

第12届全国大学生化学实验邀请赛物理化学实验试题解析

周利鹏, 赵旭波, 宋金帅, 刘蒲, 杨晓梅, 关新新*

郑州大学化学学院, 郑州 450001

摘要: 对第12届全国大学生化学实验邀请赛物理化学实验操作考试试题命题、考试情况进行了总结, 并对实验竞赛过程中反映出的当前实验教学所存在的问题进行了分析。

关键词: 化学实验邀请赛; 物理化学实验; 试题解析

中图分类号: G64; O6

Analysis of the Physical Chemistry Experiment for the 12th National Undergraduate Chemistry Laboratory Tournament

Lipeng Zhou, Xubo Zhao, Jinshuai Song, Pu Liu, Xiaomei Yang, Xinxin Guan *

College of Chemistry, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China.

Abstract: The design ideas and experimental test for the physical chemistry experiment for the 12th National Undergraduate Chemistry Laboratory Tournament were introduced. The problems with the tournament were also analyzed.

Key Words: Chemistry laboratory tournament; Physical chemistry experiment; Examination analysis

化学是一门实践性很强的学科, 实验教学是培养化学类人才的重要内容^[1]。全国大学生化学实验邀请赛是我国高等学校化学学科面向本科生的最高级别赛事, 该赛事以检验化学实验教学改革成果、加强交流、总结经验为宗旨, 推动我国高等学校化学实验教学模式、教学内容、教学方法的改革, 探索培养创新型化学人才的思路、途径和方法, 从而提高我国高校化学实验教学总体水平。从1998年至今, 该赛事已成功举办了12届^[2,3]。2021年7月8–11日, 郑州大学化学学院承办了“第12届全国大学生化学实验邀请赛”和“第3届全国高校化学实验技术交流会”, 此次赛事邀请了43所高校的129名化学类本科生参加。本文对本次邀请赛物理化学实验命题思路、试题特点、比赛结果及实验过程中发现的问题进行分析总结, 期望能对化学实验教学有一定的促进作用。(物理化学实验试题及评分标准请详见“补充材料”, 可通过网站<http://www.dxhx.pku.edu.cn>免费下载。)

1 命题思路

本次竞赛中物理化学实验的命题强调基础知识和基本实验操作, 以检验学生对实验基本原理和基本技能的掌握, 以及运用基础知识和技能规范完成实验操作的能力。

试题选取了物理化学实验中热力学、电化学、动力学中“乙酸乙酯饱和蒸气压的测定”“碳钢电极的阳极极化曲线”“乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定”为实验题目, 每个实验操作时间(含思

收稿: 2021-09-29; 录用: 2021-11-26; 网络发表: 2021-12-09

*通讯作者, Email: guanxin@zzu.edu.cn

基金资助: 河南省高等学校青年骨干教师培养计划(2019GGJS015)

考题回答)为2 h, 所有实验操作结束后, 集中采用电脑处理实验数据、打印图表及原始数据, 并对实验结果进行分析计算, 完成实验报告, 该过程规定时间为1 h^[4]。本次竞赛对所用仪器及处理数据的软件提供了简要使用说明书。

实验操作部分仅提供简单操作步骤, 没有细节, 学生须根据所学知识, 在理解实验目的、实验原理、实验仪器基本原理及实验操作的基础上完成实验。得到实验结果后, 主要考查学生“归纳总结”的能力。学生对实验测试得到的一系列数据进行科学处理与分析, 数据分析过程要做到有据可依, 进而得出科学合理的结论。

2 考试情况

物理化学实验竞赛操作时间为6 h, 数据处理1 h (计算机上机操作), 总分150分, 三个实验分别为50分。每个实验的操作部分10分(设置了扣分项, 扣完为止), 实验报告及思考题40分。超时则直接从总分中扣除, 每延长5 min扣2分, 最多延长至15 min。参加物理化学实验竞赛的选手共43位。

