

情境化教学法和 PBL 教学法在大学 有机实验课程中的应用

——以蒸馏、分馏及沸点的测定为例

崔晶晶, 袁 华

(武汉工程大学 化学与环境工程学院 环境与化工清洁生产国家级实验教学示范中心, 湖北 武汉 430205)

摘 要: 采用情境化教学方法, 借助“穿越”方式, 以“通过蒸馏成为古代白酒大亨”为目标, 提高了学生对“蒸馏、分馏及沸点的测定”实验所涉及的理论知识进行提前预习的积极性。该项实验教学方法的设计, 还借鉴了 PBL 教学法, 旨在引导学生自主学习, 提升实验课程教学效果。

关键词: 有机化学教学; 实验课程; 情境化; PBL 教学方法

中图分类号: G642.423 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2021)06-0222-04

Application of situational teaching method and PBL teaching method in university organic experiment course: Taking distillation, fractionation and determination of boiling point as example

CUI Jingjing, YUAN Hua

(National Experiment Teaching Demonstration Center for Environmental and Chemical Engineering Clean Production, School of Chemistry and Environmental Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

Abstract: By using situational teaching method, with the help of “Passing through” method, and taking “Distilling ancient Baijiu” as a goal, the students’ enthusiasm to preview the theoretical knowledge involved in the experiment of “Distillation, fractionation and boiling point determination” is improved. The design of the experimental teaching method also uses PBL teaching method for reference, which aims to guide students’ autonomous learning and improve the teaching effect of the experimental course.

Key words: organic chemistry teaching; experimental course; situational; PBL teaching method

有机化学实验作为大学化学实验课程的重要内容, 对于提高学生理论知识水平、动手能力、发现问题和解决问题的能力, 以及科研素养等具有至关重要的作用。在有机化学实验教学过程中, 学生通过预习不但可以提高自身理论联系实际的能力, 也可以学习如何规划实验流程、统筹实验时间及为潜在问题制定预案, 因此实验课程的预习环节不仅有利于单次实验

的成功, 更有利于研究素养的培养。笔者发现, 很多学生由于学习动力不足, 预习工作较肤浅, 只是机械地搬抄教材内容, 因此如何提高学生的预习积极性及预习效果就成为了一个亟需解决的问题。本文提出将情境化教学方法应用于有机化学实验课, 旨在夯实学生理论基础, 提高学生预习效果, 激发学生参加实验的积极性和主动性, 最终实现提高学生创新能力、团

收稿日期: 2020-11-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21801196)

作者简介: 崔晶晶 (1987—), 女, 河北沧州, 博士, 讲师, 研究方向为元素有机化学, 17061701@wit.edu.cn。

通信作者: 袁华 (1965—), 男, 湖北蕲春, 硕士, 教授, 主要研究方向为有机合成化学、催化反应工程, yuanhua@wit.edu.cn。

引文格式: 崔晶晶, 袁华. 情境化教学法和 PBL 教学法在大学有机实验课程中的应用——以蒸馏、分馏及沸点的测定为例[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(6): 222-225.

Cite this article: CUI J J, YUAN H. Application of situational teaching method and PBL teaching method in university organic experiment course: Taking distillation, fractionation and determination of boiling point as example[J]. Experimental Technology and Management, 2021, 38(6): 222-225. (in Chinese)

队合作能力和动手操作能力的目的。

1 情境化教学法和 PBL 教学法

情境化教学方法具有极强的带入感, 是提升教学效果的一种有效途径, 在化学教学方法探索与实践受到了很大关注^[1-5]。例如, 李大塘等人探讨了“四化”教学在无机化学理论课程中的应用^[1]; 李厚金等人提倡将实验与现实生活联系起来, 活跃课堂气氛, 激发学习热情^[2]。PBL (problem-based learning) 是一种以解决实际问题为目的的教学方法^[6-10], 这种方法提倡在合适的任务驱动下, 使学生自主查阅教材及相关资料, 搜集解决问题所需的专业知识, 同时促进学生创新能力、团队合作能力的提高。

