

高等农林院校精品课程建设教材

GAO DENG NONG LIN YUAN XIAO JING PIN KE CHENG JIAN SHE JIAO CAI

大学

DA XUE HUA XUE SHI YAN

化学实验

张金艳 王德利 主编



中国农业大学出版社

高等农林院校精品课程建设教材

大学化学实验

张金艳 王德利 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/张金艳,王德利主编. —北京:中国农业大学出版社,2004.9

ISBN 7-81066-811-0/O·42

I. 大… II. ①张… ②王… III. 化学实验—高等学校—教材 IV. O6—3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 082163 号

书 名 大学化学实验

作 者 张金艳 王德利 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 陈巧莲

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440 转 851

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail caup@public.bta.net.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2004 年 9 月第 1 版

规 格 787×980 16 开本

印 数 1~3500

定 价 24.50 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 张金艳 王德利

副主编 张成林 滕占才 王亚飞

主 审 沈勇

编 者 (按姓氏笔画为序)

王德利 王亚飞 王 芬 付 红

毕洪梅 张金艳 张成林 滕占才

内 容 简 介

本教材为全国高等农林院校精品课程建设教材。该书根据 21 世纪农林院校对本科人才化学素质、知识和技能的需要,以及新世纪对培养农、林等高科技人才的要求,将《普通化学实验》、《分析化学实验技术》和《有机化学实验》优化组合,自成体系,独立设课。全书共分八章,包括实验基础知识,基本操作技术,实验常用仪器,基本操作、基本理论和性质实验,合成实验,定量分析实验,设计性实验,计算机辅助实验等内容。

本书为农林院校生物类各专业本科实验教材,亦可供农林院校专科、函授和科技工作人员参考。

前言

化学实验是高等农、林、牧、水产院校有关专业必修的一门重要基础课,也是一门实践性很强的课程。为了适应 21 世纪着重培养学生创新精神和进行整体化知识教育的现代教育思想,为了实验课程设置和教学改革的需要,以及创建规范化公共基础实验室的要求,根据《高等农林院校面向 21 世纪化学系列课教学的基本要求和教学大纲》,组织编写了《大学化学实验》。

《大学化学实验》系全国高等农林院校精品课程教材,系由《普通化学实验》、《分析化学实验技术》和《有机化学实验》综合优化编写而成。经优化组合后,更有利于知识的衔接和内容的贯通,有利于增加新知识,强化新技能,可避免知识内容的重复并较好地解决课程内容的脱节。全书共分八章,包括实验基础知识;基本操作技术;实验常用仪器,基本操作、基本理论和性质实验,合成实验,定量分析实验,设计性实验,计算机辅助实验等,共编写了 63 个实验;其中,增加了适合不同专业特点的应用性实验,加强了与各专业的结合,增加了仪器分析的实验内容,符合现代分析化学的发展方向。另外,还有实验考核,可全面检查学生的学习情况和对知识的理解和应用能力。教材编入的实验内容近 180 学时,各院校可根据实际情况确定选修内容。

参加本教材编写工作的人员有:黑龙江八一农垦大学张金艳(第六章)、王德利(第一章、第二章的第 3~7 节)、张成林(第四章的实验一~实验二十),滕占才(第二章的第 8,9 节)、王亚飞(第二章的第 1,2 节、第三章、第七章)、毕洪梅(第八章、附录 2~7),沈阳农业大学王芬(第四章的实验二十一~二十三、第五章),东北农业大学付红(附录 1、附录 8~22)。全书由主编统稿,由黑龙江八一农垦大学沈勇主审。

由于时间仓促和编者水平所限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2004 年 7 月

目 录

第一章 化学实验基础知识	(1)
第一节 化学实验室规则及安全常识	(1)
第二节 化学实验的常用器具	(4)
第三节 记录、数据处理及实验报告的基本要求	(15)
第二章 化学实验基本操作技术	(19)
第一节 玻璃仪器的洗涤、干燥及塞子的装配	(19)
第二节 简单玻璃工操作	(21)
第三节 化学试剂及其取用方法	(23)
第四节 加热与冷却	(26)
第五节 定性分析基本操作技术	(31)
第六节 重量分析基本操作技术	(34)
第七节 滴定分析基本操作技术	(44)
第八节 物质的分离和提纯操作技术	(57)
第九节 物理常数的测定	(92)
第三章 化学实验常用仪器	(105)
第一节 托盘天平(台秤)	(105)
第二节 分析天平	(106)
第三节 酸度计	(118)
第四节 可见分光光度计	(121)
第五节 电位滴定仪	(129)
第六节 火焰光度计	(132)
第七节 气相色谱仪	(135)
第四章 基本操作、基本理论和性质实验	(138)
实验一 溶液的配制	(138)
实验二 电解质溶液	(140)
实验三 配位化合物	(144)
实验四 氧化还原反应	(147)
实验五 常见离子的分析鉴定	(150)