本次物理化学实验内容设置较为基础, 绝大部分院校均开设了这三个实验, 但本次实验只提供了实验目的、简要操作步骤及仪器使用说明, 这就要求从所学的相关理论知识出发, 对实验原理、目的、仪器设计原理及操作做出进一步分析, 得出详细的操作方法, 获取实验数据, 这对本科生的基本理论知识及实验技能均提出了较高的要求。物理化学实验总成绩分布如图1所示。分数相对集中, 呈正态分布, 70分以上的考生占比56%, 平均分79.9, 最高分127, 最低分42, 基本反映了参赛选手物理化学实验的整体水平, 同时也反映出不同院校学生存在较大差距, 需要进行更多实验教学交流, 提高教学质量。

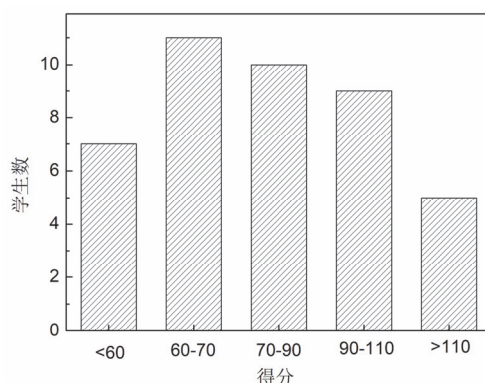


图1 物理化学实验试题成绩分布图(满分150)

物理化学实验的分项成绩见表1。在实验操作部分, 得分 ≥ 20 的有10人, 占总人数的23%, 这部分学生实验操作比较规范, 能够较好地完成实验; 得分 < 15 的学生10人, 这部分学生基本操作不规范, 对实验题目没有理解透彻, 没有理解实验仪器的原理及相应的操作方法, 造成操作目的性不明确, 无法准确获得实验数据。思考题得分不理想, 最高得分为20, 最低分2, 平均分9.7。得分 ≥ 12 的同学有18人, < 8 的有16人, 对于思考题的分析将在接下来每个相应的小实验中进行。实验报告部分在本试题中占比最大, 为65%。实验报告主要包括数据记录与数据处理。在数据记录的准确性和规范性方面, 大部分同学做得比较好。本次竞赛全部采用了电脑作图处理数据, 所有的同学都较好地完成了这部分工作, 说明学生对实验报告比较重视, 也与平时实验课中老师严格的教学要求有关。相对于传统的坐标纸作图, 电脑作图处理数据在准确性与效率方面都得到了明显的提升, 建议未来的邀请赛采用该模式。该部分主要考查数据的正确性与否, 判断标准为教师多次试验平均值; 如果是拟合直线, 在结果正确的情况下, 对线性相关性进行评判。接下来对三个物化实验的考试情况逐个进行具体总结分析。

表1 物理化学实验试题各部分得分分布情况(共150分)

试题类型	得分	人数	比例/%
实验操作(30分)	≥ 20	10	23
	15–20	23	54
	< 15	10	23
实验报告(98分)	≥ 75	7	16
	45–75	21	49
	< 45	15	35
思考题(22分)	≥ 12	18	42
	8–12	9	20
	< 8	16	38

