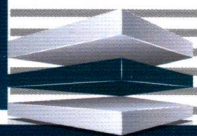


高等学校教材

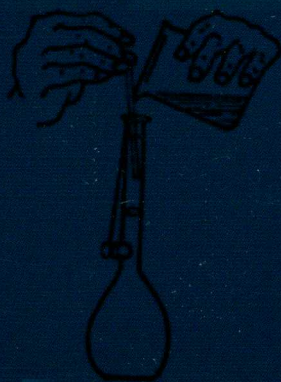


大学化学实验

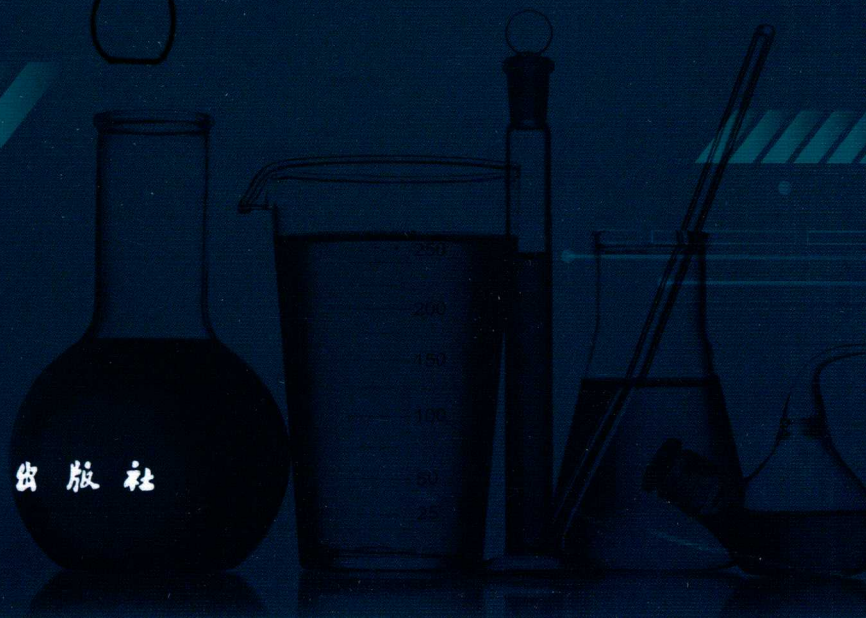
2 第二版
EDITION

蒲雪梅 陈 华 主 编
寇兴明 李桂英 副主编

DAXUE
HUAXUE
SHIYAN



化学工业出版社



高等学校教材

大学化学实验

第二版

蒲雪梅 陈 华 主 编
寇兴明 李桂英 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

ISBN 978-7-122-24000-0

本书在编写时注意体现“绿色化”和“节约减量”，在保证实验效果的基础上，对一些无机制备和性质实验减少了试剂用量，对部分化学分析实验同时给出常量和半微量两种实验方式，以供选择。

本书包括无机化学实验和化学分析实验，按照基础性—综合性—设计性三个层次推进实验内容。全书共分4章，包括化学实验基础知识、化学实验基础理论与基本技术、基础实验和综合与设计实验。本书在实验内容方面强调和注重“启发式研究式特色”，从基础实验着手，在实验内容中注重主动式思考和主动式学习能力的训练和培养，以满足实施以学生为主体、教师为主导的启发式和研究式的实验教学，满足培养创新型人才的需要。此外，在实验内容选择方面还兼顾一些专业特色和前沿性，以确保实验内容的特色和先进性。

本书可作为高等院校化学、化工、生物、药学、医学、食品、材料、环境、高分子等相关专业的基础化学实验教材，也可供相关领域的科研技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/蒲雪梅, 陈华主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2015.7
高等学校教材
ISBN 978-7-122-24242-6

I. ①大… II. ①蒲…②陈… 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 (2015) 第 124055 号

责任编辑: 宋林青

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 边涛

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 343 千字 2015 年 7 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

