



全国高等院校药学类专业“十三五”规划实验教材
(校企合作示范教材)

分析化学实验教程

(供药学类及相关专业使用)

主 编 ○ 李秋萍 韦国兵

书网融合教材



中国健康传媒集团
中国医药科技出版社

全国高等院校药学类专业“十三五”规划实验教材
(校企合作示范教材)

分析化学实验教程

(供药学类及相关专业使用)

主 编 李秋萍 韦国兵

副主编 王 莹 巩丽虹 高赛男

编 者 (以姓氏笔画为序)

马冬云(阜新高等专科学校)

王 莹(佳木斯大学)

韦国兵(江西中医药大学)

石晨曦(黑龙江中医药大学佳木斯学院)

巩丽虹(牡丹江医学院)

吕奎霖(中国建材检验认证集团股份有限公司中央研究院)

刘 佳(哈尔滨医科大学)

刘 婧(江西中医药大学)

李秋萍(佳木斯大学)

高赛男(哈尔滨医科大学)

梁 莹(上海健康医学院)



中国健康传媒集团
中国医药科技出版社

内 容 提 要

本教材是“全国高等院校药学类专业‘十三五’规划实验教材（校企合作示范教材）”之一，根据分析化学实验教程教学大纲的基本要求和课程特点编写而成，分两部分，内容上涵盖了分析化学实验基础知识和基本操作、具体的实验操作，包括酸碱滴定实验、络合滴定实验、氧化还原滴定实验、沉淀滴定与重量分析实验、仪器分析检测、综合设计实验等内容，共包含有59个实验项目。本书为书网融合教材，即纸质教材与在线学习平台、数字化教学资源（PPT、题库、规范化实验操作视频等）相融合，具有适用范围广、可操作性强、重复性好及与实践紧密结合等特点。

本教材主要供全国高等院校药学类及相关专业实验教学使用，也可作为从事药品生产、研究等相关专业人员参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

分析化学实验教程/李秋萍，韦国兵主编. —北京：中国医药科技出版社，2019.7

全国高等院校药学类专业“十三五”规划实验教材（校企合作示范教材）

ISBN 978 - 7 - 5214 - 0937 - 6

I. ①分… II. ①李… ②韦… III. ①分析化学—化学实验—高等学校—教材 IV. ①O652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 112246 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 诚达誉高

出版 中国健康传媒集团 | 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行：010 - 62227427 邮购：010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 889 × 1194mm 1/16

印张 12 1/4

字数 270 千字

版次 2019 年 7 月第 1 版

印次 2019 年 7 月第 1 次印刷

印刷 三河市百盛印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5214 - 0937 - 6

定价 36.00 元

版权所有 盗版必究

举报电话：010 - 62228771

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

获取新书信息、投稿、
为图书纠错，请扫码
联系我们。



为深入贯彻教育部等六部门《关于深化教育体制机制改革的意见》、《国家职业教育改革实施方案》等文件精神，坚持“加强实训基地、校外实习基地、课程教材等基本建设”“建立高等院校、职业院校、企业联合培养人才的新机制”等教育教学改革方向，同时为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》等文件精神，以专业人才培养目标为依据，以岗位需求为导向，以增强学生就业创业能力为核心，结合具备行业优势的复合型、创新型高等医药院校人才培养目标，在全国医药类教育主管部门的指导下，中国医药科技出版社科学规划、准确定位，组织编写了本套教材。

数字化教材编委会

本套教材建设旨在适应学科专业发展需要，提升教材质量，更好地满足教学需求，体现了医药专业的新进展、新方法和新标准，构建高等院校、职业院校、企业联合培养人才的教材建设模式，推行医药高等医药院校药学类专业精品实验教材。

主编 李秋萍 巩丽虹
副主编 韦国兵 高赛男 王莹
编者 (以姓氏笔画为序)

马冬云(阜新高等专科学校)

王莹(佳木斯大学)

韦国兵(江西中医药大学)

巩丽虹(牡丹江医学院)

刘佳(哈尔滨医科大学)

刘婧(江西中医药大学)

李秋萍(佳木斯大学)

高赛男(哈尔滨医科大学)

梁莹(上海健康医学院)