2 教学设计

受情境化教学方法的启发, 针对食品科学与工程专业学生, 设计“穿越”情节, 将学习目标设定为“通

过本次实验的学习, 成为古代的制酒大亨”, 并以“解决中国古代酒市场存在的两大问题”为课题, 激发学生的预习兴趣。预习材料中穿插中国古代酒历史、各种酒的制作方法以及古诗词等, 增强课程的知识性、趣味性。需要特别指出的是, 预习材料仅包含了实验成功所需的部分理论知识, 其他“致富秘籍”则需要学生通过自主的拓展学习来获得。

为实现上述目的, 将实验所用药品由丙酮/水混合物换为乙醇/水混合物 (比拟酒精度低的粗酒), 并基于情境教学、以解决问题为导向, 设计了预习引导环节。

为方便学生安排预习时间, 预习材料 (预习引导、实验视频资料及其他拓展资料) 在实验开始前十天发布于蓝墨云班课平台。预习报告要求以小组为单位提交, 以便减少机械劳动, 提高时间利用率, 增强团队合作和知识融合。

2.1 导入环节

导入环节的内容及目的详见表 1。

表 1 各导入环节的内容及目的

序号	导入内容	行为	目的
1	设计情境	提问: 如果穿越回古代, 发现自己富甲一方, 是什么感觉? 请学生稍作想象	吸引学生注意力
		提问: 那究竟是从事什么工作, 可以如此富裕呢? 请学生稍作思考 建议: 推荐大家从事白酒的酿制及提纯, 只要各位学生学习并掌握了本次实验内容, 就可以坐拥陶猗之富。	提高学生对课程的兴趣
2	以古诗引出古代酒市场存在的问题	浊酒一杯家万里, 燕然未勒归无计。宋范仲淹《渔家傲·秋思》 莫笑农家腊酒浑, 丰年留客足鸡豚。宋陆游《游山西村》 一杯浊酒喜相逢, 古今多少事, 都付笑谈中。明杨慎《临江仙·滚滚长江东逝水》	引出问题 1: 含有很多固体杂质
		烹羊宰牛且为乐, 会须一饮三百杯。唐李白《将进酒》 金樽清酒斗十千, 玉盘珍羞直万钱。唐李白《行路难》 李白斗酒诗百篇, 长安市上酒家眠。唐杜甫《饮中八仙歌》	引出问题 2: 发酵酒的乙醇浓度仅为 10%~15%

2.2 问题解决方案

针对导入环节引出的问题, 提出解决问题的“秘籍”。

2.2.1 蒸馏

针对中国古代酒存在的两个问题, 第一个“秘籍”是蒸馏。

1) 蒸馏的原理及装置。

一定温度下, 纯液体的饱和蒸气压称为此液体的挥发度, 沸点越低挥发度越高。根据拉乌尔定律, 混合物中各组分的分压比等于此温度下各组分的饱和蒸气压之比。蒸馏就是利用混合物中各组分挥发度的不同而对各组分进行分离, 气相中富集低沸点组分, 液相中富集高沸点组分。如何实现这一过程呢? 蒸馏装置 (见图 1) 由两部分组成, 第一部分包括有热源、圆底烧瓶及克氏蒸馏头, 作用是将液体汽化, 第二部

