



全国医药类高职高专规划教材·药品类专业

# 无机化学

主 编 吴小琼 王志江



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

全国医药类高职高专规划教材·药品类专业

供药学、医学检验、药物制剂、生物工程、预防医学、中药学、药品营销等专业用

# 无机化学

主 编 吴小琼 王志江

副主编 商传宝 于 辉 宋 慧

编 者 (按姓氏笔画为序)

于 辉 承德护理职业学院

王 蓓 首都医科大学燕京医学院

王志江 山东中医药高等专科学校

吴小琼 安顺职业技术学院

宋 慧 广西医科大学

李彩云 天津医学高等专科学校

陈 卓 安顺职业技术学院

顾 明 安顺职业技术学院

商传宝 淄博职业学院

曾平莉 浙江医药高等专科学校



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

## 内容简介

《无机化学》教材分为上、下两篇。上篇为理论部分共八章,下篇为实训部分共十二个实训。编写时以无机化学的四大平衡为主线进行编写,主要内容为四大平衡、两结构(原子结构、分子结构)、元素及其化合物的性质及在医药上的应用,把与医药类专业相关的无机化学基础知识和基本技能贯穿到后续课程特别是专业课程中。本教材适用于药学、医学检验、药物制剂、生物工程、预防医学等专业教学使用,也可供其他相关专业参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

无机化学/吴小琼等主编. —西安:西安交通大学出版社,2012.8  
ISBN 978-7-5605-4444-1

I. ①无… II. ①吴… III. ①无机化学IV. ①061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 145539 号

书 名 无机化学  
主 编 吴小琼 王志江  
责任编辑 问媛媛

出版发行 西安交通大学出版社  
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>  
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)  
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280  
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 彩页 1 页 字数 331 千字  
版次印次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5605-4444-1/O·403  
定 价 28.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668803 (029)82668804

读者信箱:xjtpress@163.com

版权所有 侵权必究

# 目录

## 前言

本教材的编写是根据医药类专业学生学习专业课程及其他相关课程的需要,在已经学习高中化学的基础上,介绍无机化学的基本理论、基础知识和基本操作技能。其总任务是使学生获得无机化学基础理论、基本知识和实验操作的基本技能,提高观察、分析、解决问题的能力,为学好基础课和专业课奠定基础。

全书以无机化学的四大平衡为主线进行编写。主要内容为四大平衡、两结构(原子结构、分子结构)、元素及其化合物的性质及在医药上的应用。上篇为理论部分共八章。下篇为实验部分共十三个实验项目。在编写上力求实用为先、够用为度;在内容取舍上注意理论与实际结合,过程设计突出开放性、职业性和实用性;适当降低难度;按“基础够用,突出技能”的原则安排教学内容,充分反映高职高专医药类专业的特色。教材后附有各种常用表和参考文献。

本教材体现高职高专的教学特色,遵循“三基(基本理论、基本知识、基本技能)五性(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)”和“三特定(特定的读者对象、特定的时限、特定的内容)”的编写原则,为培养应用型人才服务。为了提高学习者的兴趣,教材尽量做到通俗易懂、简明扼要,力争做到既可作教师的教本,又是学生的读本。教材整体优化,把培养职业能力作为主线,并贯穿始终,创新性编写模板,为便于教师教学和学生阅读,分五个模块编写:学习目标、正文、知识拓展、小结、目标检测。突出专业特色,服务专业要求。

本教材由具有多年教学经验的教师编写并征求后续课程教师的意见和建议,以确保前期课程为后续课程服务,并设置知识板块供教师和学生阅读,既能体现专业特色,又能丰富学科实践内容,为学生实习、走上工作岗位打好基础。在编写过程中尽量不与中学教材内容重复,编者紧紧围绕课程总目标(培养技能型、应用型、符合市场需要的专业技术人才),参阅大量新出版的化学教材,分章编写,互审稿件,以提高教材质量。

本教材主要供医药类高职高专药学、医学检验、药物制剂、生物工程、预防医学等专业教学使用。也可作为同类院校师生的参考书。各校使用该教材时可在保证该课程基本内容的前提下酌情取舍,章节的编排只作为参考,各校可自行安排。

