



# 单元学习中核心素养导向的考试命题和分析

## ——以“生命中的有机化合物”单元为例

彭 了

(北京市十一学校 北京 100039)

**摘要:**在单元学习中进行命题设计时,要以学生发展为基本导向和视角,以学科核心素养的发展作为目标,从而为之后的教学改进提供反馈建议,促进达到“教、学、评”的一致性。以“生命中的有机化合物”单元设计中命题的设计和

**关键词:**命题评价;核心素养;单元学习;有机化学

**文章编号:**1002-2201(2023)11-0041-05

**中图分类号:**G632.42

**文献标识码:**B

评价是基于证据的推理过程,是通过观察学生行为和收集证据得出关于学生知道什么和能做什么的合理推论<sup>[1]</sup>。不论哪一种评价,都需要以认知模型(或心理构造)为核心,对学生知道什么和能做什么做出精致准确的评价,并揭示学生任务作答背后的真实意义<sup>[2]20-24</sup>。因此,在单元学习中构建评价体系,尤其是设计命题时,要以学生发展为基本导向和视角,以学科核心素养的发展作为目标。对学生核心素养发展的评价和检测,能够反映学生的学习进阶情况,从而为寻找适宜方式促进学生发展提供参考,为之后能够改进教学设计提供反馈建议,促进达到“教、学、评”的一致性<sup>[2]32-41</sup>。以“生命中的有机化合物”单元学习中的命题设计为例,介绍在单元学习中以学科核心素养发展为导向的命题设计和分析策略。

### 一、基于课程标准,分析学科核心素养,设计学习任务

根据《普通高中化学课程标准(2017年版)》<sup>[3]</sup>(以下简称“新课标”),“生命中的有机化合物”属于必修课程主题4“简单的有机化合物及其应用”,选修课程模块3《有机化学基础》中的主题2“烃及其衍生物的性质和应用”、主题3“生物大分子及合成高分子”的内容范畴。本单元重点发展学生的“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”“科学态度与社会责任”学科核心素养。结合重点发展的学科核心素养,我们对学习单元进行了开发和设计,探索通过核心表现型任务的设计,引导学生自主

运用已经掌握的有机化学知识解决生活中的实际问题,在解决问题过程中,培养证据推理与模型认知的核心素养,获得结构化的化学核心知识,最终实现化学学科核心素养的发展。“生命中的有机化合物”任务体系设计如下。

#### “生命中的有机化合物”单元任务体系

**任务一——初识营养物质:**基于官能团,选择15种生命中常见的有机化合物,为它们制作“资料卡片”,要求包含它们的结构、性质和常见功能。

**任务二——营养物质的功与过:**查阅相关资料,对至少4种物质进行深度研学(从1种糖类,1种脂肪,1种蛋白质,1种维生素和1种食品添加剂中任选4种),每个小组制作“深度研学卡”4张。

**任务三——食谱解读:**每个小组选择1份食谱,基于已有的资料卡片和深度研学,对食谱进行深入解读,针对1份食谱制作“食谱解读卡”1张和“成分鉴定卡”1张。

**任务四——谣言粉碎机:**每个小组选择1个有关饮食的热搜话题,从有机化合物的结构和性质角度辟谣,制作“谣言粉碎卡”1张。

### 二、基于学习任务和核心素养,进行单元命题设计

单元命题设计既要与单元学习任务紧密相连,增强学生对单元学习的认同感和成就感,更要以学科核

心素养的发展为导向,实现“教、学、评”的一致性。在命题设计过程中,笔者参考了北京师范大学王磊教授及其团队构建的基于核心素养的化学学科能力表现的指标体系<sup>[2]32-41</sup>,并总结了以下策略。

1. 将对核心素养的考查与单元学习任务和对应的心智加工过程相结合

《韦伯知识深度层级指南》<sup>[4]</sup>提出,确定一个任务对应的知识深度层级,不仅需要考虑到任务和信息的复杂程度、学生已有的知识水平,还需要考虑到目标要求所需的心智加工过程。基于上述标准,《韦伯知识深度层级指南》将心智加工过程分成了回忆与再现(层级1)、技能与概念(层级2)、问题解决与应用(层级3)、迁移思维与创造(层级4)四个层级。与之类似,在命题评价过程中,对核心素养的考查也是与特定的心智加工过程或者特定的活动联系在一起。

