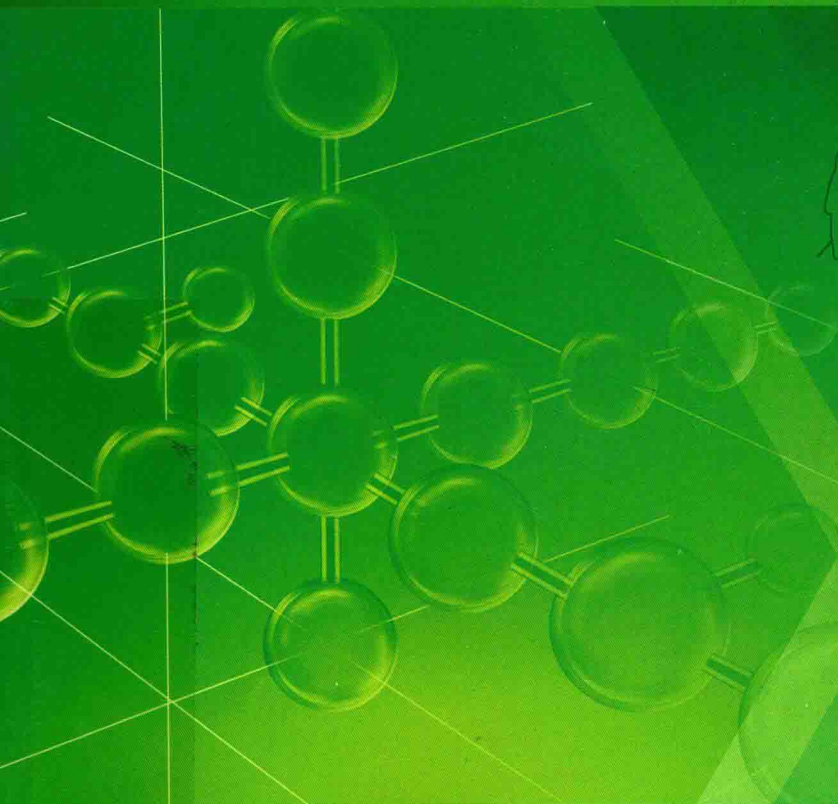


高等学校“十三五”规划教材

无机与分析化学实验

WUJI YU FENXI HUAXUE
SHIYAN

马 荔 陈虹锦 主编



化学工业出版社

化学
分卷

高等学校“十三五”规划教材

无机与分析化学实验

WUJI YU FENXI HUAXUE SHIYAN

马荔 陈虹锦 主编



化学工业出版社

·北京·

《无机与分析化学实验》按基础知识、基本技能训练、综合实验和设计性实验安排内容，便于实现从基本能力到综合能力的提升。全书共 40 个实验项目，某些实验后设有拓展实验题目，以引导学生进行开创性思维。每个实验后均附有大量的思考题，方便学生预习和总结。

《无机与分析化学实验》可作为化学、化工、材料、药学、环境、生物、食品等理工类专业本科生的教材，也可供化学、化工等行业科技工作者参考。

无机与分析化学实验

马荔 陈虹锦 主编

化学工业出版社

ISBN 978-7-122-34890-6

图书在版编目 (CIP) 数据

无机与分析化学实验/马荔, 陈虹锦主编. —北京: 化学工业出版社, 2019.9

高等学校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-34890-6

I. ①无… II. ①马…②陈… 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 (2019) 第 145683 号

责任编辑: 宋林青

文字编辑: 向东

责任校对: 王静

装帧设计: 刘丽华

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: 三河市航远印刷有限公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 358 千字 2019 年 10 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

化学是一门实践性很强的科学。在学习化学理论知识的同时，必须通过化学实验课程来达到两个目的：一是验证理论知识，加深对理论的了解和掌握，同时使学生学会用自己所学的知识对实验现象和结果进行分析和讨论；二是通过这个实践性环节，开发学生独立处理问题、解决问题的能力和提高学生设计实验的水平，为今后的专业课程学习和科研工作训练良好的实验技能和创下良好的综合基础。

