·新课标研究·

指向工程思维发展的初中科学实践项目的设计与实施

——以“设计与制作扬声器”为例

朱 红[1] 成子莹[2]
(1. 宁波市海曙区教研室,浙江 宁波 315010; 2. 宁波市海曙外国语学校,浙江 宁波 315010)

摘 要: 通过“设计与制作扬声器”项目的实践研究,探索指向工程思维发展的初中科学实践项目的设计与实施.在科学实践项目的实施中,通过问题链和任务链的驱动,综合运用跨学科知识与技能解决真实情境的问题,制作物化的产品.在实践过程中有所侧重地培养学生的系统思维、决策思维、批判性思维和创造性思维等工程思维,以发展学生的科学核心素养.

关键词: 工程思维; 科学实践项目; 工程设计

为实现高水平科技自立自强,进入创新型国家前列的战略目标,从基础教育开始就要大力开展工程教育.基础教育课程改革重点主要体现在“强调素养导向”“优化课程内容组织形式”和“突出实践育人”3 个方面.其中“强调素养导向”注重培育真实情境中解决问题的能力;“突出实践育人”强调知行合一,倡导做中学、用中学、创中学,引导开展跨学科实践.[1]《义务教育科学课程标准(2022 版)》明确“技术与工程实践能力”为科学核心素养“探究实践”的主要组成部分,“技术、工程与社会”“工程设计与物化”是科学课程的核心概念.因此,工程教育与科学教育结合,开展跨学科实践,既是科学课程改革的要求,也是中小学工程教育落地的关键.

实践过程和思维发展是工程教育的两个核心整合点.结合基础教育阶段学生的认知发展特点,中小学工程教育的目标为:形成初步的工程观念,具有初步的工程设计能力,养成良好的工程思维习惯.其中工程思维习惯是核心,它由创造性思维、批判性思维、系统思维和决策思维构成.[2]然而,科学教师对技术与工程缺乏了解,学科融合能力比较薄弱.如何将工程教育与学科教育有机融合成为科学教育中的难点.笔者以“设计与自制扬声器”为例,阐述如何在初中科学实践中结合工程教育以培养学生的工程思维.

1 基于课标内容的工程教育目标定位

“物体的运动与相互作用”是《义务教育科学课程标准(2022 版)》中 13 个学科核心概念之一,它包括:力是改变物体运动状态的原因、电磁相互作用和声音与光的传播.“设计与制作扬声器”是学生在学习了“声音的产生和传播”“运动和力”“电与磁”等科学知识后设计的项目.通过本项目应达到的工程教育目标:

(1) 工程观念:理解通电导体在磁场中受到安培力的作用;知道影响安培力方向的因素;知道影响安培力大小的因素;知道声音产生的条件;知道声音响度与声源振动的关系;知道工程的关键是设计,工程是设计方案物化的结果.

(2) 工程设计能力:经历扬声器的设计与制作,提升问题确定、方案设计和评估改进等能力.

(3) 工程思维习惯:从任务出发思考扬声器的原理、材料和结构,设计图纸,学生具有系统思维、初步形成创造性思维;通过图纸的评价、扬声器的制作、产品的检测评价,学生初步形成决策思维、批判性思维和系统思维;在优化完善产品中,学生具有决策思维,初步形成创造性思维.

2 指向工程思维的教学流程的设计

工程需要定义和界定问题,将问题分解成若干个符合学生认知的基本问题贯穿整个项目,驱动学生的学习活动.学生需要整体思考:扬声器的原理、材料和结构,一款好的扬声器需要满足哪些标准.明确需要满足的标准和受到的限制条件,形成多种可能的解决方案,基于证据进行优化并确定方案.在选择材料制作产品时,面对各种材料的

基金项目:本文系 2023 年度浙江省教育科学规划课题“工程思维视域下初中科学项目化学习的设计与实践研究”(课题批准号:2023SC166);2023 年浙江省教研课题“指向高阶思维的初中科学项目化学习的实践研究(课题批准号:G2023070)的阶段性研究成果.

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

优劣，学生需要权衡利弊，进行决策，选择什么材质、形状的材料作为扬声器的振膜更符合标准.在评价扬声器设计方案及产品时，学生需要批判性思考，找出方案和产品的不足，从而确定改进的方向.学生还需要创造性思考，从不同的角度分析问题，提出行之有效的问题解决方法.

