

(第三版)

化学实验室手册

HANDBOOK OF CHEMICAL LABORATORY

■ 夏玉宇 主编 ■ 朱燕 李洁 副主编



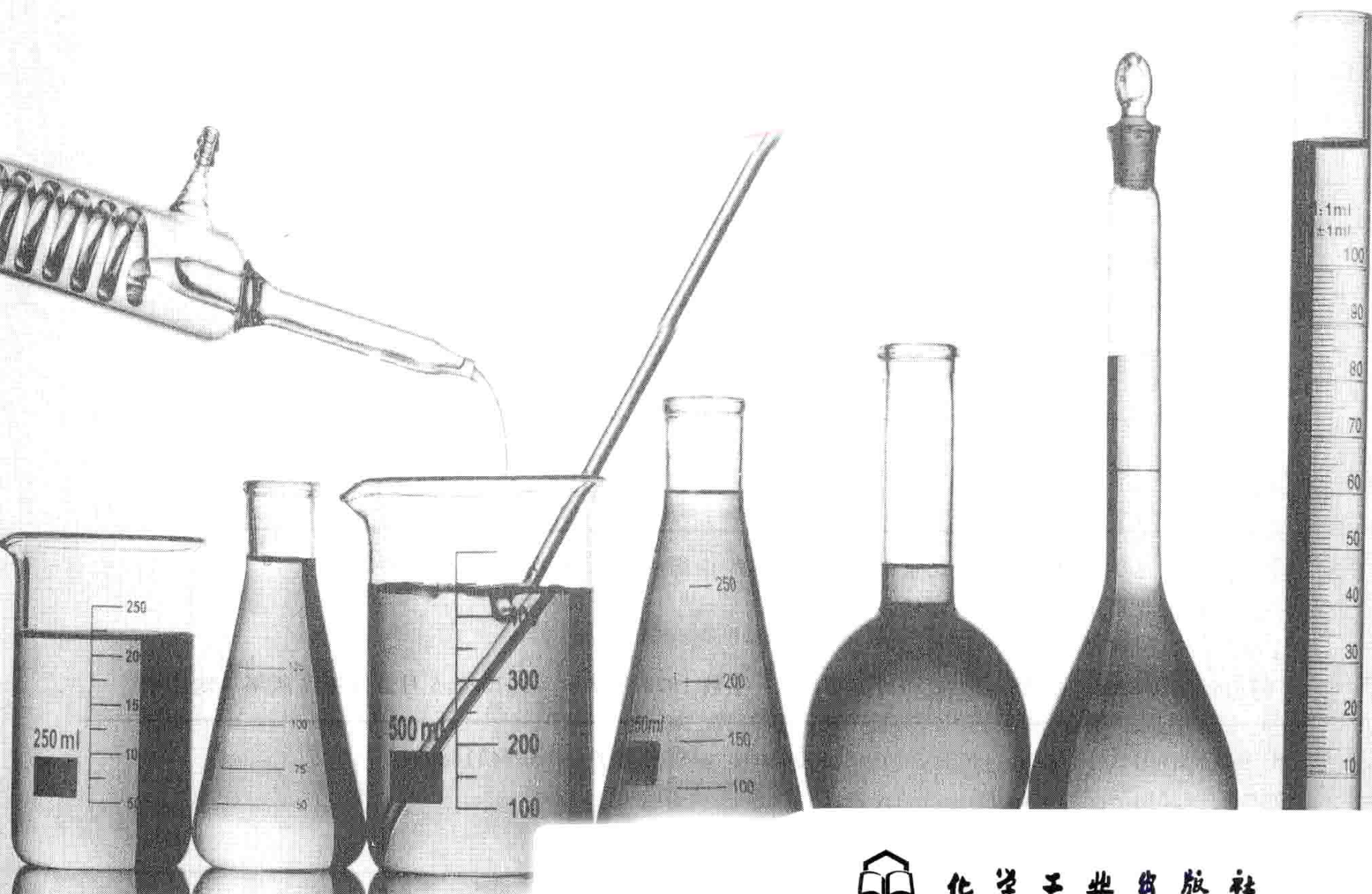
化学工业出版社

(第一版)

化学实验室手册

HANDBOOK OF CHEMICAL LABORATORY

■ 夏玉宇 主编 ■ 朱燕 李洁 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书包括七章：第一章汇集了大量、必需、最新、常用的理化常数与特性。第二章介绍了化学实验室的仪器、设备、试剂、安全与管理方面的内容。第三章介绍了法定计量单位与非法定计量单位，以及各种计量单位间的换算；提供了最新有关化学的国家标准方法，各行业常用的标准物质。第四章提供了酸、碱、盐溶液、饱和溶液、特殊试剂溶液、指示剂溶液、缓冲溶液等的配制方法及注意事项；还提供了 pH 标准溶液、离子标准溶液。滴定分析标准溶液配制与标定方法。第五章叙述了有关误差、有效数字、数据表达、数据处理、实验方法可靠性的检验等内容。第六章介绍理化常数及物质量的测定方法。第七章分离和富集方法，包括：重结晶、升华、沉淀和共沉淀、挥发和蒸馏、冷冻浓缩；萃取；柱色谱；薄层色谱、薄层电泳、毛细管电泳；膜分离；浮选分离法；热色谱法；低温吹捕集法；流动注射分离法等。

本书内容丰富全面、简明实用、查阅方便，是化工、环保、食品、冶金、石油、地质、农林、材料、医药等行业的化学（理化）实验室及其工作人员必备的工具书。同时也是与化学有关的师生及科研人员的必备用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化学实验室手册/夏玉宇主编. —3 版. —北京：化学工业出版社，2015.3

ISBN 978-7-122-23006-5

I. ①化… II. ①夏… III. ①化学实验-实验室-手册 IV. ①O6-31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 029711 号

责任编辑：仇志刚 顾南君

装帧设计：刘丽华

责任校对：宋 玮

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）

印刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 59¼ 彩插 1 字数 1873 千字 2015 年 6 月北京第 3 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：248.00 元

版权所有 违者必究

2001年初,化学工业出版社及顾南君编审向我提出编写《化学实验室手册》(简称手册),以满足广大化学工作者的需求。《化学实验室手册》于2003年出版,2008年再版,十余年来,《手册》的质量得到广大读者的认可,发行量一直维持较好的水平,这是作者最为欣慰的事。

《手册》第三版的编写是在第二版的基础上进行部分的修改与补充,《手册》第三版仍为七章,并做了如下的部分修改与补充。

(1) 第一、第四章内容没有大变动。

(2) 计算机技术与网络技术神速发展及广泛应用,技术工作者天天离不开计算机与网络技术,我认为在《手册》第三版中再写计算机一节就没有必要了,因此删除《手册》第二版第二章第六节计算机全部内容。删除《手册》第二章中陈旧的、过时的仪器设备与用具的型号、生产厂家与销售公司等内容,如表头显示万用表。

