

全国普通高等教育“十三五”
食品科学与工程专业院校规划教材

食品科学与工程专业实验实习指导用书

总主编 周 浓

化学综合实验指导

主 编 石汝杰

全国百佳图书出版单位
中国中医药出版社

全国普通高等教育“十三五”食品科学与工程专业院校规划教材
食品科学与工程专业实验实习指导用书

化学综合实验指导

主 编 石汝杰
编 委 周大祥 李彦杰 刘仁华
杨 玲 张弦飞

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

化学综合实验指导/石汝杰主编. --北京: 中国

中医药出版社, 2019.8

食品科学与工程专业实验实习指导用书

ISBN 978-7-5132-5580-6

I. ①化… II. ①石… III. ①化学实验-高等学校-

教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 087933 号

中国中医药出版社出版

北京经济技术开发区科创十三街 31 号院二区 8 号楼

邮政编码 100176

传真 010-64405750

保定市西城胶印有限公司印刷

各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 267 千字

2019 年 8 月第 1 版 2019 年 8 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5132-5580-6

定价 48.00 元

网址 www.cptcm.com

社长热线 010-64405720

购书热线 010-89535836

维权打假 010-64405753

微信服务号 zgzyycbs

微商城网址 <https://kdt.im/LIdUGr>

官方微博 <http://e.weibo.com/cptcm>

天猫旗舰店网址 <https://zgzyycbs.tmall.com>

如有印装质量问题请与本社出版部联系 (010-64405510)

版权专有 侵权必究

序

现代高等教育自诞生之日起始终伴随着争论与改革，在探索、改革、发展中一路走来。在现代大学制度下，食品科学与工程专业的人才培养不论是从结构上、质量上、水平上都无法同国家战略对食品人才的需求匹配，无法满足经济结构调整、行业转型升级、产业换档提速的发展要求，存在人力资源供给和产业需求脱节现象。因此，有必要根据 21 世纪国内外教学改革的发展方向，在原有基础上着眼于不断充实相关学科的新知识，在新的高度上将新知识以及社会发展的新要求体现于实验实训教材之中。为此，我们编写了《食品科学与工程专业实验实习指导用书》。

重庆三峡学院为重庆市首所倡导“绿色教育理念”、力推“绿色教育产教融合”的本科院校。食品科学与工程专业是国家首批卓越农林人才教育培养计划改革试点专业，重庆市“三特行动计划”特色专业，中美产教融合+高水平应用型高校建设专业。多年的研究和实践教学表明：高等教育中院校教育改革的核心是建立符合学科特点和人才成长规律的课程体系，并以恰当的形式付诸实践，其中，如何使理论课程学习和相应的基本实践技能培训共同提高、全面发展，尤其值得关注。

《食品科学与工程专业实验实习指导用书》包括《化学综合实验指导》《微生物学实验指导》《三峡库区特色食品检测与分析综合实验指导》《食品工艺学实验指导》四个分册，集食品科学与工程等相关专业的主体实验内容、实习实训内容于一体，是食品科学与工科学理论与生产实践相结合的产物，是综合性与实践性很强的专业实验实习。以产业发展对人才需求为导向，产学研用相融合，将“科研促教学、科研转化教学”“绿色理念”“三峡库区特色优势生物资源”有机地贯穿于实验教材中，全力铸就“三峡”“绿色”“应用”三大品牌，改革教学内容和课程体系，使教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，实现专业链与产业链、课程内容与职业标准、教学过程与生产过程对接，提高本科生的实践能力、科研能力、创新能力，立足于服务区域经济社会发展的应用型人才培养，为提升对食品科学与工程专业人才培养和食品经济发展的贡献而努力。编写本套教材的目的是培养学生具备食品检验和食品加工的基础实验技能，提高学生从事食品开发的能力，结合实习实训和毕业设计（论文），完成食品工程师和食品检验师所具备的基本能力训练。

本套教材能够顺利完成，得益于各位参与者的辛勤努力和无私奉献，也得益于教育部“国家卓越农林人才教育培养计划（实用技能型）改革试点项目”、重庆市教育委员会“三特行动计划”特色专业、重庆三峡学院生物与食品基础实验教学中心和重庆市教育委员会教育教学改革项目的支持与资助。此外，本套教材的编写也得到了重庆三峡学院有关部门和领导的关心与指导。在此谨以本套教材的付梓刊印向所有支持高等教育

的人们致以崇高的敬意!

