

GAOFENZI HUAXUE YU GAOFENZI WULI ZONGHE SHIYAN JIAOCHENG

高分子化学与高分子物理 综合实验教程

刘长生 喻湘华 主 编
鄢国平 吴江渝 副主编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

高分子化学与高分子物理 综合实验教程

主 编：刘长生 喻湘华

副主编：鄢国平 吴江渝

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高分子化学与高分子物理综合实验教程/刘长生,喻湘华主编. —武汉:中国地质大学出版社,2008.11 (2009.9重印)

ISBN 978-7-5625-2256-0

I. 高…

II. ①刘…②喻…

III. ①高分子化学-实验-高等学校-教材②高聚物物理学-实验-高等学校-教材

IV. O63-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 168836 号

高分子化学与高分子物理综合实验教程

刘长生 喻湘华 主编
邬国平 吴江渝 副主编

责任编辑:方 菊

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:240 千字 印张:9.375

版次:2008 年 11 月第 1 版

印次:2009 年 9 月第 2 次印刷

印刷:湖北地矿印业有限公司

印数:551—1 550 册

ISBN 978-7-5625-2256-0

定价:18.80 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

高分子化学与高分子物理的实践教学环节对建立和巩固高分子化学与高分子物理基本概念和基本理论、获取高分子知识具有重要作用,而且有利于培养学生的观察分析能力、实验研究动手能力、综合设计能力、创新意识和创新能力。在各类开设高分子材料及相关专业的高校教学中,高分子化学与高分子物理实验占有举足轻重的地位。

武汉工程大学高分子材料专业成立于1994年,1998年增设塑料成型加工(塑料工程)方向,2004年成立塑料成型与控制工程专业,2005年增设包装材料与包装设计方向。2005年成立材料化学专业。这些专业方向都开设高分子化学与高分子物理理论课程及实验。在最初,高分子化学实验和高分子物理实验是单独开课的,到2005年,随着专业的发展壮大以及师资力量加强,我们尝试开设高分子化学与高分子物理综合实验。实验内容主要来自以前开设的经典实验,以保证学生实验的成功率;另外,结合我校教师的科研情况,适当引入了一些目前研究前沿的内容,以拓展学生的知识面。在此基础上,我们于2005年开始编写高分子化学与高分子物理综合实验讲义,并于当年试用,2006年扩充了实验内容并于当年试用,结合实验情况再次修订,最终形成该教材。

本教材是在武汉工程大学高分子材料专业多年实验教学改革的基础上编写的,主要内容分四个部分:引言、综合实验、设计研究性实验、附录。引言介绍综合实验开设的目的、学习方法及高分子实验室的安全知识和实验室安全规范。实验部分包括17个综合实验、6个设计实验。附录中介绍了单体、引发剂和聚合物精制方法,还增加了常见的液体加热介质、冷却剂、干燥剂以及其他相关的物性参数知识。为了提高学生检索文献和英语阅读的能力,本书增加了高分子资料查阅知识,增添了部分实验的英语讲义。附录部分内容主要来自国内外诸多高分子实验教材、教科书,所用参考文献附于书末,在此致以谢意。

本书为专业实验教学用书。每一个综合实验从聚合物简单介绍开始,按实验的目的要求、原理、仪器药品、实验步骤、思考题形式编排。主要目标为培养学生

的实验与创新能力,这除了要求学生加深对专业理论的进一步理解外,还要求学生提高独立组织实验及自行设计实验的综合能力。

本书主编为刘长生、喻湘华,副主编为鄢国平、吴江渝。引言由喻湘华编写;综合实验部分中的实验六、实验八、实验十、实验十四、实验十六、实验十七由刘长生编写,实验九、实验十一、实验十二、实验十三、实验十五由喻湘华编写,实验二、实验三、实验四由曾小平编写,实验一、实验五由郭雅妮编写,实验七由周立民编写;设计研究性实验部分由曾小平、刘长生编写;附录部分:附录一至附录五由喻湘华辑录,附录六由鄢国平、吴江渝编写。喻湘华、鄢国平、吴江渝负责全书校对工作,刘长生、喻湘华对全书进行了审核。

编写过程中得到周爱军老师、许莉莉老师、刘玉兰老师以及刘长生老师的研究生李俊、陈宋辉、鄢红阳,周爱军老师的研究生汪宝林的帮助和支持,在此表示衷心感谢;特别感谢中国地质大学(武汉)材料科学与化学工程学院曾鸣老师对本书的审核及提出的宝贵意见。