《大学化学实验》编写组

主 编：蒲雪梅 陈 华

副 主 编：寇兴明 李桂英

编写人员：蒲雪梅 陈 华 寇兴明 李桂英

曹红梅 曾红梅 杜 娟 周翠松

郝艳静 李 方 鄢洪建 吴 迪

前言

本书第一版于2010年出版,是根据高等教育化学实验教学的改革宗旨,通过对全国高校实验教学和实验教材的广泛调研和学习,结合老师们多年教学科研经验和教改成果,针对目前实验教学和教材中存在的问题编著出版的一本具有显著启发式研究式特色的基础性实验教材,其特色主要体现在:①实验内容中用有效数字代替器皿的名称,让学生通过有效数字选择正确精度的称量、移取和配制溶液的器皿,强化学生对“量”的理解和应用;②通过在实验内容中增加“研究性探索”内容,在兼顾实验课时和基础实验性质的基础上,改革实验内容,在其实验步骤中加入少量让学生必须思考和解决的实验内容,比如让学生根据相关理论知识从给出的几种选项中选择合适的指示剂或反应介质或试剂,或者给出几种实验条件(如不同用量、试剂组分、反应介质等)同时进行分组实验,让学生根据所学的理论知识分析其结果差异的原因等。这种实验内容的启发式特色(详见第一版前言)经过五年的使用,证实有以下效果:明显改变以往学生“照方抓药”、“依样画葫芦”的基础实验训练,给学生思考和分析的空间,并有效地加强了学生对理论知识和实验相结合的理解和应用,得以从根本上实施以学生为主体、教师为主导的启发式和研究式的实验教学,有效地提高了实验教学水平。通过教材的推广和交流,本教材这种基础性实验的启发式特色得到众多国内高校师生的高度评价和认可。

第二版是在第一版的基础上,根据课程教学的更新和实验教学改革发展的趋势,在保持原教材的内容(无机和分析化学实验)、框架(基础性—综合性—设计性三个层次)、科研与基础教学相结合以及实验内容启发式的基础上做了进一步的修订和完善,主要体现在:①更新和完善了部分实验内容,比如第1章中一些高校实验教学的网站更新,第2章补充、完善和更新了一些仪器器皿使用操作和注意事项,还有第3章的一些基础实验中器皿更新及实验内容(包括研究性探索内容和思考题)的进一步完善等;②为符合实验绿色环保的发展需求,一些无机制备和性质实验减少了试剂的用量。为适应更多学校的需求,部分化学分析实验增加了半微量实验内容(同时呈现常量和半微量实验两种方式);③为适应不同专业化学实验的需要,增加了5个新的基础实验(实验九、实验二十四、实验二十五、实验二十八和实验四十三),并增加了1个与科研前沿相关且具有基础性的文献实验(来源于本校老师最近发表的科研成果,见实验五十三)。

本书编写过程中,主编蒲雪梅和陈华负责修订方案的制订和实施,并参与全部实验的修订及全书的统稿审定,寇兴明负责新增实验四十三的撰写、化学分析实验中所有半微量滴定实验的撰写以及分析化学实验统稿审定,李桂英负责实验十、实验十二、实验十三、实验十五~实验二十二修订以及无机化学实验部分的统稿审定,曹红梅负责实验三~实验八、实验十一、实验十四、实验二十三和实验四十八的修订,周翠松负责实验三十二、实验三十五和实验三十七的修订以及新增实验五十三的撰写,杜娟负责实验三十和实验三十八的修订以及新增实验二十八的撰写,曾红梅负责第2章、实验二十六、实验四十九和第1章的部分修

订，鄢洪建负责三个新增无机实验（实验九，实验二十四、实验二十五）的撰写。

本书修订过程中得到了许多从事无机和分析化学工作的教师的支持和帮助，特此致谢。

我们希望本书的编写思路和特色能够为化学实验教学的进一步改革和发展起到抛砖引玉的作用，但由于作者能力和水平的限制，书中难免有疏漏和不当之处，恳请读者批评指正。

编者于四川大学

2015年4月

第一版前言

实验教学是化学化工类专业本科教学的重要组成部分，是提高学生的综合素质、培养学生的创新精神与实践动手能力的重要途径。为适应当今学科综合发展和学科交叉渗透对人才思维方式综合化、多样化培养的要求，大学化学实验内容是两个二级学科（无机化学和分析化学）的综合交叉。

本教材的编写遵循“以学生为中心、以教师为主导，加强基本技能训练，促进研究和创新意识培训”的实验教学改革指导思想，按基础性—综合性—设计性三个层次推进实验内容。与国内其他同类教材相比，本教材的主要特色是：改革以往教材“照方抓药”、“依葫芦画瓢”的实验内容，从基础实验着手，在实验内容中注重研究性能力的初步训练和培养，以从根本上实施以学生为主体、教师为主导的启发式和研究式的实验教学，主要表现在以下四方面。