分为直形冷凝管, 作用是将热蒸汽冷却为液体。

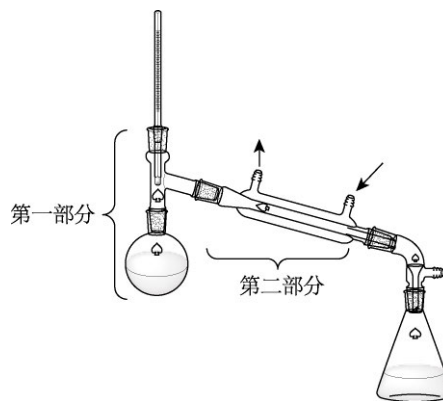


图 1 蒸馏实验装置

2) 蒸馏方案的性能评价。

针对古代酒中含有固体杂质的问题: 由于浊酒中

的固体杂质主要为微生物细胞、酵解残渣等不能汽化的物质，因此可以通过蒸馏顺利除去。

针对古代酒的度数过低的问题：用化学专业的表述即乙醇与水的混合物中乙醇的含量低。那么用蒸馏能否提高混合物中乙醇的含量呢？可以借助相图来分析此问题。

为了分析问题方便，将乙醇-水体系简化为理想的二元组分系统，图 2 是系统的 T - x - y 图。图中 T 为系统温度， x 为液相中乙醇的摩尔百分比， y 为气相中乙醇的摩尔百分比。上凸曲线为汽化线，此线以上任一点以气态存在；下凹曲线为液化线，此线以下任一点以液态形式存在。红色与蓝色之间为气-液平衡区。横坐标为某一组分中乙醇的摩尔百分比，最左侧 $x=0$ ，即体系为纯水，沸点为 $100\text{ }^\circ\text{C}$ ；最右侧 $x=1$ ，即体系为纯乙醇，沸点为 $78\text{ }^\circ\text{C}$ 。假设古代酒中乙醇的摩尔百分比为 x_0 ，将其加热至 T_1 后体系进入气液平衡区，气态中乙醇的摩尔百分比为 y_1 ，若把此部分气体收集冷却，即可得到乙醇含量为 y_1 的酒。由图可以， $y_1 > x_0$ ，即经过蒸馏，酒的乙醇含量得到了提高。使用蒸馏提高酒精含量的技术只适用于元代以前，因为这一技术在元代已经很成熟了^[11]。

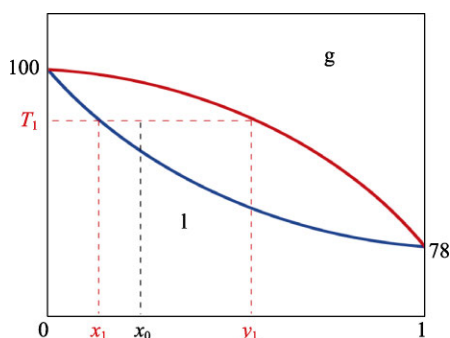


图 2 蒸馏效果的评价

以上分析仅表明蒸馏可以提高乙醇的含量，但 $10\% \sim 15\%$ 的粗酒经过一次蒸馏，酒精度能提高多少呢？其实这个数据就在我们的日常生活中。北京二锅头，度数 65° ，那么此酒为什么叫二锅头呢^[12]？其实这代表了酒的制造工艺是经过两次蒸馏，选取馏头。由于发酵过程中不但会生成乙醇，还会生成对人体有害的甲醇及醛等低沸点物质，第一次蒸馏设置温度较低，主要是为了除去这些有害物质，第二次蒸馏才是分离乙醇与水。

那么为什么要选取馏头呢？如图 3 所示，乙醇含量为 x_0 的酒被加热至 T_1 ，产生的气体经冷却生成度数升高至 y_1 的酒。随着蒸馏的进行，母液中乙醇含量逐渐降低， t 时间后母液中乙醇含量降至 x_t 。由于母液中液体变少，在加热功率不变的情况下，体系温度上升

至 T_2 ，此时收集气液平衡态的气相并冷却，得到的产品中乙醇的含量变为 y_2 ，由图可知 $y_2 < y_1$ ，即随着蒸馏的进行，馏出液中乙醇含量不断降低。

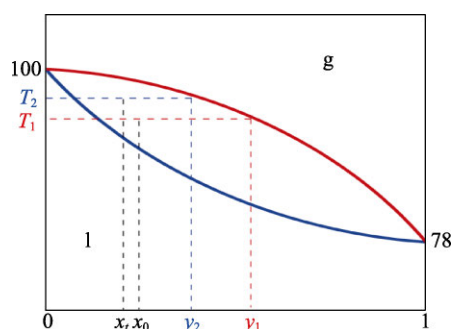


图 3 蒸馏过程中馏分组成的变化

以上分析表明，通过一次蒸馏选取馏头的方法，酒精浓度可以提高至 65° ，这么高的度数完全可以满足市场需要，制酒工艺已经完善。但是作为研究人员，我们不但要把酒的蒸馏做成一项技术，更应该把它做成一项艺术。因此下一个问题就是：乙醇含量能在 65° 基础上再提升吗？答案是可以，但是怎么做到的呢？俄罗斯人最爱的酒是伏特加，市售伏特加度数在 $40 \sim 60^\circ$ ，但这是勾兑的结果，勾兑前的度数可以达到 95° ，这是怎么做到的呢？

