

分析化学实验

罗盛旭 范春蕾 ◎ 主编

FENXI HUAXUE SHIYAN



化学工业出版社

卓越 工程师教育培养计划系列教材



大学化学化工基础实验系列教材

分析化学实验

罗盛旭 范春蕾 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书分为六章,包括分析化学实验基础知识部分和实验部分。第1~3章是实验基础知识部分,主要介绍分析化学实验目的与基本要求、分析化学实验基本知识 with 基本技能、常用分析仪器及使用方法。第4~6章是实验部分,精选了50个实验,包括基础实验34个、综合实验8个和设计实验8个,主要内容涉及化学分析(酸碱滴定、配位滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、重量分析)及一些常用的仪器分析(电位分析、色谱分析、光学分析),实验的测试对象包括化学试剂、工业品、药物、食品、矿物、土壤、植物、蔬果和水等。

本书可作为化学、化工、生物、食品、材料、农学、海洋、环境及相关专业的分析化学实验教材,也可作为科研、生产部门相关专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学实验/罗盛旭,范春蕾主编. —北京:化学工业出版社,2016.2
卓越工程师教育培养计划系列教材
ISBN 978-7-122-25820-5

I. ①分… II. ①罗…②范… 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 (2015) 第 294880 号

责任编辑:徐雅妮 杜进祥
责任校对:吴 静

文字编辑:刘志茹
装帧设计:关 飞

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13 $\frac{3}{4}$ 字数319千字 2016年2月北京第1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:29.00 元

版权所有 违者必究

大学化学化工基础实验系列教材

编委会

主 任 张玉苍

副 主 任 (按姓氏笔画排序)

尹学琼 朱 文 孙中亮

罗先群 罗盛旭 庞素娟

其他编委 (按姓氏笔画排序)

王 江 王 博 王 敦 王小兵 王华明

牛 成 甘长银 卢凌彬 冯建成 朱文靖

朱 莉 刘 江 刘 坚 劳邦盛 李小丽

李嘉诚 杨先会 肖开恩 肖厚贞 吴起惠

张 苹 张才灵 张永明 张军峰 张绍芬

张莉娜 张德拉 林 常 陈红军 陈尚文

陈俊华 苗树青 范春蕾 林尤全 罗明武

胡广林 胥 涛 贾春满 曹献英 梁志群

梁振益 赖桂春 黎吉辉 潘勤鹤

《分析化学实验》

编写人员

主 编 罗盛旭 范春蕾

副 主 编 罗明武 梁志群

张绍芬 梁振益

参编人员 张才灵 刘 江 王华明

胡广林 王 江 甘长银

胥 涛 刘 坚 牛 成

序

实验教学是培养学生实践动手能力和创新能力的重要手段。重视实验教学环节、创新实验教学模式、优化实验教学内容、统筹规划和顶层设计实验课程的教学与管理,是大学强化实践育人环节、推动人才培养模式改革的重要组成部分,是现代高等教育经社会满意度检验、大学毕业生接受技术人才市场考验的有力保障。

化学基础实验是理、工、农、医等化学化工及相关专业实验教学的重要内容。大学化学化工相关专业实验课程较多,一般院校均同时开设无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验、生物化学实验及化学工程与工艺专业实验等课程,这些课程内容相互关联,知识点交叉重叠。而目前的化学化工基础实验类教材大多为单独编写,导致各实验课程教材内容重复,同一知识点多处讲授,甚至同一知识在不同课程教材里存在表述偏差等问题,容易使学生产生困扰,也使有限的学时得不到有效利用。因此,统筹编写一套组织结构合理、内容精炼、系统全面、学科针对性强、专业特色鲜明、易教易学的化学化工基础实验系列教材,将有助于化学化工及相近学科专业的人才培养。