整个学习活动始终促进学生思考、判断、多角度且辩证地分析问题、作出选择和决定，这体现了工程教育中的工程思维.[1]工程思维带动着实践过程，学生经历明确问题、设计方案、实施计划、检验作品、改进完善、发布成果等学习活动.[3]教学流程见图 1.

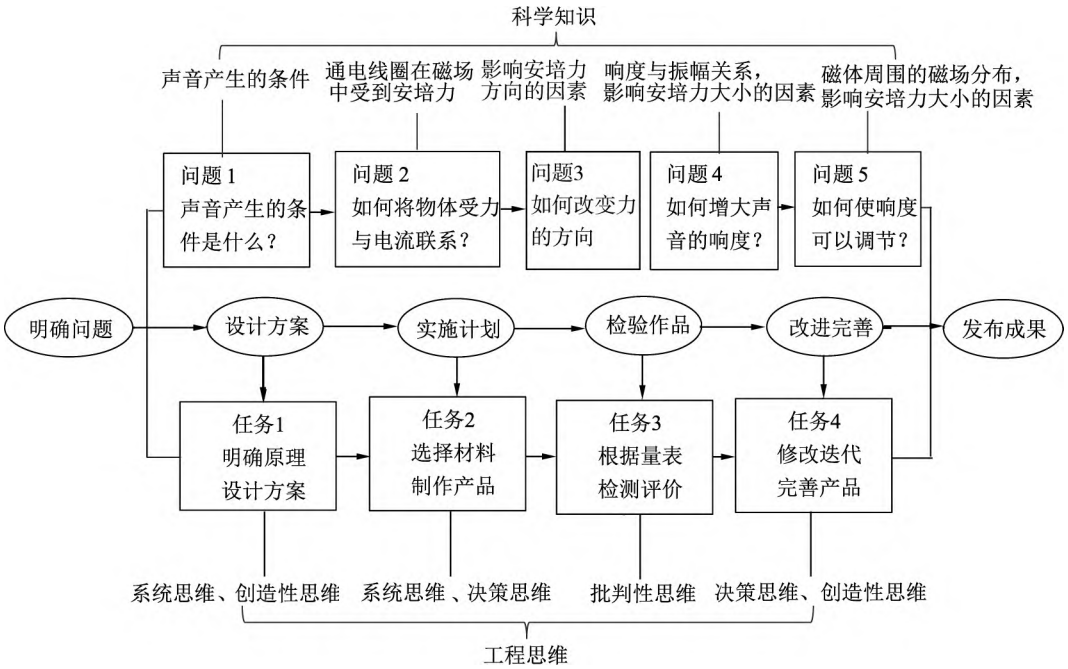

图 1　教学流程图

3　落实探究实践的项目实施过程

3.1　创设情境 明确问题

教师分发给每组一个如图 2(a)所示的 MP3 音乐播放器，为了避免电路板复杂结构对学生的干扰，也可以把电路板安装到小机箱内，主要功能部件转移到机箱面板，如图 2(b)所示.音乐播放器中储存着多种类型的音乐文件.要想听到美妙的音乐需要学生发挥聪明才智，设计、制作扬声器把音乐播放出来.



(a) MP3音乐播放器电路板　(b) 装入机箱的MP3音乐播放器

图 2　MP3 音乐播放器

3.2　明确原理 设计方案

3.2.1　逆向思考　明确原理

要使 MP3 播放器中存储的音乐文件播放出来，即把电信号转化为声信号，如何实现呢？这个问题对学生有一定难度，因此，把该核心问题分解成若干个驱动学生思考的基本问题，学生需要系统地思考：

（1）声音产生的条件是什么？

（2）如何让物体产生振动？

（3）怎样将物体受力与电流建立联系？

（4）怎样使通电导体受力方向不断改变？

教师引导学生思考：声音产生的条件是什么？通过问题唤醒学生原有知识：声音是由于物体振动产生的.振动是往复的运动，物体运动状态的改变需要受到力的作用.这样就把问题转化为：怎样将物体受力与电流建立起联系？学生联想到学过的科学原理：通电导体在磁场中受到安培力的作用.接着，教师引导学生思考：怎样使通电导体受力方向不断改变？引导学生从影响安培力方向的两个因素思考得到：改变磁场方向或电流方向.在此基础上，教师指出 MP3 播放器输出的是与声音对应的变化电流，即变化的电流方向和大小.

