

普通高等教育“十三五”规划教材

无机化学实验

韩福芹 主编
王丽丽 曹晶晶 副主编
陈春霞 主审



Inorganic
chemistry
experiment



化学工业出版社

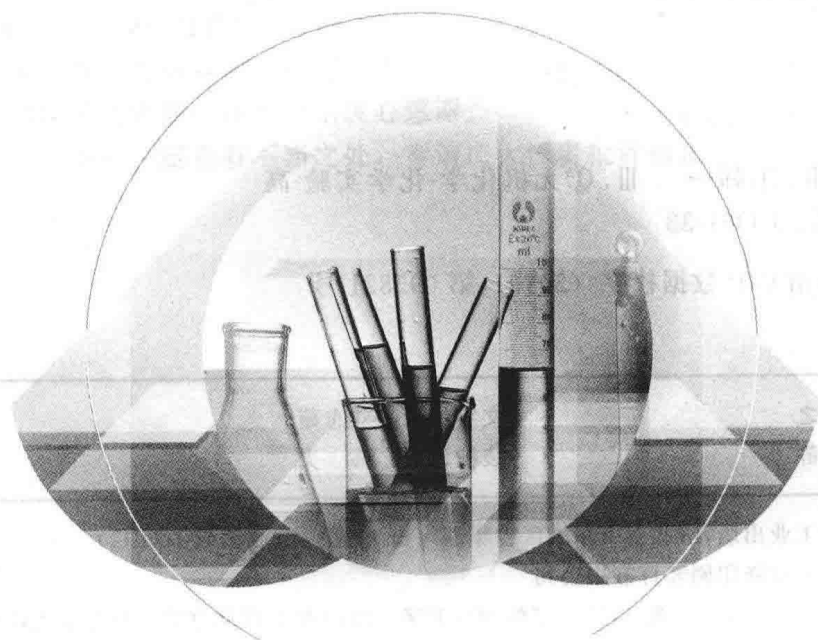
普通高等教育“十三五”规划教材

无机化学实验

韩福芹 主编

王丽丽 曹晶晶 副主编

陈春霞 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

《无机化学实验》共分九章，包括绪论、实验数据处理、无机化学实验室常用仪器及其基本操作、无机化学实验基本操作、无机化合物的提纯和制备、化学反应基本原理、一些物理常数的测定、元素化合物的性质、综合与设计实验。本书在内容编排上进行了创新，将思考题放在每个实验前面，以引起学生思考；综合实验部分是本教研室教师最新的科研成果，以达到培养学生分析解决问题和科研能力的目的。

《无机化学实验》可作为高等院校化学、应用化学、化工、食品、环境、材料、生物类专业无机化学实验的教材，也可供相关人员参考。

无机化学实验

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学实验/韩福芹主编. —北京: 化学工业出版社, 2019.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-34539-4

I. ①无… II. ①韩… III. ①无机化学-化学实验-高等学校-教材 IV. ①O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 095821 号

责任编辑: 刘俊之

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 王 静

装帧设计: 韩 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 装: 三河市双峰印刷装订有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 360 千字 2019 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 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: 36.00 元

版权所有 违者必究

▶ 前言

无机化学实验是与无机化学理论课配套的实验课程。

为了更好地培养学生提出问题、分析问题、解决问题的能力 and 创新能力、表达能力以及理论与实验相结合的能力，本书在内容编排上，将思考题放在每个实验前面，以引起学生思考；一些综合实验是本教研室教师科研工作的最新成果，以达到培养学生分析问题、解决问题的目的。

本书是在东北林业大学无机化学教研室编写的“无机及分析化学实验”的基础上，结合多年的实验教学实践编写而成。全书共分9章，包括绪论、实验数据处理、无机化学实验室常用仪器及其基本操作、无机化学实验基本操作、无机化合物的提纯和制备、化学反应基本原理、一些物理常数的测定、元素化合物的性质、综合实验和设计实验。参加本书编写的有：韩福芹（第1章、第2章、第4章、第8章）、王丽丽（第6章、第9章、附录）、曹晶晶（第3章、第5章、第7章）。陈春霞教授对全书进行了审阅。

《无机化学实验》在编写过程中得到东北林业大学理学院无机化学教研室同事们的大力支持，也得到黑龙江省高等教育教学改革项目（项目编号：SJGY20170126）基金和东北林业大学重点专业建设基金资助，在此表示衷心感谢。