鉴于编者学术水平有限,编写时间仓促,编写过程中虽经过数次修改,不妥之处也在所难免,敬请读者及同行批评指正,同时对在编写过程中提供鼎力相助的同行一并致谢。

编者

2012年6月

# 目 录

## 上篇 理论知识

|                  |       |
|------------------|-------|
| 绪论               | (003) |
| 第一节 无机化学的研究内容    | (003) |
| 第二节 无机化学与医药的关系   | (004) |
| 一、无机化学与人类健康      | (004) |
| 二、新药中的无机化学       | (005) |
| 第三节 无机化学的学习方法    | (006) |
| 第一章 原子结构与化学键     | (007) |
| 第一节 原子结构与元素周期表   | (007) |
| 一、原子的组成          | (007) |
| 二、核外电子的运动状态      | (007) |
| 三、原子的电子层结构与元素周期律 | (014) |
| 第二节 化学键          | (021) |
| 一、离子键            | (021) |
| 二、共价键            | (021) |
| 三、金属键            | (028) |
| 第三节 分子间作用力与氢键    | (029) |
| 一、分子的极性          | (029) |
| 二、分子间作用力         | (030) |
| 三、氢键             | (031) |
| 第二章 溶液           | (038) |
| 第一节 溶液的浓度        | (038) |
| 一、溶液浓度的表示方法      | (038) |
| 二、溶液浓度的有关计算      | (040) |
| 三、溶液浓度的换算和溶液的稀释  | (041) |
| 第二节 胶体溶液         | (042) |
| 一、溶胶的性质          | (042) |
| 二、溶胶的稳定和聚沉       | (043) |
| 第三节 溶液的渗透压       | (044) |
| 一、渗透现象和渗透压       | (044) |
| 二、渗透压与浓度、温度的关系   | (045) |
| 三、渗透压在医学上的意义     | (046) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 第三章 化学反应速率和化学平衡 .....           | (050) |
| 第一节 化学反应速率 .....                | (050) |
| 一、化学反应速率的概念和表示方法 .....          | (050) |
| 二、影响化学反应速率的因素 .....             | (052) |
| 第二节 化学平衡 .....                  | (055) |
| 一、不可逆反应与可逆反应 .....              | (055) |
| 二、化学平衡与化学平衡常数 .....             | (056) |
| 三、化学平衡的移动 .....                 | (059) |
| 第四章 电解质溶液 .....                 | (065) |
| 第一节 弱电解质在溶液中的解离 .....           | (065) |
| 一、解离平衡和解离常数 .....               | (065) |
| 二、同离子效应 .....                   | (066) |
| 三、盐效应 .....                     | (067) |
| 第二节 酸碱质子理论 .....                | (067) |
| 一、酸碱的定义 .....                   | (068) |
| 二、酸碱的共轭关系 .....                 | (068) |
| 三、酸碱的强弱 .....                   | (068) |
| 四、酸碱反应 .....                    | (068) |
| 第三节 水溶液的酸碱性及 pH 值的计算 .....      | (069) |
| 一、水的质子自递反应 .....                | (069) |
| 二、共轭酸碱对 $K_a$ 与 $K_b$ 的关系 ..... | (070) |
| 三、一元弱酸、一元弱碱溶液 pH 值的计算 .....     | (070) |
| 第四节 盐类的水解 .....                 | (072) |
| 一、盐类水解的实质 .....                 | (072) |
| 二、各类盐的解离平衡 .....                | (073) |
| 三、影响盐类水解的因素 .....               | (075) |
| 第五节 缓冲溶液 .....                  | (075) |
| 一、缓冲溶液的概念 .....                 | (075) |
| 二、缓冲溶液的组成与缓冲作用原理 .....          | (075) |
| 三、缓冲溶液 pH 值的计算 .....            | (076) |
| 四、缓冲容量与缓冲范围 .....               | (078) |
| 五、缓冲溶液的选择和配制 .....              | (079) |
| 六、缓冲溶液在医学中的意义 .....             | (081) |