答案是多次蒸馏^[13]。为什么多次蒸馏可以极大地提高酒精度呢，同样借助相图（见图 4）来分析。前面提到乙醇含量为 x_0 的液体被加热至 T_1 ，产生的气体经冷却后生成度数升高至 y_1 的酒。继续取 y_1 酒再次蒸馏，温度设置为 T_2 ，气液平衡时收集气相冷却，即可得到酒精度为 y_2 的酒，由图可知 $y_1 < y_2$ ，即二次蒸馏所得的酒乙醇含量高于第一次蒸馏。多次重复蒸馏操作，即可将酒精度提升至 95% 。

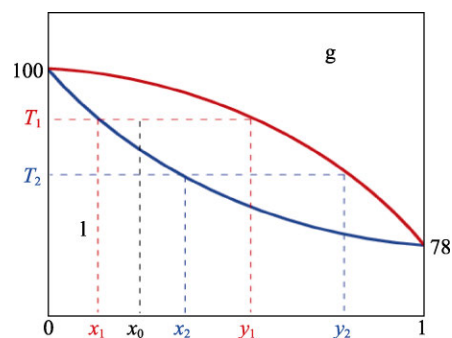


图 4 通过二次蒸馏提高乙醇含量

下一个问题是酒精的度数可以继续提升吗？答案是不可以，原因是真实的水与乙醇体系不是理想的二元组分，二者会形成共沸物。共沸物就是两种或多种不同成分的均相溶液，以一定的比例混合时，在压力固定的情况下，仅具有一个沸点。

图 4 还显示, 第一次蒸馏中浓度为 y_1 温度为 T_1 的气体先被冷却至液体, 损失了热能; 在第二次蒸馏中, 这部分液体又被重新加热至 T_2 温度, 此过程损失了冷能。采用这种做法虽然可以做到蒸馏提纯的极致, 但是不利于节约成本, 很难大规模应用。

2.2.2 精馏

前面多次提到多次蒸馏可以得到乙醇含量约 95% 的酒, 但是能量损耗很大, 那么有没有一种既可以保证酒精度又可以节约能量的办法呢? 是的, 这种方法就是精馏。

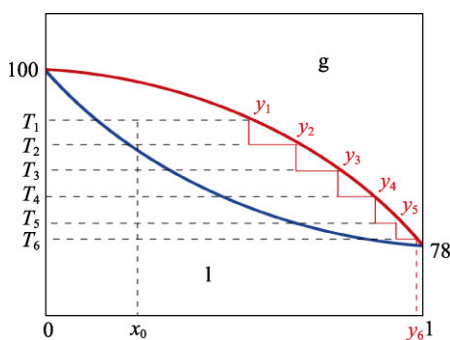


图 5 精馏的原理

如前所述, 乙醇含量为 x_0 的液体被加热至 T_1 后, 产生了气体 y_1 。与多次蒸馏不同, 精馏中气体 y_1 仅冷却至气液平衡区的一个稍低的温度 T_2 , 并在此温度再次达到气液平衡, 产生了气体 y_2 。依照此方法, 将 y_2 气体继续稍冷却至 T_3 、 T_4 、 T_5 、 T_6 , 并得到 T_6 温度下, 气液平衡状态时的气体 y_6 , 经过冷却制得乙醇含量为 y_6 的酒。实际上, 精馏就是将前一个蒸馏环节的冷凝环节释放的热量用于后一个蒸馏环节的汽化环节, 因此可以大大减少能耗。