限于编者水平，书中一定会有不当之处，肯请广大读者批评指正，编者将不胜感激。

编者

2019年3月

▶ 目录

1 绪论

1

- 1.1 无机化学实验目的 1
- 1.2 无机化学实验学习方法 1
 - 1.2.1 认真预习并完成预习报告 1
 - 1.2.2 认真做好实验并如实记录实验现象及数据 1
 - 1.2.3 写好实验报告 2
- 1.3 化学实验室规则及安全守则 2
 - 1.3.1 实验室规则 3
 - 1.3.2 化学实验室安全守则 3
- 1.4 化学实验室事故处理 4
 - 1.4.1 实验室常备药品及医用工具 4
 - 1.4.2 实验室事故处理 4
- 1.5 化学实验室三废处理 6
 - 1.5.1 废渣处理 6
 - 1.5.2 废液处理 6

2 实验数据处理

8

- 2.1 测量误差 8
 - 2.1.1 误差 8
 - 2.1.2 偏差 9
 - 2.1.3 准确度与精密度 9
 - 2.1.4 减小误差的主要措施 10
- 2.2 有效数字及其运算规则 10
 - 2.2.1 有效数字位数的确定 10
 - 2.2.2 有效数字的运算规则 11
- 2.3 无机化学实验中的数据处理 12
 - 2.3.1 数据的计算处理步骤 12
 - 2.3.2 列表法 12

2.3.3 作图法处理实验数据	13
-----------------------	----

3 无机化学实验室常用仪器及其基本操作 14

3.1 无机化学实验中常用的仪器	14
3.2 电子分析天平及其使用方法	20
3.2.1 赛多利斯系列电子分析天平	20
3.2.2 赛多利斯系列电子分析天平的主要技术参数	20
3.2.3 赛多利斯系列电子分析天平操作程序	20
3.3 pH计及其使用方法	21
3.3.1 PB10型pH计的主要技术性能	21
3.3.2 pH计测量原理	21
3.3.3 pH计电计部分主要功能键及接口介绍	22
3.3.4 电极的安装与维护	22
3.3.5 pH计的校准	22
3.3.6 pH计的使用	23
3.4 V-5000型可见分光光度计及其使用方法	23
3.4.1 基本原理	23
3.4.2 V-5000型可见分光光度计	24
3.4.3 比色皿	24
3.4.4 仪器的使用	24
3.4.5 仪器的维护	25
3.5 DDS-11 A型电导率仪	25
3.5.1 基本概念	25
3.5.2 DDS-11 A型电导率仪测量范围	26
3.5.3 使用方法	27
3.5.4 注意事项	27

4 无机化学实验基本操作 28

4.1 玻璃仪器的洗涤	28
4.1.1 水洗	28
4.1.2 洗涤剂洗涤	28
4.1.3 用铬酸洗液洗	28
4.1.4 特殊物质的去除	29
4.1.5 一些精密量器的洗涤	29
4.2 玻璃仪器的干燥	29
4.3 加热方法	29

4.4	冷却方法	33
4.5	固体物质的溶解、固液分离、蒸发(浓缩)和结晶	34
4.5.1	固体物质的溶解	34
4.5.2	固液分离	34
4.6	蒸发、浓缩	38
4.7	结晶与重结晶	39
4.8	化学试剂的取用	39
4.8.1	化学试剂分类	39
4.8.2	化学试剂取用规则	40
4.9	量筒、移液管、容量瓶、滴定管等的使用	41
4.9.1	量筒和量杯	41
4.9.2	移液管和吸量管	41
4.9.3	容量瓶	42
4.9.4	滴定管	43
4.10	试纸的使用	47
4.10.1	石蕊试纸	47
4.10.2	pH试纸	47
4.10.3	乙酸铅试纸	48
4.10.4	淀粉-碘化钾试纸	48

5 无机化合物的提纯和制备

49

实验1	仪器的认领和洗涤	49
实验2	各种灯的使用、简单玻璃加工技术和塞子的钻孔	50
实验3	粗食盐的提纯	53
实验4	硫酸铜晶体的制备	55
实验5	硫代硫酸钠晶体的制备	57
实验6	硫酸亚铁铵晶体的制备	59
实验7	转化法制备硝酸钾	61
实验8	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备和性质	64
实验9	由铬铁矿制备重铬酸钾晶体	67
实验10	由软锰矿制备高锰酸钾晶体	69