实验六	燃烧热的测定	(154)
实验七	氯化钠的提纯	(160)
实验八	气体常数的测定	(162)
实验九	醋酸离解度和离解常数的测定	(164)
实验十	熔点的测定	(165)
实验十一	无水乙醇的制备	(166)
实验十二	茶叶中咖啡因的提取	(168)
实验十三	油料作物中粗脂肪的提取和油脂的性质	(169)
实验十四	氨基酸的纸上层析	(172)
实验十五	柱色谱法分离有机染料	(173)
实验十六	薄层色谱法分离菠菜叶色素	(175)
实验十七	烃及卤代烃的性质	(177)
实验十八	醇、酚、醚的性质	(181)
实验十九	醛、酮的性质	(185)
实验二十	碳水化合物的性质	(188)
实验二十一	氨基酸和蛋白质的性质	(191)
实验二十二	糖的旋光度测定	(194)
实验二十三	立体模型组合	(196)
第五章	合成实验	(200)
实验一	乙酸乙酯的合成	(200)
实验二	乙酰乙酸乙酯的合成	(202)
实验三	己二酸的合成	(204)
实验四	邻硝基苯酚和对硝基苯酚的合成与分离	(206)
实验五	丙酮的合成	(208)
实验六	苯甲酸的合成	(209)
实验七	硫酸亚铁铵的制备和纯度检验	(211)
实验八	碳酸钠的制备及纯度检验	(213)
实验九	硝酸钾的制备	(215)
第六章	定量分析实验	(218)
实验一	天平称量练习	(218)
实验二	氯化钡中结晶水含量的测定	(221)
实验三	灰分的测定	(222)
实验四	玻璃量器的校准	(223)

实验五 酸碱标准溶液的配制和比较滴定	(227)
实验六 酸碱标准溶液的标定	(230)
实验七 食醋中总酸度的测定	(233)
实验八 铵盐中氮的测定(甲醛法)	(235)
实验九 食碱中 Na_2CO_3 , NaHCO_3 含量及总碱度的测定	(237)
实验十 味素中氯化钠含量的测定(莫尔法)	(239)
实验十一 天然水中钙、镁含量的测定(配位滴定法)	(241)
实验十二 高锰酸钾溶液的配制和标定	(244)
实验十三 饲料中钙含量的测定(高锰酸钾法)	(246)
实验十四 三氯化钛-重铬酸钾法测定铁矿石中的铁	(249)
实验十五 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(252)
实验十六 胆矾中铜含量的测定(间接碘量法)	(254)
实验十七 碘酸铜溶度积的测定	(256)
实验十八 分光光度法的基本条件实验	(258)
实验十九 铁的分光光度法测定	(262)
实验二十 磷的分光光度法测定	(263)
实验二十一 植物组织中氮的微量测定	(266)
实验二十二 离子选择性电极法测定水中氟含量	(268)
实验二十三 自动电位滴定法测定 NaOH 的浓度	(270)
实验二十四 火焰光度法测定钾、钠的含量	(272)
第七章 设计性实验	(275)
实验一 镁摩尔质量的测定	(275)
实验二 硫、磷混酸溶液中 H_2SO_4 , H_3PO_4 含量的测定	(275)
实验三 铅、铋混合溶液中 Pb^{2+} , Bi^{3+} 含量的连续测定(配位滴定法)	(276)
实验四 醇、酚、醛、酮及羧酸未知液的分析	(277)
第八章 计算机辅助实验	(278)
实验一 模拟有机化学常用仪器及基本操作	(278)
实验二 模拟有机化学基本装置及装置装配	(281)
实验三 模拟滴定实验	(284)
附录 常用数据及特殊试剂的配制	(288)
附录 1 元素相对原子质量	(288)
附录 2 常见化合物的相对分子质量	(290)