1. 实验内容中对称量、移取和配制溶液的器皿将不再明确指出，而是用有效数字来代表，学生应该根据有效数字的位数来准确选择所需精度的玻璃器皿（如量筒或移液管；试剂瓶或容量瓶）和称量工具（如万分之一的电子天平或十分之一的天平），强化学生对“量”的理解和掌握。

2. 每一个实验都增加了“研究性探索”内容。一些研究性探索要求学生根据所学理论知识和资料查询做出选择和判断，才能继续下面的实验步骤；一些研究性探索要求学生在实验完成后结合实验结果并查询资料做进一步总结和拓展分析。

3. 强调学生学习的主动性和自学能力。本教材在每一个实验中都增加了“预习要点及实验目的”，让学生通过“查、看、思考”式的预习过程来理解实验原理、实验步骤、难点、重点，而且一些“研究性探索”内容也要求学生在实验前必须进行相关的预习和资料查询，以确保在安排的课时内能够完成规定的实验内容，并达到将有限的实验课时向课前、课后延伸的目的。

4. 科研与教学的结合。把教师科研工作中的成熟结果或文献中的有关先进成果经改造后引入到基础实验教学内容中。

本书由陈华和蒲雪梅主编，并参与全部实验的编写、修订及负责全书的统稿审定。其中，第1章、实验一、实验二、实验二十六、实验四十一、附录2~4、附录10~15由蒲雪梅编写，第1章（1.3节无机化学部分）和第2章由郝艳静编写，实验三~实验八、实验十、实验十四、实验二十三、实验四十五、实验五十、附录1、附录5~9由曹红梅编写，实验九、实验十一~实验十三，实验十五~实验二十二由李桂英编写，实验二十五、实验三十、实验三十五、实验三十七、实验三十九、实验四十二、实验四十四由周翠松编写，实验

二十七~实验二十九、实验三十二、实验三十四、实验三十六、实验三十八、实验四十、实验四十三由杜娟编写，实验四十七、实验四十八、实验五十一和实验五十二由李方编写，实验四十九和实验五十三由吴迪编写，实验二十四和实验四十六由曾红梅编写，实验三十一和实验三十三由蒲雪梅和周翠松共同编写。

本书在编写过程中还参考和借鉴了其他院校和老师编写的相关书籍，受益匪浅，在此表示最诚挚的谢意！

我们希望本书能对化学及相关学科的大学化学实验教学工作起到积极推动作用，但由于作者能力和水平的限制，书中难免有不当之处，恳请各位专家和读者批评指正。

我们相信大家的宝贵意见和建议，可以帮助我们在今后把教材和教学工作做得更好！

编者于四川大学
2010 年 4 月

目 录

第 1 部分 化学实验基础知识与基本技术

第 1 章 化学实验基础知识	1	2.2.1 化学试剂的规格	24
1.1 绪论	1	2.2.2 化学试剂的存放	24
1.1.1 大学化学实验的学习目的	1	2.2.3 实验室用水	25
1.1.2 大学化学实验的学习方法	1	2.2.4 纯水的制备	25
1.2 实验室规则和安全常识	5	2.3 实验基本技术	26
1.2.1 实验室规则	5	2.3.1 化学试剂的取用	26
1.2.2 化学实验室安全守则	5	2.3.2 固体的研磨	28
1.2.3 实验室一般事故的处理常识	6	2.3.3 加热与冷却	28
1.2.4 化学实验室的灭火常识	6	2.3.4 溶解、蒸发和结晶	31
1.2.5 实验室三废处理常识	7	2.3.5 固液分离	31
1.3 无机及分析化学实验常用工具书	8	2.3.6 固体的干燥	34
1.3.1 无机及分析化学实验常用手册和参 考书	8	2.3.7 气体的发生、净化和收集	35
1.3.2 无机及分析化学常用期刊	10	2.3.8 试管实验基本技术	37
1.3.3 常用化学信息网址资料	12	2.4 滴定分析基本操作	38
1.4 实验数据的处理	14	2.4.1 移液管、吸量管及其使用	39
1.4.1 有效数字	14	2.4.2 容量瓶及其使用	40
1.4.2 实验数据的记录与异常数据的 处理	14	2.4.3 滴定管及其滴定操作	41
1.4.3 误差分析	16	2.5 重量分析基本技术	45
1.4.4 实验结果的表示——置信区间	17	2.5.1 试样的溶解	45
第 2 章 化学实验基础理论与基本 技术	18	2.5.2 沉淀	45
2.1 化学实验室常用仪器及设备	18	2.5.3 沉淀的过滤和洗涤	45
2.1.1 化学实验常用仪器介绍	18	2.5.4 沉淀的干燥和灼烧	47
2.1.2 玻璃仪器的洗涤	22	2.6 常用仪器的操作和使用	48
2.1.3 玻璃仪器的干燥	23	2.6.1 比重计	48
2.2 化学试剂及实验用水	24	2.6.2 电子天平	49
		2.6.3 酸度计	52
		2.6.4 分光光度计	55
		2.6.5 电导率仪	57

