

普通高等教育“十三五”规划教材

无机及分析化学实验

Inorganic and Analytical Chemistry
Experiments

The Second Edition

第二版

王凤云 丰利 主编

董宪武 主审



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

无机及分析化学实验

第二版

王凤云 丰 利 主 编
薛晓丽 李 凯 副主编
董宪武 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

《无机及分析化学实验》(第二版)是《无机及分析化学》(第二版,王秀彦、马凤霞主编)的配套教材。全书分8章共49个实验,第1~第3章主要介绍无机及分析化学实验基础知识、基本操作、常用仪器操作技术;第4章通过7个实验训练学生的基本操作和动手能力;第5章主要是基本原理实验,主要目的是加深对基础理论知识的理解和掌握;第6章安排的是定量分析化学实验内容,通过实验帮助学生建立“量”的概念;第7章的安排是为了加强学生对理论常数来源的了解;第8章设置的综合性及设计性实验,旨在培养学生综合运用知识的能力和创新意识。

本书可作为高等院校农、林、牧、渔、生物、食品等专业及其他相关专业的教科书或参考书,也可供相关专业读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学实验/王风云,丰利主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2016.6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-26827-3

I. ①无… II. ①王…②丰… III. ①无机化学-化学
实验-高等学校-教材 IV. ①O61-33 ②O65-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第080906号

责任编辑:旷英姿

装帧设计:王晓宇

责任校对:吴静

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:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 彩插1 字数310千字 2016年6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: 27.00 元

版权所有 违者必究

编审人员

主 编 王凤云 丰 利

副主编 薛晓丽 李 凯

编 者 (按姓氏笔画排序)

马凤霞 王 丰 王凤云 王秀彦

丰 利 刘 强 李 凯 宋海燕

金 鑫 薛晓丽

主 审 董宪武

序

化学是一门古老而年轻的科学，是研究和创造物质的科学，它同工农业生产、国防现代化及人类社会等都密切相关。在改善人类生活方面，它也是最有成效的学科之一。可以说，化学是一门中心性的、实用性的和创造性的科学。

化学这门学科的发展经历了若干个世纪。从 17 世纪中叶波义耳确定化学为一门学科，到 19 世纪中叶原子—分子学说的建立，四大化学的分支——无机化学、有机化学、分析化学、物理化学相继形成，近代化学的框架基本定型。随着生产、生活的迫切需要，近年来化学学科得以飞速发展。

我国高等教育的结构发生了巨大的变革。一些大学通过合并使专业更加齐全，成为真正意义上的综合性大学；许多单科性学院也发展成了多科性的大学。同时，高等教育应该是宽口径的专业基础教育的新型高等教育理念也已经逐步深入人心。在这种形势下，一些基础课若仍按理、工、农、医分门别类采用不同教材进行教学，既不利于高等教育结构的改革，也不利于综合学生能力的培养。因此，编写出一些适用于不同专业的通用公共基础课教材，是 21 世纪教育改革的一个十分重要而又有深远意义的课题，也是一项十分艰巨的任务。

吉林农业科技学院化学系多年来坚持化学教材建设的研究与实践，对化学课程进行了整体设计和优化，突破四大分支学科的壁垒，编写出版了“高等学校‘十一五’规划系列教材”——《无机及分析化学》、《无机及分析化学实验》、《有机化学》、《有机化学实验》。

该化学基础课程体系，充分考虑了学科发展的趋势和学生学习课时数等方面的情况，突出适度、适用的原则，使省出的学时让学生学习更多的包括化学以外的新知识，希望培养出适应我国科学技术和经济的快速发展的所需要的高素质复合型人才。

苏显学

第二版前言

为适应我国高等教育转型改革与发展的需求,吉林农业科技学院无机及分析化学实验教材编写组提出了以基本技能训练为主线的编写指导思想,并于2009年出版了《无机及分析化学实验》。本书自出版以来,经过教学实践,受到了学生和教师的好评。第二版在第一版编写指导思想和教材特色的基础上,从提高学生分析和解决实际问题的能力出发,对第一版作了如下修改。

