

附件 2:

编号	
----	--

# 高等学校物理实验课程教学研究项目 立项申请书

项 目 名 称 竞教结合的物理实验线上教学研究

项目负责人 倪 晨

项目承担学校 同济大学

联 系 地 址 上海市四平路 1239 号物理馆

申 报 日 期 2020 年 9 月

预计验收日期 2022 年 8 月

教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会

二〇二〇 年制

## 填写要求

- 一、本表用 A4 纸张双面打印填报，一式两份，本表封面之上不得另加其他封面。
- 二、本表填写内容必须属实，所在学校应严格审核，对所填内容的真实性负责。
- 三、封面中编号栏请勿填写。
- 四、有关证明材料请附在申请表后，无需另作附件。

## 项目情况

项目名称		竞教结合的物理实验 线上教学研究		项目申请人		倪晨	
项目承担单位		同济大学		申报时间		2020.9	
联合申报单位				申报金额		1000.00 元	
项目 第一 承担 者 情 况	姓名	倪晨	性别	男	出生年月	1971.5	
	职称	高级工程师	职务	教师	所在院系	物理科学与工程学院	
	最终学历	硕士研究生	学位	硕士	联系电话	15000330939	
	通信地址 及邮编	上海市四平路 1239 号同济大学物理馆			电子信箱	nissen@tongji.edu.cn	
	经费下达 单位名称	同济大学			开户行	中国农业银行股份有限公司上海翔殷支行	
	银行账号	033267-00812000848			备注		
	主要教学、科研经历						
<p>近年来主要承担《大学物理实验》、《电磁学实验》等多门本科生实验课程教学，以及《多媒体技术导论》等研究生课程的教学工作。担任同济大学物理实验室副主任，承担物理实验教学管理工作。</p> <p>在学术研究工作中，将科研实验经验融入教学，注重研究教育技术在物理实验课程中的支撑和作用。近年来发表教学与科研论文 30 余篇，参与编著物理实验辅教材 1 部。</p>							
曾获教学、科研主要奖励情况							
<p>曾获上海市教学成果奖 2 项，同济大学教学成果奖等共十余项。主持及参与研制的实验教学仪器获全国教学仪器评比一等奖 1 项，二等奖 1 项，三等奖 3 项。</p>							
参与 人员 情况	姓名	年龄	职称	工作单位	职务	承担的职责	
	方 恺	47	教授	同济大学	物理实验中心主任	教学设计和指导	
	王风雨	44	副教授	同济大学	光信息实验室主任	教学设计和指导	
	张志华	43	副教授	同济大学	近代实验室主任	教学设计和指导	

	李渔迎	23	研究生	同济大学	研究生	教学研究与开发
	蔡嘉宇	23	研究生	同济大学	研究生	教学研究与开发

**项目申报基础**（申报人教学经历、现授课程及所使用的教材、研究简历、研究基础）

近年来主要承担《大学物理实验》、《电磁学实验》、《科研前沿与实践（竞赛或创新项目）》等多门本科生实验课程教学，以及《多媒体技术导论》等研究生课程的教学工作。担任同济大学物理实验室副主任，承担物理实验教学管理工作。

在学术研究工作中，将科研实验经验融入教学，注重研究教育技术在物理实验课程中的支撑和作用。近年来发表教学与科研论文 30 余篇，参与编著物理实验辅教材 1 部。多年来获上海市教学成果一等奖 1 项，同济大学教学成果奖等共十余项。主持及参与研制的实验教学仪器获全国教学仪器评比一等奖 1 项，二等奖 1 项，三等奖 3 项。

教学中以培养拔尖人才为目标，着力构建提升学生实验与创新能力培养的课程体系，并将专题性实验教学理念贯穿其中。指导学生开展创新实验项目共 5 项。承担校教改项目及精品实验项目共十余项；作为全国大学生物理实验竞赛领队，指导学生获一等奖 2 项，二等奖 8 项，三等奖 3 项；指导本科生学生发表教学研究论文 4 篇，其中有一篇获得大学生论文评比三等奖。

本课题依托同济大学教育技术学的学科优势，在多媒体、三维建模、人机交互等方面积累了丰富的开发经验和教学资源。参加项目的教师长期从事物理与实验教学工作，积累深厚的专业知识，具有丰富的教学经验，曾主持或参与国家及上海市重点教改项目，并将把相关的研究成果直接应用于相关课程的教学。

前期已经对国内外研究现状的调查分析，并对部分学生发放调查问卷等，切实了解项目的建设意义和真实需求。并已开展校级课题的研究，采用相关技术，开展系统的初步设计工作，经测试可知项目切实可行，并能实现预计的各项功能