第 2 部分 无机及分析化学实验

第 3 章 基础实验	60	实验五 甲酸铜的制备	67
实验一 分析天平称量练习	60	实验六 凝固点降低法测定尿素相对分子 质量	68
实验二 强酸、强碱溶液的配制及相互 滴定	61	实验七 化学反应焓变的测定	70
实验三 溶液的性质和配制	64	实验八 化学反应速率及活化能的测定	71
实验四 硝酸钾的制备	66	实验九 碘酸铜溶度积的测定	74

实验十	电离平衡	76
实验十一	醋酸电离常数和电离度的测定	78
实验十二	沉淀平衡	80
实验十三	氧化还原与电化学	81
实验十四	磺基水杨酸与三价铁离子配合物的组成及稳定常数的测定	83
实验十五	s 区元素化合物的性质	86
实验十六	p 区元素化合物的性质 (一)	90
实验十七	p 区元素化合物的性质 (二)	96
实验十八	p 区元素化合物的性质 (三)	100
实验十九	d 区元素化合物的性质 (钪、钛、钪、钨、铬、锰)	104
实验二十	d 区元素化合物的性质 (铁、钴、镍)	108
实验二十一	ds 区元素化合物的性质 (铜、银、锌、汞)	111
实验二十二	配合物的性质	114
实验二十三	三氯化六氨合钴 (Ⅲ) 的合成	116
实验二十四	七水硫酸镁的制备	117
实验二十五	硫酸亚铁铵的制备	119
实验二十六	液相合成纳米磁性四氧化三铁粉末	121
实验二十七	有机酸试剂纯度的测定	122
实验二十八	食用醋中总酸度的测定	124
实验二十九	混合碱的分析 (双指示剂法)	126
实验三十	硫酸铵中氮含量的测定 (甲醛法)	128
实验三十一	返滴定法测定蛋壳中的钙含量	129
实验三十二	非水滴定法测定 α -氨基酸的含量	130
实验三十三	水总硬度的测定	131
实验三十四	葡萄糖酸钙注射液中钙含量的测定	133
实验三十五	铅、铋混合液中铅和铋的连续测定	134
实验三十六	铝合金中铝含量的测定	136
实验三十七	过氧化氢含量的测定	138
实验三十八	重铬酸钾法测定水样中的化学耗氧量 (COD)	139
实验三十九	高锰酸钾法间接测定补钙剂中的钙含量	141

实验四十	直接碘量法测定维生素 C	142
实验四十一	碘量法测定葡萄糖	144
实验四十二	重铬酸钾法测定铁矿石中的铁含量 (无汞测铁法)	146
实验四十三	碘量法测定铜含量	147
实验四十四	苯酚含量的测定	150
实验四十五	莫尔法测定氯化物中的氯含量	152
实验四十六	重量分析法测定 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 中的钡含量	153
实验四十七	钢铁中镍含量的测定	156
第 4 章 综合与设计实验		158
实验四十八	三草酸根合铁(Ⅲ) 酸钾的制备及组成的测定	158
实验四十九	室温固相法合成纳米氧化铁红颜料及其含量的测定	160
实验五十	复方乙酰水杨酸药片中主要有 效成分的分析	162
实验五十一	鞣革废水的前处理及铬含量的测定	167
实验五十二	卟啉分子逻辑门的设计研究 (文献实验)	169
实验五十三	金纳米簇微波辅助合成法及其多批次产物光信号显著性差异评估 (文献实验)	172
实验五十四	粗盐的提纯 (设计实验)	174
实验五十五	食品中钙、镁和铁含量的测定 (设计实验)	176
实验五十六	河水、湖水水质监测分析 (设计实验)	177
实验五十七	光功能配合物材料的设计、合成与光物理性质的测定	179
附录		181
附录 1	国际相对原子质量表	181
附录 2	常用化合物的相对分子质量表	182
附录 3	化学试剂的分类	182
附录 4	常用酸碱溶液的密度、质量分数和浓度	183
附录 5	酸碱在水溶液中的解离常数 (25℃)	184
附录 6	难溶化合物的溶度积常数	189
附录 7	标准电极电势表 (298.15K)	192
附录 8	金属-无机配位体配合物的稳定常数	195

