



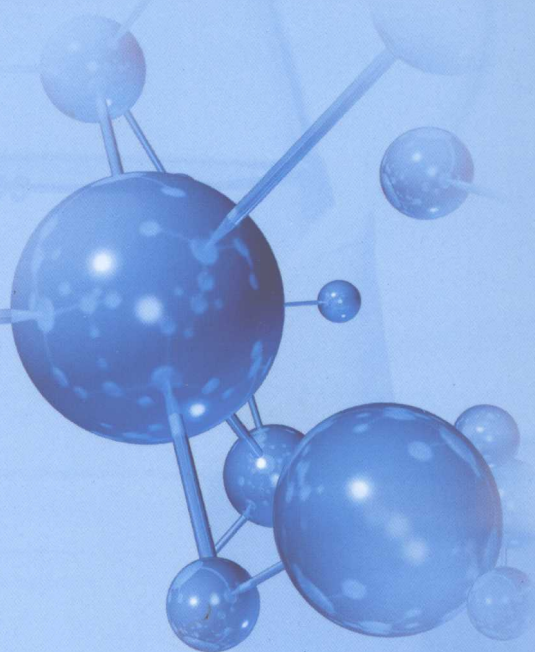
河海大学常州校区“十一五”规划实验系列教材之二

大学化学实验

主 编◎高 莹

副主编◎张根元 彭 雷

DAXUE
HUAXUESHIYAN



河海大学出版社

河海大学常州校区“十一五”规划实验系列教材之二

大学化学实验

主 编：高 莹

副主编：张根元 彭 雷

河海大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验 / 高莹主编. —南京: 河海大学出版社,
2007. 1

ISBN 978 - 7 - 5630 - 2347 - 9

I. 大... II. 高... III. 化学实验—高等学校—教材
IV. 06 - 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 018521 号

书 名 / 大学化学实验
书 号 / ISBN 978 - 7 - 5630 - 2347 - 9/O · 134
责任编辑 / 朱婵玲
特约编辑 / 吴 江
责任校对 / 潘 蕾
封面设计 / 杭永鸿
出 版 / 河海大学出版社
地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编: 210098)
电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)
经 销 / 江苏省新华书店
印 刷 / 丹阳兴华印刷厂印刷
开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16
印 张 / 11.25
字 数 / 226 千字
版 次 / 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷
定 价 / 24.00 元

序

创新作为时代发展的要求和社会进步的动力,一直是人们所不断追求的。科技、文化等各领域的进步都要靠不断创新,而创新需要人才,特别是年轻英才的前赴后继。高校作为人才培养的摇篮,不仅要输出专业型、知识型人才,更要造就一大批复合型、创新型人才。河海大学作为教育部直属的重点大学,一直重视学生创新精神和创新能力的培养。常州校区根据学校“致高、致用、致远”的教育理念,推行理论教学、实践教学和科学研究“三元结合”的人才培养模式,始终坚持培养“宽基础、强素质、重实践、求创新”人才,注重工程、注重实践,努力培养学生的学习能力、实践能力和创新精神。

2004年,校区顺利通过了江苏省高校基础课教学实验室评估。通过此次评估,校区全面贯彻“以评促建、以评促改”的方针,根据校区实际和特色,立足创新平台的构建,加强基础课实验室和专业实验室建设,并以此推动、提升实践教学质量,特别是实验教学质量,为学生开辟一片自主创造的天空。实验教学作为实践教学的重要环节,对培养理工科学生的创新能力和综合素质具有重要作用,因此,必须建立符合培养目标和时代特色的实验教学体系,促进创新平台、基地的系统化、共享化、资源化建设以及学生创新能力培养的体系化和特色化。

实验教材建设作为实验教学体系的重要组成部分,是提高实验教学质量的基础和必要条件。实验课程不仅为学生检验、判定理论知识提供条件,而且为学生发现新事物、探索新规律创造机会,其重点在于指导、培养学生科学探究、实践研究的能力。在此探究过程中,除了教师的引导与学生自身的努力之外,实验教材有着不可忽视的指导、启发作用。实验教材不同于一般理论教材知识呈现、内容更新的传统框架模式,主要应体现实验过程的科学规范性、实验内容的基础性与学生自主创新空间的预设性,实现计划与创新,经典与现代,规范与自主的统一。