海南大学是海南省唯一的一所“211工程”综合性大学,在理、工、农等学科领域具有丰富的化学化工实践教学经验。海南大学依托“海南省化学工程与技术省级重点学科”、“海南省化学化工实验教学示范中心”和“化学工程与工艺海南省特色优势专业”,凭借在化学化工领域五十余年的教学经验,组织数十名长期从事一线教学的教师,编写了本套化学化工基础实验系列教材,包括《无机化学实验》、《分析化学实验》、《有机化学实验》、《物理化学实验》、《生物化学实验》及《化学工程与工艺专业实验》。教材力求在内容选择及结构编排上呈现科学性、系统性、适用性、合理性和新颖性,兼备内容的深度与广度,循序渐进,帮助学生系统全面地掌握化学化工基础实验知识及操作技能。本系列教材适用面广,可作为普通高校各类化学化工类、生物类、农学类、海洋类、食品类、环境类专业本科生实验课教材。

本套教材由教育部高等学校化工类专业教学指导委员会委员、“海南省化学工程与技术省级重点学科”责任教授张玉苍组织编写,《无机化学实验》由尹学琼教授、《分析化学实验》由罗盛旭教授、《有机化学实验》由朱文教授、《物理化学实验》由庞素娟教授、《生物化学实验》由罗先群副教授、《化学工程与工艺专业实验》由孙中亮副教授具体负责编写。

希望通过本套教材的出版与推广使用,能够促进化学化工实验教学环节的改革与创新,提高学生的动手能力与创新能力,为“卓越工程师教育培养计划”背景下的理工科创新型人才培养提供教学支持。

大学化学化工基础实验系列教材编委会

2015年5月

前言

分析化学实验是高等院校理、工、农、医等相关专业的重要基础课之一，是大学化学化工基础实验系列课程的重要组成部分。通过该课程的学习，可以加深对分析化学基础理论及知识的理解，正确和熟练地掌握分析化学实验技能和基本操作，培养学生严谨、实事求是的科学态度，确立严格的量的概念，提高观察、分析和解决问题的能力，为学习后续课程及科研工作打下良好的基础。

本教材在海南大学材料与化工学院分析化学课程组多年的实验教学经验基础上，从高等院校化学化工类专业人才的培养需要出发，兼顾其他理工、农医类相关专业的特点，参考同类优秀教材编写而成。编写中立足基础训练，重视综合性、设计性实验，内容编排循序渐进，注意教材内容的应用性、实用性和适用性，强调培养学生良好的科学素养和独立解决实际分析测试问题的能力。本书主要内容包括基础知识和实验两部分。第 1~3 章是实验基础知识部分，主要介绍分析化学实验目的与基本要求、分析化学实验基本知识与基本技能、常用分析仪器及使用方法。第 4~6 章是实验部分，精选了 50 个实验，包括基础实验 34 个、综合实验 8 个和设计实验 8 个，主要内容涉及化学分析（酸碱滴定、配位滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、重量分析）及一些常用的仪器分析（电位分析、色谱分析、光学分析），实验测试对象包括化学试剂、工业品、药物、食品、矿物、土壤、植物、蔬果和水等。编写中强化了练习题的内容，尤其在基础实验部分，增加了选择题和填空题，以引导学生加强思考与练习，将理论知识与实践知识很好地融会贯通。

本书由分析化学省级精品课程 15 位教师共同编写完成，具体分工为：第 1 章（罗盛旭、梁志群），第 2 章（张绍芬、罗盛旭），第 3 章（梁振益、罗明武），第 4 章（范春蕾、罗盛旭、罗明武、梁志群、张才灵、张绍芬、梁振益、刘江、王江、王华明、刘坚），第 5 章（梁志群、刘江、张绍芬、牛成），第 6 章（梁志群、胡广林、甘长银、罗明武、刘江、胥涛），附录（张绍芬、梁志群），练习题（罗明武）。全书由罗盛旭、范春蕾担任主编，罗明武、梁志群、张绍芬、梁振益担任副主编，对全书进行组织、审阅和修改。最后由主编通读和审定。

