

基础有机化学实验教学改革 ——以乙酸异戊酯的制备为例

崔颖娜, 王爱玲*

大连大学环境与化学工程学院, 辽宁 大连 116622

摘要: 以乙酸异戊酯的制备实验为例, 介绍我校基础有机化学实验教学以“问题”为线索, 让学生带着问题去思考实验中的过程和步骤, 从而提高学生思考和研究能力的教学实验改革。

关键词: 乙酸异戊酯; 教学目标; 知识; 能力; 素质

中图分类号: G64; O6

Innovating the Basic Organic Chemistry Experiment: Using the Synthesis of Isoamyl Acetate as an Example

Yingna Cui, Ailing Wang *

College of Environment and Chemical Engineering, Dalian University, Dalian 116622, Liaoning Province, China.

Abstract: Using the synthesis of isoamyl acetate as an example, we will introduce an innovation of the basic experimental organic chemistry teaching adopted in our university. The experimental design will encourage students to consider the “problem” as a clue and analyze the processes and steps of experiments based on questions, improving the students’ thinking and research abilities.

Key Words: Isoamyl acetate; Teaching objective; Knowledge; Ability; Quality

有机化学实验课程是化学及相关专业本科生的重要必修课程, 在基础化学实验教学中具有十分重要的作用。随着高校教学改革力度的不断深入和创新型人才培养的不断加强, 有机化学实验教学改革也在逐渐推进。传统有机化学实验的基本功能是让学生掌握实验的基本原理和基本技能, 学会观察实验现象、正确记录处理实验数据和撰写实验报告。新形势下, 随着应用型、复合型和创新型人才培养目标的确立, 更加注重提高学生的研究技能和培养学生的创新精神。传统有机化学实验教学已经不能满足人才培养的需要, 因此推进有机化学实验教学改革具有十分重要的意义^[1]。

本科生的基础有机化学实验, 主要包括简单蒸馏、回流、分馏、减压蒸馏、水蒸汽蒸馏、萃取、重结晶、抽滤、热过滤和升华等基本实验操作和一些有确定特点的有机化学反应实验, 如酯化反应、氧化反应、取代反应等。对于后者, 其教学的根本目的, 除了通过实验使学生深入认知相应及同类有机化学反应外, 更在于以这些有机化学实验过程为载体, 通过相应实验教学过程, 开阔学生的相关科学视野, 培养学生对于有机化学反应的装置设计、反应过程控制和实验操作的能力, 培养学生养成良好的实验习惯和创新精神。

收稿: 2023-02-16; 录用: 2023-04-13; 网络发表: 2023-04-24

*通讯作者, Email: wangailing@dlu.edu.cn

基金资助: 2021年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目; 大连大学2021年度教学改革项目

本文以大连大学环境与化学工程学院开设的“乙酸异戊酯的制备”实验为例,向教学同行交流我校近期基础有机化学实验的教学改革情况,共同提高本科生的教学质量。

1 本实验应达成的教学目标

基础有机化学实验在人才培养过程中具有重要地位。通过本课程的教学,除了要使学生系统掌握有机化学实验的基本操作技能和基础知识外,更在于要加强学生对有机化学基本理论和基本知识的理解,使学生熟悉和正确使用有机实验室中常用的仪器和设备,熟悉有机化合物的基本合成方法、分离提纯、结构与性质鉴定技术,熟悉实验室安全技术,培养学生严谨的工作作风和实事求是的科学态度^[2]。因此,本实验要达成的目标为:

(1) 知识目标。

有机酸和醇的酯化反应,是一个典型的可逆反应。通过此实验使学生明确分水回流装置在可逆反应中应用的必要性,分水器的使用是调整化学平衡移动的一种有效方法;掌握分液漏斗和分水器的使用方法^[3]。

(2) 能力目标。

本实验要达成的第一个能力培养目标是,利用分水器的构造及其工作原理启发学生的创新思维,使学生对反应装置具有一定的选择设计能力^[4]。任何化学反应,都离不开反应装置。在实验室,从冷凝器配单口圆底烧瓶到无氧无水反应装置,一个有机化学反应过程的实现,总是离不开研究者对反应过程特点的深刻理解;对于工业生产反应过程,反应装置、实验技术是否合理,将直接决定装置建设成本、产品生产成本的的高低以及对环境污染的大小。