## 项目内容（解决的问题、实施方案、达到的目标）

### 一、项目拟解决的问题

拔尖创新人才是国家实施创新驱动发展战略的领军力量,是增强科技自主创新能力的核心要素。《中国教育现代化 2035》中明确提出要提升一流人才培养与创新能力。创新人才的培养是新时代高等教育的重要任务,加强大学生的科技创新意识和创新能力也是高校物理教学的重点课题。近年来的教学研究表明,学科竞赛在创新能力培养具有突出的优势,竞赛活动调动学生主动学习的积极性,有效培养学生的创新意识、创新思维和创新方法及综合能力。将学科竞赛与课程教学相结合,是实现一流本科课程高阶性、创新性和挑战度教学目标的有效途径。伴随着教育信息化建设的不断投入,线上课程资源、教学平台和数字化教学工具日趋丰富,为线上教学提供了有力的支撑和保障。面对 2020 年突发新型冠状病毒肺炎疫情,在线教学优势发挥了重要作用,不仅保障了疫情防控期间高校教学工作的正常进行,也推动了信息化与教育的深度融合,并完善了基于学科教学特色的在线教学体系。

大学物理实验是理工科学生的必修基础课程,是培养学生科学实验能力、提高科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要基础,在培养学生严谨的治学态度、提高学生理论联系实际的能力、具备积极主动的探索精神等方面具有独特的优势和地位。但在疫情影响下,脱离了精密的实验装置及实验室环境,如何通过线上教学方式来达到实验教学目的,满足人才培养的需要,对物理实验教学是个极大的挑战。这一问题引发了国内外教学研究领域的广泛关注和讨论。面对新的机遇和挑战,如何充分发挥学科竞赛优势,竞教结合、以赛促教,激发学习兴趣和参赛积极性,有效提高学生创新能力,是开展物理实验混合式教学亟待研究的问题,研究成果可以为后续竞赛以及物理实验课程教学改革提供参考。课题从调研出发,结合我校物理实验中心以学生为本,多个教学平台优势互补、线上与线下融合、竞教结合的线上实验教学实践,从在线教学设计、竞赛活动组织、平台设计、创新能力调研与分析四个方面开展研究,进行合理规划设计,以科技创新发展为目标,开展创新人才培养的教学交流,实现拔尖创新人才培养的内涵发展。

### 二、项目实施方案

#### 1. 线上教学方案

相较于课堂教学,在线教学可以随时随地进行,不受时间、空间及学习人数的限制,

并以丰富的多媒体资源以及灵活的交互方式,更宜进行以学生为中心的个性化教学,但网络环境、学习工具、通讯方式的差异也给教学活动的组织和实施带来的复杂性和不确定性。因此,物理实验中心在教学方案设计时,以符合物理实验教学大纲的教学目标为前提,采用灵活多样的学习内容与方式,教学内容涵盖力学、光学、电磁学以及近代物理实验内容。物理实验在线教学方案如图1所示。



图1 物理实验线上教学方案

课程在给学生提供丰富的线上教学内容同时,为有效培养学生的创新精神和团队协作意识,激发学生对物理实验教学的学习兴趣和学习潜能,倡导学生开展居家实验探究教学活动。以生活中的物理实验研究为主题,举办创新物理实验设计竞赛,并通过网络平台进行竞赛设计项目征集和展示交流。

## 2. 竞赛活动设计

在物理实验课程中融入竞赛活动,为学生提供了自主探究、锻炼和提高的机会,无论在课本知识的掌握上,研究能力的提高上还是创新能力的培养上都有一定的优势。同时,课程竞赛所营造的积极向上、不断探究的创新氛围,也在潜移默化中带动基础较弱同学的进步和成长。每一次参赛成果成为教学案例积累下来,不仅可供所以学生学习,还可作为实验教学中的生动案例,在课程教学和竞赛培训中长期发挥积极作用,实现以赛促教。学生从选题调研开始,自主进行资料搜集、实验方案设计、理论计算与模拟、仪器设计与制作、数据处理与误差分析、科学评价以及在线撰写报告。竞赛活动促进学生们主动学习和积极思考,加深对大学物理基础理论的理解和运用,强化物理基础理论与实践的结合,培养学生的综合实验能力、实践能力和创新精神。

竞赛面向物理实验课程的全体同学开设,以小组形式组织,鼓励跨专业组队,每组



人数不超过三人。任课教师把握整个赛事的流程，包括赛事的发布、参赛资格的审核、项目的评审以及结果的公布。参赛学生在线编辑并提交完整的实验内容与过程，具体包括实验简述、实验视频、实验装置、实验方案、实验数据与图表、实验误差分析、实验结论以及参考文献。在竞赛作品编辑的过程中，平台支持同组成员协同编辑，师生间通过微信群进行在线指导与交流。在竞赛作品提交截止后，竞赛评委组按照评分标准进行评分，与此同时所有参赛作品开放共享，接受每一位参赛者的查阅与互评。最终，实验中心综合评委评分以及学生互评成绩，评出一、二、三等奖及鼓励奖，并给予物理实验课程成绩加分鼓励。

