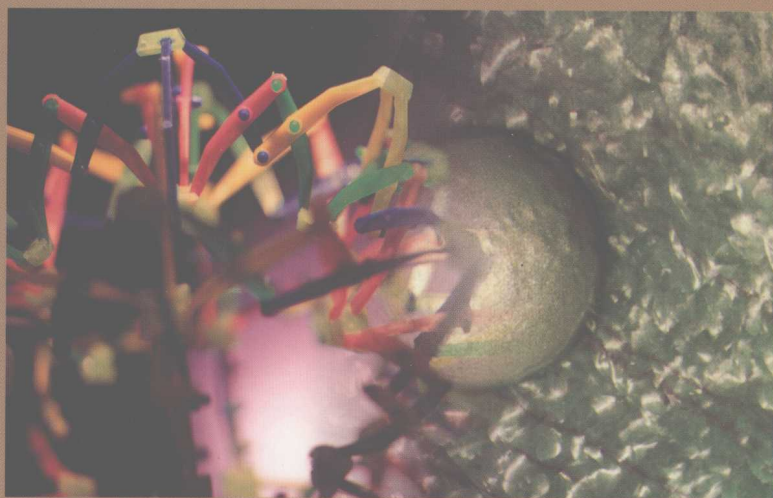




材料化学专业实验教程

CAILIAO HUAXUE ZHUANYE SHIYAN JIAOCHENG

主 编 刘志明
副主编 郭元茹 李长玉
主 审 方桂珍



东北林业大学出版社



材料化学专业实验教程

主编 李海英
副主编 王 强 李 强
主 审 李 强 李 强



清华大学出版社

QINGHUA UNIVERSITY PRESS

材料化学专业实验教程

主 编 刘志明
副主编 郭元茹 李长玉
主 审 方桂珍

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

材料化学专业实验教程/刘志明主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2007.6

ISBN 978-7-81076-977-8

I. 材… II. 刘… ·III. 材料科学—应用化学—化学实验—高等学校—教材
IV. TB3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081994 号

责任编辑: 张红梅

封面设计: 彭宇



NEFUP

材料化学专业实验教程

Cailiao Huaxue Zhuanye Shiyán Jiaocheng

主 编 刘志明

副主编 郭元茹 李长玉

主 审 方桂珍

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北林业大学印刷厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 12 字数 273 千字

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978-7-81076-977-8

TB·75 定价: 20.50 元

前 言

本书根据东北林业大学《材料化学实验》、《材料物理实验》、《材料性能学实验》、《材料现代分析技术实验》讲义改编而成。编写本书是在东北林业大学迎接教育部本科教学水平评估的大环境下,针对材料化学这一新专业尽快提高材料化学实验教学水平的目标下应运而生的。本书力求充分反映近几年来东北林业大学在材料化学专业教学改革方面的进展和成果。

为了使读者了解本书,在此将编写思路简介如下。

一、专业课程体系与实验体系

“材料化学专业实验”课是高等学校材料化学专业的一门独立重要的课程,它以数、理、化、材料科学研究基础等课程为基础,与“材料化学”、“材料物理”、“材料性能学”、“材料现代分析技术”、“无机非金属材料学基础”、“废旧材料资源化利用”课程相衔接,构成该专业完整的课程体系。

按照材料化学专业人才培养方案和东北林业大学材料化学专业特点的要求,材料化学专业实验由材料化学实验、材料物理实验、材料性能学实验、材料现代分析技术实验、无机非金属材料学基础实验、废旧材料资源化利用实验、金属材料学实验组成专业实验体系,实验设置侧重于生物质材料和无机非金属材料两个研究方向,同时结合教师的科研课题开设了综合性和设计性实验,供学生选做。在实验教学大纲制定、实验教材编写中将多门课程的专业实验融合为一体,避免交叉重复,形成更为合理的专业实验教学体系,更便于教学研究和教学管理。

二、教材体系与主要内容

本书按现代材料化学研究与生产的基本需要选择实验项目,以有关国家标准和行业标准为基础资料,以误差分析、数据处理、试验设计为实验基础知识进行编写,形成了以生物质材料、无机非金属材料为主体的教材体系。

在编写本教材时,不是简单地分成材料化学实验、材料物理实验、材料性能学实验、材料现代分析技术实验、无机非金属材料学基础实验、废旧材料资源化利用实验这6大块列出实验项目,而是根据专业特点和实验室现有的实验条件,把一些实验性质和实验内容相近的项目进行归类、调整,形成基础性实验、综合性实验、设计性实验为主线的比较科学的实验系列。

