

文章编号: 2617-6084 (2025) 02-0111-07

# 面向药学专业物理化学开放性实验的体系建设

李旭蕊, 杨 杨, 卢方正, 王 岩, 袁 悦\*

(沈阳药科大学 药学院, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:** 培养当代大学生的自主创新思维, 是现代高校的重要使命。物理化学实验作为高等学校药学类专业的必修课程, 与药学的专业知识有千丝万缕的联系, 因而具有很强的专业基础性与应用性。我们对传统的物理化学实验教学体系的现状进行分析, 建立适应药学专业的物理化学开放性实验体系, 并丰富其课程内容。

**关键词:** 药学特色; 物理化学; 开放性实验

**中图分类号:** G642.423; O64 **文献标识码:** A

2023年5月29日, 习近平总书记于中共中央政治局第五次集体学习时明确指出: “要进一步加强科学教育、工程教育, 加强拔尖创新人才自主培养, 为解决我国关键核心技术攻关提供人才支撑”。因此, 培养当代大学生的自主创新思维, 是现代高校的重要使命<sup>[1]</sup>。

对于高校的药学专业学生, 物理化学实验作为一门基础实验课程, 与药学的联系十分紧密。物理化学实验是通过物理的基本原理、公式来解决化学反应变化中一般规律的实验课程<sup>[2]</sup>。这无论是对于新药及新剂型的开发指导、药物的制剂工艺设计、药物的质量控制、还是药物结构与性质等, 均与物理化学实验联系紧密<sup>[3-4]</sup>。物理化学与药学专业课程联系也十分紧密, 物理化学实验课程普遍开设于大二学习阶段, 承接前期无机化学、有机化学等专业基础课程的学习, 又为后续药剂学、药物分析学、药物化学等课程提供既坚实又科学的理论指导与研究思路<sup>[5-6]</sup>。我校响应党中央的号召, 为加强物理化学实验与药学专业的联系、为培养学生的自主性思维、为更好地提升学生创新能力, 创新性地开设了物理化学开放性综合实验。笔者将系统地分析传统物理化学实验的现状, 建立适应药学专业的物理化学开放性实验体系, 并丰富开放性实验的课程内容。

## 1 传统的物理化学实验现状

物理化学实验综合了化学领域各分支的基本实验方法与技能, 因此, 在课程体系中占有十分重要的地位。物理化学实验作为物理化学理论课程的重要辅助工具, 可以让学生在实验中能接触到多种精密复杂的实验仪器, 在药学人才培养方面发挥独特的作用。以沈阳药科大学为例, 传统的物理

**投稿日期:** 2024-05-19

**基金项目:** 辽宁省教育科学“十四五”规划2024年度课题(JG24DB454); 2023年沈阳药科大学药学院本科教学改革项目

**作者简介:** 李旭蕊(1998-), 女(汉族), 内蒙古满洲里人, 实验师, Tel. 15998367279, E-mail lixurui0420@163.com;

**\*通信作者:** 袁悦(1972-), 女(汉族), 辽宁锦州人, 教授, 博士生导师, 主要从事纳米药物递送系统的研究, E-mail hiyueyuan@163.com。

化学实验课程存在一些问题，亟待教育工作者及时调整解决。

### 1.1 学生实验积极性不高，不利于实践发展

传统的物理化学实验通常以教师讲述实验原理过程，学生验证理论现象为主。在实验室的日常教学管理中，常发现学生们对于实验主动性较差。这是由于在传统的实验教学中，学生对于前期实验预习，仅依据实验指导书进行实验报告的书写，对教材中讲述的实验目的、实验步骤、实验仪器等项目只进行誊写，没有理解与思考。在实验课程中也是根据指导教材进行机械性的重复操作，实验积极性弱。长久以来，学生只会觉得实验课程枯燥，实验思维固化，创新性与自主性得不到更好的培养与发展。

### 1.2 传统物理化学实验与药学专业联系薄弱

在传统的物理化学实验中，学生通常在教师的带领下，进行既定的实验方案，巩固了某一物理化学相关知识。但在后续的个人实验设计中，无法与本专业知识相结合，无法切实地解决遇到的问题。因此，传统的物理化学实验存在与药学专业联系不紧密的情况。

