

21世纪高等教育教学改革教材

TEXTBOOK OF TEACHING REFORM FOR HIGHER EDUCATION IN 21ST CENTURY

物理化学

PHYSICAL CHEMISTRY



孙玉希 主 编

宋若静 刘 勇 何黎明 张运菊 副主编



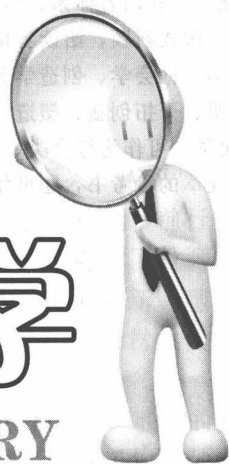
化学工业出版社

21世纪高等教育教学改革教材

TEXTBOOK OF TEACHING REFORM FOR HIGHER EDUCATION IN 21ST CENTURY

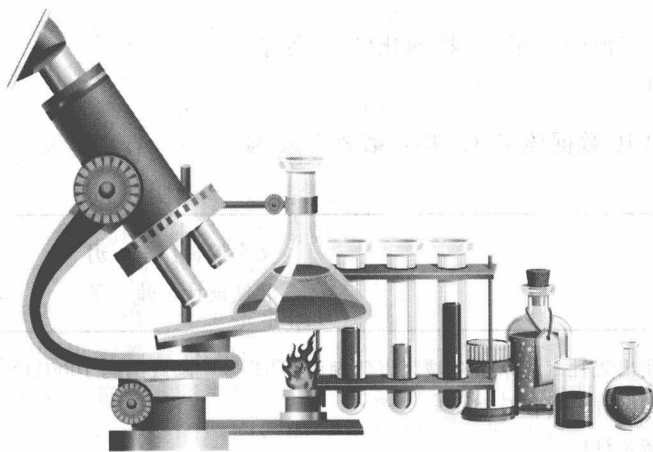
物理化学

PHYSICAL CHEMISTRY



孙玉希 主 编

宋若静 刘 勇 何黎明 张运菊 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《物理化学》是按照教育部高等学校化学类专业教学指导委员会制定的化学、应化及相关专业如生物、材料、环境等化学理论课程的教学内容,结合多年的教学改革实践编写的。内容以四篇展开:平衡篇、速率篇、专题篇(电解质溶液、电池与电极反应、界面化学、胶体与大分子溶液)、统计篇,文后有附录和参考文献可供查阅。

《物理化学》在内容体系、结构设计、讲练结合等方面,注重实用性、启发性和可读性,利于读、教、学、思、创。版式新颖,给读者留下提出疑问、深思、创作的空间。内容编排上注重讲授知识的同时,融入国学、哲学、社会学、创造学等思想;理解科学知识的同时,塑造正确的三观、构建健康的心理,起到了“传承文明、开拓创新、塑造灵魂”的作用。

《物理化学》可作为综合类、师范类高校化学、应化及近化学专业本专科学生的教材,也可作为物理化学教师教学改革的参考书,还可作为从自然科学理性认识社会科学与哲学的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

物理化学/孙玉希主编. —北京:化学工业出版社,

2016.2

21世纪高等教育教学改革教材

ISBN 978-7-122-25908-0

I. ①物… II. ①孙… III. ①物理化学-高等学校-教材 IV. ①064

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第307366号

责任编辑:刘俊之

文字编辑:李 玥

责任校对:宋 夏

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张31¼ 字数841千字 2016年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:67.00元

版权所有 违者必究

前言

在实现伟大中国梦的当代中国，国家要富强、民族要振兴、人民要幸福，对当今中国教育提出了更高的育人要求，教育教学改革在探索中阔步前行！

“十年树木，百年树人”“教师是人类灵魂的工程师”，道出了教师在人类文明中的作用。教师工作的核心内容为“传承文明、开拓创新、塑造灵魂”。灵魂的塑造依托于具有“人类知识”和“创新思维”的教材以及具体实施教学工作的教师。

教材作为教学实施的资料之一，在整个教学实践过程中处于重要的基础性地位，故教材内容改革是教学改革的前导。传统教材多偏重于知识的载入与整编，这有利于人类文明的传承。然而在创新思维的培养方面，大部分教材忽视创新思维的融入。这种基础性教材的现状必然导致师生们只偏重知识学习而忽视创新思维，不利于自主创新人才的培养、社会的长足发展和人类灵魂的塑造。

本教材内容的编写按照大学本专科化学、应化及近化学专业物理化学知识体系的内容要求，同时，力争教材内容带给学生学以致用实践感和发散思维的创新性。思考性内容更侧重于生活体验性、更侧重于物理化学思想给读者的生活启发，有很强的探索性和开放性，带给师生批判与思辨，利于读者更理性地认清方向，形成正确的世界观、人生观、价值观，达到在物理化学知识学习的同时塑造健康心理。

