




全国高等农林院校“十三五”规划教材

# 无机及分析 化学实验

周红 主编



 中国农业出版社

全国高等农林院校“十三五”规划教材

# 无机及 分析化学实验

*W*uji ji Fenxi Huaxue Shiyan

周红 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学实验/周红主编. —北京: 中国农业出版社, 2018. 7

全国高等农林院校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-109-23969-2

I. ①无… II. ①周… III. ①无机化学-化学实验-高等学校-教材②分析化学-化学实验-高等学校-教材  
IV. ①O61-33②O652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 047310 号

中国农业出版社出版

(店街 18 号楼)

00125)

曾丹霞

新华书店北京发行所发行

年 7 月北京第 1 次印刷

/16 印张: 11.75

字数: 220 千字

定价: 24.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# [ 前 言 ]

在化学教学中,实验占有重要地位。通过实验教学,引导学生仔细观察实验现象,直接获得对化学知识的感性认识;巩固并加深对所学理论知识的理解;训练学生正确掌握化学实验的基本方法和基本技能;培养学生严谨的科学态度,良好的实验作风以及独立分析问题、解决问题的能力。

本书是根据化学实验教学的需要,在总结了多年无机及分析化学实验教学实践经验的基础上编写而成。全书分为四部分:第一部分为化学实验安全知识,包括化学实验规则、化学实验室安全守则、实验室中意外事故的救治处理、化学实验课的学习方法和考核。第二部分为无机及分析化学实验基本操作技术,包括化学实验常用的单元操作,如沉淀、过滤、加热、蒸发、结晶、萃取、离心等的操作方法和技能。介绍了常用仪器的使用。第三部分为实验部分,共选编了30个实验。实验内容力求贴近生活,贴近农林生产实际,但又避免与后续课程重复。每个实验对实验所依据的基本原理做了简要介绍,并附有实验思考题,便于学生在实验预习时联系理论进行思考。第四部分为实验二、三、四、五、六、七、九、十、十一的实验报告填写册,由编写该部分实验内容的老师设计编写,供学生实验时记录和解释实验现象,对数据和结果进行计算和处理,并在做出结论时使用。其余实验的实验报告填写和实验内容编写在一起,没有单独另编。

本书由云南农业大学理学院的周红担任主编,负责对全书进行组织、审阅,最后通读、修改和定稿。参加本书编写的有:云南农业大学理学院周红(编写实验四、六、十三、二十五)、黄红苹(编写第二部分及实验九、二十四)、马俊蓉(编写实验五、十六、二十三)、邓维萍(编写实验七、十九、二十)、李兴玉(编写实验八、十二、十八、二十一)、马建文(编写实验一、二、三、十四)、赵艳(编写实验十、十七、二十二)、赵红梅(编写实验十一、二十六、二十七、二十八)、赵蕾(编写实验十五、三十);云南农业大学



农学院李向东（编写化学实验室安全守则，绘制插图）；湖南农业大学理学院喻鹏（编写实验室中意外事故的救治处理）；四川农业大学理学院李云春（编写化学实验课的学习方法和考核）、林丽（编写实验二十九）；山西农业大学文理学院荆小院（编写化学实验规则）。

本书的出版要感谢中国农业出版社，同时还要感谢各位编者的积极参与和支持。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，诚望读者和专家批评指正。

编 者

2018年4月

# [ 目 录 ]

## 前言

## 第一部分 化学实验安全知识

一、化学实验规则 .....	3
二、化学实验室安全守则 .....	3
三、实验室中意外事故的救治处理 .....	4
四、化学实验课的学习方法和考核 .....	5

## 第二部分 基础知识和基本操作技术

### 第一章 无机及分析化学实验基础知识 .....

第一节 无机及分析化学实验的目的 .....	9
第二节 无机及分析化学实验的内容和基本研究方法 .....	9
一、无机及分析化学实验的内容 .....	9
二、无机及分析化学实验的基本研究方法 .....	10

### 第二章 无机及分析化学实验基本操作技术 .....

第一节 常用玻璃仪器的洗涤与干燥 .....	11
一、常用玻璃仪器 .....	11
二、玻璃仪器的洗涤 .....	13
三、玻璃仪器的干燥 .....	15
第二节 加热与冷却 .....	15
一、热源 .....	15
二、加热方法 .....	17
三、冷却 .....	18
四、温度的测量 .....	18
第三节 化学试剂的使用 .....	19



