

指向化学学科核心素养的有机合成试题命制

——以聚酰亚胺的合成为例

张莉娜¹ 赵虹华² 房晶³ 葛继宁⁴(正高级教师)

1.北京教育学院 2.北京大学附属中学
3.北京市第十一中学 4.北京市昌平区第二中学

高考要依据课程标准来命制试题,开展指向化学学科核心素养的考试评价.课程标准基于学科本质,凝练了化学学科核心素养,包括宏观辨识与微观探析、变化观念与平衡思想、证据推理与模型认知、科学探究与创新意识、科学态度与社会责任.课程标准明确指出:高中化学课程的教学和考试评价都要以发展化学学科核心素养为主旨,开展“素养为本”的教学,倡导基于化学核心素养的评价,即依据化学学业质量标准,评价学生化学核心素养的达成情况.有机化学中的合成与推断是高考考查的重点内容,涉及重要的有机物、有机反应类型等核心知识以及综合分析、推断等关键能力的考查.如何依据课程标准设计素养导向的有机合成试题来检测学生学习效果?我们以原创试题“聚酰亚胺的合成”为例,介绍命制指向化学学科核心素养的高三原创试题的思路,以及试题的使用.

1 “聚酰亚胺的合成”试题命制依据

指向化学学科核心素养的试题命制旨在依据课程标准检测学生素养的达成.因此,试题应以课程标准为依据,以化学学科核心素养为导向,准确把握“素养”“情境”“问题”和“知识”这4个要素在命题中的定位及其相互联系,构建以化学学科核心素养为导向的命题框架,如图1所示.

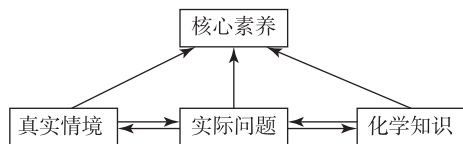


图1 指向化学学科核心素养的命题框架

上述框架表明,“情境”和“知识”同时服务于“问题”的提出与解决;“问题”指向评价关键能力的达成度,例如“理解”“应用”等;“知识”指向具有促进学生形成化学核心素养价值的重要概念,例如“物质结构”“化学反应”等;“情境”是表现问题的素材和载体,承

载供给信息等作用.“问题”“情境”“知识”三者之间存在着密切的联系;情境的设计、知识的运用、问题的提出与解决均应有利于实现对学生化学核心素养的评价.

2 “聚酰亚胺的合成”试题命制思路

依据上述框架,呈现原创试题“聚酰亚胺的合成”及其解析.

【试题】有机合成聚酰亚胺(PI).

柔性显示技术的快速发展促进了柔性基板材料的革新,具有高光学透明性和耐高温性的聚酰亚胺(PI)是一种被认为最有前景的柔性显示用透明基板材料,其中PI-3(3FTMDT/TA-TFMB)的合成路线如图2所示.

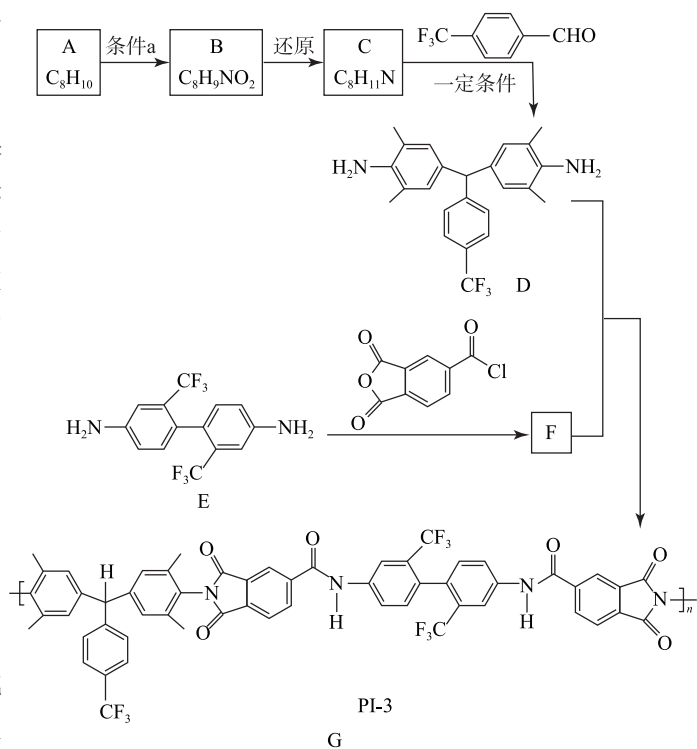
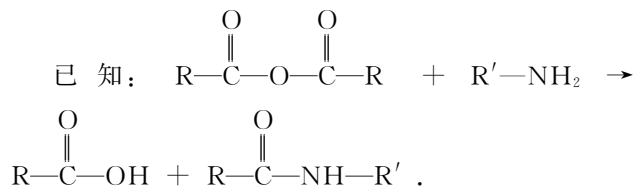


