

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2023.04.015

导学式电子实验报告的探索设计与实践^①

龚成斌, 杨于瑶, 石燕, 高意, 唐倩

西南大学 化学化工学院/西南大学 化学化工国家级虚拟仿真实验中心, 重庆 400715

摘要: 实验教学是培养化学专业学生实践能力、创新能力和解决问题能力的重要途径, 针对西南大学化学化工学院实验教学中基础实验报告存在的问题, 以有机制备实验——乙酸乙酯的制备为例, 进行了化学实验报告相关的教学改革, 以导学式的预习、实验记录和电子实验报告为指引, 从课前、课中和课后三方面引导学生完成实验教学目标, 提高了学生的创新技能和学习兴趣, 把学生从大量的抄写实验报告时间中解脱出来, 调动了学生学习的主动性和积极性, 达到了预期的实验教学效果。

关键词: 实验报告; 导学; 乙酸乙酯制备; 教学改革; 电子实验报告

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2023)04-0117-06

Exploration, Design and Teaching Practices of “Guided Learning” Electronic Experiment Report

GONG Chengbin, YANG Yuyao,
SHI Yan, GAO Yi, TANG Qian

School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest University/National Virtual Simulation Experimental Center of Chemistry and
Chemical Engineering of Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Experimental teaching is an important way to cultivate the practical ability, innovative ability and problem-solving ability of students majoring in chemistry. In view of the problems existing in the basic experimental report in the experimental teaching of our college, we carried out teaching reform related to the chemical experimental report by taking the “Ethyl Acetate Preparation” in “Organic Preparation Experiment” as an example. Based on the “guided” preview, experimental records, and electronic experimental reports, students were guided to complete the corresponding experimental teaching contents from three aspects: before class, during class and after class. This teaching reform improved students’ innovative skills and learning interest, freed students from spending a large amount of time on finishing experimental reports, and mobilized students’ initiative and enthusiasm in learning, thus achieving the expected experimental teaching effect.

Key words: experimental report; guided learning; ethyl acetate preparation; teaching reform; electronic experiment report

① 收稿日期: 2022-10-10

基金项目: 西南大学实验技术研究项目(SYJ2022005); 教育部 2020 年产学研合作协同育人项目(20202060062); 重庆市高等教育教学改革研究项目(222048); 2022 年中央高校基本科研业务费资助。

作者简介: 龚成斌, 副教授, 博士, 主要从事实验室管理及有机功能材料的研究。

化学作为西南大学的传统优势学科,是理论与实践并重的专业,实践能力的培养是学生成长的关键要素.实验是培养学生创新能力和解决问题能力的重要抓手,完成每一个实验,必须完成整个的实验过程,体现“两性一度”实验教学的效果^[1].实验报告是实验过程的再现记录、归纳总结与提升,在实验教学过程中发挥着独一无二的作用.如何将实验过程体现在实验报告中,如何在每个学生完成的实验报告中体现学生的个性过程性、参与程度及动手能力和思考解决问题能力,目前各高校通行的做法是课前预习实验,包括了解实验的内容和书写实验预习报告;课中根据实验实际情况记录实验现象,解决实验中可能出现的问题;课后分析数据、撰写实验报告的实验教学模式^[2-3].针对西南大学化学化工学院(本文简称“我院”)刚接触化学实验的学生,由于普通高中减负等原因,90%以上的学生未进入过化学实验室,完成课前、课中、课后的3个实验学习任务都存在相当的困难.通过对我院化学基础实验课程实验报告现状的调研,发现了^[4-6]以下几个方面的问题.

1) 学生课前的预习报告无从下手,并且对实验的安全性缺乏认知.所有的化学实验课都是独立设课,学生在上课之前只是简单了解实验原理及步骤,照抄书本上的内容,而对实验的具体内容,如搭建装置、实验步骤、使用仪器方法等了解有限,而且由于一般实验教材没有提及实验所用化学品的危险性、仪器不正确使用的潜在危险性等内容,因此学生缺少对危化品的安全性认识^[5].

2) 实验记录不完全,实验过程中若不依靠老师的指导,部分学生就难以完成规定的实验教学内容.基础实验课程每班实验人数较多(20人/班),平行开设,学生的实验进度不一致,指导教师只能巡回指导,不能全程跟进每个学生的实验情况.实验过程中要求学生仔细观察和记录实验现象,但学生往往容易漏掉一些稍纵即逝的实验现象,这很不利于学生系统地理解实验内容和原理,导致实验记录不完全,有些实验现象没有把握住.

