

基于信息化的多层次、多模式基础物理课程群的建设与实践

成果总结报告

一、研究背景

信息技术的迅速发展及普及，推动了社会的进步，也促进了“互联网+教育”的迅速发展。习近平总书记高度重视教育信息化工作，多次强调要抢抓机遇、超前布局。2011年7月，教育部、财政部决定在“十二五”期间实施新一轮“高等学校本科教学质量与教学改革工程”。2011年10月教育部决定开展国家精品开放课程建设工作。2012年被称作“慕课元年”，慕课(MOOC)已经成为当今国际高等教育发展的新趋势、新动向。

以大学物理课程为代表的基础物理课程是高等学校各专业学生一门重要的通识性必修基础课。课程在为学生系统地打好必要的物理基础，培养学生树立科学的世界观，增强学生分析问题和解决问题的能力，培养学生的探索精神和创新意识等方面，具有其他课程不能替代的重要作用。但是，近年来由于种种原因，基础物理课程存在教学模式比较单一、整体信息化程度较低和共享程度不高等问题。2011年以来，教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会组织多次大规模调查发现：普遍存在不同专业不同层次学生基础差别大、对课程的要求差异大的问题；很多省属院校、偏远地区学校的优质教学资源严重不足。

不断提高质量，是高等教育的生命线。如何利用信息化手段系统改造优化基础物理课程体系，进一步促进教学质量提高和教育公平成为值得思考和研究的问题，也成为了我们团队努力的方向。

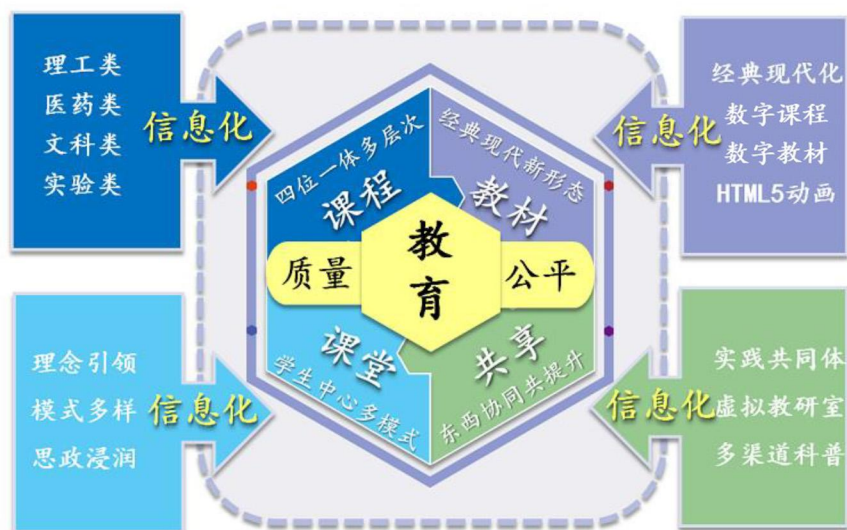


图1 基于信息化的多层次多模式基础物理课程群的建设思路

本成果针对非物理专业的基础物理课程（涵盖大学物理及实验、医学物理及实验、文科物理、科普通识课程等）开展系统研究建设。在教育部、科技部等相关项目的支持下，成果团队十余年来致力于利用信息技术构建以课程群和教材群为核心的多层次信息化基础物理课程资源体系，提出全方位立体化自主学习模式，形成“重基础、显个性、强素质、育贤人”的特色教学理念，以信息化构筑多模式课堂教学，开展共建共享与中西部协同发展相结合的教学实践和示范推广，整体提高了基础物理教育的适用面，提升了教学现代化水平，有助于提高新时代创新型人才培养质量和促进教育公平。

表1 成果主要依托教学研究项目列表

序号	完成时间	项目名称	立项单位
1	2021.10	多层次多模式的高校创新方法人才培育体系建设与示范	科技部
2	2020.10	基于MOOC和SPOC的大学物理课程翻转课堂教学模式研究	教育部
3	2021.10	卫星遥感金融课程及创新教育平台建设	教育部
4	2022.09	现代教育信息技术的应用与大学物理线上线下混合式教学的研究与实践	中国高等教育学会
5	2011.12	基础物理教学中应用多媒体技术和互联网的探索与实践	教育部
6	2020.09	信息化背景下大学物理系列课程的教学模式创新与实践	山东省教育厅
7	2015.12	大学物理教学中开展创新素质培养的研究	山东省教育厅
8	2017.10	大学物理在线开放课程的建设和教学模式的研究	教育部大学物理教指委
9	2012.10	物理基础课程在培养医学人才中的地位和作用的研究	教育部大学物理教指委
10	2021.12	“拔尖计划2.0”实施下泰山学堂非物理取向大学物理课程小班化教学探索与研究	教育部大学物理教指委
11	2021.12	新时代和“四新”背景下高等学校医药类专业大学物理课程体系的构建	教育部大学物理教指委
12	2016-2020	物理学、大学物理、医学物理学等6门国家级课程	教育部

