



● 高 等 学 校 教 材

无机化学实验

主 编 韩选利

副主编 张 良 陈双莉



高等教育出版社

014035809

061-33
97

● 高等 学 校 教 材

无机化学实验

Wuji Huaxue Shiyan

主 编 韩选利

副主编 张 良 陈双莉



061-33
97

高等教育出版社·北京



北航

C1723104

014032808

内容简介

本书是为高等学校工科类相关专业(化工、冶金、材料、环境、应用化学等)编写的无机化学实验教材,其特点是按照实验类型组织教材的编写,注重实验中科学思维方法的培养,以及强化设计性实验的训练。全书分为两部分:第一部分是无机化学实验的基础知识与方法原理,包括化学实验基础知识、安全与环保常识、常用仪器及使用方法、实验数据的采集与处理、化学实验中的科学方法等5章内容;第二部分是无机化学实验,按照实验类型分为测定实验、制备实验、验证实验、综合实验、设计性实验等5章内容。

本书可作为高等学校工科类相关专业的无机化学实验教材,也可供有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验 / 韩选利主编. -- 北京:高等教育出版社,2014.4

ISBN 978-7-04-033458-6

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(2014)第 029227 号

策划编辑 郭新华 责任编辑 郭新华 封面设计 于文燕 版式设计 童丹
插图绘制 尹莉 责任校对 陈杨 责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京东君印刷有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 18
字数 320千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2014年4月第1版
印次 2014年4月第1次印刷
定价 24.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 33458-00

前 言

无机化学实验是高等学校工科类相关专业重要的基础化学实验课程。近年来,国内各高等学校化学实验教学改革成果丰硕,根据国内化学实验教学改革的状况,结合西安建筑科技大学实验教学改革的成果,我们编写了本教材。全书分为两部分:第一部分是无机化学实验的基础知识与方法原理,第二部分是无机化学实验。

本书主要有以下特点:

1. 无机化学实验部分是按照实验类型组织编写的,分为测定实验、制备实验、验证实验、综合实验、设计性实验等5章内容。对不同类型的实验有不同的编写要求,对学生学习、掌握的要求也不相同。

2. 在实验中注重对学生科学思维方法的训练。在教材的第一部分,结合化学实验实例介绍归纳与演绎、分析与总结、类比与验证等科学思维方法。在教材的第二部分尽可能引导学生根据这些方法学习和理解实验方案,总结实验结果。

3. 强化设计性实验的内容。针对不同实验类型筛选出对应的设计性课题让学生进行设计训练并按照设计的方案完成实验。

本书由韩选利编写绪论,张良编写第四章、第五章、第十章及附录1—9,陈双莉编写第三章、第九章及附录10—11,姚亚红编写第一章、第二章及附录12,赵亚娟编写第六章,周华凤编写第七章,韩果萍编写第八章。全书由韩选利策划、修改和统稿。

本书的编写得到了西安建筑科技大学的资助和众多老师的支持和帮助,书中参考了兄弟院校的实验教学改革成果,大连理工大学牟文生老师担任了本书的主审,高等教育出版社郭新华老师给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2013年5月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

18	绪论	1
18	0.1 无机化学实验课的地位与作用	1
18	0.2 无机化学实验课的目的和任务	1
18	0.3 无机化学实验课的教学内容与实验类型	2
18	0.4 无机化学实验课的教学方法和教学要求	3
18	第一篇 无机化学实验基础知识与实验方法原理	5
18	第一章 化学实验基础知识	6
18	1.1 化学试剂常识	6
18	1.1.1 化学试剂的分类与用途	6
18	1.1.2 化学试剂的存放与保管	7
18	1.2 玻璃加工操作	8
18	1.2.1 玻璃管(棒)的加工	8
18	1.2.2 塞子的加工	10
18	1.3 玻璃器皿的洗涤与干燥	10
18	1.3.1 玻璃器皿的洗涤	11
18	1.3.2 玻璃器皿的干燥	12
18	1.4 试剂的取用与配制	13
18	1.4.1 固体试剂的取用及溶液的配制	13
18	1.4.2 液体试剂的取用及配制	13
18	1.5 玻璃量器的使用	14
18	1.5.1 量筒(杯)	14
18	1.5.2 移液管和吸量管	15
18	1.5.3 容量瓶	16
18	1.5.4 滴定管	17
18	1.6 加热与干燥	20
18	1.6.1 实验室常用加热装置(仪器)	20