全国高等院校药学类专业“十三五”规划实验教材（校企合作示范教材）

出版说明

为深入贯彻教育部高等教育改革系列文件精神，坚持“加强实验室、校内外实习基地、课程教材等基本建设”“创立高校与科研院所、行业、企业联合培养人才的新机制”等教育教学改革方向，同时为了更好地贯彻落实《国家中长期教育改革发展规划纲要（2010—2020年）》等文件精神，以专业人才培养目标为依据，以岗位需求为导向，以增强学生就业创业能力为核心，培养具备行业优势的复合型、创新型高等医药院校药学专业人才，在教育部、国家药品监督管理局的领导下，中国医药科技出版社科学规划、准确定位课程及教材，组织编写了“全国高等院校药学类专业‘十三五’规划实验教材（校企合作示范教材）”。

本套教材建设旨在适应学科发展的新要求，提升教材质量，更好地满足教学需求，体现了药学专业的新进展、新方法和新标准；构建高校与科研院所、行业、企业联合培养人才的教材建设模式，最终打造高等医药院校药学类专业精品实验教材。

全套教材包含15门，主要特点如下。

一、体现行业准入要求，注重学生持续发展

本套教材以《中华人民共和国职业分类大典（2015版）》规定的医药卫生、食品药品行业从业人员职业资格准入为指导，按照行业用人要求，体现培养目标与用人要求紧密结合。体现教考结合，紧密对接医药卫生、食品药品行业从业人员职业资格准入要求，教材内容和实验项目的选取结合药学专业职业（药士、药师）资格考试和执业药师资格考试的要求。注重培养学生独立思考能力、实验设计能力、实践操作能力和可持续发展能力，满足培养应用型和复合型人才的要求，为学生全面成才、持续发展奠定扎实基础。

二、遵循教材编写规律，强化实践技能训练

本套教材编写遵循“三基、五性、三特定”的教材编写规律，以“必需、够用”为度；内容坚持与时俱进，吸收了新技术和新方法，并适当拓展知识面，为学生后续发展奠定必要的基础；密切结合主干教材内容，注重实践技能训练，体现理实一体。

三、结合实情依据大纲，精心设计实验内容

每门教材内容设计紧紧围绕为专业培养目标服务，教材前后章节顺序安排符合教学规律、体现循序渐进的原则，由浅入深、由易到难，满足学生专业知识结构要求；实验教学内容与其相应理论教材内容相呼应。根据“严格遵从教材内容、依据实验教学大纲、节约实验材料消耗、充分利用教学时间、最大限度满足学习”的原则，对药学实验教学内容进行了优选。

四、建立新型教学理念，兼顾培养应用型与科研型人才

在编写验证性实验，培养学生基本实验操作能力的同时，本套教材增加了设计性实验和综合性实验部分，以现实问题作为驱动力来培养学生自主获取和应用新知识的能力，从而帮助学生培养自主学习能力、创新能力、科研能力以及与人合作的能力。

五、校企合作工学结合，满足岗位需要

本套教材的编写团队不仅吸收了具有丰富教学经验的骨干教师、实验教学教师，同时还从医院、药品生产经营企业吸纳具有丰富岗位实践经验的人员作为编者参加教材的编写，确保了实验教材的内容密切结合应

用,满足岗位需要。

六、书网融合,使教与学更便捷、更轻松

本套教材为书网融合教材,即纸质教材与数字教材、配套教学资源、题库系统、数字化教学服务有机融合。通过“一书一码”的强关联,为老师和学生提供全免费增值服务。可通过PC、手机登陆中国医药科技出版社“医药大学堂”平台,阅读电子教材和配套课程资源(如PPT、视频等),并可在线进行同步练习,实时反馈答案和解析。同时,读者也可以直接扫描书中二维码,阅读与教材内容关联的课程资源(“扫码学一学”,轻松学习PPT课件;“扫码练一练”,随时做题检测学习效果;“扫码看一看”,直观体验实验操作),从而丰富学习体验,使学习更便捷。教师可通过电脑在线创建课程,与学生互动,开展布置和批改作业、在线组织考试、讨论与答疑等教学活动,学生通过电脑、手机均可实现在线作业、在线考试,提升学习效率,使教与学更轻松。

本套教材的编写修订,得到了全国知名专家的精心指导和各有关院校领导与编者的大力支持,在此一并表示衷心感谢!希望以教材建设为核心,为高等医药院校搭建长期的教学交流平台,对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时,教材的建设工作漫长而艰巨,希望各院校师生在教学过程中,及时提出宝贵的意见和建议,以便不断修订完善,更好地为中国医药教育事业的发展服务!

