跨学科项目式教学案例探究

——以“设计并制作气动火箭弹”为例

韩 冬
(东北师范大学附属中学,吉林 长春 130021)

摘 要:跨学科实践教学基于真实问题,将多学科知识与技能有机融合,以帮助学生对知识有全面且深入理解.综合性项目学习是实施跨学科教学一种有效的教学方式.以设计并制作一个气动火箭弹,模拟单兵肩扛式火箭筒的火箭弹发射与飞行过程.融合物理、数学、信息学和通用技术学科对跨学科实践教学进行探索,为跨学科实践教学提供教学参考.

关键词:项目式学习;跨学科教学;高中物理;气动火箭弹

跨学科项目式学习需要学生既要对真实问题进行深入探究,又要运用学科知识解决真实问题.在核心素养导向下,跨学科项目式学习不只是一个认知过程,更是一个实践过程,是对学习本质的回归.[1]那么,如何理解跨学科的内涵,如何开展跨学科项目式教学,则是一线教师在实施跨学科项目式教学所面临的巨大困惑与挑战.从实用性角度出发,跨学科项目式教学是以解决问题为目的,整合两门及两门以上学科知识与方法的教学活动.[2]从整体性角度出发,跨学科项目式教学以解决项目问题为主线,贯彻学科核心素养培养方针,突破学科边界,对教学目的、教学内容、教学方式以及教学评价等要素进行整体设计与实施.[3]笔者认为对于物理教学开展的优质的跨学科项目式教学应具备以下 3 个特点:(1) 适切性,即教学项目本身来源于实际,并符合实际的物理规律,能够融入学科核心素养培养理念;(2) 复杂性,即不是单纯地对物理现象的简单解释,而是需要学生通过多个探索学习环节,形成项目报告或作品,这样才能够形成跨学科意识和观念;(3) 问题性,即通过进阶问题设置,将学科大单元教学内容融入其中,既有问题解决过程的不断推进,又有知识与技术的不断融入.笔者设计了“设计并制作气动火箭弹”教学项目,通过实际问题串联学习平抛运动、动量定理、理想气体状态方程等知识,在项目问题解决过程中,融入了信息技术学科模拟仿真方法以及通用技术学科工艺制作与技术实验方法.

1 项目设计

单兵肩抗式火箭筒的起源可以追溯到第二次世界大战时期的德国.当时,坦克对步兵构成了巨大的威胁,而步兵却无法携带笨重的反坦克火炮.为了满足步兵对轻便、高效反坦克武器的需求,单兵肩扛式火箭筒应运而生.即使在现代战争中,这种武器依然发挥着举足轻重的作用.本次跨学科教学项目利用矿泉水瓶、胶塞、白胶板、白卡纸等材料,设计并制作了一个气动火箭弹,用以模拟单兵肩扛式火箭筒的火箭弹发射与飞行过程.项目要求控制气动火箭弹在发射区成功发射,并精准击中预设的目标靶.发射架与标靶的具体位置如图 1 所示.这一教学项目不仅具有高度的趣味性,能够充分激发学生的学习兴趣和积极性,而且还兼具适切性、复杂性和问题性特点.通过这一项目,学生将有机会将两门及两门以上的学科知识与方法进行整合和应用,从而有效提升他们的跨学科实践能力和创新思维.

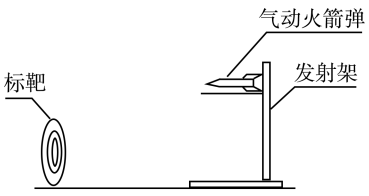

图 1 发射架与标靶位置

气动火箭弹的工作机制在于通过向矿泉水瓶内注入空气,当瓶内气压累积至一定阈值时,

基金项目:本文系吉林省教育科学“十四五”规划 2024 年度一般课题“新课程标准下跨学科主题项目科学教育教学的设计与实施路径研究”(课题编号:GH24784)研究成果.