本书第4章中确定了22个主题实验,从实验类型看,有的属于验证型,有的属于测试型。每个主题实验编排有:实验目的与要求、实验原理、实验仪器与试剂、实验步骤、注意事项、数据记录和处理、思考题和参考文献8个部分。

本书第5章确定了9个综合性实验,目的是为培养学生的综合能力。

本书第6章确定了9个设计性实验,其中设计有9个不同内容、不同风格的选做实

验，目的是为了培养学生的创新能力。

通过实验基础知识的学习和实际操作训练，能使学生初步掌握国内外现代材料化学科研与生产试验的主要方法和操作要点；了解各个实验项目的原理、计算公式和影响测试结果的主要因素，利用数理统计知识处理实验数据，表达实验结果，加深对生物材料、无机非金属材料特点的认识；能够培养学生理论联系实际，分析问题和解决问题的能力，以及在实验中严谨的态度与求实的作风。

三、实验教学的几点建议

1. 实验学时

本教材的建议教学时数为 80 ~ 120 学时。我们在使用本书时的学时安排如下表所示。实验教师可根据基础实验、综合实验、设计实验等教学要求进行调整。

建议学时安排表

实验名称	学时	实验名称	学时
材料化学基础实验	16 ~ 24	材料性能学实验	16 ~ 24
材料物理基础实验	16 ~ 24	材料现代分析技术实验	16 ~ 24
无机非金属材料学基础实验	16 ~ 24	废旧材料资源化利用实验	16 ~ 24

材料化学基础实验、材料物理基础实验、材料性能学实验、材料现代分析技术实验、无机非金属材料学基础实验、废旧材料资源化利用实验一般在讲授该理论课期间进行，实验学时一般包含在理论教学时数内，实验数量和实验题目由上该理论课的教师从本书中挑选，另外，也可独立设课，将本书的实验分为材料化学专业基础实验课和材料化学专业综合设计实验课。

2. 实验教学方法

按照传统的实验教学方法，教师根据实验室的条件和给予的教学时间，从教材中挑选一些验证型、测试型、综合型的实验让学生做，可以达到使学生受到基本训练的目的。

如果教师以一种生物材料（如木材、竹材、藤材、稻草、麦秆）产品为对象，围绕这种产品的科研、生产和质量检验指定实验项目让学生做，就会收到综合实验的效果。

如果教师仅指定一种无机非金属材料为对象（或者干脆不加指定，让学生自选一种感兴趣的材料），让学生自己设计材料的性质与成分，自己动手制造材料，自己确定要测试的性能和性能测试方法，则这种实验可称为是设计型的了。

实验指导教师也可先选定一些基本实验对学生开放，再让学生在综合性、设计性实验中自选几道题做。

在材料化学专业的科研和生产实际中，需要做的实验相当之多，本书从中进行了精选。为了让学生自学，我们在编写中加强了实验原理的阐述，注意与基础理论课程和工学理论课程的联系；着重说明在每个实验中如何将实验目的通过一定的实验方法建立起来，使学生预习和做实验时既知其然，又知其所以然，对基本的测量有比较系统地了解

和掌握,提高动手能力,为创新和今后开展科学实验工作打下基础。此外,每一实验结尾的思考题和参考文献,也为学生深入研究该实验的内容、特点等提供了方便。

四、结束语

由于各高等院校的办学特点有所不同,实验教学条件有较大差别,要编一本通用的实验教材是很困难的。按照东北林业大学材料化学专业的特点和实验教学的基本要求,以生物质材料科学与技术教育部重点实验室为依托,尽量编写好这本书是我们的主导思想和力争达到的目标。

本书由刘志明主编,参编人员及编写分工如下:前言,第1章,第2章,第3章及第4章的实验1、2、4~8,第5章的实验23、24,第6章的实验32由刘志明编写(10.5万字);第4章实验10、19~22,第5章的实验30、31,第6章的实验34~40由郭元茹编写(5.1万字);第4章的实验14~18,第5章的实验25~29,第6章的实验33由李长玉编写(6.6万字);第4章的实验3、9、11~13和附录由张继国编写(5.1万字)。全书由刘志明、张继国进行统稿,方桂珍教授主审。

本书适用于高等院校的本科生和研究生培养,对从事生物质材料、无机非金属材料科研工作及生产的工程技术人员也有一定的参考价值。

在编写本书的过程中,曾参阅了许多兄弟院校的实验教材和有关著作,从中也引用了许多珍贵的资料,并将这些论著资料列入了参考文献。在此,向这些论著的作者们表示由衷的谢忱!