一、化学试剂的纯度等级	19
二、化学试剂的取用原则	20
三、液体试剂的取用	20
四、固体试剂的取用	20
第四节 称量	21
一、天平的种类及称量原理	21
二、托盘天平	22
三、光电分析天平	22
四、电子天平	24
五、称量方法	26
第五节 溶液的配制	26
一、一般溶液的配制	26
二、标准溶液的配制	28
第六节 气体的产生、干燥、净化与收集	33
一、气体的产生	33
二、气体的干燥和净化	34
三、气体的收集	34
第七节 试纸的应用	35
一、试纸的种类	35
二、试纸的使用方法	36
三、试纸的制备	36
第八节 试管反应与离子的检出	37
一、试管反应基本操作	37
二、离子检出基本操作	37
第九节 水的纯化及水质鉴定	40
一、水的纯化	40
二、水质鉴定	41
第十节 无机合成基本操作	41
一、固体的溶解、蒸发浓缩与结晶	41
二、沉淀的制备	43
三、沉淀溶液的分离	43
四、结晶的干燥与保存	47
第十一节 离子交换技术	48
一、离子交换树脂的分类	48
二、离子交换的基本原理	49
三、影响树脂交换的因素	49



四、新树脂的预处理与老化树脂的再生 .....	50
五、离子交换法的具体操作 .....	51

### 第三部分 无机及分析化学实验

实验一 玻璃工操作 .....	55
实验二 硫酸铜的制备 .....	56
实验三 硫酸铜的提纯 .....	58
实验四 胶体溶液和乳浊液 .....	60
实验五 化学反应速率和化学平衡 .....	64
实验六 电离平衡 .....	68
实验七 沉淀溶解平衡 .....	72
实验八 醋酸电离度和电离常数的测定 .....	75
实验九 配位化合物的生成和性质 .....	77
实验十 氧化还原反应 .....	82
实验十一 重要非金属元素及其化合物的性质 .....	87
实验十二 重要金属元素及其化合物的性质 .....	90
实验十三 分析天平称量练习 .....	94
实验十四 滴定分析操作练习 .....	97
实验十五 盐酸标准溶液的配制与标定 .....	100
实验十六 氨水含量测定 .....	102
实验十七 EDTA 标准溶液的配制与标定 .....	105
实验十八 水的总硬度及钙、镁含量测定 .....	108
实验十九 过氧化氢含量测定 .....	112
实验二十 硫代硫酸钠溶液的配制与标定 .....	115
实验二十一 胆矾中铜含量的测定 .....	118
实验二十二 铵的比色测定(标准系列法) .....	121
实验二十三 磷的测定——分光光度法 .....	123
实验二十四 邻二氮菲分光光度法测定铁的含量 .....	126
实验二十五 磺基水杨酸分光光度法测铁 .....	132
实验二十六 电位法测溶液 pH .....	134
实验二十七 电位滴定 .....	137
实验二十八 硫酸铜电解液中氯离子的电位滴定 .....	139
实验二十九 氢氧化钠标准溶液的配制与标定 .....	142



实验三十 混合碱的测定 ..... 144

## 第四部分 实验报告填写册

实验二 硫酸铜的制备 .....	149
实验三 硫酸铜的提纯 .....	151
实验四 胶体溶液和乳浊液 .....	153
实验五 化学反应速率和化学平衡 .....	155
实验六 电离平衡 .....	157
实验七 沉淀溶解平衡 .....	161
实验九 配位化合物的生成和性质 .....	163
实验十 氧化还原反应 .....	167
实验十一 重要非金属元素及其化合物的性质 .....	171
主要参考文献 .....	175

# **【第一部分】**.....

## **化学实验安全知识**





## 一、化学实验规则

(1)实验前认真预习,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,并写好预习报告。

(2)认真执行仪器领用制度,实验前清点仪器,如有短缺或损坏,应立即报告教师补齐,否则责任自负。实验中损坏的仪器由本人填写报损单,教师根据损坏原因,提出赔偿意见,然后补领仪器。