应当指出,由于本套教材倡导的教学内容和思路有一些尚处于研究探索阶段,尽管参加研究和编写的专家都本着对教学高度负责的态度,反复推敲,严格把关,但缺点和错误在所难免,恳请专家同道和广大师生批评指正,多提宝贵意见,以便今后修正、充实,日臻完善。

《食品科学与工程专业实验实习指导用书》编委会

2019年2月16日

前 言

大学化学实验是农业生产、食品科学、生物科学和生物技术等专业必修的专业基础课程。大学化学实验主要包括无机化学、分析化学、有机化学等实验课程。一直以来,这些实验课程大多单独选购专业教材,既增加学生的经济负担,又违背可持续发展的绿色经济路线。为适应大学专业课学时压缩的教学改革趋势和社会对高层次、应用型、实践性专门人才的需求,本实验教材将无机化学、分析化学和有机化学的实验有机地融为一体。全书共编入实验项目 61 项,附录 2 项,所选实验都是通用的、经典的,适于生命科学、农学、林学、园艺学、食品科学等非化学专业学生使用。

同时,运用绿色化学原理和方法,帮助学生建立绿色化学的理念是本实验教材的另一特点。在传统的有机化学实验中,经常会产生大量的废物或者存在较高的操作危险性。本书在编排有机化学实验时,尽量选择可以减少有毒溶剂使用或能在室温下发生反应的实验;优先选择使用无毒、无害、无二次污染的反应物或催化剂;对于确定要用到有毒有害物质的实验,则采用半微量型或微量型实验。

本实验教材是重庆三峡学院食品科学与工程特色专业建设资助项目,在编写过程中,参考了一些实验教材和相关论文,同时得到了生物与食品工程学院相关专业老师的指导和帮助,在此一并致谢。由于编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请各位读者给予批评指正。

编 者

2017 年 12 月

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 第一章 化学实验的基础知识和基本操作 | 1 |
| 第一节 化学实验的基础知识 | 1 |
| 第二节 化学实验的基本操作 | 6 |
| 第三节 化学实验的绿色化 | 41 |
| 第二章 无机及分析化学实验 | 49 |
| 第一节 基础性实验 | 49 |
| 实验一 灯的使用、玻璃管操作及塞子钻孔 | 49 |
| 实验二 分析天平称量练习 | 53 |
| 实验三 葡萄糖干燥失重的测定 | 54 |
| 实验四 溶液的配制 | 55 |
| 实验五 弱酸电离常数的测定 (pH 法) | 56 |
| 实验六 容量仪器的校准 | 59 |
| 第二节 化学元素性质实验 | 60 |
| 实验一 碱金属和碱土金属的性质 | 60 |
| 实验二 氧和硫的性质 | 62 |
| 实验三 卤素的性质 | 64 |
| 实验四 铁、钴、镍的性质 | 66 |
| 实验五 铜和锌的性质 | 68 |
| 第三节 酸碱滴定实验 | 71 |
| 实验一 滴定分析基本操作练习 | 71 |
| 实验二 盐酸标准溶液的配制和标定 | 73 |
| 实验三 氢氧化钠标准溶液的配制与标定 | 75 |
| 实验四 食用白醋中 HAc 浓度的测定 | 77 |
| 实验五 铵盐中氮含量的测定 (甲醛法) | 78 |
| 实验六 混合碱的分析 (双指示剂法) | 81 |

