第二节 氧和硫	038
一、臭氧	039
二、过氧化氢	039
三、硫	040
四、硫化氢和二氧化硫	040
五、硫酸的性质和硫酸根的检验	041
第三节 氮及其化合物	044
一、氮气	044
二、氨和铵盐	045
三、硝酸	046
实验一 浓硫酸和氨及铵盐的性质	047
第四节 硅及其化合物	049
一、硅及其化合物	050
二、硅酸盐工业简介	051
本章小结	054
习题	054

4 第四章	Page
重要的金属元素	056
第一节 碱金属元素	056
一、钠	056
二、钠的重要化合物	058
三、碱金属元素的性质比较	059

实验探究 金属钠及其化合物的性质	059
一、金属钠性质	059
二、碳酸钠和碳酸氢钠的性质	060
三、焰色反应	060
四、白色固体 NaCl 的鉴别	060
第二节 碱土金属元素	061
一、镁	062
二、镁的重要化合物	062
三、碱土金属元素的性质	063
第三节 铝	065
一、铝	065
二、铝的重要化合物	066
第四节 铁	068
一、铁	068
二、铁的化合物	069
三、 Fe^{3+} 的检验	070
实验二 怎样除去氯化铝中混有的氯化铁	071
第五节 用途广泛的金属材料	072
一、铁合金	072
二、铝合金	073
三、铜合金	073
本章小结	074
习题	075

5 第五章	Page
物质的量	076
第一节 物质的量	076
一、物质的量	076
二、摩尔质量	077
三、物质的量基本计算	078
第二节 气体摩尔体积	079
一、气体的摩尔体积	080
二、气体摩尔体积基本计算	081
第三节 溶液的浓度	082
一、物质的量浓度	083
二、溶液物质的量浓度基本计算	084
实验三 一定物质的量浓度溶液的配制	086
第四节 化学方程式及其相关计算	087
一、化学方程式	088

二、根据化学方程式的计算

088

本章小结

091

习题

091

6 第六章

Page

化学反应速率和化学平衡

094

第一节 化学反应速率

094

一、化学反应速率

094

二、影响化学反应速率的因素

096

第二节 化学平衡

098

一、可逆反应和化学平衡

098

二、平衡常数

099

三、平衡移动原理

099

实验探究 外界条件对化学反应速率和化学平衡的影响

102

一、外界条件对化学反应速率的影响

102

二、外界条件对化学平衡的影响

103

本章小结

103

习题

104

7 第七章

Page

电解质溶液

106

第一节 电解质溶液

106

一、电解质和非电解质

106

二、强电解质和弱电解质

107

三、弱电解质的电离平衡

108

第二节 离子反应和离子方程式

110

一、离子反应与离子反应方程式

111

二、离子互换反应进行的条件

112

第三节 水的离子积和溶液的 pH

113

一、水的离子积

113

二、溶液的酸碱性

114

三、溶液 pH 的测定

115

第四节 盐的水解

117

一、盐的水解平衡

117

二、盐的水解类型

118

三、盐类水解的应用

119

第五节 缓冲溶液

120

一、缓冲溶液的组成

121

二、缓冲作用原理

121

三、缓冲溶液的 pH

122

四、缓冲溶液的选择	123
实验探究 电解质溶液	124
一、强电解质和弱电解质	124
二、同离子效应	124
三、盐类水解及影响因素	124
本章小结	125
习题	126

8 第八章	Page
氧化还原反应和电化学基础	128
第一节 氧化还原反应	128
一、氧化还原反应	128
二、氧化还原反应的实质	130
三、氧化还原反应的表示方法	130
第二节 氧化剂和还原剂	131
一、氧化剂与还原剂	132
二、氧化还原反应的类型	133
三、氧化还原反应方程式的配平	134
第三节 电化学基础	136
一、原电池	136
二、电解及其应用	139
三、电极电势及其应用	141
四、金属的防护	144
实验四 氧化还原与电化学	145
本章小结	146
习题	147

9 第九章	Page
配位化合物简介	149
第一节 配位化合物的基本概念	149
一、配合物的定义	150
二、配合物的组成	150
三、配合物的命名	151
第二节 配合物的应用	153
一、在分析化学中的应用	153
二、在工业生产上的应用	154
三、在生物化学上的应用	154
本章小结	155
习题	156



