

高等学校教材

普通化学

第三版

浙江大学普通化学教研组 编

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是在《普通化学》(1981年修订本)的基础上修订而成的,可用作高等工业学校非化工专业教材,也可供其他有关专业师生参考。

与第二版相比,第三版主要作了如下的修改:(1)充实了化学热力学和动力学的一些基础知识,(2)扩大了酸碱概念,简化有关计算,(3)无机部分按主族元素和副族元素编写,并注意物质结构理论与物质性质的联系,(4)增加与工科有关的实例、应用及习题,(5)增写了能源、大气污染、水污染及处理、电解的应用、物质的磁性、半导体、硅酸盐水泥、感光材料、润滑油、生物功能高分子等选读材料,(6)使用国际单位制(SI),(7)注意教学法的改进,以利自学。

高等学校教材

普 通 化 学

第 三 版

浙江大学普通化学教研组编

•
高等教育出版社出版
新华书店上海发行所发行
上海新华印刷厂 印装
•

开本 850×1168 1/32 印张 19.625 插页 1 字数 473,000

1978年3月第1版

1988年3月第3版 1988年3月第1次印刷

印数 0001—45,700

ISBN7-04-000781-9/O·305

定价 4.05元

第三版 修 订 说 明

《普通化学》(1981年修订本)出版后,已有多数。这几年来,随着经济和科技、教育的迅速发展,化学与工程技术以及有关学科间的相互渗透也增强了。这就要求对工科普通化学的内容作出相应的充实、调整或取舍。这次修订的主要原则是:

(1) 以 1983 年中学化学教学大纲为依据,尽可能删减重复内容。

(2) 保持 1981 年版《普通化学》的体系和主线,但作了一些调整和充实。在体系上,将第一章改为热化学;原第五章至第八章改为第五章至第七章,将原子与分子结构合为第五章;无机化学按主族元素和副族元素分两章编写,晶体结构结合主族介绍,配位化合物结合副族介绍;原第九章改为第八章。在内容上,加强了化学热力学,充实了动力学的一些基础知识,扩大酸碱概念并简化有关计算,增加胶体溶液,注意物质结构理论与物质性质的联系,增加与工科有关的实例及应用。

(3) 扩大知识面,各章均增写了选读材料。对与工科实际或现代工程技术发展有关或与基本理论有关的内容作专题式的知识简介,如能源、大气污染、水污染及处理、电解的应用以及一些工程材料等等,以适应各种不同的需要。

(4) 采用我国法定计量单位。

此外,注意教学法的改进,着重阐明疑难,以利自学;适当更新了一些数据,调整并充实了一些习题。

对于某些与正文要求有关,需作进一步说明的内容,仍用小号字排印,供教师选用或学生参考;涉及到这些内容的复习思考题、

习题等则用*号标出。

本书是在工科普通化学课程教学指导小组的指导下，结合我们的教学经验编写的。本版修订初稿于1985年夏完成，同年秋在浙江大学化工机械、应用电子技术等专业试用；后又参考1985年11月工科化学课程教学指导委员会普通化学课程教学指导小组扩大会议通过的《基本要求》意见稿作了修改。

初稿经华中工学院叶康民、苏娣、东北工学院乐秀毓等审阅。审稿后，根据审稿意见作了修改。不少兄弟院校也对本书的修订提供了许多建设性的意见。在此一并谨致谢意。

参加本书第三版编写工作的有李明馨（编写绪言及第一、二章）、刘湘兰（编写第八章）、张瑜（编写第四章）、周庭午（编写第五章）、王明华（编写第六章）、周永秋（编写第三章）、陈林根（编写第七章）。全书由李明馨负责修改、统稿。编写过程中，李博达曾参加讨论及审阅。

由于编写者水平有限，书中错误及不妥之处希读者批评指正。

浙江大学普通化学教研组

1986年10月

目 录

绪言	1
第一章 热化学	4
§ 1-1 反应的热效应	4
一、反应热的测量	4
二、反应热的计算和盖斯定律	9
§ 1-2 化学反应中的能量守恒	12
§ 1-3 标准生成焓和标准焓变	18
一、单质和化合物的标准生成焓和反应的标准焓变	19
二、水合离子的标准生成焓和反应的标准焓变	25
选读材料	27
I-1 能源	27
一、矿物燃料	28
二、核能	30
三、太阳能	33
本章小结	33
复习思考题	35
习题	36
第二章 化学反应的方向、程度与速率	39
§ 2-1 化学反应的方向和吉布斯函数变	40
一、化学反应的方向和自发过程	40
二、自发过程和熵变	42
三、自发过程的判断和吉布斯函数变	47
四、标准生成吉布斯函数和吉布斯函数变	52
§ 2-2 化学反应进行的程度和化学平衡	61
一、化学平衡和平衡常数	61
二、化学平衡的移动	76