(3) 《手册》第二版的第三章中,曾从我国颁布的现行的各专业数万个国标中,摘选了有关化学方面6000多个国家标准方法,按专业列表(标准编号与标准名称),读者可方便找到你要的国家标准。鉴于标准变化较大而且现在在网络上查阅也比较方便,这一部分内容没有再入录。

(4) 《手册》第三版第五章增加了误差的转递、准确值和近似值、正态分布、置信概率、格拉布斯检验法、狄克逊检验法、一元非线性回归、测量不确定度等内容。

(5) 《手册》第六章增加了红外测温法、扭摆振动法与落球法测定液体黏度、计算机系统测定液体黏度、用Origin软件处理化学实验室数据、微机控制溶解热的测定、表面活性剂临界胶束浓度的测定方法、热分析法联用技术、示差分光光度法、分光光度滴定法、导数光谱法、双波长分光光度法、动力学分光光度法、色谱峰面积测定法等。

(6) 《手册》第七章增加了萃取常数、半萃取pH值、萃取体系主要类型、连续萃取、超临界流动萃取草药有效成分、分子蒸馏原理特点与应用等内容。

(7) 《手册》第三版目录列出的层次改为“章”“节”“一”“1”四级。

参加《手册》第三版的编写人员有:朱燕(第一、五、七章)李洁(第七章)夏玉宇(第二、三、四章),全书由夏玉宇负责编纂与定稿。

最后要再次感谢第一版前言中提到的单位与个人,特别要感谢王俊卿老师在第一版中留下的辛劳与汗水。

夏玉宇

2014年12月于北京

第一章 元素和化合物的理化常数与特性

1

第一节 基本物理常数与元素的理化常数与特性	1	第五节 热力学常数	104
一、基本物理常数	1	一、生成热、自由能、熵、比热容、燃烧热	104
二、元素的名称、符号、相对原子质量、熔点、沸点、密度和氧化态	1	1. 无机化合物的标准生成热、生成自由能、标准熵、标准摩尔热容	104
三、元素周期表与原子的电子层排布	3	2. 有机化合物的标准生成热、生成自由能、标准熵、标准摩尔热容	112
1. 元素周期表	3	3. 部分化合物的摩尔燃烧热	113
2. 原子的电子层排布	3	4. 部分物质的熔化热	114
四、稳定同位素与天然放射性同位素	6	二、水的重要常数	115
1. 稳定同位素及其相对丰度	6	1. 水的相图	115
2. 天然同位素及其相对丰度	8	2. 水的离子积	115
五、常见放射性元素的性质	10	3. 水的密度	116
1. 常见放射性同位素	10	4. 水的沸点	116
2. 天然放射系	12	5. 水的蒸汽压	116
六、原子半径、元素的电离能、电子的亲能和、元素的电负性	12	6. 水的介电常数	117
1. 原子半径	12	三、活度系数	117
2. 元素的电离能	12	1. 水溶液中的离子活度系数	117
3. 电子的亲能和	16	2. 酸、碱、盐的活度系数	117
4. 元素的电负性	17	四、酸、碱溶液的电离常数与 pH 值	119
第二节 无机化合物的理化常数	18	1. 无机酸在水溶液中的电离常数	119
第三节 有机化合物的理化常数	46	2. 有机酸在水溶液中的电离常数	119
第四节 分子结构与化学键	66	3. 碱在水溶液中的电离常数	121
一、晶体的类型	66	4. 部分酸水溶液的 pH 值 (室温)	122
1. 晶体的对称分类及某些常用晶体的物理性质参数	66	5. 部分碱水溶液的 pH 值 (室温)	122
2. 七个晶系与十四种晶格	67	五、络合物的稳定常数	122
二、分子和离子形状	69	1. EDTA 络合物的 $\lg K_{MY}$ 值	122
1. 分子和离子的形状	69	2. 金属络合物的稳定常数	123
2. 杂化轨道的空间分布	70	3. 氨羧络合剂类络合物的稳定常数	124
3. 不同配位数的络合离子的空间分布	70	六、溶解度、溶度积	125
三、元素的电子构型与离子半径、键长、键角、键能、偶极矩	70	1. 部分气体在水溶液中的溶解度	125
1. 元素的化合价、配位数、电子构型与离子半径	70	2. 部分无机化合物的溶解度	126
2. 键长、键角、键能	82	3. 溶度积	127
3. 偶极矩和极化率	101	七、溶液的电导率	133
		1. 常见离子水溶液中无限稀释时的摩尔电导率	133
		2. 电解质在水溶液中的摩尔电导率	134
		3. KCl 溶液在不同浓度不同温度下的	

电导率	135	5. 原子荧光光谱的元素分析波长与检出限	175
八、氧化还原标准电极电位	135	6. 火焰、石墨炉和等离子体等各种原子光谱分析方法检出限的比较	175
九、共沸物、共熔物、转变温度	140	三、分子光谱	176
1. 共沸物与共沸点	140	1. 可见光颜色、波长和互补色的关系	176
2. 低共熔混合物与低共熔温度	144	2. 部分常见生色团的吸收特性	176
3. 某些物质的熔点、沸点、转变点、熔化热、蒸化热及转变热	144	3. 各种常用溶剂的使用最低波长极限	176
4. 某些物质的凝固点降低常数	144	4. 过渡金属水合离子的颜色	178
5. 某些物质的沸点升高常数	144	5. 镧系元素离子的颜色	178
十、部分气体的临界常数	145	6. 部分化合物的荧光效率	178
1. 无机化合物气体的临界常数	145	7. 主要基团的红外光谱特征吸收峰	179
2. 有机化合物气体的临界常数	146	8. 部分化合物的红外光谱图	185
十一、化学反应的方向和限度的判断依据	147	第七节 其他	191
十二、胶体体系的类型与粒子半径和扩散系数	150	一、有机官能团的名称和符号	191
1. 胶体体系的类型与粒子半径	150	二、合成高分子化合物的分类、品种、性能和用途	192
2. 胶体体系的扩散系数	151	1. 塑料的主要品种、性能和用途	192
第六节 光谱数据	151	2. 合成橡胶的主要品种、性能和用途	193
一、光谱分类与谱区	151	3. 合成纤维的主要品种、性能和用途	193
1. 光谱分类	151	4. 化学纤维的分类和名称对照	194
2. 光谱分析法的应用范围	152	三、常见化合物的俗名或别名	195
3. 光谱区及对应的光谱分析法	153	四、空气的组成、地球的组成与海水的组成	196
二、原子光谱	153	1. 空气的组成	196
1. 元素的最灵敏的原子线及一级离子线的波长范围	153	2. 元素在地壳和海洋中的分布度	197
2. 等离子体发射光谱的分析线、检出限及干扰元素	154	3. 海水中的主要盐类	197
3. 原子吸收光谱法元素分析谱线、光谱项、灵敏度和检出限	164		
4. 常见石墨炉原子吸收法的分析条件	170		