一方面,单元诊断命题应与学生在完成单元学习任务中的心智加工过程相一致,使学生能够感受到学习任务的意义,增强对单元学习的认同感和成就感,

表1 选择“糖类物质的结构和性质”作为具体知识点时的不同设问方式和情境梯度

学科能力	学科核心素养	具体考查方式(对应试题)	韦伯知识层级	情境梯度
分析解释(B1)	宏观辨识与微观探析	实验室为什么可以用新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 鉴别葡萄糖和蔗糖?	层级2	简单、熟悉
简单设计(B3)	宏观辨识与微观探析 证据推理与模型认知	如何设计实验,鉴别一瓶葡萄糖溶液和一瓶部分水解的淀粉溶液?	层级3	复杂、熟悉
复杂推理(C1)	宏观辨识与微观探析 科学态度与社会责任	为什么小方患有糖尿病的爷爷不能大量食用无糖月饼?	层级4	复杂、陌生

2. 将对核心素养的考查与真实、有梯度的情境相结合

情境和问题是试题的两个基本构成要素<sup>[2]36</sup>。情境应该是真实、来源于生产生活实际的素材,包括生产工艺、药物合成、环境治理等,从而引导学生关注化学与社会发展的关系,培养学生在真实情境中分析和解决问题的能力,凸显学以致用命题理念。例如,在试题中提及的“短时间的大量运动会使人第二天觉得肌肉酸痛”“小方的妈妈买了一条造价昂贵的羊毛衫”,包括在实验鉴别题中出现的葡萄糖和淀粉的检验过程中出现的异常现象,都是与学生在实验室的实验经验或者日常生活密切相关的情境。这些真实的

从而在今后的单元学习中更容易通过任务启动学生的自我系统。例如,在试题中给出了陌生物质“苏丹红4号”的结构简式,并提出相应问题,完成该题需要的化学学科思维方式与学习任务一“资料卡片”中发展的“基于官能团分析有机化合物的组成、结构、性质和变化”相一致,考查和促进学生的“宏观辨识与微观探析”素养。

另一方面,在试题开发过程中,对于同一知识点,也要根据具体的心智加工过程来确定核心素养考查的层级,从而选择不同情境或者设问方式。例如,以“糖类物质的结构和性质”作为考查主题,若考查不同层级的学科能力和不同的学科核心素养,其设问如表1所示。若聚焦解释说明能力和“宏观辨识与微观探析”的学科核心素养(层级2),则对应试题设计为:“实验室为什么可以用新制  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  鉴别葡萄糖和蔗糖?”若聚焦实验鉴别的简单设计能力和“证据推理与模型认知”的学科核心素养(层级3),则对应试题设计为“如何设计实验,鉴别一瓶葡萄糖溶液和一瓶部分水解的淀粉溶液?”。

情境一方面容易启动学生的自我系统,让学生应用自己所学的知识解决真实问题,在过程中获得“学以致用”的成功体验;另一方面能够发展学生的核心素养,为学生日后解决现实生活中的复杂问题打下知识和能力基础,从而体现化学课程在帮助学生形成未来发展需要的正确价值观、必备品格和关键能力中发挥的重要作用。

在针对核心素养选择和设置情境时,要注意不同情境之间的梯度,既包括简单和复杂程度的梯度,也包括熟悉和陌生程度的梯度,形成有水平梯度、可以承载不同能力任务的情境(见表1)。同样是对“宏观辨识与微观探析”学科核心素养进行考查,简单、熟悉



