



# 基于综合育人的物理教材拓展内容 跨学科教学设计

——物理与音乐学科融合的教学案例研究

李春来

(深圳市教育科学研究院 广东 深圳 518029)

(收稿日期:2022-07-11)

**摘要:**“双新”背景下,跨学科教学是落实综合育人、践行整体教学设计理念的有效策略.从学科核心素养目标出发,设计并实施了高中物理与音乐跨学科教学案例“音的享受与声的机理”,介绍做中学、用中学、创中学的具体实施方法.

**关键词:**跨学科教学;物理与音乐;教学设计;案例研究

新课程理念导向下,各学科面临着有效落实立德树人,创新实施新课程新教材,推进育人方式改革的任 务.在高中阶段开展综合育人、实践育人教学实践研究,是提高教育教学质量的现实需要.

## 1 新课程新教材背景下师生面临的困难

新课程新教材背景下,一线教师有许多困惑.比如,如何创新实施高中新课程和合理使用新教材;如何开展基于情境、问题导向的互动式、启发式、探究式、体验式的课堂教学;如何把核心素养落到实处,通过课堂和实践性教学环节以及思政教育,全面提高学生的综合素质.

传统的学习方式面临着严峻挑战,难以适应新课程新教材实施的要求.学生的学科学习至少面临着二重矛盾,难以克服和解决.第一,感性的丰富世界与知识的符号化、抽象化呈现之间的矛盾.学生的生活经验是情境化的,而学科知识是抽象概括的、去情境化的.第二,多维立体世界与知识的学科化、片面化之间的矛盾.学生的经验世界是立体的,而学科教材是片面与割裂的.

可见,停留在传统的学科教与学方式,很难实现全面发展学生核心素养的目的.

## 2 跨学科教学方式是落实素养目标的要求

《普通高中物理课程标准》在“实施建议”中明确指出:“以整合性学习方式促进教与学的改革……课程学习中要倡导基于项目的学习或整合学习等方法,促进学生基于真实情境下学科和跨学科问题解决能力的发展.”<sup>[1]</sup>义务教育课程方案(2022年版)也强调“开展跨学科实践,经历发现问题、解决问题、建构知识、运用知识的过程.”可见,在学科教学基础上开展跨学科教学是落实核心素养总目标的有效策略和方法.

什么是跨学科呢?综合多位专家学者的观点,从物理教师的角度可以理解为“跨学科是指超越物理学科的边界而进行的融合两门或两门以上学科的实践活动.”<sup>[2]</sup>主要包括3层含义:

- (1) 涉及两门或两门以上学科内容的教学活动;
- (2) 综合运用物理知识与众多学科知识并交叉整合;
- (3) 打破学科壁垒,进行跨学科概念、规律、方法或思想的运用.

跨学科教学的目的是通过多学科资源融合,联系生活生产中的实际问题,更好地实现教学目标,建构跨学科大概念,并在问题探究的过程中全面培养学生的综合能力。

### 3 实施物理与音乐跨学科教学可能性分析

物理“严谨、理性、逻辑、科学”,音乐“自由、感性、直觉、人文”,两者似乎是对立的、互不关联的。然而事实上,音乐与物理学的联系非常紧密,许多科学家的科学发现过程又受益于音乐的启迪,物理原理在音乐中有很多具体应用。许多在科学领域取得伟大成就的科学家同时又是音乐界的才子,即集科学

家和音乐家于一身,这其中又以物理学家最为突出,如爱因斯坦、牛顿、开普勒、钱学森等。

科学和艺术是不可分割的,就像一枚硬币的两面,他们共同的基础是人类的创造力,他们追求的目标都是真理的普遍性<sup>[3]</sup>。物理与音乐有着紧密的联系,不仅仅在乐器发声的物理学原理上,从思维层面来看也是相通的,音乐能够启迪科学思维。

普通高中物理学科课程标准和普通高中音乐学科课程标准中,关于核心素养的表述有所不同,实施路径和方式存在差异,但目标指向是一致的,如图1所示,这就为物理与音乐的跨学科教学融合提供了可能性。



图1 物理和音乐学科核心素养的关联

## 4 物理与音乐跨学科教学设计案例

### 4.1 学情分析和跨学科学习的必要性分析

高二年级选学物理的学生,刚刚学习了“机械振动”和“机械波”等内容,它们在生活中的应用非常广泛,如乐器的发声原理等。此时,课堂教学要适当联系生活实际,培养学习兴趣和学以致用的意识,增强科学探究和解决实际问题的能力。