因此,基于河海大学人才培养的要求以及实验教材建设的重要性和必要性,常州校区与河海大学出版社合作,推出河海大学(常州校区)“十一五”规划实验系列教材6本,深化实验教材改革力度,作为常州校区办学二十周年的献礼。

本套教材在注重实验内容的基础性和科学性的前提下,将更强调实验项目的设计性、综合性以及学生动手操作和探索能力空间的开拓。这也是我们编辑该套教材的初衷之所在。当然,由于实验条件的所限以及编者水平的不足,整套教材或许存在些许不尽如人意的地方,敬请广大教师、同行批评指正。

河海大学常州校区

教材编委会

二〇〇六年十一月

前言

化学是一门以实验为基础的学科,实验教育在化学教育中占有不可替代的重要地位。为此,我们在实验教学的基础上,参考兄弟院校和国外的一些实验教材,结合我校的实际,编写了这本大学化学实验教材。

本教材内容的选编以非化工类普通化学课程教学的基本要求为基本依据,结合我校的实际情况,兼顾校内大学化学、材料物理与化学等课程的要求,主要包括大学化学实验基础知识和基本操作技能以及二十五个化学实验。在基础知识和操作技能部分介绍了化学实验室的一般知识、化学试剂与仪器的使用和注意事项、实验数据的处理等;实验部分分为基本技术操作实验、综合实验和设计性实验三大部分,其中,性质鉴定、理论验证、参数测定和制备合成等实验均占一定比例,适合我校工科专业本科学生学习使用。为了培养学生独立思考和独立工作能力,要求学生在实验课之前,认真做好预习工作,了解实验内容和实验原理,明确实验目的和实验步骤,以便在实验过程中能专心进行基本操作与基本技能的训练,为将来的专业学习和科研工作打下坚实的基础。

本教材参与编写的人员及分工如下:张根元(化学实验精密仪器、实验十九至二十二)、彭雷(实验一至五)、蒋永峰(实验六至十)、王永珍(实验十一至十二)、高莹(绪论、化学实验基础知识和基本操作、实验结果的处理、实验十三至十八及二十三至二十五)。巢亚华和尹小三参与了本书部分内容的录入和校对,汪利利负责本书中部分图片制作和图片资料搜集工作。

本书承赵占西教授审阅,谨此致谢。

鉴于编写者水平有限,加之时间仓促,书中纰漏乃至错误等不尽人意之处,恳请读者提出宝贵意见和建议。

编者

2006.11

内容简介

内 容 简 介

本书是为高等院校非化学类理工科专业学生编写的实验教材。主要由绪论、化学实验基础知识和基本操作技能、基础性实验、应用与综合性实验、研究与设计性实验以及附录组成,内容涉及了无机化学、分析化学、有机化学和物理化学等。本书在绪论和基础知识部分主要详述了学生在化学实验室和在化学实验中包括实验前、实验中和实验后应遵守的规则和应注意的问题。在所选的二十五个实验中,既有基础知识和基本操作方面的实验,也有反映现代化学新进展和新技术的实验。书后附录中,列出了一些常用数据表,以便于学习和查阅。本书可供高等院校非化学化工类的理工科专业的学生使用。

春 编

2008.11

目 录

绪 论	001
0.1 大学化学实验的目的与意义	001
0.2 大学化学实验的程序与要求	001
0.3 化学实验室规则及安全知识	002
0.3.1 化学实验室规则	002
0.3.2 化学实验室安全规则	003
0.3.3 化学实验意外事故的处理	004
0.3.4 化学实验室的消防安全	004
0.4 化学实验室环保规则	005
第1章 化学实验基础知识和基本操作技能 ...	007
1.1 基础知识和基本操作	007
1.1.1 实验室用水的规格、制备及检验	007
1.1.2 实验室常用器皿和用具简介	009
1.1.3 玻璃量器及其使用	013
1.1.4 常用仪器的洗涤和干燥	019
1.1.5 化学试剂与化学药品的使用	021
1.2 化学实验精密仪器	025
1.2.1 分析天平	025
1.2.2 分光光度计	029
1.2.3 电导率仪	032
1.2.4 酸度计	035
1.2.5 恒温槽	040
1.2.6 SHR-15 氧弹式量热计	043
1.2.7 SWC-II _D 精密数字温度温差仪	052
1.3 实验结果的处理	056
1.3.1 误差和数据处理	056
1.3.2 有效数字	059
1.3.3 实验数据的表示	061