本教材版式独特，采用“边讲边练”模式，理论知识与例题、习题、思考题紧密相关，既便于物理化学知识结构的逻辑性、完整性，又有利于针对相关知识的思考、复习、掌握和运用。同时给读者留出施展个人“创作”的空间，希望边学习边“创作”，达到学以致用目的。

本书共 16 章，其中孙玉希撰写第 0~7 章，宋若静撰写第 8、9 章及附录，刘勇撰写第 10、11 章，何黎明撰写第 12、13 章，张运菊撰写第 14、15 章；全书由宋若静统稿，孙玉希审稿、定稿。

非常感谢四川省教育厅和绵阳师范学院教学改革项目的经费支持；同时，向许多教学老前辈、同事们对我们长期教学和科研实践的热情帮助、支持与鼓励，在此表示诚挚的感谢；向《物理化学》教学同行们以及本教材参考资料的著作者们表示诚挚地谢意；向参与本教学实践并提出宝贵意见的历届学子们表示感谢；特别鸣谢曲阜师范大学陈英俊教授、研究生张璟为本教材提供插图作品。

限于编者水平，书中不当之处在所难免，恳请同行专家及读者们批评指正。

孙玉希

2015 年 8 月于绵阳

目 录

第0章 引言 1

- 0.1 人类实践与物理化学 1
- 0.2 物理化学任务及趋势 3
- 0.3 物理化学的主要内容 5
- 0.4 物理化学的学习方法 7

平 衡 篇

第1章 基本概念和基本技术 10

- 1.1 基本概念 10
- 1.2 基本技术 16

第2章 气体 24

- 2.1 气体分子运动 25
- 2.2 理想气体 27
- 2.3 实际气体 30

第3章 热力学第一定律 38

- 3.1 热力学第一定律 38
- 3.2 体积功与过程 41
- 3.3 热与过程 44
- 3.4 理想气体的 ΔU 与 ΔH 49
- 3.5 实际气体的节流过程 54
- 3.6 相变过程的功和热 57
- 3.7 热化学 61
- 3.8 $\Delta_r H_m$ 与温度的关系 65
- 3.9 热效应数据的来源 67
- 3.10 热力学函数的推导与变换 70

第4章 热力学第二定律 73

- 4.1 自发过程及其特征 73

4.2	热力学第二定律的语言表述	75
4.3	卡诺循环	76
4.4	可逆过程与熵	79
4.5	卡诺定理	81
4.6	不可逆过程与克劳修斯不等式	83
4.7	熵增加原理与熵的本质	85
4.8	热力学第三定律	87
4.9	熵变的计算	90
4.10	亥姆霍兹函数	95
4.11	吉布斯函数	97
4.12	变化过程方向判据条件	106
4.13	热力学函数的关系及变换	108

第5章 多组分均相体系 115

5.1	多组分体系组成的表示方法	116
5.2	偏摩尔量	118
5.3	化学势	123
5.4	拉乌尔定律和亨利定律	127
5.5	气态混合物	129
5.6	理想液态混合物	135
5.7	理想稀溶液	139
5.8	稀溶液的依数性	143
5.9	非理想溶液	149
5.10	溶液组分气压与组成的关系	151

第6章 相平衡 154

6.1	相平衡术语	154
6.2	相律	157
6.3	单组分体系	160
6.4	完全互溶双液系	168
6.5	部分互溶双液系	177
6.6	互不相溶双液系	178
6.7	二组分固液体系	180
6.8	三组分体系	192
6.9	高级相变	197

第7章 化学平衡 200

7.1	化学反应的平衡条件	201
7.2	化学反应等温式	203

7.3	气相反应的平衡常数	205
7.4	液相反应的平衡常数	209
7.5	复相反应的平衡常数	211
7.6	同时平衡	213
7.7	温度对化学平衡的影响	215
7.8	压力对化学平衡的影响	218
7.9	惰性气体对化学平衡的影响	219

速 率 篇

第 8 章	宏观反应动力学	222
8.1	动力学的基本概念	223
8.2	简单级数反应	230
8.3	反应级数的确定	238
8.4	典型的复合反应	243
8.5	温度对反应速率的影响	255
8.6	动力学数据采集	262

第 9 章	微观反应动力学	267
9.1	简单碰撞理论	267
9.2	过渡态理论	275
9.3	微观反应动力学的测试技术	285
9.4	溶液中的反应	287
9.5	光化学反应	292
9.6	催化反应	305

专 题 篇

第 10 章	电解质溶液	324
10.1	平均活度及电解质溶液理论	325
10.2	电化学池及法拉第电解定律	330
10.3	离子的电迁移与迁移数	332
10.4	电导、电导率和摩尔电导率	336

第 11 章	电池与电极反应	344
11.1	电动势产生的机理	346
11.2	可逆电池和可逆电极	347
11.3	可逆电池的热力学	353
11.4	电池电动势和电极电势	358

