

角色反演,探索大学物理实验教学质量提升途径

——全国大学生物理实验竞赛教师交流会总结

文小青^{1,2} 朱江^{1,2} 王瑾^{1,2} 潘崇佩^{1,2} 王铮^{1,2} 惠王伟^{1,2} 郑大怀^{1,2,3} 王晓杰^{1,2}
李文华^{1,2} 张春玲^{1,2} 李强^{1,2} 刘东奇^{1,2} 牛紫平^{1,2} 钱钧^{1,2} 姚江宏^{1,2,3} 孔勇发^{1,2,3}

(南开大学¹ 物理科学学院; ² 基础物理国家级实验教学示范中心; ³ 泰达应用物理研究院, 天津 300071)

摘要 在2020年1月举行的全国大学生物理实验竞赛教师交流会上,参会教师以学生的角色走进实验赛场,以模拟学生参加竞赛流程的形式,通过实验操作、完成竞赛试卷、试卷批阅、分组讨论、总结汇报五个环节来进行交流。本文总结此次角色反演式教师交流会的情况,从实验课程设置、实验教师综合能力提升、学生培养、交流互促等方面探讨物理实验教学改革的方向,探索提升大学物理实验教学质量的途径。

关键词 全国大学生物理实验竞赛;物理实验;角色反演;教学探索

ROLE INVERSION TO EXPLORE THE WAY TO IMPROVE UNDERGRADUATE PHYSICS EXPERIMENT TEACHING QUALITY

—SUMMARY OF TEACHER MEETING OF CHINESE UNDERGRADUATE PHYSICS EXPERIMENT COMPETITION

WEN Xiaoqing^{1,2} ZHU Jiang^{1,2} WANG Jin^{1,2} PAN Chongpei^{1,2} WANG Zheng^{1,2} HUI Wangwei^{1,2}
ZHENG Dahuai^{1,2,3} WANG Xiaojie^{1,2} LI Wenhua^{1,2} ZHANG Chunling^{1,2} LI Qiang^{1,2}
LIU Dongqi^{1,2} NIU Ziping^{1,2} QIAN Jun^{1,2} YAO Jianghong^{1,2,3} KONG Yongfa^{1,2,3}

(¹ School of Physics; ² National Demonstration Center for Experimental Physics Education;

³ TEDA Institute of Applied Physics, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract At the teacher meeting of Chinese Undergraduate Physics Experiment Competition (CUPEC) held in January 2020, teachers played in role of students. All the participated teachers finished the task by five main periods, which include doing experiment, answering the competition worksheets, correcting papers, group discussion, summary and report. In this paper, we summarize the role inversion teacher meeting, and discuss the direction of

收稿日期: 2020-05-26; 修回日期: 2021-06-22

基金项目: 教育部基础学科拔尖学生培养试验计划(No. 20170201, 20180302); 国家基础科学人才培养基金项目(No. J1210027); 南开大学物理基地能力提高项目(No. J1103208); 南开大学2019年实验教学课程改革项目2019NKSJG09。

作者简介: 文小青,女,实验师,主要从事基础物理实验教学工作,wenxiaoqing@nankai.edu.cn。

通讯作者: 朱江,女,实验师,主要从事基础物理实验教学工作,zhujiang@nankai.edu.cn。

引文格式: 文小青,朱江,王瑾,等. 角色反演,探索大学物理实验教学质量提升途径——全国大学生物理实验竞赛教师交流会总结[J]. 物理与工程, 2022, 32(2): 40-49.

Cite this article: WEN X Q, ZHU J, WANG J, et al. Role inversion to explore the way to improve undergraduate physics experiment teaching quality—Summary of teacher meeting of Chinese undergraduate physics experiment competition[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(2): 40-49. (in Chinese)

physics experiment teaching reform from the aspects of experiment content setting, improvement of experimental teachers, the cultivation of students and teachers' communication, so as to explore the ways to improve the quality of undergraduate physics experiment.

Key words Chinese Undergraduate Physics Experiment Competition (CUPEC); physics experiment; role inversion; teaching exploration

物理实验竞赛一直在基础物理实验教学中发挥着重要的作用,强调动手能力和基本实验技能,同时涵盖仪器开发、实验教学细化等各个方面^[1-3]。2019年7月18日至7月20日,由教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会、物理学类专业教学指导委员会、中国物理学会物理教学委员会以及高等学校国家级实验教学示范中心联席会主办,南开大学和天津市物理学会承办的第5届全国大学生物理实验竞赛(Chinese Undergraduate Physics Experiment Competition, CUPEC)在南开大学基础物理实验教学中心成功举办^[4]。来自全国56所高校的百余名教师及214名学生参加了竞赛。实验竞赛分为基础性实验和综合性实验两类,每个参赛学校最多派出4名选手,分别参加基础A和B以及综合A或B三场比赛,每场比赛历时4个小时,包括理论分析、实验操作、数据处理、分析解答等部分。

实验竞赛中采取了“自制、自组、自拟”的实验仪器和多层次的实验内容考核设置。赛后,应广大教师进一步了解竞赛的组织形式和实验内容等具体要求,更好地发挥全国大学生物理实验竞赛在基础物理实验教学理念的引领作用,达到增强实验教学技能和教学水平的目的,主办方于2020年1月5—8日举办了全国大学生物理实验竞赛教师交流会。来自全国55所高校的63名教师参加了此次交流会,以模拟学生竞赛流程的形式,教师反演学生角色走进实验赛场,并通过动手实验,竞赛答卷,试卷批阅,分组讨论,总结汇报与交流探讨五个主要环节来进行交流。本文通过综合分析赛前问卷、竞赛分析以及赛后反馈等内容,对这次实验交流会进行分析总结,以期达到共同提高基础物理实验教学水平的目的。

