

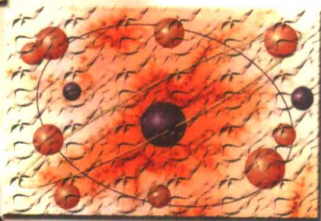


云南出版集团公司  
云南人民出版社

WUJI  
HUAXUE

# 无机 化学

消防指挥专业专科统编教材  
XIAOFANGZHIZHUANYESHIZHUANKETONGBIANJIACA



范红俊 主编



消防指挥专业专科统编教材

无机化学

江苏工业学院图书馆

藏书章

云南出版集团公司  
云南人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机化学 / 范红俊主编. —昆明:云南人民出版社,  
2006.4

消防指挥专业专科统编教材

ISBN 7-222-04707-7

I. 无... II. 范... III. 无机化学-高等学校-教  
材 IV. O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 037093 号

终 审:欧阳常贵

统 稿:李锦雯

责任编辑:张 波 李锦雯

装帧设计:胡元青

责任印制:施建国

|        |                           |
|--------|---------------------------|
| 书 名    | 无机化学                      |
| 作 者    | 范红俊 主编                    |
| 出 版    | 云南出版集团公司<br>云南人民出版社       |
| 社 址    | 昆明市环城西路 609 号             |
| 邮 编    | 650034                    |
| 网 址    | ynrm. peoplespace. net    |
| E-mail | rmszbs@public. km. yn. cn |
| 开 本    | 850 × 1168 1/32           |
| 印 张    | 9.75                      |
| 字 数    | 240 千                     |
| 版 次    | 2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷    |
| 排 版    | 云南科技印刷厂                   |
| 印 刷    | 云南科技印刷厂                   |
| 书 号    | ISBN7-222-04707-7         |
| 定 价    | 27.00 元                   |

编审委员会主任：李 树 刘汉宏

编审委员会副主任：卢桂平 崔德俊 程丹江

吕显智

编 委：陈宏伟 张宏宇 张福有

吴元智 陶正福

主 编：范红俊

副 主 编：和丽秋 范茂魁

编 者：范红俊 和丽秋 范茂魁

王媛原 赵 玲 李振青

# 前 言

按照邓小平同志“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的指示精神和《公安消防部队昆明指挥学校教学计划》的要求，为适应新形势下培养消防专业人才的需要，努力提高教育质量，我校组织相关教师编写了《消防指挥专业专科统编教材》。本教材以马列主义、毛泽东思想、邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，以国家的法律、法规和国务院、公安部对新时期消防工作的指示为依据，针对消防高等专科学校教育的规律、特点，立足消防，贴近基层，理论联系实际，总结消防工作的经验，吸取国内外消防科学技术最新成果编写而成。教材在内容上，力求正确阐述各门学科的基本理论、基础知识，既注重教材的深度和广度，又注重突出基本理论、基础知识在消防工作中的具体应用，并兼顾到内容的科学性、系统性和实用性。本统编教材可供全国消防部队院校专科教学，基层消防干部和企业事业单位专职消防人员的培训以及广大消防官兵自学使用。

《无机化学》是《消防指挥专业专科统编教材》之一，由范红俊主编。编写人员分工如下：第一章，范红俊；第二章，赵玲；第三章，和丽秋；第四章，王媛原；第五章，范茂魁；第六章，王媛原；第七章，李振青；第八章，范红俊；第九章，李振青；第十章，和丽秋；第十一章，赵玲；第十二章，范茂魁；附录部分，李振青。