第二章 化学实验室的仪器、设备、试剂、安全与管理

198

第一节 化学实验室的玻璃仪器及石英制品	198	五、简单的玻璃加工操作与玻璃器皿刻记号	207
一、玻璃仪器的特性及化学组成	198	1. 喷灯	207
二、常用玻璃仪器的名称、规格、主要用途、使用注意事项	198	2. 玻璃管的切割方法	207
1. 常用的玻璃仪器	198	3. 拉制滴管、弯曲玻璃管、拉毛细管	208
2. 玻璃量器等级分类	201	4. 玻璃器皿刻记号	208
3. 标准磨口仪器	201	六、石英玻璃器皿与玛瑙仪器	208
4. 有关气体操作使用的玻璃仪器	203	1. 石英玻璃器皿	208
5. 成套特殊玻璃仪器	203	2. 玛瑙研钵	209
6. 微型成套玻璃仪器	204	第二节 化学实验室使用的非玻璃器皿及其他用品	209
三、玻璃仪器的洗涤与干燥	205	一、塑料器皿	209
1. 玻璃仪器的洗涤	205	1. 聚乙烯和聚丙烯器皿	209
2. 玻璃仪器的干燥	207	2. 氟塑料器皿	209
四、玻璃仪器的管理	207		

二、滤纸、滤膜与试纸	210	3. 液柱式压力计	238
1. 滤纸	210	4. 弹性压力表	241
2. 滤膜	210	5. 大气压计	242
3. 试纸	211	十一、真空的获得与测量	244
三、金属器皿	212	1. 真空的获得	244
1. 铂器皿	212	2. 真空的测量	247
2. 其他金属(金、银、镍、铁等)		3. 真空安全操作注意事项	248
器皿	213	十二、气体的发生、净化、干燥与收集	249
四、瓷器皿与刚玉器皿	214	1. 气体的发生	249
1. 瓷器皿	214	2. 气体的净化和干燥	250
2. 刚玉器皿	214	3. 气体的收集	250
五、实验室常用的其他用品(灯、架、夹、		十三、移液器与移液装置	250
塞、管、刷、浴、筛等)	214	十四、自动滴定装置	251
第三节 化学实验室常用的电器与设备	217	十五、太阳能电池、干电池、蓄电池	251
一、电热设备	217	1. 太阳能电池	251
1. 电炉	217	2. 干电池	252
2. 电热板	218	3. 蓄电池	252
3. 电热套	218	十六、标准电池、盐桥的制备、参考电极	
4. 高温炉	218	及其制备	254
5. 电热恒温箱	220	1. 标准电池的构造和使用	254
6. 远红外线干燥箱	221	2. 盐桥的制备	254
7. 电热真空干燥箱	221	3. 甘汞电极	255
8. 电热恒温水浴锅	221	4. 铂黑电极	256
9. 恒温槽	222	5. Ag-AgCl 电极	257
10. 电热蒸馏水器	224	第四节 天平	258
二、制冷设备	225	一、天平分类	258
1. 电冰箱	225	1. 按天平称量原理分类	258
2. 空气调节器	226	2. 按用途或称量范围分类	258
三、电动设备	227	3. 按天平的结构分类	258
1. 电动离心机	227	4. 按天平的相对精度分类	258
2. 电动搅拌器	227	二、电子天平	260
3. 电磁搅拌器	228	1. 原理和结构	260
4. 振荡器	228	2. 电子天平的特点	261
5. 超声波清洗机	228	3. 电子天平操作程序	261
四、交流稳压器	228	4. 电子天平的种类	262
五、直流电源	228	三、机械加码分析天平	262
1. 直流稳压电源	229	1. 等臂分析天平的构造原理	262
2. 蓄电池	229	2. 半机械加码电光天平的结构	262
六、万用电表	229	3. 天平的安装	263
七、电烙铁、验电笔和熔断器	229	4. 使用方法	263
1. 电烙铁	229	5. 砝码	264
2. 验电笔	230	6. 全机械加码电光天平	264
3. 熔断器	230	四、不等臂单盘天平	264
八、保护地线	230	1. 称量原理	264
九、显微镜	231	2. 特点	265
1. 显微镜的分类	231	3. 单盘天平的结构	265
2. 普通光学显微镜	234	4. 单盘天平的安装	265
3. 实体(体视)显微镜	237	5. 单盘天平的使用方法	266
十、压力	237	五、扭力天平	266
1. 压力的表示方式和单位	237	1. 作用原理	266
2. 压力表的分类	238	2. 型号及技术参数	266