(3)遵守纪律,不迟到早退,保持实验室安静。实验中遵从教师指导,正确操作,仔细观察现象,认真思考并如实记录在专用记录本上。

(4)严禁把与实验无关的东西(如餐具等)带入实验室或将实验室内的仪器、药品带出实验室。

(5)爱护国家财产,小心使用仪器和实验室设备,注意节约水、电和药品等。

(6)实验中随时注意保持工作环境及桌面整洁,火柴梗、废纸、废液等倒入废液缸或指定地点,严禁倒入水槽,以免腐蚀和堵塞水槽和下水道。碎玻璃应回收于废玻璃箱内。

(7)实验完毕,将仪器洗净放好,把实验桌和药品架、水槽等整理干净。根据原始记录,联系理论知识,按要求格式写出实验报告交给教师,经教师检查认可后方可离开实验室。

(8)最后指派值日生清扫实验室,并检查水、电、门窗是否关好。

(9)要生动活泼、主动积极地学习。对实验现象(包括异常现象)的解释、测定结果的分析等,要大胆地发表个人的见解。对实验内容安排等可提出改进意见。

## 二、化学实验室安全守则

进行化学实验,经常要使用水、电及一些有毒、有腐蚀性或易燃、易爆的药品等,因此,实验室安全极为重要。若不遵守安全规则而发生事故,不仅导致实验失败,而且还会威胁人的健康和生命,并给国家财产造成损失。如果在思想上充分重视安全工作,严格遵守操作规程和注意事项,便能避免事故的发生。现将实验室安全守则介绍如下:

(1)不能在实验室内饮食、吸烟。实验结束必须将手洗净方可离开实验室。

(2)水、电、酒精灯一经使用完毕应立即关闭。不能将灯火接近酒精瓶或易燃物,不能拿着灯火各处走动,酒精灯熄灭后才能加酒精。

(3)一切涉及有毒及恶臭气体的实验均应在通风橱内进行。切勿使毒物(如



重铬酸钾、可溶性钡盐、铅盐、砷化物、汞化物、氰化物等)沾触五官及伤口。沾染毒物的仪器用后应立即洗净,用剩的毒物或反应产生的毒物都必须交给老师。

(4)绝不允许任意混合各种化学药品,以免发生事故。

(5)使用酸、碱或强腐蚀性试剂(如溴、氢氟酸等),不能滴落在皮肤上或溅在眼睛里,稀释时(特别是浓硫酸)应将它们沿玻璃棒慢慢倒入水中,绝不能按相反的顺序进行。

(6)不能口尝任何试剂,也不能大量吸入气体来确定气味。必要时用手轻拂气体,扇向自己再嗅。

(7)加热试管时,管口不要对着别人或自己,也不可俯视正在加热的液体。倾倒药液时,也不可俯视容器,以免液滴飞溅于脸、眼。

(8)可燃物(如酒精、乙醚、丙酮、苯等)、易爆物(如氯酸钾)使用时要远离火源,用后应及时加盖存于阴凉处。

### 三、实验室中意外事故的救治处理

实验室中一旦发生事故,绝不能惊慌,除及时报告教师外,应立即采取适当的处理措施。现将实验室中一般伤害的救治和灭火常识介绍如下。

#### (一)救护措施

实验室中要备有简易药箱,根据受伤情况做临时处理。

1. **割伤** 先取出伤口内异物,然后在伤口上抹上红汞药水或撒上消炎粉,再用纱布包扎。

2. **烫伤** 不可用水洗伤处,应敷上吸满饱和高锰酸钾溶液或饱和苦味酸溶液或50%没食子酸溶液的棉花纱布以止痛,为防起泡,再涂上硼酸或凡士林,然后包扎。严重者送医院治疗。

3. **受酸腐蚀** 先用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠溶液(或稀氨水)冲洗,最后用水冲洗。酸液溅入眼内也可用此法处理。

4. **受碱腐蚀** 先用大量水冲洗,再用醋酸溶液(20 g/L)冲洗,最后用水冲洗。碱液溅入眼内,可用硼酸溶液冲洗,然后再用水冲洗。

5. **吸入刺激性、有毒气体** 根据吸入气体的性质,可采用不同的方法处理。如吸入溴蒸气、氯气、氯化氢气体,可吸入少量乙醇和乙醚混合的蒸气。吸入硫化氢气体而感到不适时,应立即到室外吸入新鲜空气。