(1) 为完善本教材的编写体系,适应时代的发展,删除了不用的半自动电光分析天平和定性分析部分实验内容,增加了综合性和设计性实验,使实验教学体系由基本操作与技能训练到基本操作与技能的应用,并最终过渡到利用基础理论和技能进行的综合性和设计性实验。通过基本操作与技能、化学技能与实践、化学实践与提高三个层次的实验训练,实现基本操作与技能由训练到真正为理论服务的教学理念,提高学生的科研能力和科研意识。

(2) 在编写过程中,按照绿色化学的思维方式,尽量从源头上消除污染,如 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的制备及提纯,原有的方法有 NO_2 气体生成,第二版将制备过程中的氧化剂由 HNO_3 改为 H_2O_2 ,实现了实验室无污染合成 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 在编写过程中,注重吸收当代教学和科研的新成果,注重培养学生的创新能力和科研能力。

《无机及分析化学实验》第二版是《无机及分析化学》(第二版,王秀彦、马凤霞主编)的配套教材。在本书修订过程中,马凤霞、王丰、王凤云、王秀彦、丰利、金鑫、刘强、李凯、薛晓丽、宋海燕等参加了修订工作,并相互进行了审阅,最后由王凤云负责修改并统稿,董宪武主审。

本书在编写过程中参考了一些兄弟院校的教材,并吸收了其部分内容,化学工业出版社也给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!

用新的编写指导思想和理念编写无机及分析化学实验教材是一种新的尝试,但由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请广大师生与我们联系(785911140@qq.com),以便我们改正,使本教材内容更加完善。

编者

2016年4月

第一版前言

化学是一门以实验为基础的科学,它已渗透到工农业生产、生命科学、科技创新和人类生活的各个方面。进入 21 世纪以来,随着高等院校教学改革的不断深化,高等农业院校将无机化学和分析化学整合为无机及分析化学,并将无机及分析化学实验从理论课中分离出来成为一门独立的必修课程。无机及分析化学实验作为大学一年级的必修课,其主要任务是:培养学生严谨的科学态度、良好的实验作风;培养学生的动手、观察、查阅、记忆、思维、想象和表述等能力;使学生能够进一步巩固、掌握、深化、拓展化学理论知识,掌握化学实验基本操作技能。

本书是高等学校“十一五”规划教材,是《无机及分析化学》(王秀彦,马凤霞主编)的配套教材,是编者根据教学改革实践和教学发展需要,结合多年的教学实践而编写的。全书分 8 章共 51 个实验,第 1~第 3 章主要介绍无机及分析化学实验的基本要求、基础知识、基本操作规范和常用仪器的基本操作技术;第 4 章通过 5 个实验训练学生的基本操作和动手能力;第 5 章包含 9 个基础实验,主要目的是巩固化学的基本原理,加深对知识的理解;第 6 章安排 22 个实验,学生通过学习一些常见化学分析的实验技术及其应用,建立起“量”的概念;第 7 章为 6 个物理常数的测定实验,加强学生对理论常数来源的了解;第 8 章设置了 9 个综合性及设计性实验,旨在培养学生综合运用知识的能力和创新意识。

本书由吉林农业科技学院王凤云、丰利主编,薛晓丽、陈海蛟副主编。具体编写分工是:王凤云编写第 1 章、第 2 章,第 3 章的 3.1;实验 12, 13, 14, 22, 25, 46, 51;滴定分析实验的操作技能考核;案例。丰利编写第 3 章的 3.3, 3.4, 3.5;实验 6, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 28, 29, 30, 31, 32, 33。薛晓丽编写实验 1, 2, 3, 4, 5, 17, 18, 26, 27, 43。陈海蛟编写 47, 48, 49, 50。孔令瑶编写实验 19, 20, 21, 23, 24, 44, 45。马凤霞编写 3.2;实验 40; 41。刘强编写实验 11; 37, 38, 39。王秀彦编写实验 42。王丰编写实验 34, 35, 36。一汽吉林汽车有限公司李志勇编写附录。全书由丰利、薛晓丽和孔令瑶核校,王凤云统稿。

本书得到了东北师范大学化学学院多酸研究所王晓红博士的审核,特此感谢!