| | |
|--|-----|
| 第四节 配位滴定实验 | 83 |
| 实验一 配位化合物的生成和性质 | 83 |
| 实验二 EDTA 标准溶液 (0.05mol/L) 的配制与标定 | 84 |
| 实验三 水中钙、镁含量的测定 | 86 |
| 实验四 铅、铋混合液中铅、铋含量的连续测定 | 88 |
| 第五节 氧化还原滴定实验 | 91 |
| 实验一 KMnO_4 标准溶液的配制和标定 | 91 |
| 实验二 过氧化氢含量的测定 | 92 |
| 实验三 I_2 标准溶液 (0.05mol/L) 的配制与标定 | 93 |
| 实验四 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定 | 94 |
| 实验五 维生素 C 的含量测定 (直接碘量法) | 96 |
| 实验六 铜盐的含量测定 (间接碘量法) | 98 |
| 实验七 碘量法测定葡萄糖的含量 | 100 |
| 实验八 水样中化学耗氧量 (COD) 的测定 (高锰酸钾法) | 102 |
| 第六节 沉淀滴定法实验 | 104 |
| 实验一 硝酸银标准溶液的配制与标定 | 104 |
| 实验二 可溶性氧化物中氯含量的测定 (莫尔法) | 106 |
| 实验三 沉淀重量法测定钡的含量 | 108 |
| 第七节 综合性与设计性实验 | 110 |
| 实验一 粗食盐的提纯 | 110 |
| 实验二 蛋壳中碳酸钙含量的测定 | 112 |
| 实验三 硫酸亚铁铵的制备及组成分析 | 113 |
| 实验四 硫酸四氨合铜 (II) 的制备及组成分析 | 116 |
| 实验五 牛奶酸度和钙含量的测定 | 118 |
| 实验六 果蔬中维生素 C 的提取和定量测定 (2,6-二氯酚靛酚滴定法) | 119 |
| 实验七 水质及水的净化 | 121 |
| | |
| 第三章 有机化学实验 | 125 |
| 第一节 有机化学基本操作实验 | 125 |
| 实验一 有机混合物的蒸馏、分馏实验 | 125 |
| 实验二 减压蒸馏 | 127 |
| 实验三 重结晶与过滤 | 129 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第二节 有机化合物的绿色制备实验 | 130 |
| 实验一 环己烯的制备 | 130 |
| 实验二 正溴丁烷的制备 (半微量合成法) | 133 |
| 实验三 环己酮的绿色制备 | 134 |
| 实验四 乙酸乙酯的制备 (半微量合成法) | 136 |
| 实验五 乙酸正丁酯的制备 | 137 |
| 实验六 肉桂酸的制备 (半微量合成法) | 138 |
| 实验七 己二酸的制备 | 140 |
| 实验八 甲基橙的制备 (半微量合成法) | 141 |
| 实验九 阿司匹林的合成 | 143 |
| 第三节 天然有机化合物的提取 | 145 |
| 实验一 从茶叶中提取咖啡因 | 145 |
| 实验二 黄连中黄连素的提取 | 146 |
| 实验三 从槐花米中提取芦丁 | 148 |
| 实验四 从红辣椒中提取红色素 | 150 |
| 实验五 水蒸气蒸馏法提取八角茴香精油 | 152 |
| 第四节 综合性、设计性实验 | 153 |
| 实验一 肥皂的制备 | 153 |
| 实验二 绿茶中茶多糖的提取和含量测定 | 155 |
| 实验三 壳聚糖的制备、降解及应用 | 157 |
| 实验四 植物生长调节剂 2, 4-二氯苯氧乙酸的制备 | 159 |
| 实验五 生物柴油的制备 | 161 |
| 附 录 | 165 |
| 附录 1 无机及分析化学实验常用参数 | 165 |
| 附录 2 有机化学实验常用参数 | 173 |
| 参考文献 | 178 |

第一章 化学实验的基础知识和基本操作

第一节 化学实验的基础知识

一、化学实验课程的目的与意义

“实验教学是实施全面化学教育的有效形式”。化学是一门以实验为基础的自然科学，其各门课程的理论和定律都是通过实验总结出来的。化学新物质的合成及应用也离不开化学实验。

化学实验是在人为条件下进行化学现象的模拟、再现和研究的实践性活动。而化学实验的成功与否，与实验条件和实验操作者的实验技能、技巧有关。在实验条件(仪器和药品)已经满足实验要求的前提下，则实验操作者实验技能的高低是影响实验结果和准确性的直接因素。

