



卫生部“十二五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材

全国高等学校药学专业第七轮规划教材

供药学类专业用

无机化学

第6版

主 编 张天蓝 姜凤超
副主编 刘德育 王国清



NLIC2970791844



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

卫生部“十二五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材
全国高等学校药学专业第七轮规划教材
供药学类专业用

无机化学

第6版

主 编 张天蓝 姜凤超

副主编 刘德育 王国清

编 者 (以姓氏笔画为序)

王国清 (沈阳药科大学) 张天蓝 (北京大学药学院)

毕小平 (山西医科大学) 苟宝迪 (北京大学药学院)

仲维清 (第二军医大学) 姜凤超 (华中科技大学同济药学院)

刘德育 (中山大学药学院)



NLIC2970791844

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/张天蓝等主编. —6 版. —北京: 人民
卫生出版社, 2011. 7

ISBN 978-7-117-14387-5

I. ①无… II. ①张… III. ①无机化学-高等学
校-教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 084435 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中医
师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

无机化学
第 6 版

主 编: 张天蓝 姜凤超

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京汇林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21 插页: 1

字 数: 509 千字

版 次: 1987 年 5 月第 1 版 2011 年 7 月第 6 版第 34 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-14387-5/R·14388

定 价: 33.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

卫生部“十二五”规划教材 全国高等学校药学类专业第七轮规划教材

出版说明

全国高等学校药学类专业本科卫生部规划教材是我国最权威的药学类专业教材,于1979年出版第一版,1987年、1993年、1998年、2003年、2007年进行了5次修订,并于2007年出版了第六轮规划教材。第六轮规划教材主干教材29种,全部为卫生部“十一五”规划教材,其中22种为教育部规划的普通高等教育“十一五”国家级规划教材;配套教材25种,全部为卫生部“十一五”规划教材,其中3种为教育部规划的普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本次修订编写出版的第七轮规划教材中主干教材共30种,其中修订第六轮规划教材28种。《生物制药工艺学》未修订,沿用第六轮规划教材;新编教材2种,《临床医学概论》、《波谱解析》;配套教材21种,其中修订第六轮配套教材18种,新编3种。全国高等学校药学专业第七轮规划教材及其配套教材均为卫生部“十二五”规划教材、全国高等医药教材建设研究会“十二五”规划教材,具体品种详见出版说明所附书目。

该套教材曾为全国高等学校药学类专业唯一一套统编教材,后更名为规划教材,具有较高的权威性和一流水平,为我国高等教育培养大批的药学专业人才发挥了重要作用。随着我国高等教育体制改革的不断深入发展,药学类专业办学规模不断扩大,办学形式、专业种类、教学方式亦呈多样化发展,我国高等药学教育进入了一个新的时期。同时,随着国家基本药物制度建设的不断完善及相关法规政策、标准等的出台,以及《中国药典》(2010年版)的颁布等,对高等药学教育也提出了新的要求和任务。此外,我国新近出台的《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020年)》对我国高等药学教育和药学专门人才的培养提出了更高的目标和要求。为跟上时代发展的步伐,适应新时期我国高等药学教育改革和发展的要求,培养合格的药学专门人才,以满足我国医药卫生事业发展的需要,从而进一步做好药学类专业本科教材的组织规划和质量保障工作,全国高等学校药学专业教材第三、第四届评审委员会围绕药学专业第六轮教材使用情况、药学教育现状、新时期药学领域人才结构等多个主题,进行了广泛、深入地调研,并对调研结果进行了反复、细致地分析论证。根据药学专业教材评审委员会的意见和调研、论证的结果,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社决定组织全国专家对第六轮教材进行修订,并根据教学需要组织编写了部分新教材。

药学类专业第七轮规划教材的编写修订,坚持紧紧围绕全国高等学校药学类专业(本科)教育和人才培养目标要求,突出药学专业特色,以教育部新的药学教育纲要为基础,以国家执业药师资格准入标准为指导,按照卫生部等相关部门及行业用人要求,强调培养目标与用人要求相结合,在继承和巩固前六轮教材建设工作成果的基础上,不断创新