习题参考答案

Page
157



附录

Page
160

一、常见弱酸、弱碱的电离常数 (25℃)

160

二、酸、碱、盐溶解性表

160

三、标准电极电势 (298.15K)

161



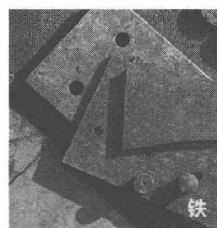
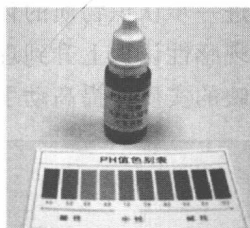
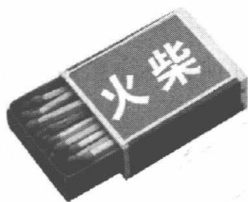
参考文献

Page
162

元素周期表

绪 论

化学是在分子、原子层次上研究物质的组成、结构、性质及变化规律的科学，是一门历史悠久而又富有活力的学科，是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一。化学是重要的基础科学之一，是一门以实验为基础的学科，在与物理学、生物学、地理学、天文学等学科的相互渗透中，得到了迅速的发展，也推动了其他学科和技术的发展。化学的成就是社会文明的重要标志，人类在生活和生产中不断享用化学成果。无论是古代的钻木取火，还是现代的衣、食、住、行及健康都离不开它。



一、无机化学与人类生活

无机化学 (Inorganic Chemistry) 是化学学科中发展最早的一个分支学科，它是研究无机物质的组成、性质、结构和反应的科学。无机物质包括所有化学元素，不含碳元素的纯净物和其他几种的简单的碳化合物 (除二氧化碳、一氧化碳、碳酸、二硫化碳、碳酸盐、KSCN 等简单的碳化合物仍属无机物质外，其余均属于有机物质)。无机化学的研究对象繁多，涉及元素周期表中的所有元素。

无机化学与人类历史的发展相同，经历了从适应自然、谋求生存过程中对自然世界的认识，到有目的地改造自然、创造新物质、提高生活质量和人类文明的发展历程。随着化学科学和相关科学的发展，无机化学学科不断地与物理科学、材料科学、生命科学和信息科学等学科交叉和融合，形成了许多重要交叉学科分支。无机化学与有机化学、生物化学的交叉孕育和发展了金属有机化学和生物无机化学；无机化学与物理化学和理论化学的交叉形成了结构

化学和理论无机化学,也为能源化学、材料化学和纳米化学的发展提供了理论和物质保证。

化学的发展给人类生活带来了无数便利,也给人类的生存环境带来了污染,无机化学为人类解决能源、环境、生命健康和资源等全球可持续发展的关键问题提供新材料和新过程。无机化学可以为能源材料和物质转化过程提供新材料和新过程,为重金属等重要污染物的富集、分离和利用提供关键技术和材料,为水资源的保护和利用提供科学和物质基础;为信息的产生、放大、传输、显示等关键技术提供高性能材料,为稀土、盐湖资源等特有矿产的开发和高效利用提供科学基础和技术保障,为有关国防安全的特种功能材料提供新原理、新材料和新器件。因此,我们要正确合理地运用化学原理和化学物质,减少污染,保护好人类生存环境。

二、无机化学课程学习的任务

本课程的任务是通过学习后,能够理解无机化学基本知识、基本概念和基本理论,具备化学运算的基本能力,具备无机化学实验基本操作技能,能够应用基本的化学原理解释、认识生活和工作,树立爱护环境、节约资源、科学生活的理念,培养学生形成良好的学习习惯、职业道德和职业规范,为后续专业课程的学习(职业能力的发展)打下扎实的基础。

三、无机化学的学习方法

学习无机化学,首先要正确理解并牢固掌握基本概念、基础理论、基本知识和基本研究方法;要及时整理笔记,列出重点,学会分层次学习、记忆知识;要注意知识条件性、局限性,深入认识化学变化的基本规律;要注意知识的连续性,学会理论联系实际,如学习元素部分知识时,要以元素周期律为基础,以物质的性质为中心,再从性质理解物质存在、制法、保存、检验和用途等内容,使知识既主次分明,又系统条理;要养成良好的学习习惯,做好预习、复习,按时完成作业,及时归纳总结,不断提高学习效果。