《无机与分析化学实验》是我们总结多年的基础化学实验教学经验，本着提高学生综合实验能力的宗旨而进行的一系列课程的一部分，它不仅仅局限于对理论知识的验证，而是从基础知识、基本技能训练、综合实验到设计性实验，有步骤地引导学生从掌握最基本的实验技能到熟练进行综合实验设计，全面提高学生的独立工作能力、综合设计能力、科学研究能力以及团队协作精神。

本教材着重介绍无机化学实验、分析化学实验的基础知识和基本实验技能，以基础实验、综合实验、设计实验三个部分呈现给读者，学生通过基本操作、基本化合物的合成和测试训练为后续的系列实验打下基础。本书在基本操作和仪器使用部分配有 24 个教学演示视频，扫码即可观看，方便学生规范实验操作，这也是我们对新形态教材的一种尝试。

教材的编写团队由马荔、陈虹锦、宰建陶、张利、张卫组成。在编写过程中，得到了基础化学实验中心和教学团队教师的大力帮助，吴旦老师、谢少艾老师对本书中有关基础化学知识、基本实验技能以及无机与化学分析有关的实验内容的编写给予了很大的帮助，马晓东、戚嵘嵘、袁望章、应迪文、邱惠斌、黄香宜、韩莉、王亚林等老师在实验内容的修改和完善中提出了宝贵的意见。在实验验证过程中，得到了基础化学实验中心老师的大力支持与帮助，使我们的实验改革和教材编写工作得以顺利进行，在此向他们表示最真诚的谢意。

本着便于学生自学和引导学生实验过程中积极思考的理念，书中编写了大量的思考题，既可以引导学生在课前预习时理解实验内容，又可以让学生在完成报告时积极思考。本书是一本有特色并有利于学生理解化学实验本质的教材。

由于能力有限和对基础化学实验教学的改革还处于探索阶段，书中难免会有一些不妥之处，欢迎读者批评指正。

编者

2019 年 5 月于上海

第 1 章 绪论	1
1.1 化学实验的目的	1
1.2 化学实验课的要求.....	1
1.2.1 实验前——预习	2
1.2.2 实验中——行动	2
1.2.3 实验后——总结	3
1.3 实验报告格式.....	3
1.3.1 “无机制备实验”报告格式.....	3
1.3.2 “分析测定实验”报告格式.....	5
1.4 实验课程考核.....	6
1.5 实验行为规范.....	6
第 2 章 化学实验室的基本常识	7
2.1 化学实验室概貌	7
2.2 化学实验用水及试剂.....	7
2.2.1 实验室用水规格	7
2.2.2 纯水的制备方法	8
2.2.3 化学试剂的规格	9
2.2.4 化学试剂的存放	9
2.3 化学实验室安全知识	10
2.3.1 常见危险品及安全预防措施.....	10
2.3.2 事故紧急处理.....	13
2.4 三废处理	15
2.5 实验室安全规则	15
第 3 章 化学实验中的误差分析和数据处理	17
3.1 实验记录	17
3.2 实验数据的处理	17
3.2.1 准确度和精密度.....	18
3.2.2 误差产生的原因及减免方法.....	19
3.2.3 数据处理.....	20
3.2.4 可疑数据的取舍.....	23
3.3 提高测定结果的准确度	25