11.5	电动势的测定及其应用	363
11.6	电解与极化作用	366
11.7	电化学腐蚀与防腐	374
11.8	化学电源	376

第 12 章 界面化学 381

12.1	表面吉布斯自由能与表面张力	381
12.2	纯液体的表面现象	386
12.3	溶液的 surface 吸附	391
12.4	固体表面的吸附	398
12.5	纳米材料	401

第 13 章 胶体与大分子溶液 404

13.1	分散体系的分类	404
13.2	胶体的光学性质	405
13.3	胶体的动力学性质	407
13.4	胶体的电学性质	409
13.5	溶胶的稳定和聚沉	412
13.6	溶胶的制备和净化	415
13.7	大分子溶液	417

统 计 篇

第 14 章 热力学统计基础 421

14.1	引言	421
14.2	玻尔兹曼分布定律	423
14.3	粒子的配分函数	428
14.4	独立粒子体系热力学函数	428
14.5	分子的配分函数	434
14.6	统计热力学对理想气体的应用	443

第 15 章 量子统计基础 449

15.1	量子统计基本原理	449
15.2	量子统计的计算方法	458
15.3	其他的量子统计方法及其应用	465

附录 469

附录 I	常用的数学公式	469
------	---------------	-----

附录 II	常见物质的热力学数据	470
附录 III	常见物理常数及转换系数	487

参考文献		489
------	-------	-----

第0章 引言

本章基本要求

- 0-1 了解人类实践与物理化学的关系，了解物理化学的建立与发展，掌握物理化学的课程性质。
- 0-2 掌握物理化学的主要任务。
- 0-3 了解物理化学的主要内容和主要研究方法。
- 0-4 熟悉物理化学的学习方法。

0.1 人类实践与物理化学

“道可道，非恒道；名可名，非恒名”（老子^[1]《道德经》）。学习到底是“痛苦”还是“幸福”？不同的人有不同的回答，在应试教育下回答“痛苦”的学生比例并不小。到底为了什么而学习？不同的人会有不同的回答：为了升学、为了学知识、为了生活、为了立足社会、为了孝敬父母、为了报效国家、为了祖国、为了人类、为了地球等等；学习到底是为了获得什么呢？为获得金钱、权利、荣誉、社会地位？似乎这些答案都不令人满意。“你是风（疯）儿我是沙（傻），缠缠绵绵绕（走）天涯”，难道人生就是“糊里糊涂地过日子”？一句经典——“大学之道，在明明德”（孔子^[2]《礼记·大学》），为我们指明了学习的目的——“在明明德”，其核心在于“德”，其本源内涵在于“一心直行”——（会意字解析）。

“德”从何来？正如“道德”一词，“德”从“道”来，只有真正学到“道”才会得心应手地从“德”。那么“道”又要求我们怎么做呢？仍然可以从“道”的会意字中找到答案——首走（）。这意味着找到客观规律的途径首先在于行动、在于大脑思考。正如《大学》章句——“大学之道，在明明德，在亲民，在止于至善”（《礼记·大学》），努力学习的道理在于通过各种实践活动，弘扬光明正大的道德，追求事物的完美境界。这经典名句告诉了我们学习的方法在于实践，同时由于对完美目标的无限追求，需要我们不断开拓创新，认识、利用并完善规律，做符合客观规律的事情（德从道）。

“道”又从何来？“载物”而“厚德”，从“物”中得“道”而行“德”，故“道”从“物”来。各种各样的“物”



[1] 老子（约公元前 571 年—公元前 471 年），字伯阳，谥号聃，又称李耳，是中国伟大的哲学家和思想家，被道教尊为教祖。老子著有五千言的《老子》一书，又名《道德经》，包含大量朴素辩证法观点。



[2] 孔子（公元前 551 年—公元前 479 年），名丘，字仲尼，中国春秋末期的大思想家、大教育家、政治理论家，儒家学派的创始人。

都是以不同的现象展现自身行为显示自身的性质。在人类长期生产实践过程中，人们通过对“物”的认识，把握“物”的运行规律，从而达到运用“物”驾驭“物”的目的。如何从“物”中得“道”？一句古语回答了这个问题——“物有本末，事有终始。知所先后，则近道矣”。

中国伟大的哲学家、思想家老子^[1]曰：道可道（事物的规律可以通过我们的努力来获得；“道”为客观规律，具有“独立不改，周行而不殆”的永恒意义），非恒道（规律是变化的，启发我们要根据条件来使用规律）。集中国古代智慧的《易经》是对“道”运行规律的高度概括，其中周文王^[3]为此做出了杰出的贡献。可见从“物”中得到“道”是件非常艰难的事情，其艰难的程度可以从“物”的会意字中得到——，需要我们付出汗水和努力才有可能驾驭好客观事物。