和发展,进一步提高教材的水平和质量。同时还特别注重学生的创新意识和实践能力培养,注重教材整体优化,提高教材的适应性和可读性,更好地满足教学的需要。

为了便于学生学习、教师授课,在做好传承的基础上,本轮教材在编写形式上有所创新,采用了“模块化编写”。教材各章开篇,以普通高等学校药学本科教学要求为标准编写“学习要求”,正文中根据课程、教材特点有选择性地增加“知识链接”“实例解析”“知识拓展”“小结”。为给希望进一步学习的学生提供阅读建议,部分教材在“小结”后增加了“选读材料”。

需要特别说明的是,全国高等学校药学专业第三届教材评审委员会成立于2001年,至今已10年,随着教育教学改革的发展和专家队伍的发展变化,根据教材建设工作的需要,在修订编写本轮规划教材之初,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社对第三届教材评审委员会进行了改选换届,成立了第四届教材评审委员会。无论新老评审委员,都为本轮教材工作做出了重要贡献,在此向他们表示衷心的感谢!

由于众多学术水平一流和教学经验丰富的专家教授都积极踊跃和严谨认真地参与本套教材的编写,从而使教材的质量得到不断完善和提高,并被广大师生所认同。在此我们对长期支持本套教材编写修订的专家和教师及同学们表示诚挚的感谢!

本轮教材出版后,各位教师、学生在使用过程中,如发现问题请反馈给我们,以便及时更正和修订完善。

全国高等医药教材建设研究会

人民卫生出版社

2011年5月

卫生部“十二五”规划教材 全国高等学校药学类专业 第七轮规划教材书目

序号	教材名称	主编	单位
1	药学历论(第3版)	毕开顺	沈阳药科大学
2	高等数学(第5版)	顾作林	河北医科大学
	高等数学学习指导与习题集(第2版)	王敏彦	河北医科大学
3	医药数理统计方法(第5版)	高祖新	中国药科大学
4	物理学(第6版)(配光盘)	武宏	山东大学物理学院
	物理学学习指导与习题集(第2版)	武宏	山东大学物理学院
5	物理化学(第7版)(配光盘)	李三鸣	沈阳药科大学
	物理化学学习指导与习题集(第3版)	李三鸣	沈阳药科大学
	物理化学实验指导(第2版)(双语)	崔黎丽	第二军医大学
6	无机化学(第6版)	张天蓝	北京大学药学院
	无机化学学习指导与习题集(第3版)	姜凤超	华中科技大学同济药学院
7	分析化学(第7版)(配光盘)	姜凤超	华中科技大学同济药学院
	分析化学学习指导与习题集(第3版)	李发美	沈阳药科大学
	分析化学实验指导(第3版)	赵怀清	沈阳药科大学
8	有机化学(第7版)	赵怀清	沈阳药科大学
	有机化学学习指导与习题集(第3版)	陆涛	中国药科大学
9	人体解剖生理学(第6版)	陆涛	中国药科大学
		岳利民	四川大学华西基础医学与法医学院
		崔慧先	河北医科大学
10	微生物学与免疫学(第7版)	沈关心	华中科技大学同济医学院
11	生物化学(第7版)	姚文兵	中国药科大学
12	药理学(第7版)	朱依淳	复旦大学药学院
	药理学学习指导与习题集(第2版)	殷明	上海交通大学药学院
13	药物分析(第7版)	程能能	复旦大学药学院
	药物分析学习指导与习题集***	杭太俊	中国药科大学
	药物分析实验指导***	于治国	沈阳药科大学
14	药用植物学(第6版)	范国荣	第二军医大学
	药用植物学实践与学习指导***	张浩	四川大学华西药学院
		黄宝康	第二军医大学