化学实验课程的目的是使学生加强对化学实验仪器和实验装置操作规范的认知，扎实地训练化学实验方法与技能技巧。化学实验课程的任务是使学生了解化学实验的类型；具备化学实验常识；正确选择和使用常见的实验仪器设备，了解其构造、性能、用途和使用方法；熟悉实验原理和操作，系统掌握无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验、物理化学实验和仪器分析实验的基本操作方法和实验技能技巧；培养学生认真实验、仔细观察、积极思考、如实记录的实验素养、实事求是的科学态度及科学思维方法。通过化学实验课程的学习，使学生具备较高的化学实验素养、操作技巧和实验能力，为以后学习各门实验课程打下良好的基础。

二、化学实验的学习方法

学好并掌握化学实验，不仅要有正确的学习态度，还需要有正确的学习方法，可以从以下四个方面开始化学实验的学习。

(一) 预习实验

充分预习是做好实验的保证和前提。化学实验是在教师指导下，由学生独立实践完成的。只有充分理解实验原理、操作要领，明确自己在实验室中将要解决哪些问题、怎

样去做、为什么这样做，才能主动和有条不紊地进行实验，取得理想的结果，感受到做实验的意义和乐趣。预习实验必须做到以下两点：

1. 认真阅读实验教材及其相关参考资料，理解实验原理，熟悉实验操作的要领和仪器的使用方法。

2. 写出预习报告，可以用化学反应式、流程图等表明实验步骤，留出合适的位置记录实验现象；设计一个记录实验数据和实验现象的表格等；切勿原封不动地照抄实验教材。

(二) 实验开展

实验开展时要认真正确地操作、仔细观察、及时并如实地记录，最好用表格的形式记录数据，绝不能拼凑或伪造数据，也不能掺杂主观因素。如果记录数据后发现读错或测错，简要注明理由，便于找出原因。

实验过程中要注意对现象的观察，学会观察和分析变化中的现象，如物质的状态和颜色、沉淀的生成和溶解、气体的产生、反应前后温度的变化等都是实验现象，要善于透过现象看本质。

同时，应该及时并如实地记录实验现象，如果实验现象与理论不符，应首先尊重实验事实。不要忽视实验中的异常现象，更不要因实验的失败而灰心，而应仔细分析实验失败的原因，并用同样的方法，在相同条件下进行重复实验，查清现象的来源，检查所用的试剂是否失效、反应条件是否控制得当等，提高自己的科学思维能力与实验技能。

(三) 实验报告

实验报告是总结实验进行的情况、分析实验中出现的问题和整理归纳实验结果必不可少的基本环节，是把直接认识和感性认识提高到理性思维阶段的必要环节。通过实验报告也可反映每个学生的实验水平，是实验评分的重要依据。实验者必须严肃、认真、如实地写好实验报告。

实验报告包括以下七部分内容：

1. 实验目的。

2. 实验原理：主要用化学反应方程式和公式表示，语言要简明扼要。

3. 实验仪器与药品。

4. 实验步骤：尽量用表格、流程图、符号等形式，表达要清晰、有条理。

5. 实验现象和数据记录：表达实验现象要正确、全面，数据记录要规范、完整，决不允许主观臆造、弄虚作假。

6. 实验结果：对实验结果的可靠程度与合理性进行评价，并解释所观察到的实验现象；若涉及数据计算，务必将其所依据的公式和主要数据表达清楚。

7. 问题与讨论：针对本实验中遇到的疑难问题，提出自己的见解或体会；也可以对实验方法、检测手段、合成路线、实验内容等提出自己的意见，从而使创新思维和创新能力得到训练。