§ 2-3 化学反应速率	81
一、浓度的影响和反应级数	84
二、温度的影响和阿仑尼乌斯公式	88
三、反应的活化能和催化剂	93
选读材料	101
II-1 熵的涵义	101
一、熵的混乱度的统计涵义	101
二、熵的化学热力学涵义	103
II-2 吉布斯函数变的化学热力学导出及其与非体积功的关系简介	105
II-3 零级反应和一级反应的特征	108
一、零级反应的特征	108
二、一级反应的特征	108
II-4 大气污染	111
本章小结	117
复习思考题	120
习题	123
第三章 溶液与离子平衡	130
§ 3-1 稀溶液的通性	130
一、溶液的蒸气压下降	131
二、溶液的沸点上升和凝固点下降	134
三、渗透压	139
§ 3-2 可溶电解质和单相离子平衡	144
一、强电解质的电离和有效浓度	144
二、弱电解质的电离平衡	146
三、酸碱的概念和酸碱的共轭关系	151
四、缓冲溶液	159
§ 3-3 难溶电解质和多相离子平衡	166
一、溶度积和溶解度	166
二、沉淀的生成和溶解, 溶度积规则	169

三、沉淀的转化	172
四、分步沉淀	174
§ 3-4 胶体的聚沉和保护	181
一、胶体的稳定性	181
二、胶体的聚沉	184
三、胶体的保护	186
选读材料	187
III-1 水的污染及处理	187
III-2 乳状液	191
III-3 人体血液中的缓冲作用	193
本章小结	194
复习思考题	197
习题	200
第四章 氧化还原与电化学	204
§ 4-1 原电池和电极电势	205
一、原电池	205
二、电极电势	211
三、原电池的电动势与吉布斯函数变	216
四、浓度的影响和能斯特方程式	218
§ 4-2 电极电势的应用	223
一、氧化剂和还原剂相对强弱的比较	223
二、氧化还原反应方向的判断	227
三、氧化还原反应进行程度的衡量	231
§ 4-3 电解	234
一、电解过程中的定量关系	234
二、分解电压和超电势	236
三、电解池中的电极产物	241
四、电解的应用	247
§ 4-4 金属的腐蚀及其防止	249
一、腐蚀的分类	249

二、金属腐蚀的防止	254
§ 4-5 化学电源	258
一、原电池	258
二、蓄电池	260
三、燃料电池	263
选读材料	265
IV-1 电解的应用	265
一、电抛光	265
二、阳极氧化	266
三、电解加工	267
IV-2 化学镀	268
IV-3 常见的几种金属腐蚀	270
一、由两种不同的金属组成的宏观电池腐蚀	270
二、缝隙腐蚀	270
三、晶间腐蚀	271
四、应力腐蚀	271
五、选择性腐蚀	271
本章小结	272
复习思考题	276
习题	278
第五章 原子结构与分子结构	282
§ 5-1 氢原子轨道和电子云	283
一、微观粒子的波、粒二象性	285
二、波函数和原子轨道	289
三、几率密度和电子云	300
§ 5-2 多电子原子结构和周期系	305
一、原子核外电子的分布和有效核电荷	305
二、原子核外电子的分布和元素周期系	316
§ 5-3 元素性质的周期性递变和原子结构的关系	319
一、原子半径	320
二、电离能和电子亲合能	322

三、电负性	325
§ 5-4 化学键	328
一、价键理论	328
二、杂化轨道理论	334
三、分子轨道理论	340
§ 5-5 共价分子间的相互作用力	345
一、分子的极性和偶极矩	345
二、分子间的相互作用力	348
选读材料	354
V-1 物质的磁性	354
V-2 价层电子对互斥理论	356
本章小结	357
复习思考题	360
习题	362
第六章 周期系主族元素与晶体结构	366
§ 6-1 主族元素单质的性质和晶体结构	366
一、物理性质和晶体结构	367
二、化学性质	384
§ 6-2 主族元素无机化合物的物理性质和晶体结构	389
一、卤化物的物理性质和晶体结构	390
二、氧化物的物理性质和晶体结构	400
三、硅酸盐的物理性质和晶体结构	404
§ 6-3 主族元素无机化合物的化学性质	408
一、氯化物的水解	408
二、氧化物及其水合物的酸碱性	412
三、碳酸盐的热稳定性和热分解	418
*四、硅酸盐的水解和胶体性质	422
选读材料	424
VI-1 杂质半导体和化合物半导体	424
一、杂质半导体	424