中国知网 https://www.cnki.net

通过打开瓶口开关,瓶体会因内部气压的推力从发射架疾飞而出,进而在空中自由飞行并最终击中预设的标靶.标靶设计为由中心向外环逐渐扩散的三环圆靶,每个环分别对应 10 分环、5 分环和 3 分环的得分标准.在教学过程中,笔者设计了一系列教学环节,包括明确问题定义、结构化分析、数学推导、创意设计与制作、数据分析与优化、实验验证以及总结与反思.这些环节不仅融合了信息技术学科的模拟仿真方法,还结合了通用技术学科的工艺制作与技术实验手段,旨在为学生提供综合性的跨学科学习体验.通过引导学生解决一系列驱动性问题,帮助学生逐步建立起解决问题的思维框架,进而将多学科知识与技能进行整合串联.这一过程不仅促进了学生对核心知识的理解和应用,还有助于培养他们的跨学科思维能力和创新精神,从而实现学生核心素养的全面发展和提升.

2 课堂探究

综合考虑物理、信息技术以及通用技术 3 个学科课程的实施状况和培养目标,笔者将整个综合性项目进行了结构化、精细化的分解,划分为以下 4 个子任务.这一举措旨在确保项目能够有序、高效地推进,同时确保每个子任务都紧密贴合相关学科的核心知识和能力要求,从而全面提升学生的跨学科实践能力和创新素养.

本次项目式教学授课对象是高一学生,授课时间为第 2 学期,整体安排 6 课时.各教学子任务涉及的学科知识和学业要求如表 1 所示.

表 1 学科知识、内容要求以及学业要求

项目子任务	学科知识	内容要求	学业要求	核心素养
1. 数理分析与推导	物理:平抛运动、动量及动量定理	1. 了解气动火箭弹的工作原理; 2. 通过解决驱动性问题学会并会运用相应知识; 3. 能够推导出气动火箭弹受力的表达式	1. 能在真实、综合项目中发现与物理及其他学科有关的问题,并最终能厘清解决主线; 2. 能用科学方法进行理论分析,并运用技术手段推进解决方案; 3. 能开展科学探究,能从跨学科视角撰写简单的项目报告进行总结; 4. 体会物理学对工程实践的影响,培养多学科融合的思维,乐于思考与实践	物理观念 科学思维 科学探究 信息意识 计算思维 数字化学习与创新 创新设计 图样表达 物化能力
2. 创意设计与制作	通用技术:工具的使用,技术图样的绘制与使用 物理:理想气体状态方程	1. 能够规范使用技术实验室加工工具; 2. 能够绘制产品技术图样; 3. 可以根据技术图样按照加工流程进行加工; 4. 学会理想气体状态方程相关知识并推导出所需的数学表达式		
3. 数据分析与实物优化	信息技术:Python 语言	1. 能够利用 Python 语言进行编程绘图; 2. 运用信息数据进行数据分析; 3. 能够分析运用结论进行实物优化		
4. 项目成果展示与总结	培养学生学会总结,养成实验后总结的习惯.从跨学科知识与方法的学习与应用,实际项目的研究方法以及在科学探索过程的团队合作意识、与人沟通等社会能力 3 个层面做复盘与总结			

2.1 数理分析与推导

任何严谨、精确和规范的操作实践,都需要以科学理论作为坚实基石和前瞻性引领.数理分析与推导主要完成明确问题,结构化剖析以及数学推导 3 个教学环节.带领学生从物理学科运动状态分析入手,从分析气动火箭弹的运动类型到想命中靶心最终需要打气几次.整个过程以驱动性问题引导学生思考解决问题的主线,通过对每个驱动性问题的解决逐个解决将平抛运动、动量定理、理想气体状态方程等知识整合串联.

第 1 部分:运动状态分析,完成对平抛运动的学习.

驱动性问题 1.气动火箭弹在空中运动类型是哪一种?

驱动性问题 2.这种运动方式的特点是什么样?

驱动性问题 3.在忽略各种阻力的情况下,气动火箭弹在某一时刻的位置应该如何计算?

中国知网 https://www.cnki.net

驱动性问题 4.如果能够依据已有工具击中标靶,同学们需要测量哪些量?

