



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

获首届全国高等学校医药教材优秀奖

全国高等学校教材 • 供药学类专业用

物理化学

第6版

主 编 侯新朴

副主编 李三鸣



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



内附光盘
CD-ROM

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材
获首届全国高等学校医药教材优秀奖

全国高等学校教材
供药学类专业用

物 理 化 学

第 6 版

主 编 侯新朴

副主编 李三鸣

编 者 (以姓氏笔画为序)

李三鸣 (沈阳药科大学)

李晓燕 (北京大学药学院)

陈纪岳 (复旦大学药学院)

邵 伟 (山东大学药学院)

侯新朴 (北京大学药学院)

徐开俊 (中国药科大学)

崔黎丽 (第二军医大学)

韩修林 (江西中医学院)

詹先成 (四川大学华西药学院)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

物理化学/侯新朴主编. —6版. —北京:人民卫生出版社, 2007.6

ISBN 978-7-117-08863-3

I. 物... II. 侯... III. 物理化学-医学院校-教材
IV. O64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 093456 号

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

物 理 化 学
第 6 版

主 编: 侯新朴

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.75

字 数: 563 千字

版 次: 1979 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 6 版第 37 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-08863-3/R·8864

定价(含光盘): 40.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

卫生部“十一五”规划教材

全国高等学校药学类专业第六轮规划教材

出版说明

全国高等学校药学类专业本科卫生部规划教材是我国最权威的药学类专业教材,于1979年出版第一版,1987年、1993年、1998年、2003年进行了四次修订,并于2003年出版了第五轮规划教材。该套教材曾为全国高等学校药学类专业惟一一套统编教材,后更名为规划教材,其具有较高的权威性和一流的水平,为我国高等教育培养大批的药学专业人才发挥了重要作用。近年来我国药学教育事业快速发展,开办药学及相关专业的院校数量已由上世纪90年代的几十所发展到现在三百多所,办学规模和水平在不断提高;同时很多学校根据自身特点,尝试新的教学方法,药学教育逐渐向多元化发展。为适应新时期我国高等药学教育改革和发展,做好药学类专业本科教材的组织规划和质量把关工作,全国高等学校药学专业教材第三届评审委员会围绕药学专业第五轮教材使用情况、药学教育现状、新时期药学领域人才结构等多个主题,进行了广泛、深入地调研活动,并对调研结果进行了反复、细致的分析论证。根据药学专业教材评审委员会的意见和调研、论证的结果,全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室决定组织全国专家于2006年夏季开始对第五轮教材进行修订。

药学类专业第六轮规划教材的编写修订,坚持紧扣药学类专业本科教育培养目标,以教育部新的药学教育纲要为基础,以国家食品药品监督管理局执业药师资格准入为指导,按卫生部等相关部委行业用人要求,强调培养目标与用人要求相结合,进一步提高教材水平和质量。同时,针对学生实验、自修、复习考试等需要,紧扣主干教材内容编写、修订了相应的学习指导与习题集、实验指导等配套教材25种。

全国高等学校药学类专业第六轮规划教材编写工作严格按照卫生部教材办公室“931”质量控制体系进行。经过全国各院校的推荐,全国高等学校药学专业第三届教材评审委员会遴选,卫生部教材办公室最终确定了主干教材与配套教材主编、副主编和编者。在卫生部教材办公室的组织和严格管理,以及在全国高等学校药学专业第三届教材评审委员会的指导下,各门教材主编、编者同心协力,积极参加主编人会议、编写会议和定稿会议,始终贯彻会议精神,克服各种困难,以对我国高等药学教育事业高度负责的态度认真编写教材,保证教材的质量和水平,并达到人民卫生出版社“齐、清、定”的交稿要求。经过1年多的努力,全国高等学校药学类专业第六轮规划教材即将出版,并向全国公开发行。

