



21世纪高等学校应用型教材

GONGCHENG HUAXUE SHIYAN 工程化学实验

■ 安保礼 主编

GONGCHENG
HUAXUE SHIYAN



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



21 世纪高等学校应用型教材

工程化学实验

安保礼 主编



中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程化学实验/安保礼主编. —北京: 中国计量出版社, 2009. 8

21 世纪高等学校应用型教材

ISBN 978-7-5026-3116-1

I. 工… II. 安… III. 工程化学—化学实验—高等学校—教材 IV. TQ02-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 144289 号

内 容 提 要

本书主要包括: 绪论、工程化学实验的基础知识、无机化学实验基本操作和技术、实验内容、综合研究型实验、附录等。

本书基于开设工程化学实验的学时数较少, 又具有较强专业特色的特点, 大多选用与工程实际和生活实际相联系的趣味性和综合性实验。

本书可作为高等院校工程类专业和非化学专业的教材, 亦可作为从事化学实验工作人员的参考书。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)

电 话 (010) 64275360

网 址 <http://www.zgjl.com.cn>

发 行 新华书店北京发行所发行

印 刷 三河市灵山红旗印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 8.5

字 数 163 千字

版 次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 1—3 000

定 价 17.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换

版权所有 侵权必究

— 教 材 编 委 会 —

主 编 安保礼

副主编 金永林 董晓雯 包新华

编 委 安保礼 金永林 董晓雯 包新华

前言

• FOREWORD •

经过10年的使用,我校的《工程化学实验》教材得到了广大师生的认同和好评。为进一步提高教材质量和水平,在广泛听取各方面的意见之后,我们决定对该教材进行重新修订,并适时增加了部分趣味性实验,以期更好地满足新时期人才培养的需求。

工程化学实验是普通高等院校工程类专业和非化学专业的理工科学生开设的必修或必修实验课程之一。通常情况下,开设工程化学实验的学时数较少,又具较强专业特色。基于此特点,为了用好这有限的学时,本教材大多选用与工程实际和生活实际相联系的趣味性和综合性实验,其目的是使实验课的趣味性、实验技能培训与工程化学理论教学相结合,进一步激发同学们的学习兴趣;学习一些化学实验的基本技能和实验技巧,更加深刻理解化学理论知识,培养同学们观察实验现象的能力,学会如何思考问题,初步学会运用化学实验和理论知识去解决工程实际中的问题,养成严谨认真、实事求是的科学作风。

本实验教材是在我校原使用的《工程化学实验》的基础上,对实验内容做了较大修改。增加了一些趣味性和实用性的实验,如8-羟基喹啉铝发光材料的制备实验,热致变色材料四氯合铜二乙基铵盐的制备实验,生活中常见的固体乙醇的制备实验等。删除了一些过时、理论性较强的实验内容。在实验用时较少的条件下,帮助学生学习。此外,本教材还增加了实验数据的处理方法,实验预习报告和实验报告的写法和示例。参加本实验教材修改和撰写的老师有安保礼、金永林、董晓雯、包新华。具体分工为:教材的第一部分由包新华改编,第二部分、第五部分和第六部分由安保礼编写,第三部分由金永林编写,第四部分由董晓雯负责编辑和修改。最后由安保礼统一整理、校验、修改、定稿。

全书共分为6个部分。第一部分为绪论;第二部分为工程化学实验的基础

知识；第三部分为无机化学实验基本操作与技术；第四部分为工程化学实验内容；第五部分为综合研究型实验；第六部分为附录。

由于编者水平有限，不当之处，诚请批评指正。

安保礼

2009年6月8日于上海大学

目 录

• CONTENTS •

第一部分 绪论	(1)
1.1 实验的意义和目的	(1)
1.2 实验要求	(2)
1.3 实验室规则	(3)
1.4 实验室安全守则及意外事故的处理	(4)
1.5 实验室设施介绍	(6)
第二部分 工程化学实验的基础知识	(7)
2.1 实验室用的水的知识	(7)
2.2 通风的方法	(8)
2.3 常用玻璃仪器与设备	(9)
2.4 误差与数据处理	(12)
2.5 实验预习报告和实验报告的写法和示例	(15)
第三部分 无机化学实验基本操作和技术	(21)
3.1 玻璃仪器的洗涤及干燥	(21)