限于水平,疏漏、不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2006年6月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 材料化学专业实验的特点和任务	(1)
1.2 材料化学实验室安全知识	(6)
2 实验误差及数据处理	(15)
2.1 测量的分类	(15)
2.2 测量误差及分类	(16)
2.3 有效数字的修约与运算规则	(21)
2.4 实验数据的处理	(23)
3 试验设计	(34)
3.1 试验设计的基本概念	(34)
3.2 正交试验设计	(35)
3.3 正交试验设计的初步分析	(37)
3.4 正交试验设计的方差分析	(38)
3.5 考虑交互作用的正交试验设计	(41)
3.6 水平数不等的正交试验设计	(43)
4 基础性实验	(45)
实验 1 水泥生料中碳酸钙滴定值的测定	(45)
实验 2 生物质材料的化学成分提取	(46)
实验 3 淬冷法研究相平衡	(48)
实验 4 材料表面化学成分分析	(51)
实验 5 间苯二酚存在时苯酚含量的测定	(55)
实验 6 生物质材料元素分析	(56)
实验 7 生物质材料表面形貌分析 ——扫描电镜及气质联用分析演示实验	(58)
实验 8 粉体真密度的测定	(61)
实验 9 气孔率、吸水率及体积密度的测定	(63)
实验 10 粉体比表面积的测定	(66)
实验 11 材料的显微结构观察	(78)
实验 12 材料化学稳定性的测定	(81)
实验 13 材料孔径分布的测定	(91)
实验 14 材料显微硬度的测定	(95)
实验 15 材料弹性模量的测定	(100)
实验 16 玻璃和耐火材料制品的线性热膨胀系数测定	(104)
实验 17 PTC 陶瓷的制备	(105)

实验 18	超细粉体的制备实验	(110)
实验 19	金属材料热处理实验	(112)
实验 20	废旧电池回收制备纳米 MnO_2	(114)
实验 21	废旧锌锰电池的一次性回收	(116)
实验 22	从废旧锂离子电池中回收铝、锂和钴	(118)
5	综合性实验	(121)
实验 23	生物质材料酸碱缓冲容量的测定	(121)
实验 24	粉体粒度分布的测定	(122)
实验 25	高吸水性树脂的合成及老化性能测试	(128)
实验 26	固体氧化物燃料电池阴极材料的制备和相关性能测试	(131)
实验 27	多孔陶瓷制备和测试	(137)
实验 28	TiO_2 基压电性能测试	(143)
实验 29	甲基丙烯酸甲酯的本体成型及光学性能测试	(147)
实验 30	非化学计量比化合物钨青铜的制备与电性能测试	(155)
实验 31	水热合成法制备纳米 TiO_2 晶须	(156)
6	设计性实验	(158)
实验 32	碱木质素基聚氨酯薄膜的制备及性能检测	(158)
实验 33	SOFC 阳极材料设计性实验	(160)
实验 34	三草酸根合铁(III)酸钾的合成及性质	(161)
实验 35	硫酸二氨合锌的制备和红外光谱测定	(163)
实验 36	印刷电路腐蚀废液回收铜和氯化亚铁	(164)
实验 37	化学实验废液的初步处理	(165)
实验 38	电子元器件中银的回收	(166)
实验 39	无需分离的镍镉电池的再生	(168)
实验 40	废旧高分子材料的分离与鉴定	(169)
附 录		(171)

1 绪 论

材料是可以直接用来制造有用成品的物质。材料的使用与发展是人类不断进步和文明的标志。从科学技术发展史中可以看到, 每当发现一种新材料, 就将带动科学的发展和技术的革命。材料是一切科学技术的物质基础, 是当代科学研究的前沿。现在材料与能源、信息技术是现代文明的三大支柱, 并已经得到国际的公认。世界上现有的传统材料有几十万种, 新材料还在以每年约 5% 的速度不断增长。在 21 世纪中, 科学技术将有更大的发展, 材料的研究与制造将显得十分重要, 这就需要高校这些未来的科学家与工程师们现在要努力学习, 以便迎接未来的挑战, 去开拓材料研究与制造的新天地, 为人类进步与文明做出应有的贡献。

1.1 材料化学专业实验的特点和任务

材料化学专业实验课是继无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验、化工原理实验之后的一门专业实验课, 它综合了化学领域和材料科学领域中各分支所需要的基本研究工具和方法。材料化学专业实验课的主要目的是: 使学生能掌握材料化学专业基础实验、综合性实验的基本方法和技能, 从而能够根据所学原理设计实验、选择和使用仪器; 锻炼学生观察现象、正确记录数据和处理数据、分析实验结果的能力; 培养严肃认真、实事求是的科学态度和作风; 验证所学的原理, 巩固、加深对材料化学原理的理解, 提高学生对材料化学知识灵活运用能力。