学生在回答驱动问题的过程,也是对平抛运动的学习过程.并最终理解平抛运动的运动特点和掌握相应的计算方法.教师在测量环节给学生提供的工具有:刻度尺、量角器、三角板、秒表、电子秤等等.学生可以测量的物理量有发射高度 0.8 m,水平距离 5 m,标靶圆环半径分别是 15 cm,30 cm,45 cm 等数据.

第 2 部分:动量分析,完成对动量及动量定理的学习.

驱动性问题 1.气动火箭弹从静止到飞出,其运动状态发生了变化,那么除了速度、位置变了还有什么量也会变化?

驱动性问题 2.改变动量有哪些因素?

驱动性问题 3.假设胶塞与瓶子的作用时间为 0.1 s.火箭弹达到所需的初始动量所需要的力多大?

学生主要完成动量及动量定理的学习,并在第 1 部分学习的基础上推导出需要求出的力的数学表达式 $F=\frac{mv}{t}=\frac{xm}{t}\sqrt{\frac{g}{2h}}$.通过力的表达式可以发现目前只缺火箭弹的质量 m,其余量为可测量量.那么,接下来组织学生进行分组以小组合作方式进行设计并制作气动火箭弹.

2.2 创意设计与制作

创意设计与制作是一项实践性极强的学习活动.它不仅要求学生将理论数学表达式融入选材决策中,还要培养他们运用技术解决问题的能力.在这个过程中,学生需要将气动火箭弹的构想通过精确的图纸表达出来,随后依据这些图纸进行实物制作(如图 2 所示).这一完整的流程不仅锻炼了学生的动手能力,更是对他们通用技术学科核心素养的全面提升.教师在这一过程中扮演着至关重要的角色,他们需要规范学生使用工具的行为,确保安全高效地操作;同时,当学生在制作过程中遇到挑战和困难时,教师还需及时给予指导和帮助,确保学生能够顺利做出实物.



图 2 学生制作情景

在做好气动火箭弹以后,学生需要一进步测量其质量 m.在此过程中,教师需要鼓励学生秉持理论指导实践的思路,避免盲目测试.为了精准地命中靶心,学生需要深入思考在实际操作过程中应该给火箭弹打气几次.为了解决这个问题,学生们需要进一步学习并深入研究理想气体状态方程,并将其应用于实际情况中.

驱动性问题:给出既定数据:已知打气筒每次压缩气体的体积为 0.05 L,火箭弹发射瞬间火箭弹与瓶口开关作用的时间约为 0.1 s,塑料瓶的内容积是 0.5 L.火箭弹还需要测量数据是什么?打气筒需要给火箭弹打气几下?

学生需要进一步测量瓶口开关的面积等物理量,并最终求得打气次数 n 与火箭弹质量的函数表达式 $n=\frac{x V_0 m}{StV p_0}\sqrt{\frac{g}{2h}}-\frac{V_0}{V}$,其中 n 为打气次数,x 为火箭弹与标靶的水平位移,V_0 为矿泉水瓶内容积,m 为气动火箭弹质量,S 为瓶口开关面积,t 为火箭弹发射瞬间火箭弹与瓶口开关作用的时间,V 为每次打气筒压缩注入瓶体内气体的体积,p_0 为标准大气压强,h 为火箭弹与击中标靶位置的竖直位移,g 为重力加速度.通过这一系列的推导和计算,学生不仅能够更深入地理解理想气体状态方程的应用,还能够提升他们的跨学科实践能力和创新思维.

2.3 数据分析与实物优化

学生可以将火箭弹与标靶之间的竖直位移 h 等数据代入到 n 与 m 的函数表达式中,并运用 Python 语言进行数据分析和处理,最终生成如图 3 所示的数据分析图.然而,由于矿泉水瓶本身对内部气压的承受能力有限等因素影响,教师需要引导学生仔细分析这些数据,找到最佳的气动火箭弹质量.在此基础上,教师进一步组织学生进行小组讨论,对气动火箭弹的实物进行进一步的优化和改进,以提升其性能和稳定性.通过这样的实践活动,学生不仅能够加深对理论知识的理解,还能够提升他们的计算机数据分析能力、实践能力和创新精神.

