DOI:10.19789/j.1004-9398.2017.03.011

基于学生弱项分析的有机化学教学建议*

姚梦娟[1] 吴晗清[1,2**]
(1. 首都师范大学教育学院,北京 100048; 2. 首都师范大学化学教育研究所,北京 100048)

摘 要

基于高中化学必修5《有机化学基础》第一单元的学习内容,编写测试卷,包含有机物的命名、同分异构体辨析、定量计算、研究有机物的方法以及综合问题五个维度的题目. 对北京市普通中学高二年级普通班级的160名学生进行测试调查,将测试卷回收,对每一份有效试卷进行分数统计,利用EXCEL软件统计分析学生不同维度题目的正确率,利用SPSS软件分析各维度成绩的相关性,并对学生暴露的弱项进行成因分析. 研究显示: 有机物的命名学生正确率最高,综合问题正确率最低; 同分异构、研究方法对于综合问题的解决影响最大,定量计算的成绩与总分的相关性最大; 学生弱项的成因分析,主要有缺乏严谨的态度和对知识的准确把握、提取信息解决问题的能力薄弱、缺少化学思维模式的建构等. 基于此,笔者出三点教学建议: 在教学中渗透科学方法,培养学生高位思考能力; 加强实验探究,培养学生灵活解决问题的能力; 加强基础,掌握复杂情境中解决问题的能力.

关键词: 有机化学,弱项分析,教学建议.
中图分类号: G633.8

0 概 论

有机化学是高中化学的核心模块之一,主要研究不同类别的有机物的化学性质、转化方法以及合成思路. 其中,"结构决定性质"是研究有机化合物的核心思想. 笔者选取的高中化学选修五《有机化学基础》第一单元的内容,包含有机化合物的命名、有机化合物的同分异构体辨析、有机化合物的相关计算,以及研究有机化合物的一般方法四部分内容. 各项内容的关联如图1.

选修五《有机化学基础》第一单元的内容有效展示有机化学基本概念和方法之间的联系,所以笔者选取该部分的内容为例,编写测试卷,探查学生,在高中有机化学学习中存在的弱项,并探寻相应的教学策略.

1 实证研究

本研究对象为北京市普通中学高二年级普通班级的学生. 共发放160份测试卷,总计收回有效测试卷148份,回收率92.5%. 研究的时间为十月中旬,此时学生完成了选修五第一章的学习,共四小节的内容,分别是: 有机化合物的分类、有机化合物的结构特点、有机化合物的命名、研究有机化合物的一般方法和步骤. 选修五第一章逐渐将学生带入了丰富的有机化学世界中,学生从必修二的单个简单有机物的学习,过度到选修五的有机化合物的系统学习.

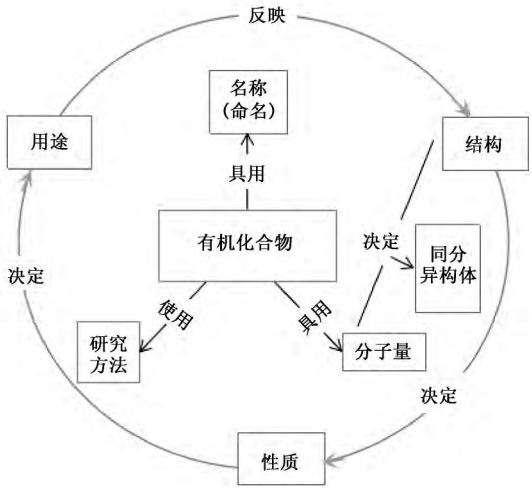


图1 《有机化学基础》第一单元知识结构

收稿日期: 2016-07-01
* 全国教育科学规划教育部重点课题《高中生科学素养形成机制的实践研究》(课题批准号 DHA130257) 成果之一.
**通讯作者. E-mail: wuhanqing1981@aliyun.com

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本测试涵盖了高中化学选修五第一章的对应知识内容,测试分类检测了高二学生在初次系统学习有机化学时所遇到的困难或者弱项,希望能给教师提出能够加强学生学习的有针对性的对策或者方法. 课题组成员通过对一线教师的访谈,以及对学生作业的分析,编制试题.

