

中 等 职 业 学 校 教 材

分析化学例题与习题

第二版

► 辛述元 主编



化学工业出版社

中等职业学校教材

分析化学例题与习题

第二版

辛述元 主编



化学工业出版社

北京

本书在修订中根据新世纪中等职业学校的教学原则与教学特色,调整了有关章节内容,强调了国家标准的贯彻,突出了职业需求与技能训练和学生创新精神的培养。

全书包括绪论、定性分析概论、定量分析基本操作与实验室安全常识、定量分析概论、酸碱滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法、氧化还原滴定法、称量分析法、定量分析常用分离方法、试样分析一般步骤与综合练习题共十二章。书中共计各类例题 70 题,填空题、选择题、计算题及综合题等各类习题 1238 题,既涉及基本理论知识的巩固、提高,又涉及基本能力的训练和知识能力的综合运用,内容充实、新颖,切合实际。

本书是与全国化工中等职业学校教材《分析化学》第二版(化学工业出版社,2005)与《分析化学实验》第二版(化学工业出版社,2006)配套使用的教学用书,也可作为中等职业学校化工、制药、冶金、石油、轻工、建材、环保等专业师生与企事业单位从事分析工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学例题与习题/辛述元主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2007.9

中等职业学校教材

ISBN 978-7-122-01167-1

I. 分… II. 辛… III. 分析化学-专业学校-习题
IV. O65-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 145612 号

责任编辑:陈有华 梁虹

文字编辑:林媛

责任校对:周梦华

装帧设计:于兵

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:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 10 字数 262 千字

2008 年 1 月北京第 2 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: 16.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

本书是与全国化工中等职业学校工业分析专业教材《分析化学》第二版（化学工业出版社，2005）与《分析化学实验》第二版（化学工业出版社，2006）配套使用的教学用书，也可作为中等职业学校化工、制药、冶金、石油、轻工、建材、环保等专业师生与化工类行业分析工作者的参考用书。

本书第一版自1996年出版以来，受到了广大职业学校师生的欢迎和读者的热情关注。为适应职业学校教育改革的不断深化与本课程教学内容的更新，本书在第一版的基础上做了较大的修改与调整，进一步突出了符合中等职业层次需求的教学特色，全面贯彻以应用为主线的教学重点和以能力为本位的教学原则，形成围绕职业与专业需要的全面训练。基于以上精神，本书修订中主要侧重以下几点：

1. 与《分析化学》教材第二版的修订内容相适应，将定性分析部分整合为一章，在定量分析部分补充了“实验室安全常识”、“蒸馏与挥发分离法”、“试样分析一般步骤”等新内容。

2. 与《分析化学》教材第二版的修订内容相适应，删减了“酸碱滴定法”与“氧化还原滴定法”中的某些理论部分。

3. 与《分析化学实验》教材第二版的修订内容相适应，调整了部分实验项目，使之与生产实践联系更加紧密，强化岗位技能的训练。

4. 突出了各章概要，概要中对本章的基本内容做了较为全面的提炼、总结。

5. 为使学生得到较系统的训练与检验，增添了“综合练习题”一章。

6. 充分贯彻最新国家标准，严格采用国家标准规定的量、单

位、符号、名词、术语等。

7. 进一步梳理、修整了例题和填空题、选择题、计算题及综合题等各类习题，使解题思路及其深浅度更加符合中等职业层次人才学习与训练需求。

8. 深入体现化工类专业及其他相关专业的一线岗位群技术人员与操作人员对本课程知识、技能的实际需求，注重培养学生的创新精神。

化学工业出版社在书稿编写过程中，给予了及时的指导和帮助，在此表示感谢。

囿于编者的学识水平，书中某些不当之处难免存在，谨期待广大师生与读者批评指正。

编者

2007 年 9 月

第一版前言

本书系根据全国化工中等专业学校教学指导委员会 1996 年制定的《分析化学教学大纲》、《分析化学实验教学大纲》的基本要求编写的，与化工中专教材《分析化学》和《分析化学实验》（化学工业出版社，1995）配套使用。