续表

序号	教材名称	主编	单位
15	生药学(第6版)	蔡少青	北京大学药学院
	生药学实验指导(第2版)	刘塔斯	湖南中医药大学
16	药物毒理学(第3版)	楼宜嘉	浙江大学药学院
17	临床药物治疗学(第3版)	姜远英	第二军医大学
18	药物化学(第7版)(配光盘)	尤启冬	中国药科大学
	药物化学学习指导与习题集(第3版)	孙铁民	沈阳药科大学
19	药剂学(第7版)	崔福德	沈阳药科大学
	药剂学学习指导与习题集(第2版)	王东凯	沈阳药科大学
	药剂学实验指导(第3版)	崔福德	沈阳药科大学
20	天然药物化学(第6版)	吴立军	沈阳药科大学
	天然药物化学习题集(第3版)	吴立军	沈阳药科大学
	天然药物化学实验指导(第3版)	吴立军	沈阳药科大学
21	中医药学概论(第7版)	王建	成都中医药大学
22	药事管理学(第5版)(配光盘)	杨世民	西安交通大学医学院
	药事管理学学习指导与习题集(第2版)	杨世民	西安交通大学医学院
23	药学分子生物学(第4版)	张景海	沈阳药科大学
24	生物药剂学与药物动力学(第4版)	刘建平	中国药科大学
	生物药剂学与药物动力学学习指导与习题集(第2版)	李高	华中科技大学同济药学院
25	药学英语(上、下册)(第4版)(配光盘)	史志祥	中国药科大学
	药学英语学习指导(第2版)	史志祥	中国药科大学
26	药物设计学(第2版)	徐文方	山东大学药学院
27	制药工程原理与设备(第2版)	王志祥	中国药科大学
28	生物技术制药(第2版)	王凤山	山东大学药学院
29	生物制药工艺学*	何建勇	沈阳药科大学
30	临床医学概论**	于锋	中国药科大学
31	波谱解析**	孔令义	中国药科大学

*为第七轮未修订,直接沿用第六轮规划教材;**为第七轮新编教材;***为第七轮新编配套教材。

全国高等学校药学专业第四届 教材评审委员会名单

顾 问

郑 虎 四川大学华西药学院

主任委员

毕开顺

副主任委员

姚文兵 朱家勇 张志荣

委 员 (以姓氏笔画为序)

王凤山 山东大学药学院

刘俊义 北京大学药学院

朱依淳 复旦大学药学院

朱家勇 广东药学院

毕开顺 沈阳药科大学

张志荣 四川大学华西药学院

张淑芳 中国执业药师协会

李 高 华中科技大学同济药学院

李元建 中南大学药学院

李勤耕 重庆医科大学

杨世民 西安交通大学医学院

杨晓红 吉林大学药学院

陆 涛 中国药科大学

陈 忠 浙江大学药学院

罗光明 江西中医学院

姚文兵 中国药科大学

姜远英 第二军医大学

曹德英 河北医科大学

黄 民 中山大学药学院

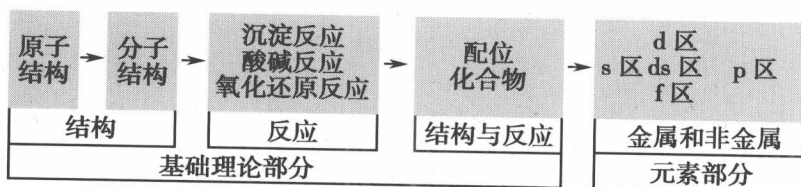
彭代银 安徽中医学院

潘卫三 沈阳药科大学

前 言

《无机化学》(第6版)为全国高等学校药学专业本科第七轮规划教材,是在全国高等医药教材建设研究会组织规划下,在第5版《无机化学》基础上编写修订的。我们所遵循的原则依然是:根据药学专业本科教育的培养目标,注重“三基”(基本理论、基本知识、基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性)。考虑到近年来无机化学课时减少的现状和人民卫生出版社关于减少教材间内容重叠的要求,我们调整了部分内容。

本教材分为基础理论部分(第一章至第六章)和元素部分(第七章至第九章)。各部分包含的内容及其逻辑关系如下所示:



我们安排教材内容顺序的思路是:在原子结构和分子结构的基础上,介绍结构的变化,即化学反应;然后选择有代表性的元素,介绍相关物质的结构与反应。因为本课程仅限于水溶液中的反应,所以我们首先说明水溶液的形成,即固相在水中的溶解过程;随后,依次介绍水溶液中的沉淀反应(这是溶解的逆过程)、酸碱反应和氧化还原反应。配位化合物的结构和反应需要用到前面的所有内容,因此放在基础理论部分的最后。在元素部分,以物质结构和化学反应的一般原理为基础,介绍与药学专业后续课程有关的单质和化合物的典型性质。