1 交流会介绍

为了保障每1~2位教师能够独立操作1套仪器装置,本次交流会规模受到一定限制。参加

本次交流会的63名教师来自全国各个地区的高校,绝大多数高校派出了1名教师,其中38人来自国家级实验教学示范中心,较全面地代表了国内高校大学物理实验的教学水平。赛前,通过问卷进行教师模拟竞赛分组,把不同教学方向的教师搭配组队,使每个小组成员的知识结构较为全面、均衡。将实验教学分为4个主要方向:1. 力学、热学,2. 电磁学,3. 光学,4. 近代物理学,参会教师实验教学方向调查统计如图1所示。分析得到,大部分教师的教学方向为1~2个方向,只有少部分教师具备贯穿1~4个方向的教学经验。

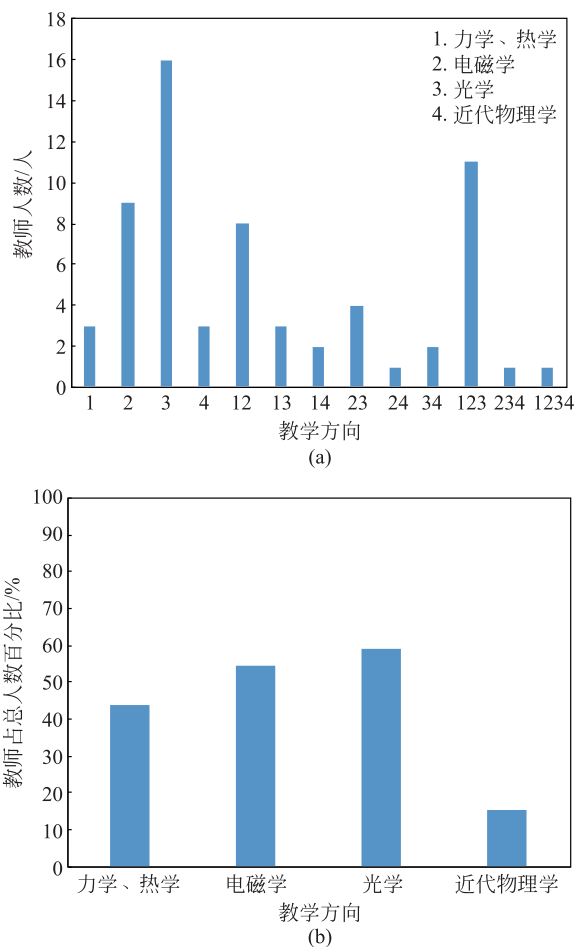


图1 教师的教学方向统计图

(a) 63名教师的教学方向分布(横坐标数字代表教学方向);

(b) 以教学方向为横坐标的教师人数统计

本次交流会 1:1 还原了第 5 届全国大学生物理实验竞赛的赛场。由于实验场地和时间的限制,流程上做了相应调整,全部流程包括实验操作、试卷批阅、交流讨论三部分。实验流程与 CUPEC 相比有所变化,60 余名教师分为甲、乙两组,3 名教师组队进行全部实验操作。教师们以学生的角色进入各个实验赛场,循环进入基础 A、基础 B、综合 A、综合 B 四个赛场进行实验并完成实验试卷。与学生竞赛相比,基础 A 和基础 B 实验时间由 4 小时压缩为 2 小时,综合 A 和综合 B 实验时间由 4 小时压缩为 3 小时。在实验现场,现场报告由主办方的教师和助教完成,包括实验赛场主要问题及解决方法,老师们的提问、实验难点、操作失误以及改进建议等。

实验结束后,试卷密封装订,全部教师分为 4 组,每组约 15 人,完成 4 个实验题目的试卷评阅并出具阅卷报告。阅卷报告包括试卷分析、实验现场和阅卷中主要发现的不足。评阅完成后,由每组的阅卷组长进行讨论汇总。来自武汉大学的林伟华高工和西北大学的范海波教授担任基础 A 阅卷组组长;来自河北工业大学的张旭教授和山西大同大学的张子珍教授担任基础 B 阅卷组组长;来自福建师范大学的郑卫峰教授和重庆大学的汪涛教授担任综合 A 阅卷组组长;来自华东师范大学的赵振杰教授和北京邮电大学的李海红教授担任综合 B 阅卷组组长。最后,组长们依次对各组阅卷情况、命题、实验现场等进行评价与分析,并对下一届命题导向和实验教学工作等给出建议。

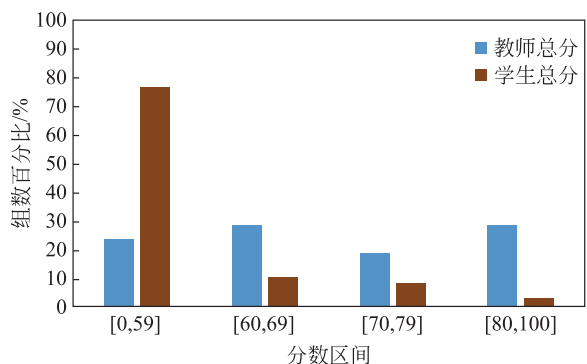
2 成绩分析

四个实验项目分别为基础 A 和基础 B、综合 A 和综合 B。基础 A 为液体的表面张力系数测量,液体的表面张力系数是液体材料的重要热学参量之一,在大学物理实验中多选用拉脱法测量。该题从表面张力系数的基本概念出发,由易到难,用毛细管法和最大泡压法,以自拟、自组实验的方式,设计实验方案、进行实验操作^[5]。基础 B 为滤波电路的研究,实验内容包括一阶和二阶 RC 滤波电路、RLC 串联谐振电路、电学黑盒子^[6]。基础 A 和基础 B 主要考查对基础知识的理解运用能力和基础实验操作能力,以及发现和解决问题的能力。综合 A 为基于傅立叶变换的频谱测量与