1.1 试题测评维度

测试卷由五个方面的内容组成: 有机物的命名、同分异构体辨析、定量计算、研究有机物的方法和综合问题. 测试的维度,主要考虑到,学生学习化学,有三个台阶需要迈进,即个学习进阶的维度: 其一是化学基础知识,包含化学的宏观、微观、符号等表征方式; 第二是基本化学技能,定量的计算技能和定性的实验技能,通过定量和定性的方法获得物质的结构和性质; 第三是化学思维和化学素养,即解决问题的思维模式以及认识物质、反应的视角.

本测试的测评维度呈现如下:

有机物的命名题目对应基础知识的化学语言维度,考察学生对有机物名称的辨别;

同分异构体辨析题目对应有机化学基础知识的化学结构表征维度,考察学生对有机物结构的准确把握;

定量计算题目对应定量的基本技能维度,考察学生定量分析有机物组成的能力;

研究有机物的方法题目对应定性的实验技能维度,考察学生实验操作与定性分析能力;

测试中的综合问题对应化学思维和化学素养维度,考察学生对于有机化合物"结构决定性质"的思维模式的理解和运用.

1.1.1 有机物的命名

有机物的名称是有机化学语言的起始,掌握有机化合物的命名,是系统学习有机化合物性质的基础. 在必修二阶段,学生掌握个别有机化合物的命名,但是没有形成系统的方法性的认识. 选修五第一章中介绍的有机化合物的命名方法有两种: 习惯命名法和系统命名法. 其中,习惯命名法的代表物质较少,典型代表为"正戊烷、异戊烷和新戊烷",学生掌握程度较好,故试题对此的考察较少; 但学生对于系统命名法的应用,往往容易忽视细节,导致失分,所以本测试在命名法考察时着重考察系统命名. 在本测试卷中,选择一道选择题和一道命名书写题为例,呈现对有机化合物的命名考察:

典型案例 1

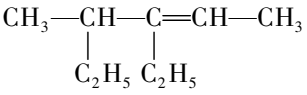
下列有机物的系统命名中正确的是

A. 3-甲基-4-乙基戊烷　B. 3,3,4-三甲基己烷

C. 3,4,4-三甲基己烷　D. 3,5-二甲基己烷

典型案例 2

用系统命名法命名下列有机物:



分析:

典型案例 1 全面考察学生对于有机化合物的命名方法的掌握,A、D 两个选项考察学生是否能够辨别最长的主链,即考察学生是否掌握"选择碳数最多的碳链作为主链"的原则,实际学习中,学生也会出现"乙基不能连在 2 号碳位上"的认识; C 选项考察学生对"编位次"的理解是否到位,能否掌握"所有支链的位次之和最小"的原则.

典型案例 2 考察学生书写有机化合物的名称,旨在关注学生在含有碳碳双键官能团的情况下,能否找到正确的主链和支链,同时考察位次编号的起始方向以及命名汉字的正确书写,综合考察学生对有机化合物命名方法的掌握.

有机化合物的命名经历四个步骤,即"选主链—定支链—编位次—写名称",其中每一个步骤中还有若干原则. 学生记住繁杂的原则不是最终目的,把原则内化为自己的思维模型,能够书写正确的名称,并且快速判断命名正误才是根本.

1.1.2 同分异构体辨析

在必修二的有机化学部分,学生已经对二氯乙烯的顺反异构结构形成初步认识,在选修五第一章的学习中,从类别的角度了解同分异构现象以及同分异构体的形成以及简单同分异构体的书写. 但是,学生容易将"同分异构体"与"同系物"形成概念的混淆. 本测试卷中,对同分异构的考察为 5 道选择题,包含单选和双选,摘其中两题作为案例进行分析:

典型案例 3

下列各组物质中,属于同分异构体的两项是(　　)

A. O_2和 O_3

B. $CH_2=CHCH_2CH_3$和 $CH_3CH=CHCH_3$

C. $CH_3CH_2CH_3$和 $CH_3(CH_2)_2CH_3$

D. CH_3CH_2OH 和 CH_3OCH_3

典型案例 4

进行一氯取代后,只能生成三种沸点不同的有机物的烷烃是

A. $(CH_3)_2CHCH_2CH_2CH_3$

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

B. $(CH_3)_2CHCH_3$

C. $(CH_3)_2CHCH(CH_3)_2$

D. $(CH_3)_3CCH_2CH_3$

分析:

典型案例 3 考察学生对同分异构体概念的理解把握,选项 B、D 为同分异构体的正确选项. 其中 B 选项考察同分异构中的位置异构; D 选项考察同分异构中的官能团异构; A、C 选项则是考察学生对于“同分异构体”、“同系物”、“同素异形体”等概念的辨别.

