·国外教育·

美国初中物理教科书中跨学科内容的分析与启示

——以“声与光”为例

董博清[1]　彭前程[2]　魏愿坚[3]

(1. 河北师范大学教育学院,河北 石家庄　050024; 2. 人民教育出版社课程教材研究所,北京　100081;
3. 石家庄第二实验中学,河北 石家庄　051130)

摘　要: 当前,各种全球性和地域性的问题越来越呈现出多维性和复杂性的特点,要求课程改革创新学科组织形式,突出学科的综合性和实践性.教科书作为课程的重要文本形式,需要以跨学科的方式组织和呈现内容.重点分析美国初中物理教科书“声与光”中跨学科主题内容的选择与组织,以期为我国初中物理教科书编写和课程改革提供参考.

关键词: 物理学科; 教科书; 跨学科

21 世纪以来,各种全球性和地域性的问题不断涌现,并且涉及社会的多个领域和层次.任何一门独立学科都不可能彻底解决.这就要求课程改革创新学科组织形式、整合课程内容,突出学科的综合性和实践性.《义务教育物理课程标准(2022 年版)》增设了跨学科实践主题内容,关注日常生活、工程实践及社会的热点问题.[1]教科书作为课程的重要文本形式,需要关注多学科间的关联,以跨学科的方式组织和呈现内容.美国初中物理教科书内容的选取和编排兼具跨学科性和实践性.本研究将重点分析美国初中物理教科书中跨学科主题内容的构成与特点,以期为我国初中物理教科书编写和课程改革提供借鉴.

1　物理教科书中跨学科内容分析的设计

1.1　美国物理教科书内容的选取

美国教科书选取 2018 年浙江教育出版社出版的《科学探索者》,它是美国初中主流理科教科书,也是一套综合性的教科书,包括物理、化学、生物和地理.这套教材注重知识点之间的联系与衔接,并对概念和规律进行了拓展;注重与学生实际生活的联系,应用大量生活化情境作为学科情境,以加深学生的理解与应用.本研究选取这套教材中物理“声与光”内容,并对其中的跨学科内容进行分析.

1.2　教科书中跨学科内容分析的维度

跨学科教育的提出在于学生应对社会真实问题解决的需要,[2]培养学生多学科的知识运用能力和多种问题的解决能力.[3]物理教科书中的跨学科内容设置在于发现并呈现学科之间的内在联系,整合学科内容,培养学生在复杂情境中解决具体问题的综合能力.为此,本研究主要从跨学科内容的整合程度、情境设置两个方面,分析美国教科书跨学科内容的选取、组织和呈现,具体见表 1.

表 1　初中物理教科书中跨学科内容的分析维度

分析维度	具体类别	内涵说明
跨学科主题	主题内容	涉及到跨学科内容的主题、项目、问题、概念等
整合程度	关联学科	学生在相关学科中学习有共同主题的概念和技能等
	不同学科	学生在两门及以上不同学科中学习相关概念和技能等
	超越学科	学生在真实情境的问题分析和解决中应用多学科的知识和技能等
情境设置	真实情境	与学生个体、社会、科学和职业相关的生活情境
	虚拟情境	模拟情境、理想化情境、实验情境

关于整合程度,Vasquez 等人根据学科之间的整合主题及融合程度,将其分为单学科、多学科、跨学科和超学科,见图 1.[4]单学科指具体的学科,

基金项目:本文系 2019 年度教育部人文社会科学研究项目“初中理科教材中科学推理的国际比较研究”(项目编号:19YJC880017);河北师范大学人文社会科学研究基金项目——人工智能+教师教育专项“人工智能时代基础教育教学变革研究”(项目编号:S22RZ004)研究成果.

中国知网　https://www.cnki.net

如物理、化学、生物等；多学科是相关学科之间的整合，如技术与工程的整合、物理与化学的整合；跨学科是不同学科之间的整合，让学生从不同的学科视角认识和处理学习任务，以便全面、客观地分析和解决生活中的问题；超学科以社会生活中的现实问题为组织核心，让学生应用各类跨学科的知识和技能分析和解决真实情境的问题，以便增长学习经验、提高实践能力.

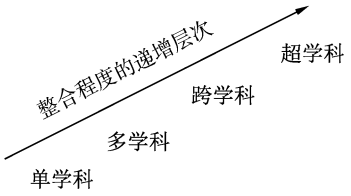

图 1 课程内容整合程度的递增层次

显然，除了单学科，其他层次的课程整合都涉及到两门或多门学科的整合，不管是相关学科还是不同学科，且都属于我国分科课程设置下，所说的跨学科意义上的整合.因此，本研究选取后 3 个层次的整合，将教科书中跨学科内容整合程度维度分为关联学科整合、不同学科整合和超越学科整合 3 个类别，具体内容见表 1.

关于情境设置维度，主要从情境设置的真实性程度来分析，包括真实情境和虚拟情境.真实情境指教科书中跨学科主题任务或问题中所涉及到的真实的、现实的环境信息，包括学生个人、社会、科学和职业生活等.虚拟情境是人为设置的情境，包括模拟的情境、理想化的情境和实验的情境.