II 目录

1.6.2	加热方法	21
1.6.3	干燥	23
1.7	分离与提纯	25
1.7.1	试样的溶解	25
1.7.2	蒸发与结晶	25
1.7.3	溶剂与沉淀的分离	25
1.7.4	萃取	30
1.8	气体的制备	31
1.8.1	气体的发生	31
1.8.2	气体的净化和干燥	32
1.8.3	气体的收集	32
1.9	试纸的使用	32
1.9.1	pH 试纸	32
1.9.2	其他试纸	32
第二章	安全与环保常识	34
2.1	化学危险品种类	34
2.1.1	爆炸品	34
2.1.2	易燃液体	34
2.1.3	易燃固体和遇湿易燃物品	35
2.1.4	氧化剂	35
2.1.5	毒害品	35
2.1.6	腐蚀物	35
2.1.7	压缩气体和液化气	36
2.2	安全事故的预防与处理	37
2.2.1	爆炸及其预防	37
2.2.2	烧伤及其预防	38
2.2.3	中毒及其预防	39
2.2.4	火灾及灭火方法	40
2.2.5	触电及其预防	41
2.2.6	意外事故的紧急处理	42
2.3	实验废物的转移与处置	42
2.3.1	实验废物的转移	43
2.3.2	废液处置的原则	43
2.3.3	常见无机物废液的处理方法	43

13	2.4	实验室安全规则	44
28	2.4.1	一般守则	44
33	2.4.2	危险品的安全使用	45
43	第三章	常用仪器及使用方法	46
43	3.1	称量仪器	46
58	3.1.1	托盘天平	46
88	3.1.2	电子分析天平	47
88	3.2	测温仪器	50
99	3.2.1	温度和温标的定义	50
99	3.2.2	测温方法与测温仪器的分类	51
99	3.2.3	水银温度计	51
99	3.2.4	热电偶温度计	52
99	3.3	测压仪器	56
99	3.3.1	U形管压力计	56
001	3.3.2	气压计	57
501	3.3.3	数字式压力计	58
501	3.4	酸度计	59
501	3.4.1	基本原理	59
801	3.4.2	甘汞电极	59
801	3.4.3	玻璃电极	59
801	3.4.4	pHS—25 型酸度计	60
901	3.4.5	pHS—29A、pHS—3C(3D、3E)数显酸度计	62
011	3.4.6	梅特勒-托利多 DELATA 320 pH 计	65
311	3.5	电分析测量仪器	68
311	3.5.1	电导率仪	68
651	3.5.2	直流电位差计	71
231	3.6	分光光度计	73
061	3.6.1	基本原理	73
061	3.6.2	721 型分光光度计	74
641	3.6.3	722S 可见分光光度计	76
261	3.7	加热设备	78
571	3.7.1	电热干燥箱	78
041	3.7.2	电热恒温水浴	79
541	3.7.3	马弗炉	80

