

有机化学推断题问题解决困难成因及对策探析

吴晗清^{1,2}, 戚真¹

(1. 首都师范大学教师教育学院, 北京 100037; 2. 首都师范大学化学教育研究所, 北京 100048)

摘要:有机推断题是高考中必考的题型之一, 难度较大。对北京市普通高中 234 名高二学生的研究表明: 学生两极分化明显, 容易“一卡全卡”, 最怕书写同分异构体及化学计算; 大部分学生缺乏深度系统的有机知识结构; 部分学生不清楚反应中化学键的断裂与生成情况, 尤其是取代和消去反应; 绝大部分学生空间想象力不够, 难以理解分子的空间结构。基于此提出: 通过点面结合来构建完整的有机化学知识结构体系; 从键的不饱和度和键的极性来分析反应中化学键的变化情况; 多维度提高学生对于同分异构体的深度把握。

关键词:化学教学; 有机推断; 问题解决; 实证研究

文章编号: 1005-6629(2018)1-0024-06

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 引言

有机化学是研究有机物的组成、结构、性质、制备方法与应用的科学^[1]。有机化学不仅与学生的生活紧密联系, 而且是高中化学学科知识的重要组成部分, 内容分布于必修 2 的一个章节以及选修 5 的整个模块。学生掌握好有机化学知识无论是对生活还是对学业都十分重要。

有机推断题是考试的常见题型, 它整合了有机化学的知识, 考查学生关于有机化学的知识点、知识结构、思维能力和空间想象能力等, 难度较大。教学实践中, 学生反映有机推断题困难较多。比如由于推断题大部分以框图的形式给出信息, 一旦某处的关键物质没有正确推导, 就会“满盘皆输”。而且推断题有较大的灵活性, 几乎都是陌生的问题情境。学生若仅仅死记硬背书本上官能团的性质和反应, 必然会无从下手。因此, 研究学生在解答有机推断题时的困难并提出对策, 十分必要。

对于高中生解答有机推断题的研究主要集中在以下几个方面: 一是探讨有机推断题的解题思路, 或者介绍某种解题技巧。如有人总结出“加减”、“相似”和“正逆推”三种方法速解有机推断题^[2]。二是研究有机推断题复习策略, 或者对书

本知识进行二次总结。如从教材原顺序、反应类型、反应条件和特殊现象四个方面对教材知识进行详细的总结梳理^[3]。三是研究学生在解答有机推断题时的心理过程, 如有研究发现优中差三类学生在解题的问题表征、设计解题计划、执行计划和回顾四个阶段都存在差异^[4]。四是对高考有机题进行分析, 如将试题的特征总结为结构稳定, 比例相近; 立足教材, 注重基础; 关注实际, 注重实验等等^[5]。

从数量上来看, 研讨解题思路和研究复习策略的文献占绝大多数。内容上, 大部分文献缺乏对学生解题出现困难原因的深入分析。而一些知识总结性的文章, 往往按照有机反应的类型、反应的条件、反应的官能团等列出详细的表格, 例如总结出高中学过的所有取代、加成、消去和氧化反应, 期待学生记住, 而后直接运用在解题当中。本研究采用实证的方法, 拟找出学生解答有机推断题出现的困难并深刻分析其原因, 从而提出切实可行的教学建议。

2 研究设计

2.1 对象设计

本研究试图为高二教师教授有机化学模块提供教学参考和建议, 因此以北京市普通高中的高

试大纲修订答记者问[DB/OL]. http://www.moe.edu.cn/jyb_xwfb/s271/201610/t20161014_284870.html, 2016-10-14.

[14][15] 姜钢,《中国考试》编辑部. 扎实推进高考内容改革 助力提高教育质量——访教育部考试中心主任姜

钢[J]. 中国考试, 2017, (1): 1~7.

[16] 教育部考试中心. 丰富试题素材 发挥引导作用——2017 年高考化学试题评析[J]. 中国考试, 2017, (7): 22~26.