我们减少了与《物理化学》和《分析化学》教材重叠的内容。本教材与《物理化学》的重叠主要表现在化学热力学、动力学和平衡。在这一版中,虽然删去了专门介绍上述内容的3章篇幅,但是其基本概念对于介绍化学反应原理是必不可少的。当遇到这种情况时,我们就直截了当地提出概念,简要说明其物理意义,而把定量计算、严格推导和深刻阐述留给《物理化学》。稀溶液的依数性也划分到《物理化学》。本教材与《分析化学》的重叠主要表现在平衡计算。在这一版中,我们着重介绍基本原理和基本计算技能,而由《分析化学》去系统地介绍滴定曲线、各种计算方法和采用活度进行更严格的计算。删去与《物理化学》和《分析化学》重叠的内容之后,本教材的难度明显降低。

本教材的内容适合在一个学期内讲授,建议课时为72学时。

为方便师生教与学,我们同时修订了配套教材《无机化学学习指导与习题集》。

参加本教材修订工作的人员有:刘德育(第一章)、苟宝迪(第二章)、毕小平(第三

章)、王国清(第五章)、张天蓝(绪言、第四章和第六章)、仲维清(第七章和第八章)、姜凤超(第九章)。初稿写出后,张天蓝和刘德育通读并修改了第一至第六章,姜凤超和王国清通读并修改了第七至第九章。在修订过程中,我们参阅了许多国内外教材,其中一些作为主要参考文献列于书末。我们感谢参与本书以前各版编写工作的老师、编辑和审稿专家,感谢对以前各版提出过意见和建议的老师、同学和各界人士。因编者水平有限,书中会有不妥甚至错误之处,敬请各位读者指正,以便进一步修订完善。

编 者

2011年5月

目 录

绪言	1
第一章 原子结构	3
第一节 氢原子结构的 Bohr 模型	4
一、Bohr 模型建立的基础	4
二、Bohr 模型	6
第二节 氢原子结构的量子力学模型	7
一、微观粒子运动的基本特征	7
二、波函数与量子数	11
三、波函数的图形表示	15
第三节 多电子原子的结构	19
一、多电子原子轨道能级	19
二、原子的核外电子排布	21
第四节 原子的电子组态与元素周期表	23
一、能级组与周期	23
二、价层电子组态与族	24
三、元素的分区	24
第五节 元素基本性质的周期性变化规律	26
一、原子半径	26
二、元素的电离能与电子亲和能	28
三、元素的电负性	29
小结	30
习题	32
第二章 分子结构	34
第一节 离子键	35
一、离子键的形成与特点	35
二、离子键的强度	36
三、离子的电荷、半径和电子组态	38
四、离子极化	40
第二节 共价键	40
一、经典共价键理论	41
二、现代价键理论	41
三、分子轨道理论	47

四、共价键参数	52
第三节 分子的形状与极性	56
一、价层电子对互斥模型	56
二、分子的极性	59
第四节 分子间作用力	60
一、van der Waals 力	60
二、氢键	63
第五节 晶体结构	65
一、晶体的宏观特征和微观结构	66
二、晶体的类型及其特性	68
三、化学键键型和晶体晶型的关系	72
小结	74
习题	76
第三章 溶解与沉淀	78
第一节 溶解	78
一、离子晶体和分子晶体的溶解	79
二、溶解焓和溶解熵	79
第二节 溶解-沉淀平衡	81
一、溶度积规则	82
二、溶度积常数与溶解度	84
三、选择性沉淀	85
第三节 影响溶解-沉淀平衡的因素	86
一、同离子效应和盐效应	86
二、沉淀的转化	88
三、弱电解质的形成	89
四、氧化还原反应	90
小结	90
习题	91
第四章 酸与碱	93
第一节 质子酸碱概念	94
一、共轭酸碱对	94
二、两性物质和质子自递	95
第二节 酸碱反应	96
一、水的质子自递反应	96
二、酸-水、碱-水质子传递	97
第三节 酸碱平衡中的浓度计算	98
一、一元酸碱	98
二、多元酸碱	100
三、两性物质	101
第四节 浓度对酸碱平衡的影响	102
一、稀释效应	102