无机化学是一门实验性较强的学科,实验探究是本课程的重要组成部分。通过实验,以学生为主体、教师为主导,进一步认识物质的化学性质,揭示化学变化规律,理解、巩固化学知识,建立化学意识,实现感性认识上升到理性认识的飞跃。因此,要正确操作、仔细观察,认真分析实验现象所反映的实质,提高动手能力和实践能力。

拓展提升

诺贝尔奖



诺贝尔

诺贝尔奖是以瑞典著名的化学家、硝化甘油炸药的发明人阿尔弗雷德·贝恩哈德·诺贝尔的部分遗产(3100万瑞典克朗)作为基金创立的。诺贝尔奖分设物理、化学、生理或医学、文学、和平五个奖项,以基金每年的利息或投资收益授予前一年世界上在这些领域对人类作出重大贡献的人,1901年首次颁发。诺贝尔奖包括金质奖章、证书和奖金。1968年,瑞典国家银行在成立300周年之际,捐出大额资金给诺贝尔基金,增设“瑞典国家银行纪念诺贝尔经济科学奖”,1969年首次颁发,人们习惯上称这个额外的奖项为诺贝尔经济学奖。

诺贝尔奖的奖金总是以瑞典的货币瑞典克朗颁发,每年的

奖金金额视诺贝尔基金的投资收益而定。金质奖章约重 270 克，内含黄金，奖章直径约为 6.5 厘米，正面是诺贝尔的浮雕像。不同奖项，奖章的背面图案不同，每份获奖证书的设计和词句都不一样。颁奖仪式隆重而简朴，每年出席的人数限于 1500 人到 1800 人；男士必须穿燕尾服或民族服装，女士穿庄重的晚礼服；仪式所用白花和黄花必须从意大利小镇圣莫雷（诺贝尔逝世的地方）空运而来。

第一章

物质结构

随着科学技术的不断发展与提高,人类在原子结构的认识上有了重要突破,对分子、离子以及物质的内部结构有了明确的认识。

原子是保持物质化学性质的最小微粒。让我们深入到微小的原子内部,认识原子的结构,理解核外电子排布的规律,认识分子内部化学键和分子间作用力,从而进一步认识我们所处的物质世界,掌握物质的结构,为后续化学学习奠定坚实的基础。

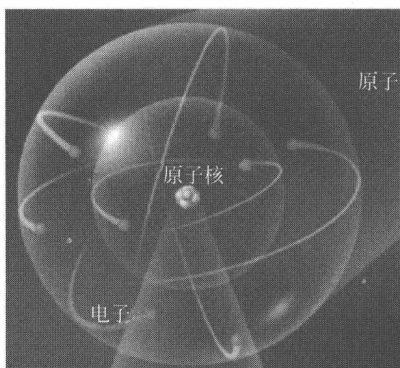
第一节 原子的组成



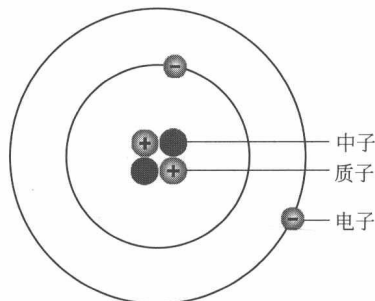
原子可以构成分子、形成离子或直接构成物质,它是由居于原子中心的带正电的原子核和在核外做高速运动的带负电的电子构成的。元素是具有相同的核电荷数的一类原子的总称,又称为化学元素。本节重点介绍原子的组成及同位素。



看一看



原子结构示意图



氢原子结构示意图

一、原子的组成

原子可以构成分子、形成离子或直接构成物质。原子非常小,其直径大约有千万分之一

毫米；由居于原子中心的带正电的原子核和在核外做高速运动的带负电的电子构成；这些电子绕着原子核高速运动，就像太阳系的行星绕着太阳运行一样。

原子核所带的正电荷数即核电荷数（ Z ）与原子核外电子所带的负电荷数相等，所以整个原子呈电中性。原子核由质子和中子构成，质子带正电荷，中子不带电荷。所以原子核的正电荷数由质子数决定。