人教版普通高中教科书《物理》选择性必修第一册,第二章“机械振动”第2节“简谐运动的描述”中的“科学漫步”栏目专门介绍了“乐音和音阶”,指出“高音do的频率正好是中音do的2倍,而且音阶中各音的频率与do的频率之比都是整数之比”,并列出了某音律C调音阶中各音的频率及该频率与do的频率之比。

物理教材中设置“科学漫步”栏目,目的是开阔学生视野,引发主动学习,属于选学内容。有兴趣的

学生可以进行深入探究,需要教师的适当帮助和指导,这就提出了跨学科教学的需求。但是,大部分物理教师对乐理没有研究,或者知之较少,这就需要双师备课,共同进行教学设计,同台施教。根据实际需要,笔者开发了跨学科教学案例,课题为“音的享受与声的机理”。

### 4.2 基于核心素养发展的跨学科学习目标

(1) 结合物理学家在科学研究中的具体案例分析,了解音乐对启迪科学思维的作用。认识两者的共同基础是人的创造力,科学发现过程是一种艺术活动形式。

(2) 分析音乐现象中的物理学原理,认识物理在音乐领域发展中的作用,能够联系物理知识解释相关的音乐现象。

(3) 分组进行多个物理与音乐交叉领域的实验,经历对常见弦乐器结构的观察和发声规律的探究过程。鼓励学生设计方案,自制简易电子乐器。

(4) 通过音乐欣赏,回顾历史事实,丰富情感体验,感受科学和艺术之美,尝试从不同角度欣赏或分析艺术作品。

#### 4.3 课堂教学设计思路

本节物理与音乐跨学科教学,两位不同学科教师互相配合,根据需要交叉或同时出场,以问题引

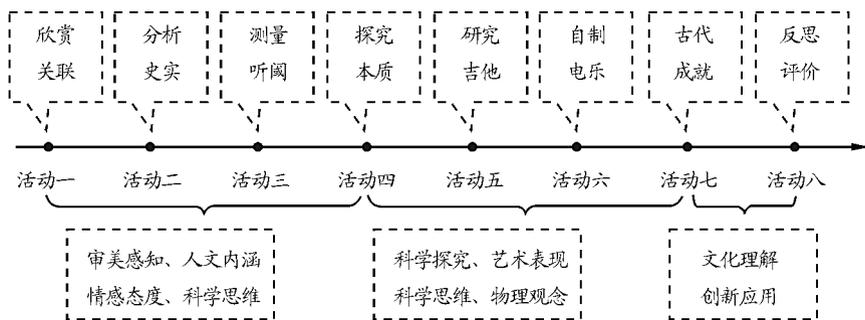


图2 活动流程、任务主题、素养导向

#### 4.4 课堂教学实施过程

##### (1) 活动主题一:音乐与物理的关联

**活动设计:**音乐教师演奏小提琴曲,在音乐享受中拉开本节课的序幕。

**驱动问题:**拉小提琴的时候,为什么要不断按压琴弦的不同位置,从物理学角度来看,这是在改变什么?

**设计意图:**欣赏乐曲,导入教学.享受音乐的同时,把物理与音乐联系起来,启发学生思考演奏中的物理学原理。

##### (2) 活动主题二:音乐启迪科学思维

**活动设计 1:**分享科学家的故事,分析内在原因.如,牛顿在音乐中发现光的韵律;开普勒在音乐中发现宇宙和谐,并用一首“行星协奏曲”谱写第三定律;爱因斯坦说过,音乐是产生直觉的推动力量,音乐的感觉给他带来新的发现<sup>[4]</sup>。

**驱动问题 1:**物理“严谨、理性、逻辑”,音乐“自由、感性、直觉”,似乎两者趋向两个相反的方向.那么,音乐艺术与物理研究之间有什么具体联系吗?

**设计意图 1:**引发思考,发现音乐与物理之间的紧密联系,艺术与科学是和谐统一的.体会到艺术和物理都是人类对自然的认识,是从形象到抽象,从复杂到简单。

**活动设计 2:**物理教师演唱自谱曲调的“ $\nabla$ -之歌”,把难于记忆的麦克斯韦方程组中的4个方程流

领、任务驱动的方式推动教学活动的展开,学习的过程就是逐个解决实际问题的过程.教学过程中,共设置了8个主题活动,每个活动都对应具体任务,目标指向明确.活动的设计基本按照“情境—问题—探究—结论—交流—应用”的思路,活动流程、任务主题、素养导向的线索如图2所示。