1.1.1 材料化学实验的特点

1.1.1.1 实验的概念

在现代汉语中, 有“实验”、“试验”、“测试”、“检验”等词。这些词的含义相似, 内容混淆。

“实验”是指科学上为了阐明某一现象而创造的条件, 以便观察它的变化和结构的过程, 或者为了检验某种科学理论或假设而进行的某种操作、所从事的某种活动。“实验”的这些定义似乎带有验证的内涵。

“试验”指的是为了查看某事的结果或某物的性能而从事的某种活动, 侧重于表达研究的内涵。

“测试”的含义偏重于对某物性能的数值测量。因此在科学研究或生产中, 当需要定量确定材料的某些(个)性能时, 一般习惯于说“测试”。

“检验”则是指用工具、仪器或其他(物理或化学的)分析方法检查事物是否符合规格的过程。所以, 在工厂对产品的质量进行鉴别和评定时, 一般说进行产品的“检验”; 同样, 在商品流通过程中对商品的质量进行鉴别和评定时, 一般也说进行商品的“检验”。

由以上分析可见,“实验”一词的含义与“试验”、“测试”、“检验”等词的含义是不同的。为了阐述方便,我们在此约定将“试验”、“测试”、“检验”等词的含义都合并到“实验”之中。在本书的其他叙述中所说的“实验”属于这个扩充的含义,不再具体说明。

1.1.1.2 材料化学专业实验的特点

材料化学专业实验是研究材料制取方法和材料性能测量方法的科学。在不同的历史阶段,材料化学实验具有不同的研究内容和特点。东北林业大学的材料化学专业实验以无机非金属材料、生物质材料为研究重点。在现代,无机非金属材料的定义已经扩展,品种包括除金属材料、有机高分子材料以外的几乎所有材料。生物质材料包括木材、林木剩余物、农作物、农作物秸秆、竹藤材、粮食等可以再生的能够产生生物质能源的所有材料,其研究内容十分广泛,具有新的特点。

(1) 与科学研究和生产实践紧密结合。随着科学技术的不断发展,各行各业需要各种传统材料的同时,还需要性能特殊的新材料,这就促进了无机非金属材料的研究、开发与生产。在材料的研究开发中,人们对新材料进行设计,然后通过实验获得新材料,通过测试获得新材料的性能数据,并根据测量数据判断其是否满足应有的需要。如果没有满足需要,则继续进行设计与实验。有时,为了改进材料的种类或性能的测量方法,人们还要研究新的实验方法和测量手段。如果获得的材料已满足使用的要求,则组织规模化生产,向社会提供商品。所以材料化学实验与科学研究和生产实践紧密相连、互相促进、共同发展。

(2) 与物理、化学、物理化学等多学科相结合。在现代,随着人民生活水平的提高,人们对新材料品种的要求越来越多,对功能的要求越来越高,对传统材料的使用也提出了新的问题。例如,石材从古到今的使用中没有注意有什么问题,可近年来,对花岗岩、大理石的放射性就引起了人们的警惕。一些用“三废”研制的(新)材料是否有放射性或毒性,目前也使人们不放心。此外,材料在自然或人工环境长期作用下的变质问题也越来越引起人们的重视。要解决这些众多的问题,需要物理、化学、物理化学等多门学科的理论知识和说验方法。因此,材料化学专业实验是综合多门学科科学的实验。

(3) 传统实验方法与现代实验方法相结合。在生物质材料,无机非金属材料成分、结构、性能的测试方法中,有许多是传统的测试方法,也有不少是现代测试方法。从温度范围来分,有高温和低温制备方法;从物质形态来分,有固相、液相和气相制备方法。其中,有的是传统方法,有的是现代方法。因此,材料化学实验是传统实验方法与现代实验方法相结合的实验。

1.1.1.3 材料化学实验的任务

东北林业大学材料化学实验的任务,应从社会的发展和科学技术的发展对生物质材料、无机非金属材料的需要、材料的研究与生产的特点来考虑。当前,社会还需要大量的传统的生物质材料和无机非金属材料,这些材料的传统研究方法是以经验、技艺为基础,依靠配方筛选和性能测试与分析的方式来进行。因此通过对原料的特性、界面性质、工艺性能与材料(及其制品)性能之间规律性的研究,可以表征材料的本质,形成和完善材料生产、应用的质量控制体系,为生物质材料、无机非金属材料的发展提供理