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

3.2.2 基于原理 确定材料

基于项目应用的主要科学原理:通电导体在磁场中受到力的作用,教师继续引导学生思考:

(1) 选择哪种导电物体来产生振动?

(2) 选择哪种物体来产生磁场?

(3) 如何设计线圈与磁体的位置?

学生想到导电性能好的导线,如铜线、铝线;磁性较强的磁性材料,如钕磁铁等.

教师引导学生思考:如何增大声音的响度?

在实验器材的选择方面,学生从导体想到绕成线圈再想到利用振膜材料,从而确定本项目要用到的材料:漆包线、铷磁铁、振膜材料等.

在上述问题链的驱动下形成虚线箭头所示的解决问题的思维路径,如图 3 所示,从而明确了该项目的科学原理和材料.

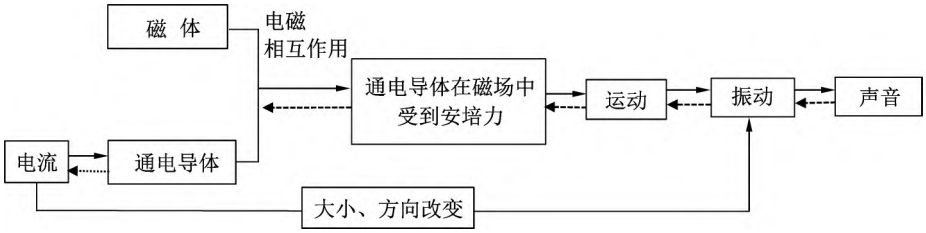

图 3 解决问题的思维路径

3.2.3 制定标准 设计方案

一款好的扬声器应该满足怎样的标准呢?学生自主讨论,确定评价要素:声音响度、音质(主要评价有无杂音)、产品结构和外观等.在师生共同讨论的基础上制定评价量表,见表 1.

表 1 扬声器的评价量表

评价指标	评价要素	优秀	合格	不合格
指标 1	响 度、音质	音乐响亮、无杂音	能听到音乐、杂音轻微	听不到音乐
指标 2	结 构、外观	易 携 带,美观	易 携 带、不美观	不易携带、不美观

教师提供以下器材:MP3 音乐播放器 1 个、铷磁铁 1 个、漆包线 2 卷、振膜材料若干、剪刀 1 把、美工刀 1 把、胶布 1 卷,如图 4 所示.



图 4 扬声器制作的器材

学生明确了扬声器的科学原理,根据教师提供的器材和评价量表,以小组为单位自主合作设计扬声器图纸.学生展示扬声器的图纸,并通过评价改进图纸.

3.3 选择材料 制作产品

根据优化的图纸,小组合作制作扬声器,选择漆包线、绕制线圈,选择振膜材料、固定线圈和磁铁等.制作产品时,学生要考虑如何增大声音的响度?为此,在实践中小组成员需要作出决策:

(1) 选择粗的还是细的漆包线绕制线圈?

(2) 用漆包线绕制多少匝数的线圈合适呢?

(3) 振膜材料的材质和形状如何选择?

(4) 如何将线圈固定在振膜材料上?

教师引导学生根据图 3 解决问题的思维路径去思考:要增大声音的响度可以增大振幅,增大振幅要增大安培力,要增大安培力可以通过增大通电线圈的磁场和磁体的磁场,即增大电流和选择强磁体.选择漆包线过粗会使质量过大,线圈惯性增大;线圈匝数过多会导致电阻过大,同等强度信号下响度下降.振膜形状的选择也会在声信号传播过程中对声音产生影响,锥形物体具有较好的聚声作用,声音传播范围较广.

评价音质的一个重要因素是有无杂音.线圈固定在杯底时,杯底与线圈的间隙不宜过紧.若过紧则摩擦力较大,有杂音且响度小;也不宜过松,若过松则受安培力较小,同样导致响度过小.因此,漆包线的粗细、匝数、振膜的材质和形状、线圈固定的松紧程度都是要统筹考虑后做出决策的.