畅地唱出来,歌词按照如图3所示顺序呈现.学生分享音乐辅助学习的个人经验。

$$\begin{aligned}\nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0\end{aligned}$$

图3 “ $\nabla$ -之歌”的歌词

**驱动问题 2:**音乐对物理学习有直接帮助吗?

**设计意图 2:**启发学生意识到,将音乐元素引入各领域,是学习方法,也是生活方式。

##### (3) 活动主题三:测量可听声范围

**活动设计:**有关声音的常识回顾,通过测量自己的可听声范围,了解音调变化规律。

人类的可听声频率范围为20~20 000 Hz;人类歌声的声波频率大致从男低音的60 Hz至女高音的2 500 Hz;钢琴发声的最低音是27.5 Hz,最高音为4 186 Hz等。

**驱动问题:**音调的高低,在物理学上用哪个物理量描述,自己的可听声范围是多少?

**实验探究:**测测我的可听声范围.教师利用手机APP“声音发生器”发声,通过音箱上的蓝牙链接,播放出来.当频率在0~20 000 Hz之间连续递增时,学生用高高举起的手来表示还能听到声音。

**设计意图:**通过测试听觉敏感度,感受不同声音

的频率差别,激发学生对振动和声波物理原理的探究兴趣。

#### (4) 活动主题四:声波的物理学本质

**活动设计:**回顾教材中简谐运动与简谐波的概念,所有乐音均可用数学公式来表达.给出具体公式,探究乐音的物理学本质。

**驱动问题:**弦乐器的发声频率与哪些因素有关?吉他、小提琴等弦乐器在使用前需要调音,调音的物理本质是什么?

**实验探究:**弦上驻波的生成和观察,“看”到空气中的声音驻波。

调节绳波演示器的输出振幅、频率、绳上张力,可以观察绳上驻波现象,如图4所示,波腹和波节明显可见.在声驻波发生装置中,玻璃管的一端是封堵的,另一端安装扬声器,启动后,玻璃管内的泡沫小颗粒就随着音乐“舞动”,如图5所示。

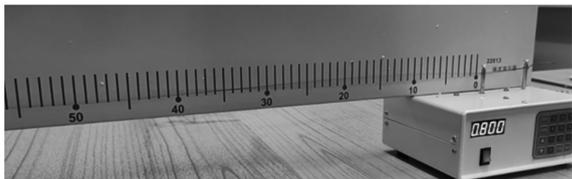


图4 弦上驻波现象

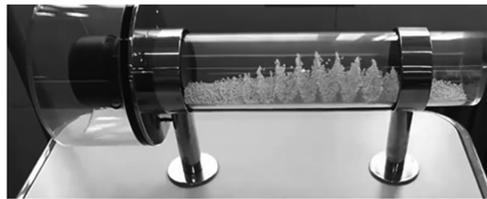


图5 “看”得见的声音驻波

**设计意图:**将高中物理教材中振动和波的知识适时地运用在乐器中,学以致用.通过实验操作和现象观察,了解驻波现象,深刻理解波的叠加原理,解释生活现象。

#### (5) 活动主题五:吉他的结构和发声频率

**活动设计:**观察六弦古典吉他的结构,测量不同琴弦和同一琴弦不同品的振动频率.观察吉他共鸣箱体的结构,分析共鸣箱的作用和物理原理.了解十二平均律等乐理知识,体会音乐、数学、物理的关联性。

**驱动问题 1:**怎样测量琴弦各品的发声频率,吉他同一琴弦上各品的振动频率之间有数学规律吗?

**实验探究 1:**学生小组合作,用手机上APP“声音分析仪”分别测量不同琴弦和同弦不同品的振动频率,分析他们之间的数学规律。

**设计意图 1:**在教师指导下,通过动手操作和测量,探究传统弦乐器吉他的发声原理和频率规律.培养实验探究的能力,了解我国古代音律方面的研究成果。

**驱动问题 2:**乐器共振箱的作用是什么,对形状、大小、材质有要求吗?

**实验探究 2:**师生合作,测量红酒杯的固有频率,然后进行“声音震碎酒杯”实验(图6)。



图6 “声音震碎酒杯”实验

**设计意图 2:**引导学生通过动手实验,深入理解“固有频率”“共振”等物理概念,让学生现场看到共振现象,在震撼人心的场面下引导学生思考共振的防止和应用。

#### (6) 活动主题六:探究电吉他的发声原理

**活动设计:**比较电吉他与古典六弦吉他的结构和设计原理的差别,了解电吉他的工作原理.观察和欣赏教师自制的电磁感应琴(图7)的结构和发声效果,提出改进建议.小组合作设计一款电磁感应琴制作方案,由教师提供器材,学生课后继续自主完成安装和调试。