典型案例 4 为同分异构体概念的变相考察,通过判断有机物中含有几种不同环境的氢原子,推知其一氯取代产物的同分异构体数目.

对于高中生而言,同分异构体的概念不难理解,但是将同分异构体作为工具解决复杂问题(如判断多种合成产物),往往是学生的弱项. 有机物结构特点这部分教学,应注重引导学生扎实基础,同时学会拆解复杂问题,找到本质问题.

1.1.3　定量计算

选修五第一章的有机化学计算,通常结合有机物燃烧情境,以质量或体积等形式表述燃烧产物的定量关系,从而考察学生对计算步骤、物质的量相关计算公式以及分子式书写的掌握. 本测试卷中选取两道计算题作为考察,呈现如下:

典型案例 5

某仅由碳、氢、氧三种元素组成的有机化合物,经测定其相对分子质量为 90. 取有机物样品 1.8 g,在纯氧中完全燃烧,将产物先后通过浓硫酸和碱石灰,两者分别增重 1.08 g 和 2.64 g. 试求该有机物的分子式.

典型案例 6

室温时,20 着 mL 某气态烃与过量氧气混合,将完全燃烧后的产物通过浓硫酸,再恢复至室温,气体体积减少了 50 mL,将剩余气体再通过氢氧化钠溶液,体积又减少了 40 mL. 求该气态烃的分子式.

分析:

典型案例 5 结合有机化合物的燃烧反应,以“产物先后通过浓硫酸和碱石灰”的形式表述水和二氧化碳的质量,同时给出有机物的质量以及相对分子质量,考察学生能否找到碳、氢、氧元素的质量关系,进而计算出碳、氢、氧原子的比例,与相对分子质量对应.

典型案例 6 考察学生对质量变化的把握,关键点在“将完全燃烧后的产物通过浓硫酸……气体体积减少了 50 mL”,其中的“50 mL”并非指水的体积,而是发生燃烧反应前后气体体积的总变化量,通过找到 $\triangle V$ 的表示方式,从而判断碳、氢原子的关系.

有机化合物的计算,考察学生对定性和定量关系的综合判断,学生可以从“硫酸、碱石灰”的变化定性判断元素种类,从体积、质量的变化定量解决元素的质量问题,也从侧面考察了学生对有机物结构的掌握.

1.1.4　研究有机物的方法

选修五第一章,专门一节介绍“研究有机物的一般方法”,将实验方法、一起分析方法等做了简单介绍. 本测试卷对于学生的考察主要集中在实验原理、操作方法、创新操作等部分,案例呈现如下:

典型案例 7

可以用分液漏斗分离的一组液体混合物是

A. 溴和四氯化碳　　B. 苯和溴苯

C. 水和硝基苯　　D. 苯和汽油

典型案例 8

回答下面问题:

(1) 分离沸点不同但又互溶的液体混合物,常用什么方法?

(2) 在分液漏斗中用一种有机溶济提取水溶液里的某物质时,静置分层后,如果不知道哪一层液体是“水层”,试设计一种简便的判断方法.

分析:

典型案例 7 考察学生是否理解分液漏斗的使用原理是将两种互不相溶的液体分开,同时考察学生对液体溶解性的判断.

典型案例 8 考察两点内容: 其一是分离沸点不同且互相相溶的液体的方式是蒸馏,其二是考察学生能否灵活解决问题,采用最巧妙的方式鉴别水.

有机物的研究方法,往往与有机化学实验的原理和方法紧密结合. 围绕同一个实验原理,可以产生不同种类的实验方法,不能要求学生刻板地记住几个实验现象、实验结论,而是应该提供更开放的空间,引导学生自己发现问题,探究解决,不是模仿实验,而是对知识的灵活创新运用.

1.1.5　综合问题

有机化学部分的综合练习考察,通常结合实际的生活、工业或科技情境,考察官能团的结构、性质以及各类物质之间的转化. 但是针对选修五第一章部分的综合题考查层次较浅,故笔者选择以下经典案例作为考察.