二、研究成果主要内容

(一) 利用信息技术重构课程资源体系，构建四位一体的基础物理在线开放课程群，研制出版新形态教材群，满足理工医文各专业多层次多样化的需求，提升了课程资源信息化程度和应用面。

1、四位一体的基础物理在线开放课程群的构建

以首批国家精品资源共享课、国家精品在线开放课、国家一流本科课程等 6 门国家级课程和 6 门省级一流课程为核心，构建了“理工科大学物理-医科物理-文科物理-物理实验”四位一体的在线开放课程群，覆盖了理工医文多个专业，汇聚形成“国家精品资源共享课-国家精品在线开放课程-国家和省级一流课程”一体化基础物理优质在线资源体系。可以通过优化组合、补充和延伸课堂教学，满足不同层次不同学时要求的基础物理教学需求，覆盖面广、受益面大。开设慕课、SPOC 等三百余期，累计近百万人次选课学习，大学物理和医学物理学入选学习强国慕课，10 门课程入选国家智慧教育平台。

物理学资源共享课 2013 年在爱课程上线，2016 年被教育部确认为第一批“国家级精品资源共享课”。大学物理慕课分为力学和热学、电磁学和光学、相对论和量子物理三门，于 2014 年在爱课程中国大学 MOOC 平台和学堂在线开课，课程集合了微课讲授、教学录像、网上学习与训练体系、线上答疑与讨论等，形成了一套完整而立体化的教学体系，有充足的资源保证学习者自主在线学习，便于开展翻转课堂、SPOC、混合式教学等新型教学模式。2017 年被评为首批国家精品在线开放课程，2019 年 2 月被学习强国平台采用，2020 年被评为首批国家一流线上课程。电磁学利用大学物理慕课资源开展混合式教学，获评首批国家一流线上线下混合式课程；喀什大学电磁

学获评新疆自治区一流本科课程线上线下混合式课程。

医学物理学MOOC在2017年在智慧树和中国大学慕课网站同时上线开课，团队利用MOOC改造课堂教学，同时开展翻转课堂等混合式教学试点，2020年被评为首批国家级一流线上线下混合式课程，2022年3月入选学习强国平台。医学物理实验在2020年在爱课程中国大学MOOC平台开课，学生线上学习实验原理、熟悉实验仪器设备及使用方法，线下进行深入讨论，极大的提高了线下实验课的效率，深受使用者好评。

物理与文化在2018年在爱课程中国大学MOOC平台开课，2020年同时在学堂在线平台开课。兰州大学文科物理在2019年中国大学MOOC平台开课。这二门课程主要针对文科类学生开设，旨在科学文化的视野下，以物理知识为载体介绍物理学的历史和蕴含其中的深刻思想内涵，探究物理学与人类生活、科技发展和文化艺术的相互关系，着重提高学习者的科学素养和创新思维能力。文科物理基础获评首批国家一流线上线下混合式课程和省级一流课程。

普通物理实验MOOC在2020年在智慧树上线开课，主要结合本校实验课程开展探究式研讨式学习试点。济南大学大学物理实验慕课2019年在智慧树上线开课，构建了学生自选实验、主动学习、师生研讨、混合教学的“在线课程+实验超市”新模式，引起国内同行关注，获评首批山东省一流线上课程。串列式静电加速器原理及背散射应用和山东师范大学飞秒激光微加工二门虚拟仿真实验课程在国家虚拟仿真实验教学平台开放，能够满足苛刻条件下的实验学习训练，并且能够和团队最新科研成果相得益彰，可以通过“体验式和探究式相结合”的方法开展虚拟仿真实验教学，均被评为山东省一流虚拟仿真实验课程。