本书的编写得到吉林农业科技学院各级领导的大力支持,特别是董宪武教授的细心指导,正是他们对教学改革与教材编写的热情关心和全力支持,才使本书得以如问世。

本书可作为农、林、牧、渔、生物、食品等专业及其他相关专业的教科书或参考书,也可供相关专业读者阅读。

由于编者学术水平所限,书中不妥之处,恳请同行专家和使用此书同仁不吝赐教。

编者

2009 年 4 月



第1章 无机及分析化学实验基础知识 001

1.1 化学实验的目的、方法和规则	001
1.2 化学实验室的工作规则及安全知识	002
1.2.1 化学实验室的工作规则	002
1.2.2 化学实验室的安全知识	002
1.3 化学实验室事故处理常识	003
1.4 实验数据的采集与处理和实验报告的书写格式	004
1.4.1 实验数据的采集处理	004
1.4.2 测定中的误差及其处理方法	005
1.4.3 实验报告的基本格式	011
1.4.4 无机及分析化学实验成绩的评定	014

第2章 无机及分析化学实验基本操作 015

2.1 常用实验仪器及其用途	015
2.2 常用玻璃仪器的洗涤和干燥	021
2.2.1 玻璃仪器的洗涤	021
2.2.2 玻璃仪器的干燥和保管	022
2.3 常用量器及其使用技术	023
2.3.1 容量瓶的使用	023
2.3.2 移液管、吸量管的使用方法	024
2.3.3 滴定管的使用	026
2.4 化学试剂的取用规则及标准溶液的配制	028
2.4.1 化学试剂的取用规则	028
2.4.2 标准溶液及其配制	030
2.5 实验室常用加热技术	031
2.5.1 热源	031
2.5.2 加热技术	035
2.6 试纸和滤纸的使用	036
2.6.1 试纸的使用	036
2.6.2 滤纸的使用	037
2.7 溶解、蒸发和结晶操作技术	037
2.7.1 固体的溶解	037
2.7.2 蒸发、浓缩	038
2.7.3 结晶	038
2.8 固液分离技术	038
2.8.1 倾析法	038

2.8.2 过滤法	039
2.8.3 离心分离法	041
2.9 纯水的制备和检验	042
2.9.1 实验室用水的规格、选用和保存	042
2.9.2 实验室纯水的制备及水质检验	042
第3章 无机及分析化学实验常用仪器操作技术	044
3.1 分析天平	044
3.1.1 分析天平的分类和性能	044
3.1.2 电子天平	044
3.1.3 试样的称量方法	045
3.1.4 分析天平的使用规则	046
3.2 酸度计	046
3.2.1 Sartorius PB-10 型酸度计	047
3.2.2 雷磁 pHs-25 型酸度计	049
3.2.3 pHs-25C 型酸度计	050
3.3 可见分光光度计	051
3.3.1 721 型分光光度计	051
3.3.2 722 型分光光度计	053
3.3.3 723 型分光光度计	055
3.4 电导率仪	056
3.4.1 电导率的基本概念	056
3.4.2 DDS-11A 型电导率仪	057
3.4.3 DDS-11 型电导率仪	058
3.5 自动电位滴定仪	059
3.5.1 自动电位滴定仪的结构	059
3.5.2 自动电位滴定仪的工作原理	059
3.5.3 自动电位滴定仪的使用方法	059
第4章 化学实验基本操作训练	063
实验1 玻璃仪器的加工和塞子钻孔	063
实验2 氯化钠的提纯	067
实验3 硫酸铜的提纯	069
实验4 硫酸亚铁铵的制备	071
实验5 非水溶剂重结晶法提纯硫化钠	073
实验6 滴定分析基本操作练习	074
实验7 滴定分析容量器皿的校准	076
第5章 基本原理实验	080
实验8 胶体溶液的性质	080
实验9 化学反应速率和化学平衡	082
实验10 电解质溶液(缓冲溶液的配制与性质)	084
实验11 盐类水解和沉淀平衡	086