在具体操作中, 如何做到稍冷却和保持气液平衡呢? 虽然理论看起来很高深, 但实现起来却非常简单。只需要在蒸馏装置的圆底烧瓶与蒸馏头之间引入精馏柱即可 (见图 6)。精馏柱其实就是含有很多玻璃刺的玻璃管。由于逐渐远离热源, 随着高度的上升, 精馏柱内的温度逐渐降低, 同时玻璃刺为气液两相的能量

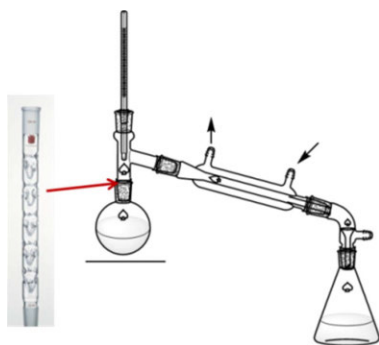


图 6 精馏实验装置

交换与物质交换提供了充足的界面。

2.2.3 其他“秘籍”搜索指南

(1) 以图 2 为例, 当乙醇含量为 x_0 的混合物的温度刚刚超过泡点时, 气相中的乙醇含量为此体系单次气液平衡状态下的最高值。实验中可以这样设置加热温度吗? 依据是什么?

(2) “二锅头”案例显示随着蒸馏的进行, 乙醇含量会逐渐下降, 蒸馏实验操作时如何保证馏分中乙醇含量不会出现大的波动?

(3) 精馏过程中, 如果加热功率过大, 温度计示数全程的变化分别为: 长时间为室温、迅速上升并持续缓慢上升, 最后升至 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 。为什么会出现这种变化? 正确的温度计示数变化方式是什么? 如何实现?

(4) 蒸馏和精馏实验中分别测定稳定馏分的温度, 应该如何读取温度, 并试预测两个温度的高低顺序?

(5) 为熟悉实验流程及注意事项, 让学生观看蓝墨云班课中优秀学长们提供的操作视频。

2.3 实验设计

实验中每位学生会得到 15 mL 、体积浓度约为 50% 的酒精与水的混合物, 作为酿制酒粗品, 并分别尝试用蒸馏和分馏的方法对体系进行提纯, 尝试制备伏特加原浆, 即乙醇含量约为 95% 的乙醇-水共沸物。分别记录产物的体积及稳定馏分的温度。

3 教学效果

大学有机化学实验课程教学中, 针对食品科学与工程专业, 将成为“制酒大亨”作为“蒸馏、分馏及沸点测定”实验的学习目标, 取得了良好的教学成果。首先, 极大地提高了学生的预习积极性, 学生不再局限于对教材的摘抄, 而是将更多时间用在理解实验原理、观摩实验录像以及讨论预习报告中的思考题等。其次, 实验过程更为流畅高效, 学生提出的问题更有深度, 并能更好地针对实验过程中出现的意外情况提出合理的解决办法。在成为“制酒大亨”这一目标的驱动下, 学生不再注重实验完成的速度, 而是注重实验完成的质量。最后, 学生对实验结果的阐释更为准确, 不再孤立分析产率或沸点, 而是懂得对二者进行综合分析, 并能回溯实验环节, 找到产生问题的原因, 并提出可行的改进方案。

4 结语

通过使用情境化教学方法, 找到了授课内容与学生专业之间的契合点, 设计了教学情境及实验目标。通过有针对性地设计预习材料, 基于网络学习平台发布文本、视频等多种形式的信息, 组织小组学习等,

(下转第 229 页)

利益关切,促进线上教学资源的有序利用和资源共享平台的可持续发展。

5 结语

基于实验教学大纲的线上实验教学资源体系建设,无论对疫情期间的线上实验教学,还是常态化的实验教学都具有重要意义。实验技术方法学习和实验操作技能训练是实验教学的两个重要内容,线上实验教学即使利用了虚拟仿真技术,对于实验操作技能的训练也是不够的。但虚拟仿真实验对于线下难以开展的实验项目具有一定优势,而且不受时间、空间限制。此外,基础性的线上实验教学内容可以作为学生课前预习和课后复习的学习资源,从问卷调查结果看这些都得到了学生的认可。所以我们要辩证看待线上实验教学和实验教学资源体系的建设,促进信息技术与实验教学的深度融合,促进实验教学资源开放共享及实验教学改革与创新。

参考文献 (References)

[1] 谷艳华,苗广文,杨得军.混合教学模式下虚拟仿真教学的

探索与实践[J].实验技术与管理,2019,36(7):188-191.