6 化学反应基本原理

72

实验11	电解质溶液	72
实验12	酸碱反应与缓冲溶液	76
实验13	氧化还原反应和氧化还原平衡	79
实验14	配合物的性质	82

7 一些物理常数的测定

86

- 实验 15 阿伏伽德罗常数的测定 86
- 实验 16 摩尔气体常数的测定 88
- 实验 17 化学反应平衡常数的测定 (光电比色法) 90
- 实验 18 化学反应速率和活化能的测定 93
- 实验 19 pH 法测定乙酸解离度和解离常数 97
- 实验 20 缓冲溶液法测定乙酸解离常数 99
- 实验 21 分光光度法测定碘化铅的溶度积常数 100
- 实验 22 离子交换法测定碘化铅的溶度积常数 102
- 实验 23 银氨配离子配位数及稳定常数的测定 104
- 实验 24 凝固点降低法测定分子量 106
- 实验 25 过氧化氢分解热的测定 109
- 实验 26 二氧化碳分子量的测定 112
- 实验 27 原子结构和分子的性质 114
- 实验 28 分光光度法测定配合物 $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ 的
分裂能 118
- 实验 29 邻菲罗啉亚铁配合物组成及铁含量的测定 119
- 实验 30 磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的
测定 122

8 元素化合物的性质

127

- 实验 31 氯、溴、碘、氧、硫 127
- 实验 32 氮、磷、硅、硼 131
- 实验 33 碱金属和碱土金属 135
- 实验 34 锡、铅、铋、铊 137
- 实验 35 钛、钒 141
- 实验 36 铬、锰 142
- 实验 37 铁、钴、镍 145
- 实验 38 铜、银、锌、镉、汞 147
- 实验 39 常见非金属阴离子的鉴定与分离 150
- 实验 40 常见阳离子的分离与鉴定 (一) 154
- 实验 41 常见阳离子的分离与鉴定 (二) 160

9 综合实验和设计实验

164

- 实验 42 四氧化三铅组成的测定 164
- 实验 43 十二钨磷酸和十二钨硅酸的制备——乙醚萃取法
制备多酸 166

实验 44	铬(Ⅲ)配合物的制备和分裂能的测定	167
实验 45	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备、组成测定及 表征	169
实验 46	三氯化六氨合钴(Ⅲ)的制备及其实验式的 确定	173
实验 47	从锌焙砂制备七水硫酸锌及锌含量的测定	176
实验 48	配合物键合异构体的红外光谱测定	177
实验 49	UiO-67 金属有机骨架化合物的合成及染料吸附 性能研究	179
实验 50	微波法合成石墨烯/二氧化锰复合材料及电化学 表征	183
实验 51	层状二氧化锰 δ -MnO ₂ 胶体 K-Birnessite 的制备及 其活性研究	187
实验 52	碱式碳酸铜的制备	189
实验 53	从铬盐生产的废渣中提取无水硫酸钠	190
实验 54	硝酸钾溶解度的测定与提纯	190
实验 55	由废铝箔制备硫酸铝钾大晶体	190
实验 56	印刷电路腐蚀废液回收铜和氯化亚铁	191
实验 57	微波辐射法制备磷酸锌纳米材料	191
实验 58	离子鉴定和未知物的鉴别	192

附录

194

附录 1	气体在水中的溶解度	194
附录 2	常用酸、碱的浓度	194
附录 3	弱电解质的解离常数	195
附录 4	溶度积常数	197
附录 5	常见沉淀物的 pH	199
附录 6	某些离子和化合物的颜色	200
附录 7	标准电极电势	204
附录 8	常见配离子的稳定常数	212
附录 9	某些试剂溶液的配制	213
附录 10	危险药品的分类、性质和管理	215
附录 11	国际原子量表	217
附录 12	一些常用的 Internet 信息资源	219

参考文献

221

1

绪论

1.1 无机化学实验目的

无机化学是化学、化工、应用化学、食品科学、生命科学、环境科学、材料科学等专业重要的专业基础课。无机化学实验是与其配套的一门重要的实验课，它是无机化学理论课程的重要补充，是学好无机化学的一个重要环节，也是高等院校化学、化工、应用化学、食品科学、生命科学、环境科学、材料科学等专业一年级学生必修的基础课程之一。该课程的主要目的是：通过无机化学实验，巩固并加深对无机化学基本概念和基本理论的理解；掌握无机化学实验的基本操作和基本技能；学会正确记录、分析、处理实验数据，表达实验结果；培养学生独立思考、分析问题和解决问题的能力，以及创新能力；培养学生实事求是、严谨认真的科学态度和整洁卫生的习惯，为学生学好后续的分析化学、有机化学、物理化学等各类专业课程及其实验课程，以及今后参加工作和开展科学研究打下良好的基础。

