

浅谈三段论演绎推理法在化学教学中的应用

程洁鑫¹, 李 佳^{2*}, 李晓燕¹, 汪朝阳¹

(1. 华南师范大学化学学院, 广东广州 510006; 2. 广东省教育考试院, 广东广州 510631)

摘要: 分析化学中证据推理与逻辑推理的关系, 从逻辑学角度简述三段论演绎推理法中的格与式以及利用格与式命名直言三段论演绎推理的有效形式。结合实例详介三段论演绎推理法在化学教学中的应用及作用, 旨在帮助学生更好地进行逻辑思维的建构。

关键词: 三段论; 演绎推理法; 证据推理; 化学教学研讨

文章编号: 1005-6629(2020)04-0088-05 中图分类号: G633.8 文献标识码: B

1 引言

化学学科核心素养是学生通过化学学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力^[1]。在证据推理素养方面, 新课标明确提出学生要具有证据意识, 能基于证据对物质组成、结构及其变化提出可能的假设, 通过分析推理加以证实或证伪, 建立观点、结论和证据之间的逻辑关系^[2]。基于此, 教师开始注重在教学上培养学生的化学证据推理能力, 但缺乏较为行之有效的教学策略。因此, 如何采取有效策略使之在教学上真正落地, 是教师关注的热点问题。

高中化学课程标准对证据推理素养的要求可概括为两点, 一要有证据意识, 二要建立观点、结论和证据之间的逻辑关系。在教学中应用逻辑学相关理论可以更好地指导教师处理相关教学内容的逻辑关系。鉴于此, 本研究主要探讨在教学中如何应用三段论演绎推理法以培养学生的化学学科证据推理素养。

2 理论基础

2.1 逻辑推理与命题的关系

“逻辑”一词最早起源于希腊词, 即“逻各斯”。逻各斯的基本语义是言辞、理性、秩序、规律。在现代汉

语中, 逻辑主要是指思维的规律、规则。逻辑研究的核心是思维中的推理, 命题是推理的建筑基块^[3]。一个命题是指可供判断的陈述句, 断定事情是如此这般。推理是从一个或者一些已知的命题得出新命题的思维过程或思维形式^[4]。因此, 逻辑推理是指基于一定的思维标准, 从一个或多个命题有效地推导出新命题的思维过程或思维方式。

2.2 命题与证据的关系

威廉姆森^[5]认为, 只有命题才能发挥证据这个日常概念的心理理论功能。证据的作用通过命题来实现, 而命题则使证据中所蕴含的关于物质及其变化的事实或各类物质及其反映的不同特征得以发现和确立。由此可见, 命题与证据之间存在着必然联系。在某种意义上, 所有的证据都是命题, 只有认知主体把握的命题才能是它的证据。因此, 建立观点、结论和证据之间逻辑关系的过程就是逻辑推理过程。

2.3 三段论演绎推理

逻辑推理可分为类比推理、归纳推理和演绎推理。演绎推理是指从一般性的前提出发, 通过推导得出具体陈述或个别结论的过程^[6]。它是必然性推理, 其前提的真能够确保结论的真。演绎推理的基本形式是三

* 通讯联系人, E-mail: xuefeng020@126.com。

段论。三段论是由一个共同词项把两个直言命题连接起来,得出一个新的直言命题作为结论的推理。**直言命题**是一个主谓式命题,它断定某个数量的对象具有或者不具有某种性质,因此也叫做性质命题,其基本结构是(量项)+主项+(联项)+谓项。故也可说三段论是一种以两个包含着一个共同词项的性质判断为前

提,推出一个新的性质判断为结论的推理形式^[7]。

三段论中结论的主项是小项(用 S 表示),含有小项的前提是小前提;结论的谓项是大项(用 P 表示),含有大项的前提是大前提;两个前提共有的词项叫做中项(用 M 表示)。根据中项在前提中的不同位置,三段论可分为四种不同的格,可分别表示如图 1 所示。

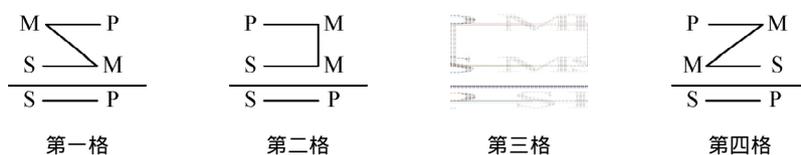


图 1 三段论中的四种格

每个三段论都有一个式。三段论的式是由其所含直言命题的类型而定(以字母 A、E、I、O 为标志)。A 命题类型:所有 S 是 P; E 命题类型:没有 S 是 P; I 命题类型:有 S 是 P; O 命题类型:有 S 不是 P。每个三段论的式都由三个特定顺序排列的字母组成,分别对应大前提的类型、小前提的类型、结论的类型。譬如,大前提:卤代烃是一种可水解成醇的物质;小前提:一氯甲烷是卤代烃;结论:一氯甲烷是一种可水解成甲醇的物质。该三段论属于第一格,其中三个直言命题都是属于 A 类型,故可表示为第一格 AAA^[8]。在三段论中,一个格有 64 个可能的式,而三段论共有四个格,于是三段论总共有 256 个可能的形式。但并非所有形式都是有效的,可依据三段论规则(如表 1 所示)进行无效性排除。