中国医药科技出版社

2019年3月

全国高等院校药学类专业“十三五”规划实验教材（校企合作示范教材）

建设指导委员会

主任委员 姚文兵（中国药科大学）

副主任委员（以姓氏笔画为序）

王鹏程 [山东第一医科大学（山东省医学科学院）]

吴宜艳（牡丹江医学院）

何涛（西南医科大学）

宋印利（哈尔滨医科大学）

郑兰荣（皖南医学院）

赵宝江（佳木斯大学）

崔文（济宁医学院）

委 员（以姓氏笔画为序）

丁林（济宁医学院）

马宇衡（内蒙古医科大学）

王存琴（皖南医学院）

王丽红（佳木斯大学）

王金英（牡丹江医学院）

韦国兵（江西中医药大学）

孔凡栋（济宁医学院）

石秀梅（牡丹江医学院）

包淑云（皖南医学院）

李森（哈尔滨医科大学）

李秋萍（佳木斯大学）

李福荣 [山东第一医科大学（山东省医学科学院）]

沈广志（牡丹江医学院）

张开莲（西南医科大学）

张羽男（河北民族师范学院）

邹纯才（皖南医学院）

赵全芹（山东大学）

栾芳（佳木斯大学）

高静（牡丹江医学院）

唐灿（西南医科大学）

黄丽萍（江西中医药大学）

彭海生（哈尔滨医科大学）

韩军（皖南医学院）

税丕先（西南医科大学）

鄢海燕（皖南医学院）

用(林焯燕示补合金财) 林焯燕示补合金财 “五三十” 业吉类学药对冠等高固全

六、书网融合 使教与学更便捷、更轻松

本套教材为全国教育类“双高计划”首批立项建设专业(群)首批教材, 由教育部“双高计划”首批立项建设专业(群)首批教材

前 言

QIANYAN

《分析化学实验教程》是全国高等院校药学类专业“十三五”规划实验教材(校企合作示范教材)之一, 本教材以“三基五性”为编写原则, 注重教材的整体优化, 深度、广度适于高等院校药学类专业及其他相关专业分析化学实验的教学需要。

本教材借鉴了各编委院校的开课经验和优势, 由在实践教学中有丰富经验的编者, 结合多年来的经验总结, 以各院校实验教材为蓝本, 经综合补充编写而成, 更符合大多数院校开展分析化学实验教学的需求。为了让学生更好地掌握实验方法和技术, 拓宽知识范围, 本教材增加了案例导入和相关知识点, 另外还增加了数字配套增值服务, 本书为书网融合教材, 即纸质教材与在线学习平台、数字化教学资源(PPT、题库、规范化实验操作视频等)相融合, 具有适用范围广、可操作性强、重复性好及与实践紧密结合等特点。

本教材共两篇, 上篇“基础知识和基本操作”, 第一章介绍分析化学实验的任务和要求, 实验室安全知识, 分析化学实验学习方法, 实验数据的记录、分析处理方法和实验报告的书写规范, 规范学生的基本操作; 第二章选用有代表性的实验项目, 力求理论联系实验, 做到适用、简便、先进, 适当将一些药物分析需检测的项目编排为实验内容。下篇“实验操作”, 第三章作为化学分析实验的补充, 为某些院校根据自己学校特色编排了一些小型仪器分析实验, 本教材省去仪器构造和原理部分, 将仪器的使用方法、特点、应用范围等放到相关知识点, 学生通过实验即掌握了实验原理、方法, 同时也了解仪器的特点、使用方法、应用范围等; 第四章和第五章的综合性实验和设计性实验的编写目的是培养和提高学生综合运用所学知识和技能发现问题、思考问题、自己动手解决问题的能力。

本教材由李秋萍、韦国兵、王莹、巩丽虹、高赛男、梁莹、刘佳、马冬云、刘婧、吕奎霖、石晨曦 11 位编者共同编写, 纸质教材由李秋萍、韦国兵负责统稿, 数字资源由李秋萍、巩丽虹负责统稿。由于编写时间所限, 难免有错漏与不妥之处, 敬请各位读者批评指正。