3.4 根据量表 检测评价

学生以小组为单位上台演示产品,如图 5 所示,要求完整阐述扬声器的工作过程:通电线圈的磁场与磁体的磁场相互作用,使通电线圈在磁场

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

中受到安培力的作用，因为 MP3 输出的是变化的电流，安培力的方向和大小随着电流方向和大小的改变而改变，使线圈振动，线圈振动带动振膜振动，从而发出声音.

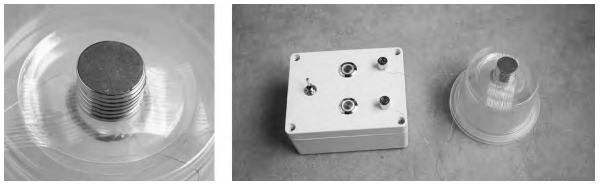

图 5　学生作品

利用分贝仪检测声音的响度.根据评价量表对产品作出自评，其他小组对产品进行评价.在评价中，学生需要针对产品开展批判性思考：

（1）音乐的响度是否可以更大？

（2）音乐的音质是否可以更佳？

（3）结构是否可以改进得更便于携带？

（4）是否还可以改进产品的美观程度？

学生在质疑批判的基础上提出建设性的意见.对于如何使扬声器发出的声音响度更大，学生通过对各组制作的扬声器的比较和分析，得到的方法：电流更大一些、使用强磁体、线圈匝数适宜、固定线圈的松紧程度合适等.

3.5　修改迭代　完善产品

学生利用更多的材料改进产品，制作出音质更佳、响度更响、结构更加完善美观的产品，见图 6～图 8.



图 6　改进作品 1

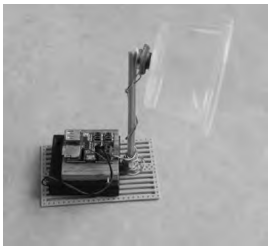

图 7　改进作品 2



图 8　改进作品 3

3.6　优化产品 发布成果

学生对产品进一步提出要求：如何使声音的响度可以调节？除了用实验室器材滑动变阻器调节电流大小，还有什么方法？鼓励学生利用生活中随手可得的材料来解决问题.学生小组合作讨论，提出创造性方案：把通电线圈和磁体分别固定在两个纸杯底部，两个纸杯套在一起，见图 9(a)，改变两个纸杯的相对位置，从而改变磁体和通电线圈的相对位置就可以达到调节声音响度的目的.根据图纸制作扬声器，见图 9(b).



图 9　响度可调节的扬声器

4　发展核心素养的教学反思

该项目以“设计与制作扬声器”为任务，在问题链和任务链的驱动下，综合运用跨学科的知识和方法开展科学实践，解决真实问题.在科学实践各个环节中有所侧重地发展学生的系统思维、决策思维、批判性思维和创造性思维，将工程教育与科学教育有机融合，发展学生核心素养.

4.1　以跨学科教学促进工程观念的形成

工程观念是对工程实践活动及其内在规律的总体性、本质性认识.以工程观念为统领，进行跨学科课堂教学设计，是落实科学核心素养的有效途径.该案例涉及科学、工程、技术等各学科知识和技能，强调应用跨学科的知识和技能解决现实情境中的问题，跨学科特征鲜明.科学知识主要包括声音的产生与传播、声音的响度与声源振动的关系、电磁相互作用等.技术主要包括设计图纸的绘制、线圈的绕制、磁体和线圈的固定、电路的连接、使用分贝仪检测声音响度、利用工具制作产品等技术.方案的设计、评价和择优，产品的制作、检测评价和迭代改进等都是工程方面的体现.

4.2　以探究实践促进工程设计能力的提升

工程设计工程是有目的、有计划的实践活动，强调实践性.工程设计着眼于实际问题，在探究实践中，针对需要明确问题，提出有创意的方案，并根据科学原理或限制条件进行筛选；实施计划，利用工具和材料进行加工制作；根据实际效果进行修改迭代；用自制的简单装置及　（下转第 38 页）

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

识到了什么，经过比较鉴别，学生很快就能搭配出图 9 的器材组合，教材的意图和整个课堂探究蕴含的科学思维渐渐浮出水面，接下来完成实验操作，得出实验结论也是手到擒来之举.