如何得到事物的规律呢？“格物而后知至”（孔子《礼记·大学》），通过“格物”实现“致知”是学习的基本途径。自然科学的长期发展已经证明，一切现象是物质结构的宏观反应，可以从其微观结构上找到答案。利用现代科学技术，解析事物的微观世界，有利于我们更清晰地认识宏观世界的现象，正是在这一点上，化学就是一门非常好的“格物致知”的自然科学，其中作为化学基础课程之一的《物理化学》是一门集物理与化学的思维、技术及方法的理论学科，可以说是“载物”而“厚德”，利于“传道”的自然科学范例，广义上讲，《物理化学》是一门“格物致知、载物厚德”的科学。

人类对事物的认识往往是从简单到复杂、从复杂到简单，认识事物的发展规律同样如此。自然规律直接来自于客观的物质世界；在客观物质世界中，非生物比生物更具有稳定性，生物源于非生物又高于非生物。从认识事物的次序上讲，认识世界的“格物”首先应该从非生物的认识开始，从非生物界获得的规律或许对生物领域和社会领域规律的认识有帮助或启发。带着由非生物体系规律能否用于生物体系乃至社会体系的想法，本课程编排多采用“左讲右练、左讲右思”的方式，按照经典《物理化学》不同主题来介绍相关的知识，学习人类从对非生物体系尤其是化学体系的认识规律；思考性的题目放在页面右侧，希望读者能从化学体系规律中获得人类意识形态范畴的人生启迪，达到“传承文明、开拓创新、塑造灵魂”的目标。虽然本教材的内容不能覆盖所有的领域，但所涉及的主题也会对读者未涉及的领域提供理论参考与指导——当你迷茫时研读《物理化学》内容，领悟自然科学中蕴含的哲学思想，结合中国文化经典，会有利于你找到正确的人生奋斗方向。



[3] 周文王（公元前 1152—公元前 1056），姓姬名昌，华夏族（后汉族）人，西周奠基者；是很有作为的创业主，勤治政、拓疆域、施仁德、遭囚禁、贤者弼、创周礼、演周易、战犬戎、益子孙等。



人类所面临的自然世界的各种现象往往发生的是物理变化或化学变化；物理和化学是人类文明的重要承载之一，能够从原子、分子层面认识自然、理解自然。用物理与化学相结合的方法来认识自然界的事物，将是对自然事物最好的“格物穷理”方法。这种从研究物理现象和化学现象之间的相互联系入手，根据物理学的原理，用物理、化学的实验方法，研究自然事物的性质和行为，探求自然事物现象尤其是化学现象最一般规律的理论学科，在当今自然科学中称为物理化学，这里称为狭义物理化学或经典物理化学（通常不特别指明时即为物理化学），是格物致知的学科范例。

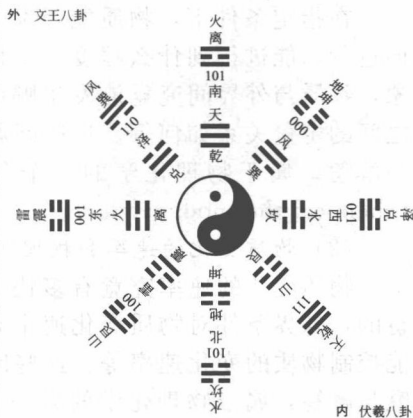
当今物理化学在维持系统科学中占据重要地位，已经成为一门相对成熟而且系统的学科。《自然辩证法》告诉我们：“宏观现象是微观结构的反映，事物规律是微观结构规律的集中表现形式”，基于此，生命物质是由非生命物质组成的，非生命物质的规律应该是大部分适合于生命体系。将经典物理化学的理论运用于整个自然界甚至意识形态领域，这里称为广义物理化学，基于此，也称为格物致德学。本教材是从经典物理化学对物质的认识入手，学习狭义物理化学不同主题的同时，来进一步定性乃至定量地认识自然和社会全部规律的广义物理化学思想（体现在页面右侧部分思考题的内容），以期在传承狭义物理化学知识的同时，有利于培养学生的科学素养、人文素养、创新意识和发散思维等品质。

在广义物理化学研究方面，先辈们为我们指明了方向和方法。儒家给出“明明德、亲民、止于至善”，道家给出“道可道，非恒道，名可名，非恒名”，具有文化源头水平的《周易》^[4]用“阴”和“阳”来阐明事物变化规律，堪称是世界文化经典。其中《易经》成书最早，虽然其文字内容随时代演变不易被读懂，但其所蕴含的深刻内涵未必是当今所认识的《周易学》，其辩证思维方法非常值得当代人学习，是广义物理化学的重要思维方法之一。