由于理论水平有限，时间仓促，错误在所难免，望读者批评指正。

公安消防部队 专科统编教材编审委员会  
昆明指挥学校

二〇〇六年一月

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 绪 论 .....           | (1)  |
| 第一节 化学概述 .....          | (1)  |
| 一、化学研究的对象 .....         | (1)  |
| 二、化学发展史 .....           | (2)  |
| 第二节 化学在消防中的应用 .....     | (4)  |
| 一、化学在国民经济中的地位和作用 .....  | (4)  |
| 二、化学与消防工作的关系 .....      | (5)  |
| 三、怎样学好无机化学 .....        | (7)  |
| 第二章 物质及其变化 .....        | (9)  |
| 第一节 物质的聚集状态 .....       | (9)  |
| 一、物质的组成 .....           | (9)  |
| 二、物质的聚集状态 .....         | (10) |
| 第二节 化学反应中的质量和能量关系 ..... | (20) |
| 一、质量守恒定律 .....          | (20) |
| 二、化学方程式的计算 .....        | (21) |
| 三、热化学方程式 .....          | (22) |
| 四、盖斯定律 .....            | (26) |
| 习题 .....                | (28) |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 第三章 化学反应速率与化学平衡 .....     | (31) |
| 第一节 化学反应速率 .....          | (31) |
| 第二节 影响化学反应速率的因素 .....     | (33) |
| 一、浓度对反应速率的影响 经验速率方程 ..... | (34) |
| 二、温度对反应速率的影响 .....        | (35) |
| 三、催化剂对反应速率的影响 .....       | (35) |
| 四、影响反应速率的其他因素 .....       | (36) |
| 第三节 活化能 .....             | (37) |
| 第四节 化学平衡 .....            | (40) |
| 一、可逆反应与化学平衡 .....         | (40) |
| 二、标准平衡常数 .....            | (42) |
| 三、平衡常数与平衡转化率 .....        | (45) |
| 第五节 化学平衡的移动 .....         | (46) |
| 一、浓度对化学平衡的影响 .....        | (46) |
| 二、压力对化学平衡的影响 .....        | (47) |
| 三、温度对化学平衡的影响 .....        | (49) |
| 四、催化剂与化学平衡 .....          | (50) |
| 五、平衡移动原理——吕·查德里原理 .....   | (50) |
| 习题 .....                  | (50) |
| 第四章 电解质溶液与离子平衡 .....      | (52) |
| 第一节 强电解质和弱电解质 .....       | (52) |
| 一、电解质和非电解质 .....          | (52) |
| 二、强电解质和弱电解质 .....         | (53) |
| 第二节 弱酸、弱碱的离解平衡 .....      | (54) |
| 一、离解常数 .....              | (54) |
| 二、离解度 .....               | (56) |
| 三、离解常数的应用 .....           | (57) |

---

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 第三节 水的离解和溶液的 pH 值 .....  | (58) |
| 一、水的离解 .....             | (58) |
| 二、溶液的 pH 值 .....         | (59) |
| 第四节 盐类水解 .....           | (61) |
| 一、弱酸强碱盐的水解 .....         | (61) |
| 二、强酸弱碱盐的水解 .....         | (62) |
| 三、弱酸弱碱盐的水解 .....         | (63) |
| 四、强酸强碱盐 .....            | (64) |
| 五、盐类水解的应用 .....          | (64) |
| 习题 .....                 | (68) |
| <br>第五章 原子结构与元素周期表 ..... | (69) |
| 第一节 原子的构成 同位素 .....      | (69) |
| 一、原子的构成 .....            | (69) |
| 二、同位素 .....              | (70) |
| 第二节 原子核外电子的运动状态 .....    | (72) |
| 一、原子核外电子排布 .....         | (72) |
| 二、四个量子数 .....            | (74) |
| 三、多电子原子轨道的能级 .....       | (78) |
| 第三节 原子中电子的排布 .....       | (80) |
| 一、基态原子中电子的排布原理 .....     | (80) |
| 二、基态原子中的电子排布 .....       | (82) |
| 第四节 原子核外电子排布与元素周期律 ..... | (84) |
| 一、周期与能级组 .....           | (84) |
| 二、族与价层电子构型 .....         | (87) |
| 三、周期表元素分区 .....          | (88) |
| 第五节 元素性质的周期性 .....       | (90) |
| 一、有效核电荷 ( $Z^*$ ) .....  | (90) |



