



全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

物理化学实验

(供中药学、药学、制药技术、
→ 制药工程及相关专业使用)

主编●张师愚 陈振江

中国医药科技出版社

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

物理化学实验

(供中药学、药学、制药技术、制药工程及相关专业使用)

主 编 张师愚 陈振江

副主编 戴 航 冯 玉

李晓飞 张彩云

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材之一，依照教育部相关文件精神，根据本专业教学要求和课程特点，结合《中国药典》和相关执业考试，编写而成。全书共分四章，包括绪论、基础实验、综合实验和物理化学实验技术与设备，涉及物理化学基本操作技能的训练、基本理论知识的验证和一些综合性提高性训练及数据处理技术。

本教材实用性强，主要供中医药院校药学类专业使用，也可作为医药行业考试与培训的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

物理化学实验/张师愚，陈振江主编. —北京：中国医药科技出版社，2014.7

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5067 - 6780 - 4

I. ①物… II. ①张… ②陈… III. ①物理化学 - 化学实验 - 中医学院 - 教材
IV. ①O64 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 146205 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行：010 - 62227427 邮购：010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787 × 1092mm¹/₁₆

印张 10¹/₄

字数 212 千字

版次 2014 年 8 月第 1 版

印次 2014 年 8 月第 1 次印刷

印刷 三河市万龙印装有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 6780 - 4

定价 23.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

中国医药科技出版社全国高等医药教育 教材工作专家委员会

主任委员 邵明立

副主任委员 肖培根 陈冀胜 刘昌孝 李连达 周俊

委员 (按姓氏笔画排序)

朱 华 (广西中医药大学)

刘 文 (贵阳中医学院)

许能贵 (广州中医药大学)

杨 明 (江西中医药大学)

李 钦 (河南大学药学院)

李金田 (甘肃中医学院)

张万年 (宁夏医科大学药学院)

周桂桐 (天津中医药大学)

段金廛 (南京中医药大学)

高树中 (山东中医药大学)

彭 成 (成都中医药大学)

彭代银 (安徽中医药大学)

曾 渝 (海南医学院)

秘书长 吴少祯

办公室 赵燕宜 浩云涛

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

编写委员会

主任委员 彭 成 (成都中医药大学)

副主任委员 朱 华 (广西中医药大学)

曾 渝 (海南医学院)

杨 明 (江西中医药大学)

彭代银 (安徽中医药大学)

刘 文 (贵阳中医学院)

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 建 (成都中医药大学)

王诗源 (山东中医药大学)

尹 华 (浙江中医药大学)

邓 赟 (成都中医药大学)

田景振 (山东中医药大学)

刘友平 (成都中医药大学)

刘幸平 (南京中医药大学)

池玉梅 (南京中医药大学)

许 军 (江西中医药大学)

严 琳 (河南大学药学院)

严铸云 (成都中医药大学)

杜 弢 (甘肃中医学院)

李小芳 (成都中医药大学)

李 钦 (河南大学药学院)

李 峰 (山东中医药大学)

杨怀霞 (河南中医学院)

杨武德 (贵阳中医学院)

吴启南 (南京中医药大学)

何 宁 (天津中医药大学)
张 梅 (成都中医药大学)
张 丽 (南京中医药大学)
张师愚 (天津中医药大学)
张永清 (山东中医药大学)
陆兔林 (南京中医药大学)
陈振江 (湖北中医药大学)
陈建伟 (南京中医药大学)
罗永明 (江西中医药大学)
周长征 (山东中医药大学)
周玖瑶 (广州中医药大学)
郑里翔 (江西中医药大学)
赵 骏 (天津中医药大学)
胡昌江 (成都中医药大学)
郭 力 (成都中医药大学)
郭庆梅 (山东中医药大学)
容 蓉 (山东中医药大学)
巢建国 (南京中医药大学)
康文艺 (河南大学药学院)
傅超美 (成都中医药大学)
彭 红 (江西中医药大学)
董小萍 (成都中医药大学)
蒋桂华 (成都中医药大学)
韩 丽 (成都中医药大学)
曾 南 (成都中医药大学)
裴 瑾 (成都中医药大学)