3.4	实验数据处理方法	26
3.4.1	实验数据列表表示法	26
3.4.2	实验数据图形表示法	27
3.4.3	实验数据方程式表示法	29
3.4.4	设计实验的基本原理	29
第4章	基础化学实验常用简单仪器	31
第5章	化学实验的基本操作	38
5.1	玻璃仪器的洗涤与干燥	38
5.1.1	洗涤要求及方法	38
5.1.2	仪器的干燥	39
5.2	试剂的干燥、取用和溶液的配制	40
5.2.1	试剂的干燥	40
5.2.2	试剂的取用	41
5.2.3	溶液的配制	42
5.3	试纸的使用	43
5.4	气体的使用	44
5.4.1	气体的发生	44
5.4.2	气体的收集	45
5.4.3	气体的干燥和净化	46
5.4.4	气体钢瓶	46
5.5	容量分析基本操作	48
5.5.1	量筒	48
5.5.2	移液管	48
5.5.3	吸量管	49
5.5.4	定量、可调移液器	50
5.5.5	滴定管	51
5.5.6	容量瓶	55
5.5.7	碘量瓶	56
5.5.8	容量器皿的校准	56
5.5.9	标准溶液的配制和标定	58
5.5.10	分析试样的准备和分解	59
5.6	无机制备和重量分析中常用的基本操作	59
5.6.1	加热设备及控制反应温度的方法	59
5.6.2	沉淀(晶体)的分离与洗涤	64
5.6.3	无机制备实验基本步骤	67
5.6.4	重量分析法基本操作	68
第6章	基本仪器简介	72
6.1	分析天平的构造原理和电子天平的使用方法	72
6.1.1	分析天平的工作原理和等级、规格	72

6.1.2	分析天平的使用规则	74
6.1.3	试样的称量方法	75
6.2	酸度计的使用和溶液 pH 值的测定	76
6.2.1	测量原理	76
6.2.2	pH 值测定的基本原理	78
6.2.3	酸度计的使用	79
6.3	电导率仪及其操作方法	81
6.3.1	工作原理	81
6.3.2	使用方法	82
6.4	可见分光光度计的构造原理及溶液浓度的测定	83
6.4.1	光吸收基本原理	83
6.4.2	外形构造及光学系统	84
6.4.3	使用方法	84
6.5	恒温槽的原理及使用	85
6.5.1	恒温槽的组成	85
6.5.2	使用方法	87
6.5.3	超级恒温槽简介	88
6.6	温度计原理及使用	88
6.6.1	温度计的原理	88
6.6.2	水银温度计的读数校正	89
6.7	气压计构造及使用方法	91
6.7.1	构造	91
6.7.2	使用方法	92
6.8	密度计	93
第 7 章	基础实验	94
实验 1	无机化学基本操作练习——氯化钠的提纯	94
实验 2	滴定分析基本操作练习	96
实验 3	混合碱的测定(双指示剂法)	98
实验 4	乙酸电离常数和电离度的测定	101
实验 5	纯水的制备与检验、水总硬度的测定	103
实验 6	化学反应速率及活化能测定	107
实验 7	酸碱平衡和沉淀平衡	111
实验 8	配合物的生成和性质	114
实验 9	氧化还原反应与电化学	117
实验 10	Zn^{2+} 、 Bi^{3+} 含量的连续测定	120
实验 11	水中化学需氧量(COD)的测定	122
实验 12	邻二氮菲吸光光度法测定铁含量	125
实验 13	邻二氮菲吸光光度法测定配合物的摩尔比和稳定常数	129
实验 14	磺基水杨酸合铜配合物的组成及稳定常数的测定	131