| 第六节 沉淀的生成与溶解 .....              | (082) |
| 一、溶度积常数 .....                   | (082) |
| 二、溶度积与溶解度 .....                 | (083) |
| 三、沉淀平衡的移动 .....                 | (083) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 第五章 氧化还原与电极电势 .....      | (090) |
| (第一节 氧化还原反应 .....        | (090) |
| 一、氧化数 .....              | (090) |
| 二、氧化还原反应的实质 .....        | (091) |
| 三、氧化还原反应方程式的配平 .....     | (092) |
| (第二节 电极电势 .....          | (093) |
| 一、原电池 .....              | (093) |
| 二、电极电势的产生及原电池的电动势 .....  | (095) |
| 三、标准电极电势 .....           | (096) |
| 第三节 影响电极电势的因素 .....      | (098) |
| 一、能斯特方程式 .....           | (098) |
| 二、影响电极电势的因素 .....        | (100) |
| (第四节 电极电势的应用 .....       | (101) |
| 一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱 .....   | (101) |
| 二、计算电池电动势 .....          | (102) |
| 三、判断氧化还原反应进行的方向和程度 ..... | (103) |
| (第五节 电位法测定溶液的 pH 值 ..... | (104) |
| 一、参比电极 .....             | (104) |
| 二、指示电极 .....             | (106) |
| 三、电位法测定溶液的 pH 值 .....    | (107) |
| 第六章 配位化合物 .....          | (111) |
| (第一节 配位化合物的基本概念 .....    | (111) |
| 一、配位化合物的定义 .....         | (111) |
| 二、配位化合物的组成 .....         | (111) |
| 三、配位化合物的命名 .....         | (113) |
| 四、配位化合物的分类 .....         | (113) |
| (第二节 配位平衡 .....          | (114) |
| 一、配离子的稳定常数 .....         | (114) |
| 二、配位平衡的移动 .....          | (115) |
| (第三节 配位化合物的应用 .....      | (116) |
| 一、在生物学方面的应用 .....        | (116) |
| 二、在医学方面的应用 .....         | (117) |
| 三、在分析化学中的应用 .....        | (117) |
| 第七章 常见的非金属元素及其化合物 .....  | (120) |
| (第一节 卤素 .....            | (120) |
| 一、卤素的通性 .....            | (120) |
| 二、卤化氢和卤化物 .....          | (123) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 三、拟卤素 .....               | (125) |
| 第二节 氧族元素 .....            | (126) |
| 一、氧族元素的通性 .....           | (126) |
| 二、氧族元素及其化合物 .....         | (127) |
| 三、常用含氧族元素的药物 .....        | (129) |
| 第三节 碳族元素和硼族元素 .....       | (130) |
| 一、碳族元素和硼族元素的通性 .....      | (130) |
| 二、碳族元素和硼族元素及其化合物 .....    | (131) |
| 三、常用的含碳族元素和硼族元素药物 .....   | (133) |
| 第八章 常见的金属元素及其化合物 .....    | (138) |
| 第一节 碱金属和碱土金属 .....        | (138) |
| 一、碱金属和碱土金属的通性 .....       | (139) |
| 二、碱金属和碱土金属及其化合物 .....     | (139) |
| 三、常用的含碱金属和碱土金属元素的药物 ..... | (141) |
| 第二节 铝和铅 .....             | (142) |
| 一、铝和铅的单质 .....            | (142) |
| 二、铝和铅的化合物 .....           | (142) |
| 三、常用的含铝和铅元素的药物 .....      | (143) |
| 第三节 过渡金属元素 .....          | (144) |
| 一、过渡金属元素的通性 .....         | (144) |
| 二、铬、锰、铁、钴、镍 .....         | (144) |
| 三、铜、银、锌、汞 .....           | (149) |
| 四、常用的含过渡金属元素的药物 .....     | (153) |