秘 书 长 王应泉

办 公 室 赵燕宜 浩云涛 何红梅 黄艳梅

本书编委会

- 主 编 张师愚 陈振江
副主编 戴 航 冯 玉 李晓飞 张彩云
编 者 (按姓氏笔画排序)
- 马鸿雁 (成都中医药大学)
王颖莉 (山西中医学院)
冯 玉 (山东中医药大学)
任 蕾 (山西中医学院)
刘 雄 (甘肃中医学院)
刘 强 (浙江中医药大学)
刘 莹 (贵州理工学院)
齐学洁 (天津中医药大学)
孙 波 (长春中医药大学)
李 红 (湖南中医药大学)
李 莉 (辽宁中医药大学)
李晓飞 (河南中医学院)
李维峰 (北京中医药大学)
杨茂忠 (贵阳中医学院)
张 栓 (陕西中医学院)
张师愚 (天津中医药大学)
张明波 (辽宁中医药大学)
张洪江 (南京中医药大学翰林学院)
张彩云 (安徽中医药大学)
陈振江 (湖北中医药大学)
邵江娟 (南京中医药大学)
林 舒 (福建中医药大学)
周庆华 (黑龙江中医药大学)
赵小军 (广州中医药大学)
赵晓娟 (甘肃中医学院)
夏厚林 (成都中医药大学)
唐 莹 (上海中医药大学)
韩晓燕 (天津中医药大学)
程 林 (江西中医药大学)
戴 航 (广西中医药大学)
魏泽英 (云南中医学院)

出版说明

在国家大力推进医药卫生体制改革，健全公共安全体系，保障饮食用药安全的新形势下，为了更好的贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010 - 2020 年）》和《国家药品安全“十二五”规划》，培养传承中医药文明，具备行业优势的复合型、创新型高等中医药院校药学类专业人才，在教育部、国家食品药品监督管理总局的领导下，中国医药科技出版社根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》，组织规划了全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材的建设。

为了做好本轮教材的建设工作，我社成立了“中国医药科技出版社高等医药教育教材工作专家委员会”，原卫生部副部长、国家食品药品监督管理局局长邵明立任主任委员，多位院士及专家任专家委员会委员。专家委员会根据前期全国范围调研的情况和各高等中医药院校的申报情况，结合国家最新药学标准要求，确定首轮建设科目，遴选各科主编，组建“全国普通高等中医药院校药学类‘十二五’规划教材编写委员会”，全面指导和组织教材的建设，确保教材编写质量。

本轮教材建设，吸取了目前高等中医药教育发展成果，体现了涉药类学科的新进展、新方法、新标准；旨在构建具有行业特色、符合医药高等教育人才培养要求的教材建设模式，形成“政府指导、院校联办、出版社协办”的教材编写机制，最终打造我国普通高等中医药院校药学类核心教材、精品教材。

全套教材具有以下主要特点。

一、教材顺应当前教育改革形势，突出行业特色

教育改革，关键是更新教育理念，核心是改革人才培养体制，目的是提高人才培养水平。教材建设是高校教育的基础建设，发挥着提高人才培养质量的基础性作用。教育部《关于普通高等院校“十二五”规划教材建设的几点意见》中提出：教材建设以服务人才培养为目标，以提高教材质量为核心，以创新教材建设的体制机制为突破口，以实施教材精品战略、加强教材分类指导、完善教材评价选用制度为着力点。鼓励编写、出版适应不同类型高等学校教学需要的不同风格和特色的教材。而药学类高等教育的人才培养，有鲜明的行业特点，符合应用型人才培养的条件。编写具有行业特色的规划教材，有利于培养高素质应用型、复合型、创新型人才，是高等医药院校教学改革的体现，是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010 - 2020 年）》的体现。

二、教材编写树立精品意识，强化实践技能培养，体现中医药院校学科发展特色

本轮教材建设对课程体系进行科学设计，整体优化；根据新时期中医药教育改革现状，增加与高等中医药院校药学职业技能大赛配套的《中药传统技能》教材；结合药学应用型特点，同步编写与理论课配套的实验实训教材，独立建设《实验室安全与管理》教材。实现了基础学科与专业学科紧密衔接，主干课程与相关课程合理配置的目标；编写过程注重突出中医药院校特色，适当融入中医药文化及知识，满足 21 世纪复合型人才的需要。

参与教材编写的专家都以科学严谨的治学精神和认真负责的工作态度，以建设有特色的、教师易用、学生易学、教学互动、真正引领教学实践和改革的精品教材为目标，严把编写各个环节，确保教材建设精品质量。

三、坚持“三基五性三特定”的原则，与行业法规标准、执业标准有机结合

本套教材建设将应用型、复合型高等中医药院校药学类人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架，将体现高等中医药教育教学所需的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设灵魂，在教材内容上设立“要点导航、重点小结”模块对其加以明确；使“三基五性三特定”有机融合，相互渗透，贯穿教材编写始终。并且，设立“知识拓展、药师考点”等模块，和执业药师资格考试、新版《药品生产质量管理规范》（GMP）、《药品经营管理质量规范》（GSP）紧密衔接，避免理论与实践脱节，教学与实际工作脱节。

四、创新教材呈现形式，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化

本轮教材建设注重数字多媒体技术，相关教材陆续建设课程网络资源，藉此实现教材富媒体化，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化，帮助院校及任课教师在 MOOCs 时代进行的教学改革，提高学生学习效果。前期建设中配有课件的科目可到中国医药科技出版社官网（www.cmstp.com）下载。

