

高中化学三版教材中的“三序结合” ——以“催化剂”相关内容的呈现方式为例

路博雅 任红艳*

(南京师范大学教师教育学院 江苏 南京 210023)

摘要:构建中学化学教材的内容体系,既要符合学科知识的发展顺序,也要符合学生的学习认知顺序,还要符合学生的心理发展顺序,即为“三序结合”。对于一些理论性较强、抽象程度较高的知识,如何合理安排其呈现方式,使其最大限度符合“三序结合”的编排原则,是一个值得研究的问题。选取“化学反应的速率”这一知识主题,对现行三版高中教材中“催化剂”这一较为抽象的概念如何呈现、知识结构安排、如何体现“三序结合”的原则进行对比研究,并就这一部分的教学改进提出建议。

关键词:三序结合;催化剂;教材分析

文章编号:1002-2201(2024)04-0030-04

中图分类号:G632.0

文献标识码:A

一、“催化剂”在中学阶段出现的位置分析

《义务教育化学课程标准(2022年版)》在学习活动建议中提及“探究过氧化氢分解反应中二氧化锰的催化作用^[1]。”借助对该反应的探究,“催化剂”在学生认知序列中首次出现:催化剂能够加快反应速率,且反应前后质量不变。此时学生尚处于学习化学的早期阶段,还不会书写化学式,更没有学习过“化学反应速率”的概念,只是通过观察过氧化氢分解反应中产生气泡的快慢来感知反应速率。

“催化剂”概念的第二次出现是在必修第二册。基于《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“课程标准”)的要求^{[2]18-21}(见表1),现行三版本教材都把“化学反应速率”安排在本册。

表1 “课程标准”中必修阶段与“催化剂”相关的内容

内容要求	情境素材建议	学业要求
3.3 化学反应的限度和快慢: 知道化学反应平均速率的表示方法,通过实验探究影响化学反应速率的因素。认识化学变化是有条件的,学习运用控制变量方法研究化学反应,了解控制反应条件在生产 and 科学研究中的作用	催化剂在调控化学反应速率中的作用,如……等反应中催化剂的作用	能运用变量控制的方法探究影响化学反应速率的因素……

此时学生积累了一定的化学知识,不仅学习了反应速率的准确定义,还有催化剂改变化学反应速率的

案例,如合成氨反应的催化剂、“接触法”制硫酸中接触室里的催化剂等。然而此时的认识还是感性的,仅仅知道催化剂是影响反应速率的因素之一,还不知道它是如何改变反应速率的。

第三次出现则是在选择性必修1。虽然三版教材的知识呈现顺序相差较大,但都根据课程标准的相关要求^{[2]30-33}(见表2)介绍了基元反应、碰撞理论和过渡态理论、活化能等相关概念。经过这一阶段的学习,学生对化学反应历程有更加深入的认识,知道催化剂改变反应速率的原理,认识也从感性上升到理性。

表2 “课程标准”中选择性必修阶段与“催化剂”相关的内容

内容要求	情境素材建议	学业要求
2.2 化学反应速率:通过实验探究,了解温度、浓度、压强和催化剂对化学反应速率的影响。知道化学反应是有历程的,认识基元反应活化能对化学反应速率的影响。	催化剂(淀粉、氨氧化、诺贝尔奖等)	3. 能用一定的理论模型说明外界条件改变对化学反应速率的影响。 4. 能运用温度、浓度、压强和催化剂对化学反应速率的影响规律解释生产、生活、实验室中的实际问题,能讨论化学反应条件的选择和优化
2.3 化学反应的调控:知道催化剂可以改变反应历程,对调控化学反应速率具有重要意义		

* 通讯作者, E-mail: renhongyan@njnu.edu.cn。

最后一次出现则在选修课程的系列3“发展中的化学科学”中。由于相应的教材在撰文时尚未正式发行,故参考课程标准^{[2]61-63}(见表3),其中主题1“化学科学研究进展”涉及催化化学和催化研究的新理论,主题3“化学工程研究进展”涉及催化剂工程。此时学生将进一步接触化学反应动力学、催化科学的前沿理论和工业化进展,其知识结构已经开始与本科课程内容接轨。

