

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202302055

www.dxhx.pku.edu.cn

国外化学原理教材介绍 ——以Zumdahl的*Chemistry* (10th edition)为例

胡锴^{1,*}, 赵莘莘², 蔡苹¹, 程功臻¹¹ 武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072² 武汉大学图像传播与印刷包装研究中心, 武汉 430072

摘要: Zumdahl夫妇和DeCoste合著的*Chemistry*是一本在国内外广受赞誉的化学原理类教材。本文以此教材为例, 介绍了国外化学原理类的教材。*Chemistry*这本教材内容既有广度同时也具有深度, 具有可读性强、适用面广和拓展性强的特点。教材编写紧扣其培养学生化学思维和知识应用能力的基本理念, 在内容和形式设计上运用了多种策略培养学生分析解决问题的能力 and 批判性思维能力。

关键词: 教材介绍; 化学原理; 教材编写

中图分类号: G64; O6

Investigation into the Foreign Textbook of Chemical Principle: Book Review of *Chemistry* (10th edition) by Zumdahl

Kai Hu^{1,*}, Pingping Zhao², Ping Cai¹, Gongzhen Cheng¹¹ College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China.² Research Center for Graphic Communication, Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

Abstract: Zumdahl's *Chemistry* is a popular, internationally acknowledged textbook on chemical principles. In this paper, we give a brief introduction of this textbook. The content of the textbook has both breadth and depth, and also has the easy readability, wide applicability and strong expansibility. The compilation of the textbook closely follows the basic idea of helping students' chemical thinking so that they can apply the process of the problem solving to all aspects of their life. In the content and form design, the textbook adopts a variety of strategies to cultivate students' ability of analyzing and solving problems and the ability of critical thinking.

Key Words: Book review; Chemistry principle; Textbook compilation

为了更好地培养高素质人才并将人才培养与国际接轨, 很多学校会选用国外原版教材作为化学原理或普通化学类课程的指定教材。由Illinois大学的Steven S. Zumdahl、Susan A. Zumdahl和Donald J. Decoste共同编写的*Chemistry*就是适用面广的经典教材之一。该教材现由Cengage Learning出版社出版, 目前市面的最新版本为第10版(2017年)^[1], 第11版将于2024年出版。与针对荣誉课程的普通化学原理类教材如Atkins的*Chemical Principles*^[2], Oxtoby等的*Principles of Modern Chemistry*^[3]相比, Zumdahl的*Chemistry*属于中等难度, 其教材内容跨度从化学入门知识到大学低年级的化学基本原理都有涉及, 内容无论是在难度和深度均有明显的梯度。因此教材的适用面很广, 美国一些高中的化

收稿: 2023-02-22; 录用: 2023-03-27; 网络发表: 2023-03-30

*通讯作者, Email: kaihu@whu.edu.cn

学荣誉课程或者大学低年级普通化学课程都采用该教材^[4,5], 国内也常作为美国大学预科课程化学(Advanced Placement Chemistry, AP Chemistry)考试的参考书和大学低年级的化学原理教材。本文以*Chemistry*第10版为基础介绍该教材。

1 教材编写基本理念和框架介绍

编写理念直接决定了教材的风格、编排及教学设计。在*Chemistry*的教材使用说明中Zumdahl明确指出, 该教材的编写旨在通过概念性学习和问题导向性学习帮助学生像化学家一样思考, 希望学生通过学习能将化学的基本原理和化学的思维方法应用于解决实际问题 and 日常生活的方方面面。教材通过对不同教学环节的精心设计, 帮助学生建立科学的批判性思维, 提升他们分析问题和解决问题的能力以及应用化学理论于日常和建立模型的能力。教材不是单纯地描述化学事实, 章节的展开多以问题为导向, 在陈述分析事实的基础上建立模型并引出概念和原理, 进而解决问题。每章节都有很多与生活相关的实例, 既增强了教材的可读性和趣味性, 同时也有助于提升学生学习和应用化学的能力。

*Chemistry*第10版采用全彩页印刷, 全书分22章并有7个附录(表1), 共1200页, 适用于两学期的教学。章节设置和编排与大多数国外的普通化学原理教材类似, 包括化学的基本概念和原理、热力学和动力学初步、原子和分子结构、物质状态及其性质、溶液中的四大平衡、电化学基础、元素性质和配位化学基础、核化学基础及有机和生物分子。