由于编者水平所限,本书文字和内容中不妥之处恳请读者指正。

编者

2008/05/20

目 录

引 言	(1)
一、高分子化学与高分子物理综合实验课程开设的目的	(1)
二、高分子化学与高分子物理综合实验的学习方法	(2)
三、高分子化学与高分子物理综合实验的安全规范	(3)
四、高分子化学与高分子物理实验的安全知识	(4)
综合实验部分	(11)
实验一 丙烯酰胺的聚合及聚合物分子量的测定	(11)
一、实验目的	(11)
二、实验原理	(11)
三、丙烯酰胺的水溶液聚合	(14)
四、丙烯酰胺的反相微乳液聚合	(15)
五、黏度法测定聚合物分子量	(15)
六、思考题	(16)
实验二 聚甲基丙烯酸甲酯的合成与性能的测定	(16)
一、实验目的	(17)
二、实验原理	(17)
三、引发剂 BPO 的精制	(19)
四、甲基丙烯酸甲酯的单体聚合	(20)
五、甲基丙烯酸甲酯的悬浮聚合	(21)
六、聚合物温度-形变曲线的测定	(21)
七、应力-应变曲线的测试	(22)
八、思考题	(23)
实验三 聚苯乙烯的合成及其表征	(23)
一、实验目的	(23)
二、实验原理	(24)
三、苯乙烯的悬浮聚合	(26)
四、膨胀计法测定玻璃化温度	(26)
五、聚苯乙烯溶度参数的测定	(27)
六、聚苯乙烯熔融指数的测定	(28)
七、思考题	(29)
实验四 聚乙烯醇缩甲醛的制备	(30)
一、实验目的	(30)
二、实验原理	(30)
三、乙酸乙烯酯溶液聚合	(32)
四、聚乙酸乙烯酯的醇解及醇解度的测定	(32)

五、聚乙烯醇缩甲醛的制备	(33)
六、聚乙烯醇缩甲醛水溶液黏度的测定	(34)
七、思考题	(35)
实验五 乙酸乙烯酯的乳液聚合及聚合物性能表征	(35)
一、实验目的	(35)
二、实验原理	(36)
三、乙酸乙烯酯的乳液聚合	(37)
四、激光光散射法测定聚合物乳胶粒的粒度	(39)
五、思考题	(39)
实验六 高吸水树脂的制备及其交联密度与吸水性能研究	(39)
一、实验目的	(40)
二、实验原理	(40)
三、高吸水树脂的制备	(42)
四、高吸水树脂吸水率测定	(43)
五、高吸水树脂交联密度的测定	(43)
六、思考题	(44)
实验七 甘油环氧树脂的制备及黏结实验	(44)
一、实验目的	(44)
二、实验原理	(44)
三、甘油环氧树脂的制备	(46)
四、黏结试验	(47)
五、思考题	(48)
实验八 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)/二氧化硅(SiO ₂)有机/无机杂化材料的制备及表征	(48)
一、实验目的	(48)
二、实验原理	(48)
三、PMMA/SiO ₂ 有机/无机杂化材料的制备	(49)
四、72 型分光光度法表征样品的透光率	(50)
五、热机械分析法(TMA)测定温度-形变曲线	(50)
六、思考题	(51)
实验九 高分子量聚乳酸的合成及表征	(51)
一、实验目的	(51)
二、实验原理	(51)
三、聚乳酸的合成	(53)
四、差示扫描量热仪(DSC)测定聚合物的玻璃化转变温度	(54)
五、思考题	(54)
实验十 聚丙烯固相接枝丙烯酸及其表征	(55)
一、实验目的	(55)
二、实验原理	(55)
三、接枝聚丙烯(GPP)的制备	(57)

