



普通高等教育“十一五”部委级规划教材(本科)

胶体与界面化学

■ 张玉亭 吕彤 编著

 中国纺织出版社



普通高等教育“十一·五”部委级规划教材(本科)

胶体与界面化学

张玉亭 吕彤 编著



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书阐述了胶体和表面的基本概念,讨论了胶体分散体系的动力、光散射、带电界面的性质、絮凝稳定性和流变性质,并阐述了涉及液体表面和气—固与液—固界面的吸附、润湿和渗透等表面化学知识。内容深入浅出、系统全面,并具有教学与自学兼顾的特点,将理论知识和具体实例有机结合,使其针对性、适用性和实用性较强。

本书可作为化学工程、应用化学、纺织工程和轻化工程专业的胶体与界面化学课程的教科书,也可作为具备大学化学知识的有关人员的自学教材,还可供从事膜工业、日用化工、纺织工程等专业的工程技术人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

胶体与界面化学/张玉亭,吕彤编著. —北京:中国纺织出版社, 2008. 11

普通高等教育“十一五”部委级规划教材. 本科

ISBN 978-7-5064-5309-7

I. 胶… II. ①张…②吕… III. ①胶体化学—高等学校—教材②表面化学—高等学校—教材 IV. O648 O647. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 148165 号

策划编辑:朱萍萍 责任编辑:阮慧宁 特约编辑:范雨昕
责任校对:余静雯 责任设计:李 然 责任印制:何 艳

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街 6 号 邮政编码:100027

邮购电话:010-64168110 传真:010-64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2008 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:19.75

字数:421 千字 定价:45.00 元(附光盘 1 张)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

全面推进素质教育,着力培养基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的人才,已成为当今本科教育的主题。教材建设作为教学的重要组成部分,如何适应新形势下我国教学改革要求,与时俱进,编写出高质量的教材,在人才培养中发挥作用,成为院校和出版人共同努力的目标。2005年1月,教育部颁发了教高[2005]1号文件“教育部关于印发《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》”(以下简称《意见》),明确指出我国本科教学工作要着眼于国家现代化建设和人的全面发展需要,着力提高大学生的学习能力、实践能力和创新能力。《意见》提出要推进课程改革,不断优化学科专业结构,加强新设置专业建设和管理,把拓宽专业口径与灵活设置专业方向有机结合。要继续推进课程体系、教学内容、教学方法和手段的改革,构建新的课程结构,加大选修课程开设比例,积极推进弹性学习制度建设。要切实改变课堂讲授所占学时过多的状况,为学生提供更多的自主学习的时间和空间。大力加强实践教学,切实提高大学生的实践能力。区别不同学科对实践教学的要求,合理制定实践教学方案,完善实践教学体系。《意见》强调要加强教材建设,大力锤炼精品教材,并把精品教材作为教材选用的主要目标。对发展迅速和应用性强的课程,要不断更新教材内容,积极开发新教材,并使高质量的新版教材成为教材选用的主体。

随着《意见》出台,教育部组织制定了普通高等教育“十一五”国家级教材规划,并于2006年8月10日正式下发了教材规划,确定了9716种“十一五”国家级教材规划选题,我社共有103种教材被纳入国家级教材规划。在此基础上,中国纺织服装教育学会与我社共同组织各院校制定出“十一五”部委级教材规划。为在“十一五”期间切实做好国家级及部委级本科教材的出版工作,我社主动进行了教材创新型模式的深入策划,力求使教材出版与教学改革和课程建设发展相适应,充分体现教材的适用性、科学性、系统性和新颖性,使教材内容具有以下三个特点:

(1)围绕一个核心——育人目标。根据教育规律和课程设置特点,从提高学生分析问题、解决问题的能力入手,教材附有课程设置指导,并于章后附有复习指导及形式多样的思考题等,提高教材的可读性,增加学生学习兴趣和自学能力,提升学生科技素养和人文素养。