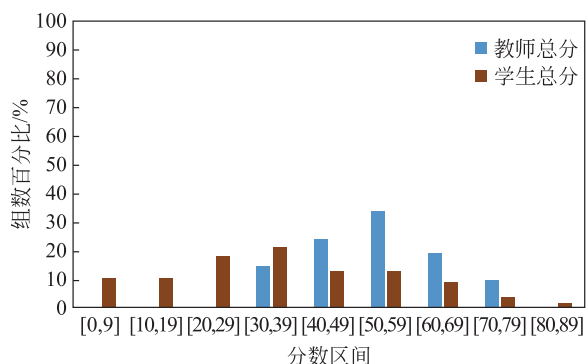
应用,区别于基于几何光学原理的传统透镜焦距测量实验方法,利用不同条件下透镜变换所得的频谱,进行频谱点间距测量,进而确定成像透镜的焦距。根据频谱点间距的大小,分别采用人眼和 CCD 两种测量手段。需要掌握光栅衍射等物理实验大纲的内容和实验技能,同时着重考查文献阅读能力、实际动手能力以及解决综合实验项目的的能力^[7]。综合 B 为基于铌酸锂晶体探究激光与物质的相互作用。综合 B 是本次实验竞赛的难点之一,探究了激光和铌酸锂晶体的基本特性,进而研究铌酸锂晶体的光折变效应,将基础知识、基本实验技能和前沿科学研究相结合,考查物理基础知识的掌握、新知识的提取、实验方案的设计以及数据分析处理等能力,对物理综合能力提出了较高要求^[8]。

图 2 对比给出了基础 A 和基础 B、综合 A 和综合 B 的教师和学生的总分统计直方图。由图 2(a)可知,基础 A 教师总成绩 60 分以上占总组数的 76.2%,而学生总成绩 60 分以上近占 23.2%,60 分以上成绩教师比例远高于学生。基础 A 考查两种测量液体表面张力的方法,得分点更广泛,是四项实验题目中总分分布跨度最大的。基础 B 教师和学生的总分统计直方图如图 2(b)所示,教师总分分布符合高斯分布,区分度高,50 分以上占总组数的 61.8%,教师成绩在 50~59 分较多;学生成绩 50 分以上占总人数的 26.8%,学生成绩在 30~39 分较多。教师整体成绩优于学生成绩。

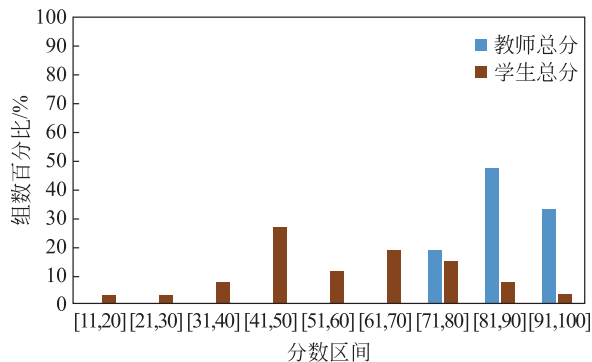
图 2(c)为光学实验综合 A 的教师和学生总分统计直方图,综合 A 教师得分总体较高,平均分为 87.8 分,教师总成绩 70 分以上占总组数的 100%。学生平均分为 57.1 分,70 分以上占总组数的 26.9%。教师整体成绩远高于学生成绩,这与参会教师的光学背景比例高于其他类别是正相关的,根据图 1(b)可知,有光学方向教学经验的教师占总人数比例最高,为 59.4%。图 2(d)可以看到综合 B 教师的总体得分,大致符合高斯分布,但整体得分不高,在四个实验题目中,总体得分最低,平均分为 32.7 分。该题 50 分以下的区间,教师与学生得分比例近似,而 50 分以上教师占总组数的 15.0%,没有学生总分超过 50 分。该题将基础知识、基本实验技能和前沿科学研究相结合,四个实验题目中难度最大,教师整体成绩略优于学生成绩。



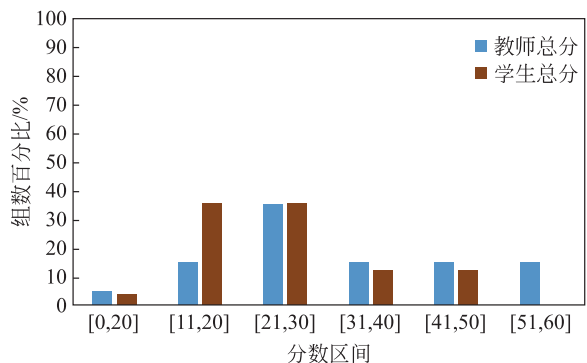
(a)



(b)



(c)



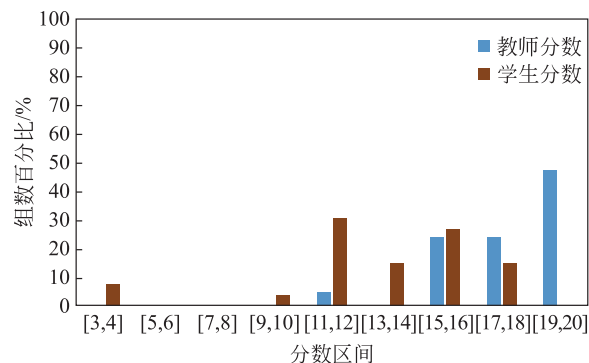
(d)

图2 教师和学生总成绩分布^[5-8]

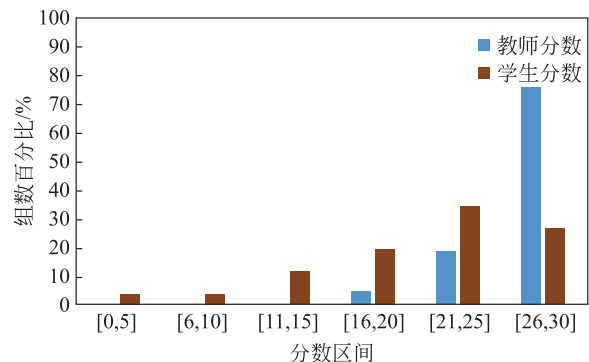
(a) 基础 A; (b) 基础 B; (c) 综合 A; (d) 综合 B

综合 A 在四个实验题目中,参赛教师整体分数

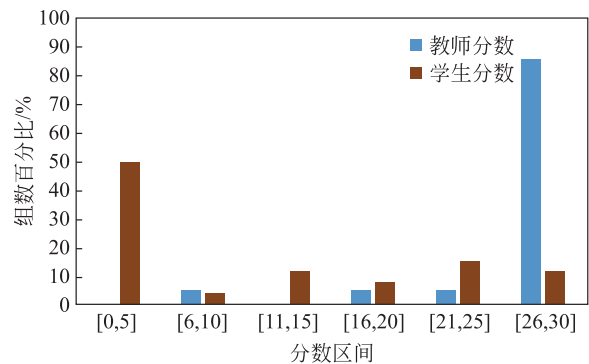
最高。以综合 A 为例,分析各小题得分情况,共有 4 小题,如图 3 所示。第 1 题得分情况如图 3(a)所