二学生为研究对象进行测试。发放试题 260 份,回收有效试题 234 份,有效率为 90%。

2.2 工具设计

本次调查采用的研究工具分为三个部分:客观题、主观题以及访谈提纲。

客观题部分。采用三道高考题。高考题是由专家编制而成,信度、效度及区分度都有一定的保证,全国卷更是如此。在适用性较广的高考全国卷和新课标卷的有机推断题目中,选择 2010 年全国 II 卷的第 30 题、2012 年新课标 II 卷的第 38 题以及 2013 年新课标 II 卷的第 38 题作为学生的测试题目(以下分别简称 2010 年试题、2012 年试题、2013 年试题)。这些题目考查的知识比较全面,尤其突出考查了官能团之间的相互转化关系。

主观题部分。参考已有文献中对学生化学知识结构的考查方式,请学生用其愿意的任意方式(可以是文字、表格、箭头、漫画等)尽可能丰富地展现出学过的有机化学知识。考查时间为 20 分钟,期间没有参考任何资料,同伴之间没有相关交流^[6]。此题旨在明确学生头脑中已有的有机化学知识,重点调查学生对有机的核心内容有无整

体框架式的把握,进而与学生的答题情况联系,研究学生对有机知识的结构性把握对解题的影响。

访谈部分。首先对 30 名学生进行了访谈,分别问学生觉得有机推断题难吗?为什么觉得难?什么类型的问题答不出来?其次对 10 名教师进行了访谈,对被试学生的多名教师进行了访谈,分别问教师觉得有机推断题是学生的难点吗?难点在哪里?哪种类型的题目学生解答有困难?要想提高学生的有机推断题的解答能力,教学中应该注意什么?为最后提出针对性建议提供参考。

2.3 分析方法

为了解学生解答有机推断题时存在的缺陷,笔者对每道题从题目考查内容、学生作答错误类型、错误率(该类型出错人数占总答题人数的百分比)以及错误原因 4 个方面进行了分析和整理。主要关注错误率较高的题型以及重复出现的错误原因。

3 结果分析

客观题统计结果如表 1 所示。从作答情况看,错误率最高的考查内容为:书写同分异构体、

表 1 学生试题作答分析

内容	错误类型	错误率	错误原因
命名	将支链结构写成直链	14.5%	不明白“只有一种氢”;空间想象能力有待提高
	名称书写的细节错误	17.7%	没有掌握命名规则的细节
方程式	生成物少写或者错写	28.0%	不明白反应中键的变化
	取代基位置写错	19.3%	解题没有整体的思考
	支链取代写成苯环取代	15.8%	不清楚不同条件下的取代反应
	复杂产物结构想象困难	95.2%	陌生知识提取困难;空间想象能力有待提高
	聚合物端基原子团写错	19.0%	不清楚酯化反应的过程
	缩聚生成水的系数错误	9.5%	不清楚聚合反应的过程
	反应产物推测错误	4.8%	计算的结果用不上
		11.3%	不明白“一氯代物只有一种”
反应类型	取代反应中少写生成物	16.1%	不明白取代反应中键的变化
	误将取代认为消去	3.5%	不明白不同反应类型之间的本质区别并且典型的反应条件混淆
	将加成误认为取代	6.3%	

续 表

结构简式	没有认识到生成酸钠和酚钠	10.5%	没有认识到羧基和酚的酸性
	没有推导出来	13.3%	不明白官能团之间的转化关系
	将支链结构写成直链	22.6%	因前面物质的错误推导,导致后续推导结果全部错误
	双键的位置不正确	31.7%	不明白双键的平面结构
官能团	写错或写不出	6.3%	对特殊反应条件不敏感
同分异构	没思路、没找全	67.7%	思维的严密性需要加强
氢谱应用	找不到、找错	67.7%	不会利用氢谱信息

利用氢谱信息确定某种同分异构体。书写方程式和结构简式的题目,出错率也较高。明显看到,学生不明白反应的过程(即反应中键的变化),空间想象能力也有待提高。

3.1 学生两极分化明显,容易“一卡全卡”,最怕书写同分异构体及化学计算

总体来看客观题部分学生的作答情况,两极分化较为明显。高分组(得分率三分之二以上)、中等组、低分组(得分率三分之一以下)的人数比为83:24:127。也就是说大部分学生近似处于两个极端,一端是大题中的每道小题都有作答,只不过有些细小的错误;另一端则是试题中大部分都是空白,只是零星地对大题中的前一二问作答。访谈发现,73%的学生认为自己在解答有机推断题时存在困难。这说明除学优生之外的大部分普通学生,在解答有机推断题时存在困难。因此找到学生