六、架盘天平(台秤)	266	二、化学试剂的包装及标志	279
七、天平的称量方法	267	三、化学试剂的选用保管与使用注意	
1. 直接称量法	267	事项	279
2. 固定质量称样法	267	1. 化学试剂的选用	279
3. 减量(差减)称量法	267	2. 使用注意事项	280
八、使用天平的注意事项	268	3. 化学试剂的管理	280
1. 天平的选用原则	268	四、常用化学试剂的一般性质	280
2. 天平室的基本要求	268	五、化学试剂的纯化	284
3. 机械天平的使用规则	268	1. 盐酸的提纯	284
4. 电子天平的使用规则	269	2. 硝酸的提纯	285
5. 天平的管理	269	3. 氢氟酸的提纯	285
第五节 化学实验室用水	269	4. 高氯酸的提纯	285
一、蒸馏法制备实验室用水	269	5. 氨水的提纯	285
二、离子交换法制备实验室用水	270	6. 溴的提纯	286
1. 离子交换树脂及交换原理	270	7. 钼酸铵的提纯	286
2. 离子交换装置	271	8. 氯化钠的提纯	286
3. 离子交换树脂的预处理、装柱和		9. 氯化钾的提纯	286
再生	271	10. 碳酸钠的提纯	286
三、电渗析法制纯水	272	11. 硫酸钾的提纯	287
四、超纯水的制备	272	12. 重铬酸钾的提纯	287
五、水的纯化流程简介	273	13. 五水硫代硫酸钠的提纯	287
1. 高纯水制备的典型工艺流程	273	六、化学试剂的管理与安全存放条件	287
2. 活性炭	273	第七节 有机溶剂	287
3. 离子交换法	273	一、常用有机溶剂的一般性质	287
4. 电渗析	273	二、有机溶剂间的互溶性	288
5. 反渗透	273	三、有机溶剂的毒性	289
6. 紫外线杀菌	274	1. 无毒溶剂	289
7. 各种工艺除去水中杂质能力的		2. 低毒溶剂	289
比较	274	3. 有毒溶剂	289
六、亚沸高纯水蒸馏器	274	四、有机溶剂的易燃性、爆炸性和腐蚀性	289
七、特殊要求的实验室用水的制备	274	1. 溶剂着火的条件	289
1. 无氯水	274	2. 溶剂着火的爆炸性与使用易燃溶剂	
2. 无氨水	274	的注意事项	289
3. 无二氧化碳水	275	3. 有机溶剂的腐蚀性	290
4. 无砷水	275	五、有机溶剂的脱水干燥	290
5. 无铅(无重金属)水	275	1. 用干燥剂脱水	290
6. 无酚水	275	2. 分馏脱水	291
7. 不含有机物的蒸馏水	275	3. 共沸蒸馏脱水	291
八、实验用水的质量要求、贮存和使用	275	4. 蒸发干燥	291
1. 分析实验室用水规格	275	5. 用干燥的气体进行干燥	291
2. 分析实验室用水的容器与贮存	275	六、有机溶剂的纯化	291
3. 实验用水中残留的金属离子量	276	1. 脂肪烃的精制	291
九、实验用水的质量检验	276	2. 芳香烃的精制	291
1. pH值检验	276	3. 卤代烃的精制	291
2. 电导率的测定	276	4. 醇的精制	291
3. 可氧化物限量试验	277	5. 酚的精制	292
4. 吸光度的测定	277	6. 醚、缩醛的精制	292
5. 蒸发残渣的测定	278	7. 酮的精制	292
6. 可溶性硅的限量试验	278	8. 脂肪酸和酸酐的精制	292
第六节 化学试剂	278	9. 酯的精制	292
一、化学试剂的分级和规格	278	10. 含氮化合物的精制	292

11. 含硫化合物的精制	292	三、预防化学烧伤与玻璃割伤	320
七、有机溶剂的回收	292	1. 预防化学烧伤与玻璃割伤的注意	
1. 异丙醚的回收	292	事项	320
2. 乙酸乙酯的回收	293	2. 化学烧伤的急救和治疗	320
3. 三氯甲烷(氯仿)的回收	293	四、有害化学物质的处理	320
4. 四氯化碳的回收	293	1. 化学实验室的废气	321
5. 苯的回收	293	2. 化学实验室的废水	322
6. 测定铀后废磷酸三丁酯(TBP)-苯的		3. 实验室常见废液的处理方法	322
回收	293	4. 化学实验室的废渣	323
7. 废二甲苯的回收	293	5. 汞中毒的预防	323
8. 含有双十二烷基二硫化乙二酰胺		五、高压气瓶的安全	323
(DDO)的石油醚-氯仿和异戊		1. 气瓶与减压阀	323
醇-氯仿的回收	293	2. 气瓶内装气体的分类	323
9. 含硝酸的甲醇的回收	293	3. 高压气瓶的颜色和标志	324
10. 萃取锆的苯、萃取铀的甲苯、萃取		4. 几种压缩可燃气和助燃气的性质	
硒的苯、萃取碲的苯等的回收	293	及安全处理	324
八、有机溶剂的应用	294	5. 气瓶安全使用常识	325
第八节 化学实验室常用的干燥剂、吸收剂、		六、安全用电的注意事项	325
制冷剂与胶黏剂	295	七、放射性物质安全防护的基本规则	326
一、干燥剂	295	八、X射线的安全防护	327
1. 干燥剂的通性	296	第十一节 化学实验室的管理	327
2. 气体干燥用的干燥剂	297	一、实验室的分类与对用房的要求	327
3. 有机化合物干燥用的干燥剂	297	1. 实验室的分类与职责	327
4. 分子筛干燥剂	297	2. 实验室对用房的要求	327
5. 容量法常用基准物质的干燥	298	二、一个好的实验室应具备的条件	328
6. 常用化合物的干燥	298	1. 组织管理与质量管理的9项制度	328
二、气体吸收剂	300	2. 对仪器设备的要求	328
三、制冷剂	300	3. 对实验室环境的要求	328
四、胶黏剂	303	4. 对测试方法的要求	328
1. 有机类胶黏剂	303	5. 对原始记录的要求	329
2. 无机类胶黏剂	303	6. 对实验报告的要求	329
第九节 掩蔽剂与解蔽剂	304	7. 收取试样要有登记手续	329
一、阳离子掩蔽剂	304	三、实验室药品与试剂的管理	329
二、阴离子和中性分子掩蔽剂	306	四、玻璃仪器的管理	330
三、解蔽剂	307	五、常用低值易耗品与常用仪器的管理	330
四、络合滴定中的掩蔽剂	307	六、精密、贵重仪器的管理	331
五、分析化学中常用的表面活性剂	312	七、发挥计算机在实验室管理中的作用	333
第十节 化学实验室的安全与管理	314	八、化学实验室人员安全守则	334
一、实验室防火、防爆与灭火常识	314	九、实验室的环境卫生	334
1. 防火常识	314	第十二节 化学实验室基础操作技术	334
2. 防爆常识	315	一、滴定分析的基本操作	334
3. 灭火常识	316	1. 滴定管的洗涤、涂油脂、检漏、	
4. 实验室防火安全的注意事项	316	装液与操作	334
5. 爆炸性物质安全使用基本规则	316	2. 容量瓶的准备与操作	337
6. 实验室易燃气体安全使用规则	317	3. 移液管(吸量管)的分类、洗涤和	
二、化学毒物的中毒和救治方法	317	操作	338
1. 化学毒物的分级	317	4. 使用玻璃量器时应注意的几个问题	339
2. 常见毒物的中毒症状和急救方法	318	5. 容量器皿的校准	342
3. 实验室一般急救规则	319	二、重量分析的基本操作	344
4. 实验室毒物品及化学药剂的安全		1. 样品的溶解	344
使用规则	320	2. 试样的沉淀	345