## 下篇 实验指导

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 项目一 无机化学实验须知 .....    | (159) |
| 项目二 无机化学实验基本操作 .....  | (161) |
| 项目三 分析天平的使用 .....     | (169) |
| 项目四 溶液的配制与稀释 .....    | (171) |
| 项目五 药用氯化钠的精制 .....    | (173) |
| 项目六 化学反应速率和化学平衡 ..... | (175) |
| 项目七 醋酸解离常数的测定 .....   | (177) |
| 项目八 缓冲溶液 .....        | (179) |
| 项目九 氧化还原反应 .....      | (182) |
| 项目十 水的总硬度的测定 .....    | (185) |
| 项目十一 铬、锰、铁 .....      | (187) |
| 项目十二 铜、银、锌、汞 .....    | (190) |
| 项目十三 硫酸亚铁铵的制备 .....   | (193) |

目标检测参考答案..... (195)

附录

附录一 我国法定计量单位..... (201)

附录二 常用物理常数和单位换算..... (204)

附录三 弱酸、弱碱在水溶液中的解离平衡常数(298K) ..... (205)

附录四 部分难溶化合物的溶度积常数..... (207)

附录五 常见配离子的稳定常数(293~298K) ..... (209)

附录六 常见电对的标准电极电势..... (210)

主要参考文献..... (212)

理论知识

# 绪 论

## 上 篇

### 理论知识

#### 【能力目标】

• 熟悉无机化学的学习方法。

• 了解无机化学与医学的关系,无机化学的分支及

• 能处理好无机化学与医学的关系。

化学是研究物质的组成、结构、性质及变化规律的一门自然科学。化学研究的对象是物质,物质是不依赖于人们的感知而存在,并且可以被人们的感知所认识的客观存在,简而言之,物质是客观存在的东西。当今化学发展的趋势大致是,由宏观到微观,由定性到定量,由稳定态到亚稳定态,由经验上升到理论并用理论指导实践,进而开创新的研究。化学各分支学科与边缘学科的建立产生了众多的分支学科,其中经典的四个分支学科是:无机化学、有机化学、分析化学、物理化学。化学在人类的生存和社会的发展中起着重要的作用,化学的发展历经了古代化学、近代化学和现代化学三个时期。从古代开始人类就从事与化学相关的生产实践,如制陶、冶金、酿酒。

近几十年,古老的无机化学发生了飞跃,特别是结构理论的发现和现代物理方法的引入,使人们对大量无机物的结构和变化规律有了比较系统的认识,积累了丰富的热力学和动力学数据,无机化学这门学科不断从描述性向理性过渡,从宏观向微观深入,从定性向定量转化,展示出了一部辉煌的发展史。无机化学作为自然科学中的一门重要学科,主要是在分子层次(分子、原子或离子)以及以超分子为代表的分子以上层次上研究物质的组成、结构、性能、变化、变化过程中的量变关系以及所遵循规律的科学——是自然科学中的基础学科(中心学科之一)。它是人类认识自然、改造自然、从自然中得到物质文明的一种重要依据。如新能源的开发利用、环境保护、功能材料的研制、生命奥秘的探索等都与无机化学的发展密切相关。随着整个社会地不断发展,无机化学已经深入到人类生活的各个领域,并在国民经济中起着越来越重要的作用。

### 第一节 无机化学的研究内容

无机化学在化学科学中处于基础和具体地位,是化学领域中发展最早的分支学科,它对整个化学的发展一直起着非常重要的作用。无机化学是研究所有元素的单质和化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)的性质、结构和化学变化的规律及其应用的学科。无机化合物简称无机