0.2 物理化学任务及趋势

0.2.1 物理化学任务

在化学四大基础课程中，物理化学更偏向于物质的规律性认识，是物质世界运行的方法论。面对客观存在的生产实际和科学实验中的客观物质，物理化学往往涉及以下三个方面的问题。



[4]《周易》成书于战国时期，但表达的是周代形成的天命思想，是一部中国古哲学书籍。易的主要意思是变化，周易以高度抽象的六十四卦的形式表征普遍存在的双边关系中可能发生各种各样的变化。周易分为易经和易传两个方面，“天人合一，天人感应”是易经的核心理论，是建立在阴阳二元论基础上对事物运行规律加以论证和描述的书籍，其对于天地万物进行性状归类，天干地支五行论，在对客观世界的变化做出解释时，使用了“乾坤”、“阴阳”、“刚柔”等范畴和命题。《周易》是中国传统思想文化中自然哲学与伦理实践的根源，对中国文化产生了巨大的影响，是中华民族智慧与文化的结晶，被誉为“群经之首，大道之源”。在古代是帝王之学，政治家、军事家、商家的必修之术。《周易》涵盖万有，纲纪群伦，是中国传统文化的杰出代表；广大精微，包罗万象，是中华文明的源头活水。

(1) 物质变化的方向和限度问题

在指定条件下,物质能否发生变化,向着哪个方向进行,能进行到什么程度,变化过程中有怎样的现象,物质与外界间究竟能发生哪些量的变化,这些量之间的定量关系如何等。这些问题在化学领域的研究与解答,属于物理化学的一个分支——化学热力学(chemical thermodynamics)。

(2) 物质变化的速率和机理问题

物质变化的速率究竟有多快,物质变化是如何进行的,外界条件对物质变化速率有怎样的影响,如何能控制物质的变化速率等。这些问题在化学领域的研究与解答,属于物理化学的另一个分支——化学动力学(chemical kinetics)。

(3) 物质的性质与其结构之间的关系问题

物质的宏观性质都是微观结构的反映。物质的宏观性质(包括现象和变化)本质上是由物质内部的微观结构所决定的。深入了解物质内部的结构,可以理解物质现象和变化的内因;而且还可以在适当外因的作用下,通过改变物质内部结构来改变物质变化的方向、让物质展现出目标性现象。这些问题在化学领域的研究与解答,属于物理化学的又一个分支——结构化学(structural chemistry)。

这三个方面的问题在实际事物的研究过程中,往往是相互联系、相互制约的。

0.2.2 物理化学的建立与发展

物理化学学科知识体系是人类在认识和改造自然的过程中建立和逐步发展起来的。其建立与发展大致分为以下三个阶段。

第一阶段(~1920)为物理化学萌芽、化学平衡和化学反应速率的唯象规律的建立阶段。在该阶段的主要事件是在18世纪中叶俄国科学家罗蒙诺索夫^[5]首先使用“物理化学”术语;1804年道尔顿(J. Dalton, 1766—1844)提出原子论;1811年阿伏伽德罗^[6]建立分子论;19世纪中叶提出热力学第一定律和热力学第二定律;1850年Wilhelmy第一次定量测定反应速率;1879年建立质量作用定律;1889年阿伦尼乌斯(Arrhenius)建立了阿伦尼乌斯公式并提出活化能的概念;1887年德国科学家奥斯特瓦尔德^[7]和荷兰科学家范特霍夫^[8]创办德文期刊《物理化学杂志》,标志着物理化学成为一门独立学科,从此,“物理化学”这一术语被大量地使用起来;1906~1920年建立能斯特(Nernst)热定理和热力学第三定律,从此热力学理论基本建立。

第二阶段(1920—1960)为结构化学和量子化学

思考:

0-1 狭义物理化学的任务是否是你生活中所关心的问题?是否作为客观存在的生物和意识形态的社会事物,也同样存在着客观物质世界的类似问题,如“改革开放”带给我们是什么?为什么“生于忧患,死于安乐”?婆媳关系的根源是什么?家庭、团队中的成员要改变自己什么?为什么“学而不思则罔,思而不学则殆”?为什么企业要有企业文化?……类似于这些问题能否从非生物的物质世界中找到答案呢?



[5] 米哈伊尔·瓦西里耶维奇·罗蒙诺索夫(Михаил Васильевич Ломоносов, 1711—1765),俄国百科全书式的科学家、语言学家、哲学家和诗人,被誉为俄国科学史上的彼得大帝。出生于一个渔民家庭。1748年创建了俄国第一个化学实验室,1755年创办了俄国第一所大学——莫斯科大学。



[6] 阿莫迪欧·阿伏伽德罗(Amedeo Avogadro, 1776—1856),意大利化学家,1811年发表了阿伏伽德罗假说,即阿伏伽德罗定律,并提出分子概念及原子、分子区别等重要化学问题。