|                   |          |
|-------------------|----------|
| 二、原子半径 (r)        | (91)     |
| 三、电负性             | (92)     |
| 四、元素的金属性与非金属性     | (93)     |
| 五、元素的最高氧化值        | (93)     |
| 六、周期表中元素性质递变的规律   | (94)     |
| 习题                | (95)     |
| <br>第六章 分子结构与晶体结构 | <br>(98) |
| 第一节 共价键理论         | (98)     |
| 一、共价键的形成          | (99)     |
| 二、价键理论的要点         | (100)    |
| 三、共价键的特征          | (100)    |
| 四、共价键的类型          | (101)    |
| 五、键参数             | (104)    |
| 六、极性分子和非极性分子      | (106)    |
| 第二节 分子间力与分子晶体     | (107)    |
| 一、分子间力            | (107)    |
| 二、氢键              | (110)    |
| 三、分子晶体            | (111)    |
| 第三节 离子键与离子晶体      | (113)    |
| 一、离子键的形成和特征       | (113)    |
| 二、离子的结构特征         | (113)    |
| 三、离子晶体            | (114)    |
| 第四节 其他类型晶体        | (115)    |
| 一、原子晶体            | (115)    |
| 二、金属键与金属晶体        | (116)    |
| 三、混合型晶体           | (117)    |
| 习题                | (118)    |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 第七章 氧化还原 .....                | (120) |
| 第一节 氧化还原反应 .....              | (121) |
| 一、氧化还原反应的本质 .....             | (121) |
| 二、氧化数 .....                   | (123) |
| 三、氧化与燃烧 .....                 | (125) |
| 第二节 氧化还原反应方程式的配平 .....        | (126) |
| 习题 .....                      | (130) |
| 第八章 主族金属元素 (一) 碱金属和碱土金属 ..... | (132) |
| 第一节 化学元素的自然资源 .....           | (132) |
| 一、地壳中元素的分布和存在类型 .....         | (133) |
| 二、元素资源的存在形式和提取、利用 .....       | (134) |
| 第二节 金属通论 .....                | (136) |
| 一、金属的物理性质 .....               | (137) |
| 二、金属的化学性质 .....               | (139) |
| 第三节 碱金属 .....                 | (141) |
| 一、碱金属元素概述 .....               | (141) |
| 二、金属钠和钾 .....                 | (144) |
| 三、碱金属的氢化物 .....               | (144) |
| 四、碱金属的氧化物和氢氧化物 .....          | (145) |
| 五、钠盐和钾盐 .....                 | (148) |
| 第四节 碱土金属 .....                | (151) |
| 一、碱土金属元素概述 .....              | (151) |
| 二、碱土金属的氧化物和氢氧化物 .....         | (154) |
| 三、碱土金属的盐类 .....               | (156) |
| 习题 .....                      | (160) |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 第九章 主族金属元素 (二) 铝 锡 铅 砷 锑 铋 ..... | (163) |
| 第一节 p 区元素概述 .....                | (163) |
| 第二节 铝 .....                      | (165) |
| 一、金属铝 .....                      | (165) |
| 二、氧化铝和氢氧化铝 .....                 | (167) |
| 三、铝盐 .....                       | (168) |
| 第三节 锡 铅 .....                    | (171) |
| 一、锡、铅的单质 .....                   | (171) |
| 二、锡、铅的化合物 .....                  | (173) |
| 三、铅蓄电池 .....                     | (175) |
| 四、含铅废水的处理 .....                  | (175) |
| 第四节 砷 锑 铋 .....                  | (175) |
| 一、砷、锑、铋的单质 .....                 | (175) |
| 二、砷、锑、铋的化合物 .....                | (176) |
| 三、含砷废水的处理 .....                  | (179) |
| 习题 .....                         | (180) |
| 第十章 非金属元素 (一) 氢 稀有气体 卤素 .....    | (181) |
| 第一节 氢 .....                      | (181) |
| 一、氢的性质 .....                     | (181) |
| 二、氢的制法 .....                     | (182) |
| 三、氢的用途 .....                     | (182) |
| 第二节 稀有气体 .....                   | (184) |
| 第三节 卤素 .....                     | (185) |
| 一、卤素的单质 .....                    | (186) |
| 二、卤化氢和氢卤酸 .....                  | (189) |
| 三、卤化物 .....                      | (192) |
| 四、氯的含氧酸及其盐 .....                 | (194) |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 第四节 拟卤素 .....                    | (198) |
| 一、氟的几种重要化合物 .....                | (199) |
| 二、含氟废水的处理 .....                  | (200) |
| 习题 .....                         | (200) |
| 第十一章 非金属元素 (二) 氧 硫 氮 碳 硅 硼 ..... | (203) |
| 第一节 氧及其化合物 .....                 | (203) |
| 一、氧 .....                        | (203) |
| 二、臭氧 .....                       | (204) |
| 三、过氧化氢 .....                     | (205) |
| 四、氧化物 .....                      | (206) |
| 第二节 硫及其化合物 .....                 | (207) |
| 一、氧族元素的通性 .....                  | (207) |
| 二、硫 .....                        | (208) |
| 三、硫化物 .....                      | (210) |
| 四、硫的含氧化合物 .....                  | (212) |
| 第三节 氮及其化合物 .....                 | (216) |
| 一、氮族元素的通性 .....                  | (216) |
| 二、氮的性质和用途 .....                  | (217) |
| 三、氮的氢化物——氨 .....                 | (219) |
| 四、氮的氧化物 .....                    | (221) |
| 五、氮的含氧酸及其盐 .....                 | (222) |
| 六、迭氮化合物 .....                    | (227) |
| 第四节 磷及其化合物 .....                 | (227) |
| 一、单质磷 .....                      | (227) |
| 二、磷的氧化物 .....                    | (228) |
| 三、磷的含氧酸及其盐 .....                 | (230) |
| 四、磷的氯化物 .....                    | (232) |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 第五节 碳、硅、硼及其化合物 .....             | (233) |
| 一、碳及其化合物 .....                   | (233) |
| 二、硅的化合物 .....                    | (238) |
| 三、硼的化合物 .....                    | (241) |
| 习题 .....                         | (246) |
| 第十二章 过渡元素铜副族 锌副族 铬 锰 铁 钴 镍 ..... | (247) |
| 第一节 过渡元素的通性 .....                | (248) |
| 一、原子的电子层结构和原子半径 .....            | (248) |
| 二、氧化值 .....                      | (248) |
| 三、单质的物理性质 .....                  | (248) |
| 四、单质的化学性质 .....                  | (249) |
| 五、水合离子的颜色 .....                  | (249) |
| 六、磁性及催化性 .....                   | (250) |
| 第二节 铜副族元素 .....                  | (250) |
| 一、铜副族元素的通性和单质 .....              | (250) |
| 二、铜的化合物 .....                    | (252) |
| 三、银的化合物 .....                    | (254) |
| 第三节 锌副族元素 .....                  | (256) |
| 一、锌副族元素的通性和单质 .....              | (256) |
| 二、锌的化合物 .....                    | (258) |
| 三、镉的化合物和含镉废水的处理 .....            | (258) |
| 四、汞 .....                        | (259) |
| 第四节 铬及其化合物 .....                 | (263) |
| 一、铬及其化合物 .....                   | (263) |
| 二、含铬废水的处理 .....                  | (266) |
| 第五节 锰及其化合物 .....                 | (267) |
| 一、金属锰 .....                      | (267) |