上 篇

# 野 合 映 照

# 绪论



## 学习目标

### 【知识目标】

- 掌握无机化学的基本概念及研究对象。
- 熟悉无机化学的学习方法。
- 了解无机化学与医学的关系;无机化学的分支及各分支之间的关系。

### 【能力目标】

- 能处理好无机化学与医药的关系。

化学是研究物质的组成、结构、性质及变化规律的一门自然科学。化学研究的对象是物质,物质是不依赖于人们的感觉得存在,并且可以被人们的感觉得认识的客观存在,简而言之,物质是客观存在的东两。当今化学发展的趋势大致是:由宏观到微观,由定性到定量,由稳定态到亚稳定态,由经验上升到理论并用理论指导实践,进而开创新的研究。化学各分支学科与边缘学科的建立产生了众多的分支学科,其中经典的四个分支学科是:无机化学、有机化学、分析化学、物理化学。化学在人类的生存和社会的发展中起着重要的作用,化学的发展历经了古代化学、近代化学和现代化学三个时期。从古代开始人类就从事与化学相关的生产实践,如制陶、冶金、酿酒。

近几十年,古老的无机化学发生了飞跃,特别是结构理论的发展和现代物理方法的引入,使人们对大量无机物的结构和变化规律有了比较系统的认识,积累了丰富的热力学和动力学数据,无机化学这门学科不断从描述性向推理性过渡、从宏观向微观深入、从定性向定量转化,展示出了一部辉煌的发展史。无机化学作为自然科学中的一门重要学科,主要是在分子层次(分子、原子或离子)以及以超分子为代表的分子以上层次上研究物质的组成、结构、性能、变化、变化过程中的量能关系以及所遵循规律的科学——是自然科学中的基础学科(中心学科之一)。它是人类认识自然,改造自然,从自然中得到物质文明的一种重要依据,如新能源的开发利用、环境保护、功能材料的研制、生命奥秘的探索等都与无机化学的发展密切相关。随着整个社会地不断发展,无机化学已经深入到人类生活的各个领域,并在国民经济中起着越来越重要的作用。

## 第一节 无机化学的研究内容

无机化学在化学科学中处于基础和母体地位,是化学领域中发展最早的分支学科,它对整个化学的发展一直起着非常重要的作用。无机化学是研究所有元素的单质和化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)的性质、结构和化学变化的规律及其应用的学科。无机化合物简称无机

物,指除碳氢化合物及其衍生物以外的一切元素及其化合物,如水、食盐、硫酸、一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、氰化物等。其总任务是使学生获得无机化学基础理论、基本知识和实验操作的基本技能,提高观察、分析、解决问题的能力,为学习医药学基础课和专业课奠定基础。

无机化学是随着元素发现而逐步发展起来的,已形成了许多分支学科,如普通元素化学、无机高分子化学、稀土元素化学、配位化学、无机合成化学。无机化学一方面继续发展本身的学科,另一方面正在同其他学科进行渗透交叉,如(向生物学渗透形成)生物无机化学、(无机化学和有机化学交叉形成)金属有机化学、环境化学、地球化学、海洋化学、药物无机化学、材料科学等,这些学科都为无机化学的研究和发展开辟新的途径。

无机化学是一门理论与应用并重的科学。在发展进程中,鉴于人们对于无机化学理论和实验科学体系的研究要求和生产需求,导致无机化学基础理论的形成,拓宽了现代无机化学的领域,刺激无机化学研究进入了一个崭新的时代。如:元素无机化学中由于稀土元素的特殊电子构型,具有许多独特的电、光、磁性质,使新型稀土永磁材料、稀土激光晶体、稀土高温超导材料等不断问世。近年来,人们对于新理论、新方法、新领域、新材料以及高产出和低污染等的追求,促进了无机化学的深入研究。因此无机化学的任务除了传统的研究无机物质的组成、结构、性质及反应外,还要不断运用新的理论和技术,研究新型无机化合物的开发和应用,以及新研究领域的开辟和建立。

本教材根据医药专业的需要,课程的内容主要包括无机化学的基本概念,如溶液渗透压的概念、氧化还原的概念、配合物的概念等;基本理论,如原子结构、分子结构、化学平衡(酸碱平衡、沉淀-溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡)等;化学计算,如化学平衡的计算、电极电势的计算、溶液浓度的计算等;元素及其化合物的性质、实验等。