附录 3	水在不同温度下的饱和蒸汽压	(292)
附录 4	弱酸、弱碱在水中的离解常数	(293)
附录 5	溶度积常数	(295)
附录 6	金属配合物的稳定常数	(297)
附录 7	标准电极电位及条件电位	(299)
附录 8	常用参比电极在水溶液中的电极电位	(311)
附录 9	常用缓冲溶液的配制	(312)
附录 10	常用指示剂及其配制方法	(313)
附录 11	常用酸碱的相对密度和浓度	(315)
附录 12	定性分析所用试剂及其配制方法	(316)
附录 13	常见离子和化合物的颜色	(321)
附录 14	6 种 pH 标准溶液在 0~90℃ 下的 pH 值	(325)
附录 15	常用基准物质的干燥条件和应用	(326)
附录 16	常用洗涤剂	(327)
附录 17	常用熔剂和坩埚	(327)
附录 18	滤器及其使用	(329)
附录 19	常用干燥剂	(330)
附录 20	纯水的表观密度(ρ_w^*)	(331)
附录 21	理论纯水的电导率($K_{p,t}$)及其换算因数(α_t)	(331)
附录 22	一些推荐的离子强度调节剂	(332)
参考文献		(333)

第一章 化学实验基础知识

第一节 化学实验室规则及安全常识

一、实验室规则

实验前对实验内容要充分预习,明确实验目的和要求,了解实验原理、实验方法、实验步骤以及实验的关键问题。

实验过程中要正确操作,仔细观察,积极思考,及时且真实地记录实验现象和数据,确保实验结果真实可靠。

药品试剂应整齐摆放在一定的位置上,公用仪器和试剂用完后应立即放回原处,发现试剂或仪器有问题时应及时向指导教师报告,以便及时处理,保证实验顺利进行。使用大型或精密仪器时应记录使用情况,并由指导教师签字。

实验时应按照教师的指导,在规定的课时内认真完成规定的实验内容,如打算做规定内容以外的实验,须事先报告指导教师。

遵守纪律,上课不迟到,保持实验室安静,禁止在实验室内聊天、打闹、吃东西、听音乐等。

严格遵守实验室安全守则及易燃、易爆、具有腐蚀性及有毒药品的管理和使用规则。爱护公共财产,节约水、电和试剂。

实验时要保持实验台面和地面清洁整齐。火柴梗、废纸、碎玻璃片及实验废液等应放在指定的地方或容器内,不准随处乱扔。

实验结束后,根据原始记录,认真处理数据,对实验中的问题认真分析,写出实验报告,按时交给指导教师审阅。

离开实验室前,将药品摆放整齐,仪器洗刷干净放回原位。值日生负责实验室清洁和安全,关好水、电及门窗。

二、实验室的安全常识

学生必须熟悉实验室及其周围环境、电闸及燃气门等位置。

实验开始前应检查仪器是否完整无损,装置是否正确稳妥,在征求指导教师

同意之后,才可进行实验。

实验进行时,不得离开岗位,要经常注意反应情况是否正常,装置有无漏气、破裂等现象。

做危险性较大的实验时,要根据情况采取必要的安全措施,如戴防护眼镜、面罩、橡皮手套等。

使用易燃、易爆物品时要远离火源。不要用湿手、湿物接触电源。水、电、燃气用完立即关闭。点燃的火柴用后立即熄灭,不得乱扔。使用煤气灯时,应先将空气孔调小,再点燃火柴,然后一边开煤气开关,一边点火。不许先开煤气开关,再点燃火柴。

取用有毒药品如重铬酸钾、汞盐、砷化物、氰化物应特别小心。不得吸入口内、接触伤口或混入其他试剂内。剩余的有毒废弃物不得倾入水槽,应倒入指定接受容器内,最后集中处理。剩余的有毒药品应交还教师。

倾注试剂或加热液体时,不要俯视容器,以防溅出致伤。尤其是腐蚀性很强的浓酸、浓碱、强氧化剂等试剂,使用时切勿溅在衣服和皮肤上。稀释这些药品时(尤其是浓硫酸),应将它们慢慢倒入水中,而不能逆行,以避免迸溅。加热试管时,切记不要使试管口对着自己 and 他人。不要直接面对容器放出的气体,面部应离开容器,眼睛更应注意防护,用手将少量气体轻轻扇向鼻子再闻。