3) 课后的总结讨论和结果分析不够全面和深入.学习主动性差的部分学生会马虎应付结果分析与讨论,草草了事;对实验内容感兴趣并希望进一步探究的部分学生,常常因缺乏有效的指导而不能深入研究,这对于学生的学习兴趣的激发、科研思维的培养和解决问题能力的挖掘不能起到积极的推动作用.

4) 运行多年的纸质格式模块化的化学实验报告,在运行中存在较多问题.如:书写格式固定,大多数学生抄袭实验教材,学生疲于应付实验预习报告和实验报告,缺乏学习主动性,缺乏独立思考,书写报告模式化,缺乏新意,极易造成学生懈怠,甚至出现报告内容直接抄袭、内卷化非常严重(有的学生完全照搬高年级的优秀报告);部分学生为了契合正确结果和获得实验高分,篡改原始实验数据等,导致教师不能科学评分等.学生抄写报告占用了大量的时间(有的学生深夜2点还在加班写实验报告).传统实验报告书写的内容和形式需要变革,将科学研究的创新思维理念融入到实验报告的书写中,设计出一套新型导学式电子实验报告模板迫在眉睫^[7].

5) 纸质实验报告虽运行多年但存在诸多弊端,不能满足当今信息化时代的实验管理要求.学生在纸质预习报告书写、课后实验报告的编撰、教师批改和反馈整个过程会花费较多的时间(每年的教学反馈会上学生都会提及).纸质实验报告批改和反馈效率低(因为评估需要,有的实验报告鲜有返回给学生),学生常常不能及时获得教师的评价,不能了解自己实验需改进的地方,大大降低了实验教学的互馈效果^[8].另外,纸质实验报告的填写局限于学生自己做的实验内容,而较复杂的图像形式的实验结果由于篇幅限制就难以展示.再者,纸质报告不便于查阅和保存往届学生实验报告,不便于统计汇总学生实验报告的情况,不利于全面评价实验的教学效果.总之,现有的纸质实验报告不符合教育现代化、网络化发展的要求,大量报告纸的使用造成很大的浪费.

导学式实验报告立足于引导学生,强调的是学生的自主学习、思考和实践;以学生为中心的教学理念,跳出“保姆式”实验教学禁锢,将对学生的实验指导融入学生学习的整个过程,真正实现以“学生为本”的教学理念.导学式基础化学实验电子报告就是这个过程的最好体现.本文以有机化学实验报告为例,分析导学式实验报告在我院的教学实践.

预习实验报告要求学生了解实验安全问题,明确实验目的和原理,查阅文献了解所需要的原料、产物、副产物的物化性质,了解实验所需要的玻璃仪器、装置图、实验主要步骤和实验关键,预测实验可能出现的问题等.实验报告要求学生根据实验步骤和实际的药品用量,按实验方法来进行实验,观察实验现象,搜

集实验数据,检测产品的结构和纯度等,分析实验结果,对实验异常情况能正确分析并提出改进措施,最终得出实验结论,对实验结果进行分析讨论.因此预习实验报告和实验报告的侧重点不一样,因此两个类型的实验报告的格式不一样,而且很多文字性的描述,大多数学生都是抄实验书上内容,没有新颖性和科学术语,导学式实验报告采用关键词句填写方式引导学生,提升学生的科技论文写作水平^[9].

1 导学式实验预习实验报告设计

实验课前预习是化学基础实验课的关键一环,学生是否预习到位是实验能否成功的重要决定因素.大多数学生都是照抄实验教材或者网上的相应的实验内容,没有理解实验的内涵,达不到预习的教学效果,老师也是根据学生抄写篇幅的多少和认真程度来评分.要解决该问题,就需要老师认真设计预习报告和实验报告,让学生在完成预习报告的学习中了解实验的背景知识和实验过程,提高学生学习实验的兴趣,拓展学生的视野,提高实际动手能力.导学式电子实验报告的预习部分可在实验课前引导学生自主查阅文献、带着问题和思考来实验室做实验.学生可根据自身实际情况查阅文献,但不要求答出所有问题以避免费时费力.上课时教师讲解预习报告的相关内容,帮助学生理解问题,查漏补缺,更好地巩固预习内容中的知识点,要求学生课前清楚明晰实验装置图、仪器、试剂选用和流程图.导学式实验预习实验报告内容见表 1.