## 第二节 无机化学与医药的关系

近现代以来,疾病的诊断、治疗和预防都离不开化学。无论是合成药物的研发、天然药物的提取,还是药物剂型、药理及生物解毒的研究,都要依靠化学知识。药物在煎煮和炮制过程中发生了化学反应。合成药物和化学检验则完全依赖化学。化学已经渗透到许多与生命科学有关的研究领域(如分子生物学、药学)和工业过程(如制药)中。

### 一、无机化学与人类健康

人类早已认识到生命机体的构成和活动与有机物质息息相关,然而随着人类对生命奥秘探索地不断深入,也认识到了无机物质在生命活动中的重要作用,无机化学与人类健康的关系日益显现出来。如有些无机物质作为矿物药(表1),是中药的重要组成部分。我国矿物药种类繁多,应用矿物药治病历史悠久。《中药大辞典》、《全国中草药汇编》等专著也有矿物药记载。

人类维持生命所必需的元素为生命必需元素。生命必需元素不仅是生物体的重要组成部分,而且不同的元素具有不同的功能,特别是生物工程体的一些微量元素,与生物体的物质代谢、能量代谢、信息传递、生物解毒等多方面的生命活动过程紧密相关(表2)。微量元素不足或过量都会引起病变。

表 1 常见的几种矿物药

| 名称  | 主要成分                                      | 功效        | 常用中成药 |
|-----|-------------------------------------------|-----------|-------|
| 雄黄  | $\text{As}_2\text{S}_3$                   | 解毒、杀虫     | 牛黄解毒丸 |
| 胆矾  | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 催吐、化痰、消痰  | 光明眼药水 |
| 石膏  | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 生用清热、泻火   | 明目上清丸 |
| 无名异 | $\text{MnO}_2$                            | 去痰止痛、消肿生肌 | 跌打万花油 |

表 2 微量元素在人体中的作用

| 元素 | 缺乏引起的疾病   | 过量引起的疾病      |
|----|-----------|--------------|
| Fe | 贫血        | 肝硬化          |
| Cu | 贫血、冠心病    | 癫痫           |
| Ca | 骨骼畸形      | 白内障、胆结石、动脉硬化 |
| Mn | 不孕、死胎     | 运动机能失调、头痛    |
| Zn | 侏儒症       | 高热症、致癌       |
| Na | 肾上腺皮质机能减退 | 高血压          |
| Cr | 糖尿病、动脉硬化  | 肺癌           |

二、新药中的无机化学

医药学是生命科学的一部分,其任务是预防和治疗疾病、促进身体健康,并揭示药物与人体及病原体相互作用的规律。

目前在新药开发中,以无机物为主的制剂也大量出现。研究金属元素和药物的关系,研究在生物体内由于某些元素的失衡所引起的各种疾病和治疗这些疾病的药物以及治疗手段,即药物无机化学,是近十多年来十分活跃的一个领域,可以认为是生物无机化学的一个分支。例如:用无机化学和有机化学的理论和方法合成具有特定功能的药物,研究各种无机和有机化学反应以了解药物的结构-性质-生物效应关系;在药物生产中,分析原料药、药物中间体以及制剂中的有效成分及杂质;用物理化学的方法研究药物的稳定性、生物利用度及药物代谢动力学;用化学的概念和理论解释病理、药理和毒理的过程,提出解决问题的办法。



知识链接

无机化学的发展前景

(1)抗癌药物的研究。最近的研究表明,在抗癌化合物的任意筛选中,从无机化合物中发现活性物质的概率要比在有机化合物中大 25 倍。例如铂系配合物的抗癌药物,1967 年,人们发现顺铂(顺式-二氯二氨合铂)具有抗肿瘤活性,目前已经研制和开发出第二和第三代铂类抗癌药物卡铂(顺-环丁二羧二氨基合铂)。

(2)金属配合物解毒剂。依地酸二钠钙是临床上治疗铅中毒及某些放射性元素中毒的高

效解毒剂。二巯丁二酸钠是我国创制的解毒剂,用于锑、汞、铅、砷及镉等中毒。

(3)纳米中药。20世纪90年代纳米中药的问世,又为应用无机化学开辟了一个新领域。将矿物药制成纳米颗粒(0.1~100 nm)、微囊、贴剂等多种剂型,大大提高了临床疗效。