绝不准许随意混合各种药品,以免发生意外事故。

实验室内严禁饮食、吸烟或把餐具带人。实验完毕后必须洗净双手。

实验室所有药品不得带出室外。

三、实验室事故的处理措施

1. 火灾 实验室中使用的许多药品是易燃的,着火是实验室最易发生的故事之一。一旦发生火灾,应保持沉着镇静。一方面防止火势蔓延,立即熄灭所有火源,关闭室内总电源,搬开易燃物品;另一方面立即灭火。无论使用哪种灭火器材,都应从火的四周开始向中心扑灭,把灭火器的喷出口对准火焰的底部。

如果小器皿内着火(如烧杯或烧瓶),可盖上石棉板或瓷片等,使之隔绝空气而灭火,绝不能用嘴吹。

如果油类着火,要用沙或灭火器灭火。撒上干燥的固体碳酸氢钠粉末,也可灭火。

如果电器着火,应切断电源,然后才能用二氧化碳灭火器灭火(注意四氯化碳高温时能生成剧毒的光气,不能在狭小和通风不良的实验室里使用)。

如果衣服着火,切勿奔跑而应立即在地上打滚,用防火毯包住起火部位,使

之隔绝空气而灭火。

总之,当失火时,应根据起火的原因和火场周围的情况采取不同的方法扑灭火焰。

2. 中毒 化学药品大多数具有不同程度的毒性,主要通过皮肤接触或呼吸道吸入引起中毒。一旦发现中毒现象可视情况不同采取各种急救措施。

溅入口中而未咽下的毒物应立即吐出来,用大量水冲洗口腔;如果已吞下,应根据毒物的性质采取不同的解毒方法。

腐蚀性中毒,强酸、强碱中毒都要先饮大量的水,对于强酸中毒可服用氢氧化铝膏。不论酸碱中毒都需服牛奶,但不要吃呕吐剂。

刺激性及神经性中毒,要先服牛奶或蛋白缓和,再服硫酸镁溶液催吐。

吸入有毒气体时,将中毒者搬到室外空气新鲜处,解开衣领纽扣。吸入少量氯气和溴气者,可用碳酸氢钠溶液漱口。

总之,实验室中若出现中毒症状时,应立即采取急救措施,严重者应及时送往医院。

3. 玻璃割伤 玻璃割伤也是常见事故,一旦被玻璃割伤,首先仔细检查伤口处有无玻璃碎片,若有先取出。如果伤口不大,可先用双氧水洗净伤口,涂上红汞,用纱布包扎好;若伤口较大,流血不止时,可在伤口上 10 cm 处用带子扎紧,减缓流血,并立即送往医院就诊。

4. 灼伤、烫伤

(1)酸灼伤:皮肤被酸灼伤应立即用大量水冲洗,再用 5% 碳酸氢钠溶液清洗,然后涂上油膏,将伤口包扎好,眼睛受伤应先抹去眼外部的酸,然后立即用水冲洗,用洗眼杯或水龙头上橡胶管对着眼睛冲洗,再用稀碳酸氢钠洗,最后滴入少许蓖麻油。

衣服溅上酸后应先用水冲洗,再用稀氨水洗,最后用水冲洗净;地上有酸应先撒石灰粉,然后用水冲刷。

(2)碱灼伤:皮肤被碱灼伤应先用大量水冲洗,再用饱和硼酸溶液或 1% 醋酸溶液清洗,涂上油膏,包扎伤口。眼睛受伤抹去眼外部的碱,用水冲洗,再用饱和硼酸溶液洗涤后,滴入蓖麻油。

衣服溅上碱液后先用水洗,然后用 10% 醋酸溶液洗涤,再用氨水中和多余的醋酸,最后用水洗净。

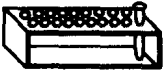
(3)溴灼伤:皮肤被溴灼伤应立即用水冲洗,也可用酒精洗涤或用 2% 硫代硫酸钠溶液洗至伤口呈白色,然后涂甘油加以按摩。如果眼睛被溴蒸气刺激后受伤,暂时不能睁开时,可以对着盛有卤仿或乙醇的瓶内注视片刻加以缓和。

(4)烫伤:皮肤接触高温(火焰、蒸气)、低温(液氮、干冰等)都会造成烫伤冻伤,轻伤者涂甘油、玉树油等,重伤者涂以烫伤油膏后速送医院治疗。

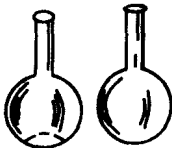
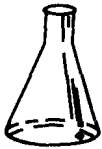
第二节 化学实验的常用器具