1.2 无机化学实验学习方法

学好无机化学实验这门课程，首先要有明确的学习目的，端正的学习态度，扎实的无机化学理论知识，还要有良好的学习方法。无机化学实验的学习方法大致包括：认真预习并完成预习报告，认真做好实验并如实记录实验现象及数据，写好实验报告。

1.2.1 认真预习并完成预习报告

- (1) 认真钻研无机化学教材及实验教材中的有关内容；
- (2) 明确实验目的及要求，并弄清实验原理；
- (3) 熟悉实验内容、基本操作、操作步骤、仪器使用方法和注意事项；
- (4) 写好预习报告，主要包括实验目的、实验原理、仪器及药品、操作步骤、注意事项及有关的实验安全问题等。

1.2.2 认真做好实验并如实记录实验现象及数据

- (1) 按照实验教材规定的实验方法、操作步骤、试剂用量及操作规程进行实验，要做

到：认真操作，仔细观察并如实记录实验现象、实验数据；遇到问题要善于思考，力求自己解决问题，确实有困难可请教指导老师；如果发现实验现象与理论不一致，应认真查明原因，经指导教师同意后重做实验，直到得出正确的结果。

(2) 要严格遵守实验室规则及安全守则（见 1.3），要做到：严守纪律，保持肃静；爱护国家财产，小心使用仪器和设备，节约药品、水、电和煤气；保持实验室整洁、卫生和安全。

(3) 实验完成后要认真清扫地面，清洗并整理实验仪器，按要求摆放整齐。检查台面是否整洁，关闭水、电、煤气、门窗，经指导教师签字允许后方可离开实验室。

1.2.3 写好实验报告

实验报告是用来记录实验现象和数据，概括和总结实验内容及原理的文字材料，写好实验报告是对实验者综合能力的考核。每个学生在做完实验后都必须在实验预习及原始数据记录报告的基础上，及时、独立、认真地完成实验报告，并及时交指导教师批阅。一份合格的报告应包括以下内容。

(1) 基本信息：包括实验名称以及完成该实验的时间、地点、实验者的姓名、班级等信息，通常将其填入实验报告单的相应位置。

(2) 实验目的和要求：简要阐述该实验所要达到的目的。

(3) 实验所用的仪器、药品及装置：要写明所用仪器的型号、数量，药品的名称、规格，装置示意图等。

(4) 实验原理：简要介绍实验的基本原理并写出主要化学反应方程式。

(5) 实验内容及操作步骤：要用表格、框图、符号及简明扼要的语言叙述实验内容及操作步骤，切忌抄书。

(6) 实验现象和数据的记录：在仔细观察的基础上如实记录实验现象，依据所用仪器的精密度，正确记录实验数据。

(7) 解释结论和数据处理：化学现象的解释最好用化学反应方程式，如还不能完全说明问题，可用文字简要叙述；结论要精炼、完整、正确；数据处理要根据有效数字的修约规则、运算规则以及可疑数据的取舍规则进行。

(8) 问题与讨论：主要针对实验中遇到的疑难问题提出自己的见解，分析误差产生的主要原因，也可以对实验方法、教学方法、实验内容、实验装置等提出意见或建议。

实验报告的书写要做到文字工整、图表清晰、形式规范。

1.3 化学实验室规则及安全守则

化学实验室是学生学习化学知识、研究化学问题的重要场所。在化学实验室中工作或学习，总要接触各类化学试剂、各种玻璃仪器、各种电器设备及水、电、煤气等。化学试剂中，有的有毒，有的有刺激性气味，有的有腐蚀性，有的易燃易爆；玻璃仪器破碎后容易造成划伤；各种电器使用不当可能造成触电等意外事故，煤气使用不当可能造成爆炸等严重后果。因此，在化学实验室工作或学习的每一个人都必须高度重视实验安全问题，要像重视实验一样重视实验安全。实践证明，只要实验者思想上高度重视，具备必要的安全知识，严格遵守实验室操作规程，事故是可以避免的。即使发生了事故，只要事先掌握了一般的防护方法和措施，也能够及时妥善地加以处理，不致酿成严重后果。为了确保实验安全顺利进行，