表 1 导学式实验预习实验报告的部分内容

序号	预习内容	导学	考核方式
1	实验背景及意义	①酯的重要用途、香料的有关知识	教师讲解
		②工业上生产酯的方法	
		③提高酯产率的措施	教师提问
2	实验目的	①反应装置选用	回流,蒸馏
		②提高可逆反应的收率方法和技巧	学生回答
		③液体物质的纯化方法	学生讲解
3	实验原理	①乙酸和乙醇为原料制备乙酸乙酯的方程式	硫酸的作用
		②催化剂的选用,用量	可以用哪些代替
		③物料比例,添加方式对反应转化率的影响	
4	装置搭建	回流,蒸馏装置所需要的仪器,分液、干燥等基本操作	教师讲解注意事项
5	实验步骤	物料的取用,天平,量筒的使用,物料加入的顺序,恒压滴液漏斗的使用,分液漏斗的使用,干燥,蒸馏装置的搭建,产品的搜集	可能出现的现象及出现异常情况应采取的措施
6	实验操作	回流,洗涤,分液,干燥,蒸馏	要求学生课前查阅资料,观看相关视频,虚拟仿真实验操作
7	安全及注意事项	硫酸取用,加热源选取,易挥发物质的取用,产品二次蒸馏需要注意的问题	学生回答
8	影响产率的因素	用量,反应时间,每步的操作,洗涤剂的用量每步洗涤的目的和除去什么杂质	学生回答
9	产物结构、纯度测试	核磁共振法,红外光谱法,气相色谱法,内标法,外标法,面积归一化法等	学生回答

2 实验记录报告在实验课上引导学生做好实验

多年的指导经验发现，70％以上学生学习方法和思维方式仍停留在高中应试阶段，实验过程高度依赖老师的指导，自学意识和能力较弱。在实验课堂上指导老师不但要讲授基础理论知识和实验操作要点，还得帮助学生“知识迁移内化”。导学式实验报告专注实验课的学习重点，由“问题引导式”变为“过程引导式”，帮助学生紧跟实验进程，指引学生观察、思考、操作、记录、反思、分析，不漏掉实验每一个细节。实验报告的操作及实验现象记录部分见表 2。

表 2 导学式课堂实验记录

时间	操作步骤	实验现象	备注	影像记录
	在小锥形瓶内加入()mL 乙醇和() mL 浓硫酸，把混合液倒入三口瓶中。配置() mL 乙和()mL 冰醋酸的混合液倒入恒压滴液漏斗中。搭建装置，检查气密性		浓硫酸滴入乙醇中，边滴加边摇动锥形瓶，注意降温。所用仪器为干燥仪器。	
	漏斗中混合液放约() mL 到三口瓶中，用电热套加热。		电热套的控温，搅拌速度	
	将恒压滴液漏斗中的混合液缓慢滴入三口瓶中		控制滴加速度	
	恒压滴液漏斗中混合液滴加完毕，继续加热() min		将三口瓶中废液倒入废液缸中	
	饱和碳酸钠溶液缓慢加入到接受瓶中，至酯层不显酸性为止，分液		酯在上层	
	等体积的饱和食盐水洗酯层		酯在上层	
	等体积的饱和氯化钙洗酯层		酯在上层	
	酯层转入干燥的锥形瓶，加入干燥剂，干燥		干燥剂用量	
	干燥后的粗品转入圆底烧瓶			
	搭建蒸馏装置，气密性检查		沸石加入，温度计水银球位置	
	蒸馏，收集 73~78 ℃馏分		第一滴馏分温度() ℃ 收集馏分温度() ℃ 接收瓶 1 空瓶质量() g 接收瓶 2 空瓶质量() g	
	蒸馏完毕，测质量		产品性状 质量 沸程	
	回收废液，整理仪器和清洁卫生		环保教育，课程思政	

3 课后实验报告指导学生数据处理、测试结果分析和拓展探究

规范书写实验报告，实验结果处理和分析是对实验过程的总结。用规范要求学生，即规范的科学术语，规范的数据记录，规范的实验流程图。在导学式实验报告的实验结果分析常常有实验结果分析和影响收率因素剖析等(图 1)。