附录 9 金属-有机配位体配合物的稳定常数	199
附录 10 基准物质的干燥条件和应用	205
附录 11 常用酸碱指示剂	205
附录 12 酸碱滴定中的混合指示剂	206

附录 13 常用金属指示剂	207
附录 14 常用氧化还原指示剂	207
附录 15 沉淀滴定的吸附指示剂	207
参考文献	209

附录 13 常用金属指示剂	207
附录 14 常用氧化还原指示剂	207
附录 15 沉淀滴定的吸附指示剂	207
参考文献	209

附录 13 常用金属指示剂	207
附录 14 常用氧化还原指示剂	207
附录 15 沉淀滴定的吸附指示剂	207
参考文献	209

第1部分 化学实验基础知识与基本技术

第1章 化学实验基础知识

1.1 绪论

1.1.1 大学化学实验的学习目的

化学是一门实践性很强的学科，是培养学生实践动手能力和创新精神、提高学生综合素质的重要途径，为适应当今学科综合发展和学科交叉渗透对人才思维方式综合化、多样化培养的要求，大学化学实验内容是二级学科（分析化学和无机化学）的综合交叉，实验内容按照基础性→综合性→设计性三个层次逐步推进。其目的是传授无机和分析化学实验技术和方法，训练实验技能，培养学生的分析、推理、归纳、总结和探索规律的研究能力；让学生通过实验，在实践中培养学生“发现问题、提出问题、分析问题和解决问题”的能力，激发学生的研究创新能力。

1.1.2 大学化学实验的学习方法

1.1.2.1 实验预习

大学化学实验是一门综合性的理论联系实际的课程，同时，也是培养学生独立工作能力的重要环节，应避免“照方抓药，依葫芦画瓢”，而应以一种积极主动的态度来准确地完成实验，因此必须认真做好实验预习。教师有义务拒绝那些未进行预习的学生进行实验。

实验前的预习，归结起来可概括为“看、查、写”。

看：仔细阅读实验内容和相关的教科书及参考资料、网络实验及操作录像，不能有丝毫的马虎和遗漏。

查：结合实验要求（尤其是研究性探索）和实验中可能出现的问题，查阅相关资料并提出初步的解决方案。

写：在看和查的基础上认真地写好预习笔记。每个学生都应准备一本实验预习和记录本。

预习笔记的具体要求如下。

① 实验目的和要求，实验原理和反应式（正反应、主要副反应），需用的仪器和装置的名称及性能，溶液浓度和配制方法，主要试剂和产物的物理常数，主要试剂的规格用量（g、mL、mol）都要一一写在预习笔记本上。

② 阅读实验内容后，根据内容用自己的语言正确地写出简明实验步骤（不是照抄！），关键之处应加注明。步骤中的文字可用符号简化。例如，化合物只写分子式；克用“g”，毫升用“mL”，加热用“ Δ ”，加用“+”，沉淀用“ $\downarrow$ ”，气体逸出用

“↑”……仪器以示意图代之。这样在实验前已形成了实验操作的提纲，实验时按此提纲进行。

③ 合成实验，应列出粗产物纯化过程及原理。

④ 对于将做的实验中可能会出现的问题（如实验中的难点问题、研究性探索中的问题及实验中的安全问题等）要写出相应的解决办法和防范措施。

1.1.2.2 实验

① 实验时应按拟定的实验步骤独立操作。

② 实验过程中要认真操作，仔细观察实验现象，积极思考，手脑并用，对于实验中的反常现象或者实验失败，可通过资料查询，或与教师讨论，找出原因，提高自己分析问题和解决问题的能力。

③ 如实记录实验数据：实验中应及时地将观察到的实验现象及测得的各种数据及时如实地记录在记录本上。记录必须做到简明、扼要，字迹整洁。实验完毕后，将实验记录和产物交教师审阅。

1.1.2.3 实验报告

实验报告是总结实验进行的情况，分析实验中出现的問題，整理归纳实验结果必不可少的基本环节，是把直接的感性认识提高到理性思维阶段的必要一步。因此必须认真地写好实验报告。