本书在编写过程中，得到了海南大学材料与化工学院的支持和指导，得到海南省中西部高校提升综合实力工作资金项目的支持，在此一并致以衷心的感谢。

限于编者的水平，书中难免存在不尽完善之处，恳请同行专家和读者批评指正。

编者

2015 年 10 月

目 录

第 1 章 分析化学实验目的与基本要求	1
1.1 学习分析化学实验的目的	1
1.2 分析化学实验课程基本要求	1
1.3 对实验数据记录、处理和实验报告的基本要求	3
第 2 章 分析化学实验基本知识与基本技能	6
2.1 分析化学实验室安全规则	6
2.2 纯水的制备和检验	7
2.3 化学试剂的分类和选用	10
2.4 标准物质和计量保证	13
2.5 分析试样的采集、制备与分解	20
2.6 滴定分析基本操作技术	28
2.7 重量分析基本操作技术	37
2.8 定量分析中的分离操作技术	45
第 3 章 常用分析仪器及使用方法	50
3.1 电子天平	50
3.2 移液器	52
3.3 高温电阻炉(马弗炉)	56
3.4 自动电位滴定仪	58
3.5 紫外-可见分光光度计	61
3.6 原子吸收分光光度计	63
3.7 气相色谱仪	65
3.8 高效液相色谱仪	67

第 4 章 基础实验	70
实验 1 准确称量及滴定分析基本操作练习	70
实验 2 酸碱标准溶液的配制与标定	74
实验 3 食用白醋中总酸度的测定	77
实验 4 工业碱的测定——总碱度和混合碱的测定	79
实验 5 铵盐中铵态氮的测定	83
实验 6 乙酰水杨酸含量的测定	86
实验 7 EDTA 标准溶液的配制与标定	89
实验 8 自来水的硬度测定 (含总硬度、钙硬度和镁硬度)	91
实验 9 铁、铝混合液中铁、铝含量的连续配位滴定	94
实验 10 KMnO_4 标准溶液的配制与标定	98
实验 11 过氧化氢含量的测定	100
实验 12 铁矿石中全铁含量的测定	104
实验 13 土壤中腐殖质组成的测定	107
实验 14 碘和硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	109
实验 15 铜盐中铜含量的测定	113
实验 16 水中化学需氧量的测定	115
实验 17 氯化物中氯含量的测定	118
实验 18 钡盐中钡含量的测定	123
实验 19 丁二酮肟重量法测定合金钢中的镍	125
实验 20 复合肥中有效磷含量的测定	127
实验 21 邻二氮菲分光光度法测定铁	129
实验 22 水样中 Cr(VI) 的分光光度法测定	132
实验 23 溶液 pH 的测定	134
实验 24 电位滴定法测定水中的氯	137
实验 25 氟离子选择性电极测定自来水中的氟	140
实验 26 高锰酸钾和重铬酸钾混合物各组分含量的测定	142
实验 27 紫外吸收光谱法测定苯甲酸钠的含量	144
实验 28 固体及液体试样红外吸收光谱的测绘	146
实验 29 火焰原子吸收光谱法测定自来水中的钙	148
实验 30 石墨炉原子吸收光谱法测定水样中的铜	151
实验 31 原子荧光光谱法测定蔬菜中的汞	154
实验 32 气相色谱的定性和定量分析	156
实验 33 气相色谱法测定醇的同系物	158
实验 34 高效液相色谱法对阿维菌素原料药中阿维菌素的分析	160
第 5 章 综合实验	163
实验 35 硼镁矿中硼含量的测定	163

实验 36	水泥熟料全分析	165
实验 37	铅精矿中铅的测定 (沉淀分离-配位滴定法)	171
实验 38	石灰石中钙含量的测定 (高锰酸钾滴定法)	172
实验 39	海盐的提纯及含量分析	174
实验 40	分光光度法对植物组织中总铁量的测定	177
实验 41	萃取光度法测定水中的表面活性剂	180
实验 42	土壤阳离子交换容量的测定 (乙酸铵交换法)	182