四、化学滴定法测定 GPP 的接枝率	(58)
五、接枝聚丙烯(GPP)的红外光谱分析.....	(59)
六、聚丙烯(GPP)的偏光显微镜分析.....	(59)
七、思考题.....	(60)
实验十一 热塑性聚氨酯弹性体的制备及其结构与性能研究	(60)
一、实验目的.....	(60)
二、实验原理.....	(60)
三、热塑性聚氨酯弹性体的制备.....	(61)
四、应力-应变曲线的测试	(62)
五、偏光显微镜观察 PEG 的结晶态	(63)
六、思考题.....	(63)
实验十二 苯乙烯的活性阴离子聚合和聚合物分子量及分子量分布的测定	(63)
一、实验目的.....	(64)
二、实验原理.....	(64)
三、聚苯乙烯的合成.....	(65)
四、聚苯乙烯分子量及分子量分布的测定.....	(65)
五、注意事项.....	(66)
六、思考题.....	(67)
实验十三 苯乙烯-顺丁烯二酸酐的交替共聚物的制备及表征.....	(67)
一、实验目的.....	(67)
二、实验原理.....	(67)
三、苯乙烯与顺丁烯二酸酐的共聚物的制备.....	(68)
四、聚苯乙烯-顺丁烯二酸酐交替共聚物的水解	(69)
五、共聚物红外光谱表征.....	(70)
六、思考题.....	(70)
实验十四 聚氧化乙烯-聚氧化丙烯多嵌段共聚物制备与导电性能研究.....	(71)
一、实验目的.....	(71)
二、实验原理.....	(71)
三、聚氧化乙烯-聚氧化丙烯多嵌段共聚物制备及纯化	(72)
四、导电络合物的制备及电导率的测定.....	(73)
五、思考题.....	(74)
实验十五 尼龙-66 的制备与结构性能测试	(74)
一、实验目的.....	(74)
二、实验原理.....	(74)
三、界面缩聚法制备尼龙-66	(75)
四、熔融缩聚法制备尼龙-66	(76)
五、尼龙-66 熔融指数的测定.....	(76)
六、偏光显微镜观察尼龙-66 的结晶态.....	(77)
七、思考题.....	(77)
实验十六 乙酸乙烯酯/丙烯酸丁酯共聚乳液制备及其纸塑复膜性能研究.....	(78)

一、实验目的	(78)
二、实验原理	(78)
三、乙酸乙烯酯/丙烯酸丁酯共聚乳液的制备	(78)
四、乙酸乙烯酯/丙烯酸丁酯共聚乳液的剥离强度和油墨转移率的测定	(79)
五、思考题	(80)
实验十七 端羟基遥爪聚苯乙烯的制备及分子量测定(VPO法和端基分析法)	(80)
一、实验目的	(80)
二、实验原理	(80)
三、 α, ω -遥爪双羟基聚苯乙烯的制备和分析	(82)
四、气相渗透法测定 α, ω -遥爪双羟基聚苯乙烯样品的相对分子质量	(83)
五、思考题	(84)
设计研究性实验	(85)
实验一 无皂乳液法制备单分散聚苯乙烯微球及其性能研究	(85)
实验二 分散聚合法制备单分散聚苯乙烯微球及其性能研究	(86)
实验三 种子乳液法制备单分散 PMMA 微球及其性能研究	(86)
实验四 种子乳液法制备核壳型聚合物微球及其表征	(87)
实验五 可生物降解聚碳酸酯的合成与性能研究	(88)
实验六 乙酸乙烯酯-丙烯酸丁酯乳液共聚研究	(89)
附 录	(90)
附录一 常用单体的精制	(90)
一、甲基丙烯酸甲酯(MMA)	(90)
二、苯乙烯	(90)
三、乙酸乙烯酯	(90)
四、丙烯腈	(91)
附录二 引发剂的精制	(91)
一、过氧化苯甲酰(BPO)	(91)
二、偶氮二异丁腈(AIBN)	(91)
三、过硫酸钾或过硫酸铵	(91)
四、过氧化肉桂酸(LPO)	(92)
五、叔丁基过氧化氢	(92)
六、三氟化硼乙醚液 $[\text{BF}_3(\text{CH}_3\text{CH}_2)]_2$	(92)
七、四氯化钛(TiCl_4)	(92)
附录三 聚合物的精制	(92)
一、洗涤法	(92)
二、萃取法	(92)
三、溶解沉淀法	(93)
四、几种主要聚合物的精制	(94)
附录四 物性参数	(95)
一、常用引发剂分解速率常数、活力及半衰期	(95)
二、常用单体的物理常数	(96)

三、自由基共聚反应中单体的竞聚率	(97)
四、在均聚反应中单体的链转移常数 C_M	(97)
五、几种引发剂的链转移常数 C_I	(97)
六、几种溶剂(或调节剂)的链转移常数(60℃)(C_s)	(98)
七、几种高聚物的特性黏数-分子量关系式 $[\eta] = KM^a$ 参数	(98)
八、加热用液体的沸点	(100)
九、常用干燥剂的性质	(100)
十、用于干燥气体的干燥剂	(101)
十一、用于干燥液体的干燥剂	(101)
十二、离子型聚合中常用的试剂干燥剂	(101)
十三、常用溶剂的闪点	(102)
十四、常用试剂的物理常数	(102)
十五、常用冷却剂的配量	(103)
十六、常见聚合物的名称、重复单元、熔点与玻璃化转变温度	(103)
附录五 高分子资料查阅	(106)
一、手册	(106)
二、实验参考书	(106)
三、教科书	(107)
四、丛书	(108)
五、文摘	(109)
六、期刊	(109)
七、数据库和网站	(111)
附录六 ENGLISH PARTS	(113)
EXPERIMENT 1 SOLUTION POLYMERIZATION OF ACRYLAMIDE AND DETERMINATION OF THE MOLECULAR WEIGHT	(113)
EXPERIMENT 2 BULK POLYMERIZATION OF METHYL METHACRYLATE	(118)
EXPERIMENT 5 EMULSION POLYMERIZATION OF VINYL ACETATE	(120)
EXPERIMENT 9 SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLY (LACTIC ACID)	(124)
EXPERIMENT 11 SYNTHESIS OF THERMOPLASTIC POLYURETHANE	(128)
EXPERIMENT 12 LIVING ANIONIC POLYMERIZATION OF STYRENE	(130)
EXPERIMENT 13 RADICAL COPOLYMERIZATION OF STYRENE AND MALEIC ANHYDRIDE	(132)
EXPERIMENT 15 POLYCONDENSATION OF HEXAMETHYLENE DIAMINE AND ADIPIC OYL CHLORIDE	(136)
参考文献	(139)