本套教材编写得到了教育部、国家食品药品监督管理总局和中国医药科技出版社全国高等医药教育教材工作专家委员会的相关领导、专家的大力支持和指导；得到了全国高等医药院校、部分医药企业、科研机构专家和教师的支持和积极参与，谨此，表示衷心的感谢！希望以教材建设为核心，为高等医药院校搭建长期的教学交流平台，对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时精品教材的建设工作漫长而艰巨，希望各院校师生在教学过程中，及时提出宝贵的意见和建议，以便不断修订完善，更好的为药学教育事业发展和保障人民用药安全服务！

中国医药科技出版社
2014 年 7 月

物理化学是全国高等医药院校中药、药学、制药技术、制药工程及相关专业教学计划中的必修课程,物理化学实验与无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验构成了化学类、近化学类专业完整的四大化学实验教学体系。作为一门综合性基础化学实验,物理化学实验课程在巩固和加深学生对物理化学理论课基本原理的理解,运用化学中基本的物理方法,训练实验技能,掌握实验测试技术,培养科学思维和分析、解决实际问题的能力,引导学生建立科学的世界观和方法论等方面有着重要的作用,同时也为将来进行后续课程如仪器分析、化工原理、制剂学、制药工程学、中药化学等学科的理论及实验课程打下良好基础。

本教材分为绪论、基础实验、综合实验、实验技术与设备四部分。其中,绪论主要介绍了物理化学实验的基本要求和实验误差、数据处理等知识,为适应现代实验技术和数据处理水平的不断提高,本教材同时介绍了计算机辅助处理物理化学实验数据,旨在提高学生适应现代实验设备与技术的能力,并提高医药院校物理化学实验的教学水平。

基于“少而精”的原则,本教材选择了现行教学中比较普及、有代表性、较成熟的18个物理化学实验作为基础实验,内容涵盖热力学、动力学、表面化学、胶体化学、电化学、物化性能测定等方面,基本满足医药类院校的物理化学实验教学需要,并有一定的扩展性,如凝固点降低法测定摩尔质量实验,增加了测定多糖对凝固点改变的作用。又如将平衡常数的测定与分配系数的测定联系起来,利用 I_2 在 CCl_4 与水中的分配和 $I_2 + KI = KI_3$ 的反应同时达到平衡的原理,设计为在1个实验中同时测定平衡常数与分配系数,该实验包含了溶液的配制、萃取、分配、温度控制、氧化还原滴定、碘量瓶的使用、恒温槽的使用、 I_2 和 CCl_4 的使用、 CCl_4 (有毒物质)的回收、移液管隔层吸液、平衡的移动、移液管与滴定管的洗涤等多学科的基本单元操作,既完成了物理化学的教学任务,又巩固了无机化学、有机化学、分析化学实验中的基本单元操作。

为培养学生专业意识,满足专业培养目标,也为了探索物理化学实验直接为医药研究服务,本教材综合实验部分设置了4个综合实验项目,分别将现代中医药研究中使用的物理化学实验原理与技术还原为物理化学实验,包括中药的离子透析、利用等电聚焦鉴定中药品种真伪、用动力学知识测定药物有效期以及利用沉降分析测定粒径

分布。

本教材第四部分物理化学的实验技术与设备还介绍了物理化学实验中涉及到的各种仪器的原理、相应的技术，对于提高学生适应现代实验设备与技术的能力，树立良好的科学作风具有很大的帮助。

在本书的成稿过程中得到参编院校领导和各位同行的大力支持，在此表示衷心的感谢！

本书供中药、药学、制药技术、制药工程及相关专业本科生学习物理化学课程使用。

由于编写时间仓促，加之编者学识水平有限，错误之处在所难免，恳请各位同行和读者批评指正！

编 者
2014 年 6 月

* 第一章 绪 论

第一节 物理化学实验的目的和要求	1
一、物理化学实验的目的	1
二、物理化学实验要求	1
三、如何书写物理化学实验的预习报告和实验报告	2
第二节 物理化学实验数据的处理方法	2
一、列表法	2
二、绘图法	2
三、方程式法	4
四、计算机辅助法	6
第三节 物理化学实验中的误差分析与数据处理	10
一、测量与误差	10
二、误差的分类及特点	10
三、准确度和精密度	11
四、绝对误差与相对误差	12
五、平均误差与标准误差	12
六、有效数字与运算法则	13
七、间接测量中的误差传递	14