第三章 计量单位、标准、标准方法与标准物质**350**

第一节 计量单位 350	四、产品质量分级 363
一、国际单位制 350	第三节 标准方法(国标)与我国已颁布
1. 国际单位制 (SI) 的基本单位 350	的部分有关化学的标准 363
2. 国际单位制 (SI) 的辅助单位 351	一、标准方法 363
3. 国际单位制 (SI) 导出的具有专门	二、我国颁布的有关化学的标准方法 364
名称的单位 351	第四节 标准物质 364
4. 国际单位制 (SI) 的词头 351	一、标准物质的基本特征 365
5. 与国际单位制 (SI) 并用的单位 351	二、标准物质的分类与分级 366
6. 暂时与国际单位制 (SI) 并用的	1. 标准物质的分类 366
单位 352	2. 标准物质的分级 367
二、中华人民共和国法定计量单位 352	三、标准物质的作用与主要用途 367
三、法定计量单位与非法定计量单位间	1. 标准物质的作用与主要用途 367
的换算 353	2. 标准物质的使用注意事项 368
1. 长度单位 353	四、标准样品与工作标准物质 368
2. 面积单位 353	1. 标准样品 368
3. 体积与容积单位 353	2. 工作标准物质 368
4. 质量单位 354	第五节 我国现用的部分标准物质 369
5. 压力单位 354	一、国家一级标准物质 (GBW) 369
6. 质量流量单位 354	1. 铁与钢的标准物质 369
7. 体积流量单位 354	2. 非铁合金标准物质 369
8. 功、能、热量单位 355	3. 高纯金属标准物质 370
9. 功率单位 355	4. 金属中气体标准物质 370
10. 热导率单位 356	5. 气体标准物质 370
11. 传热系数单位 356	6. 岩石、土壤标准物质 370
12. 温度单位 356	7. 煤、煤飞灰、焦炭的标准物质 372
13. 比热容单位 356	8. 化工产品标准物质 372
14. 磁场强度单位 356	9. 生物物质的标准物质 372
15. 磁通量密度单位 356	10. 水中金属离子及水质浊度标准
16. 电磁量单位 357	物质 372
17. 光学单位 357	11. pH 值标准物质 372
18. 放射性同位素的量度单位 357	12. 燃烧热等物理特性与物理化学特
四、化学实验中常用的物理量及其单位 357	性测量标准物质 372
第二节 标准化与标准 359	13. 标准白板和色板、渗透管的标准
一、标准化 359	物质 373
二、标准及其级别 359	14. 电子探针标准物质 374
1. 国际标准 359	二、国家二级标准物质 [GBW(E)] 374
2. 区域标准 360	1. 铁与钢国家二级标准物质 374
3. 国家标准 361	2. 非铁合金国家二级标准物质 374
4. 行业标准 361	3. 气体国家二级标准物质 375
5. 地方标准 362	4. 化工产品国家二级标准物质 375
6. 企业标准 362	5. 岩石、土壤国家二级标准物质 376
三、标准分类 362	6. 渗透管国家二级标准物质 376
1. 基础标准 362	7. 水成分及化学耗氧量国家二级
2. 产品标准 363	标准物质 377
3. 方法标准 363	8. 生物物质国家二级标准物质 379
4. 安全、卫生和环境保护标准 363	9. 煤物理性质和化学成分国家二级

标准物质	379
10. 工程技术特性测量国家二级标准物质	380
11. 物理特性与物理化学特性测量国家二级标准物质	380
三、实物国家标准 (GSB)	386
1. 元素溶液实物国家标准	386
2. 环境实物国家标准	387
3. 钢铁实物国家标准	388

四、实物标准	388
1. 无机标准溶液	388
2. 有机标准溶液	388
3. 固体实物标准样品	389
4. 大气监测液体实物样品	389
5. 有机纯气体	389
6. 无机纯气体	390
7. 发射光谱实物标准样品	390

第四章 溶液及其配制

391

第一节 溶液配制时常用的计量单位	391
一、质量	391
二、元素的相对原子质量	391
三、物质的相对分子质量	391
四、体积	391
五、密度	391
六、物质的量	391
七、摩尔质量	392
1. 摩尔质量的计算	392
2. 摩尔质量、质量与物质的量之间的关系	393
八、实验室常见的新旧计量单位的对照	393
第二节 溶液浓度的表示方法及其计算	394
一、溶液浓度的表示方法	394
1. 物质的量浓度	395
2. 质量浓度	396
3. 物质 B 的质量分数	396
4. 物质 B 的体积分数	396
5. 质量摩尔浓度	396
6. 滴定度	397
7. 以 $V_1 + V_2$ 形式表示浓度	397
二、溶液浓度的计算	397
1. 量间关系式	397
2. n_B 量内换算	399
3. M_B 的量内换算	399
4. c_B 的量内换算	399
5. 物质 B 的浓度 c_B 的稀释计算	400
6. 物质 B 的质量浓度 ρ_B 的稀释计算	400
7. c_B 与 ρ_B 之间的换算	401
8. 质量分数 w 与质量摩尔浓度 b 之间的换算	401
9. 质量分数 w_B 表示的浓度的稀释计算	401
10. 物质质量浓度 c_B 与质量分数 w_B 之间的换算	402
11. 浓度之间的计算公式	403
第三节 常用溶液的配制	403
一、常用酸、碱的一般性质	403

二、常用酸溶液的配制	404
三、常用碱溶液的配制	404
四、常用盐溶液的配制	404
五、常用试剂饱和溶液的配制	407
六、某些特殊试剂溶液的配制	407
七、指示剂溶液的配制	407
1. 酸碱指示剂的配制	407
2. 氧化还原指示剂的配制	410
3. 金属离子指示剂的配制	410
4. 吸附指示剂的配制	411
八、缓冲溶液的配制	411
1. 普通缓冲溶液的配制	412
2. 伯瑞坦-罗比森缓冲溶液的配制	412
3. 克拉克-鲁布斯缓冲溶液的配制	412
4. 乙酸-乙酸钠缓冲溶液的配制	412
5. 氨-氯化铵缓冲溶液的配制	412
第四节 化学实验室常用标准溶液及其配制	413
一、pH 标准溶液的配制	413
1. 标准缓冲溶液 (pH 标准溶液) 的配制	413
2. pH 标准缓冲溶液的配制	414
二、元素与常见离子标准溶液的配制	415
三、滴定 (容量) 分析中常用的基准试剂 (物质) 与干燥条件	422
四、滴定分析中标准溶液的配制与标定	422
1. 氢氧化钠标准溶液的配制与标定	423
2. 盐酸标准溶液的配制与标定	424
3. 硫酸标准溶液的配制与标定	425
4. 碳酸钠标准溶液的配制与标定	426
5. 重铬酸钾标准溶液配制与标定	426
6. 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	426
7. 溴标准溶液的配制与标定	427
8. 溴酸钾标准溶液的配制与标定	427
9. 碘标准溶液的配制与标定	428
10. 碘酸钾标准溶液的配制与标定	429
11. 草酸标准溶液的配制与标定	429