实验报告一般应包括以下内容。

① 实验目的。

② 实验原理：用简要的文字和化学方程式表述。

③ 实验步骤：简明扼要地写出实验步骤的流程，可用流程图表示。

④ 实验数据及其处理：用文字、表格或图形将数据表示出来（尽可能用表格表示），并根据实验要求列出相应的计算公式，计算出分析结果并进行数据和误差分析（正确表达分析结果的准确度和精密度）。

⑤ 问题及分析讨论：可结合研究性探索内容、实验现象及结果进行分析和讨论，在讨论和分析中秉承理论知识和实验内容相结合、前沿发展和基础理论相结合的指导原则，以提高自己分析和解决问题的能力，初步锻炼科研创新能力，为进一步学习和科研工作奠定坚实的基础。

1.1.2.4 实验报告示例

（一）制备实验报告

实验题目：硝酸钾的制备

1. 实验目的

（1）了解复分解反应制备易溶盐的一种方法及原理。

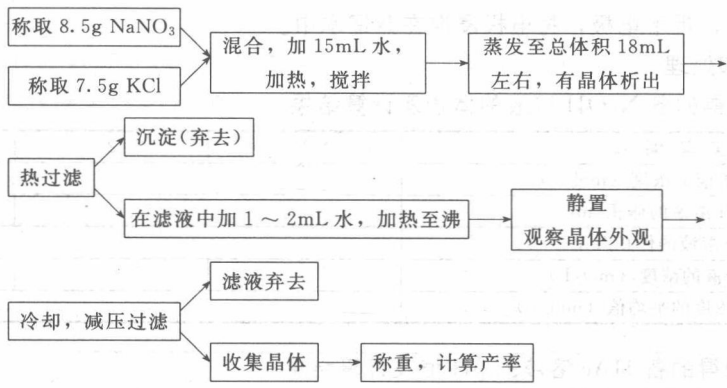
（2）学习无机制备的一些操作，练习浓缩和结晶的操作。

（3）掌握无机制备中常用的过滤法：热过滤和减压过滤。

2. 实验原理

在 KCl 和 NaNO_3 的混合溶液中，存在着 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 四种离子，它们可以组成四种盐。由这些盐的溶解度与温度的关系可知， NaCl 溶解度几乎不随温度的上升而改变， KNO_3 的溶解度则随温度增大许多。因此，只要把上述混合溶液加热蒸发、浓缩，使 NaCl 在高温下结晶析出，趁热将它分离，再让滤液冷却，则可使 KNO_3 晶体析出。

3. 实验步骤



4. 实验现象和数据记录

(1) 实验现象

(2) 产量_____

(3) 产率_____

5. 思考题及讨论 (略)

(二) 性质实验报告

实验题目: s 区元素化合物的性质

1. 实验目的 (略)

2. 实验原理 (略)

3. 实验步骤与记录 (仅写出部分内容)

实验步骤		实验现象	结论、解释(包括反应式)
金属与水的 作用	(1)在两个盛水的烧杯中,分别加入绿豆大的一粒金属钠、钾(先去掉表面的煤油)	金属钠浮游于水面,与水激烈反应,并熔成小球至完全反应,金属钾不仅在水面熔成小球游动,并发火燃烧	金属钠、钾为活泼的熔点较低的轻金属,都能与水激烈反应,放出大量的热,使钠、钾熔成水球,钾比钠的活泼性更强
	(2)在水溶液中各加入 1~2 滴酚酞指示剂	溶液变为红色	$2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$
	...	...	$2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2 \uparrow$
	...	...	...

4. 思考题及讨论 (略)

(三) 测定实验报告

实验题目: 醋酸电离常数和电离度的测定

1. 实验目的 (略)

2. 实验原理 (略)

3. 实验步骤 (仅写出部分内容)

(1) 测定醋酸溶液的准确浓度。

(2) 配制不同浓度的醋酸溶液。

实验室提供的 HAc 溶液浓度_____ mol/L

HAc 溶液编号	1	2	3
加入 HAc 的体积/mL	2.50	5.00	25.00
稀释至 50mL 后 HAc 的浓度/(mol/L)			

(3) 由稀到浓依次测定 HAc 溶液的 pH 值。

(4) 关闭电源，拆下电极，将电极浸泡在蒸馏水中。

4. 数据记录和处理

(1) 实验中测得的各 NaOH 溶液的体积及计算结果

实验编号	1	2	3
NaOH 溶液的浓度/(mol/L)			
NaOH 溶液的体积/mL			
HAc 溶液的体积/mL			
HAc 溶液的浓度/(mol/L)			
HAc 溶液浓度的平均值/(mol/L)			