本教材可作为普通高等院校药学、制药工程、药物分析、生物技术、中药学等相关专业分析化学实验教材, 也适用于化学、化工、医学检验、环境等相关专业的分析化实验教学。

(南京理工大学) 蔡 高
(华东理工大学) 欧 凰
(华东理工大学) 蔡丽英
(华东理工大学) 李 颖
(南京理工大学) 蔡 高
(华东理工大学) 蔡 高
(南京理工大学) 蔡 高

编 者
2019 年 3 月

20	实验 54 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 55 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 55 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 56 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 56 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 57 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 57 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 58 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 58 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 59 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 59 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 60 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 60 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 61 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 61 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 62 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 62 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 63 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 63 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 64 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 64 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 65 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 65 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 66 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 66 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 67 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 67 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 68 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 68 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 69 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 69 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 70 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 70 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 71 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 71 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 72 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 72 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 73 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 73 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 74 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 74 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 75 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 75 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 76 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 76 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 77 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 77 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 78 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 78 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 79 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 79 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 80 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 80 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 81 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 81 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 82 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 82 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 83 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 83 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 84 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 84 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 85 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 85 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 86 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 86 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 87 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 87 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 88 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 88 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 89 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 89 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 90 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 90 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 91 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 91 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 92 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 92 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 93 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 93 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 94 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 94 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 95 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 95 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 96 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 96 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 97 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 97 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 98 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 98 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 99 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22
20	实验 99 气相色谱法测定空气中苯的含量	实验 100 气相色谱法测定空气中苯的含量	21	22

目 录

MULU

上篇 基础知识和基本操作

第一章	基础知识	2
第一节	分析化学实验的任务和要求	2
第二节	实验室规则与实验室安全常识	3
第三节	分析化学实验的学习方法	4
第四节	实验数据记录、处理和实验报告书写规范	5
第二章	基本操作	11
第一节	常用试剂的规格和正确使用	11
第二节	电子天平及使用	12
第三节	标准溶液及配制方法	15
第四节	滴定分析基本操作	15
第五节	重量分析基本操作	22

下篇 实验操作

第三章	基础实验	30
实验 1	电子天平称量练习	30
实验 2	容量仪器的洗涤、校准及滴定分析基本操作练习	32
实验 3	NaOH 标准溶液的配制与标定	35
实验 4	铵盐中氮含量的测定 (甲醛法)	38
实验 5	有机酸摩尔量值的测定	40
实验 6	HCl 标准溶液的配制与标定	42
实验 7	混合碱含量的测定 (双指示剂法)	44
实验 8	药用硼砂含量的测定	47
实验 9	阿司匹林原料药乙酰水杨酸含量的测定	49
实验 10	枸橼酸含量的测定	51
实验 11	药用碳酸氢钠含量的测定	53

实验 12	食醋总酸度的测定	56
实验 13	混合酸含量的测定	58
实验 14	高氯酸标准溶液的配制与标定 (微型实验)	60
实验 15	非水滴定法测定醋酸钠的含量	62
实验 16	盐酸麻黄碱含量的测定	65
实验 17	EDTA 标准溶液的配制与标定	66
实验 18	水硬度的测定	69
实验 19	中药白矾含量的测定	72
实验 20	混合物中钙和镁含量的测定	74
实验 21	铅、铋混合液中铅、铋含量的连续测定	77
实验 22	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的配制与标定	79
实验 23	I_2 标准溶液的配制与标定	82
实验 24	间接碘量法测定葡萄糖的含量	84
实验 25	直接碘量法测定维生素 C 的含量	87
实验 26	间接碘量法测定铜盐中铜的含量	89
实验 27	高锰酸钾标准溶液的配制与标定	92
实验 28	高锰酸钾法间接测定补钙制剂中钙的含量	94
实验 29	过氧化氢含量的测定	96
实验 30	硫酸亚铁含量的测定	98
实验 31	银量法标准溶液的配制与标定	100
实验 32	可溶性氯化物中氯含量的测定 (莫尔法)	102
实验 33	药物 NaI 含量的测定 (佛尔哈德法)	105
实验 34	KBr 含量的测定 (法扬司法)	107
实验 35	钡盐中钡含量的测定 (沉淀重量法)	109
实验 36	生药灰分的测定	112
实验 37	干燥失重法测定氯化钡中水的含量	114
实验 38	磷酸的电位滴定	117
实验 39	直接电位法测定溶液的 pH	120
实验 40	永停滴定法测定磺胺嘧啶的含量	122
实验 41	永停滴定法标定碘溶液	124
实验 42	永停滴定法标定硫代硫酸钠溶液	127
实验 43	邻二氮菲分光光度法测定微量铁的含量	129
实验 44	火焰分光光度法测定钙的含量	132
实验 45	红外分光光度法定性分析阿司匹林	135
实验 46	荧光分光光度法测定维生素 B_2 的含量	137
实验 47	紫外可见分光光度法定性定量分析维生素 B_{12}	140
实验 48	丹参注射液的纸层析	142
实验 49	纸色谱法分离鉴定甘氨酸和蛋氨酸	144
实验 50	流动相组成对丹皮酚保留值的影响	147
实验 51	薄层色谱法测定氧化铝的活度	150