### 第三节 无机化学的学习方法

无机化学是医药类专业的一门重要专业基础课。学习无机化学的目的是使学生通过理论课的学习为今后有机化学、分析化学及其他医药类专业课程的学习打好基础。通过配套实验课程掌握一些基本实验技能,为专业技能的形成奠定基础。同时养成高效率的学习方法,培养较强的自学能力,提高自己的创新意识、独立思考和独立解决问题的能力。

无机化学课程内容包括:四大平衡和基本理论、元素各论、拓宽内容及实验部分。为确保学好无机化学,要做好如下几个方面:

(1)课前做好预习,提高学习能力。根据每章前的“学习目标”了解每章的重点、难点,讲授的基本内容,做到心中有数。做好课前预习,完成老师布置的阅读提纲或阅读思考题,把握重点难点,预先了解知识的脉络体系。

(2)课堂认真听讲,记好笔记。课堂听讲十分关键,老师授课包含其教学经验,内容经过了精心设计,以突出重点和化解难点。有些讲授内容、比拟、分析推理和归纳会很生动深刻,对理解很有帮助。听课时要紧跟老师的思路,积极思考。特别要注意弄清基本概念、基本原理。注意教师提出问题、分析问题和解决问题的思路和方法,从中受到启发,培养自己良好的思维方式。听课时应适当做好笔记,重点记下讲课内容,以备复习、回味和深入思考。

(3)课后归纳,启发思考。从原子结构变化的本质去学习和认识元素化合物性质的变化规律,牢固掌握和运用四大平衡和基本理论。每章内容学习完之后,应归纳总结本章所学内容。归纳总结可以按照事物求同的某种属性,运用求同思维去进行;也可以根据事物本质加以概括,使知识更加简约、精练,更加便于理解和记忆。鼓励创新,利用现代化手段激励学生学以致用,启迪智慧。

(4)注重实验,增强教学互动性。实验课是无机化学课程的重要组成部分,是理解和掌握课程内容、学习科学实验方法、培养动手能力的重要环节。通过实验可以帮助学生形成化学基本概念、基本理论,认证所学过的定义和原理,理解和巩固化学基础知识,同时为专业技能的形成打下扎实的基础。

最后还想强调一点,就是不要习惯于单纯地死记教材内容,而是要求同学们顽强地钻研教材,力求融会贯通。在理解的基础上掌握学过的内容,并在辩证地思考教材内容的过程中,善于提出问题,为解决这些问题,学会利用各种参考资料,通过思考提高自己分析问题和解决问题的能力,从中培养主动的学习习惯。“去分析怎样从不知到知,怎样从不完善的、不确切的知识到比较完全、比较确切的知识。”

# 第一章 原子结构与化学键



## 学习目标

### 【知识目标】

- 掌握原子核外电子排布的原理；原子的电子层结构与元素周期律、元素性质之间的关系。
- 熟悉四量子数的物理意义及取值规则；共价键的特征，现代价键理论和杂化轨道理论的基本要点。
- 了解原子核外电子运动的基本特点；原子轨道和电子云的概念；化学键的含义、基本类型和杂化轨道理论的基本要点；分子间作用力、氢键及它们对物质性质的影响。

### 【能力目标】

- 会判断四个量子数的取值规则，并能熟练地利用四个量子数的具体取值判断电子的具体运动状态。
- 会对周期表中前四周期元素的原子进行核外电子排布，并能根据核外电子排布判断元素在周期表中的具体位置(周期、族、区)。

## 第一节 原子结构与元素周期表

### 一、原子的组成

自然界物质的种类繁多，性质千差万别，它们的相互作用更是千变万化。究其原因，是与物质的结构(原子结构、分子结构等)有关。原子是组成物质的基本单元，它由原子核和核外电子组成，原子核由带正电荷的质子和不带电的中子组成，核外电子带负电，整个原子对外呈电中性。化学变化本质上是构成物质的原子的重新排列和组合的过程，在这个过程中，原子核并不发生变化，变化的只是核外电子。因此要了解物质的性质及其变化规律，首先必须了解原子的内部结构，特别是核外电子的运动状态。

