

沪科版教材与 IB 教材的比较研究

——以“化学反应速率”为例

【摘要】“化学反应速率”综合体现了微粒观、实验观及科学本质观等化学基本观念，是提高学生科学素养的重要载体。本文从课程标准、核心知识、内容编排与呈现三个方面对 IB 课程教材与 2020 沪科版化学教材中“化学反应速率”相关内容的编写进行比较，启发教师在本单元教学过程中充分运用图象和数学模型建立实验情境，多元化多角度拓展实验设计。

【关键词】反应速率 IB 教材 沪科版教材 比较

教科书是学校教育中的主要材料，是使学生达到课程标准所要求目标的内容载体^[1]，因此，课程目标的实现和化学学科素养的提升与教材直接相关。IB 课程以其多元前位的教育理念在国际主流课程中占据着重要位置。化学反应速率综合体现了微粒观、实验观和科学本质等化学基本观念，是培养学生科学素养的重要载体。这部分内容对学生的实验探究能力、计算能力、理论联系实际的能力提出了较高要求。本文选取国际文凭组织（IBO）化学标准水平教材（Chemistry, PEARSON BACCALAUREATE Standard Level 版）（简称：IB 教材）和上海科学出版社《化学必修 2》、《选择性必修一》的两本教材（以下简称：沪科版教材）进行比较研究，为教师提供教学参考和拓展，从而更全面地开展本章节的教学活动。

一、内容设置的对比分析

（一）内容标准的对比分析

在化学反应速率章节中，我国化学课程和 IB 化学课程在核心知识的内容要求上基本一致，这也充分体现了化学学科的核心素养在知识转化为技能上的一致性。但在理论和化学实践的要求层面上，IB 课程更注重从理论的角度解释反应速率，即理论为主、实验为辅的模式；而我国课程则更重视实验探究，以实验为导向，引导学生从实验现象中获得知识，在理论层面的要求则较为浅显。从内容要求的细化程度看：我国通过提供大体的思路与框架，为教师留有充分的发展空间，促进生成更具创新性的课堂^[2]；IB 课程的内容设定则更加具体，层次要求更加鲜明。从认知层次上看，IB 课程以技能性学习目标和体验性学习目标为主，而沪科版以认知性学习目标和技能性学习目标为主。

表 1 内容标准对比

教材	沪科版教材	IB 教材
类别		
章节	必修二和选择性必修一 《化学反应原理》	标准水平第六章、高阶水平第 16 章
课程标准	《普通高中化学课程标	IBO 化学指南（2016 年版） International Baccalaureate Organization

内容要求

知道化学反应速率的表示方法,了解测定化学反应速率的简单方法。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。^[3]在知识学习中,通过组织学生开展“化学反应速率测定”“外界条件对化学反应速率影响”等实验活动,形成并发展变量控制的实验思想。^[3]

理解的内容有:物质的反应是足够能量和正确方向的碰撞的结果,反应速率表示为每单位时间特定反应物/产物的浓度变化,反应中浓度的变化可以通过监测质量、体积和颜色的变化来间接跟踪,活化能(E_a)是碰撞分子成功碰撞导致反应所需的最小能量,通过降低 E_a ,催化剂增加了化学反应的速率,而其本身不会发生永久性的化学变化。^④

应用与技能的内容有:能够运用粒子运动描述动力学理论,分析速率实验的图形和数值数据,解释温度、压强/浓度和粒径对反应速率的影响,构建麦克斯韦玻尔兹曼能量分布曲线以说明成功碰撞的概率和影响碰撞的因素,包括催化剂的影响;用实验方法研究反应速率并对结果进行评估;绘制和解释有催化剂和无催化剂的能量分布图。^[4]

(二) 核心知识的对比分析

1. 知识深度的对比分析

沪科版教材中,必修与选必课程中化学反应速率的知识主线完全一致,都是两个标题“化学反应速率”和“影响化学反应速率的因素”。区别在与选必进行了知识的进阶和内容的升级。两套教材在知识内容上,主要模块和主流知识基本一致,即化学反应速率的定义及相关计算、反应速率的测定方法、碰撞理论、影响化学反应速率的因素,细化的知识框架如表 1。可以清晰地看出,模块中的具体知识点呈现出现较大的差异化。这些差异源于课程目标和内容标准的差异化。