实验 12	配位化合物的性质	089
实验 13	氧化还原反应及电化学	092
第 6 章 定量化学分析		097
6.1	滴定分析	097
实验 14	氢氧化钠标准溶液的配制和标定	097
实验 15	盐酸标准溶液的配制和标定	099
实验 16	食醋溶液中 HAc 含量的测定	101
实验 17	双指示剂法测定混合碱的组分和含量	103
实验 18	食品总酸度的测定	106
实验 19	阿司匹林含量的测定	108
实验 20	电位滴定法测定 NaOH 的浓度	111
实验 21	铵盐中含氮量的测定 (甲醛法)	114
实验 22	莫尔 (Mohr) 法测定生理盐水中氯化钠的含量	115
实验 23	硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	118
实验 24	碘量法测定维生素 C 的含量	121
实验 25	高锰酸钾标准溶液的配制与标定	123
实验 26	高锰酸钾法测定双氧水中 H_2O_2 的含量	126
实验 27	高锰酸钾法测钙	127
实验 28	污水中化学耗氧量 (COD) 的测定	129
实验 29	EDTA 标准溶液的配制和标定	131
实验 30	自来水硬度的测定	133
6.2	吸光光度法	137
实验 31	磺基水杨酸法测定铁的含量	137
实验 32	邻二氮菲分光光度法测定铁的含量	139
实验 33	混合物中铬、 锰含量的同时测定	141
第 7 章 物理常数的测定		144
实验 34	二氧化碳相对分子质量的测定	144
实验 35	凝固点降低法测葡萄糖相对分子质量	146
实验 36	有机酸摩尔质量的测定	148
实验 37	弱酸解离常数的测定	149
实验 38	醋酸含量和解离常数的测定 (电位滴定法)	153
实验 39	邻二氮菲亚铁配合物的组成和稳定常数的测定	155
第 8 章 设计性实验和综合性实验		158
实验 40	离子交换法制备纯水	158
实验 41	茶叶中微量元素的分离与鉴定	162
实验 42	植物中某些元素的分离与鉴定	163
实验 43	工业纯碱总碱量的测定	164
案例	酸碱混合物测定的方法设计	165
实验 44	磷酸盐、磷酸氢二钠和磷酸二氢钠的制备	168
实验 45	碳酸钠的制备与分析	170

实验 46 氯化钡中钡离子含量的测定	173
实验 47 洗衣粉中活性组分和碱度的测定	176
实验 48 漂白粉中有效氯和固体总钙量的测定	178
实验 49 蛋壳中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的测定	180
附录	184
附录 1 实验室常用洗涤剂	184
附录 2 常用基准物质的干燥处理和应用	184
附录 3 常用酸碱的密度和浓度	185
附录 4 一些酸、碱水溶液的 pH (室温)	185
附录 5 常用试剂的饱和溶液 (20℃)	186
附录 6 纯水的密度	186
附录 7 气体在水中的溶解度	188
附录 8 常见无机化合物在水中的溶解度	188
附录 9 EDTA 滴定中常用的掩蔽剂	192
附录 10 常用指示剂溶液的配制	192
附录 11 常用缓冲溶液的配制	194
附录 12 pH 标准缓冲溶液	195
附录 13 一些化合物的相对分子质量	196
参考文献	199

1.1 化学实验的目的、方法和规则

化学是一门以实验为基础的科学，它的每一项重大发现都离不开实验。通过实验发现、发展了理论，又通过实验检验、评价了理论。无机及分析化学实验作为一门独立设置的课程其主要目的是：通过仔细观察实验现象，直接获得化学感性知识，巩固和扩大课堂所学的理论知识，达到理论联系实际；熟练地掌握实验操作的基本技能，正确使用无机及分析化学实验中的各种常见仪器；学会测定实验数据并加以正确处理；培养严谨的科学态度和良好的工作作风，以及独立观察、思考、分析和解决问题的能力；逐步地掌握科学研究的方法，为学习后续课程，以及日后参加生产、科研打好基础。本课程有如下基本要求。

(1) 做好预习

预习是做好实验的必要基础，所以学生在实验之前，一定要认真阅读有关的教材，明确本实验的目的和要求，了解实验内容、方法、仪器结构、使用方法、操作的主要步骤及注意事项，药品或试剂的等级、物化性质（熔点、沸点、折射率、密度、毒性与安全等数据）。必要时可查阅有关教材、参考书、手册，做到心中有数。在预习的基础上写出预习报告，主要内容包括：扼要写出实验目的、步骤；详细设计一个原始数据和实验现象的记录表。预习报告应简明扼要，切忌照抄实验教材。