引 言

一、高分子化学与高分子物理综合实验课程开设的目的

高分子化学与高分子物理实验是材料化学和高分子材料与工程专业教学的重要实践环节,是高分子化学与高分子物理理论课程之后开设的独立实验课程,是本科生今后从事本专业技术工作或进一步深造的基本训练之一。该课程的目的是:使学生进一步巩固和加深高分子化学与高分子物理的理论知识,进一步提高运用知识独立分析问题和解决问题的能力,并注意加强综合设计及创新能力的培养,注重培养学生严谨的科学态度、科学的思维方法和实际动手能力,为以后的学习和工作打下基础。

在以前的实验教学中,高分子化学实验和高分子物理实验是分别单独开课的,往往学生做完了高分子化学实验,不知道如何评价操作的水平,不知道如何评价自己产品的性能;做完高分子物理实验,不知道自己使用的样品如何制备,不能评价制备条件对性能的影响。通过高分子化学与高分子物理综合实验的开设,将高分子化学和高分子物理的实验进行有机结合,可以使学生在高分子的制备和表征上获得许多感性认识,加深对高分子化学和高分子物理基础知识和基本原理的理解;通过高分子化学与高分子物理综合实验课程的学习,能够熟练和规范地进行高分子合成的基本操作,掌握实验技术和基本技能,了解高分子科学中采用的特殊实验技术,掌握用于高分子表征的手段,了解高聚物结构和性能的关系,为以后的科学研究和生产实践工作打下坚实的实验基础。

在本综合实验讲义的每一个实验中,我们都将高分子材料的合成、结构表征和性能测试进行有机结合,力求结构表征和性能测试可以确切地反映该高分子材料的特点,反映制备条件对性能的影响,使学生获得深刻的感性和理性认识。由于实验室制备条件所限,当所制备的高分子的结构和性能测试结果不理想时,我们设计了自制高分子与同种类的工业商品的比较对照实验,从中不难发现实验室制备与工业制备的差距,提示学生从制备条件来科学地解释产品性能。

本综合实验讲义与高分子化学和高分子物理理论课既相辅相成,又自成一體。高分子化学实验内容包括不同反应类型(缩聚反应、自由基聚合、离子聚合、共聚合、功能基转化等)和聚合反应的实施方法(本体聚合、溶液聚合、悬浮聚合、乳液聚合、界面缩聚等),简要介绍了有关的理论基础知识,以加深学生对课堂讲授知识的理解。高分子物理实验围绕“结构与性能关系”这条主线展开。在教学层次上,包括了理论的论证、高分子材料结构的研究方法、聚合物的表征与分析以及材料性能测试方法。实验内容涉及聚合物的溶液性质、力学性能、热学性能、电学性能、光学性能以及聚合物的结构分析等。既有经典的、常用的基本实验,也有一些发展的新内容。在实验项目的选择上,笔者本着理论联系实际的原则,注意与实际应用紧密结合,使实验具有一定的趣味性和实践性。除了材料合成、性能测试与结构表征的综合,我们还设计了与应用相结合的综合实验,使学生在得到基本技能训练的基础上,获得一些实际应用的感性认识。根据近年来本科毕业生就业情况,加强了应用方面的实验,并适当增多力学性能测试的内容,这对学生就业后尽快适应工作是大有裨益的。为了培养学生的创新能力,本书还设置了一些属于目前研究前沿的设计研究性实验,以拓展学生的知识面。在设计性实验过程中,学