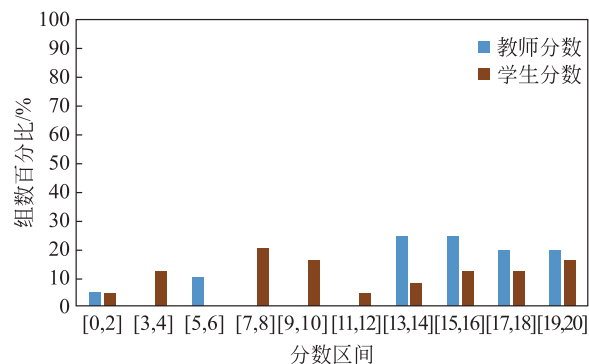
(a)



(b)



(c)



(d)

图3 综合 A 中 4 个小题的教师和学生得分情况^[7]

(a) 第 1 题; (b) 第 2 题; (c) 第 3 题; (d) 第 4 题

示,满分20分,考查光栅常数的测量,是大学基础物理实验的基本内容之一。教师平均分为17.8分,得分在19~20分较多,占总组数的47.6%,得分10分以上占总组数的100%;学生平均分13.4分,得分在11~12分较多,占总组数的30.8%,得分10分以上占总组数的88.5%。第2题得分情况如图3(b)所示,满分30分,该题是通过搭建扩展平行光路完成频谱测量,求解透镜焦距。文献阅读量较大,但实验难度不大。教师平均分27.8分,76.2%的教师得分集中在26~30分;而学生34.6%集中在21~25分,且19.1%的学生得分低于15分。第3题和第4题是利用CCD光强仪和示波器相结合完成实验测量,将光信号转换成电信号用示波器直接读出。这种新的测量方式,老师们给予了较高的评价。第4题是通过阅读附件资料中的频谱缩放原理自行构建扩展的发散光束开展频谱缩放实验,完成透镜焦距的测量。第3题得分情况如图3(c)所示,满分是30分,教师平均分27.6分,85.7%的教师得分在26~30分;50.0%的学生得分在0~5分,该题教师得分明显优于学生。第4题得分情况如图3(d)所示,满分20分,教师平均分14.6分,47.6%的教师得分在13~16分,14.2%的教师得分低于6分。该题学生成绩分布较为分散,对学生有较高的区分度。该题着重考查物理实验的综合素养,难度是4道小题中最大的,题目更加灵活,与学生相比,大部分教师得分较高,仅14.2%的教师得分不理想,由于时间关系,老师们最后一题答题情况较前面有所下降。通过综合A的各小题得分详细分布,可以看出实验教师对知识点的掌握情况直接影响了学生的实验水平。

3 交流会的启示以及应用于实验教学

交流会的宝贵经验,对提升物理实验教学质量具有参考意义。下面将从实验课程设置、实验教师、学生培养和交流互促四个方面对交流会进行分析。

3.1 实验课程设置

CUPEC的理念更加强调实验课程设置中强化构建能力,即重视实验元件的搭建。CUPEC提供基本实验元件和基础器件,考查实验者的动手能力及运用所学知识分析问题、解决问题的能力。

虽然教师在进入赛场前已经了解竞赛题目,但动手搭建实验仪器时还是遇到很多问题。例如在基础A中毛细管法测量液体表面张力系数方法中毛细管固定的方式。提供的仪器和配件中,可以把毛细管用胶带粘在液槽壁上,还可以利用试验台架和夹子实现,很多教师反映提供的待测液体液面过低无法实现测量。又例如基础A中最大泡压法测量液体的表面张力系数方法中部分教师组合体现了很好的仪器构建能力,部分教师对于赛场提供的滴液漏斗结构不清楚,连接仪器时仍存在问题。这些情况侧面反映了实验教学与理论教学的差异,实验教学强调将理论融合在实践中,以仪器构建和可视化的操作逐步开展。因此,在对学生的日常训练中,重视实验元件的搭建,强化训练基础实验装置的构建能力,改进实验内容设置对提高教师和学生的实验技能非常重要。

第5届全国大学生实验竞赛题目讲解及演示录制成教学视频,在新冠肺炎疫情期间,成为线上实验教学的一部分。南开大学计划从2020年春季学期开始,实验竞赛中老师们自制、自组、自拟的92套实验教学仪器将陆续用于新校区和老校区的基础物理和近代物理实验教学,目前该计划推迟到秋季学期。实验仪器研发契合南开大学设备处于2019开展的交叉学科实验教学的项目需求,将直接用于提升跨学科的本科生实验教学质量。

2019—2020春季学期,新冠肺炎疫情下,为了保证实验教学的进行,各高校积极开展居家实验。居家实验考虑居家实验条件,着重培养学生基础实验元件的搭建能力,从日常生活中寻找可以利用的元件构建基本实验装置。南开大学的居家实验题目涵盖力学、热学、电磁学、光学等,包括:利用电动牙刷搭建弦振动实验装置;利用长导线和圆筒绕制螺线管,自制磁力电流计;利用手电筒筒作光源,自制物屏、光屏,卷尺等搭建几何光学基本光路;利用水透镜、纸杯等自组显微镜;利用激光笔、平面镜、手机膜等自组光学干涉仪;利用生活中的物品自制光学调整架;自制衍射元件,自制插针法测水的折射率实验装置等。今后,这些构建实验的思路和经验也将应用于实验室的物理实验教学中。