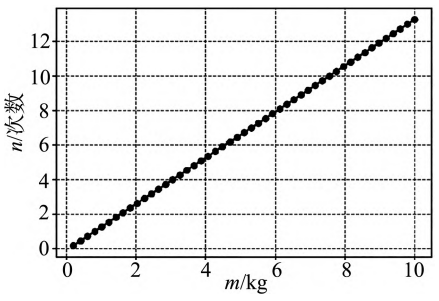

图 3 Python 数据分析图

中国知网 https://www.cnki.net

2.4 项目成果展示与总结

在项目成果展示环节,让学生将最终作品依据前期理论基础进行操作测试(如图 4 所示).在实际测试的过程中会出现多种问题,如下

问题 1:没有达到相应距离;

问题 2:没有发射出去;

问题 3:火箭弹在飞行过程中发生了大角度偏移;

……

请学生分析原因,进行改进,然后再进行第二次测试.



图 4 学生发射调制情景



图 5 学生发言分析情景

在项目总结环节,要求学生撰写项目实验报告,此举旨在培养学生养成实验后总结的良好习惯,并提升他们的总结能力.如图 5 所示,在此过程中,教师将引导学生从跨学科知识与方法的学习与应用,实际工程项目的研究方法,在科学探索过程中需要的团队合作意识、与人沟通等社会能力 3 个层面进行深入复盘与总结.这不仅有助于学生对所学知识和技能进行系统化整理,还能促使他们反思在实验过程中的表现,从而不断改进和提升.

在项目总结的最后阶段,教师将指导学生进行自评和互评,以便学生能够更全面地了解自己在整个项目中的表现.同时,教师也会根据学生的实际表现,对整个学习过程进行客观评价,确保学生能够充分了解自己的优点和不足,为今后的学习和工作积累宝贵经验,部分评价量表如表 2 所示.通过这样的项目总结环节,学生不仅能够巩固所学知识和技能,还能培养他们的自我反思和自主学习能力,为未来的学术和职业生涯奠定坚实基础.

表 2 气动火箭弹评价量节选

	评价说明			自评	组内互评	教师评价	总评
评价维度	优秀(4~5 分)	良好(2~3 分)	一般(0~1 分)				
合作与交流	积极主动参与小组合作,能够主动完成自己的任务并与组内成员交流	能参与小组活动,并完成自己的任务	需要别人提醒才能开展任务				
创新实践	制作过程中能够根据设计图纸灵活运用所学方法进行实践制作,并且有创造性地解决问题	制作过程中能根据所学知识和方法完成基本内容	需要别人深入帮助才能完成任务				
作品呈现	火箭弹与设计图基本吻合并且能够命中靶心	火箭弹与设计图基本吻合但只能命中标靶外环	火箭弹与设计图不符				

3 反思与展望

跨学科项目式教学区别于传统物理教学首先体现在没有从物理概念入手,而是从实例的分析开始,与学生共同剖析、推导、归纳、抽象实例的特征,从而引出气动火箭弹整体的工作过程的分析.课堂教学一个重要特点是,淡化对概念或定义的描述,侧重机理的分析.课堂整体运行过程从问题结构化剖析、理论学习与应用、动手实验,再到讨论、优化、小结,环环相扣,学生始终参与全程教学活动,能吸引学生注意力,引导学生思维步步深入,从认识问题、分析问题到解决问题,符合高中学生认知发展规律.在总结环节,教学上升到运用技术思想和科学方法理解和社会能力的层面.这有助于学生运用所学解决现实生活中遇到的其他挑

中国知网 https://www.cnki.net

战.这种教学方法有助于培养学生良好的工程思维品质,使他们能够在面对复杂问题时更具创造性和系统性.

实施跨学科项目式教学的前提是,学生已经具备相关学科的知识储备和潜在的发展水平.[4]这要求学校组织跨学科教师团队,对项目进行深入研究、合作开发,确保整合知识与技能的教学项目得以有效实施.同时,任课教师需要对跨学科课程的核心素养和育人目标有深刻的理解,以确保课程目标能够得到有效落实,保证课程的顺利进行.这种综合性的教学方法不仅促进了学生的全面发展,也提升了教学的质量和效果.