二、同离子效应	103
三、缓冲溶液	104
小结	106
习题	108
第五章 氧化还原	110
第一节 基本概念和氧化还原方程式的配平	111
一、基本概念	111
二、氧化剂和还原剂	112
三、氧化还原方程式的配平	112
第二节 电极电势和电池电动势	113
一、原电池	113
二、电极电势	116
三、氧化还原反应的方向与限度	118
四、影响电极电势的因素	120
五、电极电势的应用	123
第三节 元素电势图及其应用	125
一、元素电势图	125
二、电势-pH图	127
小结	129
习题	130
第六章 配位化合物	132
第一节 配合物的组成、命名和异构现象	133
一、组成	133
二、命名	135
三、键合异构和几何异构	136
第二节 配合物的化学键理论	137
一、配合物的价键理论	137
二、晶体场理论	140
第三节 配位平衡	146
一、配位平衡常数	146
二、影响配合物稳定性的因素	148
三、配位平衡的移动	151
第四节 生物体内的配合物和配合物药物	156
一、生物体内的配合物	156
二、配合物药物	157
小结	158
习题	160
第七章 s 区元素	162
第一节 s 区元素的通性	163
第二节 s 区元素单质及其化合物的性质	165

一、单质	165
二、氧化物	166
三、氢氧化物	168
四、常见盐	168
五、配合物	169
六、对角线规则	170
七、离子鉴定	170
第三节 s 区元素的生物学效应及常用药物	171
一、主要生物学效应	171
二、常用药物	171
小结	172
习题	174
第八章 d 区、ds 区和 f 区元素	175
第一节 d 区和 ds 区元素的通性	175
一、原子结构特征与元素性质的关系	176
二、单质的物理性质	178
三、单质的化学性质	178
第二节 铬和锰	181
一、单质的性质及用途	182
二、铬的重要化合物	183
三、锰的重要化合物	186
四、铬、锰离子的鉴定	188
第三节 铁系元素和铂	188
一、铁及其化合物	190
二、钴和镍的重要化合物	193
三、铁、钴、镍离子的鉴定	193
四、铂及其化合物	194
第四节 铜、银、锌、汞	195
一、单质的性质及用途	196
二、铜的重要化合物	198
三、银的重要化合物	200
四、锌的重要化合物	201
五、汞的重要化合物	201
六、铜、银、锌、汞离子的鉴定	203
第五节 d 区、ds 区元素的生物学效应及常用药物	204
一、铁的生物功能	204
二、锌和铜的生物功能	206
三、铬、锰和钒的生物功能	207
四、汞和镉的毒性	208
五、常用药物	208
第六节 f 区元素	209
一、镧系元素的原子结构和元素性质	209

二、镧系元素的重要化合物	211
三、稀土元素的生物学效应及常用药物	212
四、镧系元素概述	213
小结	214
习题	217
第九章 p 区元素	219
第一节 p 区元素概述	219
一、原子结构特征与元素的性质	219
二、p 区元素单质及化合物	221
三、P 区元素化合物性质的递变规律	223
第二节 卤素	227
一、卤素元素的通性	227
二、卤素单质	230
三、卤化物	232
四、卤素的含氧酸及其盐	234
五、拟卤素	238
六、卤素离子的鉴定	240
七、卤素元素的生物学效应及常用药物	240
第三节 氧族元素	241
一、氧族元素通性	241
二、氧及其化合物	242
三、硫及其化合物	246
四、硒及其衍生物	254
五、氧族元素离子的鉴定	255
六、氧族元素的生物学效应及常用药物	256
第四节 氮族元素	257
一、氮族元素的通性	257
二、氮及其化合物	258
三、磷及其化合物	266
四、砷、锑、铋及其化合物	270
五、氮族元素离子的鉴定	273
六、氮族元素的生物学效应及常用药物	274
第五节 碳族元素	275
一、碳族元素通性	275
二、碳及其化合物	276
三、硅及其化合物	280
四、锗分族元素	281
五、碳族元素离子的鉴定	283
六、碳族元素的生物学效应和常用药物	283
第六节 硼族元素	284
一、硼族元素通性	284
二、硼及其化合物	285