的蓬勃发展和化学变化规律的微观探索阶段。1926年量子力学的建立,1927年薛定谔方程求解氢分子的成功,1931年、1932年分别建立了价键理论、分子轨道理论,1918年提出双分子反应的碰撞理论,1935建立了过渡态理论,1930年提出链反应的动力学理论,这些理论的建立推动了物理化学微观结构的深入研究。

20世纪初期,在工业生产和科学研究中,物理化学的基本原理得到了广泛的应用,发挥了理论方法的指导作用,尤其在石油炼制和石油化工工业,更是充分利用了物理化学的理论方法,也推动了物理化学各分支领域的迅速发展,形成了化学热力学、化学动力学、结构化学、电化学、界面化学、催化化学、材料物理化学等分支学科。

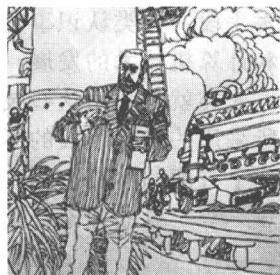
第三阶段(1960~)为物理化学各领域向更深度和广度发展阶段。进入20世纪后,随着现代物理学、数学、计算机科学的发展和现代测试方法的大量涌现,物理化学的各个领域均取得了突飞猛进的发展。量子力学的创立和发展,使物理化学的研究由宏观进入微观领域;激光技术和交叉分子束技术的出现,使化学动力学的研究由静态扩展到动态;不可逆过程热力学理论、耗散结构理论、协同理论及突变理论的提出,使化学热力学的研究由平衡态转向非平衡态;低能离子散射、离子质谱、X射线、紫外线电子能谱等技术的发展,促进了界面化学、催化科学的研究;光电子能谱、原子力显微镜和扫描隧道显微镜等技术的发展,促进了纳米材料和纳米结构的研究。

物理化学是一门开放的知识理论体系,现代科技尤其是化学的发展趋势和特点在物理化学学科前沿中均得到了体现。客观条件的变化及化学学科自身的变化,使得近代物理化学的发展趋势和特点主要表现为:从宏观到微观、从体相到表相、从静态到动态、从定性到定量、从单一学科到交叉学科、从平衡态到非平衡态、从自然科学到社会科学。

物理化学也正是在人类自然科学发展中不断发展和完善,并不断开辟新的研究领域,以至于物理化学在化学学科中具有重要的地位和作用,尤其将狭义物理化学的有关理论灵活演绎用于生命体系、社会体系及意识体系,不仅会推进物理化学学科的发展,而且物理化学的理性特点将使你受益终身。

0.3 物理化学的主要内容

自然科学发展到今天,到底有哪些方法能够方便于我们在生产实践中直接观察探索身边的事物呢?人类在生产生活的感知,如冷热感应、速率快慢等,就是人类认识自然规律常用



[7] 弗里德里希·威廉·奥斯特瓦尔德 (Friedrich Wilhelm Ostwald, 1853—1932), 德国物理化学家, 1909年因其在催化剂的作用、化学平衡、化学反应速率方面研究的突出贡献, 被授予诺贝尔化学奖。



[8] 雅各布·亨里克·范特霍夫 (Jacobus Henricus van't Hoff, 1852—1911), 荷兰物理化学家, 1901年获诺贝尔化学奖。

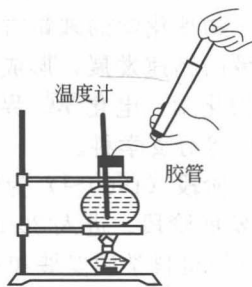
习题:

- 0-1 物理化学的主要任务是什么? 研究的前沿内容是什么?
- 0-2 你今生的主要责任是什么? 读书的目标是什么? (读书志在圣贤, 非徒科第)

的技术手段。人类认识事物的经典技术手段是温度、体积、压强、速率、分布等；随着量子力学和计算机技术的发展，加上数学逻辑思维，人类可以认识原子、分子水平上的粒子结构特征；人类就是利用这些技术手段来探求自然科学中的基本规律。经典物理化学正是根据研究中所采用的技术手段的不同，又可以分为化学热力学、化学动力学、结构化学和统计热力学等几个方面的主要内容，并成为化学、化工、轻工、材料、冶金、农林、医药、地质、生物、热工等学科的理论基础。