该套教材供全国高等学校药学及相关专业教学使用。全套教材中主干教材共29

种,其中修订25种,新组织编写4种;其中22种为普通高等教育“十一五”国家级规划教材(用星号表示);配套教材25种,其中2种为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。2007年初,在卫生部的领导下,由卫生部教材办公室组织,全国高等医药教材建设研究会进行了卫生部“十一五”规划教材评审工作,本套教材及其配套教材全部入选卫生部“十一五”规划教材。

全套教材书目如下:

- | | | |
|---------------------|-----|-----------------|
| ★1. 药导论(第2版) | 毕开顺 | 沈阳药科大学 |
| 2. 高等数学(第4版) | 顾作林 | 河北医科大学 |
| 高等数学学习指导与习题集 | 顾作林 | 河北医科大学 |
| 3. 医药数理统计方法(第5版) | 高祖新 | 中国药科大学 |
| 医药数理统计方法学习指导与习题集 | 高祖新 | 中国药科大学 |
| ★4. 物理学(第5版) | 王 铭 | 北京大学医学部 |
| 物理学学习指导与习题集 | 王 铭 | 北京大学医学部 |
| ★5. 物理化学(第6版) | 侯新朴 | 北京大学药学院 |
| 物理化学学习指导与习题集(第2版) | 李三鸣 | 沈阳药科大学 |
| 物理化学实验指导(双语) | 崔黎丽 | 第二军医大学 |
| ★6. 无机化学(第5版) | 张天蓝 | 北京大学药学院 |
| 无机化学学习指导与习题集(第2版) | 姜凤超 | 华中科技大学同济药学院 |
| ★7. 分析化学(第6版) | 李发美 | 沈阳药科大学 |
| ★ 分析化学学习指导与习题集(第2版) | 李发美 | 沈阳药科大学 |
| ★ 分析化学实验指导(第2版) | 李发美 | 沈阳药科大学 |
| ★8. 有机化学(第6版) | 倪沛洲 | 中国药科大学 |
| 有机化学学习指导与习题集(第2版) | 陆 涛 | 中国药科大学 |
| 9. 人体解剖生理学(第5版) | 岳利民 | 四川大学华西基础医学与法医学院 |
| | 崔慧先 | 河北医科大学 |
| ★10. 微生物学与免疫学(第6版) | 沈关心 | 华中科技大学同济医学院 |
| 微生物学与免疫学习题集 | 谭 政 | 华中科技大学同济医学院 |
| ★11. 生物化学(第6版) | 吴梧桐 | 中国药科大学 |
| 生物化学学习指导与习题集 | 欧 瑜 | 中国药科大学 |
| 生物化学实验指导 | 刘 煜 | 中国药科大学 |
| ★12. 药理学(第6版) | 李 端 | 复旦大学药学院 |
| 药理学学习指导 | 程能能 | 复旦大学药学院 |
| 药理学实验指导 | 章蕴毅 | 复旦大学药学院 |