按核电荷数由小到大的顺序给元素编号，所得的序号称为该元素的原子序数。

原子序数=核电荷数=核内质子数=核外电子数

质子的质量为 $1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，中子的质量为 $1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，电子的质量为 $9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。由于电子的质量很小（为质子质量的 $1/1836$ ），所以原子的质量主要集中在原子核上。

由于原子的实际质量很小，例如，一个氢原子的实际质量为 $1.674 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，一个氧原子的质量为 $2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，用实际质量来计算一个水分子质量（一个水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的）非常麻烦。因此，国际上规定采用相对原子质量和相对分子质量来表示原子、分子的质量关系。

相对原子质量是指以一个碳-12（原子核内有 6 个质子和 6 个中子的一种碳原子即 $^{12}_6\text{C}$ ）原子质量的 $1/12$ 作为标准，任何一种原子的平均原子质量跟一个碳-12 原子质量的 $1/12$ 的比值，称为该原子的相对原子质量。实验测得，作为原子量标准的 $^{12}_6\text{C}$ 的质量是 $1.9927 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，它的 $1/12$ 为 $1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。据此得到质子的相对质量为 1.007、中子的相对质量为 1.008，具体见表 1-1。

表 1-1 构成原子的三种粒子的基本物理数据

构成原子的粒子		质量/kg	相对质量	电性	电荷量
原子核	质子	1.6726×10^{-27}	1.007	正电	1 个质子带 1 个单位的正电荷
	中子	1.6749×10^{-27}	1.008	不带电	无
核外电子		9.109×10^{-31}	1/1836	负电	1 个电子带 1 个单位的负电荷

质量数（ A ）是将原子内所有质子和中子的相对质量取近似整数值相加而得到的数值。一个质子和一个中子相对质量取近似整数值时均为 1，则

质量数(A)=质子数(Z)+中子数(N)

例如：氧原子的原子序数为 8，中子数为 8，则质量数为 16。

钠原子的原子序数为 11，质量数为 23，则中子数为 12。

以 X 代表一个质量数为 A ，质子数为 Z 的原子，则该原子组成可表示为 A_ZX 。例如：





练一练

求出上述四个原子的中子数 N 。

二、同位素

元素是具有相同质子数（即核电荷数）的同一类原子的总称。

人们在研究原子核的组成时,发现同一种元素的原子中质子数相同,但中子数不一定相同。这种具有相同质子数,不同中子数的同一元素的不同原子互称为同位素。如氯元素有 $^{35}_{17}\text{Cl}$ 和 $^{37}_{17}\text{Cl}$ 两种氯原子。目前人类已经发现的元素种类为 116 种,但是原子种类却高达 2800 种以上。

同一种元素的各种同位素,在元素周期表上占有同一位置。物理性质略有差异,但化学性质几乎相同,因为质子数和核外电子数相同。

自然界中许多元素都有同位素。同位素有的是天然存在的,有的是人工制造的,有的有放射性,有的没有放射性。同位素按其稳定性分为稳定性同位素和放射性同位素。每一种元素都有放射性同位素,有些放射性同位素是自然界中存在的,有些则是用核粒子,如质子、 α 粒子或中子轰击稳定的核而人为产生的。

拓展提升

几种常见的同位素及其应用

氢元素:有 ^1_1H 、 ^2_1H 、 ^3_1H 三种同位素,分别称为氕(俗名普氢)、氘(俗名重氢)、氚(俗名超重氢)。它们原子核中都有 1 个质子,但是原子核中分别有 0 个中子、1 个中子及 2 个中子,所以它们互为同位素。 ^2_1H 、 ^3_1H 是制造氢弹的材料。

碳元素:有 $^{12}_6\text{C}$ 、 $^{13}_6\text{C}$ 、 $^{14}_6\text{C}$ 等几种同位素。 $^{12}_6\text{C}$ 是作为相对原子质量基准的碳原子; $^{14}_6\text{C}$ 根据其在古物中的含量来推测文物或化石的年龄。

铀元素:有 $^{234}_{92}\text{U}$ 、 $^{235}_{92}\text{U}$ 、 $^{238}_{92}\text{U}$ 等多种同位素。 $^{235}_{92}\text{U}$ 是制造原子弹的材料和核反应堆的燃料。图 1-1 为氢弹爆炸后形成的蘑菇云和出土文物。