些违反了一条或几条规则的形式之后,只剩下 15 个有效的直言三段论形式,具体如表 2 所示。

表 2 直言三段论的 15 个有效形式

第一格	AAA, EAE, AII, EIO
第二格	AEE, EAE, AOO, EIO
第三格	AII, IAI, EIO, OAO
第四格	AEE, IAI, EIO

表 1 三段论规则

规则 1: 避免四项	规则 2: 中项至少在一个前提中周延
规则 3: 在结论中周延的项在前提中也必须周延	规则 4: 避免出现两个否定前提
规则 5: 如果有一个前提是否定的,那么结论必须是否定的	规则 6: 两个全称前提得不出特称结论

注:周延,逻辑术语,是指判断本身直接或间接地对其主项(或谓项)的全部外延作了断定的,就称这个判断的主项(或谓项)是周延的,反之不周延。

许多世纪以来,逻辑训练的一种常用方式,就是通过给出三段论有效形式的名称,来为三段论推理的可靠性进行辩护,从而提高识别有效推理与无效推理的能力^[9]。在化学教学中,要让学生能够基于证据去构建结论与证据间的逻辑关系,教师需要通过不断加强学生关于有效推理三段论式的培养,让学生自主利用三段论的有效形式诊断自身的演绎推理过程,从而提高学生的有效推理能力。

2.4 问题解决中的证据与推理

逻辑推理是一个产生新知的过程,它不仅依赖于逻辑,还需要以相关知识为先决条件。故在证据推理能力的培养中,证据的有效获取起着决定性作用。

问题解决过程一般可分为以下七个阶段,分别是理解和表征问题、寻求解答、制定预期结果、探索可能的方法解决问题、组织数据和计算、评价,具体如图 2 所示^[10,11]。

依据表 1 的三段论规则,256 个形式中,在排除那

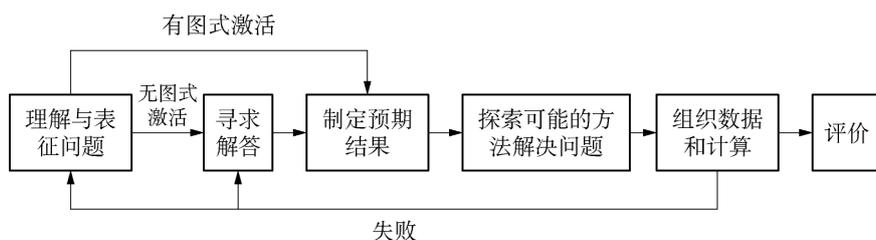


图2 解决问题的模型

在理解和表征问题中,我们识别有用信息,对问题情境中的信息进行表征,当表征的问题能够激活大脑中已有的相应图式,该图式可作为一个证据,使我们自然联想出一个顿悟式的解决方案。如果没有现成的图式可循,这说明我们已有认知图式中可提供的证据不够充分,证据间的关系尚未有效构建。针对该问题需要进入寻求解答阶段,寻求更多证据,并据此进行相应的逻辑推理来建立更多联系,制定预期结果,探索可能的方法去解决问题。

3 化学学科证据推理能力的培养

3.1 应用化学证据和三段论的格与式培养推理能力

从化学学科看,证据可分为理论证据和实验证据。

理论证据包括化学基本原理、物质的化学性质、具体的化学反应等;实验证据是通过实验可获得的有用的相关现象(如颜色、声音、状态变化等)及所收集到的实验数据。化学教学中,教师应以化学证据为载体,有意识地培养学生逻辑推理的基本形式(如三段论演绎推理),并让学生基于此去构建结论与化学证据间的逻辑关系。

三段论演绎推理中,第一格的AAA式是一种有效推理的三段论形式(见表3),下面以该类型三段论为例进行化学推理分析。

表3 第一格的AAA式三段论示例

类型	案例分析
物质性质	[案例1]Na与H ₂ O反应的推理学习 大前提:能使酚酞试液变红的溶液具有碱性; 小前提:Na与H ₂ O反应后滴加酚酞试液,溶液变红(实验证据); 结论:Na与H ₂ O反应后的溶液具有碱性。