第 6 章 设计实验 186

实验 43	蛋壳中碳酸钙含量的测定	186
实验 44	特色水果中总酸度的测定	187
实验 45	胃舒平药片中铝和镁的测定	188
实验 46	牛奶中钙含量的测定	188
实验 47	果汁中抗坏血酸含量的测定	189
实验 48	漂白粉中有效氯和总钙量的测定	191
实验 49	茶叶中微量元素的鉴定与定量测定	192
实验 50	中药黄连素片中盐酸小檗碱的测定	193

练习题参考答案 (基础实验 1~34) 194

附录 201

附录 1	常用化合物的相对分子质量	201
附录 2	市售酸碱试剂的含量及密度	203
附录 3	常用指示剂及其配制方法	203
附录 4	常用缓冲溶液及其配制方法	205
附录 5	常用基准物及其干燥条件	207
附录 6	常用干燥剂	207
附录 7	常用熔剂和坩埚	208
附录 8	滤器及其使用	209

参考文献 210

第 1 章

分析化学实验目的与基本要求

1.1 学习分析化学实验的目的

分析化学是化学的重要分支学科之一。分析化学理论课和分析化学实验课是大学化学化工类及相关专业的重要基础课。两者皆单独设课，且后者往往占有更多的学时和学分，原因是分析化学是一门实践性很强的学科。分析化学实验课的任务是使我们进一步加深对分析化学基础知识、基本理论和分析方法基本原理的理解，正确和较熟练地掌握分析化学实验的技能与基本操作，树立严格的“量”的概念，培养严谨细致的工作作风和实事求是的科学态度，训练科学研究素质，提高观察、分析和解决问题的能力，为学习后续课程和将来从事科学研究及实际工作打下良好的基础。

分析化学实验通过在教师指导下，学生独立地完成实验操作、观察和记录实验现象、发现和分析问题、归纳和总结知识、撰写报告和小论文等多方面的训练，使学生达到如下学习目的。

- ① 使学生系统、全面地加深对分析化学的基本理论和基本概念的理解，在此基础上掌握基本分析方法的原理及应用，并了解其相关应用领域。
- ② 对学生进行严格的分析化学实验基本操作与技能的训练，树立严格的“量”的概念，学会常用分析装置及仪器的使用。
- ③ 培养学生独立进行实验、组织与设计实验的能力。
- ④ 培养学生严谨认真和实事求是的科学态度、良好的实验作风和环境保护意识。
- ⑤ 培养学生综合应用分析化学及有关学科的知识，组织、完成分析实验任务和开展分析方法研究的能力，为后续的有关专业基础课程的学习打下基础。

1.2 分析化学实验课程基本要求

分析化学实验是在教师的正确引导下由学生独立完成的，因此实验效果能否达到分析化学实验的目的，与学生、教师的正确态度和方法密切相关。

学生是学习的主体，为了学好该课程并达到预期的目的，在学习过程中应做好以下

几点。

① 课前必须认真预习,理解实验原理,了解实验过程和所用仪器的工作原理与基本结构组成,明确实验步骤,写好预习报告。

② 了解实验室和实验的注意事项,确保安全,明确突发事件的应急措施。

③ 了解相关分析方法的特点、应用范围及局限性。学习如何根据试样情况、分析目的、对结果的要求等,选择更适宜的分析方法和测试条件。

④ 学习和掌握相关分析方法的实验技术,包括样品处理方法和仪器操作方法,严格遵守操作规程,未经指导教师允许,不应随意改变仪器工作状态或随意更换、拆卸仪器的零部件。

⑤ 保持实验室内安静,以利于集中精力做好实验。保持实验台面清洁,玻璃器皿、仪器设备摆放整齐有序。爱护仪器和公共设施,公共药品用完后放回原处,仪器用完后恢复到初始状态。

⑥ 各种测量的原始数据和分析方法参数,必须随时记录在专用的实验记录本上,不得记在其他任何地方,不得涂改原始实验数据。

⑦ 学习和掌握实验数据的处理方法。化学分析的基本实验,其实验结果的相对平均偏差,一般要求不超过 0.3%。仪器分析的基本实验,一般要求实验结果的相对标准偏差不得超过 5%。自拟方案和复杂组分的分析实验可适当放宽要求。