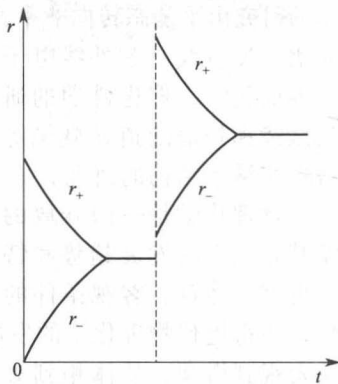
0.3.1 化学热力学

化学热力学利用温度、体积、压强这些最基本的技术手段，构建热力学原理，来研究物质体系中的化学现象以及与化学现象密切相关的界面现象、物质聚集状态、分散体系的行为等方面的基本规律。研究化学反应中的能量效应、化学反应的方向和限度及其外界因素的影响是化学热力学的主要任务。热力学以多质点组成的体系为对象，以物质体系的可测量性质和热力学函数为基础，经过严密的逻辑推理，来描述物质体系中过程变化的原理，其研究方法为宏观方法，一般不涉及体系内部粒子的结构，也不关心微观粒子的个别行为。不可逆热力学理论以及耗散结构理论的建立和发展使热力学研究从平衡态深入到非平衡态，促进了实际化学过程及其生命过程的研究。可逆热力学理论是基础物理化学的重点知识内容，本教程在平衡篇部分对此作了较为翔实的介绍。



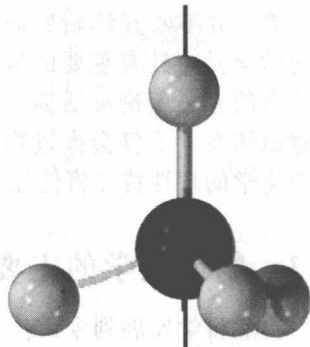
0.3.2 化学动力学

化学动力学是将速率知识运用到化学对象中，研究化学反应实际经历的过程、反应速率及其外界因素的影响。化学动力学同时从宏观和微观两个层面上分析问题，用宏观函数研究化学反应的速率、机理和规律属于宏观动力学的范畴；结合现代实验技术和量子力学方法在分子水平上研究化学反应的速率、反应途径等称为微观反应动力学。如药物作用机制、催化剂及催化作用机制是化学动力学研究的重要内容之一。在当前物理化学前沿中，有分子反应动力学——用短脉冲激光激发分子束、计算机快速数据处理等探测和研究手段、研究过程速率的科学。本教程在速率篇部分对化学动力学的知识作了介绍。



0.3.3 结构化学

结构化学是用量子力学的基本方程（Schrodinger 方程）求解组成体系的微观粒子及粒子之间的相互作用及其规律，从而指示物性与结构之间的关系，将量子力学的方法运用于化学对象中，研究物质的微观结构及其结构与性能之间的关系。物质微观结构的研究采用现代结构分析技术和量子力学方法，包括结构化学和量子化学两门课程。结构化学系统地介绍分子和晶体的结构及其结构与性能的



关系；量子化学则主要介绍化学键的本质，已成为解释、预测及设计分子结构与化学行为的重要手段。结构化学和量子化学是物理化学中发展最快、内容最丰富的课程，并且结构化学多单独设课，而基础物理化学中往往不涉及量子化学的内容。本教程将结构化学的部分内容在统计篇作简单实用入门性介绍。

0.3.4 统计热力学

统计热力学是将粒子概率分布规律运用到自然现象的研究中，从分析单个粒子的性质和运动规律入手，通过计算出研究对象内部大量质点微观运动的平均结果，运用概率统计方法寻求大量质点组成的物质体系的宏观规律，从而解释宏观现象并计算一些相关宏观性质，研究体系宏观性质与微观性质之间的关系，因此，统计热力学是热力学宏观性质和微观性质之间的桥梁。本教程将统计热力学基础知识在统计篇作了较为翔实的介绍。

0.3.5 物理化学专题

随着现代测试技术和研究领域的不断发展，物理化学经典理论在某些领域进一步深化、细化，出现了电化学、界面化学、胶体化学、光化学、催化化学等不同分支学科。本教程主要在专题篇作了基础性介绍（光化学、催化化学的内容在微观反应动力学部分作了介绍）。

0.4 物理化学的学习方法

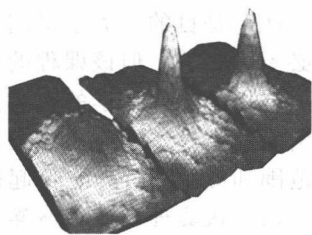
作为化学及相关学科的理论基础，物理化学有着与其他化学类课程明显不同的特点：主要是较多地运用物理学的原理以及数学尤其是高等数学的计算方法。物理化学的特点决定了其内容的系统性与严密的逻辑性，也决定了对数学、物理知识及思维方式的要求。现针对本课程的特点，另提出以下几点学习方法。

(1) 准确理解基本概念

统一语言更方便于交流。作为一门学科，物理化学学科便于专业领域技术交流，也会统一定义某些术语，对初学者来讲，就会涉及许多新的概念。概念往往是知识的凝缩，因此，准确理解概念的真实含义，了解它们的使用范围及其内涵才会有利于我们正确应用，尤其深刻领悟掌握了一些概念、公式、物理量的本质后，可以将经典物理化学的理论运用于生产、生活的许多领域中，让物理化学思想更好地指导你未来的各个领域。