二、化合物半导体	427
VI-2 氢能源	428
VI-3 硅酸盐水泥和特种水泥	430
本章小结	432
复习思考题	435
习题	436
第七章 副族元素与配位化合物	441
§ 7-1 副族元素通论	441
一、单质的物理性质	442
二、单质的化学性质	444
三、副族元素过渡型化合物	454
四、稀土元素及其化合物	459
§ 7-2 配位化合物的组成和结构	462
一、配位化合物的组成和命名	463
二、配位化合物的价键理论和空间构型	468
*三、晶体场理论	475
§ 7-3 配位化合物的稳定性和应用	479
一、配离子的离解平衡	479
二、配离子反应中的平衡移动	482
三、配位化合物的应用	486
选读材料	491
VII-1 微量金属元素和人体健康	491
一、金属对人体的毒性作用	491
二、微量金属元素对人体健康的作用	492
VII-2 感光材料	493
本章小结	496
复习思考题	498
习题	500
第八章 有机化合物	503
§ 8-1 碳的特殊规律	504

一、异构体和异构现象	505
二、碳与周期表中邻近元素的对比	510
§ 8-2 有机化合物的重要反应	513
一、加成反应	515
二、取代反应	521
三、消去反应	525
§ 8-3 高分子化合物的合成	527
一、加聚反应	528
二、缩聚反应	533
§ 8-4 高分子化合物的结构和性能	535
一、弹性和塑性	536
二、机械性能	538
三、电绝缘性	540
四、溶解性	541
五、化学稳定性	543
§ 8-5 高分子化合物的应用	545
一、工程塑料	545
二、离子交换树脂	549
三、合成橡胶	551
选读材料	556
VIII-1 润滑油	556
VIII-2 生物功能高分子——蛋白质	560
本章小结	566
复习思考题	568
习题	569
习题答案	572
附录 1 我国法定计量单位	578
附录 2 一些基本物理常数*	583
附录 3 一些物质的标准生成焓、标准生成吉布斯函数和 标准熵的数据*	584

附录 4	一些水合离子的标准生成焓、标准生成吉布斯函数和标准熵的数据*	588
附录 5	一些弱电解质在水溶液中的电离常数*	589
附录 6	一些物质的溶度积*	590
附录 7	标准电极电势*	591
附录 8	一些配离子的稳定常数和不稳定常数	593
附录 9	有机化合物的命名简介	594
附录 10	四位有效数字原子量表*	598
索引		600

绪 言

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中能量关系的学科。

在科学技术和生产中,化学起着重要作用,而当前科学技术发展的一个特点是各门学科之间在较高水平上的相互渗透。近几十年来,材料、能源、环境保护和安全等等均迅速发展并不断提出新的要求,这些无不与化学有关。例如,材料的研制和维护需要研究物质的组成、结构和化学变化,需要掌握化学的提纯和分离技术,需要化学处理和安全防腐;而能量(如燃料燃烧所产生的热能或化学能量)的利用与转换就涉及化学热力学知识。人们面临的课题,往往需要综合运用多种学科的知识才能解决。对于工程技术人员来说,在设计、施工、生产中能否运用物质性质及其变化的化学观点,并在一定程度上考虑物质及其在特定环境中可能发生的化学变化及其影响,采取适当措施,较高水平地完成任务,这能反映出工程技术人员素质,也是当前重要的现实问题。

化学有许多分支学科,如无机化学、有机化学、分析化学和物理化学等等。普通化学作为一门基础课程,则是对化学作一整体的阐述和研讨。由于多数高等工业学校的不少专业无后续化学课,因此,普通化学的教学应有一定程度的独立性和完整性。

本课程的教学目的,主要是使广大工科学生在一定程度上能掌握一些必需的近代化学基本理论、基本知识和基本技能,并了解这些理论知识和技能在工程实际上的应用,培养学生具有化学观点,为今后学习和工作打下一定的化学基础。

本书的内容在化学基本理论方面主要包括热化学、化学反应的方向、程度和速率、溶液、电化学、物质结构等；在基本知识方面主要包括单质、无机化合物、配合物、有机化合物等；此外，还介绍一些与现代工程技术发展有关的知识，如能源、大气和水污染、化学电源及工程材料等。

在内容安排上，基本理论方面是先宏观后微观，主要贯穿两条主线。一条是从宏观的热化学开始，引入一些化学热力学基础知识，并在离子平衡和电化学平衡中予以应用。另一条是从微观的物质结构理论开始，联系周期系，反映近代结构理论的基础知识，阐述一些与高等工业学校专业有关的典型物质的性质及其应用。这两条主线既各有其侧重面，又互有关联，同时在阐述基本理论与基本知识时，又适当地穿插，以加强相互联系。