而速率和反应方程式系数的关系都是考查的内容,沪科版教材做了统一的计算标准,而 IB 课程上并未提及。在教学实践中,学生在通过化学反应方程式比较反应速率中,IB 学生就会产生较大困惑。因此,IB 课程在这一部分内容上需要补充相关知识。

反应速率概念的引出、反应速率的测定方法和影响化学反应速率的因素的知识内容设定和呈现上出现了更大的差异化,下文将单独讨论分析。

表 2 两套教材关于“化学反应速率”知识点对比表

序号	模块	知识点	沪科版教材	IB 教材 Standard Level	IB 教材 High Level*
1	化学反	化学反应速率的定义及单位	√	√	×
2	应速率	化学反应速率的计算式	√	√	×
3	的定义	化学反应速率与反应方程式系数的关系	√	×	×
4	及相关	平均反应速率定义及计算	√	○	×
5	计算	瞬时反应速率(初始瞬时反应速率)定义及计算	○	√	×
6	反应速	气体体积变化法	○	√	×
7	率的测	质量变化法	×	√	×
8	定方法	色度法/分光光度计法	○	√	×
9		滴定法	×	√	×
10		电导率法	×	√	×
11		时钟反应法(化学法)	○	√	×
12	碰撞	有效碰撞(碰撞能量和碰撞取向)	√	√	×
13	理论	麦克斯韦玻尔兹曼分布曲线	×	√	×
14		反应活化能-阿伦尼乌斯方程*	×	×	√
15		过渡态理论	√	×	√
16	影响化	温度	√	√	×
17	学反应	浓度	√	√	×
18	速率的	压强	√	√	×
19	因素#	反应物颗粒大小	√	√	×
20		催化剂	√	√	×
21	反应级	实验法确定反应级数和速率表达式	×	×	√
22	数*	基元反应	√	×	√
23		反应机理	×	×	√

表中的符号说明：“√”表示详细解释，“×”表示未提及，“○”表示仅提及，未展开阐述。“*”只作为参考，不作为本文章的主要研究对象。“#”在文章中会特别说明。

2. 化学反应速率测定方法的对比分析

化学反应速率测定方法部分在沪科版化学新教材 2.3 化学反应的速率一节中呈现内容较少，主要介绍了量气法和分光光度法，并简述了方法的测定原理和适用条件，强调了测定方法的分类即物理法和化学法以及两类测定方法的特点，指出化学法的局限性。在实验插图、定量曲线、详细举例等方面并未提及。

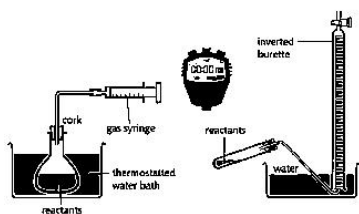
在 IB 化学教材第 6 章中，测定方法以独立的小节呈现，强调测定技术选取依赖于反应自身特点，并详细阐述了 6 种测定方法（即量气法、质量变化法、分光光度计法、滴定法、电导率法和“时钟反应”法）的测定原理、适用条件、定量数据曲线、测定过程等，四种方法给出了实验插图。（见图 1）

表 3 测定化学反应速率必备的理论、实验操作知识及两套教材对比

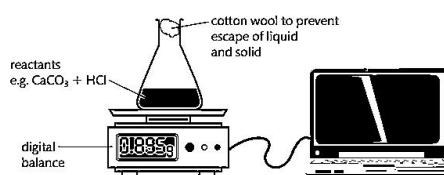
测定方法	适用反应的特点	实验操作知识	沪科版教材	IB 教材	IB 教材插图
量气法	气体生成反应	气体反应装置和收集装置搭建 排水法适用条件（难溶于水的气体）， CO ₂ 收集可使用热水或排饱和碳酸氢钠从而减少气体溶解。	○	√	①
质量变化法	气体生成反应	锥形瓶口放置棉花，减少水蒸气挥发带来的质量较少误差 氢气等气体相对分子量较小的气体不适用	×	√	②
分光光度计法	有颜色变化的反应	分光光度计的使用，如：内置标准曲线的绘制、吸光度-时间曲线的数据处理等	○	√	④
滴定法	酸碱中和反应 氧化还原反应	中和滴定操作和氧化还原滴定操作 终止剂的选择	×	√	×
电导率法	反应前后离子数目变化较大的离子反应	电导率仪的校准及使用方法	×	√	×
“时钟反应”法	沉淀反应	特定反应终点的合理选取	×	√	③