---

|                                               |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| 二、钛与钒 .....                                   | (268) |
| 第六节 铁 钴 镍 .....                               | (271) |
| 一、铁、钴、镍的单质 .....                              | (271) |
| 二、铁系元素的氧化物和氢氧化物 .....                         | (272) |
| 习题 .....                                      | (278) |
| 附录 .....                                      | (280) |
| 表 1 工业常用气瓶标志 .....                            | (280) |
| 表 2 常用干燥剂 .....                               | (280) |
| 表 3 常用的致冷剂 .....                              | (282) |
| 表 4 有害物质的排放标准 .....                           | (283) |
| 表 5 某些物质商品名或俗名 .....                          | (284) |
| 表 6 主要的化学矿物 .....                             | (286) |
| 表 7 基本物理常数 .....                              | (289) |
| 表 8 一些物质的标准摩尔生成焓、标准摩尔生成自由能和<br>标准摩尔熵的数据 ..... | (290) |
| 参考书目 .....                                    | (294) |
| 元素周期表 .....                                   | (295) |

# 第一章 绪 论

## 第一节 化 学 概 述

### 一、化学研究的对象

化学是一门自然科学，它同其他的自然科学如数学、物理学、生物学等一样，有自己的研究对象。化学研究的是物质的组成、结构、性质、合成及相互变化的规律。化学的主要研究对象是物质的化学变化，研究的目的在于通过实验观察来认识物质的化学变化规律，并将这些规律应用于化学工业生产，从价廉而丰饶的天然资源中提取有用的物质和制备各种人工合成产品。由于物质的化学性质决定于物质的内部组成和结构，为了更深入和更广泛地掌握化学变化规律，化学也要研究物质的组成、结构、性质和它们之间的内在联系。