目 录

1.4 化学实验的预习、记录和实验报告	063
1.4.1 实验的预习	063
1.4.2 实验记录	063
1.4.3 实验报告	063

第2章 基础性实验

实验一 天平的称量练习	065
实验二 硫酸亚铁铵的制备及纯度检验	073
实验三 摩尔气体常数的测定	076
实验四 粗食盐的提纯	080
实验五 缓冲溶液的配制及 pH 值的测定	082
实验六 EDTA 标准溶液的配制与标定	085
实验七 食用醋中醋酸含量的测定	087
实验八 碳酸钠的制备与分析	090

第3章 应用与综合性实验

实验九 平衡常数的测定	094
实验十 高锰酸钾法测定水质化学耗氧量	099
实验十一 醋酸解离度和解离常数的测定	102
实验十二 水的总硬度的测定	108
实验十三 水的软化和净化处理	110
实验十四 从茶叶中提取咖啡因	116
实验十五 植物中某些元素的鉴定	119
实验十六 维生素 C 药片中抗坏血酸含量的测定	123
实验十七 含碘食盐中含碘量的测定	126
实验十八 钢铁中锰含量的测定	128
实验十九 金属材料的电化学腐蚀与防护	131
实验二十 燃烧焓的测定	136
实验二十一 乙酸乙酯的皂化	142

目 录

实验二十二 原电池电动势和电极电势的测定与应用	145
第4章 研究与设计性实验	152
实验二十三 废干电池的综合利用	152
实验二十四 微波水热合成法制备 Fe_2O_3 纳米材料	153
实验二十五 环境友好产品 ($\text{CaO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$) 的制备与分析	155
第5章 常用数据表	158
5.1 国际相对原子质量	158
5.2 常见化合物的摩尔质量表	162
5.3 弱酸及其共轭碱在水中的离解常数	163
5.4 一些微溶化合物的溶度积	165
5.5 常用酸碱指示剂及变色范围	167
5.6 标准电极电势	167
参考文献	170

绪 论

0.1 大学化学实验的目的与意义

化学是一门以实验为基础的自然科学,实验是化学学科的基本特征。大学化学实验是大学化学课程不可缺少的一个重要组成部分,是培养学生独立操作、观察记录、分析归纳、撰写报告等多方面能力的重要环节。它的主要目的是:

1. 使课堂中讲授的重要理论和概念得到验证、巩固、充实和提高,并适当地扩大知识面。化学实验不仅能使理论知识形象化,并且能说明这些理论和规律在应用时的条件、范围和方法,较全面地反映化学现象的复杂性和多样性。

2. 培养学生正确地掌握一定的实验操作技能。只有正确的操作,才能得出准确的数据和结果,而后者又是正确结论的主要依据。因此,化学实验中基本操作的训练具有极其重要的意义。

3. 培养学生独立思考和独立工作能力。学生需要学会联系课堂讲授的知识,仔细地观察和分析实验现象,认真地处理实验数据,并从中得出结论。

4. 培养学生的科学工作态度与习惯。科学工作态度是实事求是的作风,忠实于所观察到的客观现象。如果发现实验现象与理论不符时,应检查操作是否正确或所应用的理论是否合适等。科学工作习惯是指设计科学、安排合理、操作正确、观察细致、分析准确及推断合乎逻辑等。这些都是做好实验的必要条件。

0.2 大学化学实验的程序与要求

1. 预习 充分预习实验是保证做好实验的一个重要环节。预习应按每个实验中的“预习要求”进行,应当搞清楚实验的目的、内容、有关原理、操作方法及

注意事项等,并初步估计每一个反应的预期效果,根据不同的实验及指导教师的要求做好预习报告(若有需要,某些实验内容可到实验室并在指导教师的指导下进行预习)。对于每个实验中的“思考题”,预习时应认真思考。

2. 提问和检查 实验开始前由指导教师进行集体或个别提问和检查。一方面了解学生的预习情况,另一方面可以具体指导学生的学习方法。查问的内容主要是实验的目的、内容、原理、操作和注意事项等。若发现个别学生准备不够,教师可以停止他进行本次实验,在指定日期另行补做。

3. 进行实验 学生应遵守实验室规则,接受教师指导,按照实验教材上所指导的方法、步骤、要求及药品的用量进行实验。细心观察现象,如实记录于实验报告中。同时,应深入思考,分析产生现象的原因。若有疑问,可相互讨论或询问教师。