IV 目录

3.7.4	微波炉	81
第四章	实验数据的采集与处理	83
4.1	化学实验测量误差	83
4.1.1	误差与偏差及其表示方法	83
4.1.2	误差的分类及其产生原因	86
4.1.3	提高测量分析结果准确度的方法	87
4.2	有效数字及其运算规则	88
4.2.1	有效数字及其表示方法	88
4.2.2	有效数字的运算规则	90
4.3	实验数据的采集与处理	92
4.3.1	实验数据的采集	92
4.3.2	实验数据的处理	93
第五章	化学实验中的科学方法	97
5.1	归纳法	97
5.2	演绎法	100
5.3	类比法	102
5.4	验证法	102
第二篇	实验部分	107
第六章	测定实验	108
6.1	测定实验方法	108
6.2	测定实验要求	109
实验1	溶液配制及浓度的测定	110
实验2	摩尔气体常数的测定	116
实验3	化学反应速率和速率常数的测定	119
实验4	醋酸解离度和解离常数的测定	123
实验5	配合物稳定常数的测定	125
第七章	制备实验	130
7.1	制备实验基本过程	130
7.2	制备实验要求	133
实验6	粗食盐的提纯	135
实验7	硫酸亚铁铵的制备	137
实验8	轻质碳酸钙的制备	140
实验9	可膨胀石墨与膨胀石墨的制备	142

实验 10	以废铝牙膏皮为原料制备氢氧化铝	145
第八章	验证实验	147
8.1	验证实验的命题转换	147
8.2	验证实验要求	148
实验 11	沉淀反应	149
实验 12	氧化还原反应	152
实验 13	碳族元素	154
实验 14	砷、锑、铋	158
实验 15	氧、硫及卤素	162
实验 16	铬和锰	166
实验 17	铁、钴、镍	170
实验 18	铜和银	175
实验 19	锌、镉、汞	179
实验 20	常见非金属阴离子的鉴定	182
第九章	综合实验	188
实验 21	去离子水的制备与水质分析	188
实验 22	Cu^{2+} 吸收光谱的测定与转化法处理含铜废水	191
实验 23	铬(Ⅲ)和草酸根顺、反异构配合物的制备与鉴定	194
实验 24	以废锌皮为原料制备防锈颜料磷酸锌	197
实验 25	硝酸钾的制备、提纯与纯度检验	200
实验 26	离子交换法测碘化铅溶度积	203
第十章	设计性实验	207
10.1	设计实验方案的基本原则	207
10.2	实验方法设计	208
10.3	实验条件设计	210
10.4	设计性实验的基本过程	211
实验 27	验证性实验的设计	212
实验 28	混合离子的分离与鉴定	214
实验 29	植物中一些元素的分离与鉴定	218
实验 30	四氧化三铅组成的测定	220
实验 31	净水剂聚合硫酸铁的制备	222
实验 32	从含银废液中回收银	224

VI 目录

附录	227
附录 1 常见阳离子的鉴定反应	227
附录 2 常见阴离子的鉴定反应	234
附录 3 元素相对原子质量表(按原子序数排列)	237
附录 4 不同温度下水的饱和蒸气压	239
附录 5 一些酸碱在水溶液中的解离常数(25℃)	241
附录 6 一些难溶物溶度积常数(25℃)	242
附录 7 标准电极电势表	243
附录 8 一些配离子的稳定常数	249
附录 9 一些无机化合物的溶解度	250
附录 10 一些常用溶液的配制和试纸的制备	253
附录 11 一些离子和化合物的颜色	260
附录 12 化学实验中的常用仪器	266
主要参考书目	275

结 论

0.1 无机化学实验课的地位与作用

众所周知,化学是一门以实验为基础的自然科学。化学学科的诞生、发展都是以化学实验为基础和前提的,化学学科的理论、假说也都需要通过化学实验来验证真伪。无机化学作为化学的一个分支学科,从学科形成到不断发展完全依赖于化学实验。新元素的发现需要严格、精细的分离和鉴定实验,新化学品的合成需要通过化学实验来实现,新的合成工艺路线需要通过实验验证,新的实验技术、实验设备的开发更是需要通过实验进行试制、改进和完善。正如著名化学家傅鹰先生所述:“化学是实验的科学,只有实验才是最高法庭。”

无机化学实验课是工科高等学校化工、冶金、材料、轻纺、环境、地质等专业对学生进行科学实验训练的一门必修课,通常也是这些专业开设的第一门化学实验课。它是学生进入大学后接受系统实验方法和实验技能训练的开端,是培养这类高级工程技术人才的整体知识结构和能力结构的重要组成部分。通过无机化学实验,不仅能使学生加深对无机化学知识的理解,更重要的是它在培养学生的动手能力、观察能力、逻辑思维能力,以及实事求是的科学态度等方面具有不可替代的作用。