- | | | |
|-----------------------|------|-----------------|
| ★13. 药物分析(第6版) | 刘文英 | 中国药科大学 |
| ★14. 药用植物学(第5版) | 郑汉臣 | 第二军医大学 |
| 药用植物学实验指导 | 潘胜利 | 复旦大学药学院 |
| ★15. 生药学(第5版) | 蔡少青 | 北京大学药学院 |
| 生药学实验指导 | 刘塔斯 | 湖南中医药大学 |
| ★16. 药物毒理学(第2版) | 楼宜嘉 | 浙江大学药学院 |
| ★17. 临床药物治疗学(第2版) | 姜远英 | 第二军医大学 |
| ★18. 药物化学(第6版) | 郑 虎 | 四川大学华西药学院 |
| 药物化学学习指导与习题集(第2版) | 徐 正 | 四川大学华西药学院 |
| ★19. 药剂学(第6版) | 崔福德 | 沈阳药科大学 |
| 药剂学学习指导与习题集 | 崔福德 | 沈阳药科大学 |
| 药剂学实验指导(第2版) | 崔福德 | 沈阳药科大学 |
| ★20. 天然药物化学(第5版) | 吴立军 | 沈阳药科大学 |
| 天然药物化学实验指导(第2版) | 裴月湖 | 沈阳药科大学 |
| 天然药物化学习题集(第2版) | 吴继洲 | 华中科技大学同济药
学院 |
| 21. 中医药学概论(第6版) | 王 建 | 成都中医药大学 |
| 中医药学概论学习指导与习题集 | 王 建 | 成都中医药大学 |
| ★22. 药事管理学(第4版) | 吴 蓬 | 四川大学华西药学院 |
| 药事管理学学习指导与习题集 | 杨世民 | 西安交通大学医学院 |
| ★23. 药学分子生物学(第3版) | 史济平 | 复旦大学药学院 |
| ★24. 生物药剂学与药物动力学(第3版) | 梁文权 | 浙江大学药学院 |
| 生物药剂学与药物动力学学习指导与习题集 | 梁文权 | 浙江大学药学院 |
| ★25. 药学英语(上、下册)(第3版) | 胡廷熹 | 中国药科大学 |
| 药学英语学习指导 | 胡廷熹 | 中国药科大学 |
| ★26. 药物设计学 | 徐文方 | 山东大学药学院 |
| 27. 制药工程原理与设备 | 王志祥 | 中国药科大学 |
| 28. 生物制药工艺学 | 何建勇 | 沈阳药科大学 |
| 29. 生物技术制药 | 周 珮 | 复旦大学药学院 |

全国高等医药教材建设研究会

卫生部教材办公室

2007年6月1日

全国高等学校药学专业教材

第三届评审委员会名单

主任委员	郑 虎	四川大学华西药学院
副主任委员	毕开顺	沈阳药科大学
	姚文兵	中国药科大学
委 员	(以姓氏笔画为序)	
	刘俊义	北京大学药学院
	吴梧桐	中国药科大学
	吴继洲	华中科技大学同济药学院
	吴满平	复旦大学药学院
	张志荣	四川大学华西药学院
	张淑芳	中国执业药师协会, 国家食品药品监督管理局执业药师资格认证中心
	杨世民	西安交通大学医学院
	姜远英	第二军医大学
	徐文方	山东大学药学院
	郭 姣	广东药学院
	曾 苏	浙江大学药学院
	潘卫三	沈阳药科大学
秘 书	徐 正	四川大学华西药学院

前 言

卫生部全国高等医药院校药学专业教材系列中,《物理化学》于1979年出版第一版,1987年、1993年、2000年、2003年进行了四次改版,根据全国高等医药教材建设研究会、卫生部教材办公室关于“药学专业第六轮教材修订意见”的精神,在第五版《物理化学》基础上进行《物理化学》第六版的修订。

药学本科教育的培养目标是药学学科各专门化方向培养通才。物理化学是药学的专业基础课,应满足后续课及专业对物理化学的需要,本教材重点阐明基本概念、基本理论和基本计算方法。随着生物工程制药的发展,与大分子溶液相关的物理化学基础要求提高,为此将原第八章中的大分子溶液独立成章,故本书共分九章。内容包括热力学第一定律、第二定律、化学平衡、相平衡、电化学、化学动力学、表面现象、胶体、大分子溶液。为便于巩固所学知识,提高实际应用能力,本教材编入适量例题、思考题和习题,习题附有答案。本书执行国家标准 GB 3102, 4-93。参考学时为70~90学时。

与本书相配套的有:学习指导书、多媒体、实验指导书,共同构成物理化学立体教材。学习指导书:帮助学生掌握各章重点、难点;分析解题思路 and 技巧,从而提高学生理论联系实际的能力。多媒体:包括电子教案、教学指导、关键词汇、参考资料等。实验指导书:为配合学生书写英语报告,采用中英文双语形式。以上系列教材共同为教、学工作提供便利。