* 第二章 基础实验

实验一 蛋白质的盐析与变性	16
一、实验目的	16
二、实验原理	16
三、仪器与试剂	17
四、实验步骤	17
五、数据处理	17

六、思考题	17
七、预习要求	17
实验二 电导测定难溶药物的溶解度	17
一、实验目的	17
二、实验原理	17
三、仪器与试剂	18
四、实验步骤	18
五、数据处理	19
六、思考题	19
七、预习要求	19
实验三 电导法测定表面活性剂临界胶束浓度	19
一、实验目的	19
二、实验原理	19
三、仪器与试剂	20
四、实验步骤	20
五、数据处理	20
六、思考题	20
七、预习要求	20
实验四 蔗糖转化速率的研究	21
一、实验目的	21
二、实验原理	21
三、仪器与试剂	22
四、实验步骤	22
五、数据处理	23
六、思考题	23
七、预习要求	24
实验五 乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	24
一、实验目的	24
二、实验原理	24
三、仪器与试剂	25
四、实验步骤	25
五、数据处理	25
六、思考题	26
七、预习要求	26
实验六 最大气泡法测定溶液的表面张力	26
一、实验目的	26
二、实验原理	26
三、仪器与试剂	28

四、实验步骤	29
五、数据处理	29
六、思考题	30
七、预习要求	30
实验七 电导法测定弱电解质的电离平衡常数	30
一、实验目的	30
二、实验原理	31
三、仪器与试剂	32
四、实验步骤	32
五、注意事项	32
六、数据处理	32
七、思考题	32
八、预习要求	33
实验八 三组分液-液系统相图的绘制	33
方法一 乙酸-苯-水三液系统的相图绘制	33
方法二 水杨酸甲酯-异丙醇-水三液系统的相图绘制	36
实验九 黏度法测定高分子摩尔质量	37
方法一 用乌氏黏度计测定	37
方法二 用奥氏黏度计测定	41
实验十 乳状液的制备与性质	42
一、实验目的	42
二、实验原理	42
三、仪器与试剂	43
四、实验步骤	44
五、数据处理	44
六、思考题	44
七、预习要求	44
实验十一 溶胶的制备、净化与性质	45
一、实验目的	45
二、实验原理	45
三、仪器与试剂	46
四、实验步骤	46
五、数据处理	48
六、思考题	48
七、预习要求	48

实验十二 固-液界面上的吸附	48
一、实验目的	48
二、实验原理	48
三、仪器与试剂	49
四、实验步骤	49
五、数据处理	49
六、思考题	50
七、预习要求	50
实验十三 燃烧热的测定	50
一、实验目的	50
二、实验原理	50
三、仪器与试剂	52
四、实验步骤	52
五、数据处理	53
六、思考题	53
七、预习要求	53
实验十四 溶解热的测定	53
一、实验目的	53
二、实验原理	54
三、仪器与试剂	55
四、实验步骤	55
五、数据处理	55
六、思考题	56
七、预习要求	57
实验十五 凝固点降低法测定摩尔质量	57
一、实验目的	57
二、实验原理	57
三、仪器与试剂	58
四、实验步骤	58
五、数据处理	59
六、思考题	59
七、预习要求	59
实验十六 二组分气-液平衡系统	59
一、实验目的	59
二、实验原理	59

三、仪器与试剂	60
四、实验步骤	61
五、注意事项	61
六、数据处理	61
七、思考题	62
八、预习要求	62
实验十七 二组分液-液平衡系统	62
一、实验目的	62
二、实验原理	63
三、仪器与试剂	63
四、实验步骤	63
五、数据处理	64
六、思考题	64
七、预习要求	64
实验十八 化学平衡常数及分配系数的测定	64
一、实验目的	64
二、实验原理	64
三、仪器与试剂	65
四、实验步骤	65
五、数据处理	65
六、思考题	65
七、预习要求	66

第三章 综合实验

实验一 加速实验法测定药物有效期	67
一、实验目的	67
二、实验原理	67
三、仪器与试剂	68
四、实验步骤	68
五、注意事项	68
六、数据处理	68
七、思考题	69
八、预习要求	69

实验二 沉降天平法测定 CaCO_3 粉末粒子的大小及粒子分布曲线	69
一、实验目的	69
二、实验原理	69
三、仪器与试剂	71
四、实验步骤	71
五、数据处理	72
六、思考题	72
七、预习要求	73
实验三 等电聚焦电泳鉴别紫苏子及其混伪品莽苣子	73
一、实验目的	73
二、实验原理	73
三、仪器与试剂	74
四、实验步骤	74
五、数据处理	75
六、思考题	75
七、预习要求	75
实验四 中药的离子透析	75
一、实验目的	75
二、实验原理	75
三、仪器与试剂	76
四、实验步骤	76
五、数据记录	76
六、思考题	77
七、预习要求	77

第四章 物理化学实验技术与设备

第一节 旋光度的测量技术和设备	79
一、旋光度、比旋光度	79
二、手动旋光仪的测试原理、构造和读数	79
三、自动指示旋光仪结构及测试原理	81
四、影响旋光度测定因素	83
五、旋光仪的使用	84
第二节 温度、温标与温度计	84