的困难点并提出学习建议还是很有必要的。

结合对学生的访谈发现,学生最害怕的考查内容是同分异构体,累计百分比为62.8%;其次是有关化学计算的问题,累计百分比31.4%;然后还有少部分学生提到了有机化合物的命名,以及较为复杂的有机化学反应方程式的书写。至于解题困难的原因,17.1%的学生提到“一卡全卡”,也就是说若信息框图中的关键物质没有正确推导出来,后续物质就无从下手;14.3%的学生提到有机化学知识多而杂,系统掌握存在困难;另有11.4%的学生觉得利用陌生信息存在困难等等。

3.2 大部分学生缺乏深度系统的有机知识结构

近年来高考全国卷中尤其重视考查官能团之间的相互转化。例如2013年试题考查的物质转化,具体如图1所示。

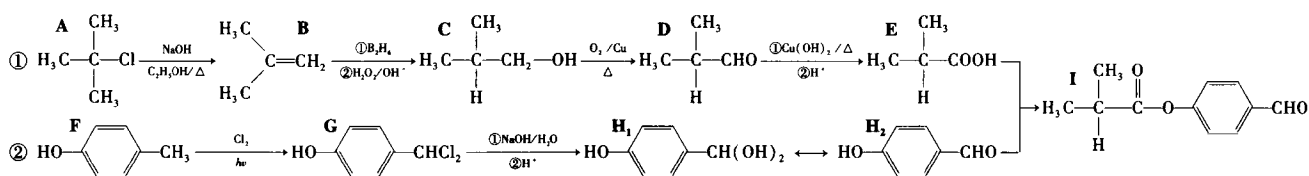


图1 2013年试题流程图

可以看出,此题完全以官能团之间的相互转化为思路进行命题。题目考查两条线,①线考查的转化关系为:卤代烃、烯烃、醇、醛和酸;②线考查的转化关系为:烃、卤代烃、醇和醛。最后两条线的终点E和H₂反应生成I,考查的是醇和酸转化为酯的反应。

研究中的主观题部分,请学生用能想到的任意方式尽可能丰富地展现学过的有机化学的知识。结果发现:大致上,高分组的学生,有机知识结构化程度高,能够系统回忆起较多的知识;低分组的学生则相反,基本没有将学过的有机化知识

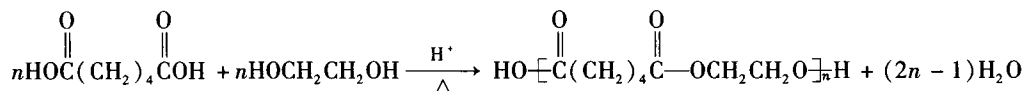
结构化,回忆时,知识也不成体系,较为零散杂乱。

具体来说,学生关于官能团之间相互转化的认识大致可以由低到高分三个水平:较差(约20%)、一般(约60%)、较好(约20%)。较差水平的学生仅能画出不完整的一维转化关系,甚至有些学生仅能写出一些官能团,这表示其内容体系是杂乱无章的,毫无结构可言。一般水平的学生会画出各官能团之间简单的一维转化图,典型的就是从烷烃到卤代烃到醇醛酸最后到酯。虽然其完整性有待提高,但是起码能够按照一定的顺序去掌握有机物,特别是对醇醛酸这条逐渐氧化

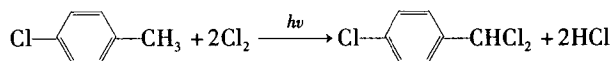
的路线有一定的认识和敏感性。较好水平的学生,能够构建二维的有机知识结构。因为烯烃和卤代烃都可以直接和醇相互转化,烯烃和卤代烃也可以相互转化。如果仅用一维流程来表示官能团之间的转化关系,烯烃和卤代烃的位置就会有冲突。所以较好水平的有机知识结构一定不是一维线性的。此外少部分优秀的学生不仅可以完整无误地写出二维转化图,而且还可以标明各个转化反应的反应类型和反应条件。