从成绩来看,大部分考生对“乙酸乙酯饱和蒸气压的测定”实验比较熟悉,能够通过阅读试题,观察仪器的配置,了解仪器的原理,进行正确操作。少部分同学基本概念不清,不理解饱和蒸气压的含义,对实验内容与目的不清楚,将水浴温度直接设定至乙酸乙酯在常压下的沸点,导致实验无法正常进行。大部分同学都忽略了压力计的校零与系统密闭性的检测这些操作步骤,这可能与考试时同学们的紧张情绪有关。在蒸气压测定过程中,要求开启冷凝管冷凝水,所有同学操作没有出现错误。对于平衡管中空气的排除(排空),有一部分同学不了解什么状态是略微沸腾,对于缓冲罐结构观察不仔细,造成操作方法出现错误或偏差,导致系统压力过低,致使系统内乙酸乙酯完全气化,无法正常进行实验。重新加入待测样品后,绝大部分同学能够正确完成排空,但仍有少数同学反复加入待测样品,才能进行实验。部分同学排空不彻底,导致实验结果出现大的偏差。这些问题反映了这部分同学对于本实验的原理不理解。部分同学在关闭真空泵时出现失误,导致油泵内泵油倒灌入缓冲罐内,这也是平时实验教学中比较常见的现象。该实验仪器比较简单,未出现损坏玻璃仪器的情况。本实验有两道思考题:思考题1是关于缓冲罐的作用,大部分同学能够回答正确;思考题2,大部分同学对于“本实验装置不能测定溶液的蒸气压的原因”能够回答正确,对于第二问“本装置能否测定恒沸混合物蒸气压的判断与原因”,只有个别学生给出了正确答案。从思考题可以看出,学生对于实验理论、装置的操作条件与仪器原理理解得不准确。

对于“碳钢电极的阳极极化曲线”实验,要求考生掌握阳极极化曲线测定的原理,以及极化电流和极化电位等关键的概念,极化曲线上临界电流、临界电位和维钝电流的位置及测量方法^[5,6]。大多数考生对本实验比较熟悉,实验开始后快速阅读试题后便可进入实验操作,体现出对完成实验充满信心。然而也有少部分同学阅读试题花费了几分钟时间,可能是对本实验较为陌生。实验操作主要包括电极处理、电化学装置搭建、线路连接和测试记录等。要求考生在连接好实验装置后请监考老师进行检查。大多数考生可以按照试卷的流程进行操作,或许因为对实验装置不太熟悉,也出现了一些常见的问题。例如没有对工作站进行预热,没有取下参比电极的保护帽,无法分辨工作电极和辅助电极,工作电极的位置不合适等。也有个别考生没有对电极进行充分的酸化处理,导致测得的自然电位无法满足实验要求,需要重新处理电极。在这种情况下有的考生为了追赶实验进度,会再次出现酸化过程不充分,导致实验再次失败。本次考试最多允许失败三次,遇到实验失败时监考老师会帮助处理,以便考生可以完成后续实验。还有一些考生在添加电解液的时候没考虑所需体积,导致插入电极后有电解液外溢等情况,反映出学生在平时的实验课上基本是按照老师指定的条件去操作,没有养成独立思考的习惯。在测量过程中,本实验允许考生自主地合理设定扫描步长。如果考生对极化曲线有充分的理解,会在出现关键点的附近减小扫描电位的步长,以便获得关键点的准确位置;在其他点可以增大扫描步长,以便节省测量时间。另在数据处理部分,绝大多数考生可以

作出完整的极化曲线,个别考生的极化曲线没有出现合理的峰形。部分考生对致钝电流、致钝电位、钝化区间的概念不熟悉,无法正确标出相应概念的对应位置,也无法得到合理的结果。个别考生的结果与标准结果偏差较大,可能是实验操作不规范造成的。有部分考生绘制极化曲线不够规范,比如没有标出物理量的名称和单位,没有标出坐标分度,没有标出图名等,这些都体现出学生平时对数据处理细节不注意,需要教师在实验教学中加强对学生基本科研素质的培养。在规定的时间内学生基本都能完成本实验内容,有部分考生出现了超时的情况。实验室卫生等保持良好,少数同学没有及时清理实验台。本实验两道思考题主要考查考生对极化曲线基本概念的理解及其在实际生产中的应用,多数考生可以获得较高的分数。本实验的安排还有些地方值得改进,比如对电极接线夹(工作电极、辅助电极、参比电极)添加更明显的标签,让考生减少阅读说明书的时间,可以更快地开展实验操作。