综上,“催化剂”往往在研究化学反应速率时呈现:在初中阶段以一个具体的反应(过氧化氢的分解)呈现;在高中的必修和选择性必修阶段,催化剂都是作为影响化学反应速率的因素之一呈现的;在选修阶段又以催化科学这个单独的知识板块呈现,且与科

学史、催化剂的工业应用结合紧密。这也符合学生“由易到难、由简到繁”的认知序列。

表3 “课程标准”中选修阶段与“催化剂”相关的内容

内容要求	教材编写建议
主题1 化学科学研究进展:催化化学,催化研究的新理论。	教材内容的编排与呈现:注重化学知识的结构化;关注学生的认知发展规律,注重情境、活动和问题的整体设计,促进学习方式的转变……
主题3 化学工程研究进展:催化剂工程等	

二、三版教材中“催化剂”相关知识的呈现方式

1. 必修阶段呈现方式比较

三版教材在必修二(除标注外)对“催化剂”相关知识的呈现方式如表4所示。

表4 三版教材中必修部分与“催化剂”相关知识的呈现方式

对比内容	人教版	苏教版	鲁教版
呈现位置	第六章 化学反应与能量 第二节 化学反应的速率与限度 “影响化学反应速率的因素”	专题6 化学反应与能量变化 第一单元 化学反应速率与反应限度 “影响化学反应速率的因素”	第2章 化学键、化学反应规律 第3节 化学反应的快慢和限度 “探究化学反应速率的影响因素”
前序知识安排	化学键(必修第一册)、化学反应与热能、化学反应与电能	化学键(必修第一册)	化学键、化学反应中的能量变化、能量变化的应用——化学电池
具体呈现方式	提出除了物质与能量转化,化学反应的快慢和程度也需要关注,以四个快慢差别很大的化学变化作为引入材料,引入“化学反应速率”基本概念。进而指出化学反应速率受外界条件影响,并以探究实验“影响化学反应速率的因素”分别探究温度、反应物浓度和催化剂对反应速率的影响,并在“方法导引”中介绍控制变量法。最后,总结影响反应速率的主要因素,并在“科学·技术·社会”板块提供“神奇的催化剂”阅读材料,介绍催化剂的工业应用、酶催化和催化剂的研究前景	先介绍研究化学反应过程的两个主要问题:速率和限度,指出研究的目的在于合理调控化学反应,然后,借由爆炸、铁生锈和溶洞形成三个化学过程和不同金属与酸反应快慢差异的实验引出“化学反应速率”基本概念,进而由刚才这些实验的现象差异引出实验“化学反应速率的影响因素”,分析不同条件下过氧化氢分解速率以及盐酸与大理石反应速率的差异,总结出催化剂、温度和反应物浓度都能改变化学反应速率,在“学以致用”板块以习题巩固知识,最后在“学科提炼”板块介绍控制变量法	提出研究反应过程还需关注快慢和限度,以硫酸工业中催化剂的作用作为引入材料,引入“化学反应速率”基本概念。然后,指出化学反应速率受外界条件影响,在“活动·探究”板块中探究化学反应速率的影响因素,在“方法·导引”板块介绍控制变量法,引导学生科学设计实验方案,自主探究影响因素。最后,总结影响反应速率的主要因素,介绍了催化剂在工业生产中的典范应用和调控反应速率的重大意义。还在“化学与技术”板块中介绍我国石油化工催化剂专家闵恩泽,以及石油化工行业催化剂的相关知识

首先分析共性。三版教材都是先借几个快慢程度相差较大的化学反应,指出研究化学反应速率的现实意义(必要性),再由实验探究影响化学反应速率的几个主要因素,最后总结结论,并明确实验所用的研究方法——控制变量法。这体现了必修阶段课程标准对知识把握程度的要求,也体现了学生认知与心理发展顺