每个化学实验室都制定了严格的化学实验室规章制度、安全防范措施、操作细则及各项完善安全设施。学生首次进入化学实验室必须进行化学实验室规则及安全守则教育。

1.3.1 实验室规则

(1) 实验前要认真预习，明确实验目的和要求，弄清实验原理，了解实验方法，熟悉实验步骤，写出预习报告。

(2) 严格遵守实验室各项规章制度。

(3) 实验前要认真清点仪器和药品，如有破损或缺少，应立即报告指导教师，按规定手续向实验室补领。实验时如有仪器损坏，应立即主动报告指导教师，进行登记，按规定进行赔偿，再换取新仪器，不得擅自拿别的位置上的仪器。

(4) 实验室要保持肃静，不得喧哗。实验应在规定的位置上进行，未经允许，不得擅自挪动。

(5) 实验时要认真观察，如实记录实验现象，使用仪器时，应严格按照操作规程进行，药品应按规定量取用，无规定量的，应本着节约的原则，尽量少用。

(6) 爱护公物，节约药品、水、电、煤气。

(7) 保持实验室整洁、卫生和安全。实验后应将仪器洗刷干净，将药品放回原处，摆放整齐，用洗净的湿抹布擦净实验台。实验过程中的废纸、火柴梗等固体废物，要放入废物桶(或箱)内，不要丢在水池中或地面上，以免堵塞水池或弄脏地面。规定回收的废液要倒入废液缸(或瓶)内，以便统一处理。严禁将实验仪器、化学药品擅自带出实验室。

(8) 实验结束后，由同学轮流值日，清扫地面和整理实验室，检查水龙头、煤气开关，以及门、窗是否关好，电源是否切断。得到指导教师许可后方可离开实验室。

1.3.2 化学实验室安全守则

在化学实验室工作，首先在思想上必须高度重视安全问题，以防任何事故的发生。要做到这一点，除在实验前必须充分了解所做实验中应该注意的事项和可能出现的问题及在实验过程中要认真操作，集中注意力外，还应遵守如下守则：

(1) 学生进实验室前，必须进行安全、环保意识的教育和培训。

(2) 熟悉实验室环境，了解与安全有关的设施(如水、电、煤气的总开关，消防用品、急救箱等)的位置和使用方法。

(3) 容易产生有毒气体，挥发性、刺激性毒物的实验应在通风橱内进行。

(4) 一切易燃、易爆物质的操作应在远离火源的地方进行，用后把瓶塞塞紧，放在阴凉处，并尽可能在通风橱内进行。

(5) 金属钾、钠应保存在煤油或液体石蜡中，白磷(或黄磷)应保存在水中，取用时必须用镊子，绝不能用手拿。

(6) 使用强腐蚀性试剂(如浓 H_2SO_4 、浓 HNO_3 、浓碱、液溴、浓 H_2O_2 、浓 HF 等)时，切勿溅在衣服和皮肤上及眼睛里，取用时要戴胶皮手套和防护眼镜。

(7) 使用有毒试剂应严防进入口内或伤口，实验后废液应回收，集中统一处理。

(8) 用试管加热液体时，试管口不准对着自己或他人；不能俯视正在加热的液体，以免溅出的液体烫伤眼、脸；闻气体的气味时，鼻子不能直接对着瓶(管)口，而应用手把少量的气体扇向自己的鼻孔。

(9) 绝不允许将各种化学药品随意混合，以防发生意外；自行设计的实验，需和老师讨

论后方可进行。

(10) 不准用湿手操作电器设备，以防触电。

(11) 加热器不能直接放在木质台面或地板上，应放在石棉板、绝缘砖或水泥地板上，加热期间要有人看管。大型贵重仪器应有安全保护装置。加热后的坩埚、蒸发皿应放在石棉网或石棉板上，不能直接放在木质台面上，以防烫坏台面，引起火灾，更不能与湿物接触，以防炸裂。