(2) 实验中测得的各 HAc 溶液的 pH 值及计算结果

室温/℃					
溶液编号		1	2	3	4
$c/(mol/L)$					
pH 值					
$c(H^+)/(mol/L)$					
电离度 α					
电离常数 K_a	测定值				
	平均值				
	理论值				
	相对误差/%				

5. 结果与讨论 (略)

(四) 容量分析实验报告

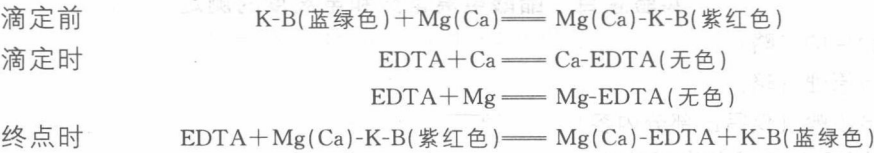
实验题目：水硬度的测定

1. 实验目的

- (1) 了解水硬度的含义及其表示方法。
- (2) 掌握 EDTA 配位滴定法测定水硬度的原理和方法。
- (3) 掌握 EDTA 标准溶液的配制和标定方法。

2. 实验原理

测定水的总硬度就是测定水中钙、镁的总含量，可用 EDTA 配位滴定法测定，使用 K-B 指示剂。



水的硬度有多种表示方法，德国硬度 (°d) 是每度相当于 1L 水中含有 10mg CaO，我国采用的硬度单位与德国相同，也以 mg/L 表示。

3. 实验步骤

(1) EDTA 溶液的标定

准确称取 0.2500~0.3000g CaCO₃ 于 250mL 烧杯中，加入 (1+1) HCl 10mL，加热溶解并转移定容至 250.00mL 容量瓶。用移液管移取 25.00mL 上述 Ca²⁺ 溶液于 250mL 锥形瓶中，加入 20mL pH≈10 的氨缓冲液和 4~5 滴 K-B 指示剂，用 EDTA 溶液滴定至溶液由紫红色变为蓝绿色，即为终点。平行测定三份，计算 EDTA 溶液的准确浓度。

(2) 水样分析

移取 100.00mL 自来水于 250mL 锥形瓶中，加入 1~2 滴 HCl、3mL 三乙醇胺溶液、5mL 氨性缓冲液、1mL Na₂S 溶液及 4~5 滴 K-B 指示剂，用 EDTA 标准溶液滴至溶液由紫红色变为蓝绿色，平行测定三份。

4. 数据记录和处理

$V_{\text{EDTA}}/\text{mL}$	1	2	3
EDTA 的标定			
水硬度的测定			

$$c_{\text{EDTA}} = \frac{\frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} \times \frac{25.00}{100.00}}{V_{\text{EDTA}}} \quad (\text{mol/L})$$
$$\rho = \frac{c_{\text{EDTA}} V_{\text{EDTA}} M_{\text{CaO}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\text{mg/L})$$

5. 结果与讨论 (略)

1.2 实验室规则和安全常识

1.2.1 实验室规则

- (1) 实验前认真预习实验，明确实验原理和目的，了解实验步骤和注意事项，做到心中有数。
- (2) 遵守纪律，不迟到，保持严肃、安静的实验室氛围，不高声谈话、嬉笑打闹。
- (3) 实验过程中要集中精力，严格按照规范操作进行，仔细观察，如实记录。
- (4) 实验中必须注意安全，防止人身和设备事故。仪器发生故障时，要及时报告指导教师。
- (5) 节约使用试剂、水、电和煤气。从试剂瓶中取出的试剂不可再倒回瓶中，以免带进杂质。取完试剂后应立即盖上瓶塞，试剂瓶应及时放回原处。
- (6) 实验过程中，随时保持实验室和桌面的整洁。火柴梗、废纸屑等固体废物应投入废纸篓内。废液应倒入废液缸内，严禁将其投入或倒入水槽，以防堵塞、腐蚀管道，造成环境污染。
- (7) 仪器设备的使用应严格按照操作规程进行，用完后应恢复原状。
- (8) 实验完毕，实验记录经指导教师检查认可后，将玻璃仪器洗涤干净，放回原位，清洁并整理好桌面，打扫干净水槽、地面。检查电插头或闸刀是否断开、水龙头是否关闭。
- (9) 实验室的一切物品（仪器、药品等）均不得带离实验室。