12. 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	429	的配制与标定	432
13. 硫酸亚铁铵标准溶液的配制与标定	430	18. 硝酸铅标准溶液的配制与标定	433
14. 硫酸铈 (或硫酸铈铵) 标准溶液的配制与标定	431	19. 氯化钠标准溶液的配制与标定	433
15. 乙二胺四乙酸二钠 (EDTA) 标准溶液的配制与标定	431	20. 硫氰酸钠 (或硫氰酸钾) 标准溶液的配制与标定	433
16. 氯化锌标准溶液的配制与标定	432	21. 硝酸银标准溶液的配制与标定	434
17. 氯化镁 (或硫酸镁) 标准溶液		22. 亚硝酸钠标准溶液的配制与标定	434
		23. 高氯酸标准溶液的配制与标定	435

第五章 误差、有效数字与数据处理 436

第一节 误差	436	二、原始数据与实验结果的判断	457
一、误差产生的原因	436	1. 原始数据的有效数字位数须与测量仪器的精度一致	457
1. 系统误差	436	2. 原始数据必须进行系统误差的校正	458
2. 随机误差	437	3. 测量结果的判断	458
二、误差的表示方法	438	4. 4d 法	458
1. 基本概念和术语	438	5. Q 检验法	458
2. 准确度	439	6. 格拉布斯检验法	459
3. 精密度	440	7. 狄克逊 (Dixon) 检验法	461
4. 公差	442	三、测量结果的报告	464
5. 准确度与精密度的关系	442	1. 例行测量	464
三、误差的传递	443	2. 多次测量结果	465
1. 误差在加减法中的传递	443	3. 平均值的置信区间	465
2. 误差在乘除法中的传递	444	四、实验方法可靠性的检验	466
第二节 有效数字	445	1. t 检验法	466
一、准确值和近似值	445	2. F 检验法	466
1. 准确值	445	五、工作曲线的一元回归方程——最小二乘法	468
2. 近似值	447	1. 标准曲线	468
二、有效数字的使用	447	2. 一元线性回归	468
1. 有效数字的含义	447	3. 相关系数	469
2. 有效位数	448	4. 一元非线性回归 (即曲线化直)	470
三、有效数字的修约	448	六、测量不确定度	471
1. 有效数字修约的几个问题	448	1. 测量不确定度的基本概念	471
2. 有效数字修约规则	450	2. 测量误差、精密度和测量不确定度之间的关系	471
3. 极限数值的修约	451	3. 测量不确定度的来源	471
四、有效数字运算规则	451	4. 不确定度的表示	472
五、实验工作中正确运用有效数字	453	5. 不确定度的评定	473
六、数据表达	454	七、提高测量结果准确度的方法	476
1. 列表法	454		
2. 作图法	454		
3. 方程式法	456		
第三节 数据处理	456		
一、基本概念和术语	457		

第六章 物理与化学常数 (数据) 及物质质量的测定 477

第一节 物理常数 (数据) 的测定	477	一、温度测定	477
-------------------------	-----	--------------	-----

1. 温标	477	2. 仪器与试剂	526
2. 水银温度计与校正	477	3. 测定步骤	526
3. 贝克曼温度计	479	4. 数据处理	527
4. 热电偶温度计	481	5. 用 Origin 软件处理数据	527
5. 红外测温仪	482	6. 注意事项	530
6. 热敏电阻温度计	483	7. 氧气的正确使用操作规程	530
二、熔点与结晶点的测定	484	二、双液体体系沸点-成分图的绘制——回流	
1. 熔点的测定	484	冷凝法	531
2. 结晶点(凝定点)测定	486	1. 原理	531
三、沸点与沸程测定	486	2. 仪器	532
1. 沸点的测定	486	3. 操作步骤	532
2. 沸(馏)程的测定	487	4. 数据处理	532
四、密度测定	488	5. 注意事项	533
1. 液体密度的测定	488	三、三组分体系等温相图的绘制	533
2. 固体密度的测定	491	1. 苯-乙酸-水体系互溶度相图的绘制	533
3. 蒸气密度的测定——梅耶法测蒸气		2. 氯化钾-盐酸-水体系溶解度相图的	
密度和相对分子量	491	绘制	535
4. 气体密度法测定二氧化碳分子量	493	四、二组分合金体系相图的绘制——步冷	
五、折射率的测定	494	曲线法	536
1. 折射率的测定	494	1. 原理	536
2. 摩尔折射度(率)的测定	495	2. 仪器与试剂	537
六、旋光度测定	496	3. 操作步骤	537
1. 旋光物质与旋光度	496	4. 结果处理	537
2. 圆盘旋光仪	497	5. 注意事项	538
3. 自动指示旋光仪	498	五、比表面的测定	538
4. 以上两种旋光仪性能的比较	499	1. 活性炭比表面积测定——酸碱滴	
5. 旋光法的应用	500	定法	538
七、黏度测定	500	2. 固体硅胶的比表面的测定——BET	
1. 毛细管黏度计法	500	重量法	539
2. 改良式乌氏黏度计测定高聚物的		六、溶解热的测定——用量热计法测定硝酸	
平均相对分子质量	501	钾在不同浓度水溶液中的溶解热	541
3. 条件黏度的测定——恩格勒氏黏度		1. 原理	541
计法	503	2. 仪器与试剂	543
4. 其他黏度测量方法	504	3. 实验步骤	543
5. 有机化合物的黏度	506	4. 注意事项	544
八、闪点与燃点的测定	512	5. 数据处理	544
1. 开口杯法——用开口杯测定闪点和		6. 计算机控制在溶解热测定中的应用	544
燃点	512	七、摩尔汽化热的测定——液体饱和蒸气	
2. 闭口杯法——用闭口杯测定闪点	513	压法	546
3. 影响油品闪点及其测定的因素	515	1. 原理	546
九、表面张力测定	516	2. 仪器与试剂	546
1. 毛细管升高法	516	3. 测定步骤	546
2. 滴重(液滴)法	517	4. 数据处理	548
3. 最大气泡压力法	519	5. 试验装置的改进	548
4. 乙醇溶液表面张力的测定——用环		八、分子偶极矩的测定——电容法	548
法界面张力测定仪的最大气泡法	523	1. 原理	548
5. 表面活性剂临界胶束浓度的测		2. 仪器与试剂	551
定——最大气泡法	524	3. 实验步骤	551
第二节 热力学常数(数据)的测定	525	4. 数据处理	551
一、燃烧热的测定——氧弹式量热计	525	九、物质磁化率的测定——古埃磁天平法	551
1. 原理	525	1. 原理	551