参考文献:

1 陈丹,崔亚雪,李洪修.跨学科主题学习的实践属性及其路径选择[J].天津师范大学学报(基础教育版),2023,24(4):1-6.
2 任学宝.跨学科主题教学的内涵、困境与突破[J].课程·教材·教法,2022,42(4):59-60.
3 张华,郭宇婧,李先全.跨学科作业评价设计方案与实施[J].物理教学,2023,45(11):35-38.
4 李军,王较过.基于项目式学习的跨学科实践教学案例研究——以"探究桥梁的科学、人文和艺术之美"为例[J].物理教师,2024,45(1):37-44.

(收稿日期:2024-02-28)

(上接第15页)

此时引出相对折射率的定义:所以介质的这种偏折能力是介质2相对介质1的偏折能力,我们把它叫作相对折射率.

由此看来,谈到折射率就要看两种介质,如空气射向油,还是水射向油,还是玻璃射向油,还是其他介质射向油,就对我们的表述带来一定的麻烦,因此我们需要找到一个参考的标准,就像运动学中的参考系一样,通常选地面作为参考系,其他物体的运动一般都是相对地面而言,所以我们在这里也选定一个参考的标准,通常选真空作为介质1,所有介质(介质2)相对真空(介质1)的折射率,我们定义为绝对折射率,简称折射率.至此,把折射率的概念非常顺畅地建构完成.

通过以上一系列的问题串,让学生在分析数据的过程中,总结规律,抽象地概括归纳,建构出折射率这一概念,水到渠成,逻辑顺畅,在潜移默化中培养了学生猜想、分析、总结、概括、归纳、推理等一系列的科学思维能力.

环节4——学以致用,总结创新.

最后,回到开头的实验"坐井观天",从定性分析到最后的定量计算,让学生学会用所学知识解决实际问题,从而培养学生理论联系实际,解决问题的能力,通过开放性的问题"拓宽小青蛙的视野有哪些办法?",让学生的思维发散,提升学生的思维发散能力.最后通过一个小魔术"消失的玻璃棒",提升"折射率"这一概念认识的深度,引导学生将概念拓展迁移,培养学生的应用能力.

3 结语

在高中阶段,有许多重要的核心概念,比如,位移、加速度、功、动量、电场强度、磁感应强度等,这些概念是构成物理学科知识体系的基本内容,属于物理学科的核心内容领域.在高中物理教学中,教师帮助学生建构物理概念十分重要,是学生学习物理规律的基础.概念建构的主体是学生,而非教师.教师切不可将概念的定义直接告诉学生,而应该引导学生发现概念的价值、概念抽象的方法.然后,教师再引导学生将概念拓展迁移,培养学生的应用能力.在建构概念的过程中,培养学生的科学思维能力.卡尔·萨根说过:"科学与其说是一种知识体系,不如说是一种思维方式."科学探究的进行需要科学思维,社会责任的担当也需要科学思维.在建构物理概念的过程中培养学生的科学思维能力,是高中物理教学的基本要求,值得教师在教学中不断实践.

参考文献:

1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
2 加里·R·卡比,杰弗里·R·古德斯特.思维:批判性和创造性思维的跨学科研究[M].韩广忠,译.北京:中国人民大学出版社,2010.
3 胡卫平,林崇德.青少年的科学思维能力研究[J].教育研究,2003(12):19-23.
4 林振义.科学思维方式:结构和生成[J].科学,2013(5):2-6.
5 柳怡.构建物理概念 培养科学思维[J].物理之友,2023(4):32-35.
6 潘华君,鲍建荣.指向科学思维培养的专题复习教学设计策略[J].物理教师,2024(4):91-93.
7 邓浩仪.基于科学思维培养的支架式教学模式研究[J].物理教师,2022(7):9-12.
8 陈刚.试论科学思维素养之模型建构要素的实质与培养[J].物理教师,2024(3):16-20.

(收稿日期:2024-06-21)

中国知网 https://www.cnki.net