因编者水平所限,本教材定有缺点甚至错误,诚恳希望读者批评指正。

编 者
2007年3月

目 录

绪论	1
一、物理化学的任务和内容	1
二、物理化学在化学与药学中的地位与作用	1
三、物理化学的学习方法	2
第一章 热力学第一定律	4
第一节 热力学概论	4
一、热力学研究的基本内容	4
二、化学热力学研究的内容	4
三、热力学的方法和局限性	5
第二节 热力学基本概念	5
一、系统与环境	5
二、系统的性质	6
三、热力学平衡态	6
四、状态函数与状态方程	6
五、过程与途径	8
六、热和功	8
第三节 热力学第一定律	9
一、热力学第一定律	9
二、热力学能	9
三、热力学第一定律的数学表达式	10
第四节 可逆过程与体积功	10
一、体积功	10
二、功与过程	11
三、可逆过程	14
第五节 焓	15
第六节 热容	17
第七节 热力学第一定律的应用	18
一、热力学第一定律应用于理想气体	18
二、热力学第一定律应用于实际气体	23
第八节 热化学	25
一、化学反应的热效应	25
二、反应进度	26

三、热化学方程式	28
第九节 化学反应热效应的计算	28
一、赫斯定律	28
二、生成焓	29
三、燃烧焓	30
四、由键焓估算反应热效应	31
五、离子摩尔生成焓	32
六、溶解热与稀释热	33
七、反应热与温度的关系——基尔霍夫定律	34
第十节 能量代谢与微量量热技术简介	36
 第二章 热力学第二定律	44
第一节 自发过程的特征	44
第二节 热力学第二定律	45
第三节 卡诺循环	46
第四节 卡诺定理	48
第五节 熵	49
一、熵的导出	49
二、热力学第二定律数学表达式——克劳修斯不等式	50
三、熵增加原理	52
第六节 熵变的计算	52
一、等温过程中熵变的计算	53
二、变温过程中熵变的计算	54
第七节 熵函数的物理意义	57
一、熵是系统混乱程度的度量	57
二、熵与概率	57
第八节 热力学第三定律及规定熵	59
一、热力学第三定律	59
二、规定熵	60
三、化学反应过程的熵变	60
第九节 吉布斯能、亥姆霍兹能	61
一、热力学第一定律、第二定律联合表达式	61
二、亥姆霍兹能	61
三、吉布斯能	62
四、自发变化方向和限度的判据	63
第十节 ΔG 的计算	64
一、理想气体等温变化中的 ΔG	64
二、相变过程的 ΔG	65
三、化学变化的 $\Delta_r G^\ominus$	66

第十一节 热力学函数间的关系	66
一、热力学基本关系式	66
二、麦克斯韦关系式	67
三、 ΔG 与温度的关系——吉布斯-亥姆霍兹公式	69
第十二节 非平衡态热力学简介	71
一、敞开系统、非平衡态	71
二、熵流、熵产生和耗散结构	71
三、熵与生命	73
第十三节 偏摩尔量和化学势	73
一、偏摩尔量	73
二、化学势	76
第十四节 化学势的标准态及其表示式	79
一、气体的化学势	79
二、液态混合物、稀溶液、真实溶液的化学势	81
...	
第三章 化学平衡	90
第一节 化学反应的平衡条件	90
第二节 化学反应等温方程式和平衡常数	92
第三节 平衡常数表示法	94
一、气体反应平衡常数	94
二、液相反应平衡常数	96
三、复相化学反应	98
第四节 平衡常数测定和反应限度的计算	98
一、平衡常数的测定	98
二、反应限度的计算	99
第五节 标准状态下反应的吉布斯能变化及化合物的标准生成吉布斯能	101
一、标准状态下反应的吉布斯能变化	101
二、化合物的标准生成吉布斯能	102
第六节 温度对平衡常数的影响	103
第七节 其他因素对平衡的影响	105
一、压力对化学平衡的影响	105
二、惰性气体对化学平衡的影响	107
第八节 反应的耦合	108
一、反应耦合原理	108
二、生物体内的化学平衡	108
第四章 相平衡	114
第一节 相律	114
一、相	114