表中的符号说明：“√”表示详细解释，“×”表示未提及，“○”表示仅提及，未展开阐述。

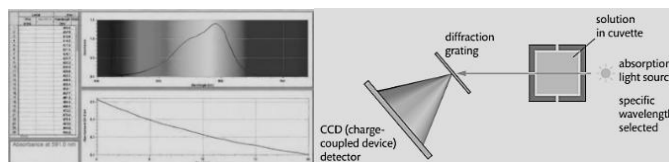
①量气法



②质量变化法



③“时钟反应”法



④分光光度计法

图 1 IB 教材

中测定反

应速率的不同方法

图象摘自 Standard Level Chemistry(2nd Edition 2015),PEARSON BACCALAUREATE:201-204

化学反应速率测定方法涉及到的理论知识和实验原理范围广，难度大，学生学习难度较大。测定化学反应速率内容设定与课程目标有直接关系（见表 3）。IB 在课程评估中设定了校内评估（Internal Assessment，简称 IA），主要是学生自主选题，完成一个基于兴趣和化学知识的问题探究项目并形成论文。化学反应速率是 IA 选题的重要部分，在探究反应速率影响因素时，必然要能够针对反应特点选择合适的测定反应速率方法。因此，IB 课程在测定方法这部分做了深入且具有归纳性的学习。

沪科版教学目标对于测定化学反应速率的要求是了解简单方法，只强调测定反应速率的关键原理和易于理解的实例，更有利于学生理解测定原理和方法。需要强调的是在《普通高中化学课程标准》教学提示中写道“组织学生开展‘化学反应速率测定’外界条件对化学反应速率影响”等实验活动，形成并发展变量控制的实验思想；在开展“外界条件对化学平衡影响”的实验探究活动中，发展学生演绎推理、系统假设等思维能力。”^[3]可见，两个课程在“测定化学反应速率”这部分培养学生科学的实验思想和思维能力上是高度一致的。

3.“影响化学反应速率的因素”内容呈现的对比分析

沪科版教材和 IB 教材在影响化学反应速率一节中都分别从反应物浓度、温度、压强、反应物颗粒大小和催化剂 5 个方面进行了阐述。但呈现思路和深度广度上有较大的差异，具

体比较和分析如下：

呈现思路

沪科版教材必修二以实验设计（控制变量）——实验实施——得出结论的模式，引导学生从实验中得出 5 个因素的改变是如何影响化学反应速率的。例如：在研究浓度对化学反应速率的影响中，在其他因素不变的情况下（控制变量），用镁带和不同浓度的盐酸反应，以 Y 型管装置做对比实验，以压强改变衡量产生氢气的速率，进而定性地观察浓度对反应速率的影响。这种设计思路和化学学科“变化观念”和“科学探究与创新意识”的核心素养高度匹配，对于培养必修阶段的学生学科素养也有积极的作用。沪科版教材选必 1 以基元反应和碰撞理论逐一分析 5 个因素是如何影响反应速率的，呈现以理论解释为主，能量-反应历程图象为辅。

IB 教材则直接从理论演绎，个别实验辅助说明，实验的引入较为随意。但 IB 教材引入麦克斯韦玻尔兹曼分布曲线和能量-反应历程图象，将抽象的碰撞理论转化为具象的图象数据，说明 5 个因素分别是如何影响反应速率的。例如：研究温度对反应速率的影响，从麦克斯韦玻尔兹曼分布曲线中可以看出（图 1），温度升高， E_a 不变，最高峰位置右移，红色积分面积增大，活化分子百分数增大，有效碰撞的频率增大，反应速率加快。