(2)突出一个环节——实践环节。教材出版突出应用性学科的特点,注重理论与生产实践的结合,有针对性地设置教材内容,增加实践、实验内容。

(3)实现一个立体——多媒体教材资源包。充分利用现代教育技术手段,将授课知识点制作成教学课件,以直观的形式、丰富的表达充分展现教学内容。

教材出版是教育发展中的重要组成部分,为出版高质量的教材,出版社严格甄选作者,组织专家评审,并对出版全过程进行过程跟踪,及时了解教材编写进度、编写质量,力求做到作者权威,编辑专业,审读严格,精品出版。我们愿与院校一起,共同探讨、完善教材出版,不断推出精品教材,以适应我国高等教育的发展要求。

中国纺织出版社
教材出版中心

本书是为化学工程、轻化工程、应用化学和纺织工程专业编写的教科书,脱胎于1984年编写的胶体与表面化学讲义,并经三次易稿。

胶体与界面化学这门学科理论性强,实验方法独特,而且发展迅速,因此在编写过程中注意到以下几点:第一,力求由浅及深,系统全面;第二,强调基本概念;第三,不刻意回避重要理论公式的严密推导(不包括纯数学过程),有些公式的推导以小体字给出,以满足和方便那些喜爱深入探究的读者;第四,在编写本书时特别注意与物理化学课程的衔接,为学习本课程的学生能够顺利接受相关新知识搭建桥梁;最后,还介绍了一些领域的发展前沿,以期对从事相关学科工作的读者能有所借鉴和帮助。

本书第一章介绍了胶体和界面化学及相关的基本概念;第二章、第三章、第七章、第八章、第九章分别讨论了胶体的动力(沉降、扩散及其平衡)、光学(光散射)、带电界面性质、絮凝稳定性和流变性质。第四章、第五章和第六章分别涉及了液体表面、气—固界面和液—固界面发生的吸附和润湿等表面化学内容。最后一章介绍了包括乳状液、泡沫及其他应用广泛、实用性强的分散体系。本教材按照书中部分带“*”章节的取舍,可在45~60学时内完成。为了帮助读者更深入地复习和理解所学基本理论知识,每章后面都附有复习指导和思考题并给出参考答案。

本书在编写过程中参阅了P. C. Hiemenz著《Principle of Colloid and Surface Chemistry》,R. D. Vold和M. J. Vold著《Colloid and Interface Chemistry》,S. Voyosky著《Colloid Chemistry》,赵国玺编著的《表面活性剂物理化学》,周祖康、顾惕人和马季铭编著的《胶体化学基础》和沈钟与王果庭编著的《胶体与表面化学》以及附于书后的大量参考文献。

本书在编写过程中得到吴赞敏教授、顾振亚教授和杜启云教授的热情帮助并为本书提供了许多具体内容,在这里一并表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限和时间仓促,书中错误和缺欠在所难免,诚心祈望读者和专家不吝指正,我们将感激不尽。

编者

2008年4月



课程设置指导

课程名称 胶体与界面化学

适用专业 精细化工、化学工程、应用化学、轻化工程和纺织工程

总学时 45~60

课程性质 本课程是上述专业的专业理论课程,是必修课

课程目的

1. 掌握胶体与界面化学的基础知识,为专业课打下理论基础。
2. 胶体与界面化学有特殊的理论和实验方法。通过实验不但可以巩固理论知识,锻炼学生的动手能力,而且还能培养学生观察现象、分析数据、找出规律的严谨的科学作风。

课程教学基本要求 教学环节包括课堂教学、现场演示、实验教学、作业和考试。通过各教学环节既教会学生理论知识又培养实验技巧和分析总结现象,进而应用所学知识解决问题的能力。

1. 课堂教学

根据不同专业的要求,书中星号(*)部分的取舍,适当决定教学时数。理论课程必须强调基本概念,无论是公式推导、现场演示还是实验均为巩固基本概念。教学须深入浅出并以发生在学生身边的具体实例为桥梁使其顺利掌握,这就是启发式教学。书后还给出了必要的参考书,特别是相关英语书。为了帮助学生阅读英文参考书,课堂教学中需给出英文词汇。每个理论需讲明发展过程及最新前沿成果,特别强调发展的基本思路。

