·新课标研究·

基于跨学科实践任务的工程实践能力的培育

——以“DIY 扬声器”教学设计为例

谢倩如　甘力丹　陈雨晴　滕　阁　潘星志　丁怡甜　罗海军

（温州大学数理学院，浙江 温州　325035）

摘　要：在教学中开展“物理学与工程实践”任务可以促进学生体会物理学与工程实践的联系，培养学生乐于思考、敢于探究、勇于实践的精神和社会责任感.以“DIY 扬声器”跨学科实践任务为例，基于情境创设、任务驱动、师生任务、素养培养等主线，通过观摩与模仿、探索与优化、迭代与创新等任务逐步培养学生的初级、中级、高级的工程实践能力.

关键词：工程实践能力；跨学科实践；核心素养；任务驱动

培养学生的工程实践能力是美国《下一代科学教育标准》的重要理念，也是我国 2022 年版物理和科学课程标准的重要课程目标.[1,2]工程实践能力主要包含问题构思、知识认知、方案设计、方案实施、数据分析与解释、交流评价、优化设计等能力.[3,4]依据学生的能力发展状况，可以将工程实践能力划分成 3 个层次：[3,4]初级工程实践能力，即能初步明确问题，简单地进行方案设计和实施；中级工程实践能力，即指能考虑实施条件，独立自主完成方案的设计与实施，对他人的方案简单提出见解；高级工程实践能力，即能全面考虑实施条件和影响因素，针对目前的方案提出优化的建议或拓展的方向，有充分的理由证明个人见解的正确性.

任务驱动教学模式通常是指学生在教师的协助下，聚焦于 1 个核心任务和多个子任务，通过对学科知识的理解应用，进行自主探索和互助协作的实践过程，从而实现教学目标的教学方法.[5−8]“扬声器”选自人教版初中物理教材第 20 章第 4 节的“科学漫步”栏目.本文以“DIY 扬声器”的跨学科实践任务的教学设计为例，基于任务驱动教学，设置了“如何制作工艺级别的扬声器”这个核心内容和 6 个层层递进的驱动任务，通过情境创设、师生任务、能力培育等主线来开展教学活动，逐步培养和提升学生的工程实践能力，从而有效落实核心素养的培养.其具体的教学思路如图 1 所示.

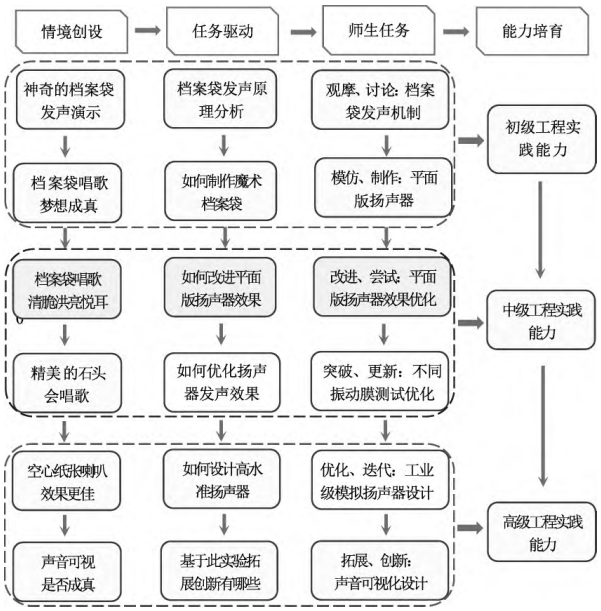


图 1　跨学科实践活动流程

1　从观摩讨论到模仿制作——初级工程实践能力的培育

基于任务驱动的教学模式强调教学要基于真实的物理情境.因此教学伊始时，教师向学生演示“神奇的档案袋会唱歌”这个趣味实验，设置“魔术档案袋原理探讨”和“制作魔术档案袋”两个驱动性任务，通过观摩、讨论到模仿和制作等活动的有

基金项目：本文系浙江省 2022 年省级课程思政教学研究项目“‘学思结合、知行统一’的普物实验课程思政教学的改革”（课题批准文号：浙教函〔2022〕51 号）；2022 年浙江省“十四五”研究生教学改革项目“‘教-习-研-培’四融合的学科教学（物理）专业课程教学的改革——以‘物理实验设计与制作’课程为例”（课题批准文号：浙学位办〔2023〕1 号）研究成果.