实验 52	气质联用法定性分析风油精中的薄荷醇	153
实验 53	气相色谱法测定黄酒中乙醇的含量	155
实验 54	高效液相色谱法测定水体中丹皮酚和 α -萘酚的含量	158
第四章	综合性实验	161
实验 55	胃舒平药片中 Al_2O_3 和 MgO 含量的测定	161
实验 56	生活污水中化学需氧量的测定	163
第五章	设计性实验	166
实验 57	$\text{HCl} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 混合溶液中 HCl 与 NH_4Cl 浓度的测定	166
实验 58	从蛋壳中制备乳酸钙及其成分分析	168
实验 59	稀土铽配合物的设计合成及荧光光谱表征	169
附录	172
附录一	洗涤液的配制及使用	172
附录二	化学试剂纯度与分级标准	172
附录三	市售酸碱试剂的浓度及相对密度	174
附录四	常用基准物质的干燥条件和应用	174
附录五	常用缓冲溶液	175
附录六	元素的相对原子质量表 (2005)	176
附录七	常用分子式质量表	177
附录八	常用指示剂	179
附录九	原子吸收分光光度法常用的分析线	181
参考文献	182

上篇 基础知识和基本操作

第一章 基础知识

第一节 分析化学实验的任务和要求

一、分析化学的任务

分析化学是一门实践性很强的学科，分析化学实验与分析化学理论联系紧密，但又是一门独立的课程。分析化学实验不是简单地验证分析化学理论，而是要通过本课程的学习，使学生加深对分析化学基本理论的理解，掌握分析化学实验的基本操作技能，养成严谨、认真和实事求是的科学作风，树立准确的“量”的概念，学会正确的选择分析方法、实验仪器和试剂，提高分析结果的准确性，掌握正确的记录实验数据和处理方法，提高观察、分析和解决问题的能力，为学习后继课程和将来从事实际工作打下良好的基础。

二、分析化学实验的要求

为了完成上述任务，特提出以下要求。

1. 提前做好预习，完成预习报告。预习是做好实验的基础。学生必须在实验之前，认真预习实验内容，复习有关理论，明确实验的目的、实验原理、实验步骤、注意事项、思考题等。写好实验报告中的部分内容（如：实验目的、实验原理、所用仪器和试剂、操作步骤、设计好记录的表格）作为预习报告，以便实验时能及时准确地进行记录。

2. 认真阅读“实验室安全规则”和相关操作规程。了解实验室安全常识、药品管理和使用注意事项，了解实验室事故处理办法。必须按照正确的操作方法进行操作。在使用不熟悉其性能的仪器和药品之前，应查阅有关书籍或请教指导教师，不要随意操作，以免实验失败，预防意外事故的发生。

3. 准备好实验记录本，以便随时把必要的数据和现象清楚地记录下来。科学实验的原始记录是非常宝贵的资料，所以要注意学习做好实验记录。实验记录包括实验项目、实验日期、实验的主要数据、实验现象、实验结果等。一定要实事求是地当时记录清楚。记录不但要自己看懂，也应让别人看懂。实验数据不得随意涂改。如果记录错了，可在原数据上划一直线，再将正确的数据清楚地写在旁边。记录本每页都要编号，不得随意撕去，防止丢失。数据要求整洁。