将该反应列为本科有机化学实验的原因之一是,由于化学热力学的原因,该反应在冷凝器配单口圆底烧瓶中进行时,反应物的最高转化率只能达到~75%的水平。要打破该平衡转化率,尽可能地使反应物转化,就应该随反应的进行及时把生成的产物从反应系统中分离出去。设计能及时分离产物的反应装置对于学生创新思维的启发具有非常重要的意义。分水器构造的创新设计思维是,利用有机物与水在室温下不互溶,且有机物密度比水小但是可以与水形成共沸物的特点,使有机物与水共沸回流到分水器中,在分水器中分层。使水层上面的有机层不断流回到反应瓶中,而将生成的水留在分水器并可随时除去。

关于装置的讨论。是不是产物只要有水生成,要打破平衡就可以使用该反应装置?由此启发学生根据反应特点(有机反应物与水共沸、不互溶,且密度比水小)设计反应装置的创新思维及装置的扩展应用性。

关于带水剂的讨论。如果有机物不满足这两个条件,是否还能用分水器?由此进一步启发学生的创新思维,引出带水剂的概念。带水剂可以把水从反应体系中分离出来,做带水剂的物质要能与水形成共沸物,从而使得水更易被蒸出,且在水中的溶解度很小。利用有机物能够和水共沸,而有机物在液态水中溶解度很小这一特点,让共沸回流冷凝物中液态原料或产物和带水剂(液态有机物)及时流回反应烧瓶,而将下层水截留下来令其不能进入反应系统^[5]。

本实验要达成的第二个能力培养目标是,使学生能够根据化学反应的反应物和产物的性质,对于反应过程情况,优选出方便可行的分析方法。乙酸的转化率和反应速率不仅可以分别由水的分出总量、分出速率依据反应方程得到估算^[6],还可以方便地由酸值法(对反应的游离酸进行滴定)^[7]和气相色谱法^[8]进行分析。

(3) 素质目标。

该目标达成于学生组成查阅文献、讨论和实验操作过程的整个实验教学环节。要顺利完成本实验内容,不仅需要正确选择反应装置、理解该反应装置的创新设计思维、搭建反应装置,还需要对反应进度跟踪,对液态反应产物进行分离纯化。这些内容,有的需要学生间的讨论、相互启发(例如

在进入实验室前正确选择反应装置,理解该反应装置的创新设计思维,以及分析方法的优选),有的是进一步锻炼学生的实验技能(例如液态反应产物的分离纯化),特别有利于培养学生的团结协作精神。对于催化剂(使用硫酸还是可回收的固体酸)、带水剂的选择,以及产物的后处理,则有利于培养学生的环保意识和保护青山绿水的责任感。上述实验教学过程以小组为单位进行,为上述素质目标的达成提供了必要条件。

2 本实验教学的具体实施过程

2.1 课前预习

对于过去的课前预习,大部分学生都是直接抄书来应付了事,“照方配药”地把实验课本上的实验目的、实验原理、实验流程和装置图抄下来,写成预习报告。表面看起来他们是很好地完成了预习,但实际上在做实验时很多学生对实验原理和实验步骤仍然模糊不清,只是照预习报告一个步骤一个操作地进行实验,而脱离了预习报告和课本后,就再不会做实验了。这种“照方配药”、被动应付、简单模仿的实验方式,当然不能很好地达到开设这门课程的预期培养目标。

对此,我们教改后的做法是,将学生分为8组(每组2人),完成下述预习任务:两组查阅选择冷凝回流的方法,两组查阅选择控制加热的方法,两组查阅选择反应进度的跟踪方法,两组查阅选择是否要用和用什么带水剂。学生预习完成之后,由教师组织腾讯会议,使学生实现小组间的相互交流,教师点评各小组优选给出的方法。