典型案例 9

质子核磁共振谱(PMR)是研究有机物结构的

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

重要方法之一. 在研究的化合物分子中: 所处环境完全相同的氢原子在 PMR 谱中出现同一种信号峰: 如 $(CH_3)_2CHCH_2CH_3$ 在 PMR 谱中有四种信号峰. 请填写下列空白:

(1) 化学式为 $C_3H_6O_2$ 的物质在 PMR 谱上观察到下列两种情况下氢原子给出的信号峰: 第一种情况出现两个信号峰,第二种情况出现三个信号峰,由此可推断对应于这两种情况该常见有机物质结构式可能为_____.

(2) 测定 $CH_3CH=CHCl$ 时,能得到氢原子给出的信号峰 6 种. 由此可推断该有机物一定存在_____种不同的结构: 其中一种结构式为: _____,另一种名称是_____.

分析:

典型案例 9 考察学生对选修五第一章有机物相关内容的整体把握,包含对有机物结构、命名以及同分异构体的考察,关注学生在复杂情境中关注核心问题以及解决问题的能力.

本测试通过"有机物的命名"、"同分异构体辨析"、"定量计算"、"研究有机物的方法"、"综合问题"5 个维度题目的设置,旨在考查学生在有机化学学习初期,哪些维度对于学生的学习效果具有较大影响,探寻学生哪些疑问或漏洞,分析学生的弱项所在以及成因,进而对教学提出有针对性的建议.

1.2 研究结果

为了方便观察得分差异,以下把具体分数转换成正确率,并从正确率、相关性及错误成因几个方面进行分析.

1.2.1 正确率分析

在正确率方面,测试的结果为: 命名最高,综合问题最低.

通过数据统计分析,获得各项考察内容的正确率分析如表 1 和图 2 所示.

表 1 学生的 5 项考察内容正确率表

考察内容	有机物的命名	同分异构体辨析	定量计算	研究有机物的方法	综合问题
正确率/%	92.72	66.87	83.40	60.50	26.32

纵向比较学生对这五个维度的题目的作答情况,笔者发现: 有机化合物的命名平均分最高(92.72%),其次是定量计算(83.40%),处于中后阶层的是同分异构体的辨析和研究有机物的方法,分别是 66.87% 和 60.50%,这四个维度虽有区分,但是平均分均高于 60%,只有综合问题,平均分较低,仅为 26.32%.

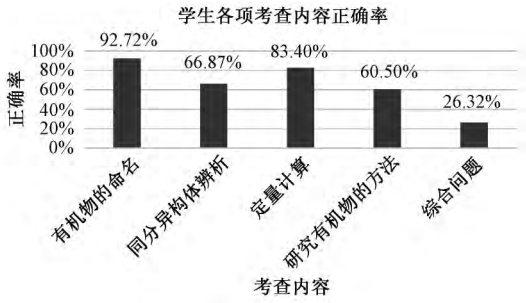


图 2 学生的项考察内容正确率柱状图

据笔者分析,有机化合物的命名和有机化学定量计算这两类题目,有一定的常规思维模型,一旦学生掌握指导方法,熟练运用,就能获得较好的成果. 而对于同分异构体的辨析,学生存在一定量的迷思概念,对于研究有机物的方法,学生的思维有些固化,缺少灵活运用,所以平均分居于中等. 有机化学的综合问题,全面考察学生的知识水平和能力水平,对于学生从复杂问题中抽离基本知识也是一项较大的挑战.

1.2.2 相关性分析

相关性分析表明,同分异构、研究方法影响问题解决,定量计算关乎总分.

数据分析中将考察内容与数字相对应: 1—有机物的命名; 2—同分异构体的辨析; 3—定量计算; 4—研究有机物的方法; 5—综合问题.

前四个方面问题的得分情况与"综合问题"的得分情况的相关性分析(见表 2)显示:"研究有机物的方法"的得分情况与"综合问题"的得分情况相关性最大(0.454),其次是"同分异构体辨析"维度(0.335).

表 2 前四个方面问题得分与"综合问题"得分的相关性

考察内容两两对应	1~5	2~5	3~5	4~5	5~5
相关性	0.113	0.335(*)	0.153	0.454(**)	1

* 相关系数在 0.05 水平上显著(双尾).

** 相关系数在 0.01 水平上显著(双尾).

笔者分析,原因可能是: 综合问题中通常包涵实验技能、实验方法的考察和有机物的结构特点的测查,对这两个维度知识掌握的程度,直接关系到综合问题解答的顺利与否.