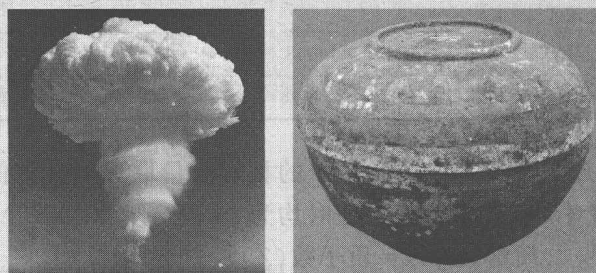
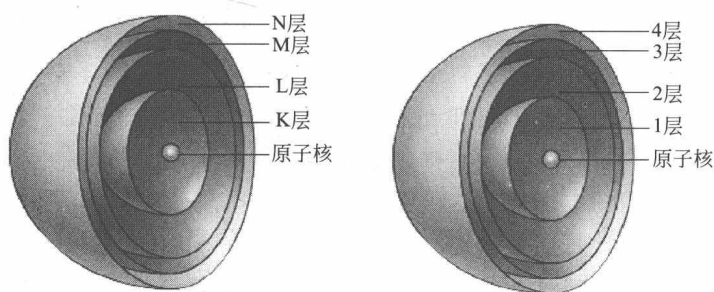


图 1-1 氢弹爆炸后形成的蘑菇云和出土文物

第二节 原子核外电子的排布



电子的运动不是沿着一定的轨道绕核运动,没有确定的方向和轨迹,而是在原子核周围空间区域内飞速的运转。在多电子原子中,各电子的能量是不同的。本节重点介绍核外电子的运动状态及排布规律。



原子核外电子排布

一、核外电子的运动状态

1. 电子云

电子的运动和常见的宏观物体运动不同，并不是沿着一定的轨道绕核运动，没有确定的方向和轨迹，而是在原子核周围空间区域内飞速的运转，不能确定电子在某一瞬间所处的位置。电子在原子核外空间的某区域内出现，好像带负电荷的云笼罩在原子核的周围，称之为电子云。电子云是电子在原子核外空间概率密度分布的形象描述，图 1-2 为氢原子的电子云示意图。

从图 1-2 可以看出，氢原子的电子云呈球形对称。离核较近的区域小黑点比较密集，表示电子在该区域出现的机会较多；离核较远的区域小黑点相对稀疏，表示电子在该区域出现的机会较小。图中的一个一个小黑点并不是表示原子核外的一个个电子，氢原子核外只有一个电子在绕原子核运动，这些小黑点形象地表明氢原子核外仅有的一个电子在核外空间出现的概率。

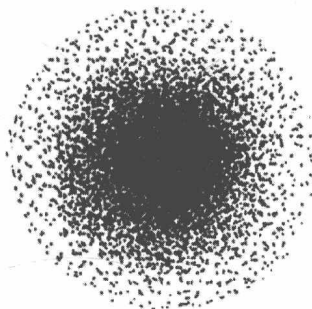


图 1-2 氢原子电子云示意图

2. 电子层

氢原子核外只有一个电子，但从氦开始的所有元素的原子核外电子数都大于等于 2，属于多电子体。那么这些电子在核外是怎样排布的呢？

在多电子的原子中，各电子的能量是不同的。离原子核较近的区域运动的电子能量较低，离原子核较远的区域运动的电子能量较高。根据电子能量的差异和通常运动的区域离原子核远近的不同，将原子核外的电子运动区域分成不同的电子层。

按离原子核由近到远的顺序，依次称为第一电子层、第二电子层……第七电子层。习惯上用字母或序数 n 表示。目前发现的元素原子核外电子最少的为 1 层，最多的为 7 层。

离核越近的电子层能级越低，离核越远的电子层能级越高。 $n=1$ ，即表示离核最近的电子层（K 层），其中的电子能量最低； $n=2$ ，则表示为第二电子层（L 层）；以此类推（见表 1-2）。

表 1-2 电子层的表示方式和能量高低

电子层(n)	1	2	3	4	5	6	7
电子层符号	K	L	M	N	O	P	Q
各电子层能量	能量逐渐递增						