(1) 冷凝回流方法的优选。

学生提出的方法包括循环水冷凝和空气冷凝两种方法(图1)。小组长向同学说明这两种冷凝方式的优缺点、应用环境和优选结果。

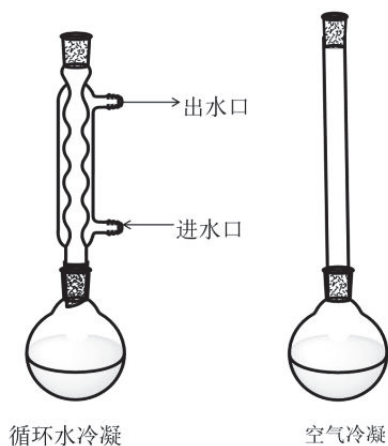


图1 冷凝回流方法

(2) 加热方法的优选。

学生总结的加热方法包括空气浴、水浴、油浴和沙浴加热。小组长向同学说明这几种加热方法的应用范围和优选结果。

(3) 反应进度的跟踪方法的优选。

学生总结的反应进度跟踪法包括“酸值法”“气相色谱法”和“出水跟踪法”。小组长向同学说明查到的这几种方法。由于本校基础有机化学实验因专业不同开设于“大一”下学期或“大二”上学期,此时学生尚未学习物理化学课程和仪器分析课程,因此学生更倾向于选用“出水跟踪法”。

(4) 带水剂及其优选。

学生总结出的结果主要包括:

1) 若反应物之一或产物酯与水能形成共沸物且在水中溶解度很小,可不用带水剂(本实验具有该特点);

2) 带水剂有苯、甲苯、二甲苯和环己烷等,尽量选择低毒价廉的带水剂;

3) 带水剂用量过少起不到好的带水效果,而用量过多,会导致后处理时产品损失增多。所以,带水剂有最佳用量。

产物的后处理过程部分的预习采用问题式教学方法,将问题抛给学生,以此培养学生解决问题的能力^[9]。产物的后处理过程提出以下问题:

1) 所得粗酯中含有哪些杂质?应该怎样除去?

2) 可否用NaOH溶液除去剩余的乙酸?

3) 剩余的醇如何除去?

4) 为什么用饱和食盐水洗涤而不用水洗涤?

5) 用哪种干燥剂干燥酯?无水CaCl₂可以吗?

以“问题”为线索,让学生带着这些问题去预习,将后处理过程中每一步的目的和意义以问题的形式展示给学生,组织学生的探索活动,为学生提供一个交流、合作、探索的平台,让学生在问题解决中完成实验预习,感受知识,加深印象。

最后要求学生将上述预习结果在预习报告中以画出合理的反应装置图,写清楚实验原理、实验流程等内容呈现。

经过上述预习过程,不仅很好地避免了学生抄实验书写预习报告和单纯“照方配药”式的实验操作,还积极调动了学生相互学习、共同讨论的积极性,让他们因此成为了学习的主体。此外,由此也拓宽了他们的科学视野,培养了他们的创新思维、团结协作精神和交流表达能力。

2.2 课上实验

实验操作是实验教学的重要环节。通过该教学环节一方面培养学生的动手能力,另一方面也是对每个学生在听取他人讨论、教师指导后对知识-能力-素质教学目标是否达成的综合检验。在该实验操作中安装操作是否正确、用“出水跟踪法”对反应的跟踪结果是否合理、产物的分液和干燥操作是否规范、组内同学在实验中的分工合作情况等都如实反映了学生对上述相应教学目标的达成度。

反应进度跟踪教学环节中让学生对“时间-出水量”的关系作图,根据分出的水量粗略地估计酯化反应完成的程度。确定反应基本平衡后,为开阔学生的视野,取两组样品由研究生协助利用气相色谱检验反应体系内剩余乙酸的含量。让学生切身体会一下气相色谱如何确定反应终点,开阔学生的思维。

通过跟踪反应进度这一环节,充分体现学生的主体地位,培养学生的主体意识,充分调动学生学习的积极性、主动性和创造性。同传统的实验教学模式相比,反应进度的判断需要学生自己得出结论,实验更具探索性,极大地提高了学生的兴趣,同时有利于培养学生的科研思维。

