

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 •

分析化学

学习指导与习题集

主 编 赵怀清

第3版



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

分析化学 学习指导与习题集

第3版

李云兰 (山西医科大学)

吴永江 (浙江大学药学院)

邱细敏 (湖南师范大学药学院)

郁韵秋 (复旦大学药学院)

赵怀清 (沈阳药科大学)

聂磊 (山东大学药学院)

黄丽英 (福建医科大学)

彭彦 (华中科技大学同济医学院药学院)

温金莲 (广东药学院)

熊志立 (沈阳药科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

分析化学学习指导与习题集 / 赵怀清主编. —3 版.
—北京: 人民卫生出版社, 2011.7

ISBN 978-7-117-14418-6

I. ①分… II. ①赵… III. ①分析化学—高等职业
教育—教学参考资料 IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 111123 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!

分析化学学习指导与习题集 第 3 版

主 编: 赵怀清

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: 北京市文林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21

字 数: 511 千字

版 次: 2004 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 3 版第 11 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-14418-6/R·14419

定 价: 32.00 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	药学导论(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)	李发美	沈阳药科大学
	分析化学学习指导与习题集(第3版)	赵怀清	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)	陆 涛	中国药科大学
	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)	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
		殷 明	上海交通大学药学院
	药理学学习指导与习题集(第2版)	程能能	复旦大学药学院
13	药物分析(第7版)	杭太俊	中国药科大学
	药物分析学习指导与习题集***	于治国	沈阳药科大学
	药物分析实验指导***	范国荣	第二军医大学
14	药用植物学(第6版)	张 浩	四川大学华西药学院
	药用植物学实践与学习指导***	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

《分析化学学习指导与习题集》第3版是《分析化学》第7版的配套教材之一,与《分析化学实验指导》第3版及《分析化学》第7版配套光盘组成系列教材。

本书是为了配合《分析化学》第7版教材使用,帮助学生掌握教材的基本知识、基本理论和基本技能,培养学生的科学思维方法和提高学生的理解能力,根据分析化学教学过程中的知识体系而编写的。本书供全国高等医药院校药学专业使用,也可供制药、中药、化学等其他相关专业使用,还可用作研究生考试参考书。

《分析化学学习指导与习题集》第3版是在《分析化学学习指导与习题集》第2版的基础上修订而成的。全书分为21章和综合试题,每章与《分析化学》第7版的各章一一对应,除第一章外,每章分为六部分内容。第一部分是学习要求,按照掌握、熟悉、了解三个层次提出具体要求。第二部分是内容提要,简明扼要地叙述本章的基本内容。第三部分是要点和难点,阐述各章的主要内容,教材中需要掌握的内容基本都包括在这一部分中,同时还包括对某类问题的综合概括,也有对某些知识点的深入理解、分析。第四部分是例题解析,所选习题包括教材中每章的习题都具有代表性、典型性和实用性,并且给出了详细的解题过程,必要的解题思路,以及多种解题的方法,力求培养读者科学的思维方法,提高分析问题及解决问题的能力。第五部分是复习题,在第2版的基础上增加了多选题,涵盖各种题型,覆盖全部内容,包括问答题、填空题、单选题、多选题、判断题和计算题(或光谱解析题),以适应不同程度读者的需求。第六部分是复习题参考答案。综合试题包括4套化学分析试题、4套仪器分析试题和2套考研模拟试题。

本书及其系列教材的编写工作得到了各编委所在院校的大力支持,尤其是沈阳药科大学和第二军医大学药学院圆满地承办了编写会议和定稿会议,在此一并致谢。本书使用了第2版中的大部分图、表和资料,对未参加本次修订编写工作的原编者致以谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请专家与读者批评指正。

编者

2011年3月

目 录

第一章 绪论	1
一、学习要求	1
二、内容提要	1
第二章 误差和分析数据处理	2
一、学习要求	2
二、内容提要	2
三、要点和难点	2
四、例题解析	6
五、复习题	13
六、复习题参考答案	17
第三章 滴定分析法概论	19
一、学习要求	19
二、内容提要	19
三、要点和难点	19
四、例题解析	23
五、复习题	26
六、复习题参考答案	29
第四章 酸碱滴定法	32
一、学习要求	32
二、内容提要	32
三、要点和难点	32
四、例题解析	38
五、复习题	44
六、复习题参考答案	49
第五章 配位滴定法	52
一、学习要求	52
二、内容提要	52