0.2 无机化学实验课的目的和任务

如前所述,无机化学实验课在培养学生科学素养和综合能力方面具有重要的作用。通过对学生进行系统的实验训练,可达到下列目的:

1. 培养动手能力:使学生熟悉各种常见化学仪器的使用方法,并掌握相关基本操作。
2. 培养观察和记录能力:使学生能敏锐地观察实验结果,准确地记录实验现象和实验数据。
3. 培养科学的思维方法和实验结果处理能力:使学生能根据实验结果进行科学分析、归纳总结、演绎推断或经过科学计算等方法得出正确的实验结论、推

2 绪论

论。撰写出符合要求的实验报告。

4. 培养设计实验的能力,包括实验方法、实验仪器和实验设备,以及实验条件的选择与设计等,并以此作为对学生进行科学研究能力的初步训练。

5. 培养查阅资料、手册和获取有效信息的能力。

6. 培养实事求是的科学态度、严肃认真的良好学风和勇于探索的创新精神。

7. 培养卫生、安全、环保意识和良好的实验室学习、工作习惯:使学生认识到化学实验乃至化工生产中安全和环保的重要性,把卫生、安全和环保措施落实到实验课中。

无机化学实验课的任务就是通过不同内容、不同类型的无机化学实验训练,培养和提高学生的综合素质。

0.3 无机化学实验课的教学内容与实验类型

无机化学实验课的教学内容主要包括两方面。第一方面是与无机化学相关的教学内容。通过实验验证并进一步理解无机化学课程中的化学基本原理、基本规律和基础知识。例如,化学反应速率、化学平衡及元素和化合物性质等方面的内容。第二方面是与无机化学实验基本操作有关的教学内容。通过实验过程的训练,使学生掌握常见化学仪器的使用方法和基本操作技巧。例如,溶液的配制和浓度标定、化学品的制备与鉴定、产品纯化,以及加热、分离等实验教学内容。

无机化学实验类型有测定实验、制备实验、验证实验、综合实验和设计性实验等。测定实验是指利用仪器、仪表等对物质或反应进行定量或半定量测定的实验。测定实验有直接测定法和间接测定法之分。制备实验是指由原料经过一定的加工和反应过程得到符合要求的产品的实验。制备实验通常包括比较复杂的一系列操作,例如,配料、反应、分离,以及加热、冷却等过程。验证实验是利用可观察的实验现象,例如,外观颜色的变化、沉淀的生成或溶解、气体的产生、仪器测量的数据等来验证物质的性质或反应规律、化学理论的真实性和正确性。综合实验是指实验内容较复杂,涉及操作过程较多的实验。这类实验可以锻炼学生综合运用多种知识、多种操作技巧的能力。设计性实验是指按照一定的实验目标,让学生自主设计实验方案并完成的一类实验。这类实验要求学生根据自己已有的化学知识和实验知识,运用科学思维方法设计出实验方案,包括实验方法、操作过程、化学试剂及仪器设备的选用等。这是对学生科研能力的初步训练。

应当指出,把实验分成测定实验、制备实验、验证实验等是根据实验目的和实验中的主要操作划分的。事实上,每一种实验可能包括多种操作,例如制备实验、验证实验可能包括测定步骤,测定实验也可能包括物质形态的转化、分离与富集等操作。

0.4 无机化学实验课的教学方法和教学要求

实验课的教学方法与理论课不同。实验课通常是以学生为中心,在教学过程中学生起核心作用,而教师起引导和指导的作用。因此,实验课对学生有很高的要求,具体要求如下:

1. 实验之前学生要做好预习,认真阅读实验教材和预备知识,熟悉本次实验的目的、实验类型、实验内容、操作过程以及相关实验仪器的使用方法。对于设计性实验,要按照要求设计好实验方案,包括实验内容、操作步骤以及实验试剂、仪器和实验条件的选择,为上好实验课做准备。

