

普通高等教育药学专业“十一五”规划教材

物 理 化 学

WULI HUAXUE

主编 张玉军

郑州大学出版社

普通高等教育药学专业“十一五”规划教材

物理化学

WULI HUAXUE

主编 张玉军



郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理化学/张玉军主编. —郑州:郑州大学出版社,
2007. 1

(普通高等教育药学专业“十一五”规划教材)

ISBN 978 - 7 - 81106 - 337 - 0

I. 物… II. 张… III. 物理化学 - 高等学校 - 教材
IV. 064

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 162475 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

新乡市凤泉印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:29.75

字数:707 千字

版次:2007 年 1 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印数:1 ~ 3 100

印次:2007 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 81106 - 337 - 0 定价:45.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换



编写指导委员会

普通高等教育药学专业

“十五”规划教材

名誉主任 于德泉

主任委员 宋毛平 刘宏民

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

马承严	马祥志	王 玮	王 锋
王学如	卢 奎	曲有乐	吕文戈
朱 华	闫福林	许启泰	李春来
吴基良	张振中	张晓丹	陈 旭
苗明三	金哲雄	黄胜堂	颜朝国

委 员 (以姓氏笔画为序)

马凤余	马承严	马祥志	王 玮
王 锋	王西芳	王学如	卢 奎
曲有乐	吕文戈	朱 华	朱 军
刘利萍	刘宏民	闫福林	许启泰
李春来	李喜强	吴 洁	吴基良
闵 清	张 宇	张永清	张振中
张晓丹	陈 旭	陈松林	苗明三
林桂涛	金哲雄	姜凤超	姚素梅
黄胜堂	韩 莹	谢晓梅	颜朝国

办 公 室 吕双喜 李同奎



参编院校

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

(以笔画为序)

山东中医药大学

天津医科大学

长沙医学院

右江民族医学院

扬州大学

华中科技大学

安徽中医学院

佳木斯大学

河南大学

河南中医学院

河南职工医学院

河南工业大学

郑州大学

陕西中医学院

绍兴文理学院

咸宁学院

哈尔滨商业大学

重庆工商大学

济宁医学院

桂林医学院

莆田学院

浙江海洋学院

淮阴工学院

新乡医学院



作者名单

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

主 编 张玉军

副主编 陈松林 闫向阳

编 委 (以姓氏笔画为序)

刘建平 闫向阳 杨喜平 张玉军

陈松林 郝永兵 梁振富 傅贤明



内容提要

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

本书全面系统地介绍了物理化学课程的基本内容。全书包括:热力学第一定律及应用、热力学第二定律、多组分系统热力学与溶液、化学平衡、相平衡、电解质溶液、电池的电动势与极化现象、基础化学反应动力学、复杂反应及特殊反应动力学、液体的表面现象、固体的表面现象、胶体分散系统、高分子溶液与凝胶共 13 章。本书叙述简明扼要,概念清楚,兼收讲授与自学的特点,实用性较强。

本书可作为高等院校化学化工、中药、轻工、食品、生物、材料和环境等专业教材,对农学、石油和纺织专业,也有一定的参考价值。



总序

普通高等教育药学专业

“十一五”规划教材

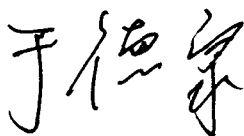
近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,下发了《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》,提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。

当前,各类高校都相继开办了药学专业,高等院校的药学教育发展迅速,办学规模和办学层次逐年增加,市场对药学专业的学生需求逐年递增,学生就业率高,形成了高等院校一个新的亮点。然而,传统的高等院校药学专业,其课程体系、教学内容与新的教学模式之间的矛盾也日益突出。为了解决这个问题,配合高等院校药学专业建设的需要,更好地顺应社会发展对新一代药学人才的需求,进一步提高教学质量,加强药学专业的学科建设和课程建设,加快教材改革,适应教学改革的需要,更好地发展药学专业的本科教育,当是恭逢其时的事。2005年,在郑州大学出版社、郑州大学药学院的牵头组织下,部分参编院校对国内药学专业的培养目标、培养模式、课程体系、教学内容和教学大纲等进行了广泛而深入的调研,分析了国内药学专业相关教材的现状,此举得到了湖北、山东、安徽、陕西、江西、黑龙江、吉林、浙江、江苏、福建、河南、重庆、广西等省市、自治区三十多所院校的积极响应,也得到了国内一大批药学教育专家的支持。为了集思广益,保证高规格、高质量地出炉这套教材,紧扣当前药学专业本科教学的实际,组织召开了高等院校药学专业教学研讨会暨教材编写会,无论是大的环节,还是小的细节,无不经过与会专家和教授的科学规划、认真研讨和商榷,最终确定了这套普通高等教育药学专