图2



(1) 聚酰亚胺(PI)具有的特性有_____ (填序号)。

- ① 光学透明性；
- ② 耐高温性；
- ③ 机械性能差、易断裂。

(2) A 是一种芳香烃,其名称为_____；反应条件 a 为_____。

(3) C→D 的反应方程式为_____。

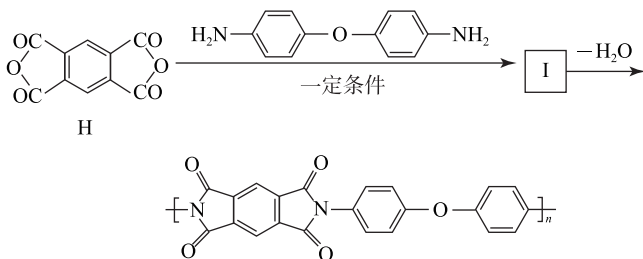
(4) E 到 F 的反应类型为_____。

(5) 下列关于 E 的说法正确的是_____ (填序号)。

- ① 与 C 互为同系物
- ② 能够发生取代、加成、氧化反应
- ③ 核磁共振氢谱峰面积之比为 2:1:1:1

(6) 请写出合成 G 的化学反应方程式:_____。

(7) 由 H 经过转化可以合成 PMDA-ODA 型聚酰亚胺,如图 3 所示。



PMDA-ODA型聚酰亚胺

图 3

写出 I 的结构简式:_____。

答案 (1)①②。

(2) 间二甲苯;浓硫酸、浓硝酸,加热。

(3) 如图 4 所示。

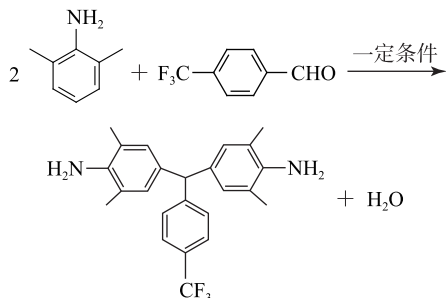


图 4

(4) 取代反应。

(5) ②③。

(6) 如图 5 所示。

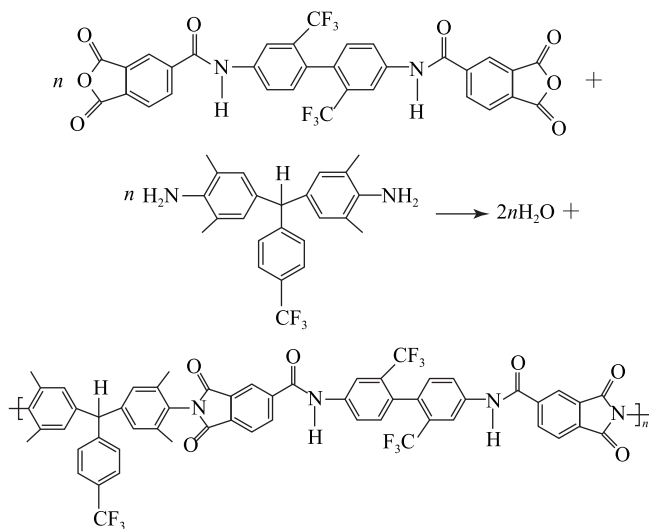
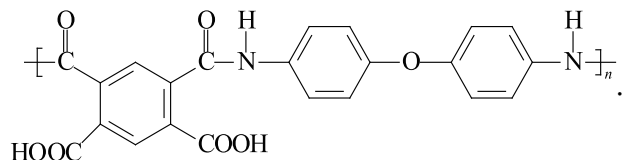


图 5

(7)



关于本试题设计的分析。

1) 测试对象(学生水平)

本试题的测试对象为高中三年级的学生,这部分学生在完成必修和选择性必修化学学习的基础上,选择化学作为计入高校招生录取总成绩的学业水平考试科目。

2) 测试宗旨(核心素养)

本试题测试宗旨主要是“证据推理与模型认知”的化学学科核心素养,涉及部分“宏观辨识与微观探析”和“科学态度与社会责任”素养的考查。要求学生能从原子、分子水平认识物质的组成、结构、变化,能从物质的组成、性质、官能团等视角对有机物进行分类,认识常见的有机反应类型;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,并能运用模型解释化学现象。

3) 测试载体(真实情境)