3.2 试剂的规格、存放及取用	(24)
3.3 试纸	(26)
3.4 加热与冷却	(28)
3.5 量器及其使用	(31)
3.6 温度计及其使用	(36)
3.7 固、液分离与结晶	(37)
3.8 常用仪器的使用	(41)

第四部分 实验内容

(54)

实验一 水的硬度测定	(54)
实验二 $\text{Fe}^{3+} \sim \text{NCS}^-$ 平衡常数的测定	(57)
实验三 氧化还原反应与电化学	(61)
实验四 醋酸电离常数和电离度的测定 (pH 电位法)	(65)
实验五 8-羟基喹啉铝荧光材料的制备	(67)
实验六 热致变色材料四氯合铜二乙基铵盐的合成与 热致变色实验	(69)
实验七 人造能源——固体乙醇的制备	(71)
实验八 氯化钠提纯	(73)
实验九 去离子水的制备和水的电导率的测定	(76)
实验十 七水合硫酸亚铁的制备	(79)
实验十一 化学反应速率、速率常数和反应级数的测定	(81)
实验十二 金属材料的电化学腐蚀与防护	(86)
实验十三 氯化铵生成焓的测定	(89)

实验十四 四氯合铜(Ⅱ)配离子的 ΔG° 和 K° 的测定	(93)
第五部分 综合研究型实验	(96)
实验一 Y 分子筛的合成	(96)
实验二 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及其组分的测定	(99)
附录	(108)
附录一 一些弱电解质的标准电离常数 (298K)	(108)
附录二 难溶物质的标准溶度积常数 (298K)	(109)
附录三 标准电极电势 (298K)	(111)
附录四 一些配离子的标准稳定常数 (298K)	(118)
附录五 强酸、强碱、氨溶液的百分比浓度与相对密度、物质的量 浓度 (M) 的关系 (20℃)	(121)
参考文献	(123)

第一部分 绪 论

1.1 实验的意义和目的

化学是一门实验科学，任何化学上的发现、发明都离不开实验，化学中的理论、学说、定律都来源于实验并且不断地经受实验的检验。

化学学科已深入到各个自然科学领域，产生了许多应用化学知识的交叉，如生物化学、生物无机化学、材料化学、能源化学、环境化学等。材料和能源科学中的化学问题，环境科学中的化学问题等人类社会可持续发展的化学问题都需要我们以新的思路、观念和方式去学习化学。

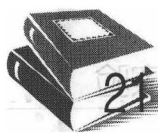
工程化学及实验课程的教学目的是为了适应 21 世纪高等院校对非化学类理工科本科生人才的化学素质、知识和能力的要求以及我国经济和科技发展的需要，使学生在今后的实际工作中，面对现代工程技术中遇到的如材料的选择和寿命、环境的污染与保护、能源的开发与利用、信息传递等有关化学问题，能有意识地运用化学观点去思考、认识和解决问题。

通过工程化学实验的学习，我们要达到这些目的：

(1) 培养学生的动手能力。化学实验中有各种各样的实验操作，我们要求学生能掌握基本的实验操作技能。有正确的操作，才能得出准确的数据和结果，这些是我们得到正确结论的主要依据。