通信作者：罗海军（1976—），男，湖南邵阳人，温州大学数理学院副教授，博士，主要从事物理教育、实验教学和科学教育等相关研究，电子信箱：luohaijun@wzu.edu.cn.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

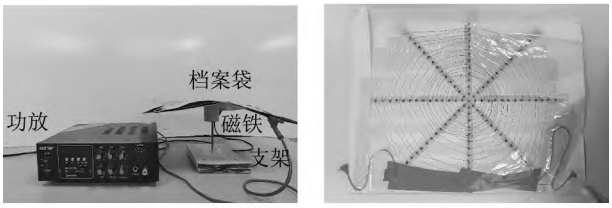
效开展，一步步地孕育并夯实学生的初级工程实践能力.

1.1 实验观摩——初级工程实践能力的孕育

学生在日常生活中虽然经常接触音响，但对其具体结构和原理却了解不多，也缺乏相关的探究活动.因此本任务首先向学生演示趣味实验“会唱歌的魔术档案袋”，设置悬念，调动学生的积极性和探究制作欲望，构建初级工程实践能力的基石.具体任务流程如表 1 所示.

表 1 神奇的档案袋演示的任务流程

流程	主要任务	设计意图
创设情境	演示神奇的档案袋发声实验，如图 2 所示，引导学生观摩实验现象	催生提问意识和探究意识，激发好奇心、求知欲，为探究扬声器原理做铺垫
问题构思	档案袋为什么会唱歌？	引导学生明确研究问题，思考魔袋的发声原理，孕育初级工程实践能力
讨论交流	引领学生展开讨论，猜测可能是由于力的作用导致档案袋能播放音乐	培育学生假设猜想能力、分析解释能力和交流能力



(a) (b)

图 2 “会唱歌的魔术档案袋”的实验演示情况(a)和档案袋内部结构(b)

1.2 讨论交流——初级工程实践能力的发展

学生观摩实验后，对神奇的档案袋唱歌的现象产生了极大的兴趣和好奇心.在教师的引导下，学生通过讨论交流和方案设计得到了扬声器的基本工作原理和基本结构，为初级工程实践能力的发展奠定了基础，也为下一步模型的制作提供了条件.具体的探究任务流程如表 2 所示.

表 2 档案袋唱歌原理探究任务和设计意图

流程	主要任务	设计意图
知识认知	档案袋会发声可能是由于线圈通有电流—受到力的作用—振动发声	引导学生通过理论分析，猜测档案袋发声原因，并设计实验方案，锻炼学生的知识认知能力

续表

流程	主要任务	设计意图
方案设计	磁铁远离或靠近在档案袋上，观察实验现象；多用电表与扬声器串联后再接入功放，观察电表示数变化	学生基于真实情境和实验器材，简单设计实验方案验证猜想，促进方案设计能力的提升
方案实施	小组分工协作，学生按照方案设计开始探究任务，如图 2 和 3 所示	通过实验探究，理解扬声器发声原理，在任务完成过程中锻炼学生简单的数据收集与分析能力

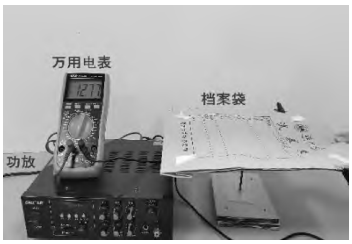


图 3 学生利用多用电表来检测扬声器的电流情况

1.3 模型制作——初级工程实践能力的夯实

上述任务完成后，学生具备了初级的工程实践能力，他们有着非常强烈的自制魔术档案袋的兴趣.接着教师引领学生进行魔术档案袋的模仿制作、演示自己设计的扬声器的发声情况、探讨发声不佳的原因等，相应的任务流程如表 3 所示.

表 3 神奇档案袋梦想成真的任务流程和设计意图

流程	主要任务	设计意图
模型仿制	仿照教师演示实验中的扬声器模型，学生设计和制作平面版扬声器	通过模仿设计制作，极大地提高了学生使用工具和材料制作实物模型的能力，激发学生的创作欲，为扬声器的优化埋下伏笔
展示交流	连接功放，观测成品演示效果(如图 4 所示)，分析和讨论演示成效和原因	通过分析作品的得失成败原因，促进学生深入思考影响扬声器发声效果的因素，提升学生的交流评价能力

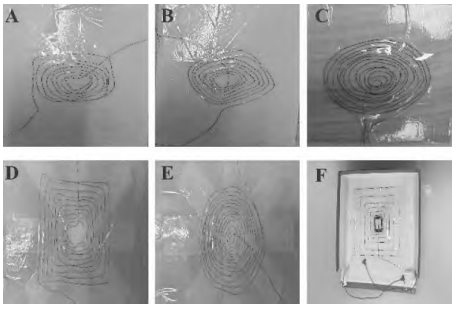


图 4 学生制作成品图

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

初级的跨学科实践任务是发展学生工程实践能力的基石.通过实验观摩和方案设计激发学生求知欲和制作欲,再经过模仿制作和讨论交流促进学生初步构建扬声器的工程模型.在任务中,教师步步引导学生从观摩到制作,拉近学生生活与物理之间的联系,在潜移默化中培养学生的工程实践能力.