业“十一五”规划教材编写的指导思想、体例和规范。每本教材的主编,都是学术水平高、教学经验丰富的一线教师,这就保证了这套新教材的编写质量。

可以说,这套教材的出版,为促进我国药学专业本、专科教育质量的不断提高,贡献了一份绵薄之力,很好地顺应了当前高等院校药学教育迅速发展的新趋势,也必将会对我国高等院校药学专业教育产生深远而积极的影响。同时也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

中国工程院院士
中国协和医科大学教授



2006 年 9 月



前言

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

物理化学是化学化工、中药、轻工、食品、生物、材料等专业的一门重要的基础课。本书主要内容是参照这些专业的教学大纲的要求及我国量与单位的国家标准编写的。在编写过程中,参阅了部分国内外各种类型《物理化学》、《物理化学与胶体化学》、《胶体化学》教材,以求博取众家之长。本书适用于 70 ~ 110 学时的理论课教学要求,使用时也可按专业需要自行取舍教材内容。

本书在内容安排上,根据学科的发展和面向 21 世纪教学改革的要求,在注重化学热力学的基础上,适当加强了化学动力学、表面化学、胶体化学的内容。其特点是:第一,既注重基本理论又反映本学科现代发展水平,阐述深入浅出,简练清晰;第二,广泛联系化学化工、中药、轻工、食品、生物、材料等专业的实际,同时又保证本学科的科学性、系统性和完整性。

本书还具有便于学生自学的特点,经验证明,在学生课前自学的基础上提纲挈领地重点讲授,收效较好。编者认为,凡学生能看懂的内容,只须总结理顺,分清主次,明确其来龙去脉,再辅之以习题和讨论予以巩固,能收到较好的教学效果,这一方面有利于提高学生自学和独立思考的能力,同时也可精简讲课学时,减轻学生课内负担,给学生更多的学习主动性。书末列出了一些参考文献可供读者选读。

本书由张玉军任主编,陈松林、闫向阳任副主编。写作分工如下:张玉军(河南工业大学)编写绪论,第十一章到第十三章,附录;杨喜平(河南工业大学)编写第一章;刘建平(河南工业大学)编写第二章;郝永兵(新乡医学院)编写第三章;陈松林(河南大学)编写第四章、第五章;梁振富(河南大学)编写第六章、第七章;闫向阳(河南工业大学)编写第八章、第九章;傅贤明(莆田学院)

编写第十章。本书由张玉军制定编写大纲,初稿由张玉军、陈松林、闫向阳负责修改,最后由张玉军统稿定稿。

在本书编写过程中,始终得到各编委单位有关领导和教务部门的大力支持,在此表示衷心感谢。

因编者水平有限,本书存在缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2006 年 10 月于郑州

本书所使用符号一览表

一、物理量符号

A	化学反应亲和势, 指数前因子, 亥姆霍兹自由能
a	活度
B	任意物质, 溶质, 二组分系统中任一组分
C	热容
C_p	恒压热容
C_V	恒容热容
$C_{p,m}$	恒压摩尔热容
$C_{V,m}$	恒容摩尔热容
c	物质的量浓度
D	光密度
d	直径
E	能量, 电动势
e	电子
F	法拉第常数
f	自由度, 逸度, 力
G	吉布斯自由能, 电导
g	重力加速度
H	焓
h	高度, 普朗克常数
I	动惯量, 电流强度, 离子强度, 透射光强度
K	平衡常数, 独立组分数
k	玻耳兹曼常数, 反应速率常数
M_r	物质的相对分子质量
b_B	物质 B 的质量摩尔浓度
N	系统中的分子数
n	物质的量, 反应级数
L	阿伏伽德罗常数
Q	热量, 电量

p	压力
R	标准气体常数,电阻
r	半径,反应速率
S	熵,物种数
T	热力学温度
t	时间,摄氏温度
$t_{1/2}$	半衰期
t_B	离子的迁移数
U	热力学能
V	体积
$V_{m,B}$	物质 B 的摩尔体积
$V_{B,m}$	物质 B 的偏摩尔体积
W	功,概率,微观状态数
w_B	物质 B 的质量分数
X	任意热力学函数
x_B	物质的量分数
γ	$C_{p,m}/C_{v,m}$ 之比值,活度系数
Γ	吸附量
δ	非状态函数的微小改变量
Δ	状态函数的变化量
ζ	电动电势
η	热机效率,黏度
ε	介电常数,能量
θ	接触角
κ	电导率
λ	波长
Λ	摩尔电导率
μ	化学势,折合质量,偶极矩
ν	振动频率
ν_B	化学反应的计量系数
ξ	反应进度
π	表面压
Π	渗透压
ρ	密度,电阻率,概率密度
Φ	相数,量子效率
φ	电极电势
ω	角速度
ψ	表面电势