三、实验室守则

1. 实验前认真预习,明确实验目的,了解实验原理,熟悉实验内容、方法和步骤,做好实验准备工作;严格遵守实验室的规章制度,听从教师的指导。

2. 实验中要保持安静,不得大声喧哗,不得随意走动;实验时要集中精力,认真操作,积极思考,仔细观察,如实记录。

3. 正确使用实验仪器、设备,精密仪器应严格按照操作规程使用,发现仪器有故障时应立即停止使用,并及时向指导教师报告。

4. 实验台上的仪器、试剂瓶等应整齐地摆放在一定的位置上,注意保持台面的整洁;每人应取用自己的仪器,公用或临时共用的玻璃仪器使用完后应洗净并放回原处。

5. 药品应按规定量取用,如未规定用量,应注意节约使用;已取出的试剂不能再放回原试剂瓶中,以免带入杂质;取用药品的用具应保持清洁、干燥,以保证试剂的纯洁和浓度;取用药品后应立即盖上瓶盖,以免放错瓶塞,污染药品;放在指定位置的药品不得擅自拿走,用后要及时放回原处;实验中用过又规定要回收的药品,应倒入指定的回收瓶中。

6. 实验中的废渣、纸、碎玻璃、火柴梗等应倒入废品杯内;废液应倒入指定的废液缸;剧毒废液由实验室统一处理;未反应完的金属洗净后回收;实验室的一切物品不得私自带出室外。

7. 实验结束后,应将所用仪器洗净后放回实验橱内;橱内仪器应清洁整齐,存放有序;实验室内公共卫生由学生轮流打扫,并检查水、电,关好门窗。

四、实验室的安全常识

化学实验室也要贯彻“安全第一、预防为主”的方针,指导教师和学生必须掌握丰富的安全知识,严格遵守操作规程和规章制度,经常保持警惕,以避免事故发生。如果预防措施可靠,发生事故后处理得当,则可以使伤害降到最低。

(一)实验室危险性的种类

1. 火灾爆炸危险性

实验室发生火灾的危险带有普遍性,这是因为化学实验室中经常使用易燃易爆物品,如高温高压容器(灭菌锅)、减压系统(真空干燥、蒸馏等)处理不当,操作失灵,再遇上高温、明火、撞击、容器破裂或没有遵守安全防护规程,往往会酿成火灾或爆炸事故,轻则造成人身伤害、仪器设备破损,重则造成多人伤亡、房屋破坏。

2. 有毒气体危险性

在实验中经常要用到各种有机溶剂,这些溶剂不仅易燃易爆而且有毒,且在实验中往往会产生有毒气体,如不注意则有引起中毒的可能性。

3. 触电危险性

实验室离不开电器设备,因此实验人员应懂得如何防止触电事故或由于使用非防爆

电器产生电火花引起的爆炸事故。

4. 机械伤害危险性

化学实验经常会用到玻璃器皿,或用玻璃管连接胶管等,若操作者疏忽大意或思想不集中往往会造成其皮肤与手指损伤、割伤等。

5. 放射性伤害危险性

从事放射性物质分析及 X 光衍射分析的人员很可能受到放射性物质及 X 射线的伤害,必须认真防护,避免放射性物质侵入和污染人体。

(二)事故的处理和急救

1. 割伤

先将伤口中的异物取出,不要用水冲洗伤口,轻伤者可以涂紫药水(或红汞、碘酒)或用“创可贴”包扎;伤势较重者需先用酒精清洗、消毒,再用纱布按住伤口,压迫止血,然后立即送医院治疗。

2. 烫伤

被火、高温物体或开水烫伤后,不要用水冲洗或浸泡。若烫伤处皮肤未破溃可将碳酸氢钠粉调成糊状敷于伤处,也可用 10% 高锰酸钾溶液或苦味酸溶液冲洗灼伤处,再涂上獾油或烫伤膏。

3. 强酸腐蚀

若受到强酸腐蚀应立即用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗,最后再用水冲洗;若酸液溅入眼睛,先用大量水冲洗后,立即送医院诊治。