4. 做实验报告 实验完毕后,应当堂(或在指定时间内)做好实验报告,交给指导老师。学生可以根据每个实验的不同要求,自己设计报告格式。大学化学实验报告示例中列出一些实验的报告格式,供学生书写时参考。实验报告要记录清楚、结论明确、文字简练、书写整洁。不合格者,教师可退回学生重做。教师在接受报告时,可以提出实验中的问题,对学生进行再次查问。

0.3 化学实验室规则及安全知识

0.3.1 化学实验室规则

1. 实验前要清点仪器,如果有破损或缺少,应立即报告教师,按规定手续到实验预备室补领。实验时仪器若有损坏,亦应按规定手续到实验预备室换取新仪器。未经教师同意,不得拿用别的位置上的仪器。

2. 实验时保持安静,思想集中,认真操作,仔细观察现象,如实记录结果,积极思考问题。

3. 实验时应保持实验室和桌面清洁整齐。火柴梗、废纸屑、废液等应分别投入废物钵或废液钵中,严禁投入或倒入水槽内,以防水槽和下水管道堵塞或腐蚀。

4. 实验时要爱护财物,小心地使用仪器和实验设备,注意节约水、电、药品。使用精密仪器时,应严格按照操作规程进行,要谨慎细致。如果发现仪器有故障,应立即停止使用,及时报告指导教师。

5. 药品应按需用量取用,自药品瓶中取出的药品,不应倒回原瓶中,以免带人杂质;取用药品后,应立即盖上瓶塞,以免搞错瓶塞,沾污药品,并随即将药品瓶放回原处。

6. 实验时要求按正确操作方法进行,注意安全。

7. 实验完毕后应将玻璃仪器洗涤干净,放回原处。清洁并整理好桌面,打扫干净水槽和地面,最后洗净双手。

8. 实验结束后或离开实验室前,必须检查电插头或闸刀是否拉开,水龙头是否关闭等。实验室内的一切物品(仪器、药品和实验产物等)不得带离实验室。

0.3.2 化学实验室安全规则

化学药品中有很多是易燃、易爆炸、有腐蚀性或有毒的。所以在实验前应充分了解安全注意事项。在实验时,应在思想上十分重视安全问题,集中注意力,遵守操作规程,以避免事故的发生。

1. 必须了解实验的环境,充分熟悉水、电、煤气阀门、急救箱和消防用品等的放置地点和使用方法。

2. 实验室内药品严禁任意混合,更不能尝试其味道,以免发生意外事故。注意试剂、溶剂的瓶盖、瓶塞不能搞错。

3. 使用有毒试剂(如氟化物、氰化物、铅盐、钡盐、六价铬盐、汞的化合物和砷的化合物等)时,严防进出口或接触伤口,剩余药品或废液不得倒入下水道或废液桶内,应倒入回收瓶中集中处理。

4. 能产生有刺激性或有毒气体的实验,应在通风橱内(或通风处)进行。

5. 有机溶剂(如酒精、苯、丙酮、乙醚等)易燃,使用时要远离火源。应防止易燃有机物的蒸气外逸,切勿将易燃有机溶剂倒入废液缸,更不能用开口容器(如烧杯)盛放有机溶剂,不可用火直接加热装有易燃有机溶剂的烧瓶。回流或蒸馏液体时应放沸石,以防止液体过热暴沸而冲出,引起火灾。

6. 使用具有强腐蚀性的浓酸、浓碱、溴、洗液时,应避免接触皮肤和溅在衣服上。更要注意保护眼睛,需要时应配备防护眼镜。

7. 加热、浓缩液体的操作要十分小心,不能俯视正在加热的液体,以免溅出的液体把眼、脸灼伤。加热试管中的液体时,不能将试管口对着自己或别人。当需要借助于嗅觉鉴别少量气体时,决不能用鼻子直接对准瓶口或试管口嗅闻气体,而应用手把少量气体轻轻地扇向鼻孔进行嗅闻。