⑧ 实验过程注意节约使用实验耗材、水、气、电等。取用试剂时应看清标签,以免因误取而造成浪费和实验失败。洗涤仪器用水要遵循“少量多次”的原则。要树立环保意识,在保证实验准确度要求的情况下,尽量降低有毒有害化学物质的消耗和排放,废固与废液应收集和处理,切勿随意倒入水槽中,以免腐蚀下水道及污染环境。

⑨ 遵守实验室各项规章制度。爱护仪器设备,若发现仪器工作异常,应及时报告,不得擅自处理,更不得隐瞒。每次实验完毕,将仪器复原,罩好防尘罩,清洁、整理并清点器皿和物品,打扫卫生,切断水电,关好门窗,指导教师检查并签字后方可离去。

⑩ 第一次和最后一次实验课上,都要按照清单认真清点由个人保管使用的全套仪器、物品。实验中损坏或丢失的仪器、物品要及时去“仓库”登记领取,并且按有关规定进行赔偿。

教师是学习的主导者,在实验教学过程中应努力做到下述几点。

① 上好第一堂实验课。在第一次实验课上,讲清实验的整体安排、要求、注意事项和评分标准等,强调分析化学实验的重要性,激发学生学习兴趣。

② 实验前认真备课,凝练课堂讲授内容,以留出更多时间让学生动手操作。这主要包括需传授的基本知识、演示的实验操作以及上次实验存在的问题和本次实验成功的关键等。

③ 指导实验时,应坚守工作岗位,及时发现和纠正学生的操作错误与不良习惯;集中精力指导实验,不做其他杂事。

④ 仔细批改实验报告,及时归纳学生实验和实验报告中存在的问题,以便下次实验前总结。不定期组织学生举行实验专题讨论,交流实验方面的心得体会。

1.3 对实验数据记录、处理和实验报告的基本要求

1.3.1 实验数据记录的基本要求

实验中直接观察得到的数据称为原始数据,如称量的基准物质的质量、滴定中消耗的标准溶液的体积等。这些数据的记录应保证完整性、客观性与真实性,一份完整、详实的实验记录可以为他人提供很有价值的参考资料,可以避免无意义的重复实验,甚至可以作为仲裁的依据。要做好数据记录,通常要注意以下几个方面。

① 必须如实、准确、清楚地用钢笔或签字笔记录所有的原始数据,不得随意更改或删减,也不能使用铅笔、红笔、橡皮和涂改液等。如果万一看错刻度或读错数据,需要修正时,应在原数据旁写上正确数据,用一条横线划去原数据(保留备查),并说明原因。例如,在读取滴定管读数时将 22.66 错看成 22.36,这时不可以直接将 3 涂改成 6,而应按如下方式改正:

$$V = \overset{22.66}{\cancel{22.36}} (\text{看错})$$

② 记录测量数据时,应注意有效数字的保留。如万分之一的分析天平应记录至 0.0001g,百分之一的天平应记录至 0.01g,滴定管与吸量管的读数、移液管与容量瓶的体积均应记录到 0.01mL,如用 25mL 移液管移取溶液,其所放出溶液的体积应记为 25.00mL,250mL 容量瓶中所盛溶液达到刻度线时溶液的体积应记为 250.00mL,总之,记录的有效数字位数要能正确反映仪器测量的精密密度。

③ 实验数据应记录在专门标注好页码的实验记录本上,记录中不得撕去任何一页(也可记录在供学生实验专用的记录纸上)。原则上不能将实验数据记录在单页纸或小纸片上,否则万一遗忘或遗失都将造成不可挽回的损失。

④ 有些实验应注意记录有关的实验条件,如温度、大气压、湿度、仪器及参数、校正值等。记录数据时还应注明其实验内容(标题)及所用单位。对一些重要的实验现象也应予以记录。

⑤ 实验过程中,要养成及时记录实验数据的习惯。所有的测量数据与结果,包括应记录的测量仪器的参数及基本信息,都应准确、真实地记录下来。切不可凭主观臆断拼凑或伪造数据,或者强迫自己回忆已忘记的未及时记录的数据与结果。