本实验安排在有机制备实验的前半段开设，对后续实验有辐射效应，通过这个导学式实验报告有助于学生建立良好的实验习惯。对于爱钻研的学生，可对其进行进一步鼓励并开展新实验拓展。可拟定几个实验教学方向，如液体有机物的纯化、固体有机物的分离、有机物结构的测定等。基础较弱难以自拟实验的学生，由教师提供实验思路和参考文献，共同讨论实验方案，周末或学期末在开放实验室中进行实验，亦可

在教师的帮助下进行相关仪器的学习和测试. 导学式电子实验报告作为教师与学生联系的桥梁, 鼓励学生在实验报告上写出收获、感想、建议、自己的设想等, 学生不用照抄实验书上内容, 能将课前、课中、课后有效衔接, 自主完成实验报告.

西南大学

《有机化学》实验报告

姓名_____ 班级_____ 学号_____ 成绩_____

同组人_____ 实验日期_____ 温度_____

乙酸乙酯的制备

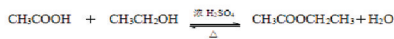
一、实验目的

1. 掌握酯化反应原理以及由乙酸和乙醇制备乙酸乙酯的方法。
2. 学会回流反应装置的控制方法。
3. 复习蒸馏、分液漏斗的使用、液体的洗涤与干燥等基本操作。

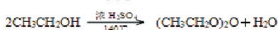
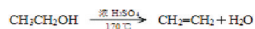
二、实验原理

本实验用冰醋酸和乙醇为原料, 采用乙醇过量、利用浓硫酸的吸水作用使反应顺利进行。除生成乙酸乙酯的主反应外, 还有可能生成乙醚的副反应。

主反应:



副反应:



三、主要试剂及主副产物的物理常数

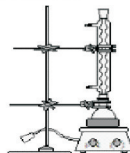
名称	相对分子质量	性状	折射率	相对密度	熔点/℃	沸点/℃	溶解度 (g (100mL 溶剂) ⁻¹)		
							水	醇	醚
冰醋酸	60.05	无色液体	1.3698	1.049	16.6	118.1	∞	∞	∞
乙醇	46.07	无色液体	1.3614	0.789	-117	78.3	∞	∞	∞
乙酸乙酯	88.10	无色液体	1.3722	0.905	-84	77.15	8.6	∞	∞

四、实验试剂与仪器

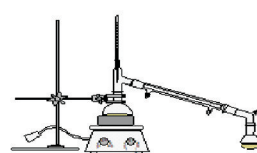
主要试剂: 冰醋酸、95%乙醇、浓硫酸、碳酸氢钠溶液、饱和氯化钠溶液、饱和氯化钙溶液、无水硫酸镁

主要仪器: 加热装置、圆底烧瓶 (100 mL)、球形冷凝管、蒸馏装置、分液漏斗、烧杯、锥形瓶

五、实验装置图



反应装置



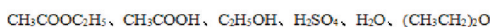
蒸馏装置

六、实验步骤与现象

时间	操作步骤	实验现象	备注	影像记录
	1、在 100 mL 圆底烧瓶中加入冰醋酸____mL、95%乙醇____mL, 在摇动中慢慢加入____mL 浓硫酸, 加入沸石, 装上回流冷凝管, 加热, 回流 0.5 h, 稍冷	加料: 开始加热时: ____ 随着加热时间加长: ____ 反应结束: ____		
	2、改为蒸馏装置, 蒸馏 (温度计读数小于 100 °C), 直至不再有馏出物为止, 收集粗品、饱和氯化钠 (m=____g、V=____mL)、饱和氯化钙溶液 (m=____g、V=____mL)	现象: ____		
	3、向蒸出液体中加入____mL 饱和碳酸氢钠溶液	现象: ____ pH=____		