1.3 教科书中跨学科内容分析的思路

首先，基于文本分析，整体分析教科书中跨学科内容的主题、所在章节、整合程度、呈现方式等；然后，具体分析每部分跨学科内容及情境的含义和作用；最后，结合初中生认知情况，整体分析跨学科内容的编写与组织特点，总结跨学科内容设置对学生学习物理的作用，并进一步提出教科书编写的借鉴与启示.

2 教科书“声与光”跨学科内容整体设置情况

“声与光”共包含 4 章，每章主题及所对应的跨学科内容分别为：“波的特点——地震波”“声音——怎样听到声音”“电磁波谱——无线通信”“光——看见光”.总体来看，跨学科内容包括相关学科、不同学科和超越学科，涵盖了个人、社会、科学和职业的多种真实情境，没有虚拟情境.从所处位置来看，每章的最后一节或倒数第二节设置了与这章内容相关的跨学科主题内容，如地震波等.在所有章节末尾设置了“跨学科探索”专题，从语言艺术、数学、科学、社会研究等多个领域和视角分析“电影的魔力”，见表 2.

表 2 初中物理教科书“声与光”跨学科内容的整体设置情况

内容	跨学科主题	所跨学科	整合程度	情境设置
声与光	地震波	与地球科学的综合	相关学科	科学情境：地震波 社会情境：智利西部地震事件 社会情境：印度尼西亚海啸 职业情境：科学家检测地震波 职业情境：地质学家勘察资源
	怎样听到声音	与生命科学的综合 与社会科学的综合	不同学科	个人情境：人耳结构与功能 个人情境：听觉丧失 社会情境：助听器 社会情境：运输工具减小噪声 社会情境：政府立法限制噪声
	无线通信	技术与设计 与历史科学的综合	不同学科	个人情境：观看比赛收听广播 社会情境：收音机等传送信号 科学情境：移动电话工作原理 科学情境：通信卫星传送信号
	看见光	与生命科学的综合	不同学科	个人情境：观看打棒球比赛 个人情境：人眼结构与功能 个人情境：矫正视力
	电影的魔力	跨学科探索	超越学科	社会情境：电影的产生与发展 科学情境：电影制作原理 科学情境：电影中模型的制作 社会情境：电影中的时事

3 教科书“声与光”跨学科内容具体编写情况

3.1 地震波——与地球科学的综合

地震波包含两部分：地震波的类型和检测地震波.每部分的编写都与历史上所处地理位置发生

中国知网 https://www.cnki.net

的大事件结合，充分体现了物理与地球科学的整合，具体内容如下.

3.1.1 地震波的类型

首先，教科书呈现历史真实情境：1960年，智利西部太平洋底发生大地震，地震波威力之强、传播速度之快，迅速到达海岸边，对智利的建筑物和人民健康造成极大破坏.情境的设置让学生感受到地震波的威力与危害，也激起了学习的兴趣.接着，教科书从科学的角度分析地震波的产生，让学生认识地震波的两种表现形式：纵向传播的P波和横向传播的S波.P波与S波在地球表面相结合形成表面波.海底地震能够在海面产生巨大的表面波，又叫海啸.之后，教科书呈现2004年印度尼西亚苏门答腊岛海岸附近地震引发的海啸现象，让学生真切感受到海啸对人类产生的巨大影响.

3.1.2 检测地震波

这部分主要设置了科学情境，从地震仪测量原理、科学家测知地震发生位置、地质学家应用地震仪勘察矿产资源等方面来编写.首先，科学家用计算机记录地震波穿过地球表面所产生的运动数据，比较P波和S波的波速，测量P波和S波到达地震仪的时间差，预知地震发生的位置.另外，地质学家通过地震仪测得的数据，勘测石油、矿产等资源的情况，并配以科学家利用地震仪研究数据的插图，将科学事业与物理学习紧密融合在一起.

3.2 怎样听到声音——与生命科学的综合

这部分内容主要从生命科学的视角分析声音的传播和被感知；从科学与社会学的视角分析如何减小噪声污染，体现了科学、社会学和生命科学的整合.

3.2.1 人耳

首先，教科书设置个人生活情境，引发学生思考大脑如何接收到信息的问题.沉睡中突然被闹钟惊醒，是因为耳朵觉察到闹钟发出的声音.那么，耳朵如何传输声音呢？接着，教科书介绍耳朵的结构及功能，通过耳朵的结构示意图，详细阐述了外耳汇集声波，并将其传入耳膜，引起锤骨、砧骨、镫骨振动，再传至内耳，并被大脑神经接收的整个过程.显然，这部分编写很自然地将声音传播与生命科学结合起来，体现了学科之间的内在关联.

3.2.2 听觉丧失

虽然人耳具有传播声音的功能，但也有听不到声音的情况，所谓听觉丧失.首先，教科书举例说明导致失聪的因素，如，耳膜损坏或穿孔；病毒或细菌感染损坏内耳；持续听响度很高的声音，致使耳膜中的毛细胞损坏，不再向大脑传输信号等.另外，随着年龄增长，老年人耳膜的毛细胞渐渐死去且无法取代，会听不到频率较高的声音.教科书针对不同类型的失聪，提出改善听力的办法，如使用助听器放大听不到的声音频率等.