实验 15	硫酸铵中氮含量的测定	133
实验 16	沉淀滴定法测定氯含量	135
实验 17	非水滴定法测定硫酸铵含量	139
实验 18	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 中 Ba 含量的测定	141
第 8 章	综合实验	144
实验 19	非金属元素性质综合实验	144
实验 20	金属元素性质综合实验	150
实验 21	金属元素性质设计性实验	154
实验 22	硫酸亚铁铵的制备和硫酸亚铁百分含量的测定	156
实验 23	三草酸根合铁(Ⅲ)酸钾的制备和 Fe^{3+} 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 配比的测定	159
实验 24	胃舒平药片中铝、镁的测定	162
实验 25	Ca^{2+} -EDTA 混合溶液的组分测定	164
实验 26	铜合金中铜含量的测定	165
实验 27	硼酸含量的测定	168
实验 28	用废铝制备铝的化合物和产物组成测定以及净水实验研究	169
实验 29	顺、反式-二甘氨酸合铜(Ⅱ)配合物的制备及其铜含量的测定	172
实验 30	硫代硫酸钠的制备、性质检验和含量测定	174
实验 31	杂多酸的合成、表征和酯化反应中的催化性能研究	177
实验 32	纳米 ZnO 的制备和质量分析	179
实验 33	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的制备及组成、性质测定	182
实验 34	钴配合物的组成与反应动力学参数测定	183
实验 35	茶叶中咖啡因的提取和元素的分离、鉴定	186
实验 36	废干电池的综合利用	189
第 9 章	设计实验	192
实验 37	配位滴定法测定溶液中铁含量条件探究	192
实验 38	均相沉淀法制备系列金属硫化物	193
实验 39	席夫碱-金属配合物的合成、晶体生长及其光物理性质测试	194
实验 40	水质净化系列实验	195
附录		197
附录 1	弱酸、弱碱的解离常数 (298K)	197
附录 2	实验室常用酸、碱的浓度	198
附录 3	常用酸碱指示剂	198
附录 4	无机化合物在水中的溶解度	198
附录 5	溶度积常数 (291~298K)	200
附录 6	常用酸碱缓冲溶液的配制方法	201
附表 6-1	普通缓冲溶液的配制	201
附表 6-2	伯瑞坦-罗比森 (Britton-Robinson) 缓冲溶液的配制	202
附表 6-3	克拉克-鲁布斯 (Clark-Lubs) 缓冲溶液的配制	202
附表 6-4	乙酸-乙酸钠缓冲溶液的配制	203

附表 6-5 氨-氯化铵缓冲溶液的配制	203
附表 6-6 常用标准缓冲溶液的配制及其 pH 值与温度的关系	203
附录 7 标准电极电势 (298K)	204
附表 7-1 在酸性水溶液中的标准电极电势 (酸表)	204
附表 7-2 在碱性水溶液中的标准电极电势 (碱表)	206
附录 8 配离子的累积稳定常数 (291~298K)	209
附录 9 容量分析常用的基准物及干燥条件	216
附录 10 实验室火灾分类及常用的灭火器	217
附录 11 定量分析中的分离方法	217
附录 12 化学实验常用数据库	221
参考文献	223

第1章

绪论

1.1 化学实验的目的

化学是一门理论和实践并重的学科,无数化学界的前辈在化学实验室里经过艰苦卓绝的工作,发现和创造了新物质,发现了身边存在的物质的新性能和新应用。化学实验技能是一个化学工作者做化学研究必备的条件。在化学学习的过程中,通过化学实验能够真正地掌握好化学理论知识及研究方法,达到融会贯通的效果。

基础化学实验作为高等理工院校化学、化工、材料、环境、生命、医学、药学、农学等专业的基础课程的一部分,对培养学生的综合能力有着极为重要的作用。面对人才培养模式的改革和适应不同的需求,在不断实践的过程中,根据国家教学示范实验中心建设的要求,我们对沿袭多年的四大基础化学实验体系,即无机化学、分析化学、有机化学、物理化学实验体系进行了改革和整合。整合后的基础化学实验作为一门独立的课程,分为基础知识和技能训练、基础实验、综合实验、设计实验四个模块。希望学生通过新的基础化学实验体系的学习,达到以下几个目的:

- ① 通过实验课程掌握基本实验技能和基础实验方法,通过实验更好地理解化学基本原理。
- ② 通过实验课程逐步培养独立思考问题、解决问题的能力,树立严谨的治学作风,培养良好的实验规范及科学素养。
- ③ 通过基础实验、综合实验、设计实验等不同层次教学,逐步提高学生获取新知识和掌握科学研究方法的能力。
- ④ 通过整个实验过程,培养学生对实验方案设计原理的了解和思考,促使学生逐步形成带着问题学习的良好学习习惯。
- ⑤ 经过严格的实验训练,使学生具有一定的分析和解决较复杂问题的能力、收集和处理分析化学信息的能力、文字表达能力、团结协作精神,具有一定的实验设计能力。
- ⑥ 培养学生准确、细致、整洁等良好的科学习惯;培养学生实事求是的科学精神、科学思维方法和开拓创新能力。

