

文章编号:1005-4642(2024)01-0022-06

多学科交叉融合背景下的人体血压和血管弹性实验

陈明东, 黄晓东, 李 潮

(华南理工大学 物理与光电学院, 广东 广州 510641)

摘要: 如何解决目前大学物理实验教学中存在的问题, 提高复合型人才的培养效果, 是多学科交叉融合背景下人才培养需要解决的问题。基于多学科交叉融合的物理实验教学能够激发学生学习物理的兴趣, 培养学生的核心竞争力。本文以人体血压和血管弹性实验为例, 详细地介绍了多学科交叉融合背景下的物理实验教学的教学设计、教学组织、考核方式、评价方法等。

关键词: 多学科交叉融合; 特朗普制; 核心竞争力; 血压; 血管弹性

中图分类号: G642.423; O351.2

文献标识码: B

DOI: 10.19655/j.cnki.1005-4642.2024.01.003

随着科学技术的快速发展和各类问题的日益复杂化, 跨学科、跨领域的交叉融合逐渐成为创新研究的趋势^[1-2]。事实证明, 学科前沿的重大突破和重大创新, 多是多学科交叉、汇聚和融合的结果^[3-4]。因此, 多学科的交叉融合是新时代科学创新的特征。多学科交叉融合的创新研究及多学科交叉技术的应用需要大量基础知识扎实、知识面广以及具有多学科交叉知识和技术的人才^[5-6]。这些人才的培养也必然需要对具体学科课程的教学方式和教学内容进行调整和改革^[7-11]。

大学物理实验能够巩固学生的物理基础, 培养学生发现问题、解决问题以及实验操作的能力。多学科交叉融合的人才培养目标包含大学物理实验的能力目标, 所以大学物理实验课程的教学在多学科交叉融合人才培养中具有重要作用。但是目前大学物理实验课程教学^[12-13], 存在以下问题:

1) 物理实验内容陈旧, 与当前新理论、新技术脱节。

2) 物理实验内容的知识点单一。当前物理实验教材中有关物理学学科内部交叉融合的实验项目较少, 致使部分学生认为后续专业课程对物理实验内容的需求不高。

3) 传统的教学模式不适应多学科交叉融合背景下学生核心竞争力的培养。多学科交叉融合背

景下, 未来人才的核心竞争力包括学习力、思想力、行动力和创新力等。而传统教学的教师讲解实验原理、演示实验操作、学生重复实验的模式过于机械化, 降低了学生的学习积极性, 不利于培养学生的核心竞争力。

因此, 如何解决目前大学物理实验教学中存在的问题, 如何有效培养学生的核心竞争力, 成为了大学物理实验教学工作者努力研究的问题, 也是新时代下人才培养的探索内容。本文通过多学科交叉融合物理实验项目的教学实践, 探索了解决以上问题的方法。

1 多学科交叉融合背景下的物理实验研究

目前, 多学科交叉融合课题的研究主要涉及硕士研究生或博士研究生的培养, 而对本科生的培养研究较少。例如, 在本科生培养中, 课程如何融合其他学科知识或技术的教学研究, 基于多学科交叉融合的物理实验项目等都较少。课程融合其他学科内容后如何加强和提高学生核心能力的培养, 其中, 学科交叉融合物理实验项目的建设是解决物理实验内容陈旧、知识点单一的有效途径; 应用多学科交叉融合物理实验教学提升学生核心竞争力是未来技术人才培养的重要手段。但是多学科交叉融合物理实验项目的开发与教学也对教

收稿日期: 2023-03-06; **修改日期:** 2023-06-30

基金项目: 华南理工大学教研教改项目(No. C9213050, No. C9226720, No. 2022ZXKC019, No. C9213090)

作者简介: 陈明东(1975-), 男, 广东兴宁人, 华南理工大学物理与光电学院高级实验师, 博士, 从事吸波材料和大学物理实验教学研究。E-mail: mdchen@scut.edu.cn

师和学生提出了更高的要求。

教师方面,绝大部分物理实验教师在物理专业上有扎实的基础,但多学科交叉融合实验项目开发与研究需要其他领域的专业知识,这就要求教师不断学习以及钻研多学科交叉课题,并向学科相近的教师交流、学习和合作。教师在多学科交叉知识学习及相关课题研究的基础上,设计和开发多学科知识或技术融合的物理实验项目,其内容包括:

1)建立适合本科生培养的多学科交叉融合的实验项目,该实验项目既要满足新理论、新技术发展的需要,也要适应本科生的能力;

2)多学科交叉融合的实验项目需要多个学科的知识基础,而且多学科理论知识互相渗透,增加了教学组织、实施过程的难度。

因此,教师应深入研究多学科交叉融合的实验项目教学应该如何开展、如何组织才能达到有效培养学生的学习力、思想力、行动力、创新力等核心能力。

学生方面,多学科交叉融合实验的教学主要受低年级本科生基础知识薄弱的影响。虽然,目前本科教育的课程设置较为全面,但是不同专业的低年级学生还是以专业基础课为主,学生的知识面不够宽广。学科交叉融合物理的实验训练需要学生补充学习其他领域的知识基础。因此,要求学生有更强的独立思考能力和自学能力,以及更强的科学钻研精神。

2 多学科交叉融合的物理实验教学探索

多学科交叉融合是创新思维的源泉,大学物理实验是各种能力培养的重要途径。基于物理实验素养和创新人才培养的内在要求,在演示实验和物理实验课堂中尝试了基于多学科交叉融合的教学探索。例如,在演示实验教学中,尝试了物理学和机械自动化融合的“陀螺仪原理及应用”“汽车方向盘主销后倾的物理原理及其应用”演示实验教学;在物理实验教学中,研究了物理学与化学融合的“核磁共振”的实验教学,探索了物理学与自动化技术相融合的“电流隔离传送、监控与检测”的实验教学,以及物理学、光电技术和医学等学科交叉融合的“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”的实验教学。其中“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”的实验融合了较多的学科知识,

该实验项目既可以培养学生的基本实验能力和多学科交叉融合的知识应用能力,也可以培养学生的健康意识。因此,本文以“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”为例探讨了多学科交叉融合的物理实验教学方法。

2.1 脉搏波的形成及血压

血液循环系统是人类重要的生命系统,它包括动力和管路 2 部分,其动力部分是心脏,管路部分是具有弹性的血管。具有黏稠性的血液在循环系统中的流动非常复杂,为了研究方便,通常情况下,建立如图 1 所示模型研究人体的血液循环,该循环包括体循环和肺循环。在体循环中,当心脏收缩时,左心室向主动脉输送血液,由于弹性贮器血管及外周阻的作用,动脉管随之扩张,此时血液对血管单位面积产生的侧压力最大,该值称为收缩压;当心脏舒张时,动脉管壁弹性回缩,此时血液对血管单位面积产生的侧压力最小,该值称为舒张压。随着心脏的收缩和舒张,动脉内的压力及其容积发生周期性变化而使动脉管壁发生周期性振动,称为动脉脉动或脉搏,这种振动沿血管和血流传播就形成脉搏波。研究表明脉搏波的传播速度取决于动脉管腔的弹性、管壁厚度、管腔的大小、血液的密度和黏性等参数^[14]。

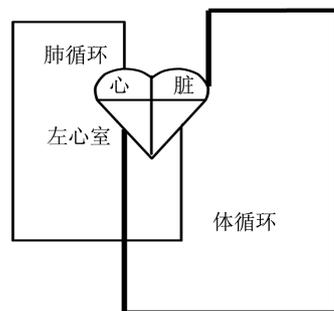


图 1 血液循环模型

因为动脉管壁比较薄而且有弹性,所以体表的浅表层动脉脉搏,如桡动脉、肱动脉等较容易触及。因此,通常可以压力传感器测量桡动脉处的脉搏信号。另外,沿血管传播的脉搏波会引起血管的容积变化,因此也可以用光电容积传感器检测脉搏波信号。图 2 为光电容积传感器检测到手指端的脉搏波信号,在该信号中包含了心脏射血活动和脉搏波沿血管树传播途中携带的各种信息^[14]。脉搏信号中的曲线和拐点都有重要的意义,如升支和降支分别反映心动周期中左心室向

主动脉射血和射血后期血管容积和血压变化情况;在降支还存在 2 个小波峰,分别称为重搏波前波和重搏波,分别是心脏舒张期前后,外周返流的血液导致主动脉容积变化或压力变化而形成的.