3.3 部分学生不清楚反应中化学键的断裂与生成情况,尤其是取代和消去反应

研究中,发现学生错误地判断反应类型,以及



2012年试题的第2小问中,要求学生书写对甲基氯苯在光照条件下发生取代反应的方程式:



看似很简单,实则考查学生对取代反应中键的变化的理解。取代反应的核心是“取而代之”。有一个原子上去,就要有个原子下来。用这个反应来说,断裂的是氯气的“Cl—Cl”键和甲基上的“C—H”键,生成的是甲基上的“C—Cl”键和“H—Cl”键。有的学生没有写生成物氯化氢,表明对取代反应只是理解了一半,只是看中了“代替”,而没有重视“取下”。还有学生将生成物的氯化氢写为氢气,没有认识到取代断开的是“Cl—Cl”键,生成的是“H—Cl”键,而非生成“H—H”键。

3.4 绝大部分学生空间想象力不够,难以理解分子的空间结构

有机化学不同于无机化学的一个重要原因就是有机化学尤其强调有机物的空间结构,包括平面和立体结构。虽然高中不同于大学,不会要求学生认识构象和手性,但是基本的例如甲烷为正四面体、乙烯苯环是平面型、乙炔是直线型的知识还是要知道,而且要求学生具有一定的空间想象能力。例如2013年试题的第1问,告诉A物质的分子式为 C_4H_9 ,并且A中只有一种化学环境的H,需要学生在空间中想象出符合条件的烷基是异丁基。又如2010试题的第5问,在正确推导出

不会应用陌生情境中的新信息,都有一个共同的原因,就是不明白反应中具体化学键的变化,不清楚哪些化学键断裂,哪些化学键生成。表现最突出的莫过于缩合反应和取代反应方程式的书写。如2010年试题中的第4小问,要求写出己二酸和乙二醇缩聚生成聚己二酸乙二酯的反应。有的学生在学习酯化反应时没有仔细思考,不明白反应时酸失去羟基、醇失去氢,认为生成水的羟基和氢原子是随意断裂下来的。那么就可能会在聚合物羰基一端加上氢,羟氧基一端加上羟基。又如学生若是不明白 $(2n-1)$ 个水是如何来的,就会把水前面的系数写作 $2n$ 。

两种反应物后,学生需要具有一定的空间想象能力,才能画出两个六元环部分重叠的产物。

此外,与空间想象力有关的,最为重要的就是寻找同分异构体。无论从客观题还是主观题中都可以明显看出,同分异构体的书写是学生的难点和易错点。寻找同分异构体往往是有机推断大题的最后一问,难度较大,区分度较高。学生不是难在找不到,而是难在找不全。此类题考查的更多是学生的思维品质,要想找全同分异构体,一方面学生要有一定的空间想象能力,另外要求学生思维一定要周密和严谨。

4 结论启示

4.1 点面结合,构建完整的有机化学知识体系

针对部分学生认为有机化学知识又多又杂,难记易忘的问题,笔者提出要用“点面结合”的方式来构建有机化学知识体系。一方面是各类型有机物的性质和反应,这对应“点”;另一方面是各类型化合物之间的相互转化,这对应“面”。

“点”方面,主要是官能团的相关反应。可以通过反应类型和反应条件两个维度梳理某一官能团的所有反应。首先用反应类型对某类物质可能存在的反应进行分类,然后再回想反应条件,进而明确每一个特定的反应。以乙醇为例,首先考虑取代反应,取代氢原子时,可以与钠反应生成醇钠,可以在浓硫酸存在下加热至 140°C 与自身反应生成醚,可以在浓硫酸存在下加热至 170°C 生成酯。

取代羟基时,可以与浓氢卤酸反应生成卤代烃,可以自身反应生成醚。醇中没有双键或者叁键,因此不考虑加成反应。消去反应中,醇在浓硫酸加热条件下可以脱水生成烯烃。最后氧化还原反应中,醇可以在 Cu 的存在下被氧气氧化为醛或酮。