书中包括定性分析、定量分析和化学分离法三部分，各章均由概述、例题、填充题、选择题、计算题及综合题组成。其主要内容侧重基本理论知识的巩固，基本能力的培养和知识技能的灵活运用。各类习题力求充实、新颖，覆盖面广，深浅适宜，切合实际，并富有启发性。参照最新国家标准和多方面的意见，本书对上述教材的某些内容进行了适当的补充和修正。

本书由河北化工学校辛述元、王萍和新疆化工学校杨新星分工编写。初稿完成后，在化工中专教学指导委员会的组织下，召开了审稿会。参加审稿的老师有：新疆化工学校刘德生，徐州化工学校顾明华，陕西化工学校刘阜瑛、彭斯容，天津化工学校贾定本，山东化工学校何云华、王瑞芬以及新疆化工学校刘蓉、孟世瑞等，他们的真知灼见为本书增辉甚多。此外，陕西化工学校为本书的编写鼎力相助，吉林化工学校李楚芝也提供了宝贵的书面意见，在此同时致以诚挚的谢忱。

全书由辛述元统一修改定稿，由刘德生担任主审。

限于编者学识水平，书中难免存在不妥之处，谨期待着兄弟学校师生与读者批评指教。

编者

1996 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
概要	1
第二章 定性分析概论	2
概要	2
例题	8
习题	11
一、填空题	11
1. 定性分析及其反应特征与反应条件	11
2. 反应的灵敏度与选择性	12
3. 空白实验与对照实验	12
4. 阳离子分析	13
5. 阴离子及一般物质分析	18
6. 半微量定性分析操作技术	21
二、选择题	23
1. 定性分析及其反应特征与反应条件	23
2. 反应的灵敏度与选择性	24
3. 空白实验与对照实验	25
4. 阳离子分析	26
5. 阴离子及一般物质分析	35
6. 半微量定性分析操作技术	40
三、计算题	42
四、综合题	43
第三章 定量分析基本操作与实验室安全常识	45
概要	45
例题	49
习题	50
一、填空题	50

1. 分析天平的使用	50
2. 滴定分析基本操作	51
3. 称量分析基本操作	53
4. 实验室安全常识	54
二、选择题	55
1. 分析天平的使用	55
2. 滴定分析基本操作	56
3. 称量分析基本操作	59
4. 实验室安全常识	61
三、计算题	62
第四章 定量分析概论	65
概要	65
例题	70
习题	77
一、填空题	77
1. 滴定分析引言	77
2. 误差与偏差	78
3. 标准溶液	79
4. 滴定分析中的计算	80
5. 分析数据的处理	81
二、选择题	83
1. 滴定分析引言	83
2. 误差与偏差	84
3. 标准溶液	86
4. 滴定分析中的计算	88
5. 分析数据处理	91
三、计算题	94
第五章 酸碱滴定法	103
概要	103
例题	104
习题	111
一、填空题	111
1. 酸碱滴定引言	111

2. 酸碱缓冲溶液	112
3. 酸碱指示剂	112
4. 滴定曲线与指示剂选择	112
5. 标准溶液的制备	113
6. 酸碱滴定法的应用	113
7. 非水溶液中的酸碱滴定	114
二、选择题	115
1. 酸碱滴定引言	115
2. 酸碱缓冲溶液	115
3. 酸碱指示剂	116
4. 滴定曲线与指示剂选择	117
5. 标准溶液的制备	118
6. 酸碱滴定法的应用	119
7. 非水溶液中的酸碱滴定	121
三、计算题	122
第六章 配位滴定法	126
概要	126
例题	127
习题	130
一、填空题	130
1. 配位滴定引言	130
2. EDTA 及其配合物	130
3. 配合物的离解平衡	130
4. 配位滴定基本原理	131
5. 金属指示剂	131
6. 提高配位滴定选择方法	132
7. 配位滴定的方式与应用	132
二、选择题	133
1. 配位滴定引言	133
2. EDTA 及其配合物	134
3. 配合物的离解平衡	134
4. 配位滴定基本原理	135
5. 金属指示剂	136