序的要求:学生在这一阶段对化学反应速率的认知,是从感性到理性的“第一次飞跃”,尚不易接受抽象的理论知识,所以三版教材都从实验探究中归纳出影响化学反应的几个因素。此时学生只需了解催化剂是改变反应速率的因素之一,尚不要求掌握原理。

然后分析差异性。前序知识安排上,人教版和鲁

科版较为类似,都先介绍了化学键、化学反应的能量变化等,这样就使学生对化学反应的微观过程已经有了一定的了解,再学习反应速率时,就能更好地理解催化剂改变反应速率的微观本质。而苏教版的前序知识安排较少,只在必修1介绍了化学键的知识,将化学反应与能量安排在“化学反应速率”之后。

2. 选择性必修阶段呈现方式比较

根据课标要求,这一阶段的学生需要知道化学反

应是有历程的、催化剂是通过改变反应历程改变反应速率的,并且需要认识催化剂等反应条件的控制在解决生产、生活、实验室中实际问题方面的意义。所以三版选择性必修教材都介绍了基元反应和活化能,使学生理解催化剂改变反应速率的本质——改变反应历程,降低活化能,从而加快反应速率。三版选择性必修教材在知识之间的顺序安排和抽象度关系上差异较大,故从七个角度进行横向比较(见表5)。

表5 三版教材中选择性必修部分与“催化剂”相关知识的呈现方式

对比内容	人教版	苏教版	鲁科版
呈现位置	热效应之后,平衡之前	热效应、电能、金属腐蚀之后,方向与限度之前	热效应、电能、方向与限度之后,条件优化(综合应用)之前
具体呈现方式	先介绍化学反应速率的定义,再由锌与稀硫酸反应速率的多组对比实验探讨浓度、温度和催化剂对反应速率的影响,进而引入基元反应、活化能(过渡态理论)和碰撞理论去解释实验事实,最后总结调控化学反应速率的方法,其中介绍了催化剂是通过改变反应历程、降低活化能来改变反应速率的	探讨浓度、压强、温度对反应速率的影响后引入,由氯化铁、二氧化锰对过氧化氢分解催化效率的对比实验引出催化剂。在此介绍过渡态理论,指出催化剂是通过降低活化能来加快反应速率的,最后以“拓展视野”的形式介绍基元反应和催化剂的应用(还介绍了酶催化)	先指出“化学反应是有历程的”,介绍了基元反应与速率的关系,在“视野拓展”中介绍飞秒化学;接着,介绍化学反应速率及其影响因素,在探讨浓度、温度的影响时穿插介绍了速率方程和活化能,引入了过渡态理论,并提供了阿伦尼乌斯公式、过渡态理论和碰撞理论的阅读材料;最后,借助活化能数据对比和反应进程图例,介绍了催化剂对反应速率的影响
学习顺序	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化学反应速率的定义 2. 影响反应速率的因素:实验探究 3. 活化能:基元反应、碰撞理论、活化分子、活化能(催化剂原理) 4. 其他因素归结 5. 化学反应的调控(后续章节) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化学反应速率的定义 2. 影响反应速率的因素 <ol style="list-style-type: none"> (1) 浓度:碰撞理论、活化分子、活化能、基元反应 (2) 压强(归结为浓度) (3) 温度 (4) 催化剂:过渡态理论、基元反应模型 3. 其他因素归结、反应条件的控制 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 化学反应是有历程的:基元反应 2. 化学反应速率的定义 3. 浓度对化学反应速率的影响:速率方程 4. 温度对化学反应速率的影响:碰撞理论、过渡态理论、活化能 5. 催化剂对化学反应速率的影响 化学反应条件的优化(后续章节)
涉及活化能的位置	正文“活化能”部分	正文“影响化学反应速率的因素”中的浓度部分、催化剂部分;“拓展视野”板块	正文“温度对化学反应速率的影响”“催化剂对化学反应速率的影响”;“追根寻源”板块
涉及基元反应的位置	正文“活化能”部分	“拓展视野”板块	正文“化学反应是有历程的”
涉及反应速率方程的位置	未涉及	未涉及	正文“浓度对化学反应速率的影响”
其他辅助板块中涉及的知识	飞秒化学	飞秒化学、分光光度计、酶的催化作用	自由基、飞秒化学、化学反应速率的物理测定法(量气法、比色法、电导法)、阿伦尼乌斯经验公式