论和实践的根据。

随着社会和科学技术的发展, 各行各业将需要大量的新型材料。然而, 沿用传统的方法是不大可能研制出具有独特性能的新型材料的, 因为通过传统的宏观现象的研究只能对材料的宏观性能提供某种定性的解释, 而不能准确地预示材料的性能, 不能准确地指明新材料开发的方向。从现有新材料的发展来看, 几乎所有新型功能材料的研究中都体现出化学与物理相结合、微观与宏观研究相结合、理论与技术相结合的特点。因此, 要通过综合各门学科的知识来研究传统材料的改进和新材料的设计, 通过各种先进技术来探索新材料的生产方法。

要从事生物质材料和无机非金属材料的研究和生产就得有人才。因此, 材料化学实验还有一个任务, 即通过科学实验和生产实验工作培养出理论联系实际、有分析问题和解决问题的能力、有严谨态度和实事求是的工作作风的科学家和工程师。

1.1.2 实验课的目的和任务

以上所讨论的材料化学实验的特点, 与实验课的特点是有区别的。后者的重点在于对在校学生的教育和培养。

1.1.2.1 实验课的目的

开设材料化学实验课, 其宗旨是使学生受到科学家和工程师的基本训练。现在, 传统无机非金属材料不少, 新型无机非金属材料 and 生物质材料不断增多, 这就确定了材料化学实验课的两个特点: 许多传统试验要继续开, 学生对这些实验技能要掌握; 新实验的原理、方法陆续出现, 并处于不断完善和不断进步之中, 学生对其中的一些实验要掌握, 一些实验要了解。

长期以来, 传统观点认为学生上实验课做实验是验证所学的书本知识, 加深对书本的理解和记忆, “实验”这个词的验证含义已经深深的植入人们的大脑之中。当然, 由于理论教学的需要, 适当做些验证性的实验是必要的, 但只做验证性的实验是不够的。改革开放的形式要求大学毕业生要具有较强的动脑和动手能力, 传统的教育观念必须改变。学生不仅要验证性的实验, 还要做测试型、综合型和设计型的实验。本书中融入了一些与本专业教师的科研课题相结合的综合性、设计性实验项目。

在实际工作中, 无论是一个科研项目的探索性实验, 还是一种材料的性能实验, 一般都由一系列的单项实验组成, 都得按计划一个一个地做, 然后根据各项实验现象或数据分析判断, 得出最终试验结果(结论)。材料化学实验课也是这样, 从试验类型来看, 可以分为验证型实验、综合型实验或设计型实验等, 可以按教学要求或实验室的条件选择一种类型进行实验教学。但无论选择做何种类型的实验, 都是由一系列的单项实验组成的, 每个单项实验都为实验设计的总目标服务, 需按计划一个一个地做。为此, 在做每个实验时要有整体实验的概念, 要考虑每个实验之间的联系、每个实验可能对最终实验结果产生的影响。

现代生物质材料和无机非金属材料的种类很多, 研究方法、生产方法和质量检验方法也有区别。由于教学时间和实验条件的限制, 要全面涉足是不可能的, 突出重点、兼顾其他是目前唯一的选择。另外, 从思维方式和 technical methods 这两个角度看, 各种生物质材料、无机非金属材料的科研、生产和质量检验也有许多相同之处, 因此在教学上以点带

面是可能的。学生通过认真做一些经过精选、具有代表意义的实验，再经过举一反三，融会贯通，就会具备适应将来工作岗位的能力。

1.1.2.2 实验课的任务

材料化学实验课的任务可以概括为对学生进行实验思路、实验设计技术和方法的培养；对学生进行工程、创新能力的培养；对学生进行理论联系实际和主动精神的培养。

(1) 完善本专业的知识结构。在高等教育中，理论教学和实验教学是大学教育的两个主项，两者相辅相成，并由此构成完整的教学体系。

对材料类专业的学生来说，在大学期间主要是学习材料科学与工程方面的基本理论、材料制备与材料性能测试的基本知识和基本技能，掌握材料性能的变化规律，为正确设计材料、生产材料和合理应用材料打好基础。从某种意义上说，实验也是材料工学知识的具体应用与深化。通过实验教学环节，使学生巩固在理论课中所学的材料制备、各种基本物理化学性能及测量这些性能的理论知识，加深本专业的认识和理解，完善本专业的知识结构，从而达到专业应有的水平。这对于学生今后在材料科学与工程领域从事有关实际工作有重要意义。