1.2.2 化学实验室安全守则

- (1) 实验室内严禁吸烟、饮食、大声喧哗、打闹。
- (2) 实验开始前，检查仪器是否完整无损，装置安装是否正确。要了解实验室安全用具（如灭火器、沙桶、急救箱等）放置的位置，熟悉各种安全用具的使用方法。
- (3) 洗液、强酸、强碱等具有强烈腐蚀性的试剂，使用时应特别注意，不能将它溅到皮肤和衣服上，稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢注入水中，并不断搅动，切勿将水倒入浓硫酸中，以免迸溅，造成灼伤。
- (4) 乙醚、乙醇、丙酮、苯等易挥发和易燃的有机溶剂，放置和使用时必须远离明火，

取用完毕后应立即盖紧瓶塞和瓶盖，置于阴凉处。

(5) 涉及刺激性或有毒气体（如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 NO_2 、 SO_2 等）的实验，以及加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸的实验，应在通风橱内进行，嗅闻气体时，应用手轻拂气体，把少量气体扇向自己再闻，不能将鼻孔直接对着瓶口。

(6) 加热试管时，不要将试管口对着自己或他人，也不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出使自己受到伤害。

(7) 使用酒精灯时，应随用随点燃，不用时盖上灯罩。不能用已点燃的酒精灯点燃其他酒精灯，以免酒精溢出而失火。

(8) 有毒试剂（如氰化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等）要严防进入口内或接触伤口，也不能随便倒入水槽，应按规定作回收处理。

(9) 禁止随意混合各种试剂药品，以免发生意外事故。

(10) 经常检查燃气开关和用气系统 如果有泄漏或煤气临时中断供应时，应立即熄灭室内火源、打开门窗通风，关闭燃气总阀。

(11) 实验室电器设备的功率和用气系统 人体与电器导电部分不能直接接触，也不能用湿手接触电器插头。

(12) 实验完毕，将实验台面整理干净，洗净双手，关闭水、电、气等阀门后离开实验室。

1.2.3 实验室一般事故的处理常识

(1) 割伤（玻璃或铁器刺伤等） 先取出伤口内的异物，如轻伤可用生理盐水或硼酸溶液擦洗伤处，涂上紫药水或红药水，用纱布包扎或用创可贴。伤势较重时，则先用医用酒精在伤口周围擦洗消毒，再用纱布按住伤口压迫止血，立即送医院处置。

(2) 烫伤 切勿用水冲洗，也不用弄破水泡。可先用 5% 左右的稀 KMnO_4 溶液冲洗灼伤处，再在伤口处抹上烫伤膏或万花油，重者需送医院救治。

(3) 强酸腐伤 先用大量水冲洗，再用饱和 NaHCO_3 溶液或稀氨水冲洗，然后再用水冲洗。当酸溅入眼内时，首先用大量水冲眼，然后用 1% 的碳酸氢钠溶液冲洗，最后用蒸馏水或去离子水洗眼。

(4) 强碱灼伤 先用大量水冲洗，然后用 2% 醋酸或 1% 硼酸溶液清洗。当碱溅入眼内时，除用大量水长时间冲洗外，再用饱和硼酸溶液冲洗，然后再用水冲洗。

(5) 磷烧伤 用 1% 硫酸铜、1% 硝酸银或浓高锰酸钾溶液处理伤口后，送医院治疗。

(6) 吸入刺激性、有毒气体 吸入氯气、氯化氢气体、溴蒸气时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气使之解毒。吸入硫化氢气体而感到不适时，应立即到室外呼吸新鲜空气。

(7) 毒物 毒物入口中，若尚未咽下，应立即吐出来，并用水冲洗口腔；如吞下，先让中毒者喝大量的水，然后将手指伸入喉部，促其呕吐，立即就医。

(8) 触电事故 应立即拉开电闸，截断电源，尽快地利用绝缘物（干木棒、竹竿）将触电者与电源隔离，必要时进行人工呼吸，并立即送医院医治。

1.2.4 化学实验室的灭火常识

一旦发生火灾，切不要惊慌，应沉着冷静，立即采取有效合适的灭火手段进行扑救，同时注意自身的安全保护。如果火势较大，还应同时快速拨打火警电话 119 求救。

(1) 加热试样或实验过程中起火时，应立即用湿抹布或石棉布熄灭灯火并同时拔去电炉