续表

类型	案例分析
	大前提:还原剂使氧化剂中某元素的化合价降低; 小前提:Na与H ₂ O反应,Na是还原剂,H ₂ O是氧化剂; 结论:H ₂ O中的H元素化合价降低,生成氢气。 说明:通过上述推理可得出Na与H ₂ O反应生成NaOH和H ₂ 。 [案例2]Fe ²⁺ 与Fe ³⁺ 的相互转化 大前提:使KSCN溶液变红的溶液含有Fe ³⁺ ; 小前提:Fe ²⁺ 与H ₂ O ₂ 溶液混合所得溶液可使KSCN溶液变红; 结论:Fe ²⁺ 与H ₂ O ₂ 溶液反应所得溶液中含有Fe ³⁺ 。 大前提:反应中化合价升高的物质具有还原性; 小前提:Fe ²⁺ 与H ₂ O ₂ 溶液反应生成Fe ³⁺ ,化合价升高; 结论:Fe ²⁺ 具有还原性。
基本原理	[案例3]反应热 大前提:放热反应是一类反应物的键能小于生成物键能的反应; 小前提:酸碱中和是放热反应; 结论:酸碱中和是一类反应物的键能小于生成物键能的反应。 [案例4]化学平衡移动原理 大前提:一定条件下达到平衡的吸热反应,升高温度,平衡会正向移动; 小前提:N ₂ O ₄ ⇌ 2NO ₂ 是吸热反应; 结论:N ₂ O ₄ ⇌ 2NO ₂ ,升高温度时该反应的平衡会正向移动。
有机化合物	[案例5]醇的性质 大前提:所有醇可与乙酸反应生成酯; 小前提:乙醇是醇; 结论:乙醇可与乙酸反应生成酯。 [案例6]烯烃的性质 大前提:烯烃可与溴的四氯化碳溶液发生加成反应; 小前提:乙烯是烯烃; 结论:乙烯可与溴的四氯化碳溶液发生加成反应。

在化学学习中,若学生无法通过已知条件推理得出正确答案,主要在于推理的无效性。为了提高学生的化学证据推理能力,需要在化学教学中教授有效的逻辑推理形式,让学生对照表2的有效形式,诊断自身的推理过程。如大前提:化学反应都存在能量变化;小前提:熔化过程存在能量变化;结论:熔化过程是化学

反应。该推论属于第二格的 AAA 三段论形式,不在表 2 有效形式的范围内,是无效的,它不符合“中项至少在一个前提中周延”的三段论规则。根据“化学反应”和“熔化过程”分别与“能量变化”的联系,“化学反应”和“能量变化”在两个前提中都不周延,都没有提及到全部“能量变化”。

3.2 应用信息加工理论,提取证据进行逻辑推理

学生学会了逻辑推理的基本形式并不意味着学生就获得了证据推理能力。学生如何才能准确提取解决化学问题所需的相关证据呢?我们可利用信息加工理论对有机化学中的逻辑推理进行简单分析。

在逻辑推理前,需要对问题进行理解和表征。譬如,对问题的表征是制备丙酸甲酯,这时,大脑中已有的认知图式“酸和醇反应可制备酯”被激发,那么“酸和醇反应可制备酯”的图式就可作为一个证据帮助我们解决合成问题。

当所表征的问题无法激发大脑产生相应图式时,就需进入寻求问题解答阶段,寻找更多证据。如在有机合成题中,学生要能够进行合成路线设计,需要具备碳骨架构筑和官能团转化的相关知识。其中,关于碳骨架构筑的有机反应在高中教材主要涉及加聚反应,但在高考试题中还会涉及羟醛缩合、格氏试剂反应等^[12]。面对这些新的刺激,学生需要学会对陌生信息进行顺应,把刺激整合到已有的认知结构中,才可进行证据间的关联,从而进行演绎推理。

证据获得后接着需要以合成目标分子为导向探索可能的方法解决问题。在有机合成路线中,我们会面临问题表征与认知图式中证据模块的匹配问题。当问题表征无法引起相应的刺激时,说明问题表征的难度

太大或是表征不当,需要运用一定的策略来解决问题。鉴于高考试题合成的目标有机物分子比较复杂,往往采用逆向合成法,根据官能团和碳骨架特点将目标有机物分子合理拆分成几个片段,缩小证据寻求的难度,有利于问题解决所需证据的匹配。方法策略获得后则可进入组织数据和计算阶段,该阶段对有机合成题来说,就是组织证据,建立证据之间逻辑关系的阶段。

3.3 教学案例详解

下面将以一道有机合成题为例,具体论述如何发展学生的证据推理能力。

写出用环戊烷和 2-丁炔为原料制备化合物



对于目标物的合成,可根据其碳骨架特点,用逆向合成法进行拆解。如何切断目标分子,涉及对陌生信息的同化。学生要将“碳碳双键与碳碳三键反应可成环”作为一个新证据整合到已有的认知图式中,并利用该证据把目标有机物分子拆成环戊烯和 2-丁炔两个小片段,与原料进行比对,寻求证据匹配。