三、要点和难点	52
四、例题解析	55
五、复习题	59
六、复习题参考答案	64
第六章 氧化还原滴定法	66
一、学习要求	66
二、内容提要	66
三、要点和难点	66
四、例题解析	72
五、复习题	78
六、复习题参考答案	81
第七章 沉淀滴定法和重量分析法	83
一、学习要求	83
二、内容提要	83
三、要点和难点	83
四、例题解析	85
五、复习题	90
六、复习题参考答案	94
第八章 电位法和永停滴定法	96
一、学习要求	96
二、内容提要	96
三、要点和难点	96
四、例题解析	100
五、复习题	106
六、复习题参考答案	111
第九章 光谱分析法概论	113
一、学习要求	113
二、内容提要	113
三、要点和难点	113
四、例题解析	114
五、复习题	115
六、复习题参考答案	117
第十章 紫外-可见分光光度法	118
一、学习要求	118
二、内容提要	118

三、要点和难点	118
四、例题解析	122
五、复习题	128
六、复习题参考答案	136
第十一章 荧光分析法	138
一、学习要求	138
二、内容提要	138
三、要点和难点	138
四、例题解析	140
五、复习题	140
六、复习题参考答案	142
第十二章 红外吸收光谱法	143
一、学习要求	143
二、内容提要	143
三、要点和难点	143
四、例题解析	148
五、复习题	153
六、复习题参考答案	158
第十三章 原子吸收分光光度法	159
一、学习要求	159
二、内容提要	159
三、要点和难点	159
四、例题解析	161
五、复习题	164
六、复习题参考答案	166
第十四章 核磁共振波谱法	168
一、学习要求	168
二、内容提要	168
三、要点和难点	168
四、例题解析	170
五、复习题	175
六、复习题参考答案	181
第十五章 质谱法	184
一、学习要求	184
二、内容提要	184

三、要点和难点	184
四、例题解析	188
五、复习题	191
六、复习题参考答案	197
第十六章 色谱分析法概论	202
一、学习要求	202
二、内容提要	202
三、要点和难点	202
四、例题解析	207
五、复习题	209
六、复习题参考答案	212
第十七章 气相色谱法	217
一、学习要求	217
二、内容提要	217
三、要点和难点	217
四、例题解析	222
五、复习题	225
六、复习题参考答案	231
第十八章 高效液相色谱法	232
一、学习要求	232
二、内容提要	232
三、要点和难点	232
四、例题解析	236
五、复习题	238
六、复习题参考答案	241
第十九章 平面色谱法	245
一、学习要求	245
二、内容提要	245
三、要点和难点	245
四、例题解析	246
五、复习题	248
六、复习题参考答案	252
第二十章 毛细管电泳法	253
一、学习要求	253
二、内容提要	253

三、要点和难点	253
四、例题解析	255
五、复习题	256
六、复习题参考答案	258
第二十一章 色谱联用分析法	259
一、学习要求	259
二、内容提要	259
三、要点和难点	259
四、例题解析	262
五、复习题	262
六、复习题参考答案	263
综合试题	266
综合试题一(化学分析)	266
综合试题二(化学分析)	269
综合试题三(化学分析)	273
综合试题四(化学分析)	278
综合试题五(仪器分析)	281
综合试题六(仪器分析)	286
综合试题七(仪器分析)	291
综合试题八(仪器分析)	295
综合试题九(考研模拟试题)	300
综合试题十(考研模拟试题)	304
附录一 元素的相对原子质量(2005)	309
附录二 常用化合物的相对分子质量	311
附录三 常用酸、碱在水中的离解常数(25℃)	313
附录四 配位滴定有关常数	317
附录五 指数加减表	321

一、学习要求

了解：分析化学及其任务和作用、发展趋势以及在药学中的作用；分析方法的分类及分析过程和步骤。

二、内容提要

本章内容包括分析化学及其任务和作用、发展趋势；分析化学的方法分类：定性分析、定量分析、结构分析和形态分析，无机分析和有机分析，化学分析和仪器分析，常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析，常量组分分析、微量组分分析和痕量组分分析；分析过程和步骤：明确任务，制订计划，取样，试样制备和分析测定；结果的计算和表达，分析化学的学习方法。

一、学习要求

1. 掌握：误差产生的原因及减免方法；准确度和精密度的表示方法及两者之间的关系；有效数字位数的判断及其修约和计算规则；显著性检验的方法。

2. 熟悉：偶然误差的正态分布； t 分布曲线；可疑数据的取舍方法；置信区间定义及表示方法；误差的传递规律。

3. 了解：相关分析与回归分析。

二、内容提要

本章内容包括与误差有关的基本概念：准确度与误差，精密度与偏差，系统误差与偶然误差；准确度与精密度的关系；误差的传递和提高分析结果准确度的方法；有效数字及其运算法则；基本统计概念：偶然误差的正态分布和 t 分布，平均值的精密度和置信区间，可疑数据的取舍，显著性检验；相关与回归。

三、要点和难点

(一) 测量值的准确度和精密度

1. 准确度与精密度 准确度是指测量值与真实值接近的程度，测量值与真实值越接近，测量的准确度越高。误差是衡量测量准确度高低的尺度，有绝对误差和相对误差 2 种表示方法。精密度是指各平行测量值之间互相接近的程度，各测量值间越接近，测量的精密度越高。精密度的高低用偏差来衡量，有偏差、平均偏差、相对平均偏差、标准偏差及相对标准偏差等几种表示方法。