本试题以柔性基板材料的合成为背景,创设了真实、有意义的测试情境:研究柔性基板材料聚酰亚胺的合成路线。结合中学的教学实际,设计出该试题的测试任务,不仅有利于考查学生从微观官能团视角分析



有机物的性质及其反应,同时促进学生思考、推理和判断分析能力的发展,有利于测试学生“证据推理与模型认知”达成水平。

4)测试任务(实际问题)

课程标准要求学生“能写出烃及其衍生物的官能团、简单代表物的结构简式和名称”“能描述和分析各类有机化合物的典型代表物的重要反应”“能综合应用有关知识完成推断有机化合物、检验官能团、设计有机合成路线等任务”“能对单体和高分子进行相互推断,能分析高分子化合物的合成路线”。本题依据测试宗旨和目标,基于真实、有意义的测试情境向学生提出了7个实际问题,涉及物质的组成、结构、性质,物质转化、定量分析等方面,同时考查了学生依据情境信息分析推断得出结论的能力。试题依托合成路线图,将化学知识与科学技术前沿融合在其中,要求学生在理解合成路线的基础上,能依据情境信息进行分析推断,书写苯等典型有机物,书写有机反应方程式,判断反应类型,并根据高中阶段重要的有机反应等知识分析有机合成路线,推断有机化合物,对单体和高分子进行相互推断。

试题充分体现了测试任务与真实情境之间的紧密联系,符合当下的素养考查趋势。

第1问和第7问要求学生从情境中获取信息,分析出聚酰亚胺具有的科技含量,并得出PMDA-ODA型聚酰亚胺材料的相关推断结论,测试学生“证据推理与模型认知”“科学态度与社会责任”素养学业质量水平3(能说明官能团对物质性质的影响)是否达成;能结合实际问题情境认识有机化合物转化和合成在社会经济可持续发展、提高生活质量等方面的重要贡献。第2、3、4问要求学生掌握典型有机物苯的名称及其重要反应、有机反应类型等知识,测试学生“证据推理与模型认知”素养学业质量水平4(要求学生能在物质及其变化的情境中对物质及其变化进行分析和推断,写出反应方程式)是否达成。

第5问具有一定综合度,需要学生认真理解有机合成路线图中的物质转化关系,综合运用同系物、有机反应类型和核磁共振氢谱分析方法的相关知识,并能对有机物的性质进行分析推断,测试学生“证据推理与模型认知”素养学业质量水平4是否达成。

第6问需要学生分析有机合成路线图中的物质转化关系,对单体和高分子进行相互推断,能分析高

分子的合成路线,测试学生“证据推理与模型认知”素养学业质量水平4是否达成。

5)解决问题的工具(化学知识)

本试题要求学生运用已有的知识及从试题中领悟到的相关知识来解决所提出的问题,这些知识包括:掌握典型有机物的组成、结构与反应(问题2、3、4);通过定性和定量分析得出有机物的组成、结构与性质特点(问题5);对有机物以及有机合成路线进行分析和推断(问题6、7)。具体而言,解决问题要求学生能够根据情境信息书写相应的反应方程式,根据仪器分析的数据推测有机物的组成和结构,依据有机化合物分子的结构特征分析简单有机化合物的某些化学性质,基于官能团、化学键的特点与反应规律分析和推断含有典型官能团的有机化合物的化学性质,综合应用有关知识完成推断有机化合物、设计有机合成路线等任务,对单体和高分子进行相互推断,分析高分子的合成路线。

3 “聚酰亚胺的合成”试题应用及反思

“聚酰亚胺的合成”用于有机化学的学习和复习检测,帮助学生巩固和活化知识。试题根据课程标准,从科技前沿实际问题入手,以文字叙述和有机合成路线图的形式将物质组成、结构、性质与转化、定量分析等相关知识包装起来,创设真实的、有价值的、有较高思维要求的问题情境,不仅引导学生关注了科技前沿问题,而且考查了学生对化学基础知识和理论的理解,同时能迁移应用到真实问题的分析和解决的过程中。该试题能有效评价学生在陌生的情境中,能否将知识融会贯通,能否基于“证据推理与模型认知”和“宏观辨识和微观探析”推理得出有机物的合成路线。

致谢:1)北京市卓越教师计划“化学核心素养的学习评价”项目研究团队;2)北京市专题教师研修项目“核心素养导向的中学化学学习评价设计与实施”;3)北京教育学院“十四五”学科创新平台“核心素养导向的学科教育评价研究”。

本文系北京市教育科学规划2020年重点课题“新高考改革背景下建构增值评价体系研究”(课题编号:BDAA2020029)阶段性研究成果。

(完)