### 1.3 传统物理化学实验设备不足

与其他基础实验课程相对比，物理化学实验中除了常用的玻璃仪器外，还需要使用到大量成套的精密仪器，如：精密压力计、电动势测试仪、数字贝克曼温度计、电位差计、旋光仪、折光仪、氧弹量热计、差热分析装置等，这些实验设备的成本较高，导致部分仪器设备数目较少，学生分组后人数较多，存在部分学生没有参与度的情况。同时，还存在教师为避免实验设备损害，为学生指定实验路线，达不到学生创新发展性的培养目标。

## 2 开放性实验的体系建设

物理化学作为药学专业的重要基础课程，其理论和实验方法对于理解药物的性质、制备、稳定性以及药效发挥等方面具有关键作用。构建面向药学专业的物理化学开放性实验体系，旨在强化学生对物理化学原理的应用能力，培养其创新思维和实践技能，以更好地适应现代药学领域的发展需求。

从药学专业的角度来看，物理化学的知识渗透于药物研发、生产、质量控制等多个环节。例如：热力学原理在药物合成过程中的反应条件优化、相平衡理论在药物结晶和分离中的应用；动力学知识有助于研究药物的降解和释放机制；而电化学方法可用于药物分析检测。因此，开放性实验体系的建设应紧密围绕这些实际应用场景，设计具有针对性的实验项目。

开放性实验体系强调学生的主体地位，鼓励学生自主选题、设计实验方案、操作实验和分析数据。这有助于培养学生独立思考和解决问题的能力，激发其创新潜能。在实验过程中，学生不仅能够深化对物理化学理论的理解，还能提高实验操作技能和数据处理能力。此外，该体系应注重跨学科融合。药学专业涉及化学、生物学、医学等多个学科领域，物理化学开放性实验可以与其他相关学科的知识

相结合,如:引入药物分子的结构与性能关系研究,综合运用物理化学、有机化学和生物学的方法,让学生从更全面的视角理解药物的性质和作用机制。同时,实验体系的建设要紧跟科技发展的前沿,引入先进的实验技术和仪器设备,使学生能够接触到最新的研究手段,拓宽视野,提升其在未来药学研究和工作中的竞争力。为保障开放性实验体系的有效运行,还需建立完善的指导和评价机制。教师应在学生实验过程中给予适时的指导和建议,帮助学生克服困难;评价则应综合考虑实验设计、操作过程、结果分析以及创新思维等多个方面,全面、客观地评价学生的学习成果。

总之,构建面向药学专业的物理化学开放性实验体系,是培养高素质药学人才的重要途径,通过理论与实践的紧密结合、学生主体作用的发挥以及前沿技术的引入,将为药学专业学生的未来发展奠定坚实的基础。

### 3 开放性实验的优势

#### 3.1 有利于学生实践发展,培养学生科研探索能力

我们开设的开放性实验,教师仅为学生提供实验课题的大方向,学生自主查阅相关文献,罗列所需的实验用品,经过教师汇总,最后由实验室老师提供药品及仪器。学生通过所学习的专业知识与实验操作,融会贯通地进行实验设计与规划,并从专业角度对实验现象、数据进行分析处理,得出相应的实验结论并进行经验总结。开放性实验能大幅度地提升学生参与实验的构成时间,在锻炼动手能力的同时,又开拓了创新思维。

在日常工作中,常发现学生对于实验的思想活跃,但受限于传统实验模式,其自主性得不到充分发展。他们只能通过设想,向老师提问模拟结果。开放实验可以让学生通过自主设计,通过切身体验验证想法,进一步巩固学习知识。开放实验培养创新思维的模式是十分科学合理的,学生们普遍正向的反馈,也可以验证这一模式的科学性。

做好科研的第一步,就是学习如何针对性地查阅文献。开放性实验与文献检索课程相联合,系统地组织学生学习和巩固文献查阅等方法。教师要求学生根据自己感兴趣的实验选题,在教师的带领下在文献阅览室进行文献查阅。在查阅过程中,遇到问题及时向老师提问并解决,这样生动直观的学习过程,能大幅度提升学生的检索文献能力。