表1 *Chemistry*教材的章节和附录

章节	内容
Chapter 1	Chemical Foundations 化学基础知识
Chapter 2	Atoms, Molecules, and Ions 原子, 分子和离子
Chapter 3	Stoichiometry 化学计量法
Chapter 4	Types of Chemical Reactions and Solution Stoichiometry 化学反应类型和溶液体系的计算
Chapter 5	Gases 气体
Chapter 6	Thermochemistry 热化学
Chapter 7	Atomic Structure and Periodicity 原子结构和元素周期律
Chapter 8	Bonding: General Concept 化学键: 基本概念
Chapter 9	Covalent Bonding: Orbitals 共价键: 轨道
Chapter 10	Liquids and Solids 液体和固体
Chapter 11	Properties of Solutions 溶液的性质
Chapter 12	Chemical Kinetics 化学反应动力学
Chapter 13	Chemical Equilibrium 化学平衡
Chapter 14	Acids and Bases 酸和碱
Chapter 15	Acid-Base Equilibria 酸碱平衡
Chapter 16	Solubility and Complex Ion Equilibria 溶解度和配离子平衡
Chapter 17	Spontaneity, Entropy, and Free Energy 自发性、熵和自由能
Chapter 18	Electrochemistry 电化学
Chapter 19	The Nucleus: A chemist's View 核: 从化学家的角度
Chapter 20	The Representative Elements 典型的主族元素
Chapter 21	Transition Metals and Coordination Chemistry 过渡金属和配位化学
Chapter 22	Organic and Biological Molecules 有机和生物分子

(待续)

(续表1)

章节	内容
Appendix 1	Mathematical Procedures 数学推导
Appendix 2	The Quantitative Kinetic Molecular Model 定量分子动力学模型
Appendix 3	Spectral Analysis 图谱分析
Appendix 4	Selected Thermodynamic Data 一些热力学数据
Appendix 5	Equilibrium Constants and Reduction Potentials 平衡常数和还原电势
Appendix 6	SI Units and Conversion Factor SI单位及其转化
Appendix 7	Molecular Spectroscopy: An Introduction 分子光谱: 简介

前六章的内容和难度基本与国内高中化学一致,这种由浅入深的编排对于初学者和自学者都非常友好。区别于国内教材,第五章除了讨论气体性质外还引入了气体分子运动论,重点讨论了从现象到定律再到模型的科学研究过程和方法,指出了科学模型建立的一般方法。这也体现了著者的基本编写理念,重视化学模型的建立和训练科学的思维,这一部分与后面很多章节如原子分子结构中重点讨论模型的建立和应用共同构成了本书的一个亮点。此外,该教材对共价键理论的讨论是以定域理论和离域理论两条线展开,第八章讨论定域理论,第九章则重点讨论化学键的离域理论。笔者发现这种编排在实际教学过程中更有利于学生理解化学键的本质和化学键模型,有助于学生提升利用不同理论模型解决实际问题的能力。在化学热力学和动力学基础内容的编排顺序上,国内外教材存在较大区别。国内教材一般是在完成热力学和动力学基础的介绍后引入平衡或者结构,而大部分国外教材则多以动力学→平衡→反应自发性这一顺序展开学习。笔者猜测,国外的这种编排顺序也可能是遵循了从现象到理论模型的思路;而国内教学过程则更加倾向于先教授热力学和动力学的理论,然后通过对不同化学过程的讨论进一步应用、理解和掌握这些理论。第19章到22章核化学、元素化学以及生物化学等内容都仅简要介绍了相关二级学科的基本概念。元素性质部分讨论了重要元素的主要性质;配位化学含在过渡元素部分讨论,内容较之国内普通化学而言更深入,涉及异构和晶体场理论等内容;有机和生物分子的内容与国内高中教材大致相同。另外值得注意的是在新修订版中,加入了更多与生物相关的内容和习题^[4]。

2 章节结构组织特点

教材的每章均由四部分组成,简介、正文、总结和习题。各个部分的设计都体现了“以学生为中心”的基本想法,形式和内容上旨在让学生能更有效地掌握知识并能灵活地应用。具体结构组织的特点总结为以下几个方面。