生需要提出问题,查阅资料,设计实验方案,动手操作,观察现象,收集数据,分析结果和总结经验,这也是一个进行课题研究的锻炼过程。

在附录中,除了关于单体、引发剂和聚合物精制外,还增加了关于常见的液体加热介质、冷却剂、干燥剂以及其他相关的物性参数知识。我们希望这本实验教程能对学生独立开展高分子实验提供必要的帮助和支持。另外,学生生命、身体的安全和实验室的安全无论在什么时候都是首要强调的,因此,添加高分子实验室的安全知识以及关于有毒化学药品的知识是非常必要的,可以提示学生危险因素,保证安全。使学生在即使发生了危险的情况下,也可以根据相关知识冷静地采取应急措施,以最大限度地减小伤害。学会查阅现有的文本资料和网上资源,是高年级本科生和研究生必须掌握的基本技能,对开展论文研究工作至关重要,因此在附录中我们也增加了高分子资料查阅的内容,从手册、实验参考书、教科书、丛书、文摘、期刊和网站七个方面简单地介绍高分子资料。

学会阅读英语专业文献是今后开始使用英语撰写专业学术论文的第一步,为了提高学生的专业文献阅读能力,我们增添了部分实验的英语讲义,将其作为附录,以便于读者参照学习。

进行高分子化学与高分子物理综合实验,除了知识基础和能力因素以外,严谨务实的工作态度、乐于吃苦的工作精神、存疑求正的科学品德和团结合作的工作作风也是必不可少的。因此,高分子化学与高分子物理综合实验课程的教学重点是传授高分子科学的知识和实验方法,训练科学研究的方法和思维,培养科学品德和科学精神。

经过本课程学习和严格训练后,学生应达到如下要求:

- (1)进一步加深理解高分子化学和高分子物理的科学原理;
- (2)掌握高分子合成具体的实施方法及其控制因素;
- (3)掌握高分子化学和高分子物理常用的一些研究方法和实验技能,如仪器测试原理、高分子的各种特性等;
- (4)掌握聚合物的鉴别实验程序,并具有通过查阅文献进行聚合物结构与性能研究的能力;
- (5)学会独立分析问题和解决问题的方法,具有一定的创新能力;
- (6)养成严谨的科学态度,具有科学的思维方法和较强的实际动手能力。

二、高分子化学与高分子物理综合实验的学习方法

高分子化学与高分子物理综合实验课程的学习以学生按给定实验路线动手操作为主,辅以教师必要的指导。设计性实验部分,学生还需要自己提出合理的实验路线并完成实验。一个完整的高分子化学与高分子物理综合实验课,由实验预习、实验操作和实验报告三部分组成。

1. 实验预习

无论是现在做普通实验还是以后从事科学研究,在进行一项实验之前,首先要对整个实验过程有所了解,要带着问题做实验预习。如为什么要做这个实验?怎样顺利完成这个实验?实验现象如何变化?实验成败的关键在哪里?做这个实验得到什么收获?预习过程要做到看(实验教材和相关资料)、查(重要物性数据)、问(提出疑问)及写(预习报告和注意事项)。通过预习应了解以下方面的内容:

- (1)实验目的和要求;
- (2)实验所涉及的基础知识、实验原理;
- (3)实验的具体过程;

- (4) 实验所需要的试剂、实验仪器和设备以及实验操作；
- (5) 实验条件(包括温度和压力等)设定的原因；
- (6) 实验过程中可能会出现的问题和解决方法；
- (7) 实验仪器操作规程,实验仪器配套软件的使用,实验仪器的核心器件的维护。

2. 实验操作

高分子化学与高分子物理综合实验包括高分子材料的制备、测试样品的成型和结构性能表征几方面的内容,一般需要很长时间,过程进行中需要仔细操作,认真观察和如实记录。具体要做到以下几点:

- (1) 认真听实验老师的讲解,进一步明确实验过程、操作要点和注意事项;
- (2) 安装实验装置,加入试剂和调节实验条件,按照拟定的步骤进行实验,如实记录试剂的加入量和实验条件;
- (3) 认真观察实验过程中发生的现象,获得实验必须的数据(如每步操作的起止时间、反应体系颜色、黏度变化及出现时间等),并如实记录到实验报告本上;
- (4) 实验过程中要勤于思考,认真分析实验现象和相关数据,并与理论结果相比较。遇到疑难问题,及时向实验指导老师请教;发现实验结果与理论不符,应仔细查阅实验记录,分析原因;
- (5) 实验结束,拆除实验装置,清理实验台面,清洗玻璃仪器和处理废弃化学试剂;
- (6) 将产品进行后处理,记录产品量并计算产率,报告给实验指导老师。制备用于表征的样品,为性能测试及结构表征做好准备;
- (7) 在表征实验开始之前,提前阅读仪器的使用说明书,熟悉仪器的操作条件及仪器配套软件的使用;
- (8) 按仪器操作规程正确使用仪器,记录测定条件和结果;
- (9) 清洁实验仪器(按使用说明书进行)并处理废弃实验样品和试剂;
- (10) 实验记录经指导老师查阅后,方可离开实验室。