对于“乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定”实验,大部分考生能通过对实验内容和实验基本操作的阅读快速地进入实验状态。该实验操作部分涵盖了实验方案的设计、溶液的配制、恒温装置的使用、电导率仪传感器的使用及数据测量五部分内容。这部分的扣分点主要集中于:实验装置是否恒温,电导率仪传感器是否清洗,样品管液面是否高于水浴液面,是否开启样品管磁力搅拌。大部分考生通过阅读仪器操作说明能熟练操作仪器,这归功于参赛院校在平时的实验教学环节对学生的高标准、严要求,这也是“全过程育人、全员育人、全方位育人”的重要体现。有部分学生未仔细阅读实验内容、实验步骤和仪器操作说明,在实验过程中出现操作不规范的现象甚至犯一些低级错误。例如,部分考生在水浴加热过程中,不开启水浴机械搅拌,导致水浴温度不可控;在换水的过程中,将加热棒在加热的状态下放在实验台上;在使用电导率仪传感器时不清洗传感器,甚至连保护帽也不去掉;在实验操作过程中不开启样品管磁力搅拌。此外,部分考生未通过对实验内容的理解设计出合理可行的实验方案,没有领会到为什么要使用这样的装置,溶液浓度该配成多大等。具体有以下几点:(1)不会根据实验精度要求,正确选择和使用玻璃仪器,有部分考生直接用量筒移取实验溶液,而不用配置的移液管;(2) κ_0 测试浓度与 κ_t 测试浓度不一致;(3) κ_t 测试时间过短;(4)恒温时样品管中液面高度高出水浴液面。最后,在实验数据测试完成后,大部分考生具有良好的实验习惯,整理实验台,清洗玻璃仪器,关闭实验装置,拔掉电源插座。但是有部分考生在这一环节表现出较差的实验习惯,完成测试后就离开实验室,不做任何整理。这也给各高校一个很重要的启示,即在平常的实验教学中不仅要对学生进行严格的实验训练,还要培养学生良好的实验习惯。本实验设置了两个思考题,其一是考查学生对动力学测定系统的物理量与计时之间的关系是否清楚,其实质是考查学生对简单级数反应动力学特点的掌握情况,大部分学生能够很好地掌握,得分率较高。其二是如何用pH计测定皂化反应的速率常数,其目的是开拓学生思路,促使学生对于同样的问题思考不同的解决方法。这道思考题得分率较低,有相当一部分学生没有推出速率方程,或者是回答问题不够完整。这也对今后实验教学提出了要求,在教学过程中要多启发学生的思考,不能一味地让学生按照既有的实验讲义照方抓药。

3 结语

第12届全国大学化学实验邀请赛已圆满结束,通过对本次竞赛中物理化学实验结果的总结,发现了一些问题:(1)部分学生物理化学基本概念及基本的实验操作技能掌握情况不甚理想;(2)学生们在具体的实验中从实验原理、仪器原理到获取实验数据的方法不能做到融会贯通;(3)基本实验操作不规范;(4)理论联系实际问题不足。

针对发现的问题,建议各高校要更加重视基础性实验教学,教师在实验教学中加强对学生物理化学实验的基础理论知识、基本操作技能的培养训练,注重对学生独立思考问题能力的培养,教学过程中鼓励学生开拓思路,对实验方法提出自己的想法,切实提高学生的实验技能,培养学生严谨的实验态度和良好的实验习惯。

参 考 文 献

- [1] 陈珠灵, 魏巧华, 汤傲, 张玉荣, 丁开宁, 游毅, 袁耀锋. 实验技术与管理, **2018**, 35 (4), 27.
- [2] 祝淑颖, 李奕, 吴舒婷, 孙燕琼, 魏巧华, 袁耀锋, 汤傲. 大学化学, **2019**, 34 (5), 88.
- [3] 赵斌, 章文伟, 张剑荣. 大学化学, **2016**, 31 (11), 111.
- [4] 李红霞. 实验室科学, **2010**, 13 (1), 111.
- [5] 蒋华麟, 陈萍华, 舒红英, 田恩柱, 丁攻圣, 王文莉. 实验科学与技术, **2018**, 16 (6), 85.
- [6] 赵景茂, 左禹. 电化学, **2005**, 11 (1), 27.