可见，沪科版教材更重视直观感受和学生化学兴趣的培养，而 IB 教材更重视理论的解释和图象的应用。

深度广度

IB 的标准水平课程（SL）与沪科的选必水平相当，从碰撞理论解释不同因素对化学反应速率的影响。但 IB 的高水平课程（HL）反应级数（通过实验数据或基元反应确定反应级数，表达反应速率方程）和活化能计算（阿伦尼乌斯方程），这部分知识是大学预科水平。可见，IB 课程在这部分知识理论的整体要求较高。

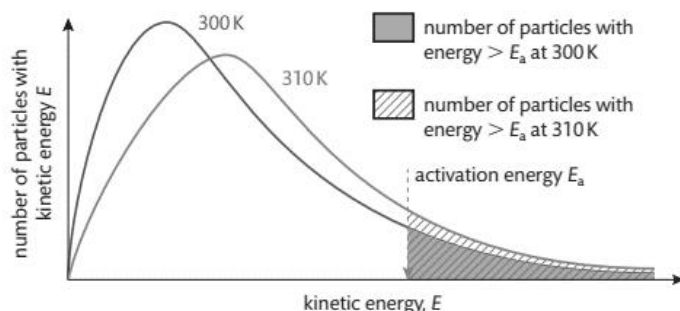


图 2 麦克斯韦玻尔兹曼分布曲线-温度对反应速率的影响图象

图象摘自 Standard Level Chemistry(2nd Edition 2015),PEARSON BACCALAUREATE:208

（三）知识引入和侧重的对比分析

两套教材对反应速率的定义、计算式、单位的要求完全一致。但在概念引入、反应速率类型、图象应用上出现了较大差异。具体如下：

1. 引入方式：沪科版教材是实验引入，IB 课程是直接告知

国内新版教材通过实验探究：大理石与盐酸反应的速率作为切入，以反应体系总质量随

时间的变化量引出描述化学反应速率的科学方法即化学反应速率定义式。这种引出方法直观，有利于学生理解。但在一定程度上会让学生对质量变化和浓度变化产生认知冲突，可能对反应速率定义式中浓度的变化量出现概念混淆。

IB 教材对化学反应速率定义的提出较为直接，提出定义式后，以浓度-时间曲线呈现反应速率的概念，特别强调通过切线法计算瞬时速率和初始反应速率。这种呈现方式直接，但缺少实验的直观性和趣味性。

2. 速率种类：平均速率和瞬时速率的侧重不同

沪科版教材注重平均速率的概念和计算，只在资料库提到了瞬时速率。而 IB 课程则注重瞬时速率的计算和图象处理。从测定反应速率的实验数据图象中不难看出，反应速率一定会随时间不断变化，因此，IB 课程更贴合研究实际。同时，IB 教材中高阶课程（HL）与标准课程（SL）的知识存在衔接关系。HL 中通过实验方法确定反应级数的相关知识中用到的反应速率即初始瞬时反应速率。因此，瞬时速率在 SL 中也是做了铺垫。

3. 在图象的应用上侧重不同

两套教材都引入了浓度-时间图象，沪科版教材只是定性的图象，但 IB 教材是定量数据，对于曲线的数据处理有较高要求，学生需要通过做图上某点的切线求正切值计算该点的瞬时反应速率，同时，通过观察斜率的变化分析反应速率的变化。

二、思考与启发

（一）思考

通过上述的对比研究发现，“化学反应速率”在两套教材中就内容选择、编排特点上都是按照各自的课程标准和思维逻辑进行呈现的，各有特色。沪科版教材和 IB 教材的主流思想都是理论导向，凸显化学学科核心观念，精选化学核心知识。化学教材应精选化学学科基本概念、原理和事实性知识，为学生化学学科核心观念的形成奠定基础；依据课程内容、学业要求和学业质量水平的要求，确定化学知识的深广度。但在呈现核心观念和核心知识的方式上差异较大。

IB 标准水平教材突出图象的运用，例如用图象表征概念、用图象具化理论、用图象分析数据等。在这一章节中主要的图象有定量的浓度-时间图象、能量-反应进程图象、麦克斯韦玻尔兹曼能量分布图、定性的反应速率测定图等。图象的设置为 IB 高阶课程（HL）中反应级数做了充分而细致的铺垫。