(12) 实验室内严禁饮食、吸烟、游戏打闹、大声喧哗。实验完毕应洗净双手。

(13) 实验后的废弃物，如废纸、火柴梗、碎试管等固体物应放入废物桶（箱）内，不要丢入水池内，以防堵塞。

(14) 贵重仪器室、化学药品库应安装防盗门，剧毒药品、贵重物品应储存在专门的保险柜中，发放时应严加控制，剩余回收。有机化学药品库应安装防爆灯。

(15) 每次实验完毕，应将玻璃仪器清洗干净，按原位摆放整齐，台面、水池、地面打扫干净，药品按序摆好。检查水、电、煤气、门、窗是否关好。

化学实验室规则及安全守则是人们长期从事化学实验工作的经验总结，是保持良好的工作环境和秩序，防止意外事故发生，保证实验安全顺利完成的前提，人人都应严格遵守。

1.4 化学实验室事故处理

1.4.1 实验室常备药品及医用工具

实验室应配备医药箱，以便在发生意外事故时临时处置之。医药箱应配备如下药品和工具。

(1) 药品

碘酒、红药水、紫药水、创可贴、止血粉、消炎粉、烫伤膏、鱼肝油、甘油、无水乙醇、硼酸溶液（1%~3%或者饱和）、2%乙酸溶液、1%~5%碳酸氢钠溶液、20%硫代硫酸钠溶液、10%高锰酸钾溶液、20%硫酸镁溶液、1%柠檬酸溶液、5%硫酸铜溶液、1%硝酸银溶液、20%硫酸镁溶液+18%甘油+水+12%盐酸普鲁卡因配成的药膏、可的松软膏、紫草油软膏及硫酸镁糊剂、蓖麻油等。

(2) 工具

医用镊子、剪刀、纱布、药棉、棉签、绷带、医用胶布、担架等。医用药箱供实验室急救用，不允许随便挪动或借用。

1.4.2 实验室事故处理

(1) 中毒急救

在实验过程中，若感到咽喉灼痛，嘴唇脱色或发绀，胃部痉挛，或出现恶心呕吐、心悸、头晕等症状时，则可能是中毒所致，经以下急救后，立即送医院抢救。

如果是固体或液体毒物中毒，嘴里若还有毒物，应立即吐掉，并用大量水漱口。碱中毒应先饮用大量水，再喝适量牛奶。误饮酸者应先饮用大量水，再服氢氧化镁乳剂，最后饮用适量牛奶。重金属中毒应喝一杯含几克硫酸镁的溶液后立即就医。汞及汞化合物中毒，立即就医。

如果是气体或蒸气中毒，如不慎吸入煤气、溴蒸气、氯气、氯化氢、硫化氢等气体时，

应立即到室外呼吸新鲜空气，必要时做人工呼吸（但不要口对口）或送医院治疗。用作金属解毒剂的药物如表 1-1 所示。

表 1-1 常用金属解毒剂

有害金属元素	解毒剂	有害金属元素	解毒剂
铅、铀、钴、锌等	乙二胺四乙酸合钙酸钠	铊、锌	二苯硫脲
汞、镉、砷等	2,3-二巯丙醇	镍	二乙氨基二硫代甲酸钠
铜	D-青霉胺	铍	金黄素三羧酸

(2) 酸或碱灼伤

酸灼伤先用大量水冲洗，再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗，然后浸泡在冰冷的饱和硫酸镁溶液中半小时，最后敷以 20% 硫酸镁溶液-18% 甘油-水-12% 盐酸普鲁卡因配成的药膏。伤势严重者，应立即送医院急救。酸溅入眼睛时，先用大量水冲洗，再用 1% 碳酸氢钠溶液洗，最后用蒸馏水或去离子水洗。氢氟酸能腐烂指甲、骨头，溅在皮肤上会造成难以治愈的烧伤。皮肤若被烧伤，应用大量水冲洗 20min 以上，再用冰冷的饱和硫酸镁溶液或 70% 酒精清洗半小时以上；或用大量水冲洗后，再用肥皂水或 2%~5% 碳酸氢钠溶液冲洗，用 5% 碳酸氢钠溶液湿敷局部，再用可的松软膏或紫草油软膏及硫酸镁糊剂。

碱灼伤后先用大量水冲洗，再用 1% 柠檬酸或 1% 硼酸或 2% 乙酸溶液浸洗，最后用水洗，再用饱和硼酸溶液洗，最后滴入蓖麻油。

(3) 溴灼伤

溴灼伤一般不易愈合，必须严加防范。凡用溴时应预先配制好适量 20% 硫代硫酸钠溶液备用。一旦被溴灼伤，应立即用乙醇或硫代硫酸钠溶液冲洗伤口，再用水冲洗干净，并敷以甘油。若起泡，则不宜把水泡挑破。