2. 实验方法	552	2. 仪器与试剂	568
3. 仪器与试剂	553	3. 实验步骤	568
4. 实验步骤	554	4. 注意事项	569
5. 数据记录与处理	554	5. 数据处理	569
6. 样品管的改进	554	二、蔗糖转化反应速率常数、反应级数和 半衰期的测定——旋光度法	569
十、阿伏加德罗常数的测定——电解法 ..	554	1. 原理	569
1. 原理	554	2. 仪器与试剂	570
2. 实验步骤	555	3. 实验步骤	570
3. 数据记录及结果处理	555	4. 注意事项	571
十一、表面活性剂临界胶束浓度的测定 ..	556	5. 数据处理	571
1. 电导法	556	三、乙酸乙酯皂化反应级数、速率常数和 活化能的测定——电导法	571
2. 最大气泡法	557	1. 原理	571
3. 其他测定的方法	557	2. 仪器与试剂	572
十二、分子量的测定	559	3. 实验步骤	572
1. 凝固点降低法——萘分子量的测定 ..	559	4. 注意事项	573
2. 气体密度法——二氧化碳分子量的 测定	563	5. 数据处理	573
3. 梅耶法——蒸气相对分子量的 测定	563	四、环戊烯分解反应级数、速率常数和活化 能的测定——热分解法	573
4. 黏度法	563	1. 原理	573
5. 质谱法	563	2. 仪器与试剂	574
十三、高聚物分子量的测定	563	3. 实验步骤	574
十四、平衡常数的测定	563	4. 数据处理	575
1. 流动法——合成氨反应平衡常数的 测定	563	五、过二硫酸铵氧化碘化钾反应速率的 测定	575
2. 电极电势法——化学反应平衡常数 的测定	565	1. 原理	575
3. 电导法——弱电解质 (HAC) 电离 平衡常数的测定	565	2. 实验步骤	575
4. 分光光度法——弱电解质 (甲基红) 电离平衡常数的测定	565	六、丙酮碘化反应级数、速率常数和活化 能的测定——分光光度法	577
5. 分光光度法——络合物离子组成及 平衡常数的测定	565	1. 原理	577
6. 极谱法——配合物配位数和离解平 衡常数的测定	565	2. 仪器与试剂	578
十五、溶度积和溶解度的测定	565	3. 实验步骤	578
1. 电导法——难溶盐溶解度的测定 ..	565	4. 注意事项	579
2. 电极电势法——难溶盐溶度积和溶 解度的测定	565	5. 数据处理	579
3. 分光光度法——难溶盐溶解度的 测定	565	第四节 高聚物的鉴定	579
十六、活度和活度系数的测定	565	一、高聚物分子量的测定	579
十七、化学反应热力学函数的测定	567	1. 端基分析法	579
1. 电极电势法——电池内化学反应 ΔG 、 ΔH 和 ΔS 的测定	567	2. 膜渗透法测定聚合物分子量和 Huggins 参数	581
2. 电动势法——反应热力学函数 ΔH 和 ΔS 的测定	567	3. 蒸气压渗透法测定分子量	584
第三节 动力学常数的测定方法	567	二、高聚物分子量分布的测定	586
一、过氧化氢分解反应速率常数和半衰期 的测定	567	1. 原理	586
1. 原理	567	2. 仪器与试剂	588
		3. 实验步骤	588
		4. 数据记录及处理	588
		三、高聚物几个特征温度的测定	589
		1. 玻璃化温度测定	589
		2. 软化点测定	591
		3. 高聚物熔融指数的测定	593
		4. 热分解温度的测定	593

四、结晶态聚合物熔点的测定	594	3. 电导仪的测量原理和电路	620
1. 差热分析法	594	4. 电磁感应式电导仪	620
2. 热重分析法	594	5. 交流电桥法测定弱电解质 (HAc) 的电导率、摩尔电导率、电离度、电离常数	621
第五节 热分析法	594	6. 电导法测定难溶盐 BaSO_4 的溶解度和溶度积 (K_{sp})	623
一、差热分析法	594	7. 电导法测定乙酸乙酯皂化反应的级数、速率常数	624
1. 原理	594	六、电迁移数的测定方法	624
2. 仪器与试剂	597	1. 希托夫法测定离子迁移数	624
3. 实验步骤	597	2. 界面移动法测定离子迁移数	627
二、热重分析法	598	七、电动势和电极电势的测定	628
1. 原理	599	1. 用学生电位差计测定电动势	629
2. 试剂与仪器	599	2. 用精密电位计测定电动势	631
3. 实验步骤	600	3. 电极电势法——测定微溶盐溶度积和溶解度	631
4. 注意事项	600	4. 电极电势法——测定化学反应的平衡常数	632
三、热分析法联用技术	600	5. 利用电动势与温度的关系测定反应热力学函数 ΔH 和 ΔS	633
1. 同时联用热分析技术	601	八、氢超电势的测定	635
2. 串级联用技术	603	1. 原理	635
第六节 电化学测定法与胶体溶液	605	2. 仪器与试剂	636
一、pH 值的测量	605	3. 实验步骤	636
1. pH 的定义	605	4. 数据处理	636
2. pH 值的测量方式与 pH 计的组成	606	5. 注意事项	637
3. 甘汞电极的构造和性能	606	九、铅蓄电池电极充放电曲线的测定	637
4. 玻璃电极的构造和性能	607	1. 酸电池工作原理	637
5. 测量 pH 值的仪器	608	2. 酸电池制造工艺	637
6. pH 值的测量操作	609	3. 仪器与试剂	637
7. pH 测量的注意事项	609	4. 实验步骤	637
8. 电极电势与 pH 曲线的测量	610	5. 实验数据处理	638
9. pH 计测量弱酸 HAc 的电离度和电离常数	612	十、极谱分析方法	638
二、pX 值测量——离子选择性电极与离子计	613	1. 极谱法概述	638
1. 氟离子选择性电极测水中氟的原理	613	2. 极限扩散电流方程及其影响因素	639
2. 仪器与试剂	613	3. 现代极谱方法	640
3. 实验步骤	614	4. 极谱法应用实例——极谱法测定配合物的配位数和离解常数	644
4. 数据处理	614	十一、毛细管电泳和毛细管电泳仪	645
5. 注意事项	615	1. 基本原理	645
三、电位滴定法	615	2. 毛细管电泳主要分离模式	648
1. 原理	615	3. 毛细管电泳仪	649
2. 电位滴定法的仪器装置	615	十二、胶体溶液的制备与纯化	651
四、库仑滴定法——恒电流库仑滴定法测定砷	616	1. 溶胶的基本特征、制备方法与性质	651
1. 原理	616	2. 胶体溶液的制备、纯化与聚沉作用	652
2. 仪器装置	616	十三、胶体体系电性的研究	653
3. 仪器与试剂	617	1. 素瓷片的电渗	654
4. 实验步骤	617	2. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的电泳	654
5. 结果处理	617		
五、电导的测量及其应用	618		
1. 溶液的电阻率、电导率与摩尔电导率	618		
2. 电导电极 (电导池)	619		