### 3. 网络平台设计

根据竞教结合教学活动的特点和要求，我们设计了基于互联网应用的竞赛活动平台。充分提高学生的参与创新研究的热情和学习兴趣，并通过平台的学习交流加强创新意识的培养，充分发挥实验教学在创新人才培养目标中的重要作用。

系统基于 B/S 架构，集中部署、分布使用，支持身在全国各地的同学同时使用。系统设计遵从 MVC 设计思想，采用分层结构设计，既易于维护，又具有良好的扩展性，如图 2 所示。系统开发采用兼有开放性和稳定性特点的 SpringBoot 和 Vue 框架的开发模式，具有易部署和维护、成本低、数据安全、实时同步等优点。

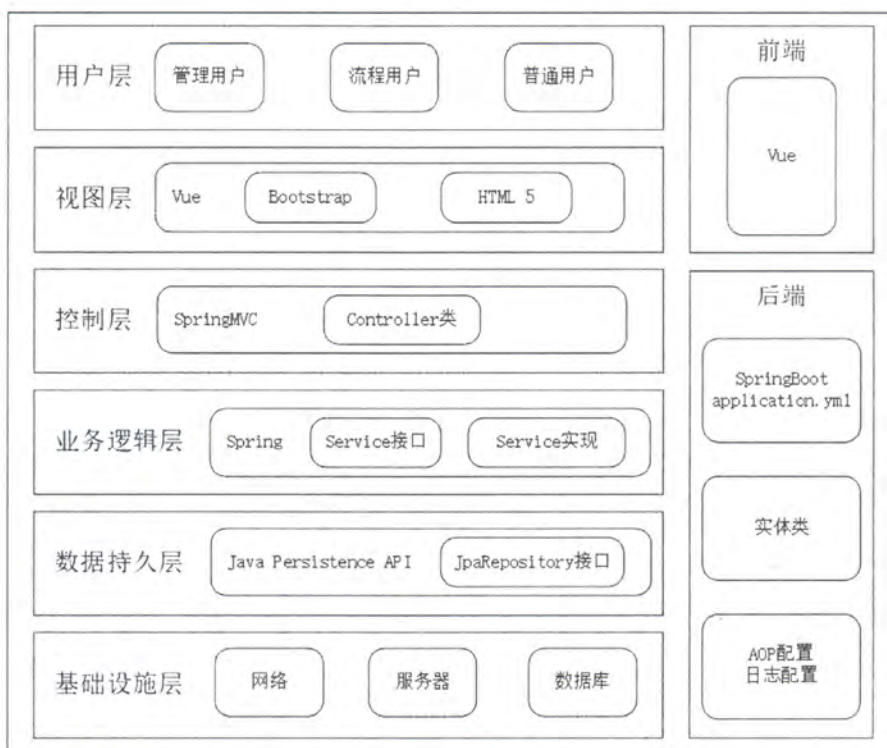


图 2 竞赛平台系统架构图

平台的赛事管理功能如图 3 所示，赛事管理是对整个赛事开展流程的设计与控制，涉及赛事内容的设置、流程的设定，以及参赛结果的发布等。基于在线平台进行赛事相关细节的把控，有利于参赛内容的及时保存与交流共享，满足教学需求。除此之外，平台具有良好的用户界面和良好的用户交互体验，设计中引入 JMEditor 与 Mathquill 组件，能较好地满足学生在线编辑以及录入数学公式等需求。在使用过程中，竞赛平台的各项功能符合竞赛要求，能有效提高参赛及评审的效率，利于扩大竞赛成果共享与交流。

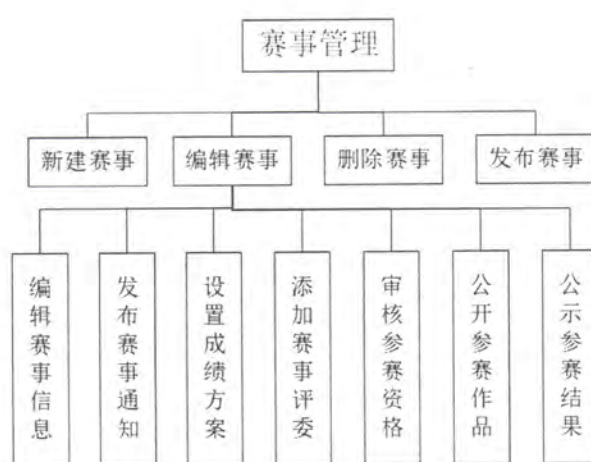


图 3 竞赛平台功能模块图

#### 4. 创新能力调研与分析

竞赛是以培养拔尖创新人才实践为目标，以竞赛的形式综合评价学生创新思维、科学研究、基础理论以及实践能力。如何评价学生的创新能力，分析学生在物理实验课程中的学习效果，也是衡量竞赛实施效果的一个重要的评价。课题通过问卷以及访谈方式，在开展竞赛的学术研究活动中对学生物理实验学习目标达成情况以及研究自我效能感进行调研，并以此构建学生创新能力评价模型，从而获得科学合理的评价结果。