3.2 提高实验教师专业素养

在物理实验教学中提升学生创新实践能力,

动手能力的培养,各个高校都在不断探索方法和途径^[9-13],组织、参与实验竞赛,促进课程体系改革,改革实验教学模式等都是讨论的热点,这些方法和途径都需要执行者——教师来完成,提升教师专业素养是执行好这些方法和途径的前提。教师的水平层次直接关系到人才培养质量。教师在教学中既做到授之以鱼,也做到授之以渔,才能培养出适合时代需要的优秀人才。

本次交流会,主办方的教师和助教记录了教师模拟学生进行实验竞赛时的现场报告,包括实验赛场主要问题及解决方法,老师们的提问、实验难点、操作失误、改进建议等,如表1所示。实验竞赛考查的是综合素质,包含全方位的知识结构、构建能力、通用设备的操作能力、探索能力、阅读理解和有限时间提取有效信息的能力等。因此,希望通过日常实验教学,进一步提升教师这些方面的专业素养。

表1 教师交流会实验现场报告汇总表

竞赛题目	实验现场主要问题	有待提升的专业素养
基础 A	毛细管法中毛细管固定的方式;最大泡压法中滴液漏斗的构建。	构建能力
基础 A	需了解测量表面张力系数的多种方法	全方位的知识结构
基础 B、综合 A	部分教师未使用过提供的品牌和型号的示波器和信号发生器,影响了实验进程。	通用仪器的操作能力
基础 B	竞赛中提供的计算器配有说明书,但部分教师因提供的品牌没使用过,使用时存在困难。	通用仪器的操作能力
基础 B	有教师建议一些通用设备比如示波器、信号发生器、计算器等品牌、型号提前公布,在赛场不用花费时间研究其使用方法。	通用仪器的操作能力
综合 A	扩束准直光路的搭建	构建能力
综合 A、B	阅读材料多,试题内容多。	阅读理解能力,有限时间提取有效信息能力

续表

竞赛题目	实验现场主要问题	有待提升的专业素养
综合 B	和前沿科学研究相结合,大部分教师未接触过相关内容	探索能力
综合 B	判断晶体轴向,利用压电效应	探索能力、全方位的知识结构
综合 B	偏振片、波片使用存在问题	构建能力

CUPEC 考查综合素质和能力,这就需要教师具备全面的知识结构。从参会教师的教学方向调查统计可以看出,大部分教师固定在1~2个教学方向,限制了教师的职业发展。由教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会等三委员会主办的全国高等学校物理基础课程(实验课程)青年教师讲课比赛实施方案中明确要求:大学物理实验课的比赛内容要符合《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》^[14],也就是包含力学、热学、电磁学、光学、近代物理实验。教师只有在这几个方向都有教学经验,才能有参赛资格。通过青年教师讲课比赛,可以不断提升实验教师全方位的知识结构,培养综合能力^[15-18]。

综合 B 实验题目,是4个实验题目中难度最大的,试题内容多,材料多,阅读量大。实验者在有限的时间内提取有价值的物理信息,搭建物理模型,完成实验任务,主要考查实验者的综合实验能力,包括基础知识的掌握程度、阅读材料的能力、信息提取能力、实验操作水平等。不论是学生还是教师,得分都不高。学生可以从课本上获取知识,问题研究的方法和手段,需要实验教师的指导。教师不断进行科学研究,保持对新事物的探索能力,会在日常的教学潜移默化传递给学生。随着科学技术的发展,传统的实验教学模式在不断变化,从多媒体教学到线上教学、虚拟仿真实验教学,都融合了现代科学技术;传统实验仪器也在不断更新换代,智能化的测量手段逐步应用到基础物理实验中。

3.3 加强学生能力培养

本次交流会,教师们探讨了物理实验教学中学生在动手能力,创新能力,文献阅读、有效信息提取等综合素质表现出的不足,总结了实验教学中学生的培养方向。

日常实验教学过程中,运用线上教学、虚拟仿真实验教学等多种教学辅助手段,全方位提升学生知识结构。在基础 A 中,考查了两种测量表面张力系数的方法,毛细管上升法和最大泡压法,大部分学生只学习过拉脱法,毛细管法和最大泡压法未深入了解,学生在有限的竞赛时间里了解实验原理,设计实验步骤,组装仪器,实验结果并不理想。在的日常的实验课程中,多方位训练引导学生,培养学生更加全面的知识结构,才能在赛场上得心应手。

实验课前提供丰富的预习资料,除基本实验原理和实验内容,还包括实验的历史背景,实验的发展和最新前沿,以及关于实验项目的教学改革、以实验项目为基础曾出过的各类竞赛题目等。即使由于条件限制,仅使用一种方法进行实验操作,也让学生了解其他方法的原理、基本方法、适用条件和优缺点。不仅扩展学生的知识面,还能加强学生的阅读理解和提取有效信息的能力。

在对学生的日常训练中,强化训练基础实验的构建能力和基本仪器的使用。强化从基本实验元件搭建成实验装置的训练;强化基本电路的搭建;强化基本光路的搭建。重视通用实验设备的培训,如科学计算器、示波器、信号发生器、万用表等。熟悉基本测量仪器的使用,如螺旋测微仪、游标卡尺、温度计、电流计、电压表、磁力计、光功率计等。熟悉重要实验仪器的调节与使用,如利用迈克尔逊干涉仪可进行线胀系数、空气折射率等微小量的测量,利用分光仪可进行光栅衍射、棱镜色散等实验研究,利用光栅光谱仪可进行各类光谱测量滤光片特性研究以及色度学研究等。通过开展专题式实验教学^[4],助教辅助教学,加强实验过程评价等方式,切实提高学生动手能力。