2 从改进尝试到突破优化——中级工程实践能力的发展

在工程实践能力培育的中级阶段,师生聚焦于如何提升扬声器的发声效果,从改进线圈的绕制方式、试验不同材料振动膜的发声效果等探究活动出发,逐步培养学生的方案设计与实施、实验优化设计等中级工程实践能力.

2.1 改进尝试——中级工程实践能力的激发

在档案袋扬声器制作的阶段,学生制作了多个平面版扬声器(图 4),但这些扬声器大多效果不好.经过交流讨论、优化制作,学生思维得到了激发:尝试将线圈尽量集中在磁感应强度最强处(磁铁边缘区域)、线圈要紧密粘贴在纸板上.实现实验扬声器音量大音质佳等品质,此时学生的工程实践能力得到进一步发展.具体的任务流程如表 4 所示.

表 4　档案袋唱歌清脆洪亮悦耳的任务流程和设计意图

流程	主要任务	设计意图
问题构思	为什么档案袋发声有强有弱甚至有破音?如何让档案袋扬声器发声清脆洪亮悦耳?	引导学生从物理原理角度来思考,即从影响安培力大小因素、声音振动等原理入手来改进实验,提升学生解决实际问题能力
讨论交流	漆包线疏密程度与发声效果关系;是否需要将漆包线密集、紧紧地粘贴在振动面上	
优化制作	学生尝试将漆包线密集地缠绕在磁铁周围区域,可以设计形状风格迥异的扬声器,如图 5 所示,测试其发声效果	基于讨论交流,明确改进关键后进行优化制作,提升学生优化设计和实验创新改进的能力

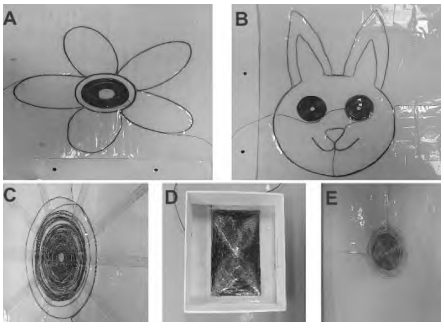


图 5　改进平面版扬声器

2.2 突破更新——中级工程实践能力的形成

学生在改进平面版扬声器后,创作欲逐渐提升.在教师引领下,学生思维再次得到突破提升,设计出线圈版扬声器、并选取不同的振动膜材料来探究如何提升扬声器效果.具体的任务流程如表 5 所示.

表 5　精美的石头会唱歌任务流程和设计意图

流程	主要任务	设计意图
问题构思	除了平面版之外,线圈绕制方式还有其他方式吗?	引导学生从平面版到线圈版过渡,突破已有认知和固有思维,为优化设计能力的提高创造条件
实验操作	线圈版扬声器的制作[图 6(a)中]	
进阶提问	精美的石头会唱歌吗?桌子会唱歌吗?	从积极思考到实践创新:集思广益,从实验中检验最佳振动膜的材料,为后续的提升学生高级工程实践能力夯实基础
优化尝试	选取不同的振动膜材料(石板、桌子、木板等)制作线圈版扬声器,连接功放测试效果,如图 6(a)中 B 和(b)图所示	
交流评价	学生互相评价不同振动膜材料效果,思考是否所有的材料都能够发声?	学生基于实践分享成功经验,在互动交流中提高交流评价能力

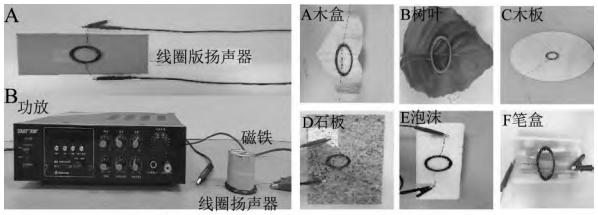


图 6　线圈版扬声器(a)和不同振动膜材料扬声器(b)

中级阶段,学生对扬声器发声本质有了深刻认知,能对从物理原理出发,思考和实践实验改进的关键,并在教师引领下,突破思维,设计出另一种类型的扬声器,并尝试了多种振动膜效果,实现从初级工程实践能力到中级工程实践能力的跨越.