16 无机化学

三、铝及其化合物·····	287
四、硼族元素离子的鉴定·····	288
五、硼族元素的生物学效应和常用药物·····	288
小结·····	289
习题·····	293
附录 ·····	296
附录1 一些物理量的单位和数值·····	296
附录2 溶度积常数(18~25℃)·····	298
附录3 一些无机酸和简单有机酸的解离常数(25℃)·····	301
附录4 标准电极电势·····	302
附录5 一些金属配合物的累积稳定常数(25℃)·····	305
主要参考文献 ·····	310
中英文对照索引 ·····	311
元素周期表	

绪 言

一、为什么药学专业的学生需要学习“无机化学”？

1. 对大学期间的后续课程有用 “无机化学”为后续课程提供必要的基础知识。药学科学是生命科学的一部分,其任务是研制预防和治疗疾病、促进身体健康、保护劳动力的药物,并揭示药物与人体及病原体间相互作用的规律。药物是一类具有特定用途的物质,而化学正是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。无论是药物的合成、天然成分的提取和分离,还是药理学、毒理学和药剂学研究,都依赖于化学知识。因此,在学习药学专业课之前,你需要掌握系统的化学知识,与此有关的课程包括无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、药物化学和天然药物化学等。其中的“无机化学”是你进入大学后学习的第一门化学类课程,在该课程中学到的知识是进一步学习其他化学课程和药学专业课程的基础。在药学教育中,无机化学是一门主干基础课。

2. 对毕业后的工作有用 通过“无机化学”和其他化学课程的学习,有助于使你获得从化学的角度发现问题、分析问题和解决问题的能力,这对于你毕业后从事与药学有关的专业工作是十分必要的。尽管计算机技术正在迅速提高理论计算在化学中的地位,但就其本质而言,化学仍是一门实验科学。化学家采用实验与理论相结合的方法研究物质的微观结构与宏观性质的关系;对于药物来说,也就是药物分子的结构与药效的关系。无论是无机药物还是有机药物,无论是合成药物还是天然药物,只有充分了解它们的结构与性质,才能合理地使用药物和称职地从事药物的研制、生产、分析、管理等工作。

3. 对生活有用 即使你将来不必在工作中应用化学知识,你的生活依然离不开化学。你血液中一种含 Fe^{2+} 的化合物正在把呼吸时吸入的 O_2 送往大脑和四肢;如果冬天家里做饭不注意通风,室内的 CO_2 过多,就会导致大脑供 O_2 不足,使人容易疲劳、注意力不集中。由碳酸盐、可溶性磷酸盐和蛋白质构成的缓冲系统正在维持着血液的酸碱平衡,血液 pH 过低或过高都会损害健康。牙齿和骨骼的主要无机成分都是难溶钙磷酸盐,溶解-沉淀平衡正影响着它们的质量。你使用的牙膏中含有哪些成分?它们各有什么作用?你能判断牙膏广告中的哪些内容是虚假宣传吗?你的家人和亲友中可能有人正在服用补钙药物,补钙过多为什么不好?你的护肤保健品中的 SOD(超氧化物歧化酶)有什么用?井水、自来水、矿泉水、纯净水有什么区别?它们与你的健康有什么关系?你家做饭炒菜用的是铁锅,还是铝锅?炒菜时为什么要晚放盐?用高压锅煮食物时为什么不宜放盐、不宜放醋?菠菜和豆腐一块吃到底好不好?怎样除去暖水壶中的水垢?珍贵的印刷品用什么方式长期保存?诸如此类的事例还有许多。如果你了解一些化学知识,就能提高自己的生活品质。

此外,你在学习包括“无机化学”在内的自然科学的过程中,会逐渐形成一种理性思维方式。这种思维方式会深刻而持久地影响你的生活和工作。学习音乐和美术会使人受