(1) 知识呈现顺序的差异

人教版和苏教版都是先介绍了化学反应速率的定义和表示方法,这也是学习“反应速率的影响因素”所需要的前序知识。鲁科版则先介绍了基元反应,设置“化学反应是有历程的”这一小节,介绍氢氧混合气的爆炸所包含的反应历程,说明“反应历程的差别造成了化学反应速率的不同”,这是与另两版教材不同的地方。

在介绍了化学反应速率的定义和表示方法后,三版教材都介绍了影响反应速率的因素,但介绍方式差异较大。苏教版和鲁科版都是将“浓度(苏教版还有压强)、温度、催化剂”各自列为一个小标题介绍,人教版则以一个大的实验探究板块综合呈现,归纳实验结果,得出影响反应速率的因素,并没有分小标题介绍。

最后,三版教材都介绍了人们如何通过控制化学反应的条件来实现化学反应的优化。人教版和鲁科版都另辟一章节,以工业合成氨为例,引导学生利用所学知识(包括已经学习过的化学反应方向与化学平衡相关知识)实现反应调控的最优化,从而认识到所学知识的现实价值和社会意义。而苏教版没有另辟章节,仅在正文中以“人们常根据实际需要综合考虑影响化学反应速率的因素,通过调控化学反应的条件,使化学反应按预期的速率进行”一句话总结,并在其后的“学科提炼”小版块中从内因和外因两个角度归纳影响反应速率的因素,最后简要介绍工业合成氨等调控反应速率的实例,相比前两版本教材更加

凝练。

(2) 知识抽象度关系安排的差异。

由表5可见,人教版将基元反应、碰撞理论和活化分子、活化能相关知识全部集中在正文小标题“活化能”中介绍,也在此介绍了催化剂的催化原理;而苏教版和鲁科版则将这些理论分散到各个影响因素的介绍中。可见人教版的知识呈现是典型的“上位学习”方式:先通过实验事实归纳总结出规律,进而介绍催化原理;而苏教版和鲁科版都是在介绍各个影响因素时就辅以理论解释,从经验事实到抽象原理(上位学习),再以理论解释事实(下位学习),这是一种“组合学习”的方式。

至于催化剂对反应速率的影响,三版教材都放到最后去介绍,因为理解催化剂的原理就需要用到活化能、反应历程等前序知识,这样安排最能体现出学生认知序列与知识呈现序列的内在统一性,是最符合“三序结合”原则的。

三、教学建议与总结

如何落实课程标准理念,将培养学生科学素养总目标在教科书中以具体的内容、恰当的方式体现出来,是化学教科书编制必须解决的核心问题^[3]。整体来看,三版教材都严格落实课程标准的要求,设置了真实问题情境和层层递进的学习内容,并提供了一定的延伸阅读材料以满足学生的个性化需求,但在知识的具体呈现顺序上差异较大。教师可以根据学生情况,结合三版教材的长处(见表6),综合设计教学方案。

表6 三版教材中“化学反应速率”部分内容设计的优点和适用性分析

教材版本	优点	适用教师	适用学生
人教版	综合性较高;教学所需课时较小;理论知识后置,易于操作	新手教师、熟手教师	基础一般或较薄弱的学生
苏教版	信息量适度,理论知识分布在实验事实中	熟手教师、专家型教师	基础一般或较好,自主学习意愿较强的学生
鲁科版	信息非常丰富,供选择的空较大;知识编排更符合学生认知规律	专家型教师	基础较好、自主学习意愿强烈且探究能力较强的学生

在实际教学中,教师还需要结合学生的认知发展顺序和具体学情,将教材内容和学科发展历史进行二次加工,充分调动学生已有的知识与经验。比如张映明^[4]指出,不同学段教材对“催化剂”的定义有差异(是“改变反应速率”还是“加快反应速率”),初高中