(4) 磷烧伤

用 5% 硫酸铜溶液，1% 硝酸银溶液或 10% 高锰酸钾溶液冲洗伤口，并用浸过硫酸铜溶液的绷带包扎，或送医院治疗。

(5) 划伤

化学实验中要用到各种玻璃仪器，容易被碎玻璃划伤或刺伤。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伤处，并用 3% 的 H_2O_2 溶液消毒，然后涂上红药水，撒上消炎粉，并用纱布包扎。伤口较深，出血过多时，可用云南白药或扎止血带，并立即送医院救治。玻璃溅进眼里，千万不要揉擦，不要转眼球，任其流泪，并迅速送医院处理。

(6) 烫伤

一旦被火焰、蒸汽、红热玻璃、陶器、铁器等烫伤，轻者可用 10% 高锰酸钾溶液擦洗伤处，撒上消炎粉，或在伤处涂烫伤药膏（如氧化锌药膏、獾油或鱼肝油药膏等），重者需及时送医院救治。

(7) 触电

人体若通以 50Hz 25mA 交流电时，会感到呼吸困难，100mA 以上交流电则会致死。因此，使用电器必须制订严格的操作规程，以防触电。要注意：已损坏的插头、插座、电线接头、绝缘不良的电线必须及时更换；电线的裸露部分必须绝缘；不要用湿手接触或操作电器；接好线路后再通电，用后先切断电源再拆线路；一旦遇到有人触电，应立即切断电源，

尽快用绝缘物（如竹竿、干木棒、绝缘塑料管棒等）将触电者与电源隔开，切不可用手去拉触电者。

1.5 化学实验室三废处理

在化学实验室中会遇到各种有毒的废渣、废液和废气（简称三废），如不加处理随意排放，就会对周围的空气、水、土壤等造成污染，影响环境。三废中的某些有用成分应予以回收，通过回收处理，减少污染，综合利用，也是实验室工作的重要组成部分。

1.5.1 废渣处理

有回收价值的废渣应收集起来统一处理，回收利用，少量无回收价值的有毒废渣也应集中起来分别进行处理或深埋于离水源远的指定地点。

钠，钾，碱金属、碱土金属氢化物、氨化物，应将其悬浮于四氢呋喃中，在搅拌下慢慢滴加乙醇或异丙醇至不再放出氢气为止，再慢慢加水澄清后冲入下水道。

硼氢化钠或者硼氢化钾，应该用甲醇溶解后，用水充分稀释，再加酸并放置，此时有剧毒的硼烷产生，所以应在通风橱内进行，其废液用水稀释后冲入下水道。

酰氯、酸酐、三氯化磷、五氯化磷、氯化亚砷，应在搅拌下加入大量水后冲走，五氧化二磷加水，用碱中和后冲走。

沾有铁、钴、镍、铜催化剂的废纸、废塑料，变干后易燃，不能随便丢入废纸篓内，应趁未干时，深埋于地下。

重金属及其难溶盐，能回收的尽量回收，不能回收的集中起来深埋于远离水源的地下。

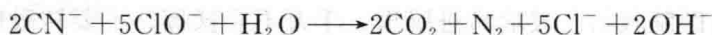
1.5.2 废液处理

(1) 废酸和废碱

废酸或者废碱液处理时，应将废酸液与废碱液中和至 $\text{pH}=6\sim 8$ 并过滤掉沉淀后排放。

(2) 含氰废液

少量含氰废液可加入硫酸亚铁使之转变为毒性较小的亚铁氰化物冲走，也可用碱将废液调到 $\text{pH}>10$ 后，用适量高锰酸钾将氢氰酸根离子氧化后排放。大量含氰废液则需将废液用碱调至 $\text{pH}>10$ 后加入足量的次氯酸盐，充分搅拌，放置过夜，使氢氰酸根离子分解为二氧化碳和氮气后，再将溶液 pH 调到 $6\sim 8$ 排放。



(3) 含砷废水

含砷废水可以通过三种方法处理后排放：其一是石灰法，其二是硫化法，还有一种是镁盐脱砷法。石灰法是将石灰投入到含砷废液中，使其生成难溶性的砷酸盐和亚砷酸盐。



硫化法用 H_2S 或 Na_2S 作硫化剂，使含砷废液生成难溶硫化物沉淀，沉降分离后，调溶液 $\text{pH}=6\sim 8$ 后排放。镁盐脱砷法是在含砷废水中加入足够的镁盐，调节镁砷比为 $8\sim 12$ ，然后利用石灰或其他碱性物质将废水中和至弱碱性，控制 pH 在 $9.5\sim 10.5$ ，利用新生的氢氧化镁与砷化合物共沉积和吸附作用，将废水中的砷除去。沉降后，将溶液 pH 调到 $6\sim 8$ 之间后排放。