1.2 化学实验课的要求

如上所述,化学实验是一个独立的课程体系,为了使实验课程达到上述学习效果,学生

应端正学习态度，更重要的是要建立一套正确、有效的学习方法。在实验教学的过程中要注重预习、实验、实验报告三个环节。

1.2.1 实验前——预习

预习是实验成败的关键因素之一。首先要根据实验目的，了解实验的内容和步骤，以及每一步要达到的目的或可能有的现象，对实验的整体过程在头脑中建立起一个框架，做到心中有数。对实验中可能遇到的问题及疑点、难点，应查阅有关资料，制定可行的实验方案，使实验得以顺利进行。同时，应了解实验设计中的理念和方法。实验的预习步骤包含以下几点。

① 阅读实验相关的内容，参考给出的思考题，研究并领会实验原理，了解及考虑实验步骤和操作过程中的注意事项，尤其是化学实验过程中可能遇到的安全问题要有一个具体的预判，规避或可以应对实验中发生的安全问题。实验前要根据自己对实验预习的体会写好预习报告。预习报告的主要内容包括：实验目的，简要的实验原理（特别是主反应和重要副反应的方程式）；简明实验步骤或流程图；使用的原料、产物和主要副反应产物；实验方法和操作要点；查阅或计算出与实验相关的物理化学常数及主要试剂规格、用量。

② 对于一些简单的设计性实验，首先要明确需要解决的问题，再根据所学的知识，通过查阅有关资料，结合实验室可提供的条件，选定实验方法，设计实验方案。必要时先和指导教师讨论再做设计。

③ 预习报告的书写要求简明扼要，实验内容按不同实验的要求，可用框图、箭头或表格的形式表达，有些文字可用符号简化，如实验所用仪器或实验步骤。另外，结合思考题和实验原理来预测实验现象，估计实验中可能出现的问题，并设想解决办法，标出操作中的关键步骤。必须考虑设计相应的实验数据记录表格和实验现象的记录空格，便于实验中记录实验现象及数据。

总之，预习要达到了解概貌、预测现象和难点、明确思路的效果。

1.2.2 实验中——行动

学生应根据教材上所规定的或自己设计的方法、步骤和试剂用量进行操作，完成实验应做到以下几点。

① 实验过程中保持安静，严格遵守实验室安全和操作规范。

② 认真操作，细心观察实验现象，包括气体的生成、沉淀的产生、颜色的变化、温度、压力、流量、pH值的变化等等。

③ 对实验中产生的现象，应本着实事求是的科学态度进行如实记录，应用所学的理论进行分析，得出结论。如果发现实验现象和化学原理或预想不符合，应认真检查原因，并细心重做此实验。必要时，可以做空白实验或对照实验加以检验或校正。

④ 实验中遇到疑难问题时提倡师生间、同学间的讨论，逐步提高解决问题的能力，提高实验效率。

⑤ 每个学生必须准备一本有页码的预习报告本记录实验数据和现象。记录时，文字要简明扼要、书写整齐、字迹清楚。如实、详细地把实验现象、数据记录在预习报告所留出的空格或表格内。数据记录一定要真实、有效、规范。

⑥ 实验完毕后，在“原始数据记录表”上登记实验原始数据，并将记录和实验产品一

并交教师审阅。

实验指导教师在学生实验中起着重要作用。为此，要求教师必须做到：坚持做预备实验；实验课开始前，检查学生的预习情况；讲授实验基本知识和实验操作。指导实验时，指导教师应坚守工作岗位，及时发现和指出学生的操作错误与不足，集中精力指导实验，认真批改实验报告，及时归纳学生实验过程中和实验报告中存在的问题，及时进行讲评和总结。而学生应该在实验之前认真预习，最好与指导教师进行讨论，并且，整个实验环节完成以后，要弄懂其中每一个环节的内涵。