2. 实验教学

实验三次,可在本课程中进行,也可放在专业实验课中。

3. 演示教学

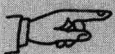
集中1学时在实验室向学生们演示离心机、均匀粒子、黏度计和电泳仪的操作以及表面压的产生原理。

4. 作业

按照授课内容选择每章课文后面所给出的习题,每2个学时以2~3题为宜。

5. 考试

采用笔试方式,题型包括填空题、问答题、综合题和计算题。其中综合



课程设置指导

题的内容涵盖数章内容。分数分配:基本概念题占 70%,提高题占 20%,难题占 10%。

教学学时分配

章 数	讲 授 内 容	学时分配(*)
一	基本概念	4(~6)
二	胶体分散体系的动力性质	5
三	胶体分散体系的光学性质	4(~6)
四	气-液与液-液界面	7(~8)
五	气-固界面	6(~7)
六	液-固界面	* 6
七	带电界面	4(~5)
八	胶体分散体系的稳定性	5
九	胶体分散体系的流变性质	3
十	乳状液与泡沫及其他分散体系	5(~7)

(*)括号内数值考虑到带星号部分内容

第一章 基本概念	1
第一节 胶体与表面	1
一、胶体与胶体分散体系	1
二、表面和界面	2
三、胶体与表面的联系桥梁	5
四、胶体与表面化学的应用	5
第二节 分散体系	6
一、分散体系的分类及其特性比较	6
二、胶体分散体系的分类	7
三、小粒子表面的重要性	9
第三节 分散相粒子的形态特征	9
一、粒子形状及描述方法	9
二、多分散性	11
三、平均值	13
第四节 胶体分散体系的一般制备方法和净化	15
一、分散法	15
二、凝聚法	16
三、溶胶的净化	18
*第五节 沉析过程与均匀胶体粒子的制备	19
一、过饱和溶液	19
二、成核过程	20
三、成长过程	24
四、陈化过程	25
复习指导	26
思考题	26
第二章 胶体分散体系的动力性质	28
第一节 重力场作用下的沉降	28
一、沉降	28
二、斯托克斯(Stokes)公式	29

三、阻力因子比 $\frac{f}{f_0}$	30
四、沉降实验	31
第二节 扩散	33
一、随机运动——布朗运动	33
二、扩散和菲克(Fick)定律	34
三、爱因斯坦—布朗位移方程	34
四、扩散系数 D 与阻力因子 f 的关系	35
第三节 离心场中的沉降	36
一、离心机	37
二、沉降系数与沉降速度	37
第四节 沉降与扩散间的平衡	38
一、沉降与扩散	38
二、沉降平衡	39
第五节 渗透压	41
一、理想溶液的渗透压	42
二、非理想溶液的渗透压	44
三、数均分子量 \bar{M}_n	45
四、渗透压实验	46
第六节 唐南平衡	47
一、聚合电解质	48
二、唐南(Donnan)平衡	48
三、几种情况下的渗透压	49
第七节 渗透作用的实际应用	51
一、渗析作用	51
二、反渗透	51
复习指导	53
思考题	53
第三章 胶体分散体系的光学性质	55
第一节 廷德耳效应	55
一、廷德耳(Tyndall)效应	55
二、光散射的产生与光散射理论	56
第二节 瑞利光散射理论	58
一、基本概念	58
二、瑞利(Rayleigh)理论——溶胶的光散射	59

三、涨落现象——大分子溶液的光散射	62
第三节 光散射实验与重均分子量	64
一、光散射实验	64
二、重均分子量	66
*第四节 德拜光散射理论	66
一、大粒子的光散射	66
二、德拜(Debye)理论	67
三、齐姆图(Zimm plot)——Debye 理论的应用	70
*第五节 米氏光散射理论	72
第六节 显微镜	75
一、放大倍数与分辨率	75
二、亮场显微镜	76
三、暗场显微镜——超级显微镜	77
四、电子显微镜	78
复习指导	79
思考题	79
第四章 液—气与液—液界面	81
第一节 弯曲界面现象	81
一、弯曲液面上的压力差——拉普拉斯(Laplace)公式	81
二、弯曲液面上的蒸气压——开尔文(Kelvin)公式	82
第二节 表面张力的测定	84
一、威廉米(Wilhelmy)板法(吊片法)	84
二、Du Noüy 环法	84
三、最大气泡压力法	85
四、滴重法(滴体积法)	86
五、毛细管法	87
第三节 表面活性剂的分子结构与分类	88
一、表面活性与表面活性剂	88
二、表面活性剂分子的结构	89
三、表面活性剂的分类	89
第四节 表面活性剂溶液的性质与胶团结构	93
一、表面活性剂溶液的性质	93
二、胶团形成	93
三、临界胶团浓度(CMC)	95
四、增溶作用	97