8. 使用电器设备时,不要用湿手接触仪器,以防触电,用后拔下电源插头。

9. 实验室内严禁饮食和吸烟。实验完毕,应洗净双手后,才可离开实验室。

0.3.3 化学实验意外事故的处理

1. 割伤：伤口内若有玻璃碎片，须先挑出，再行消毒、包扎。
2. 烫伤：可用高锰酸钾溶液或苦味酸溶液揩洗灼伤处，再搽上凡士林或烫伤油膏。
3. 酸(或碱)伤：酸或碱洒到皮肤上时，先用大量水冲洗，再用饱和碳酸氢钠(或2%醋酸溶液)冲洗，最后再用水冲洗。
4. 酸(或碱)溅入眼内，应立即用大量水冲洗，再用2%Na₂B₄O₇溶液(或3%硼酸溶液)冲洗眼睛，然后用蒸馏水冲洗。
5. 溴腐伤：先用C₂H₅OH或10%Na₂S₂O₃溶液洗涤伤口，然后用水冲净，并涂敷甘油。
6. 在吸入刺激性或有毒气体如溴蒸气、氯气、氯化氢时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒。因不慎吸入煤气、硫化氢气体时，应立即到室外呼吸新鲜空气。
7. 遇毒物误入口内时，立即取一杯含5~10 mL 5%CuSO₄溶液的温水，内服后再用手指伸入咽喉部，促使呕吐，然后立即送医院治疗。
8. 不慎触电时，立即切断电源，必要时进行人工呼吸。
9. 对伤势较重者，应立即送往医院医治，任何延误都可能使治疗复杂和困难。

0.3.4 化学实验室的消防安全

当实验室不慎起火时，一定不要惊慌失措，而应根据不同的着火情况，采取不同的灭火措施。由于物质燃烧需要空气和一定的温度，所以灭火的原则是降温或将燃烧的物质与空气隔绝。

化学实验室常用的灭火措施有：

1. 小火用湿布、石棉布覆盖燃烧物即可灭火，大火可用泡沫灭火器灭火。对活泼金属Na、K、Mg、Al等引起的着火，应用干燥的细沙覆盖灭火。有机溶剂着火，切勿用水灭火，而应用二氧化碳灭火器、沙子和干粉等灭火。
2. 在加热时着火，应立即停止加热，关闭煤气总阀，切断电源，把一切易燃易爆物移至远处。
3. 电器设备着火，先切断电源，再用四氯化碳灭火器灭火，也可用干粉灭火器或1211灭火器灭火。常用灭火器种类及其适用范围见表0.1。
4. 当衣服上着火时，切勿慌张跑动，应赶快脱下衣服或用石棉布覆盖着火处，或在地上卧倒打滚，起到灭火的作用。

5. 必要时报火警。

表 0.1 常用灭火器种类及其适用范围

名 称	适 用 范 围
泡沫灭火器	用于一般失火及油类着火。此种灭火器是由硫酸铝和碳酸氢钠溶液作用产生大量的二氧化碳及泡沫,泡沫把燃烧物质覆盖与空气隔绝而灭火。因为泡沫能导电,所以不能用于扑灭电器设备着火。
四氯化碳灭火器	用于电器设备着火及汽油、丙酮等着火。此种灭火器内装 CCl_4 液态。 CCl_4 液态沸点低,相对密度大,不会被引燃,所以把 CCl_4 喷射到燃烧物的表面, CCl_4 液体迅速气化,覆盖在燃烧物上面灭火。
1211 灭火器	用于油类、有机溶剂、精密仪器、高压电气设备。此种灭火器内装 CF_2ClBr 液化气,灭火效果好。
二氧化碳灭火器	用于电器设备失火及忌水的物质着火。内装液态 CO_2 。
干粉灭火器	用于油类、电器设备、可燃气体及遇水燃烧等物质的着火。内装 NaHCO_3 等物质和适量的润滑剂和防潮剂。此种灭火器喷出的粉末能覆盖在燃烧物上,组成防止燃烧的隔离层,同时它受热分解出 CO_2 ,能起中断燃烧的作用,因此灭火速度快。

另外一些有机化合物如过氧化物、干燥的重氮盐、硝酸酯、多硝基化合物等,具有爆炸性,必须严格按照操作规程进行实验,以防爆炸。

煤气开关应该经常检查,保持完好,煤气灯和橡皮管使用前也要仔细检查。发现漏气立即熄灭室内所有火源,打开门窗,用肥皂水找出漏气处,若不能自己解决,立即告知有关单位及时抢修,并关闭煤气总阀门。