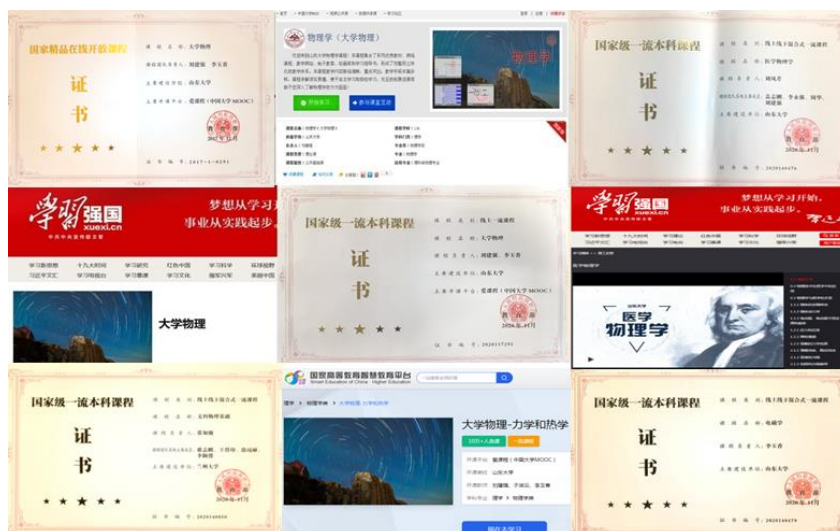


图2 系列国家级课程

2、研制出版新形态教材群

刘克哲等《物理学》属于国内经典基础物理教材，是面向 21 世纪课程教材和“十二五”国家级规划教材，是国家精品课程、国家精品资源共享课、国家精品在线开放课程和国家一流课程的主讲和主要参考教材。教材 1987 年首版，至今累计印刷 67 次 130 余万册。《物理学第五版》和《简明物理学第二版》首次引入适合移动端学习的 HTML5 动画演示物理教学内容，满足信息时代移动学习需求。“纸质教材+数字资源”适合各类高校和多种学习环境使用，更好地服务网上学习、翻转课堂、SPOC 以及混合式教学等新型教学模式。

武宏主编《医用物理学（第 5 版）》是普通高等教育“十一五”国家规划教材，嵌入二维码“想一想”增加了数字化元素，也有助于拓展知识应用和提高学习兴趣；刘克哲等《物理学第五版》和武宏《医用物理学（第 5 版）》被评为山东省普通高等教育一流教材，其中《物理学第五版》被推荐参加首届国家一流教材评选；《物理学（药学）》第 6、7 版由人民卫生出版社出版，属于“十二五”国家级规划教材和卫生部、卫健委规划教材。

徐建强等主编《大学物理实验（第三版）》新形态教材，属于国家级物理实验教学示范中心系列教材和科学出版社十三五规划教材，强调实验理论、方法和技能综合应用，注意学生实际能力的培养，附有二维码链接HTML5动画和实验操作演示视频；张海鷗等主编《大学物理实验》，以实验方法为主线，并借助“互联网”实现教材的立体化。张加驰主编的文科物理类教材《通识物理》获评“甘肃省优秀科普作品奖”，《漫话物理》获推“全国优秀科普作品奖”。

建设了7本数字化教材。包括物理学数字课程、大学物理-力学和热学数字课程、大学物理-相对论和量子物理数字课程、物理与文化数字课程、医学物理学数字课程、医用物理学（第5版）（数字教材）和医学物理学（电子书包）等系列数字化教材，有效适应了互联网时代的学习需求。