准确度与精密度的概念不同。当有真值(或标准值)作比较时，它们从不同侧面反映了分析结果的可靠性。准确度表示测量结果的正确性，精密度表示测量结果的重复性，应避免混淆。两者的关系是，精密度是保证准确度的必要条件，但并非充分条件，精密度高并不能说明准确度也高，因为可能存在系统误差。只有在消除或校正了系统误差的前提下，精密度高的分析结果才是可取的，因为它最接近于真值(或标准值)。

2. 系统误差与偶然误差 这 2 种误差为定量分析中的两类主要误差。系统误差也称为可定误差，是由某种确定的原因造成的误差。一般它有固定的方向(正或负)，大小可测，平行测定时重复出现。根据系统误差的来源，可分为方法误差、仪器或试剂误差及操作误差 3 种。由于系统误差是以固定的方向出现，且大小可测，并具有重复性，故可通过与经典方法进行比较、校准仪器、对照试验、空白试验及回收试验等方法，来检查及消除系统误差。

偶然误差也称为随机误差,是由偶然因素引起的。偶然误差的方向(正或负)和大小都是不固定的,因此,不能用加校正值的方法减免。偶然误差的出现服从统计规律,即大误差出现的概率小,小误差出现的概率大,绝对值相同的正、负误差出现的概率大体相等,因此它们之间常能部分或完全抵消。由于偶然误差的影响,测量结果也呈正态分布。因此,适当地增加平行测定次数,取平均值表示测定结果,可以减小偶然误差。需要说明的是,由于测量次数的增加与可靠性的增加不成正比,因此,过多增加测量次数并不能使精密度显著提高,反而费时费力。

学习中应了解系统误差与偶然误差的性质、来源、减免方法及相互关系。两者的关系是,在消除系统误差的前提下,平行测定次数越多,偶然误差就越小,其平均值越接近于真值(或标准值)。

3. 误差的传递 每一测量步骤中所引入的误差都会或多或少地影响分析结果的准确度,即个别测量步骤中的误差将传递到最终结果中。了解误差传递的规律,在进行分析时,对各步测量所应达到的准确程度,可以做到心中有数。由于在一系列分析步骤中,大误差环节对结果准确度的影响有举足轻重的作用,因此,在分析测量中应尽量避免大误差环节,使各测定环节的误差(或偏差)接近一致或保持相同的数量级。

系统误差的传递规律为:①和、差的绝对误差等于各测量值绝对误差的和、差;②积、商的相对误差等于各测量值相对误差的和、差。偶然误差的传递规律为:①和、差的标准偏差的平方等于各测量值的标准偏差的平方和;②积、商的相对标准偏差的平方等于各测量值的相对标准偏差的平方和。

4. 有效数字 是指在分析工作中实际上能测量到的数字,通常包括全部准确值和最末一位欠准值(有 ± 1 个单位的误差)。保留有效数字位数的原则是:在记录测量数据时,只允许保留一位可疑数(欠准数),即只有数据的最末一位数欠准。有效数字位数与测量方法及所用仪器的准确度有关,它不仅反映了测量值的大小,也反映出测量的准确程度(可信程度),绝不能随意增加或减少。

在计算一组准确度不等(有效数字位数不等)的数据前,应采用“四舍六入五留双”的规则将多余数字修约后,再按照有效数字运算法则进行相关运算。需要注意的是,在计算分析结果时,每个测量值的误差都要传递到分析结果中去,运算不应改变测量的准确度。因此,应根据误差传递规律进行有效数字的运算,即和或差的有效数字的保留应以小数点后位数最少(绝对误差最大)的数据为依据;积或商有效数字的保留应以参加运算的数据中相对误差最大(有效数字位数最少)的数据为准。

常量分析结果一般要求保留四位有效数字,以表明分析结果的准确度为1%。使用计算器计算时,应特别要注意最后结果中有效数字的位数。若多保留有效数字位数,则会导致分析结果的准确度看起来很高,但与实际并不相符。

(二) 有限量测量数据的统计处理

1. 有限测量数据的统计处理与 t 分布 通常分析无法得到总体平均值 μ 和总体标准差 σ ,仅能由有限测量数据的样本平均值 \bar{x} 和样本标准差 S 来估计测量数据的分散程度,即需要对有限测量数据进行统计处理,再用统计量去推断总体。由于 \bar{x} 和 S 均为随机变量,因此这种估计必然会引入误差。特别是当测量次数较少时,引入的误差更大,为了补偿这种误差,可采用 t 分布(即少量数据平均值的概率误差分布)对有限测量数据进行统计处理。