CUPEC 的综合题目不仅考查综合实验能力,还有探索新事物的能力。如何使学生将力学、热学、电磁学、光学和近代物理学实验的基础知识和实验技能融会贯通,如何培养学生的探索能力和创新能力,从而为今后科学研究打下基础,当学生面对前沿问题或从未接触过的知识时,能否充分利用所学知识和技能,发现问题、解决问题,以上这些对物理实验教学提出了更高的要求。

3.4 交流互促,提升教学质量

本次交流会资料主要分为第 5 届 CUPEC 试题、历届 CUPEC 论文^[5-8,19-22]、高校实验教学现状分析和国外物理实验教学调研 4 个部分。其中高校实验教学现状分析中的所有资料来自于第 5 届

全国大学生物理实验竞赛后的调研问卷,详尽给出了以物理国家级实验教学示范中心为主的参赛高校的教材和实验题目设置情况。国外物理实验教学给出了美国物理教师协会(American Association of Physics Teachers, AAPT)在 2014 年发布的对于大学基础物理实验的指导文件^[23],介绍了国际青年物理学家锦标赛(International Young Physicists' Tournament, IYPT)的相关情况^[24]。教师们参观了天津市科普基地南开大学演示实验室,并同演示实验室老师交流讨论。

在本次教师交流会上,收集了教师对第 5 届 CUPEC 的反馈信息,如表 2 所示。教师们总结了本届实验竞赛题目的优点和不足,从试卷难易程度、学生能力培养、课程设置等方面进行了试卷分析;从实验内容、学生能力培养、教学组织等方面进行了实验现场分析;从教师参与等方面总结了阅卷中发现的不足;对下一届竞赛命题和竞赛组织等给出了建议。通过这次交流会,教师们体验了竞赛流程,了解了竞赛要求及判卷标准,增进了教师之间的交流与合作。

表 2 教师交流会反馈信息汇总表

项目	教师反馈
试卷分析	1. 大部分老师认为题目难度适中,区分度高,但对普通工科学生内容较难,要求较高;
	2. 既涉及大学基础物理实验的基本内容,又结合南开特色、结合科学前沿;
	3. 基础 B 题目计算量过大,建议一些公式可以给出结果,加强动手能力的考核;
	4. 综合 A 题目,建议背景资料及相关知识更简化;
	5. 综合 B 中,建议竞赛命题中不要出现实验结果不明确的问题,例如测损伤阈值的问题。
实验现场	1. 培养了学生文献阅读能力;
	2. 考查了学生基本实验素养和实验技能;
	3. 培养了学生综合素质以及探索新事物的能力;
	4. 建议以将竞赛题目以研究性实验的形式开设,组织教学;
	5. 教师在教学中重视学生的自主设计实验的能力。

续表

项目	教师反馈
阅卷中发现的不足	估读问题、试卷书写规范问题、有效数字、作图规范等。
对下一届竞赛题的建议	1. 基础题提高普适性,更合理的体现学生的整体实验素养。 2. 综合题知识点比较集中,建议下一届竞赛题出一些将力、热、光、电结合的综合题;可适当加入新材料性能的测试等;科研转化题难度较大,可适当减少待测数据量; 3. 背景资料及相关知识更简化一些。
对下一届竞赛组织等的建议	1. 阅卷老师可在赛后做一遍实验再批阅试卷,这样可以使老师真正理解题目的实验过程和评分关键; 2. 建议 1 位学生 2 道基础题都做,可以更全面考查地学生能力。 3. 进一步扩大比赛规模。

南开大学出台了多项措施和政策,加强实验教师交流,给教师提升专业素养的机会和平台,进而提升实验教学质量。2017 年起,设备处推出了自制实验仪器建设项目、交叉教学改革项目、虚拟仿真建设项目等,并且对于自制仪器评优项目滚动支持,将部分结余经费优先支持实验教学项目建设。一方面通过严格的立项审核,召开项目答辩会,提高自制仪器等项目质量,另外一方面通过动态支持提高支持力度。教务处推出实验实践等多种针对实验教学的项目,鼓励教师多动手,增强创新能力。在这些项目的持续支持下,基础物理实验中心已有十余项自制自组或自拟的装置陆续应用于实验教学,其中在电磁学方面覆盖率最高。基础物理实验中心鼓励教师对外交流,教师考核中规定每位教师每年进行 1 次对外交流,鼓励教师参加各种形式的研讨会,加强对外交流学习。

由教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会等单位联合主办的全国高校物理实验教学研讨会,会议内容包括教学经验交流、评比本科生发表的论文及高校教师和学生研制的实验教学仪器等,该会议每两年举办一次。2008 年以来,教育部支持国家级实验教学示范中心联席会、实验室建设教指委、中国高等教育学会等举办全国高等学校教师自制实验教学仪器大赛,提高教师的创

新能力,动手能力,提升高校实验教学水平,该赛事已举办 5 届,每届都有几百件自制实验仪器参加评选。这些措施的出台和实施,都是在鼓励实验教师交流互促,从而提升物理实验教学质量。

4 结语

本次全国大学生物理实验竞赛教师交流会上,南开大学物理科学学院及基础物理国家级实验教学示范中心投入教师 20 余人,研究生志愿者 15 人。退休教师陈平老师参与到基础 B 电磁学实验的准备与交流活动中。全体实验教师在完成本学期教学任务后,清理实验室,重新调试仪器布置实验考场,1:1 重现了 2019 年夏季举办的全国大学生物理实验竞赛。为了满足每个教师 1 套仪器,电磁学老师对 15 套已经改装用于教学的基础 B 的仪器又重新进行了焊接调试。其他各个赛场重现也经历了同样的调试过程。这些考场仪器调试,更进一步提高了实验中心老师的合作沟通和动手能力。