(2) 培养学生独立操作和思考的能力，在独立完成实验的过程中，细致观察和记录实验现象、处理实验数据，从中得出正确的结论。

(3) 培养学生的科学精神和科学品德，使学生从一开始就要有逐步严谨务实的科学态度、认真细致的工作作风、条理整洁的良好习惯和互助协作的团队精神。



1.2 实验要求

工程化学实验的学习,不仅需要学生有一个正确的学习态度,而且还需要有一个正确的学习方法。现将学习方法归纳成如下几方面。

一、预习

预习是做好实验的前提和保证。预习要求学生认真阅读本书有关章节,做到明确实验目的,了解实验原理,熟悉实验内容、主要操作步骤及数据的处理方法,明确实验的关键步骤和注意事项,合理安排实验时间,预习仪器的基本操作。

二、提问和检查

实验前以提问的形式,师生共同研讨实验原理、操作要点和注意事项。然后由教师操作示范,或观看操作录像,使基本操作规范化。这样既可以了解学生的预习情况,又可以使教师指导有的放矢。如发现学生准备不够,教师可以令其准备好以后再进行实验。

三、实验

学生按拟定的实验步骤独立操作,进行实验。要求仔细观察实验现象,认真测定实验数据,并做到边操作、边思考、边记录。观察的实验现象、测定的实验数据要用水笔如实记录在预习报告本上。不能随意删去自己认为不对的数据,更不能杜撰原始数据。原始数据不得涂改,如有记错可在原始数据上做出记号,再在旁边写上实验数据。实验中要勤于思考,力争自己解决问题。碰到疑难问题,可与教师讨论,获得指导。如实验失败,要检查原因,经教师同意后重做实验。

四、实验后

做完实验仅是完成实验的一半,接下来更为重要的是分析实验现象,整理实验数据,把直接的感性认识提高到理性思维阶段。要做到认真、独立完成实验报告。对实验现象进行解释,得出结论,对实验数据进行处理(包括计算、作图、误差表示)。实验报告要求按一定格式书写,字迹端正,叙述要简明扼要,作图应使用作图纸。

实验报告通常包括三部分内容:

- (1) 根据实验内容写出实验目的、原理(扼要)、主要使用的仪器和试剂、步骤(简明)。
- (2) 根据原始记录写出实验现象、测定数据,包括作图等内容。
- (3) 结论部分,包括对实验现象、所测数据或产品产量进行分析、解释、结论;原始数据的处理、误差分析和对实验进行讨论。

1.3 实验室规则

(1) 每次进入化学实验室, 应按教师要求清点本次实验所需要的实验仪器, 如发现破损或缺少, 应立即报告教师, 按规定手续补齐。实验时如有损坏, 按实验室仪器赔偿规定进行处理。未经教师同意, 不得动用规定实验以外的药品和仪器。

(2) 实验时应遵守纪律, 保持安静, 集中思想, 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。废纸、火柴梗等固体废物以及各种强腐蚀性废液等应放入废物缸或其他规定的回收容器内, 严禁倒入水槽, 以防水槽和下水管道堵塞或腐烂。有毒废液、有毒固体应集中回收处理。

(4) 爱护国家财产, 小心使用仪器设备。使用精密仪器时, 要细心谨慎。如发现仪器有故障, 必须停止使用, 及时报告指导教师, 由教师来处理, 以避免仪器损坏, 影响以后实验正常开出。

(5) 使用药品应注意下列几点:

① 药品应按规定取用。如果书中未规定用量, 应注意节约。

② 取用固体药品时, 注意勿使其撒落在实验桌上。

③ 药品自药瓶中取出后, 不应倒回原药瓶中, 以免带入杂质而引起瓶中药品变质。

④ 试剂瓶使用过后, 应立即盖上塞子, 并放回原处, 以免和其他瓶上的塞子搞错, 混入杂质。

⑤ 各种公用的试剂和药品都放在一定的试剂架上, 使用时尽可能不要为了自己方便拿到自己的实验桌上不放回原处。

(6) 实验结束后, 应将玻璃仪器洗刷干净, 放回原处, 整理好药品及自己的实验桌面。

(7) 值日生打扫整个实验室, 最后检查自来水开关及煤气开关是否关紧, 电源是否切断, 门窗是否关好。经教师同意后才能离开实验室。



1.4 实验室安全守则及意外事故的处理

化学药品中有很多是易燃、易爆、有腐蚀性和有毒的。所以，在化学实验室中工作，首先必须在思想上十分重视安全问题，绝不能麻痹大意。其次，在实验前应充分了解本实验中的安全注意事项，在实验过程中应集中注意力，并严格遵守操作规程，才能避免事故的发生。