一、化学实验常用仪器介绍见表 1-1。

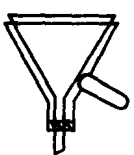
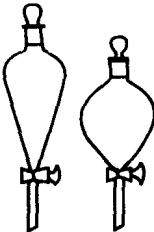
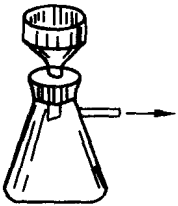
表 1-1 化学实验常用仪器

仪 器	规 格	用 途	注意事项
 试管	以管口直径(mm)×管长(mm)表示,如 15×150, 18×180, 10×75	反应容器,便于操作和观察,试剂用量少	1. 试管可以直接加热; 2. 不能骤冷; 3. 加热时管口不要对着人,要不断地在热源上移动,使其受热均匀
 离心试管	以容积(mL)表示,如 15, 10, 50。有的有刻度,有的无刻度	用于少量沉淀的辨认、分离	
 试管架	试管架有木质、塑料或铝质	用于盛放试管	
 试管夹	用木料和钢丝制成	加热试管时用来夹持试管	防止烧损或锈蚀
 毛 刷	以大小和用途表示,如滴定管刷、试管刷等	洗刷玻璃仪器	防止刷顶的铁丝撞破玻璃仪器

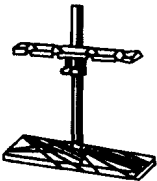
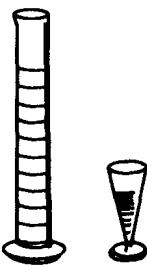
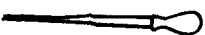
续表 1-1

仪 器	规 格	用 途	注意事项
 烧杯	以容积(mL)表示	用做反应药品量较大的盛装仪器	加热时放在石棉网上,一般不直接加热
 圆底烧瓶	以容积(mL)表示	反应物较多又须较长加热时间时,用做反应容器	加热时注意勿使温度变化过于剧烈。一般放在石棉网上或加热套内加热
 锥形瓶	以容积(mL)表示	反应容器,振荡很方便,适用滴定操作	加热时注意勿使温度变化过于剧烈。一般放在石棉网上加热
 碘量瓶	以容积(mL)表示,如 50, 100, 250, 500	碘量法或其他生成易挥发性物质的定量分析	加热时放在石棉网上,一般不直接加热,直接加热时外部要擦干,不要有水珠,以防炸裂
 凯氏烧瓶	以容积(mL)表示,如 50, 100, 300, 500 等	消解有机物质	放置石棉网上加热,瓶口处一般放置小漏斗

续表 1-1

仪 器	规 格	用 途	注 意 事 项
 长颈漏斗 短颈漏斗	分长颈、短颈,以口径(mm)表示,如60,40,30等	用于过滤	
 热水漏斗	以口径(mm)表示,如60,40,30等。热水漏斗由普通玻璃漏斗和金属外套组成	用于热过滤	加水不超过其容积的2/3
 (梨形、球形)分液漏斗	以容积(mL)和漏斗的形状(球形、梨形)表示,如100 mL球形分液漏斗	萃取时用于分离2种不相溶的溶液	活塞要用橡皮筋系于漏斗颈上,避免滑出
 布氏漏斗和吸滤瓶	布氏漏斗: 为瓷质,以容积(mL)或口径(mm)表示; 吸滤瓶: 以容积(mL)大小表示	两者配套用于分离沉淀与溶液。利用水泵或真空泵降低吸滤瓶中压力以加快过滤速度	滤纸要略小于漏斗内颈才能贴紧,先开水泵,后过滤。过滤完毕,先将泵与吸滤瓶的连接处断开,再关泵

续表 1-1

仪 器	规 格	用 途	注意事项
 漏斗架	木制,漏斗板可上下升降,并以螺丝固定	过滤时支承漏斗	固定漏斗板时不得倒放
 量筒 量杯	以能度量的最大容积(mL)表示	用来度量一定体积的液体	不能加热
 滴管	材料:尖嘴玻璃管和橡皮乳头	1. 滴加少量试剂; 2. 吸取沉淀的上层清液以分离沉淀	1. 滴加试剂时要保持垂直,避免倾斜,尤忌倒立; 2. 除吸取溶液外,管尖不可触及其他器物,以免沾污
 吸量管 移液管	以所度量的最大容积(mL)表示。 吸量管:10, 5, 2, 1mL。移液管:50, 25, 20, 10, 5 mL	用来准确吸取一定量的液体	不能加热