的情境涉及的知识深度层级相对较低,考查学生的学习理解能力,而复杂、陌生的情境涉及的层级相对较高,则可作为学生应用实践或迁移创新能力的考查载体。

3. 将对核心素养的考查与情境匹配、与梯度的问题相结合

**试题.**水杨酸的酸性很强,对人的肠胃有刺激性,容易引发胃溃疡,1897年德国化学家菲利克斯·霍夫曼对水杨酸的结构进行改造合成出阿司匹林(乙酰水杨酸)。具体合成流程见图1。

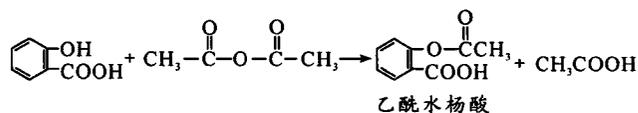


图1 合成流程

①上述反应的反应类型为\_\_\_\_,阿司匹林中含有的官能团的名称为\_\_\_\_。

②根据结构,推测阿司匹林的性质,下列试剂中能与阿司匹林反应的是( )。

- a. 氢氧化钠溶液      b. 硫酸钠溶液  
c. 碳酸钠溶液

③检验上述反应是否完全进行可以使用的试剂为\_\_\_\_。

有了情境之后,就要设计对应的问题点,既要关注问题与情境的匹配性,也要关注问题设计不同层级和不同核心素养的发展水平。以阿司匹林的相关考查为例,该试题中在阿司匹林的合成和相关物质性质考查的情境下,对应于“宏观辨析与微观探析”的学科核心素养,设计了对应于以下三个指标的设问点。

(1)从微观层面分析单一物质或者单一反应:对反应物和产物的官能团进行辨认,结合官能团判断反应类型,对应于学习理解能力中的辨识记忆能力,是“宏观辨析与微观探析”核心素养的第一层级。

(2)从宏观层面分析单一物质或者单一反应:能基于阿司匹林的化学键和官能团,从原子和分子水平分析它的组成、结构、性质和变化,形成“结构决定性质”的观念,是“宏观辨析与微观探析”核心素养的第二层级。

(3)从宏观和系统层面分析多种不同物质以及物质之间的区别与联系:对反应物和产物的官能团进

行辨认,结合官能团判断两者性质的不同之处,同时结合题目要求进行分析判断,能从宏观和微观相结合的视角分析和解决与营养物质有关的实际问题,对应于应用能力,是“宏观辨析与微观探析”核心素养的第三层级。

三、基于试卷数据分析学生当前核心素养发展水平,为后续教学提供建议

本单元的学习目标之一是培养学生对有机化学形成结构化的知识体系,其中最重要的是发展“结构决定性质,性质决定功能”的“宏观辨析与微观探析”核心素养,能够基于官能团和化学反应对多官能团有机化合物的性质进行分析,并解释与之有关的生活应用或实验现象。为了更好地实现“教、学、评”的一致性,发挥评价对教学的反馈功能,并对考试各题的作答情况和得分数据进行分析,判断学生当前核心素养发展水平,为后续教学提供建议。

1. 对“宏观辨析与微观探析”核心素养的考查

试题“为什么动物油可以用于工业制肥皂?”对应的学生作答示例和体现的认识角度如表2所示。

表2 学生作答示例和体现的认识角度

序号	学生答案示例	体现的认识角度
A	反应生成硬脂酸钠	结构:无 反应:生成物
B	可与NaOH反应生成高级脂肪酸钠,是肥皂的主要成分	结构:无 反应:试剂条件,生成物
C	动物油中有大量—COO—与强碱发生反应,生成醇和羧酸盐	结构:官能团 反应:生成物
D	动物油属于酯类物质,含酯基,且不溶于水;能够与NaOH反应生成RCOONa,发生水解反应;—COONa极性很强,亲水;R—极性弱,亲脂,因此可制肥皂	结构:官能团 反应:反应类型,试剂条件,生成物

以试题“从‘结构决定性质,性质决定功能’的角度,解释为什么动物油可以用于工业制肥皂”为例,该题通过官能团、化学反应类型、反应物和生成物的结构和性质来解释与有机化合物相关的实验现象或者生活事实,考查“宏观辨析与微观探析”核心