如对照原料环戊烷与小片段环戊烯,存在碳碳双键的引入关系,该问题表征可刺激大脑中已有的关于碳碳双键引入的认知图式,选择合适的证据(如卤代烃的消去、卤素原子的引入),进行中间体的合成。

通过分析,可看出要合成目标产物,需要具备卤素原子的引入、碳碳双键的引入和成环反应等证据信息。当大脑中的这些相关图式被激活后,接着就进入探索可能的方法解决问题阶段,尝试构建证据间的关联,具体过程如图 3 所示。

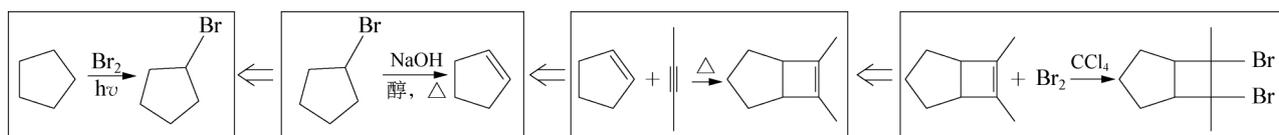


图 3 有机合成推理过程(逆向合成法)

[推理 1]

大前提: 碳碳双键可与卤素单质发生加成反应;

小前提: 含有碳碳双键;

结论:  可与溴单质发生加成反应,生成

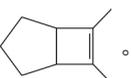
目标产物。

[推理 2]

大前提: 碳碳双键与碳碳三键在一定条件下反应成环,含碳碳双键;

小前提: 环戊烯含碳碳双键,2-丁炔含碳碳三键;

结论: 环戊烯与 2-丁炔在一定条件下反应可生

成 。

[推理 3]

大前提: 卤代烃在氢氧化钠醇溶液的作用下加热发生消去反应,形成碳碳双键;

小前提: 溴代环戊烷是卤代烃;

结论: 溴代环戊烷可发生消去反应,生成环戊烯。

[推理 4]

大前提: 烷烃与卤素在光照条件下可发生取代反应,生成卤代烃;

小前提: 环戊烷是烷烃;

结论: 环戊烷可与卤素单质 Br_2 发生取代反应,生成溴代环戊烷。

通过以上四个基于三段论的推理过程,我们可以设计出合成目标产物的合成路线,培养学生基于证据的逻辑推理能力,符合新课标关于核心素养的要求,是证据推理素养在课堂上落地的具体体现。

4 结语

《普通高中化学课程标准(2017年版)》明确提出要培养学生证据推理能力^[13]。证据推理能力的培养关键在于证据间逻辑关系的建立。三段论演绎推理的逻辑学知识的学习有助于学生逻辑思维能力和逻辑推理能力的培养。通过各种有效推理形式的学习,可不断

促进学生思维的深度加工,使学习由量变到质变,产生高阶思维的学习结果。

证据推理水平 4 明确提出学生“能依据各类物质及其反应的不同特征寻找充分的证据,能解释证据与结论之间的关系”。证据的充分性离不开学生的高阶思维能力,学生的高阶思维能力离不开逻辑推理素养的培养,由此可见,逻辑推理能力的形成在培养学生化学证据推理能力中具有举足轻重的作用。

因此,在化学教学中,教师要注重学生逻辑思维能力的培养,在教学内容及教学方法的组织与选择上应关注学生作为主体的学习过程中的思维逻辑方式和建构过程,充分考虑在适当的时候帮助学生更好地进行逻辑思维的建构。与此同时,要切实注重化学实验并有效进行实验教学,充分运用证据进行知识的学习,将证据推理和逻辑推理能力的培养渗透到每一节化学课堂教学中。

参考文献:

- [1][2][13] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018: 3~4.
- [3][9] 柯匹, 科恩. 张建军, 潘天群等译. 逻辑学导论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2005: 6~10, 271~274.
- [4][6][7][8] 陈波. 逻辑学导论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2014: 7~9, 96~201.
- [5] [英]威廉姆森. 刘占风, 陈丽译. 知识及其限度[M]. 北京: 人民出版社, 2013: 245~261.
- [10] 莫雷. 教育心理学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2005: 189~193.
- [11] Mohamed A. Shahat, Annika Ohle, Hans E. Fischer. Evaluation of a Teaching Unit Based on a Problem-Solving Model for Seventh-Grade Students [J]. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 2017, 23(1): 205~224.
- [12] 左金鑫, 何彩霞. 探寻潜藏在有机化合物分子结构中的反应模式——以高二“有机合成”复习教学为例[J]. 化学教学, 2019, (2): 40~45.