4. 自觉遵守实验室规则，保持实验室整洁。在实验中不能大声喧哗，看手机，听音乐，应保持安静。实验台面要整洁有序，注意节约药品和实验安全。

5. 实验结束要对实验所得数据进行审核，发现问题及时解决，对不好的数据应分析原因并及时补做，不能拼凑涂改数据。实验不理想或失败要把经验教训认真地记录在记录本上，同时进行总结。清点仪器，该洗涤的及时洗涤，该放置的按要求妥善放置。切断电源、关好水阀、擦干净实验台。离开时，实验数据要经过指导教师审核。

6. 认真完成实验报告, 实验报告应在原记录的基础上完成。报告要求字迹工整、文字通顺、图表清晰, 最后根据自己的体会进行讨论。

第二节 实验室规则与实验室安全常识

一、实验室规则

分析化学实验室是进行实验及对学生进行科学训练的场所, 进入实验室做实验的学生都应遵守以下规则。

1. 做好预习报告, 明确实验目的、原理、方法、步骤、注意事项。
2. 严格遵守实验室规章制度, 严格遵守水、电、药品使用安全规则。进入实验室不要乱动与实验无关的设备和仪器及药品。
3. 实验前应查对仪器数量、质量和药品种类。发现问题及时报告指导老师。实验完毕必须清洗所用器皿, 整理药品。
4. 室内要保持安静、整洁不要大声喧哗。实验室禁止吃东西、吸烟。
5. 注意保持桌面整洁和节约水、电、药品等。实验过程中未经指导教师许可, 不得随意离开实验室。
6. 公共药品和仪器用后应及时放回原处。不得擅自挪用邻桌的仪器和药品, 以免影响他人正常实验。
7. 任何固体物、有腐蚀性的物质(如无机酸等)、严重污染环境的物质或可能引起其他危险的废弃物不得随意倒入水槽中。
8. 爱护仪器和药品。如损坏仪器应及时登记, 注明原因, 交指导教师签字后补领, 并根据实验室有关规定按破损原因酌情赔偿。室内的仪器药品均不得随便拿出实验室。
9. 实验完毕后, 值日生要认真清扫地面, 检查每个桌面是否整洁, 并把公共用品复原。最后严格检查水、电、窗户是否关好。

二、实验室安全常识

在分析化学实验中, 经常使用腐蚀性、易燃、易爆炸或有毒的化学试剂, 大量使用易损的玻璃仪器和某些精密分析仪器, 为保证实验的正常进行和人身安全, 必须严格遵守实验室的安全规则。实验室安全包括人身安全及实验室仪器、设备的安全。分析化学实验室主要应预防化学药品中毒, 操作过程中的烫伤割伤、腐蚀等危害人身安全的各种因素和燃气、高压气体、高压电源易燃易爆化学品可能产生的火灾、爆炸及跑水等事故。

1. 实验室内禁止饮食吸烟, 切勿以实验用容器代替水杯、餐具使用, 防止化学试剂入口, 实验结束后要洗手。
2. 使用 KCN、As₂O₃、HgCl₂ 等剧毒品时要特别小心, 用过的废物、废液不可乱扔、乱倒, 要回收或加以特殊处理。
3. 使用浓酸、浓碱及其他具有强烈腐蚀性的试剂时, 操作要小心, 防止溅伤和腐蚀皮



肤、衣物等。易挥发的有毒或有强烈腐蚀性的液体和气体，要在通风柜中操作（尤其是用它们热分解试样时）。浓酸、浓碱如果溅到身上应立即用水冲洗，溅到实验台上或地面上要用水稀释后擦掉。如不小心溅到皮肤和眼内，应立即用水冲洗，然后用5%碳酸氢钠溶液（酸腐蚀时采用）或5%硼酸溶液（碱腐蚀时采用）冲洗，最后用水冲洗。

4. 使用高压气体钢瓶时，要严格按操作规程进行操作。例如在原子吸收光谱实验室中所用的各种火焰，其点燃与熄灭的原则：先开助燃气，再开燃气；先关燃气，再关助燃气。乙炔钢瓶应存放在远离明火，通风良好，温度低于35℃的地方。钢瓶在更换前仍应保持一部分压力。

5. 在仪器分析实验中，要在阅读仪器操作规程后或经教师讲解后再动手操作仪器。不要随便拨弄仪器，以免损坏或发生其他事故。

6. 使用自来水后要及时关闭阀门，遇停水时要立即关闭阀门，以防来水后发生跑水，离开实验室之前应再检查自来水阀门是否完全关闭（使用冷凝器时检查是否忘记关闭冷却水）。