为了分析竞赛活动的实践效果，本研究将学生的创新能力作为分析学生在物理实验课程中的学习效果指标之一，同时也是衡量竞赛实施效果的一个重要的评价要素。研究基于学生赛题研究过程，采用 RSES 研究自我效能感量表以及 E-CLASS 物理实验量表，以定题、实施和结果表达三个环节为主干，以物理实验实践能力以及研究能力核心素养为基础，对学生的创新能力进行评价，对物理实验中实施竞教结合的教学效果进行考察。



除了量表数据外，还对同学们的课题来源、作品反思以及活动收获进行了较深入的调查。总结前期的调查反馈，可以发现以下几个主要观点：首先，将竞赛活动融于课堂教学中，为学有余力的学生自主进行课内知识的拓展和迁移提供了机会。其次，自主参与课程内的实验竞赛，是主动学习的过程。在主动学习的过程中，学生不再被动接受信息，而会在讨论、写作和活动中积极使用课程信息。自主的实验设计从兴趣出发，潜移默化地培养学生不屈不挠、精益求精的工匠精神。另外，基于生活主题的物理竞赛能够促使学生主动发现并思考生活中的物理现象，赋予物理实验以应用情境，逐渐消除与抽象理论的距离感。除了在物理实验研究能力上的提高，学生的创新素质也得到了锻炼，譬如团队合作以及解决问题的技巧等。

竞教结合的物理实验教学模式使教学从“教师主体”向“学生主体，教师主导”方向转变，让学生真正参与到实验室真实的科学过程中，学会解决随时可能出现的各种问题以及处理分析各种数据，并且在实验项目不断地迭代设计中，提高实验技能、科研实践能力与创新能力。

### 三、 预期教学目标

1. “互联网+”教育背景下，竞教结合的混合式教学模式基于学生知识结构构建过程、创新实践能力提高过程以及自主学习路径进行设计，既强调实验思想的透彻理解和实验原理的自主创新，更注重实验技能训练、实验技术开发和实验方案的设计与构思，有效地提高学生的自主学习和创新实践能力。

2. 课题采用前后端分离技术开发的竞赛网络平台，为开展线上竞赛活动提供了技术保障，有利于扩大竞赛成果交流的覆盖面。在线协同编辑、学生互评等功能设计，为竞赛活动的协同创新提供了技术途径。

3. 课题基于学生竞教结合的教学研究过程，以概念化、早期任务、实验过程和结果表达四个环节为主干，以物理实验实践能力以及研究能力核心素养为基础，对学生的创新能力进行评价。有利于考察物理实验中实施竞教结合的教学效果，促进高层次人才培养。

## 预期成果（教材、教案、论文、课件等）

课题在大规模在线教学背景下，基于大学物理实验教学特点，以学科竞赛为牵引，探索建立探究性、研究性物理创新实验交流平台，结合物理实验教学内容，为学生提供综合性、设计性、创造性比较强的线上实践教学环境。预期成果包括：

1. 设计并开发基于互联网应用的物理实验竞赛交流平台，功能涵盖竞赛申请、在线协同编辑、通讯评审、交流共享。同时依托线上平台实验教学内容进行重新组织，有机结合竞赛项目与课堂内容，强化教师和学生线上创新实验教学互动。

2. 探索竞教结合教学模式在提升学生知识视野、创新意识、创新思维、创新技能和创新素质等要素相互作用而形成的综合能力的评价机制，在国内外有影响的期刊发表研究论文2~3篇。

3. 承办第三届“卓越杯”大学生物理实验竞赛。以学科竞赛为牵引，强化实践育人环节，开展物理实验学术与教学交流的平台。以赛促教，培养学生的协作精神、创新意识和实践能力，推动各校大学物理课程教学改革进程。

	学校拟配套金额	30000.00
学校 推荐 意见	同意	
	学校或教学主管部门（公章） 2020年9月18日 本科生院	

<p>全国高等学校 实验物理教学 研究会 意见</p>	<p>理事长签字 年 月 日</p>
<p>物理学 类专业 教学指 导委员 会 意见</p>	<p>教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会 中山大学（代章） 年 月 日</p>