由表 3 分析可知: 有机化学定量计算维度的分数与总分的具有显著相关性(0.339). 笔者分析定量计算问题的解决体现了学生对量的理解、对性质的判断,以及对结构的把握,考察学生多方面能力,在整个测试过程中,同一位学生的这些能力处于同

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

一水平层次,因而对定量计算的学习结果与对整个测试的评价结果具有相关性.

表 3　五个方面问题得分与“总分”的相关性

方面—总分	1 – 总	2 – 总	3 – 总	4 – 总	5 – 总
相关性	– 0. 120	0. 266	0. 339(*)	0. 291	0. 241

*　相关系数在 0. 05 水平上显著(双尾) .

**　相关系数在 0. 01 水平上显著(双尾) .

1. 2. 3　错误成因分析

对形成错误的原因分析如下.

(1) 缺乏严谨的态度和对知识的准确把握.

①有机化合物的命名这部分知识属于基础类知识,学生的正确率较高,正确率达到 92. 72% . 通过分析学生的测试卷,不难发现学生的主要错误集中在于以下两点:

汉字笔误　“乙”“己”不分,这体现出有机化学命名所要求的细致之处,不难看出,这类学生对于有机化合物命名存在的并不是知识的疑问,而是仔细认真的态度;

方法错误: 部分学生在命名有机物的过程中选错主链,当选择了最长的碳链作为主链,却忽略了含有官能团的碳链应为主链的原则.

虽然命名有机物属于简单知识,但是依然有部分学生出现问题,学生的弱项在于忽视了命名时选择主链的多种原则和要求,基础知识不够扎实.

②同分异构辨析这部分知识,仅有 3% 的学生在该部分获得满分,达到平均分的学生占 83% 的比例. 通过分析测试卷,发现学生对“同系物、同分异构体、同位素、同素异形体”等等概念的理解和辨析易出现混淆,并且部分学生在确定同分异构体的数目上也存在困惑.

(2) 提取信息解决问题的能力薄弱.

定量计算这一部分,69% 的学生能够提取关键信息和数据进行计算,并且能够顺利解决问题; 有 14% 的学生可以利用有机物燃烧后产生的水和二氧化碳质量,来计算该有机物中的碳元素、氢元素、氧元素的质量,但是这部分学生不能求算物质组成的关键信息点,无法获得各元素质量比、数目比,从而不能求解该有机物组成; 少部分的学生没有掌握该类题目的计算方法,不清楚从何入手分析. 计算题的分析思路是解决问题的主要承载力,准确提取关键材料是基础,否则势必会影响题目的解答.

实验方法这一部分的题目的设计,考察学生的常规实验操作和创新的实验操作两方面内容,66% 的学生可以完成常规实验操作的考察,但是仅有 5% 的学生解决了创新的实验操作问题. 所以对学生来说,理解陌生的实验方案、实验过程等信息是难点,是应对灵活创新的操作时体现出来的弱项.

(3) 缺少化学思维模式的建构.

综合类题目,是考察学生知识与技能、过程与方法、思维与素养的综合应用,关注学生对有机化合物“结构决定性质”的观念理解是否到位,以及知识的迁移能力和整合能力是否足够. 统计分析,综合推断题的平均分为 26. 32 分,说明知识综合应用的能力是学生的薄弱环节,学生缺乏有机化学综合分析的思维模式,没有构建完善的分析思路.

对学生的错因分析,笔者总结如下: 首先是学生的粗心大意,忽视细节; 其次,学生的部分基础知识不扎实,有所欠缺,往往出现迷思概念; 第三,学生一旦产生畏难心态,就会缺乏尝试解决复杂问题的勇气.

2　教学建议

2. 1　在教学中渗透科学方法,培养学生高位思考能力

笔者分析“有机物命名”和“同分异构体辨析”类题目的作答情况,发现学生不易把握有机物命名方法的内在逻辑,只形成表观认识,同时对“同分异构体”、“同系物”等相似概念的的区分能力欠缺,故研究认为,教师应在有机化学的教学中渗透科学方法教育,培养学生高位思考能力.