沪科版的亮点是实验的设置。在这一章节设置了课堂演示实验，学生实验和必做实验。通过实验设计、实验实施、实验结论的模式逐步揭开反应速率知识的面纱。沪科版教材精心设计学生必做实验，增加微型实验和创新实践活动等，让学生在实验探究活动中学习科学方法，认识科学探究过程，体会、认识技术手段的创新对化学科学的重要价值，有助于学生形成严谨求实、勇于实践的科学态度，发展实践能力。^[5]

(二) 启发

1. 重视图象的运用和分析, 用数学模型建立化学情境

沪科版教材通过课堂实验引入化学反应速率概念, 直观具体, 学生更容易接受。而 IB 课程更重视图象的作用和数据图象的处理能力。化学反应速率研究的是化学反应的快慢, 可以通过化学反应发生的特定变化所用时间来宏观感知。但, 通过定性的感受并不能展现科学的严谨性, 在一定程度上也限制了学生理解“化学反应速率是测得的”这一认知。如果教师在教学实践中能够充分利用两套教材的优势, 以定性实验引入概念, 帮助学生宏观感知; 以定量实验收集数据、处理数据图象、分析数据、得出结论, 帮助学生通过数学模型建立科学严谨的测定化学反应速率的情境, 提升学生科学的实验思维和实验能力, 实现由定性认知到定量认知、由现象认知到建立模型的认知水平的提升。

2. 拓展实验设计, 培养学生创新能力

IB 教材 HL 适合认知水平层次较高的学生, 所以内容选取上难度较大, 例如影响化学反应速率的因素、碰撞理论、反应级数、反应活化能的计算等在广度和深度上都有所延申。对于重点中学或者认知水平较高的学生, 教师可以在碰撞理论和图象支持上给予拓展, 同时, 拓展测定化学反应速率的多种方法和通过实验数据推断反应级数的实验探究。

以拓展测定化学反应速率的方法为例: 测定化学反应速率对启发学生探究思考和变量控制实验思想、理解化学反应速率是“实验测得的”、发展学生化学学科核心素养具有重要的意义。在国内活动课和选修课中, 教师可以通过引导和组织学生开展项目式实验活动, 如教师将量气法、质量变化法、分光光度法、时钟反应法四个实验方法作为基础, 让学生应用这四种方法自行设计实验目的和实验步骤, 通过实验得出以数据为支撑的实验结论。由点及线地引导学生发散思考: 这四种实验方法是否能够实现同一实验目标即反应速率的测定? 学生可以自行设计用四种实验方法测定反应速率的实验, 并归纳总结反应速率的测定方法及每种方法的利与弊。在这样一个项目式实验探究过程中引导学生做学科知识串联, 提升学生的实验探究兴趣和实验设计能力, 从而实现知识迁移和实验创新。教师在讲授化学反应速率时, 适当展开测定方法部分, 讲解原理, 提供可行的测定装置图, 通过 1~2 个课堂实验现场展示测定方法, 有助于学生加深对“反应速率是测得的”的理解, 因地制宜的方法选择和条条大路通罗马能够帮助学生建立科学的思维能力, 提升学生科学解决问题的能力。

总之, 教材服务于课程目标, 但教师在实施教学过程中, 应该是“用教材教”而不能“教教材”。教师在教学中, 除了应用教材这一资源之外, 还可以根据学生的认知水平自主选择或者开发其他教学资源, 以最适合的方式去阐释和掌握教材, 便于促进学生创新意识的形成和自我个性的发展, 充分体现素养为本的教学理念^[6]。

参考文献：

- [1] 毕华林. 走向生本的教科书设计：中学化学教科书设计的理论与实践 [M]. 济南：山东教育出版社，2006:10.
- [2] 石月,中英化学教科书的比较研究——以“化学反应速率”为例 内蒙古师范大学学报（教育科学版），1671-0916. 2023.02.018.
- [3] 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）[M]. 北京：人民教育出版社，2020:6.
- [4] Standard Level Chemistry (2nd Edition) PEARSON BACCALAUREATE, 2015, 197-211.
- [5] 田蓓.整合装备 解决堵点 落实课标 [J].陕西教育(教学版),2023,(06):41-43.
- [6] 王瑞政,杨勇.中美高中化学教材中盐类水解内容的比较研究[J].中学化学教学参考,2020,No.517(09):69-70.