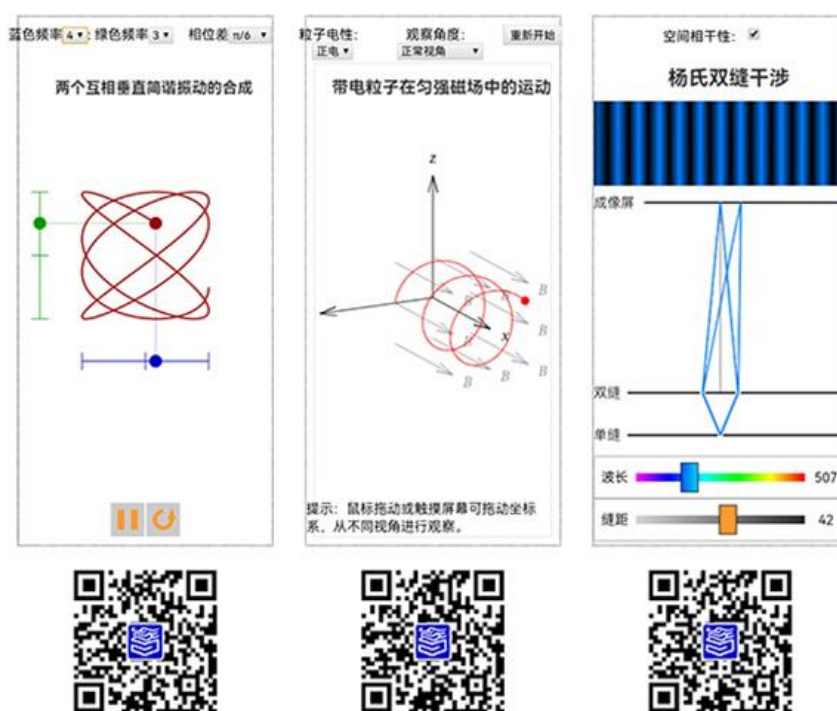


图3 HTML5动画举例

总计出版34部教材，研制开发200余个HTML5物理动画，形成具有山东大学特色的基础物理新形态教材群。教材内容与时俱进，注意体现科

学性、时代性和应用性，体现立德树人。系列教材已被山东大学、兰州大学、电子科技大学、西北大学、郑州大学、云南大学、南京信息工程大学、中国医科大学等 100 多所院校选用，遍布多个专业，满足信息化时代不同层次不同要求的教材需求。

（二）以学生为中心探索出“重基础、显个性、强素质、育贤人”的教学理念，提出全方位立体化自主学习模式，形成以创新能力培养为核心、注重思政浸润的多模式信息化基础物理教学体系。

1、探索出“重基础、显个性、强素质、育贤人”的教学理念，提出全方位立体化自主学习模式，总结形成多种新型教学模式。

教学中一贯注重物理基础、凸显个性化学习、加强科学素质培养和坚持立德树人，形成“重基础、显个性、强素质、育贤人”的教学理念。利用多种信息化手段开展以主动学习为导向的教学模式改革与实践，应用信息技术改造课堂教学，建立线上线下混合式、翻转式、同伴式、基于目标导向式等多种教学模式，通过“讨论+报告+演示实验”让课堂活起来、让学生动起来，激发学习兴趣，在加强基础理论课教学的同时，融讨论探究于课堂教学中，注重培养学生的自主创新能力。注重发掘课程思政元素，提倡“人人讲思政、课课有思政”。联系物理学科在推动社会进步和科技发展中的作用，结合专业特色，深入发掘课程思政元素，注重思政浸润。成立“物理科学体验中心”、山东天文学会等，开设“物理学术实验”课程、创建实验超市和系列通识核心课程，建设开放空间演示实验室和虚拟实验教学体系，提供灵活多样的有效学习模式，满足全天候立体化学习需求。



图4 多模式课堂展示

2、人才培养效果突出

丰富的信息化资源体系和灵活多样的教学模式增加了课堂吸引力，学生自主学习能力和创新能力全面增强。完成单位本科毕业生深造率整体逐年升高，涌现出全国大学生“小平科技创新团队”、高校共青团活力团支部等先进集体。2011年以来学生在各项赛事累计获奖一万余项，发表多篇高水平科研文章。成果有力支撑了山东大学和兰州大学 2 个物理学基础学科拔尖学生培养计划 2.0 基地，物理国家级实验教学示范中心（山东大学、兰州大学）和国家级物理虚拟仿真实验教学中心（山东师范大学）3 个国家级实验教学中心，山东大学物理学和空间科学与技术、山东师范大学物理学和电子信息工程、兰州大学物理学和济南大学物理学 6 个国家一流专业。