学生在实验课上应勤于思考，胆大心细，手指勤快！安全第一！

1.2.3 实验后——总结

实验报告是实验教学的最后一项工作，是实验的总结，是一个把感性认识上升到理性认识的重要环节。这一环节是培养学生分析、归纳、总结、科技写作能力的重要步骤。

实验报告一般应包括以下内容：

- ① 实验名称、日期、当时环境温度、实验者及班级代号、学号、指导教师姓名。
- ② 实验目的。
- ③ 实验原理：要求简明扼要，尽量用化学语言表达。
- ④ 实验步骤及操作重点：通过简图、表格、化学反应方程式、符号等简洁明了地表示。
- ⑤ 实验结果：表达实验获得的数据及处理实验的结果。根据实验现象、数据进行整理、归纳、计算。
- ⑥ 结果讨论与分析：对实验进行小结，包括对实验现象与结果的分析讨论。也可对实验的整体设计（包括内容和安排不合理的地方）提出自己的建议和意见，实验中的一切现象（包括异常现象）都应进行讨论，提出自己的看法和原理依据，做到生动、活泼、主动地学习。
- ⑦ 解答思考题。提出自己的看法或疑问。

1.3 实验报告格式

这里提供的实验报告格式，是为低年级学生示范的，高年级学生可在教师的指导下根据实验的具体内容拟定实验报告格式。总的原则是简洁明了，尽量用化学语言及符号、图、表等有层次地清晰表达。以下为几种类型实验报告格式的示例。

1.3.1 “无机制备实验”报告格式

姓名_____ 班级_____ 学号_____ 实验日期_____

指导教师_____ 助教_____ 成绩_____

课程名称：无机与分析化学实验

实验名称：硫酸亚铁铵的制备

一、实验目的

(略)

4 无机与分析化学实验

二、实验原理



如何控制温度析出 $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，可根据溶解度曲线确定反应温度，如图 1 所示。

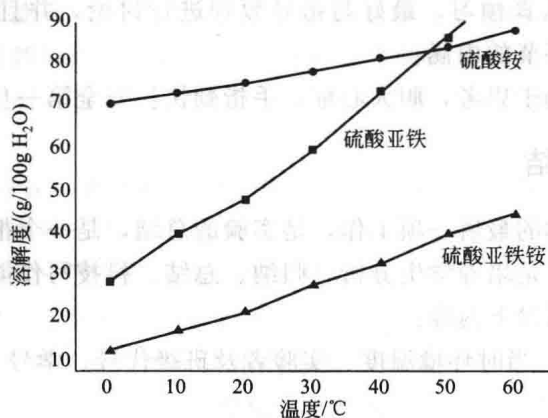


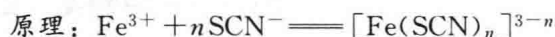
图 1 FeSO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 溶解度曲线

三、实验步骤

1. 制备实验流程



2. 产品质量分析：采用的是 Fe^{3+} 的限量分析的目视比色法



配制溶液的方法：

四、实验现象与解释

步骤	现象	解释和备注

五、实验结果

理论产率的计算：

产量：

产率：

产品等级：

六、问题与讨论

七、思考题

1.3.2 “分析测定实验”报告格式

姓名 _____ 班级 _____ 学号 _____ 实验日期 _____

指导教师 _____ 助教 _____ 成绩 _____

课程名称：无机与分析化学实验

实验名称：醋酸电离常数和电离度的测定

一、实验目的

(略)

二、实验原理

(略)

三、实验内容

1. 实验步骤

(1) $0.2\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HAc 溶液的配制

(2) HAc 浓度的标定

(3) 不同浓度 HAc 的配制

(4) 不同浓度 HAc 的 pH 值的测定

2. 实验数据及处理

(1) HAc 浓度的标定

	I	II	III
NaOH 浓度/ $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$	0.1985		
HAc 体积/ cm^3	25.00		
NaOH 体积(终)/ cm^3	25.05	25.02	24.96
NaOH 体积(初)/ cm^3	0.00	0.00	0.00
NaOH 体积/ cm^3	25.05	25.02	24.96
NaOH 体积平均值/ cm^3			
HAc 浓度计算公式			
HAc 平均浓度/ $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$			