二、常用的上、下标及其他有关符号名称

⊖	标准态
*	纯物质
∞	无限稀释,饱和
b	沸腾
c	燃烧,临界
C	库仑
f	生成,凝固
g	气态
l	液态
s	固态
mol	摩尔
e	自然对数的底,平衡
r	化学反应
aq	水溶液
amb	环境
fus	熔化
S	西门子
sln	溶液
sub	升华
sys	系统
vap	蒸发
±	离子平均
≠	活化络合物或过渡状态
Π	连乘号
Σ	连加号
exp	指数函数



目录

普通高等教育药学专业

“ 十 一 五 ” 规 划 教 材

绪论	1
一、物理化学的定义	1
二、物理化学的基本内容	1
三、物理化学课程的学习方法	2
第一章 热力学第一定律及应用	3
第一节 热力学方法及特点	3
第二节 热力学基本概念	4
一、系统与环境	4
二、系统的宏观性质	4
三、系统的状态和状态函数	5
四、系统的变化过程与途径	5
五、热力学平衡态	6
六、热与功	7
第三节 热力学第一定律	8
一、能量守恒定律——热力学第一定律	8
二、热力学能	8
三、热力学第一定律的数学表达式	9
第四节 可逆过程与可逆体积功	9
一、体积功	9
二、功与过程	10
三、可逆过程与不可逆过程	10
第五节 热与过程	13
一、恒容过程热 Q_V	13
二、恒压过程热 Q_p	13
第六节 热容	14

2 物 理 化 学

一、热容的定义	14
二、恒容摩尔热容 $C_{V,m}$ 与恒压摩尔热容 $C_{p,m}$	14
三、热容与温度的关系	15
第七节 理想气体热力学	15
一、焦耳实验	15
二、理想气体的 $C_{p,m}$ 和 $C_{V,m}$ 的关系	17
三、理想气体的绝热过程和绝热功	20
四、理想气体单纯 p 、 V 、 T 变化过程中 ΔU 、 ΔH 的计算	23
第八节 相变过程热力学	24
一、相变和相变热(焓)	24
二、相变化过程的体积功	24
三、相变化过程的 ΔU	24
第九节 化学反应热效应	25
一、化学反应的恒压反应热(焓)与恒容反应热(焓)	26
二、反应进度	27
三、热化学方程式	28
四、赫斯定律	28
五、标准摩尔反应热(焓)	29
六、标准摩尔反应热(焓)的计算	30
七、其他类型的反应热	33
第十节 反应热(焓)与温度的关系——基尔霍夫定律	34
一、闭合环路图法	34
二、理论推导	36
三、基尔霍夫定律的应用	37
第十一节 新陈代谢与热力学	39
第二章 热力学第二定律	44
第一节 自发过程的方向和限度	44
第二节 热力学第二定律	45
第三节 卡诺循环与卡诺定理	46
一、卡诺循环	46
二、卡诺定理	48
第四节 熵的概念——熵及熵增原理	49
一、可逆过程的热温商——熵函数的引出	49
二、不可逆过程的热温商	51
三、热力学第二定律的数学表达式	52
四、熵增原理与熵判据	52
第五节 熵变的计算	53
一、系统熵变的计算	53

二、环境的熵变及总熵变的计算	58
第六节 热力学第三定律及规定熵	59
一、热力学第三定律的经典叙述	59
二、物质的规定摩尔熵和标准摩尔熵	59
三、化学反应熵变的计算	60
第七节 熵的统计意义简介	61
第八节 亥姆霍兹自由能与吉布斯自由能	62
一、热力学第一定律和热力学第二定律的联合表达式	62
二、亥姆霍兹自由能(A)及判据	63
三、吉布斯自由能(G)及判据	64
第九节 热力学中的一些重要关系式	65
一、5个热力学函数之间的关系	65
二、热力学基本关系式	65
三、对应系数关系式	66
四、麦克斯韦关系式	66
第十节 ΔG 和 ΔA 的计算	68
一、简单状态变化过程的 ΔG 和 ΔA 计算	68
二、相变化过程 ΔG 和 ΔA 的计算	69
三、化学变化过程 ΔG 的计算	71
四、 ΔG 随温度 T 的变化	72
第十一节 非平衡态热力学简介	73
一、开放系统、非平衡态	73
二、熵流、熵产生和耗散结构	74
三、熵与生命	75
第三章 多组分系统热力学与溶液	81
第一节 溶液组成的表示方法	81
一、物质的量分数	81
二、质量摩尔浓度	82
三、物质的量浓度	82
四、质量分数	82
第二节 偏摩尔量	83
一、偏摩尔量的定义	84
二、偏摩尔量的集合公式	85
三、吉布斯-杜亥姆公式	86
四、偏摩尔量的测定	87
五、偏摩尔量之间的函数关系	88
第三节 化学势	88
一、化学势的定义	88