2. 上课时,首先要认真听讲,明确指导教师提出的要求和注意事项,之后认真独立地进行实验。按照实验教材或自己设计的实验方案认真操作,仔细观察实验现象,如实记录实验结果。积极思考,判断实验结果是否正常。如果发现异常情况,要认真分析原因,找出问题所在,重新进行实验,必要时请教指导教师帮助解决,直到得到满意的实验结果。对于实验仪器,要按照正确的方法,谨慎细心地操作,防止因为操作不当而产生异常结果甚至损坏仪器。如果发现故障要及时请指导教师处理。实验中如果涉及易燃、易爆、有毒或腐蚀性物质,一定要严格按照操作要求仔细操作,防止事故的发生。对于设计性实验,如果实验中发现原设计方案有问题,要及时调整方案,再进行实验,直到达到预期的目的。

实验完毕,要将仪器仪表恢复到初始状态,将废液、废渣倒入指定的回收桶,将药品和器皿摆放整齐,保持实验台面干净整洁。

实验测得的数据、结果要经指导教师检查并签字。

3. 课后要及时总结实验结果,认真撰写实验报告。要求实验结果真实准确,实验数据处理方法得当,分析、总结符合逻辑,实验结论明确。禁止随意涂改实验结果,更不能相互抄袭。

第一篇

无机化学实验基础知识与实验方法原理

本篇介绍了无机化学实验的基础知识和实验方法原理，包括实验基本操作方法、实验仪器及其使用方法、实验室安全与环保知识、实验数据采集与处理知识和实验中的科学方法等内容。这些内容既是进行无机化学实验的基础，又可对实验方案设计、实验结果处理等起到一定的指导作用。

附录 I-1 无机化学试剂分类及代号表

试剂名称	类别	代号	英文名称	中文名称	备注
工业级试剂 (高纯试剂)	工业级	GR	Guaranteed reagent	优级纯试剂 (高纯试剂)	第一类
分析纯试剂 (高纯试剂)	分析纯	AR	Analytical reagent	分析纯试剂 (高纯试剂)	第二类
化学纯试剂 (高纯试剂)	化学纯	CP	Chemical pure	化学纯试剂	第三类
实验试剂 (高纯试剂)	实验级	LR	Laboratory reagent	实验试剂	第四类

附录 I-1 无机化学试剂分类及代号表。本表列出了无机化学试剂的常用代号及其对应的英文名称和中文名称。试剂的纯度等级分为四类：第一类（GR）、第二类（AR）、第三类（CP）和第四类（LR）。

第一章

化学实验基础知识

本章主要介绍化学试剂、常用的简易仪器和基本操作知识,其目的是使学生能够系统地了解与学习试剂和仪器的有关常识,并能规范和熟练地掌握实验基本操作步骤和方法。

1.1 化学试剂常识

1.1.1 化学试剂的分类与用途

在我国将化学试剂按照纯度不同分为不同的等级。试剂的纯度对实验结果准确度的影响很大,不同等级的试剂,用途也不同。表1-1为我国试剂等级分类及适用范围。

表1-1 试剂等级分类及适用范围

级别	中文名称	英文名称	符号	标签标志	适用范围
一级	保证试剂 (优级纯)	Guaranteed reagent	GR	绿色	用于精密分析和科学研究工作 (基准物质)
二级	分析试剂 (分析纯)	Analytical reagent	AR	红色	用于定性定量分析和一般科研工作
三级	化学纯	Chemical pure	CP	蓝色	用于一般定性实验和制备实验
四级	实验试剂	laboratorial reagent	LR	黄色	用于一般制备实验和用作实验辅助试剂

除表1-1中的试剂外,还有适合某一方面需要的特殊规格试剂,如“基准试剂”“色谱试剂”“生化试剂”等,另外还有“高纯试剂”,它又可细分为高纯试剂、超纯试剂、光谱纯试剂等。基准试剂的纯度相当于(或高于)一级品,常用作