(2) 培养和提高能力。材料化学专业课程的主要任务是通过基础知识的学习和实际操作训练，使学生初步掌握材料化学专业实验的主要方法和操作要点，培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题的能力。这些能力主要包括以下几点：

①自学能力。能够自行阅读实验教材，按教材要求做好实验前的准备，尽量避免“跟着老师做实验，老师离开就停转”的现象。

②动手能力。能借助教材和仪器说明书，正确使用仪器设备；能够利用所学知识对实验现象进行初步分析判断；能够正确记录和处理实验数据、绘制曲线、说明实验结果、撰写合格的实验报告等。

(3) 培养和提高素质。素质的教育与培养是大学教育的重要一环。实验教学不仅是让学生理论联系实际，学习科研方法，提高科研能力，还要使学生具有较高的科研素质。科研素质主要包括以下几个方面。

①探索精神。通过对实验现象的观察、分析和对材料的物理化学性能测量数据的处理，探索其中的奥妙，总结其中的经验，提出新的见解，创立新的理论等。

②团队精神。在实验教学环节中，有许多实验是单个人无法独立完成的，有的实验要花上十几个小时甚至几天才能完成，实验中必须多人分工合作才能进行，要尽量发挥集体的力量才能使实验成功。要通过做这类实验提高实验组成员的凝聚力，使学生之间的关系更加融洽；要通过做这类实验使学生认识到团队协作精神在材料这个行业中的重要性，增强责任感和事业心，培养团队协作精神和能力，为将来的工作打好基础。

③工作态度。做实验有时是枯燥无味和艰苦的。但是，纵观做出大贡献的科学家或工程师，几乎都是在实验室里刻苦工作干出来的。因此，在实验教学中要教育学生刻苦钻研、严谨求实、一丝不苟地做实验；要督促他们在实验室里进行磨炼，真正把实验做好；要使之明白“先苦后甜”的道理，只有在大学的学习中学会对工作、对生活的正确态度，才能胜任将来材料研究或生产的工作，才能为祖国和人民做出贡献。

④人文素质。人文素质通常指人文科学知识和素养。材料类专业的学生在大学期间这方面的课程学的不多，因而有的学生人文素质极差，写作水平低下。在实验教学中要

求学生通过写较高质量的实验预习报告、设计实验开题报告、实验课题总结报告等形式,提高学生的人文科学知识和素养。

⑤优良品质。21世纪对人们道德的评价,是以社会公认的人的公民素质为主来评判的。其标准是具有高度的公民觉悟和公民意识,即具有整体意识、高尚的情操、健全的良好人格;具有奉献精神,自尊自爱,尊重他人、关心他人,先人后己;具有热情、文明的行为,诚实守信,会合作,有良好的人际关系;有个性、有主见,有较强的控制力,坚定的信念,良好的情绪,不因为时势所动;有敬业精神、开拓精神、有新的观念、宽阔的视野,会生存等。只有具备高尚品质的人,才能受人尊重,并在自己工作中做出突出成绩。

在实验教学的过程中,教师要对学生进行引导,使学生克服不良的习惯,提高道德品质素质,为提高大学生的综合素质培养做贡献。

1.1.3 学习方法

传统的实验教学方法是灌输式,学生围着老师转,有许多缺点。可是,传统教育也培养出许多优秀的学生,他们会思考,动手能力强,在工作中做出了不少成绩,或为人类做出了较大的贡献。在相同的条件下培养出了不同质量的学生,答案只有一个,那就是学生个体的特性在起作用,而学习方法不同无疑是主要的影响因素之一。当然,实验教学改革的目的和重点是要让学生从被动转为主动,但对学生来说,无论教师采取什么方式教学,只有自己发挥主观能动性,从被动转为主动,才能把学习搞好,成为具有真才实学的人。

为了达到期望的实验教学效果,本书提出以下建议供读者参考。

1.1.3.1 重视实验

随着改革开放的不断深入及社会主义市场经济体制的建立和运行,社会需要的是综合性复合型人才,专业人士也不能独树一帜,必须博学多才,身怀多种绝技。为了将来能适应改革开放的环境,在校大学生不能满足于课堂上所学的理论知识,而是要千方百计地拓宽知识面、扩大视野以增强自己的竞争实力,尤其是实验方面的实力。

实验室是人才的诞生地,英国剑桥大学是“科学家的摇篮”,其中的卡文迪什实验室,就出了25人次的诺贝尔奖。实验是一种实践活动,是基本技能训练、动手能力培养的重要环节。现代的理工科大学生要成才,就要足够重视实验,在实验室里努力学习,经受训练,在大学学习期间全身心地投入实验将会受益终身。