具体到有机化学的学习中,科学方法主要有比较与分类、分析与综合、归纳与演绎等类型的科学方法. 通过比较,认识不同结构(官能团) 的有机物具有的性质,同时,通过分类,系统梳理一类结构的通性; 通过分析,掌握拆解问题的能力,形成由整体到局部的观察视角,通过综合,把握整体的研究思路和方法. 例如: 金属钠可以与醋酸、盐酸、乙醇、苯酚、水发生反应,分析看来,反应的速率不同,综合看来,其原理都是金属钠置换氢气. 归纳是从特殊事实中概括出一般原理或规律的推理形式和思维方法; 演绎则是从一般到特殊,根据一类事物都有的一般属性、关系、本质来推断这类事物中的个别事物所具有的属性、关系和本质[1] . 科学方法教育不仅是学习的过程、学习能力的体现,也是学习的根本目标,更是在哲学层面上人与自然对话需要的基本品质[2] .

2. 2　加强实验探究,培养学生灵活解决问题的能力

通过分析学生对“研究有机物的方法”类题目的作答,笔者发现,学生善于解决熟门熟路的简单实

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

验问题,比如对课堂实验现象的考察或常规操作的考察,但是对陌生的、巧妙的实验方案,学生有些迷茫,无从突破,故研究认为,在有机化学的教学中,教师应加强实验探究,培养学生灵活解决问题的能力.

化学实验探究,首先就是在探究过程中要善于发现和提出问题;其次,是问题解决方案的设计,包括基于证据的猜想与假设,然后制定计划与设计实验;第三,是通过实验得出合理结论,包括实验的操作、数据的采集、分析论证,需要学生的综合能力如形象思维、逻辑思维、抽象思维甚至创造性思维;最后,是对方案的评估,实质就是对探究过程的反思,讨论科学探究中所存在的问题、获得的发现和改进建议等,如猜想与探究结果有何关系,实验过程中是否发现了新问题,是否有更好的实验方案等. 这是一种系统性思维的训练[3].

2.3 加强基础,掌握复杂情境中解决问题的能力

通过对"综合问题"的作答进行分析,笔者发现,"定量计算"和"研究有机物的方法"具有相关性,但是这两部分题目的平均分比"综合问题"的平均分高很多,说明虽然基础知识和基本技能是解决综合问题的关键,但是学生如果不能在复杂问题中找到题眼、线索,就不能顺利解决整个"综合问题",故研究认为,在有机化学的教学中,教师应在加强学生基础知识和技能培养的同时,培养学生在复杂情境中解决问题的能力.

有机化学的学习中,常会出现复杂情境的综合问题的考察,如不同官能团之间的转化反应、有机前沿物质的合成问题等,但是所有复杂问题都是由基础知识通过一定的逻辑组合而成的. 在有机化学的教学中,教师需要注意以下几点:①扎实学生基础,强化各类结构(官能团)能够发生的反应;②加强训练,引导学生学会在复杂情境中发现题眼或突破点;③将复杂问题从目的/过程或物质/反应角度拆解为不同层级、类型的基础问题.

参 考 文 献

[1] 吴晗清,郑冬梅,李远蓉. 化学问题解决中的科学方法教育[J]. 化学教育,2011,32(3):3-5.

[2] 吴晗清. 科学方法教育目标及教学策略探析[J]. 中国教育学刊,2010(10):46-49.

[3] 李田田,董素静,吴晗清. 北京市高考化学实验探究题探析[J]. 化学教育,2014,35(17):30-34.

Organic Chemistry Teaching Suggestions Based on the Analysis in the Weakness of Students

Yao Mengjuan[1] Wu Hanqing[1,2]

(1. College of Education, Capital Normal University, Beijing 100048;
2. Institute of Chemistry Education, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract

The test paper was compiled based on the content of senior high school chemistry compulsory 5 "basic of organic chemistry", including nomenclature, isomer analysis, quantitative calculation, research method and synthesis problems. The investigation was carried out on 160 students in Beijing ordinary high school, the test papers were received and analyzed. The correct rate was analyzed with EXCEL and the correlation in above five dimensions was analyzed with SPSS software. Some suggestions about teaching of organic chemistry were proposed.

Key words: organic chemistry, weaknesses analysis, teaching suggestions.

作者简介 姚梦娟(1992-),女,汉族,北京人. 硕士研究生. 研究方向:化学教学论研究.

吴晗清(1981-),男,汉族,安徽宿松人. 教育学博士,心理学博士后. 首都师范大学化学系副教授(教授岗),北京师范大学教育学部兼职教授. 研究方向:课程与教学论、化学教育研究.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net