⑥ 分析实验中的数据记录都应清楚、整洁、明了,一般采用表格形式。例如,用基准物质邻苯二甲酸氢钾(KHP)标定 NaOH 溶液浓度的数据记录,见表 1.1。

表 1.1 用邻苯二甲酸氢钾(KHP)基准物质标定 NaOH 溶液

项 目	1	2	3
$m_{\text{KHP}} + \text{称量瓶(倾出前)}/\text{g}$	16.1511	15.6181	15.1125
$m_{\text{KHP}} + \text{称量瓶(倾出后)}/\text{g}$	15.6181	15.1125	14.5811
m_{KHP}/g	0.5330	0.5056	0.5314
$V_{\text{NaOH}}(\text{终读数})/\text{mL}$	25.08	23.84	24.96
$V_{\text{NaOH}}(\text{初读数})/\text{mL}$	0.02	0.04	0.03
$V_{\text{NaOH}}/\text{mL}$	25.06	23.80	24.93

- ⑦ 实验过程中的每一个数据都应记录下来，即使在重复测量时，出现完全相同的数据也要完整地记录下来，因为这表示另一次操作的结果。
- ⑧ 实验结束后，实验数据应请老师签字，才允许离开。

1.3.2 实验数据处理的基本要求

定性分析实验中的实验数据一般较少，处理比较简单。而定量分析实验中的实验数据较多，为了做到简单、明了、正确地处理实验数据。通常采用表格的形式将原始实验数据以及对数据处理后的实验结果表示出来，并对结果进行误差分析。定量分析一般平行测量3次，需要用平均值（或置信区间）来表示测量结果，用相对平均偏差（或标准偏差）来衡量分析结果的精密度。现以邻苯二甲酸氢钾（KHP）标定氢氧化钠的实验为例，数据处理见表1.2。

表 1.2 邻苯二甲酸氢钾标定氢氧化钠溶液

项 目	1	2	3
$m_{\text{KHP}} + \text{称量瓶(倾出前)}/\text{g}$	16.1511	15.6181	15.1125
$m_{\text{KHP}} + \text{称量瓶(倾出后)}/\text{g}$	15.6181	15.1125	14.5811
m_{KHP}/g	0.5330	0.5056	0.5314
$V_{\text{NaOH}}(\text{终读数})/\text{mL}$	25.08	23.84	24.96
$V_{\text{NaOH}}(\text{初读数})/\text{mL}$	0.02	0.04	0.03
$V_{\text{NaOH}}/\text{mL}$	25.06	23.80	24.93
$c_{\text{NaOH}}/(\text{mol/L})$	0.1042	0.1038	0.1044
平均浓度/ (mol/L)	0.1041		
个别测定值的偏差 d_i	0.0001	-0.0003	0.0003
相对平均偏差 $\bar{d}_r$	0.2\%		

浓度：
$$c_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{KHP}} \times 1000}{M_{\text{KHP}} V_{\text{NaOH}}} (\text{mol/L})$$

平均浓度：
$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3}$$

绝对偏差：
$$d_i = c_i - \bar{c}$$

平均偏差：
$$\bar{d} = \frac{|c_1 - \bar{c}| + |c_2 - \bar{c}| + |c_3 - \bar{c}|}{3}$$

相对平均偏差：
$$\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{c}} \times 100\%$$

1.3.3 实验报告的基本要求

实验报告是培养学生归纳、总结与分析问题能力的有效途径。实验完毕，学生应根据实验记录进行整理，应用专门的实验报告本或报告纸，及时认真地完成实验报告，在离开实验室前或在指定的时间交给实验指导教师。

实验报告一般包括以下内容:

① 实验名称。

② 实验时间、地点、室温、指导教师等基本信息。

③ 实验目的。

④ 实验原理:一般简要地用文字或化学反应方程式说明,不能简单地照抄教材。例如,对于滴定分析,通常应有标定和滴定反应方程式,基准物质和指示剂的选择,标定和滴定的计算公式等。对涉及特殊仪器装置的实验,应画出实验装置图。