科研能力是在不断探索中得到发展和进步的,科研思维也需要在教学过程中不断的养成与发展。实验设计需要考虑实验的可行性。实验方案的确立在实验小组内难免出现思想分歧的情况,教师可以鼓励学生设计多种实验方案,在实验中平行开展,经过观察实验现象及分析数据情况,对比后最终得到优化的实验方案。通过自主实践,得出科学的实验方案,该过程有助于学生锻炼独立思考能力,有利于激发对科研的学习兴趣并提升科研探索能力。在实验时也可以发现设计存在的问题;通过对文献的知识积累、小组内讨论和教师指导,最终解决问题,让实验过程能顺利地进行。

实验结束后,教师开设“小组会”,鼓励小组成员积极参与探讨,对于设计方案存在的不足、实验过程中遇到的困难、是否达成了理想的实验数据等问题进行反思,对实验方案设计复盘,积累经验教训。在该过程中以学生为主体,发挥其独立思考能力,教师引导建立归纳总结思维,有利于在实验室中创立良好的科研环境,有助于提升学生的综合科研素质。

### 3.2 开放性实验的评分模式更为合理

与传统实验评分方式相对比,开放实验的评分模式具有显著优势性。传统实验评分依据学生在课堂的表现、实验操作能力、实验结果处理等几部分的撰写进行综合考量,给出实验成绩,评分重点在于书写能力及实验结果。而开放实验的实验评定,除了考虑以上几方面外,会将评分点更为侧重于实验设计方案与实验课后总结。教师在开放实验开始前向学生说明实验的评分重点,激发学生对于设计实验的重视。其一,侧重于实验设计方面,可以考察对于实验的理解思维与文献归纳总结能力。参考文献中的经验,设计科学的实验方案;合理的实验方案能达成更为优异的实验结果。其二,侧重于实验课后总结方面,鼓励学生交流思想复盘,沟通思考实验设计的预期与具体实验过程中遇到的困难,在下次实验设计时,着重注意的方面以及需要规避的问题。通过分数侧重激励学生活跃思维,提升自身能力。

综合性开放实验的评分根据学生实验中展现的综合能力、进行最终的评定。这种更为合理的评分模式,可以让学生将实验学习的重点放在思考与实验本身,并非任务性地为获取实验评分,对实验报告进行机械性的重复与抄写。

### 3.3 开放实验的革新,有利于学生拓展知识理解

开放性实验可以大幅度地提升学生对于知识的兴趣,与教师的课堂进行更好的互动结合。教师在讲授到开放性实验对应的章节内容时,可以拓展性地为学生传授知识。我们为丰富实验的多样性,在实验设备方面有所更新。在国家与学校政策的大力支持下,我们新引进了南京南大万和科技有限公司的 FPD-4A 凝固点降低实验装置与 NDRH-5S 溶解热测定实验装置。

FPD-4A 凝固点降低实验装置具有以下优势:采用高精度千分温度计,可以直接读取凝固点,方便学生理解,降低上手操作难度,方便教学。该装置采用大功率半导体制冷元件制冷,提升效率,环保,无噪声;具有照明冷光源功能,并设有观察窗口,便于学生直接观察制冷现象。该实验装置含有智能控制系统,自动显示记录时间与温度数据,可配合电脑专用实验软件,直接绘制时间与温度曲线,操作更加便捷,绘图更加准确。无需外部连接冷却水,不会因为冷却水停水造成仪器损坏或实验无法进行。该实验装置采用机械上下垂直搅拌,无机械摩擦影响,无搅拌杆,导致热传递问题出现,大幅度降低实验误差;还配有倒计时锁定功能,方便学生在实验过程中进行记录。

NDRH-5S 溶解热测定与试验设备具备如下特性:能够连通计算机,使用专业的软件进行试验;

采用实时功累计(即实时功率显示),也能够不连接计算机,自主进行试验,简单而安全。该设备通过双机结合的液晶屏幕显示,可以实现高精度信息收集。产品在加热电流电压时的输出功率可连续控制,并采用直流的发电机搅拌,搅拌速率连续可调,安全可靠。产品内置了高精度的千分寒暑表,读数直接简单。在试验过程中允许对加热电流电压功率进行调整,不干扰检测结果。

这两台新设备的引入,丰富了开放实验的实验内容,由于均配备相适应的实验软件,降低了实验的难度,在学生中得到了很好的反响。还很大程度地为教师的实验讲授提供了便利。以“凝固点降低法测定物质的摩尔质量”实验为例,该实验通过测定凝固点降低值的多少,直接反映溶液中的质点数目。在传统的凝固点实验中常用的实验样品为萘,教师可以讲解具有相似性质的蔗糖、尿素等药品,结合前期学习的有机化学等科目专业知识,引导学生对实验纯溶剂拓展思维,思考除了课本上的萘以外,有什么试剂还可以适用于该实验。进一步拓展性地引导学生思考讨论,在不改变实验药品条件下,选用不同的纯溶剂,测定物质的摩尔质量是否相同?如果得出的摩尔质量相差较大,是什么因素造成的?