由于考场复现的复杂性,这种交流会也是弥足珍贵的。在综合 B 的赛场上,许多提前完成综合 A 的老师再次进入赛场,同命题老师们开展交流,体现了教师们对于实验知识的精益求精精神。本次交流会上老师留下了很多宝贵的经验和建议。辛苦之余,与会教师对交流会的组织形式、实验现场等给予很高的评价,交流会提供了实验教学互促的非常好的平台。在真实的实验场景下,角色反演,参会教师以学生的角色走进实验赛场,进行实验操作,完成竞赛试卷,通过试卷批阅、分组讨论、总结汇报进行交流。通过角色反演的实验交流会,广大参会教师将这种真实的操作经验和教学理念,应用于物理实验教学中,并结合本校实验教学进行转化和提升,体现了全国大学生物理实验竞赛的以赛促建的目的。

致谢: 感谢第 5 届全国大学生实验竞赛命题组和竞赛组委会的各位专家,感谢参与全国大学生物理实验竞赛及教师交流会各高校老师及同学,感谢南开大学物理实验教学中心及物理科学学院参与竞赛及交流会筹备的各位老师! 相关工作受到南开大学设备处、教务处等部门的大力支持,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 陈晓白,李宝河,李熊,等.大学物理实验竞赛对物理实验教学的启示[J].物理与工程,2017,27(S1):172-174.
CHEN X B, LI B H, LI X, et al. Enlightenment of college physics experiment competitions to physics experiment teaching[J]. Physics and Engineering, 2017, 27(S1): 172-174. (in Chinese)
- [2] 肖文波,何兴道,龚勇清,等.大学物理实验竞赛试题设计和考核方式的讨论[J].物理与工程,2011,21(2):33-35.
XIAO W B, HE X D, GONG Y Q, et al. Discussion on questions design and evaluation methods of college physics experiment competition[J]. Physics and Engineering, 2011, 21(2): 33-35. (in Chinese)
- [3] 张师平,吴平,赵雪丹,等.以本科生科技创新和物理实验竞赛促进创新型人才培养的探索[J].物理与工程,2016,26(S1):213-215.
ZHANG S P, WU P, ZHAO X D, et al. The exploration of promoting innovative talents cultivation by student research training program and physics experiment competition[J]. Physics and Engineering, 2016, 26(S1): 213-215. (in Chinese)
- [4] 王槿,王铮,惠王伟,等.基于全国大学生物理实验竞赛命题导向的物理实验教学探索[J].物理实验,2019,39(10):25-30.
WANG J, WANG Z, HUI W W, et al. Reform of college physics experiment teaching oriented to the Chinese University Physics Experiment Competition[J]. Physics Experimentation, 2019, 39(10): 25-30. (in Chinese)
- [5] 李文华,王槿,文小青,等.基础实验 A:液体的表面张力系数测量[J].物理实验,2019,39(10):31-36.
LI W H, WANG J, WEN X Q, et al. Fundamental test A: Measuring the surface tension coefficient of liquid[J]. Physics Experimentation, 2019, 39(10): 31-36. (in Chinese)
- [6] 惠王伟,钱钧,牛紫平,等.基础实验 B:滤波电路的研究[J].物理实验,2019,39(10):37-41.
HUI W W, QIAN J, NIU Z P, et al. Fundamental test B: Research on filter circuit [J]. Physics Experimentation, 2019, 39(10): 37-41. (in Chinese)
- [7] 刘东奇,朱江,李强,等.综合研究性实验题 A:基于傅里叶变换的频谱测量与应用[J].物理实验,2019,39(11):31-35.
LIU D Q, ZHU J, LI Q, et al. Comprehensive test A: Frequency spectrum measurement and its application based on Fourier transform[J]. Physics Experimentation, 2019, 39(11): 31-35. (in Chinese)
- [8] 郑大怀,陈靖,王晓杰,等.综合研究性实验题 B:基于铌酸锂晶体探究激光与物质的相互作用[J].物理实验,2019,39(11):36-43.
ZHENG D H, CHEN J, WANG X J, et al. Comprehensive test B: Study on the interaction of laser and materials based on lithium niobate[J]. Physics Experimentation, 2019, 39(11): 36-43. (in Chinese)
- [9] 王理想,袁伟,史伟华.“大学物理(含实验)”课程实施的实践与思考[J].物理与工程,2018,28(S1):170-172.
WANG L X, YUAN W, SHI W H. The practice and thought of implementation of the college physics (experiment)[J]. Physics and Engineering, 2018, 28(S1): 170-172. (in Chinese)
- [10] 黄林,王建中,唐一文,等.以大学生物理实验创新设计竞赛促进学生创新能力培养[J].大学物理实验,2017,30(5):139-142.
HUANG L, WANG J Z, TANG Y W, et al. Promoting the cultivation of innovative ability of undergraduates by physical innovative experiment competition[J]. Physical Experiment of College, 2017, 30(5): 139-142. (in Chinese)
- [11] 王旗,刘国良,杜安.浅谈大学生物理实验竞赛的组织及意义[J].大学物理实验,2013,26(3):101-103.
WANG Q, LIU G L, DU A. Discussion on organization and significance of college physics experiment competition [J]. Physical Experiment of College, 2013, 26(3): 101-103. (in Chinese)
- [12] 刘晓杰,于永江.山东部分高校大学物理实验教学内容现状调查研究[J].物理实验,2018,38(S1):75-80.
LIU X J, YU Y J. Research on the status of physics experiment teaching in universities in Shandong province [J]. Physics Experimentation, 2018, 38(S1): 75-80. (in Chinese)
- [13] 叶柳,汪洪,李爱侠,等.大学物理实验教学的改革和尝试[J].大学物理实验,2019,32(1):123-127.
YE L, WANG H, LI A X, et al. Reform and exploration of teaching on college physics experiments[J]. Physical Experiment of College, 2019, 32(1): 123-127. (in Chinese)
- [14] 张广斌,李香莲,李季平.各理工科类高校实施大学物理实验课程教学基本要求(2008年版)的必要性[J].物理与工程,2010,20(3):1-2.
ZHANG G B, LI X L, LI J P. The necessity of implementing the basic requirements of physical experiment teaching in colleges and universities of science and Engineering (2008 Edition) [J]. Physics and Engineering, 2010, 20(3): 1-2. (in Chinese)
- [15] 吴皓.厚积薄发,团队互助,以竞赛成果促教学创新——首届全国高等学校物理基础课程青年教师讲课比赛参赛感想[J].物理与工程,2014,24(5):27-29.
WU Z. Accumulation, team building and the competition promoting innovative teaching—Experience on the first national lecture competition of college physics for young teachers[J]. Physics and Engineering, 2014, 24(5): 27-29. (in Chinese)
- [16] 聂娅.勤耕不辍,尽心教学,根本停不下来——第二届全国高等学校物理基础课程青年教师讲课比赛心得[J].物理与