3 从优化迭代到拓展创新——高级工程实践能力的培养

高级阶段中,学生视野更加开阔,思维极其活跃,他们不再只执着于制作,而是更注重物理与生活实际间的联系.此时,在教师引领下,学生从现有模型设计出发,建构出工业水准般的纸盆扬声器、创新出可视化的扬声器实验仪.实现了高级工程实践能力的有效培养.

3.1 优化迭代——高级工程实践能力的构建

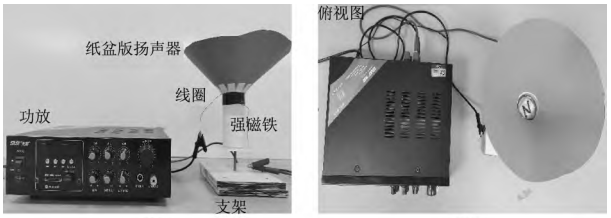
在此阶段,教师引导学生深入探究扬声器模

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

型的进一步优化的可能性.通过分析、借鉴真实的扬声器结构,设计出纸盆版扬声器,代表着学生工程实践能力的发展迈向新的阶段.相应的任务流程如表 6 所示.

表 6　纸盆版扬声器设计的流程和设计意图

流程	主要任务	设计意图
问题构思	如何制作具有工业级水准的扬声器?	通过提问创设生活化的物理实验情境,引发学生思考,激发制作热情
讨论交流	工艺级的纸盆版扬声器的主要结构;纸盆的设计、线圈的绕制方式等	从纸袋版扬声器模型抽象出纸盆版扬声器提升学生的交流评价能力、模型建构能力等
制作优化	纸盆版扬声器线圈的制作、纸盆的设计、纸盆和线圈的连接,具体结构如图 7 所示	从日常生活进行突破,制作模拟工艺级别扬声器模型,优化设计能力上升至高水平阶段



(a)　(b)

图 7　纸盆版扬声器(a)和纸盆版扬声器俯视图(b)

3.2　拓展创新——高级工程实践能力的成长

学生突发奇想将扬声器发出的声音可视化,经设计实施和讨论交流,选择合适的器材,根据实验原理自主进行制作,学生的工程实践能力达到了高级水平.具体的方案设计框架和设计意图如表 7 所示.

表 7　扬声器声音可视化制作的实验框架和设计意图

流程	主要任务	设计意图
知识认知	利用形变效果好的振动膜,通过光的反射实现扬声器发声可视化	学生根据已有知识基础和相应的科学原理对具体问题进行理解和思考
设计实施	选取一个圆柱形的物体,将线圈粘贴在气球膜的内部,另外一面贴圆形镜片,然后将气球膜套在圆柱体上,连接功放和磁铁,如图 8 所示,观察实验效果	学生集思广益,选取合适的器材,基于知识基础,经多次尝试最终完成声音可视化的设计,深化了知识的理解和应用,锻炼了方案设计与实施的能力

续表

流程	主要任务	设计意图
交流评价	以小组为单位,从结构、原理、效果展示装置模型,小组之间进行互相评价	全面展示任务成果,驱动学生梳理整个过程,提升学生基于证据进行交流和论证的能力,体会科学、技术与工程的联系

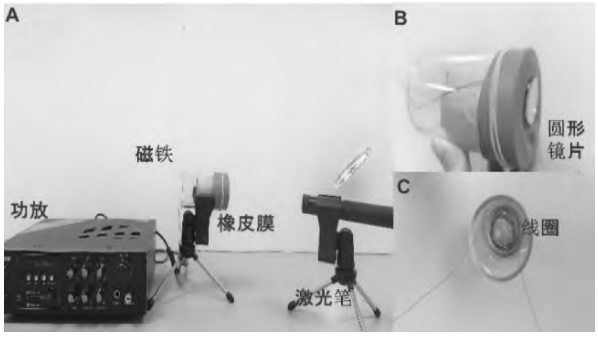


图 8　声音可视化实验装置图

高级阶段,学生思维火花迸射,创作欲显著提升.他们不再满足于已有模型效果的改进、优化,而是聚焦于真实生活情境,不断审视、辨别、讨论、分析问题,并基于提出的问题积极设计方案,展开跨学科实践活动,发展高级工程实践能力.

培育工程实践能力的跨学科实践任务的 3 个阶段层层递进,前一个阶段的任务是下一个阶段任务的基石.通过 3 个阶段的任务,学生不断丰富知识认知,突破思维局限进行制作、改进、创新实验,从初级水平工程实践能力的孕育,到中级工程实践能力的发展,再到高级工程实践能力的培养,深化了学生对知识原理、实践任务的本质认识,综合培育学生各方面的能力,发展了跨学科实践任务的内涵与外延.