第七节 紫外可见分光光度法	655	5. 使用红外光谱仪应注意的问题	708
一、紫外可见分光光度法简介	655	6. 红外光谱的应用	708
1. 原理	655	二、激光拉曼光谱法	709
2. 影响紫外光谱吸收位置的主要 因素	656	1. 拉曼光谱的基本原理	710
3. 紫外-可见分光光度计的一般结构和 使用注意事项	658	2. 拉曼光谱仪	711
4. 紫外光谱在有机化学中的应用	660	3. 拉曼光谱的应用	711
二、紫外可见分光光度法的分析方法	661	第十一节 气相色谱法	712
1. 定量分析基本原理	661	一、基本原理	712
2. 示差分光光度法	662	1. 基本概念(保留时间、容量因子、 分离度和选择性系数)	712
3. 分光光度滴定法	662	2. 色谱过程动力学(塔板理论和速率 理论)	713
4. 导数光谱法	663	二、气相色谱仪器	714
5. 双波长分光光度法	664	1. 气相色谱仪流程	714
6. 动力学分光光度法	665	2. 进样器	714
三、分光光度法测定弱电解质(甲基红) 的电离常数	665	3. 检测器	715
四、分光光度法测定络合物的组成与稳定 常数	667	三、气相色谱技术	716
1. 原理	667	1. 填充柱气相色谱	716
2. 仪器与试剂	669	2. 毛细管气相色谱	717
3. 测定步骤	669	3. 程序升温气相色谱	717
4. 数据处理	669	四、气相色谱定性与定量分析方法	718
第八节 分子荧光、磷光和化学发光	670	1. 色谱定性分析	718
一、分子荧光和磷光分析	670	2. 定量分析	718
1. 基本原理	670	五、气相色谱的应用	721
2. 荧光分析仪	675	第十二节 高效液相色谱法	721
3. 分子荧光分析法及其应用	676	一、高效液相色谱的类型	721
4. 磷光分析法	676	二、液相色谱仪	722
二、化学发光分析	678	1. 液相色谱仪流程	722
1. 化学发光分析的基本原理	678	2. 输液泵	722
2. 化学发光反应类型	678	3. 脱气装置	722
3. 化学发光的测量装置	679	4. 梯度洗脱装置	722
4. 化学发光分析的应用	679	5. 进样器	723
第九节 原子光谱法	679	6. 色谱柱	723
一、原子发射光谱法	679	7. 检测技术	723
1. 原子发射光谱基本原理	680	8. 数据处理系统与自动控制单元	724
2. 原子发射光谱仪	682	三、其他色谱方法	724
3. 分析方法	686	1. 超临界流体色谱	724
二、原子吸收光谱法	690	2. 亲和色谱	724
1. 基本原理	691	3. 激光色谱	725
2. 原子吸收光谱仪的结构	693	四、液相色谱的应用	725
3. 原子吸收光谱法干扰及消除方法	697	1. 液相色谱的应用	725
4. 分析方法	699	2. 液相色谱分离模式的选择	725
第十节 红外光谱和拉曼光谱	700	第十三节 质谱法及质谱联用法	726
一、红外光谱	700	一、质谱仪的工作原理与结构、性能 指标	726
1. 红外吸收光谱的产生与分子振动	700	1. 工作原理	726
2. 有机物的特征吸收谱带和基团 频率	702	2. 真空系统	726
3. 红外光谱仪的结构	703	3. 进样系统	726
4. 红外光谱的制样技术	706	4. 离子源	726
		5. 质量分析器	728
		6. 检测与记录	730

7. 质谱仪主要性能指标	730	1. 化学位移及其产生原因	741
二、质谱图及其应用	730	2. 化学位移的表示方法	741
1. 质谱图与质谱表	730	3. 影响化学位移的因素	742
2. 离子峰	731	三、自旋-自旋耦合	742
3. 质谱定性分析	732	四、化学位移表和化学位移值的近似	
4. 质谱定量分析	733	计算	745
5. 质谱技术的应用	733	1. 甲基、亚甲基、次甲基上质子的	
三、气质联用法	733	化学位移	746
1. 气相色谱-质谱联用仪	734	2. 双键碳原子上质子的化学位移	746
2. GC-MS 分析方法	734	3. 苯环上质子的化学位移	747
四、液质联用法	737	4. 杂环及稠环化合物的质子化学	
1. 液质联用仪及接口装置	737	位移	748
2. LC-MS 分析方法	737	五、核磁共振谱图的解析及注意事项	748
第十四节 核磁共振波谱法	739	1. 已知化合物的谱图解析	748
一、核磁共振和核磁共振仪	739	2. 复杂化合物的谱图解析	749
二、化学位移	741		

第七章 分离和富集方法

751

一、分离富集在化学中的应用	751	1. 台式临床离心机	778
二、分离富集方法	751	2. 高速离心机	778
三、分离和富集方法的评价	752	3. 超速离心机	778
1. 回收率	752	4. 梯度的制备和取出	779
2. 富集倍数	752	5. 制备性离心	779
3. 分离系数	752	六、冷冻浓缩	781
四、分离和富集方法的选择	753	1. 冷冻浓缩的基本原理	781
五、分离和富集中应注意的问题	753	2. 冷冻浓缩的结晶与分离	781
第一节 重结晶、升华、沉淀与共沉淀、挥发		3. 冷冻浓缩的装置系统	782
与蒸馏、离心、冷冻浓缩	754	4. 冷冻浓缩的应用	782
一、重结晶	754	第二节 萃取分离	782
1. 原理	754	一、基本原理	782
2. 溶剂的选择	754	1. 分配系数	782
3. 重结晶操作	755	2. 分配比	782
二、升华	756	3. 萃取效率(萃取百分率)	782
1. 升华原理	756	4. 分离因数(分离系数)	783
2. 升华操作	757	5. 萃取常数	783
3. 升华操作中应注意的问题	758	6. 半萃取 pH 值	783
三、沉淀	758	二、萃取体系分类与常用萃取剂	783
1. 使用无机沉淀剂	758	1. 萃取体系的分类	783
2. 利用有机沉淀剂进行分离	761	2. 常用萃取剂	785
3. 沉淀分离操作	766	三、萃取分离应用实例	797
4. 共沉淀分离	766	四、萃取技术及注意事项	805
5. 均匀沉淀法	768	1. 溶液中物质的萃取	805
6. 盐析法	769	2. 连续萃取	806
7. 等电点沉淀法	769	3. 固体物质的萃取——索氏提取	807
四、挥发与蒸馏	769	五、与萃取有关的新的分离方法	807
1. 挥发分离法	769	1. 超临界流体萃取	807
2. 无机物的挥发与蒸馏分离	771	2. 胶体(胶团)萃取	812
3. 有机物的挥发与蒸馏分离	771	3. 双水相萃取	813
五、离心	778	4. 固相萃取和固相微处理	816