3. 实验报告

做完实验后,需要整理实验记录和数据,把实验中的感性认识转化为理性知识,做到:

- (1) 根据理论知识分析和解释实验现象,对实验数据进行必要的处理,得出实验结论,完成实验思考题;
- (2) 将实验结果和理论预测进行比较,分析出现的现象,提出自己的见解和对实验进行改进;
- (3) 独立完成实验报告,实验报告应字迹工整,叙述简明扼要,结论清楚明了。完整的实验报告包括:实验题目,实验日期,实验目的,实验原理(自己的理解),实验记录,数据处理,结果和讨论,思考题。应掌握一些常见数据处理软件及图形处理软件并采用电脑绘图及处理数据。

三、高分子化学与高分子物理综合实验的安全规范

高分子化学与高分子物理综合实验,经常使用到易燃、有毒等危险试剂,为了防止发生事故,必须严格遵守下列安全规范。

- (1) 要学习和掌握实验室伤害救护常识,经常进行安全教育,以预防为主,确保实验人员和国家财产安全。
- (2) 实验前应熟悉每个具体操作中的安全注意事项,对可能发生的事有高度的警惕性,严格遵守操作规程,杜绝安全事故的发生。

(3) 严禁在实验室内吸烟, 严禁在实验室内饮食或把餐具带进室内, 不得使用实验用烧杯饮水, 实验完毕, 用冷水和肥皂把手洗干净。

(4) 使用电器时要谨防触电, 确保用电安全。不要用湿手、湿物接触电源, 教师要严格控制学生实验用电, 实验室供电线路的布设及保险丝的选用, 要符合安全供电标准。

(5) 实验室要配齐防火、防盗等安全设施, 上下水管道、电源、消防器材必须经常保持完好, 并定点布设, 定期检查, 做到使用方便, 时刻保持良好状态。使用易燃试剂, 一定要远离火源。

(6) 凡做有毒、有恶臭气体的实验时, 要采取措施, 不让气体大量外泄, 尽量在通风橱内进行操作; 长时间使用剧毒物质和腐蚀性药品(如强酸、强碱等)时, 要戴防护用具。

(7) 任何化学试剂均不能入口。要注意防止有毒和腐蚀性的药品触及皮肤和衣服。不能直接用手取放化学药品, 如手上有伤口, 一定要包扎后才能进行实验。加热或倾倒液体时, 切勿俯视容器, 以防液滴飞溅造成事故。

(8) 实验室要有“三废”(废气、废液、废渣)处理措施, 不得随意排放超剂量废气、废液、废物。不得随意丢弃用过的实验药品和容器。

(9) 实验室所有药品均不得携出室外。用剩的有毒药品应交还给教师。

(10) 爱护仪器设备, 凡有损坏和遗失仪器、工具和其他物品者, 应填写报损单或进行登记。公用仪器、药品和工具等在称量和使用完毕后应放回原处。要节约水电、仪器和药品, 避免浪费。

(11) 实验过程中应专心致志, 认真如实地记录实验现象和数据, 不得在实验过程中进行与实验无关的活动。实验结束, 记录需经指导老师批阅。

(12) 保持整洁的实验环境, 不要乱撒药品、溶剂和其他废弃物, 废弃溶剂和试剂须倒入指定的回收容器内。按仪器操作规程使用仪器。使用带微机的仪器时, 严禁在微机上进行与实验无关的操作, 禁止使用各种移动存储设备在微机上进行拷贝操作。实验结束后, 整理实验台面, 清洗使用过的仪器, 由值日生打扫实验室, 并经检查后方能离去。

(13) 离开实验室前, 应检查水、电、门窗是否关闭。

四、高分子化学与高分子物理实验的安全知识

在分子实验中, 要经常接触各种有机的和无机的化学试剂, 或者在操作过程伴有各种气体、蒸气、烟雾、粉尘等的产生, 这些物质大部分对人体是有害的。实验中, 还经常使用电器或需要高温, 因此, 不小心会发生烧伤、烫伤、触电等事故。作为高分子科学工作者, 必须具备一定的安全预防知识, 熟悉有关事故的紧急处理措施。