(2) 系列 HAc 溶液 pH 值的测定

编号	V_{HAc}	$V_{\text{总}}$	c	$\lg c$	pH	2pH	$[\text{H}^+]$	K_{HAc}	α
1	5.00cm^3	100cm^3							
2	10.00cm^3	100cm^3							
3	25.00cm^3	100cm^3							
4	50.00cm^3	100cm^3							
5		未稀释							

四、结果与讨论

五、实验结论

六、思考题

1.4 实验课程考核

“无机与分析化学实验”是一个独立的课程体系，根据课程的特点，课程的考核结果应能客观反映学生的真实情况，同时，又应该成为学生学习的方向标。因此实验课的考核以综合过程管理和目标管理两方面为关注点，对四个环节进行考核，即实验预习-实验操作-实验设计-实验考试（实验结果），使之更能客观、准确、科学地反映学生的知识、技术和创新能力，并对学生能力和素质提高起到导向作用。

这里的过程包括两个部分：

一部分是针对每一个实验进行全程跟踪，从实验预习、实验操作、实验报告、思考与创新四个方面考核，考核表见表 1-1。教师给成绩包括以下几项内容：预习情况，实验态度，实验操作技能，实验记录，实验报告的撰写是否认真、是否符合要求，实验结果的科学性与准确性，实验过程中和实验结束后是否做到积极思考、主动学习，是否有意识地培养思考分析的习惯，等等。

另一部分是安排一个实验，进行全过程考核，进一步检查学生最终的学习效果。

表 1-1 实验成绩考核表

序号	学号	姓名	一、实验预习 (20分)	二、实验操作 (40分)	三、实验报告 (35分)	四、思考与创新 (5分)	总分
			原理清晰，过程明了，数据记录表格，必要数据查阅，主要仪器使用	态度端正，条理清楚，操作规范，记录正确，结果合理，整洁安全	数据处理，结果分析解释，有讨论和建议，思考题的分析解答，报告书写规范	有针对实验的思考、进一步实验设计并进行探索	
1							
2							

1.5 实验行为规范

为了保证实验的正常进行和培养良好的实验室作风，学生必须遵守下列实验室规则。

- ① 实验前做好充分的准备工作。
- ② 实验中应保持安静和遵守秩序。实验时注意力要集中，操作要认真，不得大声喧哗，不得擅自离开。要安排好时间，按时结束。
- ③ 遵从教师的指导，注意安全，严格按照操作规程和实验步骤进行实验。发生意外事故时，要冷静，及时采取应急措施，并立即报告指导教师。
- ④ 保持实验室整洁。实验时做到桌面、地面、水槽、仪器四净。
- ⑤ 爱护公物。公用仪器及药品用后立即归还原处。节约水、电、煤气及消耗性药品，严格药品用量。
- ⑥ 实验中产生的三废应根据不同的性质进行分类处理。
- ⑦ 遵守实验室卫生条例，实验完毕后要整理公用仪器，打扫实验室，并协助实验室管理人员检查和关好水、电、煤气阀门及门窗。

第2章

化学实验室的基本常识

2.1 化学实验室概貌

化学实验室的基础设施主要有实验台、洗涤设施、通风装置、废液回收装置、220V 交流电和管道煤气(天然气)等。如果条件允许,还应配备 36V 以下直流电和纯水管道。同时化学实验室的基本附件有灭火细砂、灭火器、洗眼器、防火毯、烟雾报警器、喷淋装置和应急电源或应急灯,还有监控设备。