产物的后处理过程中,让学生根据预习中提出的问题的解决方法,一一进行操作,让学生充分体验发现问题并解决问题的快乐,并在实际操作中进一步熟练萃取、干燥、蒸馏等基本操作,在达成知识目标的同时,提高学习的兴趣。

最后反应废液的处理过程是培养学生良好的环保习惯和体现绿色化学理念的良好机会。教育学生实验后的废液尽可能回收利用,不能回收利用的废液应倒在规定的废液桶里,以便清理,减少环境污染。

2.3 课下任务

课下完成实验报告,并要求学生在实验报告的讨论部分针对实验中自己认为可以改进的地方提出改进方案,培养学生发现问题、解决问题的能力。例如,有的学生提出硫酸催化有污染,不符合环保的理念,建议改用杂多酸、离子交换树脂、固体超强酸和离子液体等催化剂催化反应^[10];有学生指出实验中醇酸物质的量之比为1:1,建议提高乙酸的用量,促进反应向正反应方向移动;还有

同学建议用醋酸酐替换乙酸与异戊醇酯化。教师对学生提出的改进方案进行总结,在下学期的综合实验中列出乙酸异戊酯制备的实验题目,让学生根据自己提出的方案自行设计完成乙酸异戊酯制备的综合实验。

3 教改前后的教学效果比较

为了充分了解有机化学实验课程教学改革的成效,对2020级不同专业的学生进行了问卷调查,问卷结果见表1。结果显示,大多数学生认同改革后的课程形式。学生表示:改革后的实验教学不仅学到了新知识,学会了实验操作;更重要的是通过查阅文献,拓宽了知识面;通过小组讲解,提高了口头表达能力及自信心,同时培养了团结合作的精神;实验中还养成了良好的环保习惯。

表1 2020级不同专业学生对课堂教学改革效果的反馈

专业	对实验课的兴趣 (很感兴趣)	自主学习能力 (有很大提升)	表达沟通能力 (有很大提升)	创新思维培养 (有很深影响)	团结合作意识 (有很大提升)
化学	99%	95%	94%	90%	94%
化工	97%	92%	92%	89%	93%
制药	96%	90%	90%	88%	95%
生物工程	95%	92%	91%	91%	91%
中药	94%	91%	89%	86%	89%

4 结语

从实验预习、课上操作、课下讨论等方面对基础有机化学实验教学进行改革。同传统教学模式相比,改革后的实验教学模式更有利于提升学生的学习兴趣,提高学生的自主学习能力和表达沟通能力,培养学生的创新思维和团结合作能力。

参 考 文 献

- [1] 段文增,赵迎旭,龚树文,黄现强,黄万镇,杨冰川. 大学化学, **2023**, 38 (5), 21.
- [2] 李厚金,陈六平. 大学化学, **2018**, 33 (1), 7.
- [3] 孟长功,田福平,宿艳,徐铁齐,王春燕,姜文凤. 基础化学实验. 第3版. 北京:高等教育出版社, 2019: 111-113.
- [4] 谭大志,张丕基,李博楠,王子嘉. 实验室科学, **2019**, 22 (1), 4.
- [5] 汪云松,李霁良,何严萍,韦琨,杨亚滨,王金宝,曹秋娥,刘世熙,杨靖华. 大学化学, **2010**, 25 (2), 36.
- [6] 黄红菱,刘金池,范文杰,吴绍维,谭大志. 化学教育, **2016**, 37 (22), 30.
- [7] 易兵,郭文辉,龙有前,林原斌. 化学世界, **2001**, No. 3, 148.
- [8] 薛森,朱美华,钟彩君,杨一鸣,李玉琴,胡娜,张飞,陈祥树. 膜科学与技术, **2018**, 38 (4), 107.
- [9] 曾艳萍,黄齐林. 大学化学, **2018**, 33 (1), 54.
- [10] 赵新筠,张剑光,周忠强. 大学化学, **2013**, 28 (5), 55.