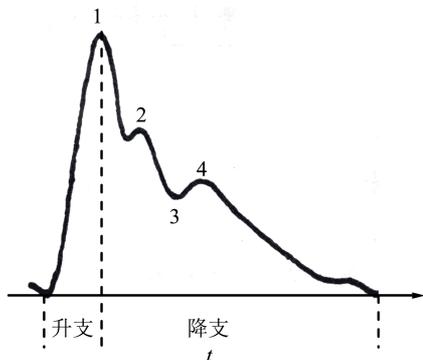


图 2 脉搏波信号

2.2 教学设计思路

“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”实验包含心脏脉动规律、血液流动规律与黏性流体、血压与流体的压强、血管容积变化与光电容积传感器原理、血管的结构与弹性模量、脉搏波传递时间

与流体压强传播时间等知识点.不同学科的知识内容相互渗透与融合构成实验研究的桥梁,也是本实验的基本原理.因此,该实验项目的设计以人体血压测量和血管弹性为研究对象,以脉动黏性流体在弹性管道中的流动规律为切入点,以光电容积传感器、压电传感器和数字示波器为测量工具进行实验研究.

根据实验教学中的知识点或内容和多学科知识交叉应用能力的培养目标,拟定了如表 1 所示的教学设计思想,将实验训练的教学目标分为知识、能力、情感 3 个维度,课堂实验教学时间为 4 学时.

1) 知识目标:了解生命学科中心脏脉动规律和血流的基本规律,掌握光电容积传感器、压电传感器的基本原理和心脏脉动信号的光电测量方法,以及波动信号参量的分析方法.在获取这些基本知识的基础上培养学生的学习和思想力.通过课前预习和教师指导获取必要的基础知识,培养学生的学习和思想力,同时思考如何完成融合创新实验项目的实验目标,例如探索测量流体(血液)在血管(弹性管道)中压力传播速度的方法.

表 1 利用脉搏波研究人体血压和血管弹性实验的教学设计思路(4 学时)

教学目标	教学或训练内容	教学或培养方法	获得能力	
知识目标	1)了解心脏脉动及血液流动的基本规律;	课前预习、 自学辅导法	学习力、思想力	
	2)掌握光电容积传感器、压力脉搏波传感器的基本原理;			
	3)脉搏波传递时间的测量原理,弹性管道中流体压力传播速度;			
	4)体表(手臂)脉搏位置的寻找,血管弹性指标的评估指标.			
能力目标	实验设计	1)设计测量脉搏波传播速度的方案;	指导法、讨论法	思想力
	实验操作	2)光电容积传感器、脉搏压力传感器的使用及测量;	实验法	实验技能、团队协作能力、行动力
		3)人体电子血压计的使用及测量;		
		4)数字示波器的使用及波形参量测量;		
实验分析与总结	5)脉搏波形参量与血压关系的探讨; 6)血管弹性指标、健康与脉搏波形参量关系的研究; 7)实验报告撰写.	讨论法、研究法、 分析、归纳法	创新力、 分析总结能力	
情感目标	1)关注健康; 2)学以致用.	内省法(自我提升法)	习惯形成和价值观	

2)能力目标:培养学生的实验操作能力、行动力、创新力和团队协作能力等.基本的实验操作能力包括能够熟练使用数字示波器,并能利用示波器测量非电信号物理量,在对心脏脉动信号分析的基础上,深入探究脉动信号波形参量与人体血压间的关系,并在查阅资料和信号分析的基础上,研究信号波形参量与人体身体健康的关系,例如血管弹性指标与脉搏波的关系等.

3)情感目标:培养学生注重身体健康的意识,养成经常锻炼的良好习惯,提高学生将所学知识融入生活、改善生活的创新意识.

2.3 教学组织与实践

融合多学科知识的物理实验项目特点包括:

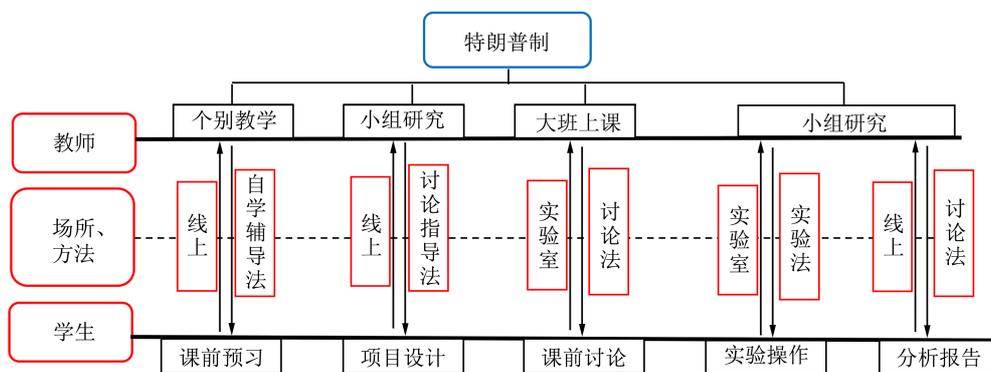


图 3 教学活动组织形式示意图

教学活动过程具体为:

1)教师主线主要包括课前准备、学生预习时的个别教学、实验前项目设计小组的研究指导、实验课堂的大班上课组织,以及组织学生实验操作时的小组讨论和报告处理时的小组研究等.课前准备时,教师根据“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”的实验内容将实验分为脉搏波速率的测量和人体血压测量 2 个任务,并提供有关脉搏、血液循环、脉搏压力传感器、光电容积传感器的基本原理,以及示波器等使用操作的相关资料.另外,将参与训练的学生按 3 人 1 个小组组队.经过课前准备后,教师将实验任务和相关资料分发给学生进行课前预习.学生在自学、预习过程中遇到问题可以向教师提问,教师给予解答和指导;完成课前预习后,教师组织各小组进行相应实验内容的项目设计,并对脉搏波速率测量和血压测量设计方案的合理性、可行性或实验过程中可能出现

实验难度高于普通实验项目,教学目标趋向多维化,对不同水平层次学生可以有不同的教学要求.基于融合多学科知识的物理实验项目的特点、教学设计的目标和物理实验教学的方式,对多学科融合物理实验教学采用特朗普制进行教学实践活动,即采用大班上课、小组研究和个别教学 3 种教学形式结合的教学实践模式.

图 3 所示为“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”实验教学实践的组织形式,即教学实践活动分为教学的教师主体和学习的学生主体 2 条主线,教师主体主导整个教学过程,学生主体在教师的指导下按照实验教学的不同阶段完成不同的任务.

的问题提出建议;在实验课堂上,教师列出各小组的实验设计方案,组织实验组的全体学生进行讨论,特别是让不同小组的成员相互讨论对方方案的合理性、不足之处;完成教学活动中,学生进入实验操作环节和实验分析与处理环节,教师引导学生进行各小组的实验研究.

2)学生主线主要包括课前预习、项目设计、课前讨论、实验操作、实验数据与处理、报告撰写等.课前预习时,学生在教师的指导下自行阅读教师提供的资料或查找光电容积传感器、脉搏压力传感器原理及相关资料,获取相关的基础知识.学生掌握必需的基础知识后,在教师的指导下,各小组成员相互讨论后完成利用脉搏波速率测量和人体血压测量的实验项目设计.实验操作前,在教师的组织下,各小组以交叉审核形式互审和讨论其他小组的实验项目设计的优缺点,以及讨论各种实验设计在具体操作中应该避免的关键问题.

然后,小组成员根据实验项目设计方案,按照实验操作规范互助协作,完成实验操作任务,并记录实验数据.实验操作完成后,教师指导学生进行小组研究,完成数据分析和实验报告.

2.4 考核评价

实验项目考核是检验学生是否达到实验训练项目的方式,并对训练后学生的各种能力培养目

标做出客观公正的评价,同时也帮助教师不断地总结经验,进而改进教学方法.多学科交叉融合物理实验项目的考核主要以学生的实验报告和实验现场为依据给出评价分数,但评价内容、指标和要求与普通实验项目略有不同.表2为“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”实验项目的考核评价.