再例如:在传统的“溶解热实验”中,常采用硝酸钾作为实验样品进行教学。教师可以在课堂中带领学生探求为何选取硝酸钾作为实验样品?是否因为硝酸钾具有什么特殊的性质?还有什么类似的盐类方便溶解热实验的观察?这样生动类比的拓展性讲解方式,让学生对实验的理解更为透彻。溶解热实验是通过电热补偿法,在定压、不做非体积功的绝热体系中进行的。体系的总焓保持不变,根据热平衡,可计算过程所涉及的热效应:

$$\Delta H_{m,sol} = \frac{M}{W_1} ((W_1 C_1 + W_2 C_2) + C_3) \times \Delta T$$

在公式中, $\Delta H_{m,sol}$ 为盐在溶液温度和浓度下的积分溶解热, $W_1$ 为溶质的质量; $\Delta T$ 为溶解过程的真实温差; $W_2$ 为水的质量; $M$ 为溶质的摩尔质量; $C_1$ 和 $C_2$ 分别为溶质和水的比热; $C_3$ 为量热计的热容。

这其中通过作图法求出待测样品在溶剂中的微分冲淡热、积分冲淡热和微分溶解热,所涉及的数据、绘图及计算都比较多,电脑连通后,可随时观测实验温度,及时提示实验人员加入溶液;避免人为实验误差。还能根据软件中的提示进行数据处理;自动算出每份样品的积分溶解热( $Q_s$ )和摩尔比( $n$ ),并自动画出 $Q_s-n$ 图。提升了学生通过计算机处理数据的能力,同时加深学生对于实验的理解,减少数据处理时间,更方便根据数据对实验步骤及时调整。

一方面,学生在课后由于教师的拓展性讲解,结合开放性实验的设计要求,产生探索兴趣进一步学习,加强知识的理解与记忆。另一方面,学生通过教材讲解与文献中的记载,仅仅能在大脑中得到一个“模糊”的答案。只有通过自主实验,才能切实地观察到实验结果,对疑问得到一个清晰、深刻的解答。这种拓展性的讲解与开放实验互相呼应、相得益彰,产生了一种良性的互动,对知识

进行更深一步的挖掘与探索。

### 3.4 开放实验与药学的联系更为紧密

物理化学与药学专业有着宽泛而密切的联系，药学专业的学生在进行学习期间，应该将理论知识与药学实践相结合，经过实验的学习进一步加深对理论知识的理解，提高学生对知识的融会贯通能力。

例如：在溶解热实验中，固体药物在被生物体吸收前先溶解，其溶解时吸热或放热对溶出有较大影响，特别对溶解速度的影响尤为明显。溶解热与药物的结晶形式也有关，同时，溶解热也是重要的物理化学参数。以及在凝固点降低法测定物质的摩尔质量实验中，以液体制剂为例，药物作为溶质在溶液中经常有离解、缔合、溶剂化和络合物的生成等情况的存在。这些现象均会影响溶质在溶剂中的表观摩尔质量，还会对药物的含量测定造成影响。凝固点降低法还可用于研究在液体制剂中药物的电解质电离度、溶质的缔合度、溶液的渗透系数和活度系数等，这些性质都会对药物的处方设计、质量控制、稳定性等方面起到重要作用。