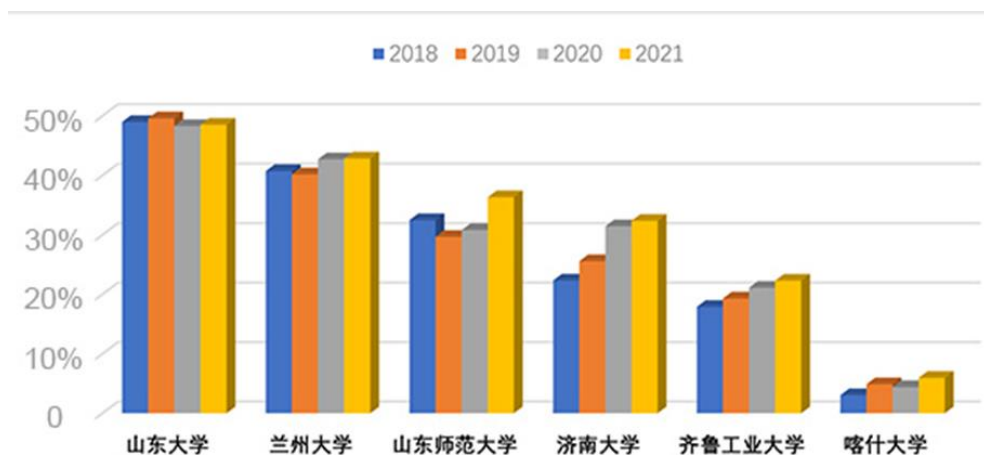


图5 完成单位本科毕业生深造率

山东大学在 2021 年第六轮高校大学生竞赛榜单中位列全国第 8，综合院校第 3。近年来国家级科技人才毕业于山东大学的比例处于国内前列。山东大学 2010 级本科生鄢仁鸿，在西湖大学博士后期间，2020 年初以第一作者身份发表《Science》封面文章，入选《麻省理工科技评论》“35 岁以下 35 人”中国榜单，曾经受教于该课程；山东大学 2012 级本科生赵一凡，现为 The Pennsylvania State University 博士，2020 年底以第一作者身份发表《Nature》文章。喀什大学在中国大学生物理学术竞赛（CUPT）和全国大学生物理实验竞赛中取得突破性成绩，获奖同学王慧娟表示“大学物理翻转课堂极大地锻炼和提高了我的思辨能力”。



图6 优秀学生代表鄢仁鸿（左）、赵一凡（右）

（三）利用信息技术创建有效的实践推广应用体系，积极开展共建共享，大力推广示范应用，推进教育公平。

1、立足“建以致用、用以促建”，开展共建共享与中西部协同发展相结合的示范推广，改善了优质教育资源的共享程度，应用辐射效果明显。

团队广泛宣传和交流基础物理课程建设和教学模式改革经验，率先完善了优质教学资源，实现了山东大学三地八校区优质资源共建共享与协同

利用。联合喀什大学、兰州大学、山东师范大学、济南大学和齐鲁工业大学共同制定相关培养方案，统一规划课程体系和重构知识体系，在山东、新疆和甘肃系统开展优质教学资源共建共享和信息化教学模式改革。

喀什大学实施资源共享和慕课化教学模式改革，2018年首次利用山东大学慕课开设大学物理翻转课堂，真正实现慕课西行。喀什大学电磁学获评自治区一流课程，郭亮获评教学名师，物理学入选自治区一流专业，学生在相关学科竞赛中取得突破性成绩。新疆昌吉学院物理学、材料物理入选自治区一流专业，在全国大学生物理实验竞赛获三等奖2项，优秀奖7项。河南大学大学物理、普通物理实验获评省一流课程。河南科技大学《大学物理》被评为省一流课程、省精品在线开放课程和省首批本科高校课程思政样板课程。山西长治学院物理系李玉洁同学荣获第十二届物理师范生教学技能大赛二等奖。湖北长江大学在第十三届“格致杯”全国物理师范生教学技能大赛荣获一等奖2项，二等奖4项。



图7 喀什大学部分学生获奖证书

福建师范大学利用山东大学线上资源进行教学改革，大学物理获评省一流课程，主讲教师叶晴莹获评省高校青年教学名师、五一巾帼标兵、金牌工人。聊城大学光学课程获评国家级一流课程和山东省课程思政示范课程，《光学》获评“十二五”国家级规划教材和山东省优秀教材。青岛大

学“基于光学方法的宽谱太赫兹波产生和应用”虚拟仿真实验获评山东省一流本科课程。青岛农业大学大学物理课程获评山东省一流线下课程。辐射带动新疆医科大学、贵州民族大学、宁夏医科大学、包头师范学院、牡丹江医学院、北华大学、海军航空大学、滨州学院等 33 所省内外高校，天津大学等 10 余所高校来访问交流。



图8 成果应用单位

进一步，山东大学组织联合曲阜师范大学、济宁学院、滨州医学院、济南大学、山东师范大学、青岛农业大学六所省内高校和福建师范大学，东北地区哈尔滨工业大学和大连理工大学、西北地区西安交通大学和喀什大学、中南地区华中科技大学和郑州大学、华北地区首都医科大学、西南地区西藏大学以及邀请高等教育出版社参与共同构建了**基础物理信息化教学应用实践共同体**，重点开展“互联网+”条件下基础物理信息化教学模式改革与创