表2 “利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”实验考核评价表

目标达成指标	评价内容	评价部分	占比	达成目标值
基本实验操作技能	1)光电容积传感器、脉搏压力传感器和数字示波器的使用; 2)人体血压的测量.	实验操作	20	正确使用仪器、操作熟练;(25~30分) 基本正确使用仪器、操作较熟练;(18~24分) 能完成基本操作.(10~17分)
学习力	1)掌握光电容积传感器、脉搏压力传感器和脉搏波速测量的基本原理; 2)掌握波形信号各参量的意义和弹性管道中压力波传播的规律.	报告原理撰写	20	完全理解基础知识;(15~20分) 基本理解基础知识;(12~15分) 不理解基础知识.(6~12分)
思想力	1)单脉搏波测量人体血压的实验设计; 2)脉搏波速测量的实验设计.	小组讨论、实验项目设计	20	实验设计可行、可靠;(16~20分) 实验设计基本可行、可靠;(12~15分) 实验设计需做较大修改.(8~12分)
行动力	1)双脉搏波测量人体血压的实验完成情况; 2)脉搏波速测量的实验完成情况; 3)电子血压计测量人体血压实验完成情况.	实验数据	20	数据合理、可靠;(16~20分) 数据基本合理、可靠;(10~15分) 部分数据有问题.(5~10分)
创新力	利用实验数据研究单脉搏波波形参量与人体血压的关系探讨.	实验探索	10	提出合理解决问题的方法、且有新意;(8~10分) 能提出解决问题的方法、但有局限;(5~7分) 不能提出有效解决问题的方法.(0~4分)
团队协作能力	1)实验设计及讨论情况; 2)实验操作的配合情况.	报告中实验设计、实验数据	10	设计合理、可行;(8~10分) 设计基本合理、可行;(5~7分) 设计仍有部分问题.(0~4分)

2.5 教学反思

“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性”实验是面向理工类本科生,以培养学生创新力等核心能力为目标而设计的实验项目.通过学生实验操作、实验报告、参与训练的学生和指导教师的反馈信息来看,实验项目的训练能较有效地培养学生的思想力、行动力和创新力等能力,具体表现

如下:

1)知识目标完成情况体现了学生具有好的学习力.从学生的课前预习、实验设计和课前小组讨论来看:参与训练的学生对心脏脉动及血液流动规律有较好的认识 and 了解,能掌握光电容积传感器和压电传感器测量脉搏波的基本原理.

2)能力目标完成情况体现了学生有较好的思

想力、行动力和创新力。从实验设计、课堂实验操作以及实验报告的数据分析来看:大部分学生能较好地设计出脉搏波传播速度的测量方案,掌握光电容积传感器的使用与测量、数字示波器的使用与波形参量测量,也能较好地分析实验数据并得出初步的规律。

3)实验报告的引言和实验训练后学生的积极表现反映了该教学实践较好地实现了学生情感目标的培养。

另外,指导教师反馈的信息也表明:在个别指导、小组讨论等环节中学生的思维活跃度、参与度和积极性都较高;在课堂实验操作中能较为熟练地操作数字示波器和光电容积传感器,各小组也能合理分工与有效协作。因此,教学实践较好地达到了预期目标。但是,教学实践过程中某些教学环节仍需要改进,主要表现在如下方面:

1)部分小组的实验设计过于粗糙。在实践中,小组讨论是有效解决学习中遇到问题,提高学生分析能力和表达能力的有效教学方式。在教学尝试中,实验设计环节采用小组讨论方式进行,但由于小组成员来自不同专业,课余时间和生活空间的不一致导致实验设计讨论和沟通不足,从而造成实验设计过于粗糙。

2)实验内容过于细化不利于学生开放性思维的培养。明确实验目标和任务是实验教学取得既定效果的关键。由于实验内容多,实验课时不足,因此设计的实验内容比较精细,从而导致学生只能按照既定的要求按部就班地进行思维和实验,虽有利于在规定时间内完成实验任务,但不利于培养学生开放性思维和创新能力。另外,由于实验课时的限制,学生对实验研究也不够深入。

3 结束语

基于目前大学物理实验教学中存在的问题和多学科交叉融合背景下人才培养的能力目标,讨论了在本科物理实验教学中开发和开设多学科融合物理实验项目的影响因素。以“利用脉搏波研究人体血压和血管弹性实验”为例,探索了应用多学科融合的物理实验项目以激发学生学习物理的兴趣,以及未来人才能力培养的教学方法。教学实践结果表明:应用多学科融合的物理实验教学不仅可以提高学生学习的积极性、加强多学科交

叉知识的应用能力,而且还可以培养学生的思想力、创新力、学习力、团队协作能力等未来核心竞争力。

参考文献:

- [1] 张莉,王继扬,张文清,等. 材料交叉前沿与颠覆性创新发展策略[J]. 科学通报,2021,66(23):2915-2919.
- [2] 胡钦太,林晓凡,王姝莉. 智慧教育驱动的教育系统革新[J]. 中国远程教育(综合版),2022(7):13-20.
- [3] 毕瑛洁,白赫,段瑞梦,等. STEM教育在CUPT中的体现及创新能力培养模式初探[J]. 物理实验,2018,38(5):34-36.
- [4] 王强,吴彪,姜莉,等. 新工科背景下多学科交叉融合的交通专业人才培养模式[J]. 物流技术,2021,40(1):12-15.
- [5] 胡尚连,龙治坚,任鹏,等. 多学科交叉融合下实践教学体系的探索与实践[J]. 实验技术与管理,2019,36(6):210-213.
- [6] 张洪杰,幸福堂,施耀斌,等. “新工科”理念下安全科学与工程多学科交叉融合人才培养模式构建[J]. 中国冶金教育,2020(1):55-58.
- [7] 潘书朋,汤金波. 基于学生自主创新实验的“跨学科实践”策略研究[J]. 物理实验,2022,42(7):40-44.
- [8] 宋建,王丽燕,谢兆辉,等. 分子生物学系列实验课程多维融合式教学体系的探索与实践[J]. 生命的化学,2020,40(7):1171-1176.
- [9] 王婷,穆原,鲁佩辰,等. 多学科交叉融合在医学检验技术本科教学中的探索[J]. 医学教育研究与实践,2022,30(2):153-157.
- [10] 卢考燕,付正坤,张正龙. 白酒拉曼光谱实验及其交叉物理人才的培养[J]. 物理实验,2022,42(6):49-53.
- [11] 邱玉婷,崔剑,马鹏举,等. 多学科交叉融合的无人实践教学方案设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(12):175-178.
- [12] 王立英,秦珠,廖怡,等. 新工科下多学科交叉创新性物理实验课程改革[J]. 大学物理,2019,38(9):43-48.
- [13] 马俊刚,赵玉娜,丛红璐,等. 浅析大学物理实验教学存在的问题与对策[J]. 教育教学论坛,2019(37):223-224.
- [14] 王礼立,王晖,丁圆圆,等. 脉搏波本构关系实验研究的探索[J]. 爆炸与冲击,2022,42(12):1-10.

(下转 33 页)

Thinking and summary of experiences of the Chinese Undergraduate Physics Experiment Competition (Innovation)

HE Jiuning, DENG Banglin, TIAN Ronggang, LIU Shuang

(College of Mathematics and Physics, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The self-selected category competition of Chinese Undergraduate Physics Experiment Competition (Innovation) provides students with a valuable opportunity to demonstrate innovative and practical abilities in the field of physics experimentation. Independent design and construction of the experimental setups overcomes the shortcomings of traditional “black box” teaching methods. In the 8th edition competition, the project “Measurement and analysis system for three-dimensional electric and magnetic field distribution” won the first prize for its outstanding performance. Taking this project as an example, this paper summarized the experience of participating in the self-selected category competition, starting from studying the competition regulations, determining the topic perspective, conceptualizing the entry, designing and constructing the apparatus, and highlighting its distinctive features. It provided recommendations for participants in similar competitions on how to efficiently and purposefully complete their entries.

Key words: Undergraduate Physics Experiment Competition (Innovation); teaching reform; visualization

[编辑:郭 伟]

(上接 27 页)

Experimental study on human blood pressure and vascular elasticity under the background of multidisciplinary integration

CHEN Mingdong, HUANG Xiaodong, LI Chao

(School of Physics and Optoelectronics, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: How to solve the current problems in college physics experimental teaching and improve the training effect of compound talents is one of the research issues under the background of multidisciplinary integration. Based on the teaching exploration of multidisciplinary cross integration physics experiment, the methods are studied to stimulate students' interest in learning college physics experiments, and the students' learning, thinking, action, innovation and other core competitiveness can be cultivated. Taking the human blood pressure and vascular elasticity experiment as an example of, the teaching design, teaching organization, assessment methods, evaluation methods of the cross integration physics experiment teaching were introduced in detail.

Key words: multidisciplinary cross integration; Trump style teaching organization; core competitiveness; blood pressure; vascular elasticity

[编辑:郭 伟]