6. **毒物入口内** 把5~10 mL 5%硫酸铜溶液加入一杯温开水中,内服后将手指伸入咽喉部,以促呕吐。

若伤势较重,经上述简单处理后,应立即送医院救护。



## (二) 灭火常识

实验室内一旦起火，千万要镇静，应根据起火原因及火场情况，立即采取如下措施：

1. **报警** 若火势较大，应立即向消防部门报警。
2. **防止火势扩大** 立即关闭煤气和停止加热，切断电源，移走一切易燃物。
3. **扑灭火焰** 物质燃烧除需要空气外，还要有一定的温度，故灭火的原则一是降温，二是使燃烧物与空气隔绝。为此，根据起火原因，可选择以下灭火方法：
  - (1)一般起火可用泡沫灭火器喷射起火处，但此法不适用于电器火灾。
  - (2)金属和有机溶剂着火时，可用沙子或石棉布盖于着火物上，或用  $\text{CCl}_4$ 、 $\text{CO}_2$  灭火器扑灭。
  - (3)电器设备起火时，可用  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CCl}_4$  灭火器灭火。
  - (4)实验人员衣服着火时，应立即脱下衣服或就地卧倒打滚，使火焰熄灭。

## 四、化学实验课的学习方法和考核

### (一) 化学实验课的学习方法

要达到实验的目的，要求学生不仅要有正确的学习态度，还要有正确的学习方法。现将化学实验课的学习方法归纳如下：

1. **预习** 预习是做好实验的前提和保证，应达到下列要求：
  - (1)认真阅读实验教材和教科书中的有关内容，并查阅有关数据。
  - (2)明确实验目的，了解实验内容和有关基本操作及仪器使用方法，了解注意事项，认真思考实验前应准备的问题。
  - (3)完成预习报告。
2. **实验** 在教师指导下，学生独立地进行实验，是实验课的主要教学环节，也是训练学生正确掌握实验基本操作、基本技能，培养能力的重要手段，应当充分重视，应做到以下几点：
  - (1)按拟定的实验步骤独立、认真操作，仔细观察现象，边实验、边思考、边记录。
  - (2)现象和数据应如实记录在实验报告中，不得涂改；如实验失败，应检查原因，经教师同意后重做实验。
  - (3)实验中遇到疑难问题自己难以解释时可请教师解答。
  - (4)实验中应保持肃静，严格遵守实验规则。
3. **实验报告** 完成实验报告是对所学知识进行归纳和提高的过程。也是



培养严谨的科学态度、实事求是精神的重要手段。实验报告应写得简明扼要、干净整齐。实验报告一般应包括下列内容：

- (1) 实验目的、原理(应扼要)、步骤(应简明)。
- (2) 实验记录。包括实验现象或测定的数据，此项内容在实验时完成。
- (3) 解释、结论或数据的处理和计算。根据实验的现象进行分析、解释，得出正确的结论，写出反应方程式或根据数据进行计算，并与理论值比较分析产生误差的原因。此项内容在实验后完成。

## (二) 实验考核的内容

为了使教与学的任务和要求更明确和具体。提出以下考核项目，作为基本要求以供参考。

### 1. 对实验原理的理解和处理问题的能力

- (1) 了解实验的基本原理及实验中涉及的重要化学反应。
- (2) 了解实验中各操作步骤的目的、要求、作用和注意事项。
- (3) 对实验过程中出现的不正常现象能进行分析和处理。
- (4) 对实验中用到的计算公式能进行推导并正确运用。能写出实验中涉及的重要的化学反应方程式。

### 2. 操作技能和仪器的使用

- (1) 了解常用玻璃仪器的性能、规格、选用原则，掌握常用玻璃仪器的洗涤方法。
- (2) 了解实验室的一般安全防护知识。
- (3) 了解常用试剂的性质、规格，取用和储存方法。
- (4) 掌握试管反应、加热、过滤、蒸发、离心分离、称量等基本操作。

### 3. 完成实验情况和学习态度

- (1) 认真进行实验预习工作，并写出预习报告。
- (2) 实验结果较好。
- (3) 能在规定时间内完成实验，实验的工作效率较高。
- (4) 在实验报告中，对实验现象能进行合理的解释，能实事求是地记录实验数据，报告字迹工整。
- (5) 能遵守实验室规则。

# **【第二部分】**

## **基础知识和基本操作技术**