(2) 在实验过程中

① 每人都必须备有实验记录本和报告本，随时把必要的数据和现象清楚、正确地记录下来。不得弄虚作假、随意涂改数据。

② 应手脑并用。在进行每一步操作时，都要积极思考这一步操作的目的和作用，应该注意什么问题，应得到什么现象等，并认真观察，理论联系实际，不能只是“照方抓药”。若发现实验现象与理论不符，先要尊重实验事实，然后加以分析，认真查找原因。必要时重做实验，直到得出正确结论。

③ 应严格遵守操作程序并注意应注意之处，在操作不熟悉其性能的仪器和药品之前，应查阅有关书籍（讲义）或请教指导老师和他人，不要随意进行实验，以免损坏仪器、浪费试剂，使实验失败，更重要的是预防发生意外事故。

④ 自觉遵守实验室规则，保持实验室整洁、安静，使实验台整洁，仪器安置有序，注意节约和安全。

(3) 实验完毕后

清理仪器，该洗涤的及时洗涤；该放置的按要求妥善放好；该切断或关闭的电源、水阀

和气路,应及时切断或关闭。对实验所得结果和数据,按实际情况及时整理、计算和分析,重视总结实验中的经验教训,认真写好实验报告。实验报告要求文字清楚、整齐,语言简练。其内容包括:实验名称,日期,目的,简要原理(包括有关反应方程式),仪器及试剂,实验步骤的简要描述(可用箭头式表示),实验现象和原始数据记录,对实验现象、结果的分析与解释,数据处理,作图和实验结论。如果实验现象和数据与理论值偏差较大,应认真分析、讨论其原因。

1.2 化学实验室的工作规则及安全知识

1.2.1 化学实验室的工作规则

(1) 实验前必须认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理、方法、步骤、有关基本操作及安全注意事项。

(2) 遵守实验室纪律,不迟到、不早退,进入实验室前,务必搞好个人卫生,不得将脏物带入实验室内。

(3) 进入实验室后要保持安静,不得高声喧哗和打闹,不准抽烟,不准随地吐痰,不准乱抛纸屑、杂物,要保持实验室的仪器设备的整齐清洁。

(4) 实验前要认真检查仪器是否完好、试剂是否齐全,做好记录。

(5) 做实验时,必须严格遵守实验室的规章制度和仪器的操作规程,服从老师和实验技术人员的指导。必须注意安全,防止人身和设备事故,仪器设备发生故障或事故时,应立即切断电源,并及时报告指导教师,待查明原因、排除故障后方可继续实验。爱护仪器设备,节省能源和原材料、药品、试剂等。

(6) 与本实验无关的仪器设备及其他物品,未经允许不得动用。对违反实验室规章制度和操作规程,擅自动用与本实验无关的仪器或私自拆卸仪器设备而造成损失和事故的,责任人必须写出书面检查,视情节轻重和认识程度及损失、事故的大小,按相关章程予以处理。

(7) 实验完毕要清扫现场,仪器设备、工具、量具等要归还原处,发现丢失、损坏要立即报告,不允许将任何物品带出实验室外。

(8) 实验完毕,实验记录经实验教师检查后方可离开实验室,根据实验记录认真做好实验报告。对不符合要求的实验报告应退回重做。

(9) 实验完毕后,值日生必须关闭实验室内的电闸、水阀和煤气阀,关好门窗。洗干净手方可离开。

1.2.2 化学实验室的安全知识

化学实验中经常使用水、电、煤气和易燃、易爆、有毒或腐蚀性的药品,大量使用玻璃仪器等。为确保实验的正常进行和实验者的人身安全,必须严格遵守实验室的有关安全规则。

(1) 学生进入实验室必须身着白大褂,必要时使用防护眼镜、手套、面罩,不得穿背心、短裤、拖鞋进入实验室,长发必须束起或掖于帽内。严禁吸烟、饮食、大声喧哗、打闹。

(2) 学生进入实验室必须熟悉实验室及周围环境, 水、电、煤气阀门的位置, 安全防护设施(如消防用品和急救箱、紧急冲淋器、洗眼器等), 了解实验楼的各疏散出口。一旦发生事故, 应立即切断电源、气源, 并向指导教师报告, 及时进行适当处理。