在开放实验的体系建设中，首先针对溶解热的影响，实验设计时会充分考虑药物的不同结晶形式，选择具有代表性的样本进行研究。通过精确控制实验条件，如：温度、溶剂种类和浓度等，来模拟生物体内的环境，测量不同结晶形式药物的溶解热，以确定其对溶出速度的具体影响。其次，对于凝固点降低法测定物质的摩尔质量实验中涉及的各种现象，会在实验前对药物的化学性质进行详细分析，了解其可能存在的离解、缔合、溶剂化和络合物生成情况。在实验过程中，采用多种分析方法，如：光谱分析、电化学分析等，对溶液中的药物状态进行实时监测，从而准确评估这些现象对表观摩尔质量的影响。此外，为了研究药物在液体制剂中的电解质电离度、缔合度、渗透系数和活度系数等性质，会设计一系列不同浓度和组成的溶液体系，通过改变实验条件，如：温度、压力和 pH 值等，观察这些参数的变化规律。同时，利用先进的检测仪器和数据分析方法，对实验结果进行精确测量和深入分析，以获取可靠的数据。最后，将实验所得的各项数据进行综合分析，建立数学模型，以预测药物在不同条件下的行为和性质。这些模型可以为药物的处方设计、质量控制和稳定性研究提供理论依据，从而在实验体系建设中有效地落实这些影响因素。

### 3.5 开放实验的开设有利于学生的个人发展

当今社会对于创新型人才的需求量大，开放实验为学生提供了一个锻炼个人能力的平台；无论是对于升学还是就业都益处颇丰。例如：与在实验中心的研究生助教交流中，可以了解到在本科期间的大学生挑战杯项目、大学生创新创业项目等，这些项目的参与都离不开创新思维及科研能力。而开放实验可以提前亲身体会到将知识转为实际应用的过程。对于想要进一步求学的同学而言，开放实验可以提前感受到更为开拓的实验培训与严谨的科研作风；有益于大学生在科研思维方面的成熟，提升求学竞争力。现在的用人单位对学生的综合能力要求高，开放实验也为求职的同学提供了

丰富多样的实践经历和动手能力锻炼。总而言之,开放实验的开设有益于学生的个人发展。

## 4 结语

经过近年来的不断创新与发展,我们物理化学实验中心开设的开放性实验收到了良好的反馈。开放实验锻炼了学生的创新思维,提升了学生的实验兴趣与实验主动性,培养了学生的独立思考能力和科研能力。我们贯彻坚持“以学生为主体”的开设主旨,一切从学生本身出发,破除传统的物理化学实验壁垒,用开放的眼界、切实考虑如何为学校、为社会、为国家培养创新型高素质人才。对于如何更好地推进开放实验,我们深知不单单是靠几位实验人员与教师就能做好,这是一个繁重的过程,还需要我们不断地完善和发展。我们的开设过程中也存在一些不足,例如:实验过程中学生的流动性大,需要配备更多的教师监督学生的安全,这无形中增加了教师的工作量;实验室人员对实验室的仪器维护与统筹方面难度提高;为增设开放实验项目的资金存在压力。这些需要我们在保质保量推进开放实验的同时,不断地进行总结与探讨。我们要努力构建符合国家号召的开放综合型实验,为学生的个人能力培养、高校的开放实验体系建设、为社会服务做出最大的贡献。

### 参考文献:

- [1] 王子欣. 扬起高等教育“龙头”, 提高人才培养质量[N]. 江苏教育报, 2023-12-29 (002).
- [2] 张艳梅, 支德福, 侯熙彦, 等. 基于OBE理念与问题驱动的物理化学实验教学改革探索[J]. 广州化工, 2023,51(8): 287-290.
- [3] 韩宁, 吴凯, 陆洋. 物理化学与药学实践相结合的探索及思考[J]. 卫生职业教育, 2021,39(3): 38-40.
- [4] 王悦, 刘天意, 刘恒志, 等. 物理化学在药学领域中的应用[J]. 化工设计通讯, 2020,46(10): 150-151.
- [5] 张彩云, 董前年, 汪佳凤, 等. 物理化学在药剂学领域的应用[J]. 化学教育, 2016,37(8): 62-65.
- [6] 李三鸣. 物理化学[M]. 8版. 北京: 人民卫生出版社, 2016.

## System construction of open experiments in physical chemistry for pharmacy majors

LI Xurui, YANG Yang, LU Fangzheng, WANG Yan, YUAN Yue\*

(School of Pharmacy, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** Cultivating independent and innovative thinking among contemporary college students is a fundamental mission of modern universities. As a compulsory course for pharmacy majors in colleges and universities, physical chemistry experiment is inextricably linked with the professional knowledge of pharmacy, and thus has a strong professional foundation and applicability. We analyze the current state of traditional physical chemistry experimental teaching systems and establishes an open experimental system suitable for pharmacy majors, enriching its curriculum content.

**Keywords:** pharmaceutical characteristics; physical chemistry; open experiments