4. 浓碱腐蚀

若受到浓碱腐蚀应立即用大量水冲洗,再用 2% 醋酸溶液或饱和硼酸溶液冲洗,最后再用水冲洗;若碱液溅入眼睛,先用 3% 硼酸溶液冲洗,然后立即到医院治疗。

5. 溴腐蚀

若受到溴腐蚀应先用苯或甘油洗濯伤口,再用水冲洗。

6. 磷灼伤

若受到磷灼伤应立即用 1% 硝酸银溶液、5% 硫酸铜溶液或浓高锰酸钾溶液洗濯伤处,除去磷的毒害后,再按一般烧伤的处理方法处置。

7. 吸入刺激性或有毒气体

吸入氯气、氯化氢气体时,可吸入少量乙醇和乙醚的混合蒸气解毒;吸入硫化氢或一氧化碳气体而感到头晕、胸闷、欲吐时,应立即到室外呼吸新鲜空气。但应注意,氯气、溴中毒不可进行人工呼吸;一氧化碳中毒不可施用兴奋剂。

8. 毒物入口

若误食毒物或毒物进入口中可先服一杯含有 5 ~ 10mL 稀硫酸铜溶液的温水,再将手指伸入咽喉部催吐,然后立即送医院治疗。

9. 触电

若不小心触电应立即切断电源,或尽快用绝缘物(干燥的木棒、竹竿等)将触电者与电源隔开,必要时需进行人工呼吸。

10. 起火

若遇起火要立即灭火, 并采取措施防止火势蔓延(如切断电源、移走易燃药品等), 必要时应报火警(119)。灭火时要针对起火原因选择合适的方法和灭火设备。

(1) 一般情况下, 小火可用湿布、石棉布或砂子覆盖燃烧物而灭火; 大火可以用水、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器灭火。

(2) 活泼金属, 如钠、钾、镁、铝等起火, 不能用水、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器灭火, 只能用砂土、干粉灭火器灭火; 有机溶剂起火时切勿使用水、泡沫灭火器灭火, 而应该用二氧化碳灭火器、专用防火布、砂土、干粉灭火器等灭火。

(3) 精密仪器、电器设备起火时, 首先应切断电源, 小火可用石棉布或砂土覆盖灭火, 大火用四氯化碳灭火器灭火, 亦可以用干粉灭火器或 1211 灭火器灭火。但注意不可用水、泡沫灭火器灭火, 以免触电。

(4) 身上衣物起火时, 切勿惊慌乱跑, 应尽快脱下衣物或用专用防火布覆盖起火处; 或就地卧倒打滚, 也可起到灭火的作用。

五、化学实验数据的记录与处理

(一) 化学实验数据的记录

学生应有专门的、预先编有页码的实验记录本, 不得撕去任何一页。绝不允许将数据记在单面纸或小纸片上, 或记在书上甚至手掌上等。实验记录本上记录的是实验中的所有原始数据, 一般整理后书写实验报告。实验过程中的各种测量数据及有关现象, 应及时准确且清楚地记录下来。记录实验数据要实事求是, 切忌随意拼凑或伪造数据。

实验过程中, 测量数据时应注意其有效数字的位数。用分析天平称量时, 要求记录到 0.0001g。滴定管及吸量管的读数应记录到 0.01mL。用分光光度计测量溶液的吸光度时, 如吸光度小于 0.6, 应记录至 0.001; 大于 0.6 时, 则要求记录至 0.01。

实验记录中的每一个数据都是测量结果, 所以重复观测时, 即使数据完全相同, 也要记录下来; 如滴定管的起始读数每一次均为零刻度, 也应该严格记录 0.00mL。

进行实验记录时, 文字记录应整洁; 数据记录应采用表格的形式。这样在后期整理时则更为清楚明白。

在实验过程中, 如发现数据算错、测错或读错而需要改动时, 可将该数据用一横线划去, 并在其上方写上正确的数据。

(二) 化学实验数据的处理

为了衡量分析结果的精密度, 一般对单次测定的一组结果 x_1, x_2, \dots, x_n , 算出其算术平均值 \bar{x} 后, 应再用单次测量结果的相对偏差、平均偏差、标准偏差等表示出来。以上是分析化学实验中较常用的几种处理数据的方法。一般在分析化学实验中相对偏差、平均偏差和相对标准偏差的结果保留 1 位有效数字即可。

算术平均值:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

相对偏差:

$$\frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$$

平均偏差:

$$\bar{d} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n} = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n}$$