(3) 使用四氯化碳、乙醚、苯、丙酮、三氯甲烷等有机溶剂时, 一定要远离火焰和热源, 使用后将瓶塞盖紧, 置于阴凉处保存。低沸点的有机溶剂不能直接在火焰上(或电炉上)加热, 应在水浴中加热。

(4) 浓酸、浓碱等具有强烈腐蚀性药品, 切勿溅到皮肤和衣服上。稀释浓酸(特别是浓硫酸), 应将浓酸慢慢倒入水中, 并不断搅拌, 切勿将水倒入浓酸中!

(5) 实验中涉及具有刺激性的、有毒的气体(如 H_2S 、 SO_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 CO 等), 以及加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸、高氯酸等时, 必须在通风橱中进行。

(6) 汞盐、砷化物、氰化物、钡盐类等剧毒药品, 使用时应特别小心。氰化物不能接触酸, 因为能够产生 HCN , 剧毒! 氰化物废液应倒入碱性铁盐溶液中, 使其转化为亚铁氰化铁盐类, 严禁直接倒入下水道内。

(7) 绝对不允许随意混合各种药品, 注意试剂的瓶盖、瓶塞或胶头滴管不能搞错, 以免发生意外事故。相互接触后容易爆炸的物质应严格分开存放。另外, 对易爆炸的物质还应避免加热和撞击。使用爆炸性物质时, 尽量控制在最少用量。

(8) 加热、浓缩液体时, 不能正面俯视, 以免烫伤。加热试管中的液体时, 不能将试管口对着自己或他人。当需要借助嗅觉鉴别少量气体时, 面部应离开容器, 用手将少量气体轻轻扇向鼻子再嗅。

(9) 使用电器时, 不能用湿手去开启电闸或开关。漏电仪器不要使用, 以免触电。

(10) 不要将废纸屑、火柴梗、残渣、pH 试纸、玻璃碎片等扔在水池中, 以免堵塞下水道。应将其放入指定位置或倒入垃圾桶内, 保持水池清洁。

1.3 化学实验室事故处理常识

实验室应配备医药箱, 以便在实验中发生意外事故时供实验室急救用, 平时不允许随意挪动或借用。医药箱应配备的主要药品与工具如下。

药品: 红药水、紫药水、碘酒、消炎粉、云南白药、烫伤膏、甘油、无水乙醇、硼酸溶液(1%~3%, 饱和)、醋酸溶液(2%)、碳酸氢钠溶液(1%~5%)、硫代硫酸钠溶液(20%)、高锰酸钾溶液(3%~5%)、硫酸铜溶液(5%)、生理盐水、可的松软膏、蓖麻油等。

医用材料: 药棉、棉签、纱布、绷带、医用胶布、创可贴等。

工具: 剪刀、医用镊子等。

(1) 创伤

实验中不小心被碎玻璃划伤或刺伤时, 伤口不能用手接触、不能用水洗, 若伤口内有碎玻璃渣或其他异物, 应先取出。轻伤可用生理盐水或硼酸溶液擦洗, 并用 1% 的双氧水溶液消毒, 然后涂上红药水, 撒上消炎粉, 并用纱布包扎(或用创可贴); 伤口较深, 出血过多时可用云南白药止血, 并立即送医院救治。玻璃溅进眼里, 千万不要揉擦, 应不转动眼球, 任其流泪, 速送医院处理。

(2) 灼伤

① 烫伤 切勿用水清洗，伤口未破，可在伤处涂烫伤药膏或用碳酸氢钠粉末调成糊状敷于伤口处，也可用碳酸氢钠溶液涂擦；伤口已破裂，则可用 10% 的高锰酸钾溶液涂擦，撒上消炎粉。重者需送医院救治。

② 酸灼 应立即用大量清水冲洗，然后用饱和的碳酸氢钠溶液或肥皂水清洗，最后再用清水冲洗，随即送医院急救。如不慎溅入眼内，先用大量清水冲洗，再用 1% 碳酸氢钠溶液洗，最后用蒸馏水或去离子水洗，后送医院诊治。