大量溢水也是实验室时有发生的事,所以应注意水槽的清洁,废纸、玻璃等物应扔入废物缸中,保持下水道畅通。有机实验冷凝管的冷却水不宜开得过大,万一水压高时,橡皮管弹开会引起事故。

0.4 化学实验室环保规则

在化学实验过程中,常会产生各种有毒的废气、废液和废渣。三废不仅污染环境、威胁人们健康,而且其中的贵重和有用的成分没能回收,在经济上也是损失。此外,在学习期间就应进行三废处理以及减免污染的教育,树立环境保护观念。

1. 有毒废气的处理 当产生少量有毒气体的实验时,可以在通风橱中进

行,通过排风设备把有毒废气排到室外,利用室外的大量空气来稀释有毒废气。如果做产生大量有毒气体的实验时,应该安装气体吸收装置来吸收这些气体,然后进行处理。例如卤化氢、二氧化硫等酸性气体,可以用氢氧化钠水溶液吸收后排放。碱性气体用酸溶液吸收后排放,CO可点燃转化为CO₂气体后排放。

2. 有毒废液的处理 废酸和废碱溶液需经过中和处理,使pH值在6~8范围,并用大量水稀释后方可排放。

含镉:加入消石灰等碱性试剂,使所含的金属离子形成氢氧化物沉淀而除去。

含六价铬化合物:在铬酸废液中,加入FeSO₄、亚硫酸钠,使其变成三价铬后,再加入NaOH(或Na₂CO₃)等碱性试剂,调pH值在6~8时,使三价铬形成氢氧化铬沉淀除去。

含氰化物:有两种方法:其一为氯碱法,即将废液调节成碱性后,通入氯气或次氯酸钠,使氰化物分解成二氧化碳和氮气而除去;另一方法为铁蓝法,将含有氰化物的废液中加入硫酸亚铁,使其变成氰化亚铁沉淀除去。

含汞及其化合物:有较多的方法。其一为离子变换法,此法处理效率高,但成本也较高,所以少量含汞废液的处理不适宜用此方法。处理少量含汞废液经常采用化学沉淀法。在含汞废液中加入Na₂S,使其生成难溶的HgS沉淀而除去。

含铅盐及重金属:其方法为在废液中加入Na₂S(或NaOH)使铅盐及重金属离子生成难溶性的硫化物(或氢氧化物)而除去。

含砷及其化合物:在废液中加入硫酸亚铁,然后用氢氧化钠来调pH值至9,这时砷化合物就和氢氧化铁与难溶性的亚砷酸钠或砷酸钠产生共沉淀,经过滤除去。另外,还可用硫化物沉淀法,即在废液中加入Na₂S或H₂S,使其生成硫化砷沉淀而除去。

3. 有毒废渣的处理 有毒的废渣应深埋在指定的地点,如有毒的废渣能溶解于地下水,会混入饮用水中,所以不能未经处理就深埋。有回收价值的废渣应该回收利用。

化学实验基础知识和基本操作技能

1.1 基础知识和基本操作

1.1.1 实验室用水的规格、制备及检验

水在许多物质良好溶剂,化学实验室最常用的溶剂就是水。在化学实验中,根据任务和要求的不同,对水的纯度和要求也不同。

自然界中的水(天然水)因含有许多杂质,一般在科学实验中及工业生产中较少应用。经初步处理后的自来水,除含有较多的可溶性杂质外,是比较纯净的,在化学实验中常用作粗洗仪器用水、实验冷却用水、水浴用水及无机制备前期用水等。自来水再经进一步处理后所得的纯水,在实验中常用做溶剂用水、精洗仪器用水、分析用水及无机制备的后期用水。因制备方法不同,常见的纯水有蒸馏水和去离子水。对于一般的分析实验工作,采用蒸馏水或去离子水即可,而对于超纯物质分子,则要求纯度较高的“高纯水”

表 1.1 实验室用水的技术指标

名 称	一 级	二 级	三 级
pH 范围 (25℃)	—	—	5.0~7.5
电导率 (25℃)/(mS·m ⁻¹)≤	0.01	0.10	0.50
可氧化物质(以 O 计)/(mg·L ⁻¹)≤		0.08	0.4
吸光度(254 nm, 1 cm)光程≤	0.001	0.01	
蒸发残渣(105℃±2℃)/(mg·L ⁻¹)≤		1.0	2.0
可溶性物(以 SO ₂ 计)≤	0.01	0.02	