二、物种数与组分数	115
三、自由度	116
四、相律的推导	116
第二节 单组分系统	118
一、单组分系统的相图	118
二、克劳修斯-克拉珀龙方程	120
第三节 完全互溶双液系统	123
一、理想的完全互溶双液系统	123
二、杠杆规则	125
三、非理想的完全互溶双液系统	125
四、蒸馏与精馏	130
第四节 部分互溶和完全不互溶的双液系统	132
一、部分互溶的双液系统	132
二、完全不互溶的双液系统	135
第五节 二组分固-液系统平衡相图	136
一、简单低共熔相图	136
二、生成化合物的相图	140
三、有固态混合物生成的相图	142
第六节 三组分系统的相平衡	144
一、等边三角形组成表示法	145
二、三组分水盐系统	146
三、部分互溶的三液系统	147
.....	
第五章 电化学	155
第一节 电解质溶液的导电性质	155
一、电解质溶液的导电机制	155
二、法拉第电解定律	156
三、离子的电迁移和迁移数	157
第二节 电解质溶液的电导	159
一、电解质溶液的电导	159
二、电解质溶液的电导测定	160
三、电导率、摩尔电导率与浓度的关系	161
四、离子独立运动定律	162
第三节 电解质溶液电导测定的应用	164
一、水的纯度检验	164
二、弱电解质电离度和电离常数的测定	164
三、难溶盐溶解度的测定	165
四、电导滴定	166
第四节 溶液中电解质的活度和活度系数	167

一、溶液中电解质的平均活度和平均活度系数	167
二、离子强度	169
三、德拜-休克尔极限定律	169
第五节 原电池	170
一、可逆电池与不可逆电池	171
二、可逆电池的类型	172
三、电池的书写方式	173
四、电池电动势的测定	174
第六节 可逆电池热力学	176
一、电池反应的能斯特方程	176
二、电池电动势及其温度系数与电池反应热力学函数的关系	177
第七节 电极电势和电池的电动势	178
一、电池电动势的产生机制和电池电动势	178
二、电极电势	180
三、电极反应的能斯特方程	183
第八节 浓差电池	185
一、单液浓差电池	185
二、双液浓差电池	186
三、双联浓差电池	186
第九节 电动势测定的应用	187
一、求化学反应的平衡常数	187
二、求难溶盐的活度积	187
三、测定溶液的 pH 值	188
四、测定电池的标准电动势 $E^{\ominus}$ 及离子平均活度系数 $\gamma_{\pm}$	189
五、电势滴定	191
第十节 电极的极化和超电势	191
一、分解电压	192
二、电极的极化与超电势	193
第十一节 生物电化学基础	197
一、生物电现象	197
二、细胞膜和膜电势	197
三、生物电化学传感器	199
第六章 化学动力学	204
第一节 反应速率的表示方法及其测定	204
一、反应速率的表示方法	204
二、反应速率的测定	205
第二节 基元反应	206
一、计量方程与机制方程	206

二、基元反应与总包反应	206
三、反应分子数	207
第三节 反应速率方程	207
一、基元反应的速率方程—质量作用定律	207
二、反应速率常数和反应级数	208
第四节 简单级数反应的速率方程	209
一、一级反应	210
二、二级反应	212
三、零级反应	214
四、简单级数反应的速率方程小结	215
第五节 反应级数的确定	216
一、积分法	216
二、微分法	216
三、半衰期法	218
第六节 温度对反应速率的影响	218
一、阿仑尼乌斯经验公式	218
二、活化能	219
三、药物贮存期预测	221
第七节 典型的复杂反应	222
一、对峙反应	222
二、平行反应	224
三、连续反应	225
四、链反应	227
五、复杂反应的近似处理	228
第八节 光化反应	230
一、光化反应的特点	230
二、光化学定律	230
三、量子效率	232
第九节 溶液中的反应	233
第十节 催化作用的基本概念	234
第十一节 酸碱催化	237
第十二节 酶催化	240
第十三节 碰撞理论	242
第十四节 过渡态理论	245
.....	
第七章 · 表面现象	254
第一节 · 表面积与表面吉布斯能	254
一、表面积	254
二、表面吉布斯能和表面张力	255