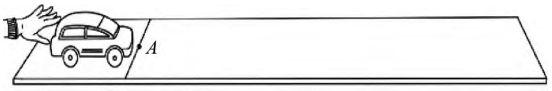

图 6　用手推使小车运动

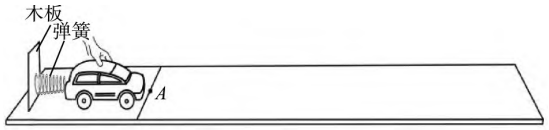

图 7　压缩弹簧使小车运动

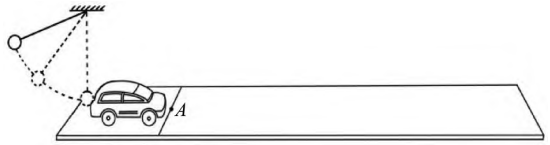

图 8　小球下落推动小车运动

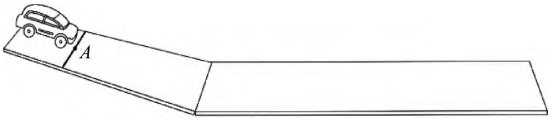

图 9　利用斜面使小车运动

5　结语

新课标中增加了一级主题“实验探究”，其中包含了 9 个测量类学生必做实验和 12 个探究类学生必做实验.这两类学生必做实验旨在体现物理课程实践性特点，培养学生发现问题和提出问题的能力、动手操作和收集数据的能力、分析和处理数据的能力、解释数据的能力、表达和交流的能力，引导学生学会学习、学会合作，培养学生严谨认真、实事求是的科学态度.[1] 这些必做实验是物理科学探究的底线，同时也是给教学一个导向.让课堂教学探究慢下来，只有慢下来才可以促进物理概念的深度构建，深化对物理规律的认识，有了实验数据才可以通过归纳推理获得探究结论，培养学生物理学科情感和实事求是的科学态度.

“慢”是一个渐进构建过程，是一种科学的思维方法.教师要善于用“慢”的心态去搭建有效的思维支架，勇于用方法、能力形成的一时之“慢”，去换取日后迁移运用之“快”，实现思维稳步进阶.让学生在解决问题的过程中积累感悟，在静静的思索中获得顿悟，在思维进阶中体验自悟.诚如佐藤学教授所言，教育往往在缓慢的过程中沉淀了一些有价值的东西.

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　刘炳昇，李容. 义务教育教科书《物理》八年级下册[M]. 南京：江苏凤凰教育科学技术出版社，2021.
3　姜炜星. 运用物理模型提升学生物理思维品质[J]. 物理教师，2015，36(4)：32－34.
4　任少铎. 搭建思维支架 促进深度理解——以托里拆利实验为例[J]. 物理教师，2022，43(9)：58－60.

(收稿日期：2023－11－05)

(上接第 34 页)

实物模型验证或展示某些原理、现象和设想.[3] 在探究实践中，工程设计是关键，是产品物化的前提，是联结任务、问题与物化产品的桥梁，需要学生的系统思维、创造性思维等.学生通过设计和迭代的设计，在解决实际的工程问题中“做中学”“用中学”“创中学”，是工程教育落地的有效途径.

4.3　以工程项目促进工程思维的培养

工程思维是以系统分析和权衡比较权衡为核心的一种筹划思维，学生发展工程思维需要经历完整的工程项目.[4] 从整体出发考虑问题，寻求解决问题的方案，且处理好整体与局部关系需要系统思维；通过对不同方案可能产生后果的预测和评估作出最佳选择需要决策思维；对他人或自己的观点、做法进行评价、质疑、纠正，并通过分析、比较、综合，达到对事物本质更为准确认识需要批判性思维；提出创造性的方案，图纸与产品的迭代需要创造性思维.在工程项目中，学生设计、制作、评价和迭代改进，在亲历工程实践的过程中培养工程思维.

参考文献：

1　叶兆宁，周建中，杨元魁.中小学工程教育的理念和关键路径[J].人民教育，2022(9)：55－58.
2　王长江，盛洋，安秋.基础教育阶段的工程教育：目标框架与实施建议[J].天津师范大学学报(基础教育)，2019，20(4)：40－45
3　中华人民共和国教育部，义务教育科学课程标准(2022 年版)[S].北京：北京师范大学出版社，2022.
4　王璐，张桂凤.聚焦工程思维培养的通用技术跨学科项目实践——以戈德堡机械项目为例[J].中国现代教育装备，2023(22)：48－51.

(收稿日期：2024－01－24)

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