2.1 帮助学生搭建学习内容框架

化学学习知识框架的搭建和链接是非常重要的。教材每章开篇页都有目录,借此帮助学生在开始学习这部分内容前搭建一个大致的学习框架;在章节内容结束后还列了一个比较详细的重难点内容总结,以完成基本框架上各具体内容的填充。两者相结合,能帮助学生更好地搭建该部分知识的结构和内容,建立各知识点之间的链接,促进理解、掌握和应用所需内容。

2.2 加强对基本概念和模型的正确理解

编者在教学过程中发现,很多学生之所以学习化学困难是源于他们对化学基本概念的误解。因此教材应用了大量的讨论、图表和练习来帮助学生理解基本概念和化学的底层逻辑,重视从微观的原子分子水平理解化学的宏观现象,引导学生从多方面去思考问题,拒绝僵化。具体举措如:1) 将基本概念以蓝字形式提炼到侧边栏方便学生学习;2) 章节中用小总结栏目(Let's review)及时提炼概念和模型;3) 在批判性思维栏目(Critical thinking)中提出开放性问题,促进学生对基本概念原理的理解和应用;4) 章节的总结部分提炼了重点术语;5) 在课后习题部分注明设计了针对概念和模型理

解的练习,如复习问题(Review questions)和自主学习问题(Active learning questions)等。图1给出VSEPR理论模型章节中给出的相关的辅助型总结栏目截图示例,如理论模型的总结(图1a)、解决问题策略(图1b)、批判性思维(图1c)和章节末的复习总结(图1d)。

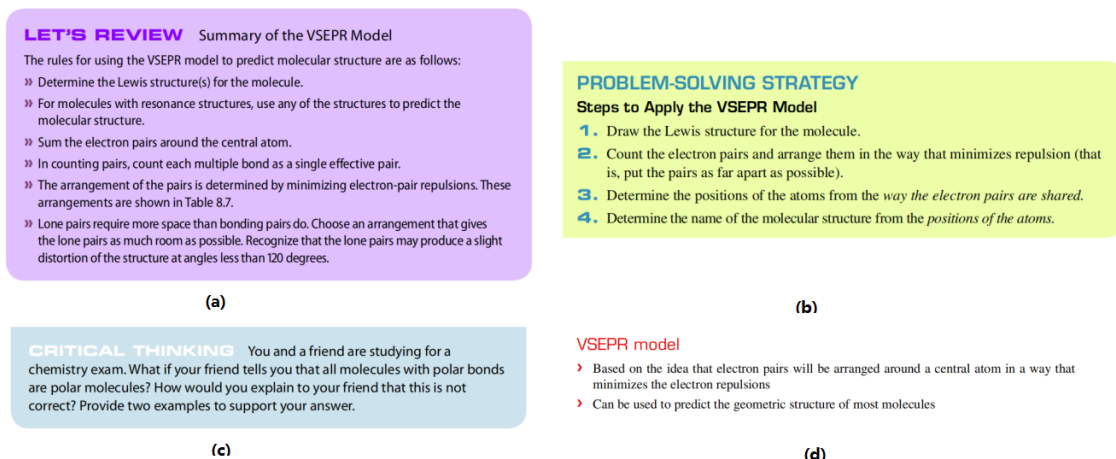


图1 VSEPR理论相关辅助栏目截图示例

(a) 小总结; (b) 解决问题策略总结; (c) 批判性思维栏目; (d) 复习总结

2.3 问题导向式学习,在解决问题的同时培养思维能力

培养学生分析和解决问题的能力是该教材的一个非常重要的目标,编者强调全面而有逻辑地去解决问题,而不是单凭简单的记忆。教材有超过300道以上的例题(Example),还有非常多的互动式例题(Interactive example),如第五章气体就有20个互动式例题。互动式例题的呈现分为两部分,首先讨论要解决什么问题,然后讨论如何解决问题。例题的解题思路 and 过程都非常详尽,一步步带领学生完成相关知识的应用,习得解决问题的策略和方法。此外,学生还可以通过网上学习平台^[6]在指引下完成这些互动式例题。教材还以解决问题策略栏(Problem-solving strategy)的形式总结解决一类问题的步骤和基本方法,进一步提升学生解决问题的能力。

2.4 多途径激发学习兴趣和积极性

每章都以一幅图片开篇,章节前言均为概述本章内容重要性和应用的内容,此举能有效激发学生的学习兴趣 and 积极性。此外章节中还穿插一些相关的化学链接(Chemical connections),如第五章气体部分就讨论了气体的分离,介绍了安全气囊的相关知识;第六章热力学部分则给出了自然界中发热的植物和风力发电等拓展性内容。这些与化学紧密联系的内容,在激发学生学习兴趣的同时也能促进学生将所学内容应用于实际生活。此外,网上学习平台中还有更多的相关内容供教师和学生拓展学习。