一、安全守则

(1) 一切易燃、易爆物质的操作都要在离火较远的地方进行，并严格按照操作规程操作。

(2) 有毒、有刺激性气体的操作都要在通风橱内进行。有时需要借助于嗅觉判别少量的气体时，绝不能将鼻子直接对着瓶口或管口，而应当用手将少量气体轻轻扇向自己的鼻孔。

(3) 加热、浓缩液体的操作要十分小心，不能俯视加热的液体，加热的试管口更不能对着自己和别人。浓缩溶液时，特别是有晶体出现之后，要不停地搅拌，更不能离开工作岗位。尽可能戴上保护眼镜。

(4) 绝对禁止在实验室内饮食、抽烟。严格防止有毒的药品(如铬盐、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞及汞的化合物、氰化物等)进入口内或接触伤口。剩余的固体、强腐蚀废液及有毒物体决不许倒入下水道，可回收后集中处理。

(5) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性，使用时不要溅在皮肤或衣服上，更应注意保护眼睛。稀释时(特别是浓硫酸)，应在不断搅拌下将它们慢慢倒入水中，不能进行相反顺序操作，以避免迸溅。

(6) 绝对不允许随意混合各种化学药品，以免发生意外事故。

(7) 水、电、煤气使用完毕应立即关闭。

(8) 每次实验结束后，应将手洗净才可离开实验室。

二、意外事故的紧急处理

实验过程中，如发生意外事故，可采取如下救护措施。

(1) 酸(或碱)溅入眼内：立刻先用大量水冲洗，然后用饱和碳酸氢钠溶液(或硼酸溶液)冲洗，最后再用水冲洗。

(2) 吸入刺激性或有毒气体：如吸入氯化氢气体时，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，立即到室外呼吸新鲜空气。

(3) 烫伤：切勿先用水冲洗，而应在烫伤处抹上黄色的苦味酸溶液、烫伤膏或万花油均可。

(4) 玻璃割伤：伤口内若有玻璃碎片，须先挑出，然后涂上红药水并用消毒纱布进

行包扎。

(5) 触电：立即切断电源，在必要时进行人工呼吸。

(6) 如不慎起火，要立即灭火，采取措施防止火势扩展(如切断电源，移走易燃药品等)。灭火的方法要根据起因选用合适的方法。一般的小火可用湿布、石棉布或砂子覆盖燃烧物，火势大时可使用泡沫灭火器。电器设备所引起的火灾，只能使用四氯化碳灭火器灭火，不能使用泡沫灭火器，以免触电。实验人员衣服着火时，切勿惊慌乱跑，赶快脱下衣服，或用石棉布覆盖着火处(就地卧倒打滚，也可起到灭火作用)。

附 消防知识

当实验室不慎起火时，首先要冷静。物质燃烧需具备 3 个条件：可燃物质、氧气或氧化剂、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。常用来灭火的有水、砂以及 CO_2 灭火器、 CCl_4 灭火器、泡沫灭火器、干粉灭火器等，可根据着火原因、场所情况正确选用。

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。

(2) 在加热时着火，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。

(4) 金属钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠等引起的着火，应用干燥的细砂覆盖灭火。对易燃液体(密度比水小，如汽油、苯、丙酮等)的灭火，采用泡沫灭火剂更有效，因为泡沫比易燃液体轻，覆盖在上面可隔绝空气。对有灼烧的金属或熔融物的地方灭火，应采用干砂或固体粉末灭火器。电气设备或带电系统着火，用二氧化碳灭火器或四氯化碳较合适。