新，主要探索以实践共同体的组织形式协同推进信息化教学应用，推动信息技术与大学物理教育教学深度融合。

山东大学联合新疆喀什大学、石河子大学和昌吉学院、陕西空军军医大学和火箭军工程大学、兰州大学、西藏大学、宁夏医科大学、贵州大学等 12 所中西部高校在内的 24 所学校和高教社共建大学物理虚拟教研室，大力推广优质资源体系和新型教学模式示范应用，实现东西部高校合作与互补、军队院校和地方院校的协同发展，整体实现省内外、东西部、军地院校协同发展，推动优质资源与教学模式的广泛共享与应用，促进教育质量整体提升，推进教育公平。

以汕头大学副校长、国家万人名师陈敏教授为主任的鉴定委员会评价该项目“有效地利用信息化手段提升了中西部基础物理教育的整体水平，意义重大”。相关成果被光明日报、中国教育报、齐鲁壹点、大众网、山东经济广播等多家媒体报道。



图9 部分媒体相关报道

2、团队建设卓有成效

团队成员均为一线教师，常年从事基础物理教学和科研工作，多年来致力于利用信息化技术改造优化基础物理课程体系，形成一支教学水平高、结构合理、富有创新精神的师资队伍。团队有 1 名教育部教指委委员、1 名宝钢优秀教师、1 名高等学校创新创业教育教学名师、2 名国家杰青、3 名中国大学 MOOC 优秀教师和学堂在线 MOOC 教学先锋、4 名全国物理竞赛优秀指导教师，被评为山东大学黄大年式教师团队、优秀基层教学组织和师德教育活动先进集体。

团队承担科技部、教育部、高教学会等各级教学研究项目 90 余项，发表教研论文 80 余篇，获得 50 余次教学奖励，做大会报告 70 余次，并组织了十余次全国教学研讨会。刘建强在“中国大学在线开放课程论坛”、“大学物理课程报告论坛”和高校物理课程教学系列报告会等多次作典型发言，并主持修订出版教学指导性文件《医药类专业大学物理和大学物理实验课程教学基本要求》，提倡在教学过程中要有效利用现代信息技术。



图10 刘建强部分大会报告

三、成果创新点及主要解决的教学问题

(1) 多层次课程资源体系创新。立足信息技术创新基础物理课程资源体系，构建以一流课程为核心、覆盖理工医文多个专业的四位一体在线开放课程群，汇聚成“国家精品资源共享课-国家精品在线开放课程-国家和省级一流课程”一体化优质在线资源体系，满足不同层次不同学时要求的教学需求，覆盖面广、受益面大。首次将 HTML5 动画引入教材，突破了传统动画无法在移动端学习的限制，推动了教材的转型升级，形成具有山东大学特色的基础物理教材群，满足信息时代不同层次不同要求的教材需求，应用广泛、使用量大。在线开放课程群和新形态教材群共同构成比较完备的多层次信息化基础物理课程资源体系。

(2) 多模式教学体系创新。提出适用于信息时代的全方位立体化自主学习模式，基于学生为中心构建在线资源与课堂教学有机结合的教学模式，形成“重基础、显个性、强素质、育贤人”的特色教学理念，注重创新能力提高和思政育人。创新性地应用信息技术改造课堂教学，率先开展翻转课堂教学改革，将讨论探究融入课堂教学，注重培养学生的自主创新能力。注重联系物理学科的最新发展和重要应用，深入发掘思政元素并融入课堂教学。进一步建立线上线下混合式、翻转式、同伴式等多种教学模式，提高课堂内聚力，形成课内外相结合、线上线下相结合、理论和实验实践相结合，注重创新能力培养的多模式立体化基础物理教学体系。

(3) 东西协同的应用创新。针对资源建设与应用发展不平衡不充分的问题及早规划，面向中西部协同发展和共同提升，立足“建以致用、用以促建”，利用信息化技术有效改善了优质教育资源的共享程度，推动了优质资源共建共享。在实现山东大学三地八校区资源共享的基础上，联合西部

高校协同规划培养模式，大力推广优质资源体系和新型教学模式示范应用，辐射影响多所中西部高校，推动并实现了慕课西行。构建基础物理信息化教学应用实践共同体和大学物理虚拟教研室等推广应用体系，促进教育质量整体提升，推进教育公平。

主要解决了以下三个问题：

- 1) 基础物理课程资源体系信息化建设不足的问题；
- 2) 教学模式相对比较单一的问题；
- 3) 优质教学资源共享程度不高的问题。