1.1.3.2 预 习

为了使实验教学有良好的效果,实验前必须进行预习。通常,预习应达到下列要求:

- (1) 浏览实验教材,知道计划要做的实验项目的总体框架。
- (2) 了解实验目的、实验原理、实验重点和关键之处。
- (3) 了解仪器设备的工作原理、性能、正确操作步骤。
- (4) 定量实验必须记录测量数据,因此在预习实验项目时,应画好记录数据的表格,设计表格是一项重要的基本功,应当尽力把表格设计好。
- (5) 实验教材中的思考题或作业题,是为了学生对加深实验内容或关键问题的理

解,开发学生视野。在实验前应把这些问题看一遍或进行一番琢磨,可提高实验的质量。

(6) 对不理解的问题,及时查阅有关参考书或列出清单请老师解答。

1.1.3.3 实验

做实验有时是枯燥无味和艰苦的,但“先苦后甜”。一般地说,在大学学习期间要做的实验与有成就的科学家们所做的实验是有区别的。这些科学家们所做的实验尽管有的现在看起来比较简单,但做这些实验是为了达到某种科研目的而自行设计的。而学生在实验室所做的课程实验,一般是根据实验教科书上所规定的实验方法、步骤来进行操作的,因此,要达到教学的要求得注意以下几点:

- (1) 认真操作、细心观察,并把观察到的现象,如实详细地记录在实验报告中;
- (2) 如果发现实验现象与实验理论不符合,或者测试结果出现异常,就应该认真检查原因,并细心重做实验;
- (3) 实验中遇到疑难问题而自己难以解释时,应及时提出请教师解答;
- (4) 在实验过程中应保持安静,严格遵守实验室工作规则,防止出现各种意外事故;
- (5) 要在实验教学安排的有限时间里,保质保量地完成实验。

1.1.3.4 撰写实验报告

实验成功只是实验教学要求的一部分。学生做完实验后,必须写实验报告,这是实践训练的重要环节之一。

写实验报告是学生动手能力、写作能力的一种体现,是实验水平的一种证明。如果你的实验很成功,但实验报告却写得一塌糊涂,就不能反映你的真正的实验水平。因此,做完实验之后要尽力地把实验报告写好,要写出深度,写出水平。

实验报告是实验总结的一种方式。对于验证型的实验,应解释每个实验的现象,并做出结论;对于测试型的实验,应根据测得的数据进行计算,求出最终结果,并分析测试结果的可信程度。对于综合型或设计型的实验,还要写出总体实验研究报告。

要按时完成实验报告,并交指导教师评阅。评阅实验报告是教师检查学生学习情况和教学结果的一种重要方法,实验报告的优劣是教师给予实验成绩的根据之一。当然,实验分数的高低不应是我们所关心的主题,重要的是看教师评阅后发还的实验报告,要明白哪些做对了,哪些做错了。

实验报告是整个材料化学专业实验中重要的一项工作。我们反对粗枝大叶、错误百出、字迹潦草,而要求写报告过程中开动脑筋、钻研问题、耐心计算、仔细写作,使每份报告都合乎要求。

1.2 材料化学实验室安全知识

实验室安全问题,除化学实验室安全手册外,化学实验用书亦常有所介绍。在此,只对其与材料化学实验室关系较密切的一般问题做简要叙述。实验室安全保障,首在防患未然,故工作者须知晓起码实验室安全防护知识,并养成良好习惯,而遵守实验室规章制度更为必要。

1.2.1 安全用电常识

1.2.1.1 关于触电

人体通过 50 Hz 的交流电 1 mA 就有感觉；10 mA 以上使肌肉强烈收缩；25 mA 以上则呼吸困难，甚至停止呼吸；100 mA 以上则使心脏的心室产生纤维性颤动，以致无法救活。直流电在通过同样电流的情况下，对人体也有相似的危害。