### 二、核外电子的运动状态

#### (一)微观粒子运动的特殊性

要了解电子在核外的运动状态，必须先要了解核外电子运动的特殊性，找出运动规律，并且用一定的方法来描述这种运动规律。

原子中的电子质量很小( $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )，运动速度极快(约为  $10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )，属微观粒子范

畴,它的运动不遵守牛顿力学规律,不能用研究宏观物体的方法来研究微观粒子。微观粒子有诸如波粒二象性、测不准原理、量子化(表征电子运动状态的某些物理量具有不连续性变化的特征)等不同于宏观物体的运动属性。因此首先应了解微观粒子运动的特殊性。

### 1. 波粒二象性

波粒二象性是指微观物质既具有波动性又具有粒子性。在经典理论中,粒子和波是两种截然不同的概念。粒子有一定的体积、质量,其运动有确定的轨迹;波则没有一定的体积、无静止质量,它的运动没有一定的轨迹可寻,而是用波长、频率、周期等来描述,具有干涉、衍射等现象。所以,是粒子就不能是波,是波就不能是粒子。

但是,在微观体系中波和粒子的界限就模糊了。大家都知道光在传播中会产生干涉、衍射等现象,是传统上认为的波。但在一些实验中光却表现出了粒子性,如实物反射光、光电效应等,说明光又具有粒子性,是由一个一个能量子(光子)组成的,即光既具有波动性又具有粒子性,它具有波粒二象性。既然光在某些场合表现出了粒子性,那么粒子是否也会表现出波动性呢?1924年法国物理学家德布罗意(de Broglie L. V.)提出假设:二象性并非光所特有,一切运动着的实物粒子也都具有波粒二象性。并且推导出质量为 $m$ ,运动速度为 $v$ 的粒子,相应的波长 $\lambda$ 可由下式求出:

$$\lambda = h/P = h/mv \quad (1-1)$$

式中 $h$ 为普朗克常数,其值为 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $P$ 为动量; $\lambda$ 为具有静止质量的微观粒子运动时的波长,称为物质波,是标志波动性的物理量。质量、能量是标志粒子性的物理量,故上式体现了波粒二象性。

1927年,在电子通过金属箔或晶体粉末的实验中,发现了类似衍射的现象(图1-1)。这是电子流具有“波”的特性的证明,即电子亦具有波动性,从而证实了德布罗意设想的正确。所以波粒二象性其实是一切运动物体的属性,只不过宏观物体如尘埃,质量较大,其运动时表现出的波长几乎趋于零,很难观察到衍射现象,主要表现为粒子性。而微观粒子如电子,质量极小,其运动时表现的波长就很显著了,故表现出波动性。

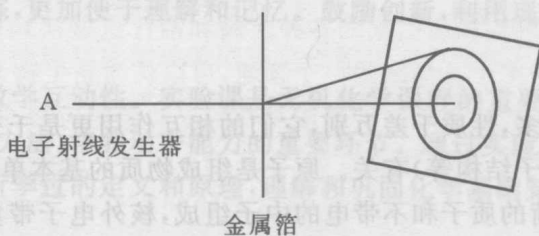


图 1-1 电子衍射装置示意图

**【例 1-1】** 若电子以  $5.9 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的速度运动,试计算其在运动中表现出的波长是多少? 若一颗质量为  $20 \text{ g}$  的子弹,以  $10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的速度运动,它的波长又是多少?

$$\text{解: } \lambda_1 = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 5.9 \times 10^6} \approx 1.23 \times 10^{-9} \text{ m} = 123 \text{ pm}$$

$$\lambda_2 = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{20 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3} \approx 3.31 \times 10^{-35} \text{ m} = 3.31 \times 10^{-23} \text{ pm}$$

### 2. 测不准原理

对于宏观物体,如人造卫星、飞行的导弹、运动的汽车等,从上面的例子可以看出其物质波