第五节 界面上的吸附现象	98
一、Gibbs 吸附公式	99
二、关于 Gibbs 公式应用的讨论	101
三、表面活性剂在溶液表面的吸附	104
四、Gibbs 公式的实验验证	104
五、表面活性剂分子在溶液表面的吸附状态	105
第六节 铺展	106
一、黏附与内聚	106
二、一种液体在另一种不互溶液体上的铺展	107
*第七节 不溶性单分子膜	108
一、表面膜与表面压	108
二、单分子膜的研究方法	110
三、 π - σ 等温线与膜的各种状态	111
四、不溶性单分子膜研究的应用	114
复习指导	116
思考题	117
第五章 气—固界面	119
第一节 固体表面	119
一、固体表面与液体表面比较	119
二、固体的表面结构	119
三、固体表面的活性	121
第二节 吸附概述	122
一、吸附与吸附能力	122
二、影响吸附量 Γ 的因素	123
三、与溶液表面吸附的比较	124
四、固体对气体吸附的实验方法	125
第三节 物理吸附与化学吸附	125
一、物理吸附的吸附力	125
二、物理吸附与化学吸附的比较	126
第四节 吸附等温线	130
一、吸附曲线	130
二、吸附等温线	130
第五节 吸附等温式	131
一、Freundlich 吸附经验式	131

二、Langmuir 吸附等温式——单分子层吸附理论	132
三、BET 公式——多分子层吸附理论	134
第六节 BET 公式的验证与比表面积的测定	136
一、BET 公式的验证	136
二、比表面积的测定	138
第七节 毛细凝结与吸附滞后现象	139
一、毛细凝结	139
二、吸附滞后现象	140
*第八节 二维状态方程和吸附等温式	142
一、二维理想气体状态方程和吸附等温式	142
二、二维真实气体的状态方程和吸附等温式	143
复习指导	145
思考题	146
第六章 固—液界面	147
第一节 润湿与接触角	147
一、润湿过程及分类	147
二、接触角与杨氏(Young)方程	148
*三、润湿热	150
第二节 接触角的测定与接触角滞后现象	151
一、接触角的测定	151
二、影响接触角 θ 大小的因素	153
三、接触角滞后现象	154
第三节 表面活性剂对固体表面润湿性能的影响	157
一、表面活性剂分子在固面上的吸附作用	157
二、改变液体的润湿能力	158
第四节 与润湿有关的其他重要现象	159
一、动润湿	159
二、洗涤现象	160
三、纺织品的特殊润湿	163
四、表面拒水处理	164
第五节 固体吸附类型与吸附等温线	165
一、实验方法	165
二、液—固界面吸附的类型	166
第六节 吸附等温式	170
一、从稀溶液中吸附的等温式	170