③ 强碱腐蚀致伤 先用大量清水冲洗，再用 2% 的醋酸或饱和的硼酸溶液浸洗，如溅入眼内用硼酸溶液清洗后再用清水冲洗。

④ 溴灼伤 应立即用乙醇或硫代硫酸钠溶液冲洗伤口，再用清水冲洗干净，并敷以甘油。若起泡，则不宜把水泡挑破。

⑤ 磷灼伤 用 5% 硫酸铜溶液、1% 硝酸银溶液冲洗伤口，并用浸过硫酸铜溶液的绷带包扎，或送医院治疗。

(3) 中毒

① 有毒气体 若不慎吸入氯气、氯化氢气体时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气来解毒；若吸入硫化氢、煤气等气体而感到不适或头晕，应立即到室外呼吸新鲜空气。

② 毒物 毒品误入口内，用 5~10mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水内服，再用手伸入咽喉或用其他方法促使呕吐，之后送医院诊治。

(4) 触电

先切断电源，然后抢救。

(5) 起火

实验过程中万一发生起火，不要惊慌，针对起火原因采取适合的方法灭火。例如：

① 电器着火，不要用水冲，以防触电，应使用干粉灭火器。

② 酒精液体着火，不能用水浇灭，可用湿布盖灭。

③ 汽油、乙醚等有机溶剂着火，用沙土扑灭，绝不能用水浇。

④ 金属钠、钾等燃烧时，千万不能用水浇，会发生化学反应使火势变大，应用沙土等覆灭。

⑤ 衣服着火，切忌奔跑，应就地滚动，或用浸湿的东西在身上抽打灭火。

⑥ 发生烫伤，可在烫伤处抹烫伤软膏，严重者应立即送医院治疗。

1.4 实验数据的采集与处理和实验报告的书写格式

1.4.1 实验数据的采集处理

学生要有专门的、预先编有页码的实验记录本，不得撕去任何一页，实验数据都应如实地记录在此本上。绝对不允许将数据记录在单页纸、小纸片、手掌或随意的任何地方。

实验过程中的各种测量数据和实验现象，应及时准确而又清楚地记录下来。记录实验数据时，要有严谨的科学态度，实事求是，切忌夹杂主观因素，决不能随意拼凑、更改和伪造

实验数据。

对于实验过程中涉及的各种特殊仪器的型号和标准溶液的浓度等，也应及时准确地记录下来。

在记录测量数据时，应注意其有效数字的位数。用分析天平称量时，要求记录至 0.0001g ；滴定管及吸量管的读数，应记录至 0.01mL ；用分光光度计测量溶液吸光度时，若吸光度在 0.7 以下，应记录至 0.001 ，大于 0.7 时，则要求记录至 0.01 读数。实验记录的每一个数据都是测量结果，所以，重复测量时，即使数据完全相同，也要记录下来。

在实验过程中，如果发现数据测错、读错、记错或算错需要改动时，可将原来的数据划去，并在其上方写上正确的数据。

1.4.2 测定中的误差及其处理方法

测量是人类认识和改造客观世界必不可少的手段之一。对自然界所发生的量变现象的研究，常常借助各式各样的实验与测量来完成。由于认识能力和科学水平的限制，测得的数值和真实值并不一致，这种在数值上的差别就是误差。随着科学水平的提高和人们的经验、技巧及专门知识的丰富，误差可能被控制得越来越小，但不能使误差减小为零。分析工作者，在一定条件下应尽可能使误差减小，使其符合测定工作对准确度的要求，并且能对自己和别人的结果做出正确的评价，找出产生误差的原因及减小误差的途径。

1.4.2.1 误差的分类

根据误差的性质和产生的原因，可分为系统误差和随机误差两大类。

(1) 系统误差

系统误差是由分析过程中某些固定因素造成的误差。它的性质特点是：具有重现性，在重复测定中总是重复出现，在相同的条件下，其大小和方向是恒定的；系统误差是可测的，它的大小、正负可以测定出来，从而消除它对测定结果的影响，所以系统误差又叫可测误差。产生系统误差的原因主要有以下几方面。