⑤ 实验的主要仪器与试剂:普通仪器应写出规格,大型仪器应标明型号与生产厂家。试剂应注明浓度。

⑥ 实验步骤:实验步骤的书写应简明扼要,一般采用流程图的形式,也可分步列出。特别注意,实验方法和试剂用量与实验教材不一致时,要按实验时的方法和用量去写。

⑦ 实验数据的记录与处理:定量分析实验数据的记录与处理通常采用表格形式,表格下面应列出处理数据时的计算公式。

⑧ 结果讨论与问题分析:针对实验中的现象、测定结果或产生的误差等尽可能地结合本课程有关理论进行认真讨论,并对出现问题进行分析,提出自己的见解或体会,以提高自己的分析问题、解决问题的能力。也为以后的科学研究论文的撰写打下一定的基础。同时,还可解答实验后面所附的思考题。

对于综合性实验报告,除一般实验报告的基本内容外,重点突出对实验对象、复杂样品的处理和多种方法综合运用分析、总结。

对于设计性实验报告,除一般实验报告的基本内容外,应重点突出对实验方案设计和实验方案实施中出现的问题进行分析,进而对方案设计提出修正意见。对实验结果与预期结果进行比较分析,提出自己的见解,总结收获和体会。

实验报告的价值在于用自己的话去表达所获得的感性认识,从而得出结论或规律。

第2章

分析化学实验基本知识与基本技能

2.1 分析化学实验室安全规则

分析化学实验室安全包括人身安全和实验室本身（如仪器、设备等）的安全，涉及化学药品、电、气、水等的使用，主要应预防由化学药品引起的中毒，实验操作过程中发生的烫伤、割伤和腐蚀等，因高压电源、高压气体、燃气、易燃易爆化学品等产生的火灾、爆炸事故，以及自来水泄漏事故，等等。为确保人身安全，实验室、仪器和设备的安全，以及环境不受污染，必须严格遵守以下实验室安全规则。

① 实验室内严禁吸烟、饮食，勿以实验容器用作水杯、餐具，实验操作时应使口、鼻远离有毒、刺激的试剂或样品，实验结束后要仔细洗手。不可将化学试剂带出实验室。

② 制备和使用有毒、有刺激性、恶臭的气体，如氮氧化物、 Br_2 、 Cl_2 、 H_2S 、 SO_2 、氢氰酸等，消化样品和加热或蒸发 HCl 、 HNO_3 等，以及敞开操作挥发性有机物时，应在通风橱内进行。挥发性试剂用后要随手盖紧瓶塞，置阴凉处存放。

③ 使用 KCN 、 As_2O_3 、 HgCl_2 等剧毒品时要特别小心。不得入口或接触到伤口，氰化物不能加入酸，否则产生 HCN （剧毒）。使用汞时应避免泼洒在实验台或地面上，万一发现少量汞洒落，应尽量收集干净，然后在可能洒落的地方撒上一些硫黄粉，最后清扫干净，并集中作固体废物处理。用过的废物不可乱扔、乱倒，应回收或进行特殊处理。

④ 使用浓酸、强碱及其他具有强烈腐蚀性的试剂时，操作要小心。防止腐蚀皮肤和衣物等。浓酸、浓碱若溅到身上应立即用水冲洗，若洒到实验台上或地面时要立即用水冲稀后擦净。浓、热的高氯酸遇有机物易发生爆炸，若试样为有机物，应先加浓硝酸将其破坏，再加入高氯酸。

⑤ 使用可燃性有机试剂时，要远离火源及其他热源。低沸点、低闪点的有机溶剂不得在明火或电炉上直接加热，而应在水浴、油浴或可调电压的电热套中加热。

⑥ 一切电器设备在使用前，应检查是否漏电，使用时先接好线路再插上电源。实验结束后，必须先切断电源，再拆线路。

⑦ 使用高压气体钢瓶时，要严格按照规程操作。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是燃气要“迟到早退”，即先开助燃气，再开燃气；