7. 如果发生烫伤或割伤，可先利用实验室的小药箱进行简单处理，可在烫伤处抹上黄色的苦味酸溶液或烫伤软膏，然后尽快去医院进行医治。

8. 实验过程中万一发生着火，不要惊慌，应根据起火的原因进行针对性的灭火。应尽快切断电源或燃气源，用石棉布或湿抹布熄灭（盖住）火焰。密度小于水的非水溶性有机溶剂着火时，不可用水浇，以防止火势蔓延。电器着火时，不可用水冲，以防触电，应使用干冰或干粉灭火器进行灭火。酒精及其他可溶于水的液体着火时，可用水灭火；汽油、乙醚等有机物着火时，用砂土灭火，此时绝对不能用水灭火，否则反而扩大燃烧面；导线或电器着火时，不能用水及二氧化碳灭火器，而应首先切断电源，用 CCl_4 灭火器灭火。衣服着火时切忌奔跑，而应就地躺下滚动，或用湿衣服在身上抽打灭火。着火范围较大时，应立即用灭火器灭火，并根据火情决定是否要报告消防部门。

9. 应保持室内整齐、干净，不能将毛刷、抹布扔在水槽中，一定要保持水槽清洁，禁止将固体物、玻璃碎片等扔入水槽内，以免造成下水道堵塞，此类物质以及废纸、废屑应放入废纸箱或实验室规定放的地方。废酸废碱等小心倒入废液缸中（或塑料提桶内），切勿倒入水槽内，以免腐蚀下水管。

10. 灼热的器皿应放在石棉网或石棉板上，不可和冷物体接触，以免破裂；也不要用手接触，以免烫伤；更不要立即放入柜内或桌面上，以免引起燃烧。

(王莹)

第三节 分析化学实验的学习方法

分析化学是一门以实验为基础的学科，是重要的基础课之一。学好并掌握分析化学实验，除了要有明确的学习目的，端正的学习态度之外，还要有好的学习方法，大致有以下几个方面。

1. 认真预习 认真钻研实验教材和教科书中的有关内容；明确实验目的，看懂实验原理；熟悉实验内容、步骤、基本操作、仪器使用和实验注意事项；认真思考实验前应准备的问题；写出预习报告（包括实验目的、原理、步骤、注意事项及有关的安全问题等）。实验所用的仪器、药品及装置，包括要写明所用仪器的型号、数量、规格，药品的名称、规

格。尽量用表格、图、符号表示，不要全照书抄。

2. 做好实验 按照书上规定的方法、步骤、试剂用量和操作步骤进行实验，要做到认真操作，仔细观察并如实记录实验现象；遇到问题要善于分析，尽量独立解决，若自己解决不了，可请教指导老师或同学讨论；如果发现实验现象与理论不相符合，应认真查明原因，经指导老师同意后重做实验，直到得到正确的结果。

3. 写好实验报告 实验报告是实验课重要的考核内容，不但要认真进行实验操作，还要正确规范书写实验报告。正确记录数据和处理数据，对实验的结果进行概括和总结，对实验思考题进行讨论分析，对实验的成败进行审核和查找原因，实验报告也是对实验者综合能力的考核。在做完实验后都必须及时、独立、认真地完成实验报告，交指导老师批阅。要如实记录数据，依据所用仪器的精密度，正确记录，对实验中遇到的疑难问题提出自己的见解，同时设计规范合理的数据处理表格。分析产生误差的原因，对实验方法、教学方法、实验内容、实验装置等提出意见或建议。实验报告格式要做到文字工整、图表清晰、形式规范。

(王莹)

第四节 实验数据记录、处理和实验报告书写规范

一、实验数据的记录

1. 基本要求

(1) 实验者应准备专门的实验记录本。不得将文字或数据记录在单页纸或小纸片上或随意记录在其他任何地方。实验结束原始数据应附在实验报告上，给指导教师签阅和报告批改时审核。

(2) 应清楚如实准确地记录实验过程中所发生的重要实验现象、所用的仪器及试剂、主要操作步骤、测量数据及结果。记录中绝不能拼凑和伪造数据。

(3) 实验记录应用钢笔、圆珠笔、签字笔等书写不得用铅笔不得随意涂改实验记录。遇有读错数据计算错误等需要修正时，应将错误数据用线划去在旁边重新写上正确数据并加以说明。