相对平均偏差:

$$RMD = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

标准偏差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

相对标准偏差:


$$RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

其他有关实验数据的统计学处理,如置信度与置信区间、是否存在显著性差异的检验及对可疑值的取舍判断等,可参考有关教材和专著。

第二节 化学实验的基本操作

一、无机化学及分析化学实验的基本仪器

表 1-1 常用无机化学和分析化学实验仪器的使用

| 仪器 | 主要用途 | 注意事项 |
|---|---|--|
|  <p>烧杯</p> | ①物质的反应器、确定燃烧产物; ②溶解、结晶某物质; ③盛取、蒸发浓缩或加热溶液; ④盛放腐蚀性固体药品进行称重 | ①给烧杯加热时要垫上石棉网,以均匀供热。不能用火焰直接加热烧杯,因烧杯底面积大,用火焰直接加热,会使玻璃受热不匀而引起炸裂。加热时,烧杯外壁须擦干; ②用于溶解时,液体的量以不超过烧杯容积的 1/3 为宜,并用玻璃棒不断轻轻搅拌。溶解或稀释过程中,用玻璃棒搅拌时,不要触及杯底或杯壁; ③盛液体加热时,液体量不要超过烧杯容积的 2/3;一般以烧杯容积的 1/3 为宜; ④加热腐蚀性药品时,可将一表面皿盖在烧杯口上,以免液体溅出; ⑤不可用烧杯长期盛放化学药品,以免落入尘土或使溶液中的水分蒸发; ⑥不能用烧杯准确量取液体 |

续 表

| 仪器 | 主要用途 | 注意事项 |
|--|--|--|
|  <p>量筒和量杯</p> | 按体积定量量取液体 | ①不能作为反应容器； ②不能加热； ③不能稀释浓酸、浓碱； ④不能储存药剂； ⑤不能量取热溶液； ⑥不能用去污粉清洗，以免刮花刻度 |
|  <p>锥形瓶(三角烧瓶)</p> | 锥形瓶一般用于滴定实验中；亦可用于普通实验中，制取气体或作为反应容器 | ①注入的液体最好不超过其容积的 1/2，过多容易造成喷溅； ②加热时使用石棉网(电炉加热除外)； ③锥形瓶外部要擦干后再加热； ④使用后需用专用洗涤剂清洗干净，并进行烘干，保存在干燥容器中； ⑤一般情况下不可用来存储液体； ⑥震荡时应向同一方向旋转 |
|  <p>试管及试管架</p> | 试管可以盛取液体或固体试剂；加热少量固体或液体；制取少量气体的反应器；用作少量试剂的反应器，在常温或加热时使用； 试管架用于放置(有时也可以将试管放置于试管架上，观察实验现象)、晾干试管 | ①盛取溶液时溶液量不超过试管容量的 1/2；加热溶液时溶液量不超过试管容量的 1/3； ②用滴管向试管内滴加液体时，应悬空滴加，不得伸入试管口； ③取块状固体要用镊子夹取放至于试管口，然后慢慢竖起试管使固体滑入试管底部；不能使固体直接坠入，以防试管底部破裂； ④加热试管时应使用试管夹，试管口不能对人；加热盛有固体的试管时，管口稍向下，加热液体时试管应倾斜约 45°； ⑤注意试管受热要均匀，以免液体暴沸或试管炸裂； ⑥加热后不能骤冷，防止破裂；加热时要预热，防止试管骤热而破裂；加热时要保持试管外壁没有水珠，防止受热不均而破裂；加热后不能在试管未冷却至室温时就洗涤试管 |
|  <p>烧瓶</p> | ①液体与固体、液体与液体间的反应器； ②常温或加热时装配气体反应发生器； ③蒸馏或分馏液体(带支管的烧瓶又称蒸馏烧瓶) | ①注入的液体应不超过烧瓶容量的 2/3，也不少于其容量的 1/3； ②应放在石棉网上加热，使其受热均匀；加热时，烧瓶外壁应无水滴； ③用于蒸馏或分馏时，要与胶塞、导管、冷凝器等配套使用 |