① 仪器和试剂的误差 如使用的天平灵敏度不符合要求、砝码未经校正、量器的刻度不准、坩埚灼烧后失重、试剂的纯度不符合要求等，都会造成系统误差。这些误差一般都可以通过仪器校准，选用合格试剂或进行空白实验等措施避免、减少和校正，使误差减小到允许范围内。

② 方法误差 是指分析方法所产生的误差。不管分析工作者如何细心操作，仍有无法避免的误差。如称量分析中沉淀的溶解损失、共沉淀和后沉淀的影响、灼烧时沉淀的分解或挥发、滴定分析中的滴定误差、分光光度法中偏离朗伯-比尔定律等，都会系统地影响测定结果。应针对产生方法误差的原因，进行对照实验，使实验方法更加完善，减小或消除方法误差。

③ 操作误差 由分析工作者操作不当引起的误差，称为操作误差。如沉淀洗涤不足或过度、灼烧温度不恰当、滴定终点判断不当等所引起的误差，都属于操作误差。这类误差有些是可以避免的，也有些是不可避免的。如对于滴定终点颜色的判断，往往存在因人的视觉造成的某些出入，这些是难以避免的。

(2) 随机误差

随机误差又称偶然误差，它是由某些不固定的偶然因素造成的。如测定过程中环境温

度、湿度、气压等的变化，仪器的不稳定性产生的微小变化等，这些偶然因素都会使分析结果产生波动造成误差。随机误差的性质特点是：大小和方向都不固定，有时大，有时小，有时正，有时负，也就是说在多次同样测定的结果中，其误差值的大小和正负无一定的规律性。因此随机误差无法测量，也无法进行校正，在操作中不能完全避免。然而，当测量次数很多时，可以用统计方法找出它的规律，符合正态分布曲线。即：

- ① 真值出现机会最多；
- ② 绝对值相近而符号相反的正、负误差出现几率相等；
- ③ 小误差出现的机会多，而大误差的出现机会较小。

除上述两类误差外，还有因操作失误而产生的过失误差。过失误差是由于分析工作者粗心大意或违反操作规程所造成的差错。如器皿不干净、丢失试液、加错试剂、看错砝码、记录及计算错误等，都属于不应有的过失。过失误差的数据必须弃去，不允许有过失误差的数据参加平均值的计算。

1.4.2.2 误差的表示方法

(1) 准确度与误差

准确度表示分析结果与真实值接近的程度。准确度的大小用误差表示，误差又分绝对误差和相对误差。若以 x 表示测量值，以 μ 代表真实值，则绝对误差和相对误差的表示方法如下：

$$\text{绝对误差}(E) = x - \mu \quad (1-1)$$

$$\text{相对误差} = \frac{E}{\mu} \times 100\% = \frac{x - \mu}{\mu} \times 100\% \quad (1-2)$$

同样的绝对误差，当被测定物的真值较大时，相对误差就比较小，测定的准确度就比较高。因此用相对误差来表示各种情况下测定结果的准确度更为确切些。

绝对误差和相对误差都有正值和负值。正值表示实验结果高于真值，负值表示实验结果低于真值。

(2) 精密度与偏差

在不知道真实值的情况下，可以用偏差的大小来衡量测定结果的好坏。偏差是指单次测量值 x_i 与平均值 $\bar{x}$ 之差，它可以用来衡量测定结果的精密度。精密度是指在同一条件下，对同一样品进行多次重复测定时各测定值之间相互接近的程度，偏差越小，说明测定的精密度越高。

偏差分为绝对偏差、相对平均偏差、标准偏差与相对标准偏差。

① 绝对偏差和平均偏差 测量值与平均值之差，称为绝对偏差。绝对偏差越大，精密度越低。若令 $\bar{x}$ 代表一组平行测定的平均值，则单个测量值 x_i 的绝对偏差为 d_i ：

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1-3)$$

$$d_1 = x_1 - \bar{x}$$

$$d_2 = x_2 - \bar{x}$$

.....

$$d_n = x_n - \bar{x} \quad (1-4)$$

所有单次测量结果与平均值差的绝对值的平均值称为平均偏差，用 $\bar{d}$ 表示