素养。该题的得分率较高,可达 92%,说明绝大多数学生基本掌握了基于官能团的有机化合物的结构分析和性质解释的学科思维方法,但还不够完善。例如,表 2 所示的 A、B、C 三种类型答案都不够完整,A 类型和 B 类型仅有“反应(生成物)”和“反应(试剂条件和生成物)”的认识角度,C 类型在 B 类型答案基础之上增加了“结构(官能团)”的认识角度。D 类型答案最为全面地回答了该问题,其中包括“结构(官能团)”和“反应(反应类型,试剂条件,生成物)”的认识角度,以及基于官能团的性质和化学反应的分析,说明该生已经能够根据物质的微观结构对物质在特定条件下具有的性质和发生的变化进行分析解释,“宏观辨析与微观探析”核心素养发展到了较高水平。

### 2. 对“证据推理与模型认知”核心素养的考查

苏丹红 4 号的结构简式如图 2 所示,结合苏丹红 4 号的结构,预测其可能具有的物理或化学性质,“苏丹红 4 号”试题学生作答示例如表 3 所示。

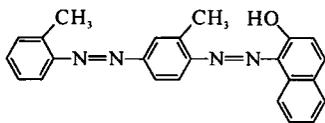


图 2 苏丹红 4 号结构简式

表 3 学生作答示例和体现的认识角度

序号	学生答案示例	体现的认识角度
A	有毒性 稳定性强 脂溶性 吸光性	结构:无 反应:无
B	还原性 与 H <sub>2</sub> 发生加成反应 与 NaOH 溶液发生反应	结构:无 反应:试剂条件,反应类型
C	具有还原性,能使酸性 KMnO <sub>4</sub> 溶液褪色(苯环上甲基);具有酸性,能与 NaOH 溶液反应(酚羟基);具有羟基,能使溴水褪色;具有不饱和键,能与 Br <sub>2</sub> 发生加成反应	结构:官能团,基团间相互影响 反应:反应类型,试剂条件,生成物

在单元诊断命题中,该题重点考查对于多种官能团化合物的结构分析和性质预测,考查“证据推理与模型认知”核心素养,题目给出苏丹红的结构简式,要求推测苏丹红可能具有的化学性质。通过试卷分析,

学生对两种物质官能团识别的得分为 91%,而对两种物质可能具有的化学性质的得分为 78%,这说明绝大多数学生基本形成了基于官能团推测有机化合物性质的模型认知,但还不够完善。学生的代表性作答如表 3 所示,A 类型的答案推论出来的性质或者是错误的,或者没有结合官能团信息,或者表述的是物理性质,为 0 分;B 类型的答案虽然推论出来的性质是正确的,但是没有基于官能团或者官能团之间的相互影响的分析推论过程,为 1 分;C 类型的答案基于“结构(官能团或者官能团之间的相互影响)”认识角度,对有机化合物“苏丹红”可能具有的性质,如可以发生加成反应、有还原性或者酸性等性质进行了推测,为 2 分(满分)。C 类型的答案体现了“结构决定性质,性质决定功能”的“宏观辨析与微观探析”核心素养,表明这部分学生已经针对有机化合物的结构和性质分析形成了结构化的知识体系和有机化学的模型认知,“证据推理与模型认知”的核心素养发展到了较高水平。

### 3. 对“宏观辨析与微观探析”“证据推理与模型认知”核心素养的融合考查

阿司匹林的合成路线如图 3 所示,请用化学用语,基于长效阿司匹林的结构解释“长效缓释”的机理。学生作答和体现的认知情况如表 4 所示。

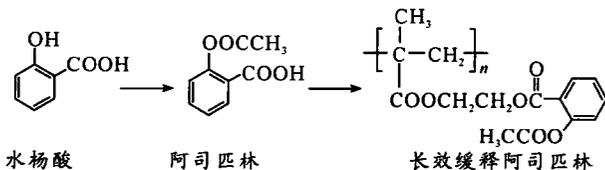


图 3 水杨酸合成阿司匹林和长效缓释阿司匹林的转化关系

表 4 学生作答示例和体现的认识角度

序号	学生答案示例	体现的认识角度
A	其拥有高分子长碳链和酯键,消化其中酯键需要时间,可缓释	结构:碳骨架,官能团 反应:无
B	 + 3H <sub>2</sub> O $\xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$ +	结构:官能团 反应:试剂条件(不正确),生成物