由于化学研究工作向多方面发展，其内容越来越丰富，因此有必要将化学这门科学划分成几个部分。为了较为详细地分析目前学科动向以便展望今后化学发展趋势，一般将化学按二级学科分为六个方面，即无机化学、有机化学、物理化学、高分子化学、分析化学、化工科学。

无机化学——以元素周期律和物质结构理论为基础来研究一

切元素及其化合物（除了碳氢化合物及其衍生物）的学科；

有机化学——研究碳的化合物（碳氢化合物及其衍生物）的学科；

物理化学——应用物理学测量方法和数学处理方法研究物质及其反应，以寻求化学现象与物理现象间本质联系的普遍规律的学科；

高分子化学——研究链状大分子的合成、大分子的链状结构和聚集态结构，以及大分子聚合物作为高分子材料的成型及应用的学科；

分析化学——研究物质化学组成的鉴定、测定方法、测定步骤以及有关原理的学科；

化工科学——研究化学通过化工产生巨大工业价值和经济意义的学科。

由于不同学科领域的互相渗透，加之化学知识在各方面的广泛应用，又分出许多门类的交叉科学和应用科学，例如生物化学、地球化学、农业化学、工业化学、环境化学等。到了 20 世纪上半叶，化学受到物理学新成就的影响，获得了更多的发展。近代化学结构理论的建立大大地丰富了化学理论，并促进了化学科学中各个领域向前发展。放射化学和高分子化学的建立与发展，则是化学科学在 20 世纪后半叶的特点。

## 二、化学发展史

恩格斯曾说过：“科学的发生及发展进程归根到底是由生产所决定的。”根据现在已有的资料，化学科学起源于几个古代科学文化发达的国家：中国、埃及、印度、希腊。在这些国家里，早在公元以前就发展了金属冶炼、陶瓷、染色等技术。

自从有了人类，化学便与人类结下了不解之缘。钻木取火、用火烧煮食物、烧制陶器、冶炼青铜器和铁器，都是化学技术的



应用。正是这些应用，极大地促进了当时社会生产力的发展，成为人类进步的标志。今天，化学作为一门基础学科，在科学技术和社会生活的方方面面正起着越来越大的作用。化学史大致分为五个时期：

### （一）远古的工艺化学时期

这时人类的制陶、冶金、酿酒、染色等工艺主要是在实践经验的直接启发下经过多少万年摸索而来的，化学知识还没有形成，这是化学的萌芽时期。

### （二）炼丹术和医药化学时期

在我国古代，方士们（炼金家、炼丹家）很早就掌握了炼金术。公元八世纪末，我国炼金术通过与海外通商而传到波斯，再传入欧洲，成为近代化学的前驱。

炼丹和炼金术是封建社会时期的化学的特色，当时人们对于化学合成的知识是极其有限的，那时的化学活动主要是用各种手段来分解复杂的天然物质，借以获得简单物质，如各种金属和非金属等。在这些活动中，我国炼丹家建立了蒸馏、升华、热分解、置换等实验技术和仪器装置，为古代化学的发展作出了很大的贡献。

从公元前 1500 年到公元 1650 年，炼丹术士和炼金术士们，在皇宫、在教堂、在自己的家里、在深山老林的烟熏火燎中，为求得长生不老的仙丹，为求得荣华富贵的黄金，开始了最早的化学实验。记载、总结炼丹术的书籍，在中国、阿拉伯、埃及、希腊都有不少。这一时期积累了许多物质间的化学变化，为化学的进一步发展准备了丰富的素材，这是化学史上令我们惊叹的雄浑的一幕。后来，炼丹术、炼金术几经盛衰，使人们更多地看到了它荒唐的一面。化学方法转而在医药和冶金方面得到了正当发挥，在欧洲文艺复兴时期，出版了一些有关化学的书籍，第一次有了“化学”这个名词。英语的 chemistry 起源于 alchemy，即炼