6. 提高配位滴定选择方法	136
7. 配位滴定的方式与应用	138
三、计算题	139
第七章 沉淀滴定法	144
概要	144
例题	144
习题	147
一、填空题	147
1. 沉淀滴定法引言	147
2. 莫尔法	147
3. 佛尔哈德法	148
4. 法扬司法	149
5. 沉淀滴定法的应用	149
二、选择题	150
1. 沉淀滴定法引言	150
2. 莫尔法	150
3. 佛尔哈德法	151
4. 法扬司法	152
5. 沉淀滴定法的应用	154
三、计算题	154
第八章 氧化还原滴定法	159
概要	159
例题	160
习题	164
一、填空题	164
1. 氧化还原滴定引言	164
2. 氧化还原滴定曲线与指示剂	164
3. 高锰酸钾法	165
4. 重铬酸钾法	166
5. 碘量法	166
6. 其他氧化还原滴定法	167
二、选择题	168
1. 氧化还原滴定引言	168

2. 氧化还原滴定曲线与指示剂	168
3. 高锰酸钾法	169
4. 重铬酸钾法	171
5. 碘量法	172
6. 其他氧化还原滴定法	174
三、计算题	175
第九章 称量分析法	181
概要	181
例题	183
习题	187
一、填空题	187
1. 称量分析引言	187
2. 影响沉淀完全的因素	187
3. 影响沉淀纯度的因素	188
4. 沉淀条件	189
5. 称量分析法的应用	190
二、选择题	190
1. 称量分析引言	190
2. 影响沉淀完全的因素	191
3. 影响沉淀纯度的因素	192
4. 沉淀条件	193
5. 称量分析法的应用	194
三、计算题	196
四、综合题	198
第十章 定量化学分析中常用的分离方法	199
概要	199
例题	200
习题	202
一、填空题	202
1. 定量分离引言	202
2. 沉淀分离法	203
3. 萃取分离法	203
4. 离子交换分离法	204

5. 色谱分离法	205
6. 蒸馏与挥发分离法	206
二、选择题	206
1. 定量分离引言	206
2. 沉淀分离法	206
3. 萃取分离法	207
4. 离子交换分离法	209
5. 色谱分离法	211
6. 蒸馏与挥发分离法	212
三、计算题	212
第十一章 试样分析的一般步骤	216
概要	216
习题	216
一、填空题	216
1. 分析试样的制备	216
2. 试样的分解	217
3. 分析方法的选择	217
二、选择题	217
1. 分析试样制备	217
2. 试样的分解	218
3. 分析方法的选择	219
第十二章 综合练习题	221
综合练习题一 (A)	221
综合练习题一 (B)	224
综合练习题二 (A)	228
综合练习题二 (B)	232
综合练习题三 (A)	236
综合练习题三 (B)	239
答案	244
附录	287
一、弱酸和弱碱在水中的离解常数 (25℃)	287
二、难溶化合物的溶度积 (18~25℃)	288

三、置信因数 t 值	289
四、取舍可疑数据的 Q 值	289
五、常见酸碱溶液的相对密度与浓度	290
六、不同温度下水的 r 值	290
七、不同温度下标准溶液的体积补正值	291
八、常见金属离子与 EDTA 配合物的稳定常数值	293
九、EDTA 的酸效应系数	293
十、标准电极电位与条件电极电位	293
十一、离子的活度系数 γ 值	296
十二、相对原子质量	296
十三、相对分子质量	297
参考文献	302

第一章

绪 论

概 要

分析化学是研究物质化学组成的分析方法及相关理论的学科，它主要包括定性分析和定量分析两部分。定性分析的任务是鉴定物质的组成成分，定量分析的任务是测定物质中各组分的相对含量。

分析化学按分析对象的化学属性，可分为无机分析和有机分析；按试样的用量可分为常量分析、半微量分析和微量分析；按组分的质量分数可分为常量组分分析、微量组分分析和痕量组分分析；按测定原理与操作方法可分为化学分析和仪器分析，化学分析又可分为滴定分析、称量分析与气体分析。化学分析简单、准确、历史悠久，是分析化学的基础；仪器分析快速、灵敏、发展迅速，是分析化学的发展方向。