续表4 学生作答示例和体现的认识角度

序号	学生答案示例	体现的认识角度
C		结构:官能团 反应:试剂条件,生成物

阿司匹林合成路线试题考查学生的复杂推理能力,具体考查学生能否在复杂、陌生体系中,利用之前形成的认知模型解决复杂问题,该题学生平均得分为47.4%。学生解决该题时,需要利用阿司匹林和长效缓释阿司匹林的结构,找到它们之间的转化关系,并且确认在转化过程中发挥作用的官能团,结合化学用语对问题进行解释。A类型的答案指出了高分子链设计的意义,但是没有结合化学用语进行作答;B类型虽然写出了化学反应方程式,但所写的“稀硫酸,加热”的反应条件对应于常见的乙酸乙酯发生水解反应的条件,与人体内的反应条件不符,体现了知识迁移的灵活性不够;C类型的答案虽然写出了正确的化学反应方程式,但是如果能够结合相关的文字说明会更好。

#### 四、总结与反思

通过上述命题及分析过程可以发现,在化学单元学习中,核心素养的发展能够通过单元试卷的数据分析得到体现,不仅说明单元学习对学生核心素养的发展起到了促进作用,同时也说明单元试卷与学生核心素养的考查相一致,体现了“教、学、评”的一致性。在后续教学过程中,一方面,我们要关注学生的“真实问题”,例如实验中出现的异常现象,学生自己在学习过程中产生的生成性问题等,将其作为单元命题设计的情境,以促进学生在学习过程中的深入思考;另一方面,要能发现“真实情境”,充分发掘社会上的热点新闻、化学科学的研究前沿与学生当前知识和素养的联系,原创更多的试题,在考查核心素养的同时开阔学生的视野。

综上所述,在单元学习的命题设计中,要将对核心素养的考查与单元学习任务 and 对应的心智加工过程相结合;将对核心素养的考查与真实、有梯度情境相结合;将对核心素养的考查与同情境匹配、与有梯度的问题相结合。利用上述命题对学生核心素养

的发展层级进行分析,发现通过单元学习,绝大多数学生的化学学科核心素养都有了一定的发展,也基于数据分析发现学生表现不够理想的地方或者单元教学设计待改善之处,在之后的教学过程中进行改进,体现了诊断评价对教学过程的改进作用,实现了“教、学、评”的一致性。

#### 参考文献

- [1] JAMES W. PELLEGRINO, NAOMI CHUDOWSKY, ROBERT GLASER. Knowing What Students Know[M]. Washington D. C.:National Academy Press,2001,15-20.
- [2] 王磊. 基于学生核心素养的化学学科能力研究[M]. 北京:北京师范大学出版集团,2017.
- [3] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [4] 王梦珂,王卓,陈增照. 深度学习评价:理论模型、相关技术与实践案例[J/OL]. 广西师范大学学报(哲学社会科学版)[2023-10-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1066.c.20221011.1805.010.html>.

(本文编辑:文丰)

### · 科技资讯 ·

#### 更小巧更轻量的锂硫电池面世

澳大利亚莫纳什大学科学家设计出一种新型锂硫电池,该电池的阳极为拥有纳米多孔聚合物涂层的锂箔。这种新型电池不仅使用的锂更少,单位体积能量更高,而且寿命更长,且价格仅为传统锂离子电池的一半,有望广泛应用于电动汽车、无人机和电子设备等领域。相关研究论文发表于最新一期《高级可持续系统》杂志。

锂硫电池是一种新兴储能技术,其主要成分是金属锂和硫,能量密度超过传统锂离子电池。虽然锂硫电池效率很高,但锂的发现、提取和运输过程会排放大量二氧化碳,因此尽可能降低金属锂的使用至关重要。此外,当电池充电和放电时,大量锂和硫相互反应,会使金属锂承受很大的应变,更容易受损。此次新设计的新型电池,锂上的薄聚合物涂层显著提高了电池的充放电循环次数。这种聚合物含有小于1 nm的小孔,可以让锂离子自由移动,同时阻挡其他化学物质对锂的攻击。这种涂层还可以作为锂的支架,帮助锂反复充电和放电。此外,新设计不需要镍或钴,消除了对具有重大环境和社会成本的矿物的需求。