4　结语

开展“物理学与工程实践”的跨学科教学,可以促进学生体会物理学与工程实践的联系,培养学生乐于思考、敢于探究、勇于实践的精神和社会责任感.本文以“DIY 扬声器”跨学科实践任务为例,基于情境创设、任务驱动、师生任务、素养培养等主线,通过观摩与模仿、探索与优化、迭代与创新等任务逐步培养学生的初级、中级和高级工程实践能力.学生在初级阶段观察档案袋唱歌现象、探究扬声器的原理,孕育了初级工程实践能力;在中级阶段根据上一阶段的结果使得档案袋唱歌梦想成真,并自主设计实验方案探究不同振动膜材料扬声器的效果,学生工程实践能力水平向中级迈进;在高级阶段,学生不满足于 (下转第 42 页)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　方案策划书评分标准(示例)

评价内容		评价规则	满分
内容部分	综合说明	……	20
	项目建设的必要性		20
	工程设计	水平 1(0～5 分):未按要求进行填写,未绘制防洪堤坝模型图. 水平 2(6～10 分):能根据已有的水利工程绘制简单的防洪堤坝模型图(模型建构). 水平 3(11～15):能根据已有的水利工程绘制简单的防洪堤坝模型图,绘制的模型图结构较为完整(模型建构),图形较为美观,标注了各线段长度和角度,对设计图进行了说明(解释). 水平 4(16～20 分):能根据已有的水利工程绘制简单的防洪堤坝模型图,绘制的模型图结构图十分完整(模型建构),图形美观,标注了各线段长度和角度,对设计图进行了说明(解释),并且对设计的防洪堤坝模型中涉及的物理原理进行详细介绍(物理观念、解释)	20
	项目建设可能遇到的困难和解决方案	……	20
	投资预算		10
书面格式			10

3　结语

探索落实跨学科实践要求,有效促进核心素养全面发展的初中物理教学方式,是新课标在初中物理教学中落地亟待解决的关键问题.[6]本文构建的核心素养导向下跨学科项目式学习模式并据此开发的"防洪堤坝的设计"案例,以促进学生核心素养全面发展为目标,结合跨学科实践的具体要求,围绕项目式学习的基本教学环节来设计和组织教学.它聚焦了"日常生活""工程实践""社会发展"3 个跨学科实践主题相关的实际问题,同时立足物理学科本位,整合了信息技术、地理、工程学、语文等学科知识,加强了学科间的相互联系,体现了整合与发展的教育理念.

参考文献:

1　中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
2　荆鹏,侯恕.初中物理跨学科实践教学的内涵、价值与路径[J].物理教师,2022,43(10):32－36.
3　杨明全.核心素养时代的项目式学习:内涵重塑与价值重建[J].课程·教材·教法,2021,41(2):57－63.
4　桑国元,叶碧欣,黄嘉莉,等.构建指向中国学生发展核心素养的项目式学习标准模型[J].中国远程教育,2023,43(6):49－55.
5　韩思思,杨杰.基于项目的初中物理与工程跨学科实践——以"制作潜水艇模型"项目为例[J].物理教师,2023,44(1):40－43.
6　罗莹,蔡天娇.从科学探究到跨学科实践:初中物理教学的新变革——基于新旧课标的比较分析[J].物理教师,2023,44(2):38－43.

(收稿日期:2023－10－12)

(上接第 37 页)

取得成果,在平面版扬声器的基础上加入了新想法,并在实验过程中大胆地提出了新见解,高级工程实践能力得到了实质性的培育.

参考文献:

1　States N L. Next generation sciences standards: For states, by states[M]. Washington DC: The national Academies Press, 2013.
2　中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
3　曾涛,符吉霞,徐冉冉,等."科－工整合"实践对初中生工程实践能力影响的实证研究[J].化学教学,2020(5):23－28.
4　徐冉冉. 科学整合工程视角下发展初中生工程实践能力的理论设计和实证研究[D].上海:华东师范大学,2018.
5　任虎虎.指向深度学习的任务驱动教学研究——以人教版"力的分解"为例[J].物理教师,2020,41(7):28－30.
6　魏萌,吴钒,徐嘉凯,等.基于核心素养培育学生的高水平质疑创新能力——以"自制扬声器"自主创新实验为例[J].实验教学与仪器,2022,39(2):5－8.
7　冯爽.中学物理课程跨学科实践主题的模型构建及实施路径[J].物理教师,2022,43(5):59－62,65.
8　王兆军.扬声器和动圈式话筒演示器[J].物理教师,2010,31(41):41.

(收稿日期:2023－09－08)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net