2. 数据记录要求 分析化学实验应严格按照有效数字的保留原则记录所测量的数据。有效数字是指在分析工作中实际上能测量到的数字。有效数字的保留原则：在记录测量数据时，只保留一位不确定数字，其余均为准确值，即应记录至仪器最小分度值的下一位。有效数字位数不仅表示数值的大小，而且能反映出仪器测量的精确程度。例如，用感量为万分之一的分析天平称量时，应记录至小数点后第4位。常量滴定管和移液管的读数应记录至小数点后第二位。如某次滴定分析中所消耗的标准溶液体积为20.30 ml，如果写成“20.3 ml”则意味着实际消耗的滴定剂体积测量精度降低到原来的十分之一。总之，有效数字位数反映了测量结果的精确程度，数据记录时绝不能随意增加或减少数值的位数。

二、实验数据的处理和分析

得到一组平行测量实验数据结果，不要急于将其用于分析结果的计算，通常先要进行



可疑数据的取舍、精密度考察和系统误差校正后,再将测量数据的平均值用于分析结果计算。

1. 可疑数据的取舍 可疑数据是指分析测定中个别与其他数据相差较大的数据(也称为离群值、异常值)。首先要审核得到这一次数据的实验过程,如果是由明显错误原因造成的可疑数据,应予舍去,但是对于找不出充分理由的可疑数据,则不能随意舍弃,应慎重处理,需要借助数理统计方法进行数据评价后再进行取舍。

对于3~10次的测定数据中,存在一个可疑数据时,可采用Q检验法决定取舍。若有2个或2个以上可疑数据时,宜采用G检验法(格鲁布斯检验法)进行判断取舍。

(1) Q检验法 又称舍弃商法,它是国际标准化组织(ISO)推荐的方法,在测定的次数为3~10次时,Q检验法决定离群值取舍是比较合理的方法。根据统计学家制定的不同置信度下Q值表,按照下列方法进行离群值的取舍。

1) 首先将分析数据由小到大进行排列 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 可疑数据将在序列的开头(x_1)或末尾(x_n)。

2) 算出可疑数据与其临近值之差的绝对值 $|x_{\text{可疑}} - x_{\text{临近}}|$, 算出序列中最大值与最小值之差,即极差: $|x_{\text{最大}} - x_{\text{最小}}|$ 。

3) 用可疑数据与其临近值之差的绝对值除以极差,得舍弃商Q。

$$Q = \frac{|x_{\text{可疑}} - x_{\text{临近}}|}{|x_{\text{最大}} - x_{\text{最小}}|}$$

$$Q_1 = \frac{|x_2 - x_1|}{|x_n - x_1|} \quad \text{或} \quad Q_n = \frac{|x_n - x_{n-1}|}{|x_n - x_1|}$$

4) 比较舍弃商 如果计算的舍弃商Q大于或等于表中的舍弃商 $Q_{\text{表}}$,该离群值就应舍弃,否则应保留。

(2) G检验法 又称格鲁布斯检验法,当离群值不止一个时,宜采用G检验法。根据统计学家制定的不同置信度下的G值表,按照下列步骤决定离群值的取舍。

1) 算出包括可疑值在内的平均值。

2) 算出离群值 x_q 与平均值 \bar{x} 之差的绝对值 $|x_q - \bar{x}|$ 。

3) 算出包括可疑值在内的标准偏差S。

4) 计算统计量G值。

$$G = \frac{|x_q - \bar{x}|}{S}$$

5) 比较统计量,如果计算的统计量G大于或等于表中的统计量 $G_{\text{表}}$,就应将该离群值舍弃,否则应该保留。

离群值的取舍是一项十分关键的工作,因为计算平均值、标准偏差及其他数据处理工作多在离群值取舍后进行。

2. 精密度考察 一般用标准偏差S或相对标准偏差RSD衡量测定结果的精密度,有时也用平均偏差或相对平均偏差表示。若精密度不符合分析要求,说明测定中存在较大的偶然误差,应当增加平行测定的次数后再做考察,直到精密度达到要求为止。

3. 系统误差校正 通过讲行对照实验、空白实验及校准仪器等,校正测量中的系统误差。若条件允许,最好讲行t检验(如用实验数据平均值与标准值进行比较),以确定分析方法是否存在系统误差。