(2) 区别对待基本公式和导出公式

物理化学的公式比较多，学习时要分清各公式的适用条件，并注意区分基本公式和导出公式。基本公式需要牢牢掌



习题：

0-3 物理化学的主要内容是什么？

思考：

0-2 物理化学知识能带给你什么？

思考：

0-3 实施“学习”的具体策略是什么？

0-4 “学习”的目的是什么？

0-5 有人说学习的目的是为了“生活”，你能解释清楚“生活”到底是什么吗？你知道“生活”要求我们该做什么呢？

0-6 既然物理化学是一门方法学，学习它还需要做习题吗？

握，而导出公式则只需理解它的推导过程，未必需要强记。

(3) 正确对待数学推导

物理化学相对于其他基础化学课来说，要较多地用到数学知识。应当认识到，数学推导只是获得定量结果的手段，而不是目的。为了得到一些重要公式，数学上的推导是必不可少的；但该课程的数学推导并不像数学上的推导那么严格。物理化学的数学推导最重要的是搞清推导过程所引入的条件，因为这些条件往往就是最终所得公式的适用范围和应用条件，它比起推导过程本身要重要得多。

(4) 认真进行习题演算

习题演算是培养独立思考能力的一个重要环节。如果只阅读教科书而不做习题是学不好物理化学的。演算习题不仅可以帮助我们掌握重要公式和熟悉其适用条件，锻炼运用公式的灵活性和技巧，更重要的是可加深对物理化学概念和原理的理解。物理化学的某些概念是很抽象的，习题演算可以把抽象的概念具体化，而且同一概念可以在不同类型的习题中从多个角度去深入而全面地加以认识。尤其是化学专业学生，要让物理化学不仅成为一种思想，还希望它成为你的一门技术，就更需要认真地进行适当的习题练习。

(5) 重视物理化学实验

实验在物理化学占有十分重要的地位。通过实验不但可以亲自验证所学理论、方法的正确性，加深对抽象概念的理解，而且还能获得一定的基本操作技能，掌握一些重要的实验方法，培养实践能力和独立进行科学研究的能力。物理化学实验课程在化学类人才培养中处于非常重要的位置——物理化学实验是为后继的专业实验和科学研究建立基础，可见物理化学实验是基础化学实验和科研专业实验的桥梁，以至于许多高校在本科教学人才培养方案中多对物理化学实验项目作了明确的规定。

(6) 有效做好学习环节

在物理化学的学习过程中体现了“预习、听讲、习题、复习”各学习环节的完美结合，同学们有效实施了课前充分预习，课堂认真听讲并做好笔记，课后演练习题和适时复习，再加上多思考，物理化学将成为终生受益的一门课程。本教程在页面右侧除了配合左侧知识结构体系需要的内容介绍以及对应的思考题、习题外，还为你提供了“创作”的空间，希望你在学习本教程的过程中，“创作”出自己的“作品”。

在当前教育教学改革和国民经济大力发展的形势下，物理化学教材琳琅满目，内容不断更新，知识结构不断完善。希望读者朋友们广泛阅读物理化学相关教材以及物理化学专题文献资料，以便更全面地掌握《物理化学》课程的知识体系及学科前沿成果，成为你终身受益的科学。

思考：

0-7 子曰：“智者乐（yào）水，仁者乐（yào）山；智者动，仁者静；智者乐（lè），仁者寿。”（孔子说：“智慧的人乐于像水一样，仁义的人乐于像山一样；智慧的人懂得变通，仁义的人心境平和。智慧的人快乐，仁义的人长寿。”另一理解为“智者乐，水”——智者之乐，就像流水一样，阅尽世间万物，悠然、淡泊。“仁者乐，山”——仁者之乐，就像大山一样，岿然矗立，崇高、安宁。）（摘自《论语》·雍也篇），你怎么理解这句经典？这句经典若理解为“智者乐（lè）水，仁者乐（lè）山”，那么为什么“智者乐（lè）水，仁者乐（lè）山”？为什么“智者不惑、仁者不忧”？（希望读者研读格物致知的狭义物理化学的同时，领悟格物致德的广义）物理化学，助你成为智者、仁者。

习题：

0-4 你准备选择何种学习方法来学习物理化学课程？

0-5 地球的体积、半径、赤道周长、质量分别是多少？利用这些数据估算一下地球中心的压强是多少？（ $1.083 \times 10^{21} \text{ m}^3$ ； 6371393 m ； $4 \times 10^7 \text{ m}$ ； $5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ； $3.5 \times 10^{11} \text{ Pa}$ ）

0-6 你在学习、生活中都遇到过哪些问题？你解决这些问题的理论依据是什么？（带着你的问题，开始本课程的学习吧！在学习的过程中，请不断尝试用各种理论知识解答你的问题）

0-7 社会主义核心价值观的具体内容是什么？其自然科学的理论依据是什么？