“面”方面,即各种官能团之间的相互转化。我们提出用二维结构图来引导学生熟悉官能团之间的相互转化,如图 2 所示。学生仅需掌握“卤代

烃-烯烃-醇”在图中的正立三角的位置即可。因为烷烃的位置在标出卤代烃和烯烃的位置后自然就会确定。至于醇之后的醇醛酸酯的三角关系,因为醇醛酸这三者的氧化关系和在课堂上学习它们的顺序相同,大部分学生对此还是比较熟悉,有了醇自然就可以顺序写出醛和酸,进而写出酯,完成三角。总之,醇处于各种物质转化的中心,重点掌握醇的反应有助于学生迅速把握整体转化关系。

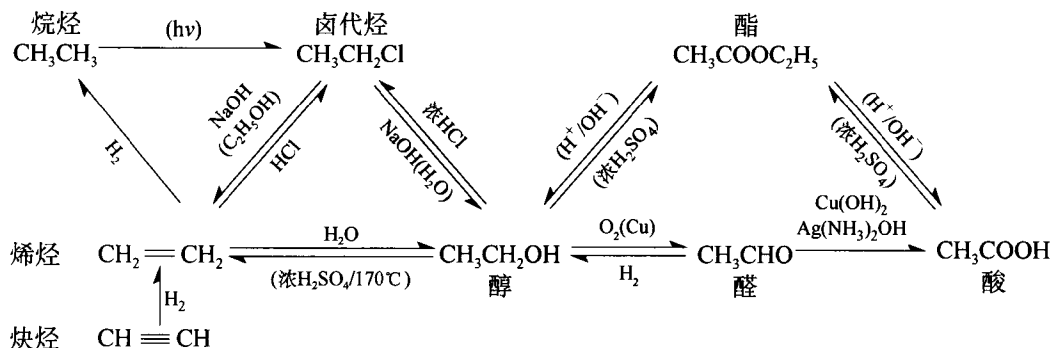
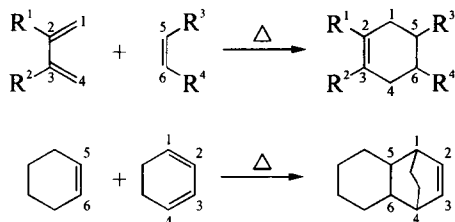


图 2 各官能团转化关系

4.2 从键的不饱和度和键的极性来分析反应中化学键的变化情况

官能团是决定有机化合物绝大部分化学性质以及化学反应集中发生的原子或者原子团。官能团之所以能够决定有机化合物的性质,主要是因为两个方面的因素:一是某些官能团含有不饱和碳原子,二是某些官能团含有极性较强的化学键。这就为学生更加深入地分析化学反应提供了视角。

关于键的不饱和性。例如 2010 年试题的第 5 问,提供一个陌生反应的信息:单烯烃和共轭双烯烃反应生成环烯烃。要求学生仿照信息,写出该类型的其他物质的反应,具体如下面的方程式。从不饱和碳的角度来分析,对比反应物和生成物,发现 1、2 号和 3、4 号以及 5、6 号碳原子之间的双键断裂,三对双键在断裂为 6 个电子之后,2、3 号碳原子上的电子结合形成双键,1、5 号碳,4、6 号碳原子上的电子结合生成单键。清楚了反应中键的变化,书写方程式时只要找到反应物中等于 1、2、3、4、5、6 号的碳原子即可。



关于键的极性。仍以乙醇为例,乙醇的官能团为羟基,由于氧原子的高电负性,使得与氧相连的“O—H”键以及“C—O”键中,电子对均偏向氧,使得氧原子带一定负电,碳原子和氢原子带一定的正电。因此在乙醇的取代反应中,遇到不同反应物,断裂的键的位置也不同。当乙醇和钠反应时,钠极易失去电子成为正离子,易和带负电的氧结合,因此断裂的是“O—H”键;当乙醇和氢溴酸反应时,电负性较大的溴带负电,易和带正电的碳结合,因此断裂的是“C—O”键。因此,通过键的极性,可以在一定程度上分析和预测反应中键的变化情况。

4.3 多维度提高学生对同分异构体的深度把握

高中阶段涉及的同分异构体类型包括官能团异构、位置异构和碳架异构,不会辨识、少写、多写、重写同分异构体的情况经常发生。首先,可以从不饱和度及特殊原子(如氧原子)数目来掌握常见的互为同分异构体的物质。如烯烃和环烷烃、炔烃和二烯烃、醇和醚、醛和酮、羧酸和酯,以及较为复杂的两种或多种官能团混合的情况,如同时含有羟基和羰基的化合物可能和酯类化合物互为同分异构体。其次,从常见的限制条件来确定同分异构体中的官能团。比如能发生银镜反