*二、全浓度范围二元溶液的吸附等温式·····	170
复习指导·····	171
思考题·····	172
第七章 带电界面 ·····	174
第一节 双电层模型·····	174
一、界面带电的起源·····	174
二、平行板电容器模型·····	175
三、扩散双电层模型·····	176
第二节 双电层理论——Debye - Hückel 近似式·····	179
一、D-H 近似式·····	179
二、Debye - Hückel 参数 κ ·····	181
三、表面电荷密度 σ ·····	182
*第三节 双电层理论——Gouy - Chapman 公式·····	182
一、G-C 公式·····	182
二、表面电荷密度 σ ·····	183
*第四节 双电层理论——Stern 公式·····	183
第五节 动电现象·····	184
一、电泳·····	185
二、电渗·····	189
三、流动电位·····	190
*第六节 动电理论·····	191
一、离子在电场中的迁移·····	192
二、Hückel 理论——小 κR 值时的 ζ 电位·····	192
三、Helmholtz - Smoluchowski 方程——大 κR 值时的 ζ 电位·····	193
*四、Henry 公式·····	194
第七节 影响 ζ 电位的主要因素及 ζ 电位的测定·····	196
一、影响 ζ 电位的主要因素·····	196
*二、 ζ 电位的测定·····	198
复习指导·····	199
思考题·····	200
第八章 胶体分散体系的稳定性 ·····	201
第一节 带电粒子间的相互排斥作用·····	202
一、双电层的相互搭接·····	202

二、平板粒子间的排斥位能	203
*三、球形粒子间的排斥位能	204
第二节 带电粒子间的相互吸引作用	204
一、分子间的 van der Waals 吸引力	204
二、宏观物体间的吸引	205
三、介质对粒子间吸引位能的影响	207
第三节 分散体系稳定性的 DLVO 理论	208
一、DLVO 理论	208
二、分散体系稳定性的主要影响因素	209
第四节 电解质对胶体分散体系的絮凝作用	210
一、舒尔兹—哈迪(Schulze - Hardy)规则	210
二、电解质使溶胶絮凝的几种情况	212
第五节 影响分散体系稳定性的其他因素	214
一、溶剂化因素	215
二、结构机械因素	215
三、吸附大分子和长链表面活性剂的空间稳定因素	215
四、物理因素	216
第六节 絮凝过程动力学	218
一、快絮凝过程	218
二、慢絮凝过程	219
第七节 絮凝作用的实验方法	221
一、实验目的仅在于求 CCC 及 CSC	222
二、实验目的在于研究絮凝动力学过程	222
第八节 含有亲液物质的分散体系的稳定性	224
一、保护作用	224
二、敏化作用	225
三、溶剂化作用	225
*四、聚合物对胶体分散体系稳定性理论	226
复习指导	229
思考题	230
第九章 胶体分散体系的流变性质	231
第一节 黏度与黏度测定方法	231
一、牛顿(Newton)方程	231
二、液体黏度的测定方法	232
第二节 稀分散体系的黏度	234

一、Einstein 黏度公式	234
二、Einstein 黏度公式的偏差与偏差来源	236
三、大分子溶液的黏度	238
第三节 浓分散体系的流变性质	239
一、浓分散体系中的结构	240
二、各种流型	241
三、触变性	242
复习指导	244
思考题	244
第十章 乳状液与泡沫及其他分散体系	247
第一节 乳状液类型及鉴别方法	247
一、浮状液及其类型	247
二、影响乳状液类型的因素	247
三、乳状液类型的鉴别方法	252
四、乳状液的转型	252
第二节 乳状液的物理性质	253
一、黏度性质	253
二、电性质	254
三、光学性质	254
第三节 乳状液的稳定性	254
一、影响乳状液稳定性的因素	255
二、乳状液稳定性的实验方法	257
第四节 乳状液的破坏	258
一、破乳过程	258
二、破乳方法	259
第五节 微乳状液与微小乳状液	260
一、微乳状液	260
二、微小乳状液	262
第六节 泡沫的形成和结构	263
一、泡沫的形成	263
二、泡沫的结构与液膜排液	264
第七节 泡沫的稳定性和消泡	267
一、泡沫的稳定机理	267
二、消泡	269

三、泡沫寿命试验及影响泡沫稳定性的实验因素	270
第八节 悬浮液与固溶胶	271
一、悬浮液	271
二、固溶胶	271
第九节 气溶胶	272
一、气溶胶的分类	273
二、气溶胶的性质	273
三、气溶胶的聚集稳定性	276
四、气溶胶的制备与破坏	277
第十节 凝胶	279
一、凝胶的形成	280
二、凝胶的溶胀与脱水收缩作用	282
三、凝胶中的扩散与化学反应	283
复习指导	285
思考题	285
附录	287
参考文献	294