- [2] 王斌,宋旭霞,钱冬萌,等.基础医学实验教学改革的研究和探索[J].实验室研究与探索,2014,33(4):168-170,183.
- [3] 樊守艳,王继浩.基础医学虚拟仿真实验教学现状分析与展望[J].中国教育信息化,2018(2):88-89.
- [4] 郑卫红,汤桂成,吴杰.推进基础医学虚拟仿真实验室建设探析[J].基础医学教育,2017,19(4):310-313.
- [5] 胡小平,谢作栩.疫情下高校在线教学的优势与挑战探析[J].中国高教研究,2020(4):18-22,58.
- [6] 张莉,刘健,孙波,等.新型冠状病毒疫情下生理学线上教学模式的探索与思考[J].医学教育研究与实践,2020,28(2):221-224.
- [7] 刘惺,张居华,王慷慨.医学虚拟仿真教学资源建设的实践与思考[J].教育现代化,2019,6(80):129-130.
- [8] 林宝灯.高校信息资源开放共享机制建设的新载体:虚拟实验室[J].图书馆理论与实践,2018(1):96-100.
- [9] 狄海廷,董喜斌,李耀翔,等.高校虚拟仿真实验教学资源的可持续发展机制研究[J].实验技术与管理,2018,35(5):236-238,242.
- [10] 刘亚丰,苏莉,吴元喜,等.虚拟仿真教学资源开放共享策略探索[J].实验技术与管理,2016,33(12):137-141,145.

(上接第225页)

大大调动了学生的积极性和自主性,提高了学习效率。由于学生预习质量提高,并能在实验过程中更好地发现问题、解决问题,提升了学生的成就感。

参考文献 (References)

- [1] 李大塘,封朝霞,汤建庭.“四化”教学在无机化学理论课中的应用实践[J].化学教育,2016,37(4):25-28.
- [2] 李厚金,陈六平.有机化学实验教学方法探索与实践[J].大学化学,2018,33(1):7-11.
- [3] 刘辉,王德萍,马邦蕾.大学化学中情境教学的创设与实施[J].考试周刊,2009(45):170-171.
- [4] 莫尊理,刘艳芝,孙银霞,等.大学化学素质教育的情景创设实践:“消费化学”情景创设课件设计[J].化学教育,2005(10):20-22.
- [5] 叶青青.情境教学在高校化学教学中的研究与实践[J].教育科学(全文版),2016(25):263.
- [6] HMELO-SILVER C E. Problem-based learning: What and how

do students learn? [J]. Educational Psychology Review, 2004, 16(3): 235-266.

- [7] 申彦,杜建国,童金根,等.虚实结合PBL双创课程教学研究[J].实验技术与管理,2020,37(4):231-233.
- [8] 李强,廖蓉芬,徐鹏.基于问题的学习法(PBL)在无机及分析化学课程教学中应用[J].中国现代教育装备,2012(13):61-62,68.
- [9] 徐胜臻,曹敏惠,江洪,等.基于问题式学习(PBL)在有机化学教学中的应用:以“卤代烃”的教学设计为例[J].科技信息(科学教研),2008(10):5-6.
- [10] 朱久娟,梁树平,姜浩,等.SPOC-PBL教学法在地质类专业“实验化学”教学中的应用[J].实验技术与管理,2020,37(8):219-220,226.
- [11] 孟乃昌.中国蒸馏酒年代考[J].中国科技史料,1985(6):31-37.
- [12] 赵一帆.探寻二锅头之源[J].首都食品与医药,2015,22(5):49-50.
- [13] 李盛贤,赵辉,艾冬,等.俄罗斯伏特加酒工艺分析[J].酿酒,2000(6):45-47.