三、表面的热力学关系式	257
四、影响表面吉布斯能的因素	258
第二节 弯曲表面的性质	259
一、曲面的附加压力	259
二、曲面的蒸气压	262
三、亚稳状态和新相的生成	263
第三节 铺展与润湿	266
一、液体的铺展	266
二、固体表面的润湿	267
第四节 溶液的表面吸附	269
一、溶液的表面张力和浓度之间的关系	269
二、溶液的表面吸附和吉布斯吸附等温式	270
三、表面活性物质在溶液表面的定向排列	275
第五节 不溶性表面膜	276
一、不溶性表面膜及其性质	276
二、不溶性表面膜的应用	277
三、其他表面膜	278
第六节 表面活性剂	279
一、表面活性剂的分类	279
二、表面活性剂的亲水亲油平衡值	280
三、胶束	282
四、表面活性剂的几种重要作用	286
第七节 气体在固体表面上的吸附	288
一、物理吸附和化学吸附	288
二、吸附等温线	289
三、弗仑因德立希吸附等温式	290
四、单分子层吸附理论——兰格缪尔吸附等温式	291
五、多分子层吸附理论——BET 公式	293
第八节 固体自溶液中的吸附	295
一、吸附特点	295
二、吸附量的测定	295
三、吸附等温线和经验公式	295
第八章 胶体分散系统	302
第一节 溶胶的分类和基本特性	303
一、溶胶的分类	303
二、溶胶的基本特性	303
第二节 溶胶的制备和净化	304
一、溶胶的制备	304

二、溶胶的净化	306
三、均分散胶体	307
四、纳米粒子和纳米技术	308
第三节 溶胶的动力性质	309
一、布朗运动	309
二、扩散与渗透	310
三、沉降和沉降平衡	313
第四节 溶胶的光学性质	315
一、溶胶的光散射现象	315
二、瑞利散射公式	316
三、溶胶的颜色	317
四、溶胶粒子大小的测定	317
第五节 溶胶的电学性质	318
一、电动现象	318
二、溶胶粒子表面电荷的来源	319
三、双电层理论	320
四、胶团结构	322
五、电泳的测定	323
第六节 溶胶的稳定性和聚沉作用	324
一、溶胶的稳定性	324
二、溶胶的聚沉	325
三、溶胶稳定性理论	328
第七节 乳状液、泡沫和气溶胶	329
一、乳状液	329
二、泡沫	332
三、气溶胶	333
第九章 大分子溶液	337
第一节 大分子的结构及平均摩尔质量	338
一、大分子的结构	338
二、大分子的平均摩尔质量	339
第二节 大分子的溶解特征及在溶液中的形态	340
一、大分子的溶解特征	341
二、溶剂的选择	341
三、大分子在溶液中的形态	342
第三节 大分子溶液的渗透压	343
一、大分子溶液的渗透压	343
二、渗透压的测量方法	344
第四节 大分子溶液的光散射	344

一、涨落现象与光散射	345
二、光散射法测定大分子的分子质量	345
第五节 大分子溶液的流变性	346
一、Newton 流体与粘度	346
二、流变曲线与流型	347
三、大分子溶液的粘度与分子平均摩尔质量的测定	349
第六节 大分子溶液的超离心场沉降	351
一、沉降速率法	351
二、沉降平衡法	352
第七节 大分子电解质溶液	353
一、大分子电解质溶液概述	353
二、大分子电解质溶液的电泳现象	354
三、大分子电解质溶液的 Donnan 平衡	355
第八节 凝胶	358
一、凝胶的分类	359
二、凝胶的形成与结构	359
三、凝胶的性质	360
附录 1 部分气体的摩尔定压热容与温度关系 $C_{p,m} = a + bT + cT^2$	365
附录 2 部分物质的热力学数据表值	366
附录 3 部分有机化合物的标准摩尔燃烧焓	370
参考文献	371
中英文索引	373