(5) 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，也起到灭火的作用。



1.5 实验室设施介绍

化学实验室的基础设施主要有实验台、洗涤设施、纯水管道、通风装置、废液回收装置，220V 交流电和管道煤气等（如图 1—1 所示）。同时化学实验室的基本附件有灭火细砂、灭火器、洗眼器和喷淋装置等。

学生进入实验室后的第一件事就要了解实验室的基本情况，以便今后很好地进行实验，并且在出现事故时能及时应对，做到安全、自救、逃生。

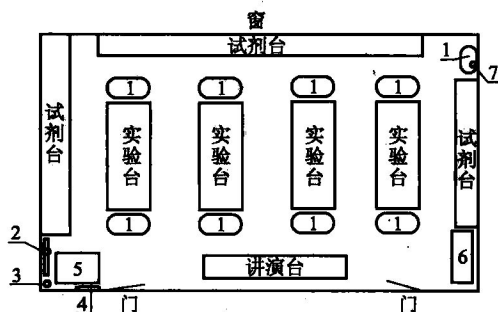


图 1—1 实验室平面图

1—洗涤槽；2—水闸；3—煤气阀门；4—电闸

5—烘箱；6—通风橱；7—净水龙头

学生应重点记住水、电、煤气总闸所在位置，如图 1—1 所示 2，3，4 位置。煤气管为黄色管子。标示 6 位置是通风橱，有毒、有刺激性气体的实验操作都要在通风橱内进行。每间实验室的洗涤槽内应配有一个洗眼器装置。走廊内有砂箱、灭火器等灭火器材。层内还安装有喷淋装置。

第二部分 工程化学实验的基础知识

2.1 实验室用的水的知识

一、自来水

自来水是指通过水处理厂净化、消毒后生产出来的符合国家饮用水标准的供人们生活、生产使用的水。它主要通过水厂的取水泵站汲取江河湖泊及地下水，并经过沉淀、消毒、过滤等工艺流程，最后通过配水泵站输送到各个用户。一般来说，在实验室里有自来水的总开关，开关把手与管道平行为开的状态，垂直为关的状态。进水管为灰色，下水管为白色。由于自来水中含有钙离子、钠离子、硫酸根离子、硝酸根离子等，因此，在实验室里，自来水主要用于洗涤玻璃仪器，而不能用于化学反应和分析测试及鉴定试验中。

二、去离子水

去离子水是将自来水通过阴阳离子交换树脂柱，通过交换，去除水中的阴、阳离子的水。由于去离子水中阴阳离子的含量很低，一般用于化学实验室洗涤用水和化学反应用水。在我们实验室中，靠实验室窗口右边有一根进水管，用洗瓶盛装去离子水，注意节约使用。

三、蒸馏水

蒸馏水：通过蒸馏，将水蒸气冷凝所制备的水，称蒸馏水。一般大型制水是通过锅炉产生的水蒸气，再冷凝而得。用于制剂、制药等和要求不太高的实验用水。这种水中去除比水沸点高的任何离子，但不能去除比水沸点低的物质，如有机物，化工产品等。对于工程化学实验，去离子水和蒸馏水都可以使用。由于去离子水的成本比蒸馏水低，可以自动化生产，因此实验室常用去离子水。



2.2 通风的方法

一、自然通风

自然通风是通过实验室窗口和门口的空气自然对流的通风，是最简单常用的通风方法，健康且有效的通风方法，但这种通风方法强度较小。打开实验室窗户和门就可实现自然通风。

二、换气扇通风

换气扇通风是在实验室左右窗户上面各装有一个换气扇，通过控制门口的换气扇开关通风的方法。这种通风方法的效果比自然通风要好，但有噪音。

三、通风橱通风

通风橱通风是实验室里通风效果最好的通风方法。通风橱装在实验台的上面，开关一般装在实验室靠门边里面的墙壁上，绿色的按钮是打开通风橱开关，红色的按钮是关闭通风橱开关。