学生进入实验室后的第一件事就是要了解实验室的基本情况,比如是否有前后门、安全通道如何走、喷淋装置在哪里、防火毯在哪里,以便今后很好地进行实验和在出现事故时能镇定地及时应对,在实验室发生问题时能够做到安全、自救、逃生。

2.2 化学实验用水及试剂

根据任务和要求的不同,实验室对水的纯度要求也不同。对于一般的分析实验,采用蒸馏水或去离子水即可。而对于超纯物质分析,则要求纯度较高的“高纯水”。

我国已建立了实验室用水规格的国家标准(GB/T 6682—2008),其中规定了实验室用水的技术指标、制备方法及检验方法。

2.2.1 实验室用水规格

实验室用水根据国家标准 GB/T 6682—2008《分析实验室用水的规格及试验方法》的规定,见表 2-1。

表 2-1 实验室用水的级别及主要指标

指标名称	一级	二级	三级
pH 范围(25℃)	—	—	5.0~7.5
电导率(κ)(25℃)/ $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$	≤ 0.01	0.10	0.50
可氧化物质[以(O)计]/ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$< —$	0.08	0.40
吸光度(A)(254nm,1cm 光程)	≤ 0.001	0.01	—

续表

指标名称		一级	二级	三级
蒸发残渣(105℃±2℃)/mg·dm ⁻³	≤	—	1.0	2.0
可溶性硅(以 SiO ₂)/mg·dm ⁻³	<	0.01	0.02	—

标准中只规定了一般技术指标,在实际工作中,有些实验对水有特殊要求,还要检查有关项目,例如 Cl⁻、Fe³⁺、Cu²⁺、Zn²⁺、Pb²⁺、Ca²⁺、Mg²⁺等的含量。

2.2.2 纯水的制备方法

制备实验室用水的原料水应当是饮用水或比较干净的水。如有污染,则必须进行预处理。

实验室根据用水要求的不同,可以采取以下几种方法获得不同纯度和用途的纯水:蒸馏法、离子交换法及电渗析法。

目前实验室用水大多采用离子交换树脂去除水中的杂质离子,用这种方法制得的纯水通常称为去离子水。

离子交换系统是通过阴、阳离子交换树脂对水中的各种阴、阳离子进行置换的一种传统水处理工艺,普通水进入离子交换树脂柱之前先经过活性炭过滤,再分别通过单独阳离子、阴离子交换树脂柱,再通过按不同比例进行搭配而组成的混合离子交换柱中和去离子水的酸碱度(见图 2-1)。

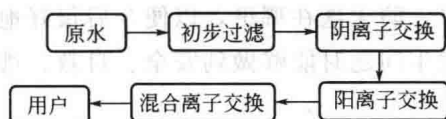


图 2-1 离子交换法制备纯水原理图

以氯化钠(NaCl)代表水中无机盐类,水质除盐的基本反应可以用下列方程式表达:



阳、阴离子交换树脂总的反应方程式即可写成:



由此可看出,水中的 NaCl 已分别被树脂上的 H⁺和 OH⁻所取代,而反应生成物只有 H₂O,故达到了去除水中盐的作用。

离子交换树脂需要预处理,先用清水对树脂进行冲洗,然后用 4%~5%的 HCl 和 NaOH 在交换柱中依次交替浸泡 2~4h,在酸碱之间用大量清水淋洗至出水接近中性,如此重复 2~3 次,每次酸碱用量为树脂体积的 2 倍。最后一次处理应用 4%~5%的 HCl 溶液进行,浸泡约 3~4h,用清水淋洗至中性即可,备用。

此法的优点是简单、制备量大、成本低和去离子的能力强;缺点是设备及操作较复杂,不能除去非电解质(如有机物)杂质,而且尚有微量离子交换树脂溶在水中。

随着反渗透技术的发展,目前最流行的方法是反渗透+混合离子交换柱(或床)结合的工艺。首先预处理,即砂碳过滤器和精密过滤器,然后是反渗透膜+混合离子交换柱(或床)工艺,这样可使出水电导率降到 0.2μS·cm⁻¹以下。