防止触电需应特别注意以下几个方面：

(1) 操作电器时，手必须干燥。因为手潮湿时，电阻显著减少，容易引起触电。不得直接接触绝缘不好的通电设备。

(2) 一切电源裸露部分都应有绝缘装置（电开关应有绝缘匣，电线接头裹以胶布、胶管），所有电器设备的金属外壳应接上地线。

(3) 已损坏的接头或绝缘不良的电线应及时更换。

(4) 修理或安装电器设备时，必须先切断电源。

(5) 不能用试电笔去试高压电。

(6) 如果遇有人触电，应首先切断电源，然后进行抢救。因此，应该清楚了解电源的总闸在什么地方。

1.2.1.2 负荷及短路

材料化学实验室总闸一般允许最大电流为 30~50A，超过时就会使空气开关自动跳闸保护。一般墙壁电或实验台上分闸的最大允许电流为 15A。使用功率很大的仪器，应该事先计算电流量。应严格按照规定的安培数使用电器，长期使用超过规定负荷的电流时，容易引起火灾或其他严重事故。为防止短路，避免导线间的摩擦，尽可能不使电线、电器受到水淋或浸在导电的液体中。例如，实验室中常用的加热器如电热刀或电灯泡的接口不能浸在水中。

若室内有大量的氢气、煤气等易燃易爆气体时，应防止产生火花，否则会引起火灾或爆炸。电火花经常在电器接触点（如插销）接触不良、继电器工作时以及开关电闸时发生，因此应注意室内通风；电线接头要接触良好，包扎牢固以消防电火花等。万一着火应首先拉开电闸，切断电路，再用一般方法灭火。如无法拉开电闸，则可用砂土、干粉灭火器、 CCl_4 灭火器来灭火，绝不能用水或泡沫灭火器来灭电火，因为它们导电。

1.2.1.3 使用电器仪表

(1) 注意仪器设备所要求的电源是交流电还是直流电，三相电还是单相电，电压的大小（380V、220V、110V、6V 等），功率是否合适以及正负接头的位置等。

(2) 注意仪表的量程。待测量必须与仪器的量程相适应，若待测量大小不清楚时，必须先从仪器的最大量程开始。

(3) 线路安装完毕应检查无误。正式实验前不论对安装是否有把握（包括仪器量程是否合适），总是先使线路接通一瞬间，根据仪表指针摆动速度及方向加以判断，当确定无误后，才能正式进行实验。

不进行测量时应断开线路或关闭电源，做到既省电又延长仪器寿命。

1.2.2 使用化学药品的安全防护

化学药品等物质导致的事故有下列几类，如对人体的伤害、产生爆炸和燃烧以及损坏设备、建筑物等。使用化学药品应注意防毒、防火、防灼伤、防水。

1.2.2.1 防毒

大多数化学药品都具有不同程度的毒性。毒物可以通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体内。因此，防毒的关键是要尽量地杜绝和减少毒物进入人体的途径。

(1) 实验前应了解所有毒品的毒性、性能和防护措施。

(2) 操作有毒气体（如 H_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、浓盐酸、氢氟酸等）应在通风橱中进行。

(3) 防止煤气管、煤油灯漏气，使用完煤气后一定要把煤气阀门关好。

(4) 苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等的蒸气会引起中毒，虽然它们都有特殊气味，但经常久吸后会使嗅觉减弱，必须高度警惕。

(5) 用移液管移取有毒、有腐蚀性液体时（如苯、洗液等），严禁用嘴吸。

(6) 有些药品（如苯、有机溶剂、汞）能穿过皮肤进入体内，应避免直接与皮肤接触。

(7) 高汞盐 [$HgCl_2$ 、 $Hg(NO_3)_2$ 等]、可溶性钡盐 ($BaCO_3$ 、 $BaCl_2$)、重金属盐（镉盐、铅盐）以及氰化物、三氯化二砷等剧毒物，应妥善保管。

(8) 不得在实验室内喝水、抽烟、吃东西。饮食用具不得带进实验室内，以防止毒物沾染。离开实验室要洗净双手。

某些有毒气体的最高容许浓度如表 1-1 所示。

表 1-1 有毒气体最高容许浓度

物 质	最高容许的浓度/(mg/m^3)	备 注
氧化氮 (NO_2 计)	5	$2 \times 10^{-1} *$
氢化氰 (HCN)	-	$1.1 \times 10^{-3} *$
氟化氢 (HF)	1	能腐蚀玻璃
氯气 (Cl_2)	1	$1.46 \times 10^{-2} *$
升汞 ($HgCl_2$)	0.1	汞盐中毒性最大者
磷化氢 (PH_3)	-	$4 \times 10^{-1} *$
五氧化二磷 (P_2O_5)	1	
砷化氢 (AsH_3)	0.3	亦很毒
三氧化二砷 (As_2O_3)	0.3	
五氧化二砷 (As_2O_5)	0.3	
硫化铝 (AlS)	0.5	
二氧化硒 (SeO_2)	0.1	
五氧化二钒 (V_2O_5)	0.1~0.5	尘烟有毒