(一) 毒物

1. 高毒性固体

很少量就能使人迅速中毒甚至致死(见下表)。

名称	TLV ^⓪ /(mg/m ³)	名称	TLV/(mg/m ³)
三氧化砷	0.002	汞化合物, 特别是烷基汞	0.01
铊盐	0.1	硒和硒化合物	0.2
砷化合物	0.5	五氧化二钒	0.5
草酸和草酸盐	1	无机氰化物	5

注: ① TLV 为极限安全值, 即空气中允许含该有毒物质蒸气或粉尘的最高浓度, 在此限度以内, 一般人重复接触不致受害。下同。

2. 毒性危险气体(见下表)。

名称	TLV/ $\times 10^{-6}$	名称	TLV/ $\times 10^{-6}$
氟	0.1	氟化氢	3
光气	0.1	二氧化氮	5
臭氧	0.1	亚硝酸氯	5
重氮甲烷	0.2	氰	10
磷化氢	0.3	氰化氢	10
三氯化硼	1	硫化氢	10
氯	1	一氧化碳	50

3. 毒性危险液体和刺激性物质(见下表)。

长期少量接触可能引起慢性中毒,其中许多物质的蒸气对眼睛和呼吸道有强刺激性。

名称	TLV/ $\times 10^{-6}$	名称	TLV/ $\times 10^{-6}$
羰基镍	0.001	硫酸二乙酯	1
异氰酸甲酯	0.02	四溴乙烷	1
丙烯醛	0.1	烯丙醇	2
溴	0.1	2-丁烯醛	2
3-氯-1-丙烯	1	氢氟酸	3
苯氯甲烷	1	四氯乙烷	5
苯溴甲烷	1	苯	10
三氯化硼	1	溴甲烷	15
三溴化硼	1	二硫化碳	20
2-氯化醇	1	硫酸二甲酯	1

4. 其他有害物质

(1)许多溴化烷和氯代烷,以及甲烷和乙烷的多卤衍生物,特别是下表中的化合物。

名称	TLV/ $\times 10^{-6}$	名称	TLV/ $\times 10^{-6}$
溴仿	0.5	1,2-二溴乙烷	20
碘甲烷	5	1,2-二氯乙烷	50
四氯化碳	10	溴乙烷	200
氯仿	10	二氯甲烷	200

(2)芳胺和脂肪族胺类。低级脂肪族胺的蒸气有毒。全部芳胺,包括它们的烷氧基、卤素、

硝基取代物都有毒性。下表是一些代表性的例子。

名称	TLV	名称	TLV
对苯二胺	0.1mg/m ³	甲氧基苯胺	0.5mg/m ³
对硝基苯胺	1×10 ⁻⁶	N-甲基苯胺	2×10 ⁻⁶
N,N-二甲基苯胺	5×10 ⁻⁶	苯胺	5×10 ⁻⁶
邻甲苯胺	5×10 ⁻⁶	二甲胺	10×10 ⁻⁶
乙胺	10×10 ⁻⁶	三乙胺	25×10 ⁻⁶

(3) 酚和芳香族硝基化合物(见下表)。

名称	TLV	名称	TLV
苦味酸	0.1mg/m ³	二硝基苯酚	0.2mg/m ³
对硝基氯苯	1mg/m ³	间二硝基苯	1mg/m ³
硝基苯	1×10 ⁻⁶	苯酚	5×10 ⁻⁶
甲苯酚	5×10 ⁻⁶		

5. 致癌物质

下面列举一些已知的危险致癌物质。

(1) 芳胺及其衍生物。2-乙酰氨基苄; 4-氨基联苯; 金胺和品红染料; 联苯胺; 联邻甲苯胺; 4,4'-二氨基-3,3'-二氯联苯; 4,4'-二氨基-3,3'-二甲氧基联苯; 二甲氧基联苯; 二甲氨基偶氮苯; β-萘胺; α-萘胺。

(2) N-亚硝基化合物。N-甲基-N-硝基苯胺, N-甲基-N-亚硝基脲, N-甲基-N-亚硝基氨基甲酯乙酯, N-亚硝基二甲胺, N-亚硝基氯化吡啶。

(3) 烷基化剂。氯丙啶及其某些衍生物, 双[氯甲基]醚, 重氮甲烷, 硫酸二甲酯, 碘甲烷, 双[β-氯乙基]叔胺, β-羟基丙酸内酯。

(4) 稠环芳烃。苯并[a]芘; 二苯并[a,h]蒽; 二苯并[c,g]喹唑; 7,12-二甲基苯并[a]蒽。

(5) 含硫化合物。硫代乙酰胺, 硫脲。

(6) 石棉粉尘。

6. 具有长期积累效应的毒物

这些物质进入人体不易排出, 在人体内累积, 引起慢性中毒。

包括在这类物质中的主要有:

(1) 苯;

(2) 铅化合物, 特别是有机铅化合物;

(3) 汞和汞化合物, 特别是二价汞盐和液态的有机汞化合物。

在使用以上各类有毒化学药品时, 都应采取妥善的防护措施。避免吸入其蒸气和粉尘, 不要使它们接触皮肤。有毒气体和挥发性有毒液体的操作必须在效率良好的通风橱中进行。汞的表面应该用水掩盖, 不可直接暴露在空气中。装盛汞的仪器应放在一个搪瓷盘中, 以防溅出的汞流失。溅洒汞的地方要迅速撒上硫磺石灰糊。

(二)中毒

1. 中毒现象

毒物是指通过某种途径进入人体后,能引起局部或整个机体功能发生病变的物质。由毒物所引起的任何疾病现象,均称为中毒。

化学试剂中毒一般通过以下三个途径:

(1)通过呼吸道中毒。由呼吸道吸入有毒气体、蒸气、烟雾、粉尘等所引起的中毒是较常见的中毒形式。许多有机溶剂的蒸气和反应中产生的气体可引起不同程度的中毒,如乙醚、苯、甲苯、氯气、一氧化碳和氯化氢气体等。

(2)通过消化道中毒。通过消化道中毒的形式以剧毒的粉剂中毒较为常见,如氰化物、砷化物、汞盐等。除误吞外,在实验室中更多的情况是由于手污染有毒物,在进食、吸烟、饮水时引起中毒。

(3)通过皮肤和黏膜中毒。某些毒物触及皮肤,或其蒸气、烟雾、粉尘刺激眼、鼻、喉等的黏膜而引起中毒。汞剂、硝基苯、苯胺等可通过皮肤吸收而中毒;氮的氧化物、硫氧化物、挥发性酸类、氨水等对皮肤和黏膜有很大的刺激性。

毒物从以上三个途径进入人的机体后,会逐渐侵入血液系统,引起更危险的症状。尤其是通过呼吸道和消化道的中毒,其发展速度往往是很快的。

2. 常见的化学毒物及其中毒的急救措施

(1)中毒急救的一般原则。在实验室中,若发生中毒事故,一方面,应尽快通知医生;另一方面,应采取急救措施。急救的原则是尽量使毒物对人体的毒害作用减到最小程度。在迅速查明中毒原因后,针对具体情况,分别采取以下措施。

(i)呼吸系统中毒。迅速将中毒者移离现场,到通风良好的环境中,轻度中毒者在短时间内会自行好转。若发生昏迷休克,应给予输氧或人工协助呼吸。若有可能,可给其喝兴奋剂,如浓茶、咖啡等。

(ii)消化系统中毒。由口服入毒物时,首先应进行洗胃、催吐。常用的洗胃液是1:5 000的高锰酸钾溶液,或5%碳酸氢钠溶液或肥皂水。洗胃液要大量服用,同时催吐。最简单的催吐方法是用手指或木棒压舌根;也可喂少量催吐剂,如1%硫酸铜或硫酸锌溶液。洗胃和催吐要反复进行多次,直至呕吐物中基本无毒物为止。然后再服解毒剂,如生蛋清液、牛奶、淀粉糊、橘子汁等。

(iii)皮肤、黏膜中毒。皮肤和眼、鼻、喉的黏膜受毒物侵害时,可立即用大量自来水冲洗。如能涂敷或服用适当缓冲剂、中和剂更好(注意用稀溶液)。

(2)几种常见的化学毒物及其预防急救措施。

(i)氯气。氯气为淡绿色气体,有窒息性刺激味。若空气中含量达0.04~0.06mg/L时,在60min内即可发生中毒。如含量达3mg/L时,则可致人迅速中毒死亡。

若眼睛受氯气刺激,可用2%~3%的小苏打溶液充分洗眼。若咽喉中毒,则可用2%~3%的小苏打溶液漱口,或吸入小苏打溶液热蒸汽,并服用牛奶和1.5%的氧化镁悬浮液解毒。

(ii)硫氧化物。二氧化硫为无色有刺激性气体,密度为空气的2.27倍,易溶于水,遇氧后转变为三氧化硫。吸入多量时可引起咽喉水肿,并伴发气管炎和支气管炎,严重时,可致人窒息死亡。硫氧化物的中毒发展速度较慢。可用2%小苏打溶液漱口。

(iii)一氧化碳。一氧化碳是最常见的气体中毒物质。煤炭因燃烧不完全即会产生一氧化碳,它是无色无臭的气体,燃烧时呈蓝色火焰,对空气的密度为0.967,毒性很大,进入血液后,