从工艺流程的解读谈化学工艺建模教学*

吴翀云

(江苏省溧水高级中学, 江苏南京 211200)

摘要: 模型可协助学生记忆与解释, 让学生思考视觉化, 解决问题程序化。化学建模教学包括帮助学生理解物质模型, 形成思维模型, 并在分析和解决问题时, 随着新问题的不断出现, 对原有的模型进行强化或修正, 从而得到较完整的认知模型的过程。以化学工艺流程的建模为例, 阐述了模型的建立、强化、运用和发展的过程。

关键词: 模型; 建模教学; 化学工艺流程; 模型资源开发

文章编号: 1005-6629(2018)1-0029-06

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 化学工艺及学生学习情况

化学工艺, 即化工技术或化学生产技术, 指将原料物主要经过化学反应转变为产品的方法和过程, 以及实现这一转变的全部措施。它是以化学方法为主, 以改变物质组成与物质结构合成新物质为主的生产过程和技术。化学工艺涉及的范畴很广, 一般包括原料的选择和预处理, 生产方法的选择及方法原理, 设备的作用、结构和操作, 催化剂的选择和使用, 其他物料的影响, 操作条件的影响和选定, 流程组织, 生产控制, 产品规格和副产物的分离与利用, 资源的回收利用和对不同工艺路线和流程的技术经济评价等等^[1]。

在教学中发现, 学生在解读工艺流程时存在以下几个问题: ①对考查的元素化合物知识或化学原理的遗忘; ②对不熟悉的特殊工艺目的理

解有缺失, 在遇到新问题时, 不会从流程的实际出发去分析工艺的目的, 常常将头脑中已有的常规解答教条地照搬, 而出现文不对题、答非所问的情况; ③对于题目所提供的信息有漏用或错用的情况, 如用乙醇洗涤 CuCl 的作用还是答成常规的减少溶解损失, 而忽略了 CuCl 是不溶性的固体且容易氧化潮解而需要迅速除去水; ④文字表述不够准确, 不能从工艺自身的目的出发进行描述, 如趁热过滤的目的, 将“避免溶质析出造成损失”答成“温度高溶解度大”, 再如将“加稀硫酸除去铜粉中混有的铁粉”答成“稀硫酸与铁粉反应生成氢气”等。

2 化学建模教学

“化学知识的组成包括现象观察的结果与其蕴含的科学理论”, 然而学生“通常会将情境的问题加以解构, 把知识内容拆成片段来理解”^[2], 忽

* 江苏省教育科学“十三五”规划课题“基于核心素养的高中化学建模教学的实践研究”(B-b/2016/02/53) 成果之一。

应, 则含有一 CHO ; 有手性碳原子, 表明碳原子上连有四个不同的原子或原子团; 一氯代物有几种、核磁共振显示几组峰及峰的面积比为多少、苯环上有几种不同环境的氢原子等等这类限制条件, 则说明需要写出的分子结构常常具有对称性。最后, 学生要注重分类意识, 可以按照异构类型寻找同分异构体。一般来说, 按照官能团异构—位置异构—碳架异构的顺序进行, 就可以有条不紊、没有遗漏地找出所有符合要求的同分异构体。

参考文献:

- [1] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书·有机化学基础(选修)(第2版)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2016:2.
- [2] 潘高峰. 速解高考有机推断题的三大方法[J]. 新高考(物理化学生物), 2009, (Z2): 53~56.
- [3] 任慧云. 有机推断的教学研究与教学设计[D]. 天津: 天津师范大学硕士学位论文, 2014.
- [4] 吴平. 高中生有机推断问题解决的信息加工研究[D]. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 2009.
- [5] 李金海, 曾兵芳. 2011年全国高考有机化学试题评析[J]. 教育测量与评价(理论版), 2012, (01): 56~59.
- [6] 吴晗清, 宋嫣然, 李国超. 化学知识结构与学业成绩关联的实证研究[J]. 中国教育旬刊, 2014, (03): 67~70.