图7 自制的电磁感应琴

**驱动问题:**电吉他与古典吉他的结构有哪些区别,电吉他的基本工作原理是什么?请你设计一款电子琴的制作方案。

**实验探究:**动手观察和弹奏电吉他与古典吉他,设计和制作电磁感应琴。

**设计意图:**引导学生思考和了解现代科学技术对音乐领域发展的推动作用,通过分组设计方案和小制作活动,发展实践意识和创新精神。

#### (7) 活动主题七:我国古代声学领域的成就

**活动设计:**依托出土乐器和古代回声建筑等资料,介绍我国古代声学方面的应用,了解周朝初期的五声音节“宫、商、角、徵、羽”等史实。对于古诗“枫桥夜泊”,分别从文学赏析、历史背景、音乐声调、物理原理等角度进行解读。

如,为什么是夜里,而不是白天,能够清晰听到古寺钟声呢?从声调声速角度来看,有两个原因。第一,钟声的低频成分多,在空气中不易衰减,传播得远。第二,秋天深夜,靠近水面的空气温度比高处的空气温度稍低,声速与绝对温度正相关,导致地面附近钟声的传播路径是弯曲的,一部分射向空中后又偏折回湖面,如图8所示。

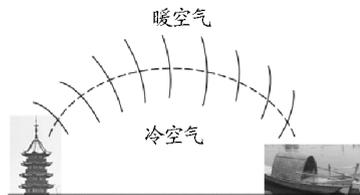


图8 夜晚部分钟声传播示意图

**驱动问题:**为什么会有“五音不全”的说法,尝试从几个不同角度欣赏这首古诗?

**理论探究:**学生个人、小组、音乐教师、物理教师等分别交流对古诗“枫桥夜泊”的分析。角度不同,解读就不同,体现跨学科知识的具体运用。

**设计意图:**领略中华民族丰富的文化内涵,坚定

文化自信,增强民族自豪感。引导学生从跨学科的知识、方法、思想出发,多角度分析事物,理解不同文化语境中音乐艺术的人文内涵。

#### (8) 活动主题八:自我小结,延伸课后学习

**活动设计:**学生小结本节课的收获和得到的启发,教师给学生布置课后继续探究的任务主题。给每位学生配发一支“竹笛哨子”,课后继续自主探究。

**驱动问题:**在今天的课堂上,你受到了什么启发,还有哪些方面有待继续探究?

**课后探究:**第一,观察竹笛哨子的结构,探究“推拉活塞时哨子发出不同音调的声音”,为什么。第二,尝试用该竹笛演奏简单的乐曲。

**设计意图:**总结心得体会,将学习从课内延伸到课外,从学以致用到为用而学。

## 5 总结与反思

在与物理有关的跨学科教学活动中,实验探究是主要学习方式,实现做中学、用中学、创中学。这时,实验不只是达成对理论的感性认识,不只是单纯用来验证理论,也不只是培养动手能力的工具,而是发展科学思维、建构跨学科大概念、形成跨学科理解的重要手段,如图9所示。

本课教学,遵循课内外整体化设计的原则,给学生充足的时间,注重体验和交流,通过8个实验探究或理论探究活动,让学生领悟到物理和音乐是相通的,在形而上的哲学层面是统一的,都是追求世界和谐。跨学科教学活动,有必要持续地开展下去,这是发展核心素养的要求,也是培养高素质创新人才的途径。

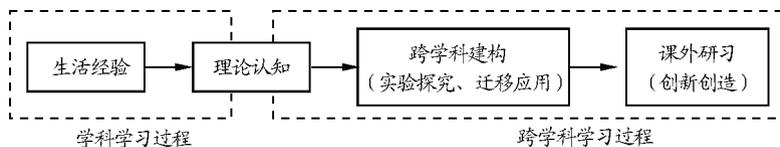


图9 学科教学与跨学科教学的关系

## 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)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [2] 周朝成,李敏. 大学跨学科研究组织的内涵、特征与管理

模式探析[J]. 复旦教育论坛,2013,11(3):64-69.

[3] 李政道. 艺术和科学[J]. 文艺研究,1998(2):80.

[4] 沈致隆,齐东海. 音乐文化与音乐人生[M]. 北京:北京大学出版社,2017:55.