衔接出现断层,违背学生认知顺序,建议根据课程标准修订初中课本中催化剂部分的内容编排;丁艳^[5]指出,催化剂参与的化学工业生产过程往往作为新高考的情境载体,教师要对催化剂的教学内容进行结构化处理,如催化剂的特性、作用等;黄河浪等^[6]人则系统

化学平衡移动认知模型的双重建构与教学价值

王广扬¹ 经志俊²

(1 江苏省灌云高级中学 江苏 灌云 222200; 2 南京市第九中学 江苏 南京 210018)

摘要:基于化学平衡移动教学中的模型认知,摒弃“反应速率”视角的教学现状,从论证“化学平衡的移动”不是纯粹的热力学问题出发,提出从“反应速率”“平衡常数”等不同视角双重建构化学平衡移动认知模型的主张,并结合实践探索阐述双重建构认知模型的教学价值。

关键词:化学平衡的移动;反应速率;平衡常数;认知模型;双重建构;教学价值

文章编号:1002-2201(2024)04-0034-03

中图分类号:G632.0

文献标识码:B

“化学平衡的移动”是普通高中化学选择性必修课程《化学反应原理》中的学习内容。掌握化学平衡的移动规律是调控化学反应的重要前提,该内容的学习对学生“变化观念与平衡思想”“证据推理与模型认知”等学科核心素养的发展具有重要价值。

在新课标、新教材的实施背景下,基于“化学平衡属于热力学研究的范畴,而反应速率属于动力学研究的范畴,不宜从速率的角度研究平衡的移动”的认知,化学平衡移动认知模型由过去的“反应速率”视角变更为流行的“平衡常数”视角。

从“反应速率”视角建构化学平衡移动认知模型,曾经是高中化学教学实践中解决平衡移动问题的基本策略^[1]。“反应速率”视角是否有违科学性?当下是否仍具备教学价值?笔者结合教学实践谈谈自身的认识,与课程专家及一线教师探讨。

一、“化学平衡的移动”不是纯粹的热力学问题

化学平衡研究反应限度,属于化学热力学的研

究范畴;反应速率研究反应快慢,是化学动力学的研究范畴。

基于高中教材对化学平衡移动概念的界定(见表1),显而易见“化学平衡移动”是一个过程,离不开“反应速率的变化”这一动力学因素的推动。

表1 教材对化学平衡移动概念的界定

教材版本	概念界定
人教版	由原有的平衡状态达到新的平衡状态的过程叫做化学平衡的移动 ^{[2]35}
苏教版	从一个平衡状态变为另一个平衡状态,称为化学平衡的移动。化学平衡的移动,就是改变外界条件,破坏原有的平衡状态,建立起新的平衡状态的过程 ^{[3]65}
鲁教版	受温度、压强或浓度变化的影响,化学反应由一种平衡状态变为另一种平衡状态的过程,称为化学平衡移动 ^[4]

梳理了催化科学的发展历史,论述其中蕴含的教育价值。总的来看,“催化剂”作为一个学生很早就知道的化学概念,其认识发展历程能够很好地统合化学反应速率、活化能、化学反应历程等学科核心概念。但由于这些概念都比较抽象,直接学习会比较困难,所以教材编排和教师教学都要体现三序结合理念,并辅以化学史教学,以促成学生深度参与、有效学习,最终实现学科核心素养的落地。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022:17.

[2] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.

[3] 龚正元,王祖浩. 化学教科书中科学过程及其表征方式[J]. 中学化学教学参考,2008(5):3-5.

[4] 张映明. 化学教材中与催化剂有关的问题[J]. 化学教育,2013,34(2):10-13.

[5] 丁艳. 新高考中催化剂问题的研究与教学启示[J]. 中学化学教学参考,2022(24):79-82.

[6] 黄河浪,黄诗寓,许燕红. 催化科学发展史及其在中学化学教学中的价值[J]. 化学教育,2022,43(15):122-126.

(本文编辑:辛 玥)