- 工程, 2016, 26(6): 63-64.
- NIE Y. Teaching persistently and whole-heartedly without a stop—In retrospect on the second national lecture competition of college physics for young teachers[J]. Physics and Engineering, 2016, 26(6): 63-64. (in Chinese)
- [17] 陈玉林, 杨志红, 张瑞东. 2017 华东地区高等学校物理实验课程青年教师讲课比赛暨“第三届全国高等学校物理基础课程青年教师讲课比赛选拔赛”[J]. 物理与工程, 2017, 27(4): 2.
- CHEN Y L, YANG Z H, ZHANG R D. 2017 East China University Physics Experiment Course Young Teacher Lecture Competition and “The Third National University Physics Basic Course Young Teacher Lecture Competition Selection Competition” [J]. Physics and Engineering, 2017, 27(4): 2. (in Chinese)
- [18] 王文玲. 教无止境, 乐在其中——第四届全国高等学校物理基础课程青年教师讲课比赛心得[J]. 物理与工程, 2019, 29(3): 26-28.
- WANG W L. Endless teaching, happiness within—Experience of the fourth national competition for young teachers of physics foundation courses in colleges and universities [J]. Physics and Engineering, 2019, 29(3): 26-28. (in Chinese)
- [19] 陶小平, 张权, 祝巍, 等. 首届全国大学生物理实验竞赛试题解答与考试评析[J]. 物理实验, 2011, 31(11): 30-36.
- TAO X P, ZHANG Q, ZHU W, et al. Solutions and analysis of the examination questions for the first national competition of physics experiment for college students[J]. Physics Experimentation, 2011, 31(11): 30-36. (in Chinese)
- [20] 张增明, 王中平, 赵伟, 等. 首届全国大学生物理实验竞赛试题解答与考试评析(续)[J]. 物理实验, 2011, 31(12): 35-41.
- ZHANG Z M, WANG Z P, ZHAO W, et al. Solutions and analysis of the examination questions for the first national competition of physics experiment for college students(continued)[J]. Physics Experimentation, 2011, 31(12): 35-41. (in Chinese)
- [21] 张宪锋, 陶小平, 祝巍, 等. 第 2 届全国大学生物理实验竞赛试题的解答与考试评析[J]. 物理实验, 2014, 34(5): 40-45.
- ZHANG X F, TAO X P, ZHU W, et al. Answers and performance analysis of the second national college physical experiment competition [J]. Physics Experimentation, 2014, 34(5): 40-45. (in Chinese)
- [22] 赵伟, 韦先涛, 代如成, 等. 第 2 届全国大学生物理实验竞赛试题的解答与考试评析(续)[J]. 物理实验, 2014, 34(6): 34-39+43.
- ZHAO W, WEI X T, DAI R C, et al. Answers and performance analysis of the second national college physical experiment competition(continued)[J]. Physics Experimentation, 2014, 34(6): 34-39+43. (in Chinese)
- [23] A Subcommittee of the AAPT Committee on Laboratories Endorsed by the AAPT Executive Board. AAPT Recommendations for the Undergraduate Physics Laboratory Curriculum[EB/OL]. https://www.aapt.org/Resources/upload/LabGuidelinesDocument_EBendorsed_nov10.pdf, November 10, 2014.
- [24] [https://www.iypt.org/Home\[EB/OL\]](https://www.iypt.org/Home[EB/OL]).
- (上接第 39 页)
- [8] 干为民. 点作合成运动时动点、动系、定系选择方法的讨论[J]. 常州工业职业技术学院学报, 1994, 7(4): 42-48.
- GAN W M. The selection methods of moving point, moving coordinate system and fixed coordinate system in the resultant motion problem of point[J]. Journal of Changzhou Institute of Technology, 1994, 7(4): 42-48. (in Chinese)
- [9] 李之祥. 论点的合成运动中动点、动系的选择与解题难易的关系[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 1995, 11(1): 50-55.
- LI Z X. On the relationship between the selection of moving point, moving coordinate system in the resultant motion problem of point and the difficulty of solving problems[J]. Journal of Kunming Metallurgical College, 1995, 11(1): 50-55. (in Chinese)
- [10] 张东峰, 陈晓峰. 关于点的合成运动中动点的选取[J]. 高等理科教育, 2004(2): 87-90.
- ZHANG D F, CHEN X F. The selection of moving point in the resultant motion problem of point[J]. Higher Science Education, 2004(2): 87-90. (in Chinese)
- [11] 王晨. 点的合成运动中动点和动系的选择[J]. 山西建筑, 2004, 30(24): 28-29.
- WANG C. The selection of moving point and moving coordinate system in the resultant motion problem of point[J]. Shanxi Construction, 2004, 30(24): 28-29. (in Chinese)
- [12] 陈奎孚, 王建立. 合成运动分析的五“相”型[J]. 邢台职业技术学院学报, 2009, 26(1): 1-5.
- CHEN K F, WANG J L. Five classes of composite movement analysis[J]. Journal of Xingtai Polytechnic College, 2009, 26(1): 1-5. (in Chinese)
- [13] 陈奎孚. 理论力学精细辅导[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018: 166-181.
- [14] 陈奎孚, 姚海蓉, 张云文. 相切型传递的加速度表现[J]. 物理与工程, 2018, 28(2): 29-35.
- CHEN K F, YAO H R, ZHANG Y W. The acceleration manifest of the tangent-type transmission[J]. Physics and Engineering, 2018, 28(2): 29-35. (in Chinese)