(m=____g、V=____mL) 至不再有二氧化碳气体逸出			
4、转入分液漏斗分液, 静置分层	上层: ____ 下层: ____		
5、分去下层, 加入____mL 饱和氯化钠 (m=____g、V=____mL) 洗涤	上层: ____ 下层: ____		
6、分去下层, 加入____mL 饱和氯化钙 (m=____g、V=____mL) 洗涤	上层: ____ 下层: ____		
7、分去下层, 加入____mL 饱和氯化钙 (m=____g、V=____mL) 洗涤	上层: ____ 下层: ____		
8、取上层, 转入干燥的锥形瓶, 加入____g 无水硫酸镁干燥	现象: ____		
9、取一小团脱脂棉塞住无颈漏斗, 滤入干燥的 25 mL 圆底烧瓶, 加入沸石、搭建蒸馏装置, 称重 3 个干燥的锥形瓶①____g②____g③____g 蒸馏、收集前馏分 (73-78 °C) 馏分, 停止蒸馏, 前馏分质量①____g, 73-78 °C 馏分质量②____g 后馏分质量③____g	现象: ____ 第一滴温度: ____ 馏出液平稳时温度: ____ 结束时温度: ____		

七、粗产物纯化过程



馏出物 $\xrightarrow{\text{蒸馏}}$ 残留液

() $\xrightarrow{\text{饱和 NaHCO}_3 \text{ 洗涤}}$ 有机层 (上层) $\xrightarrow{\text{水层 (下层)}}$

() ()
有机层 (上层) $\xrightarrow{\text{饱和 NaCl 洗涤}}$ 水层 (下层)
() ()
有机层 (上层) $\xrightarrow{\text{饱和 CaCl}_2 \text{ 洗涤}}$ 水层 (下层)
() ()
有机层 (上层) $\xrightarrow{\text{无水 MgSO}_4 \text{ 干燥}}$ 水层 (下层)
() ()
有机层 (上层) $\xrightarrow{\text{蒸馏}}$ 水层 (下层)
() ()

八、实验数据

1. 产品性状: _____
2. 产品质量: _____
3. 产率计算: 产率 = $\frac{m_{\text{实际}}}{m_{\text{理论}}} \times 100\%$ $m_{\text{实际}} = \text{____g}$ $m_{\text{理论}} = \text{____g}$
 $m_{\text{理论}}$ 计算: _____
 产率计算: _____
4. 产率偏低原因: _____

九、实验思考

1. 本实验洗涤粗品时加的每一种物质的作用是什么?

十、实验收获、体会与建议

附录 产品的结构分析

产品质谱图

产品 GC 谱图

图 1 导学式电子实验报告

4 结语

针对我院实验报告改革落后于实验教学改革现状,笔者进行了导学式电子实验报告的探索,实验报告作为实验教学课程中非常重要的部分,按照实验课前预习、课中实验记录和课后实验数据分析处理三部分完成有机化学制备实验报告,解决了学生以往课前不认真预习和课堂上抓不住重点,导致实验结果不理想的弊病,让学生的实验学习由被动变为主动,培养了学生发现问题、分析解决问题的能力和独立思考、勇于创新的精神,养成了良好的科学研究记录和科技论文写作的习惯,取得了很好的实验教学效果。

参考文献:

- [1] 田东亮,钱建刚,翟锦,等.创新能力培养为导向的大学化学实验教学改革[J].实验室研究与探索,2022,41(2): 219-223.
- [2] 王慧彦,陶传洲,王建,等.有机化学制备实验报告书写设计[J].实验教学与仪器,2021,38(4): 22-24.
- [3] 杨锦,高天天.“学案式”基础化学实验报告探讨与实践[J].大学化学,2020,35(9): 110-114.
- [4] 陈贵华.科研与教学相融合的化学实验教学模式探讨——以有机制备实验为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(1): 179-182.
- [5] 龚成斌,高意,彭敬东,等.虚实结合的实验教学评价体系在理化测试 IIA 实验中的实践[J].山东化工,2021,50(21): 177-178, 181.
- [6] 文巍,李朝星.3-羟基-3-(4-硝基苯基)-1-苯基-1-丙酮的制备——一个有机制备实验的设计[J].西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(7): 196-200.
- [7] 诸海滨,刘安然,赵红,等.有机化学实验报告电子化的教学改革实践[J].广州化工,2021,49(15): 267-269.
- [8] 周祖新,常光萍,韩生,等.通过实验报告评阅及讲评培养学生综合能力的实践[J].大学化学,2022,37(7): 5-8.
- [9] 田东亮,杨青林,刘克松,等.贯穿论文式实验报告的综合能力培养教学实践[J].大学化学,2021,36(7): 70-76.

责任编辑 潘春燕