现代科学技术的蓬勃发展和科学知识的迅速增长，促使人们需要不断地学习和更新知识。大学阶段是学生的一个重要的学习阶段，但他们在以后的学习和工作中必然会遇到许多新的情况和课题，需要在原有的基础上，通过自学、研究、继续提高，才能有所前进、发展和创新。因此，在教学中要加强基础，并注意能力的培养。也就是通过教学，除使学生掌握知识和技能外，要十分重视培养和提高他们的自学、分析、研究、写作、创新等方面的能力。掌握知识和提高能力是相互联系、相互促进的。

如何发挥教师的主导作用，同时调动学生的积极性和主动性，使学生自己成为学习的主体，这是需要深入研讨的课题。本书的内容有正文、小号字及选读材料，在保证满足基本要求的前提下，可根据不同专业及学习条件的实际情况，进行选择、取舍或补充。或则精讲，或则自学，方式亦可灵活运用。

普通化学实验是本课程不可缺少的一个重要环节（另编写有配合本书的《普通化学实验》）。通过实验课的开设，不仅可以加

深、巩固并扩大学生对所学的基本理论和基本知识的理解,还可以训练基本操作技能;并培养独立操作、观察记录、分析、归纳、撰写报告等多方面的能力以及科学工作方法。

第一章 热 化 学

内容提要 介绍化学反应热效应的测量。从内能(U)、热和功, 提出化学反应中的能量守恒定律的公式, 并引出焓(H)的概念。明确在等容条件下反应热效应(q_v)与内能变化(ΔU)的关系, 以及在等压条件下反应热效应(q_p)与焓变(ΔH)的关系。通过气体状态方程式, 介绍 ΔH 与 ΔU 或 q_p 与 q_v 之间的相互换算。根据标准生成焓的数据, 应用盖斯定律, 计算 298K 时反应的标准焓变(ΔH_{298}°)。

化学反应发生时, 伴随有能量的变化, 其形式虽有多种, 但通常多以热能形式放出或吸收。例如, 燃料燃烧、酸碱中和等都放出热能(放热反应); 而碳酸钙、氧化汞等的分解则需要吸收热能(吸热反应)。化学反应时所放出或吸收的热量叫做反应的热效应, 简称反应热。研究化学反应中热能变化的定量关系的学科叫做热化学。本章中将讨论下列有关热化学的重要问题:

- (1) 如何测量化学反应的热效应?
- (2) 如何从理论上计算化学反应的热效应?

§ 1-1 反应的热效应

一、反应热的测量

任何物质总是和它周围的其它物质相联系着的, 为了科学研

研究的需要,尤其在考虑诸如热化学这方面的内容时,必须规定待研究物质的范围,也就是要把被研究的对象和周围的物质隔离开来。这种被研究的对象叫做系统,系统以外的周围物质叫做环境。系统可以通过一个边界(范围)与它的环境区分开来;这个边界可以是具体的,也可以是假想的。例如,在一只容器里研究硫酸与氢氧化钠在水溶液中的反应,通常就把含有硫酸和氢氧化钠的水溶液作为系统,而溶液以外的周围物质如容器、溶液上方的空气、实验桌等等作为环境。显然,这系统与环境是通过溶液的界面这个具体的边界区分开来的。但如果用锌来代替氢氧化钠,锌将会与稀硫酸反应产生氢气,逸出液面而扩散到空气中。若该容器是完全密闭的,则可以将密闭在容器中的空气以及产生的氢气包括在系统内,该系统还是可以有具体的边界与环境区分开。若该容器是不密闭的,则系统与环境的边界只能是假想的。

硫酸与氢氧化钠在水溶液中发生中和反应,会放出热能,使水溶液的温度升高。如果该容器是完全密闭且绝热的,又假设在容器中只有此水溶液而无空气,则一定量的硫酸和氢氧化钠将会由于反应而放出一定的热量。这一热量将被溶液所吸收而使溶液的温度升高至某一定值,即反应所放出的热量在数值上等于溶液所吸收的热量。可用下列数学式表示:

$$\begin{aligned} q &= -c_s \cdot m_s \cdot (T_2 - T_1) \\ &= -c_s \cdot m_s \cdot \Delta T \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中, q 表示一定量反应物在给定条件下的反应热效应; c_s 表示溶液的比热; m_s 表示溶液的质量; ΔT 是溶液终态温度 T_2 与始态温度 T_1 之差。对于反应热 q , 负号表示放热, 正号表示吸热。

比热通常是指将 1g (克) 物质升高 1K (开) 或 1°C (摄氏度) 所需要的热量, 比热单位为 $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (焦·克⁻¹·开⁻¹)。

上述反应热效应的测量较简单, 因为反应在水溶液中进行, 反