(4) 含汞废水

含汞废水处理也包括三种方法：一种是化学沉淀法，一种是还原法，还有一种是离子交换法。化学沉淀法是在含 Hg^{2+} 的废液中通入 H_2S 或 Na_2S ，使 Hg^{2+} 形成 HgS 沉淀。为防止形成 HgS_2^{2-} 可加入少量 FeSO_4 使过量 S^{2-} 与 Fe^{2+} 作用生成 FeS 沉淀。过滤后残渣可回收或深埋，溶液调 $\text{pH}=6\sim 8$ 排放。还原法是利用镁粉、铝粉、铁粉、锌粉等还原性金属，将 Hg^{2+} 、 HgS_2^{2-} 还原为单质 Hg （此法并不十分理想）后回收。离子交换法是利用阳离子交换树脂把 Hg^{2+} 、 Hg_2^{2+} 交换于树脂上，然后再回收利用（此法较为理想，但成本较高）。

(5) 含铬废水

含铬废水的处理包括铁氧体法和离子交换法，铁氧体法是在含 Cr(VI) 的酸性溶液中加硫酸亚铁，使 Cr(VI) 还原为 Cr(III) ，使用 NaOH 调 pH 至 $6\sim 8$ ，并通入适量空气，控制 Cr(VI) 与 FeSO_4 的比例，使生成难溶于水的组成类似于 Fe_3O_4 （铁氧体）的氧化物（此氧化物有磁性），借助于磁铁或电磁铁可使其沉淀分离出来，达到排放标准 ($0.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)。含铬废水中，除含有 Cr(VI) 外，还含有多种阳离子。离子交换法通常是将废液在酸性条件下 ($\text{pH}=2\sim 3$) 通过强酸性 H 型阳离子交换树脂，除去金属阳离子，再通过大孔弱碱性 OH 型阴离子交换树脂，除去 SO_4^{2-} 等阴离子。流出液为中性，可作为纯水循环再用。阳离子树脂用盐酸再生，阴离子树脂用氢氧化钠再生，再生可回收铬酸钠。

实验数据处理

2.1 测量误差

为了加深学生对无机化学基本概念和基本理论的理解,培养学生严肃认真,实事求是的科学态度,使学生熟悉常用仪器的使用方法以及实验数据的记录、处理和结果分析,我们在无机化学实验中安排有一定数量的物理常数测定实验。由于这些实验测得的数据需要经过分析、取舍、计算、处理才能最后获得实验结果,因而对实验结果的准确度通常有一定的要求。所以在实验过程中,除要选用合适的仪器和正确的操作方法外,还要学会科学地处理实验数据,以使实验结果与真实值尽可能地接近。为此,需要掌握误差和有效数字的概念,正确的列表法、作图法,计算机数据处理方法,并把它们应用于实验数据的分析和处理中。

2.1.1 误差

测定值与真实值之间的差值称为误差。误差在测量工作中是普遍存在的,即使采用最先进的测量方法,使用最先进的精密仪器,由最熟练的工作人员来测量,测定值与真实值也不可能完全符合。测量的误差越小,测定结果的准确度就越高。根据误差性质的不同,可把误差分为系统误差和随机误差。

(1) 系统误差

系统误差又称可测误差,主要包括仪器误差、人员误差、方法误差等。系统误差是由于某些比较确定因素引起的,它对测定结果的准确度影响比较固定,重复测量时,它会重复出现。系统误差是由于实验方法不完善、仪器不准、试剂不纯、操作不当、条件不具备等引起的,可以通过改进实验方法、校正仪器、提高试剂纯度、严格操作规程和实验条件等手段来减小这种误差。

(2) 随机误差

随机误差又称偶然误差,是由某些难以预料的偶然因素如环境温度、湿度、振动、气压、测量者心理和生理状态变化等引起的。它对实验结果的影响无规律可循,一般只有通过多次测量取其算术平均值来减小这种误差。

误差的大小可以通过绝对误差或者相对误差来表示。绝对误差是用实验测量值与真值之间的差值来表示。当测量值大于真值时,绝对误差是正的;测量值小于真值时,绝对误差是