分析化学在国民经济、科学研究、环境保护和学校教育等方面都起着非常重要的作用。

第二章

定性分析概论

概 要

无机定性分析的任务是鉴定物质的组成元素、离子、原子团及官能团。定性分析方法按试样的状态分为干法分析与湿法分析；按操作方法分为试管分析、点滴分析与显微结晶分析。湿法分析应用最广泛，其鉴定反应应具有明显的外部特征，这些外部特征主要是溶液颜色的改变、沉淀的生成或溶解及气体的生成。在鉴定反应中，较重要的反应条件有反应离子的浓度、溶液的酸度、溶液的温度与溶剂、共存组分的影响等。

选择鉴定反应时，应在灵敏度满足要求的条件下，尽量采用选择性高的反应。反应的灵敏度须用检出限量 m 与最低浓度 c 两个量同时表示，二者的关系是：

$$m(\mu\text{g}) = c(\mu\text{g/mL}) \times V(\text{mL})$$

进行离子鉴定时，为防止过度检出与漏检，常常还要进行空白试验与对照试验。

阳离子分析多采用系统分析法，也兼用一些分别分析法。阳离子的硫化氢系统分组法系据其硫化物溶解度的差异，以 HCl 、 H_2S （或 $\text{TAA} + \text{HCl}$ ）、 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ （或 $\text{TAA} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）与 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 为组试剂将阳离子分为五组，分组方案见表 2-1。

阳离子硫化氢系统分析步骤如表 2-2 所示。

阴离子分析多采用分别分析法。一般可根据其银盐、钡盐溶解度不同将阴离子分为三组。

阴离子混合物的分析包括以下几个步骤。

表 2-1 阳离子硫化氢系统分组方案

分 组 依 据	硫化物不溶于水			硫化物溶于水		
	硫化物不溶于稀酸			硫化物 溶于稀酸	碳酸盐 不溶于水	碳酸盐 溶于水
	氯化物 不溶于水	氯化物溶于水				
		硫化物溶 于 Na ₂ S	硫化物不 溶于 Na ₂ S			
离 子 名 称	Ag ⁺ Hg ₂ ²⁺ Pb ²⁺	Hg ²⁺ As(Ⅲ、Ⅴ) Sb(Ⅲ、Ⅴ) Sn(Ⅱ、Ⅳ)	Pb ²⁺ Bi ³⁺ Cu ²⁺ Cd ²⁺	Fe ²⁺ 、Co ²⁺ 、 Fe ³⁺ 、Ni ²⁺ 、 Al ³⁺ 、Mn ²⁺ 、 Zn ²⁺ 、Cr ³⁺	Ba ²⁺ Sr ²⁺ Ca ²⁺	K ⁺ Na ⁺ NH ₄ ⁺ Mg ²⁺
	第一组 (银组) 盐酸组	砷 族	铜 族	第三组 (铁组) 硫化铵组	第四组 (钙组) 碳酸铵组	第五组 (钠组) 可溶组
		第二组 (铜砷组) 硫化氢组				
组 试 剂	HCl	H ₂ S(0.3mol/L HCl) 或 TAA(0.6mol/L HCl)		(NH ₄) ₂ S (NH ₃ + NH ₄ Cl)	(NH ₄) ₂ CO ₃ (NH ₃ + NH ₄ Cl)	—

注：1. Pb^{2+} 浓度大时，沉淀不完全。

2. Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 NH_4^+ 应在原始液中检出。

(1) 预先推测，根据试样的来源、物理性质（颜色、溶解性等）、酸碱性和阳离子分析结果推测。

(2) 初步试验，即挥发性试验、分组试验、氧化还原性试验，详见表 2-3。

(3) 可能存在的阴离子鉴定。

阴离子的鉴定反应见表 2-4。

在一般固体物质定性分析中，无机化合物的基本分析步骤包括外表观察（颜色、形态）和试样的准备、初步试验（焰色试验、灼烧试验、熔珠试验、溶剂试验）、阳离子试液的制备及分析、阴离子试液的制备及分析、分析结果的判断等。合金的主要分析步骤有试样的制备、类别试验和试样的分解及分析等。

表 2-2 阳离子硫化氢系统分析步骤