3 教材的优点和使用局限性

教材的编写切实体现了编者的基本理念,在强调批判性思维、建立正确的概念和模型等方面做了很多的教学设计,优点大致如下:

1) 循序渐进,可读性强,理论紧密联系实际,科学性和趣味性并存。教材中各知识点的讨论遵循从现象到模型到理论的基本思路,通过对大量实验或实际现象的分析引出相应的原理和模型,使教材的可读性和逻辑性大大提高。此外大量的彩图、图例、表格和实例的引入使学习过程更加生动有趣。

2) 内容的广度和深度跨度都比较大,可以满足不同层次的需求,既包括最基础的化学知识部分,

也涉及二级学科中更复杂的部分,同时还与科学前沿相结合。在科学研究方法中引入了很多现代的仪器分析方法的介绍,如紫外-可见光谱、光电子能谱、扫描隧道显微镜等。

3) 丰富、高质量、多层次的习题资源。教材除了大量的例题和互动式例题外,每章节后还提供了大约100–200道不同类型和不同层次的习题。除了前面提到的针对基本概念和模型理解的复习问题(Review questions)和自主学习问题(Active learning questions)外,还有根据每节知识点划分的基础练习题(Exercises)、多知识点融合的化学坊问题(ChemWork problems)、难度稍高的挑战性问题(Challenge problems)、综合性问题(Integrative problems)和多重综合性问题(Marathon problem)。这样教师可以根据实际教学主体的特点和教学目标,选择合适的练习。很多习题源于实际问题场景或最新的科学研究,从习题中也能获取很多的化学相关信息并加深对知识的理解。另外所有练习都配套有非常详细的参考答案,方便教学和自学使用。

4) 配套资源丰富。教材不仅有丰富的纸质资源,如习题解答、教师指导用书等,还有一个丰富的网上学习资源平台^[6],平台上也可进行互动式例题的练习,还可下载相关的参考课件、习题库、图片多媒体等相关的教学资源,更好地为教学服务。

当然,教材在实际使用过程中也发现了一些不足和局限性。首先内容顺序的编排与国内有明显的区别,特别是热力学和动力学部分的内容相对靠后及相互关联弱化,这样在实际教学过程中不利于学生宏观和微观相联系地分析问题。其次,热力学单位使用不规范,没有指明热力学函数变化量和反应进度的关系,但在实际使用热力学函数时又默认为化学进度为1 mol的摩尔变。第三是平衡常数主要讨论的是经验平衡常数,但在与热力学函数挂钩时没有特别强调热力学平衡常数与经验平衡常数的区别与联系,这就会在学生自学时造成混乱。最后,基于国内学生的数学基础,教材中例题的计算过程过于繁琐,这对国内学生而言是完全没有必要的。

4 结语

整体来看,Zumdahl的*Chemistry*是一本能很好培养学生化学思维和提升他们分析、解决问题能力的化学基本原理类教材。教材内容从难度和深度上均有一定的跨度,具有基础性的同时也有很强的可拓展性。以问题为导向的教材编排模式使得教材的可读性和趣味性大大增加。此外,丰富的线上线下教学资源 and 教学活动能帮助学生和教师更好地使用教材,落实教学编写的基本理念。

参 考 文 献

- [1] Zumdahl, S. S.; Zumdahl, S. A.; Decoste, D. J. *Chemistry*, 10th ed.; Cengage Learning: Boston, MA, USA, 2017.
- [2] Atkins, P.; Loretta, J.; Leroy, L. *Chemical Principles - The Quest for Insight*, 7th ed.; W. H. Freeman and Company: New York, NY, USA, 2016.
- [3] Oxtoby, D. W.; Gillis, H. P.; Butler, L. J. *Principles of Modern Chemistry*, 8th ed.; Cengage Learning: Boston, MA, USA, 2016.
- [4] Conover, W. J. *Chem. Educ.* **2009**, *11*, 1273.
- [5] Haworth, D. T. *J. Chem. Educ.* **1994**, *71*, 3, A82.
- [6] [2023-03-30]. <https://www.cengageasia.com/TitleDetails/isbn/9781305957404>