3.2.3 保持安静——科学与社会

为了保护耳朵，避免噪声危害而失聪，应该怎么做？教科书针对个人健康安全问题，从社会学视角分析解决噪声污染的措施.在个人层面，面对嘈杂的环境，可以佩戴护耳器，或用耳朵防护装置；也可通过减小声源降低噪声危害，如买噪声小的机器等.在社会层面，科学规划公共设施的建筑位置，如使机场远离住房；通过罚款或立法制止噪声等.在政府层面，可以设立国家机构，消除、管理和控制噪声.

3.3 无线通信——技术与设计

这部分内容主要分析无线电在日常生活、社会生活及科学生活中的多种运用，展现了技术与设计、科学与历史的关联与融合.

3.3.1 收音机和电视

通过电视就能观看另一座城市的比赛直播，或者即刻收听来自非洲电台的报道.这是如何实现的？电台和电视如何传递信息？思考问题之后，教科书具体分析广播电台和收音机通过调幅和调频传送无线电信号的过程与原理，让学生认识日常生活中的无线电应用.另外，社会中不同职业者在工作中也都运用到无线通信，被分配了专用的无线电频率，各自占用不同的频段，之间互不干扰.教科书通过列表展现节目播送的频段，包括生活中常见的AM电台广播、UHF电视等，引导学生认识无线电频谱的构成与设计.

3.3.2 移动电话

日常生活中最常用的移动电话就是使用高频段的微波来传递和接收信号.教科书从科学的视角阐述了移动电话传送信号的整个过程：移动电话产生微波、信号塔接收信号、中央枢纽接收信号并传输给接收器、接收器将信号传递给另一部移动电话、铃声响起.另外，发送短信、从互联网获取信息、拍照、摄像等，都可通过移动电话传送无线电信号来实现.

3.3.3 通信卫星——科学与历史

通信卫星类似于移动电话系统的接收器和发射器.教科书从卫星电话系统、电视卫星、全球定位系统3个方面阐述通信卫星可以接受无线电波、电视和电话信号，并能够在世界各地的接收站转播.同时，用插图＋文字的方式，呈现了从19世纪末到21世纪无线通信的整个发展历程，包括首次无线传送、

中国知网 https://www.cnki.net

跨越大西洋的第一个信号等，完美地将科学与历史整合，不仅让学生认识了无线通信的广泛应用，还了解了无线通信在历史上应用的重要事件.

3.4 看见光——与生命科学的综合

看见光部分主要包括人眼和矫正视力两个内容.教科书通过眼睛结构与功能、矫正视力等内容的呈现，将光学内容与生命科学很好地结合起来.

3.4.1 人眼

教科书首先设置学生打棒球的生活情境，引导学生思考眼睛为什么能够实现调整焦距并将目光聚焦在球上的问题.然后，教科书指出，眼球和大脑组织经过一系列活动让人感受光、看到物体.接着，依次介绍了角膜、瞳孔、虹膜的结构与功能，分析了晶状体成像的过程.视网膜上的视杆细胞和视锥细胞将所成的像转化为信号传递给视神经，大脑接收信号后把来自于左眼与右眼的像合成为一个三维像，人就看见了物体.

3.4.2 矫正视力

当视网膜上成的像模糊时，就需要佩戴合适的眼镜来矫正视力.教科书分别分析了患近视和远视的表现和改进方法.近视是因为晶状体把物体的像聚焦在视网膜前方，需要佩戴凹透镜，发散进入眼球的光，使形成的像后移，刚好落在视网膜上.远视刚好相反，需要佩戴凸透镜，聚集光以保证视网膜上有清晰的像.总之，教科书通过看见物体的原理分析、看不清物体的原因分析与矫正方法，将物理与生命科学很好地结合起来.

3.5 电影的魔力——跨学科探索

3.5.1 语言艺术中的电影

电影的魔力在于其中语言的运用与观点的呈现，这就是语言艺术活动.教科书通过《加勒比海盗》电影中角色关系的分析，阐明电影中角色及其观点间的交替变化，让学生感受电影中语言艺术与科学的融合.

3.5.2 科学中的电影

如何让静止的图片变成活动的电影？首先，教科书通过视觉暂留的解释，让学生认识连续动作及连续画面的产生原理，进而阐述电影的制作过程.然后，呈现 19 世纪西洋镜制作的第一部动画片、爱迪生发明电影摄影机等，从历史角度让学生继续认识和体会电影的制作.

3.5.3 数学中的电影

教科书从数学的角度阐释电影中模型的设计，继续介绍电影的精细制作，让学生进一步认识数学在电影制作中的重要应用.通过《指环王：双塔奇兵》影片中重要场景模型的制作过程，让学生认识电影中模型和真实实物之间的比例关系以及真实画面的呈现.

3.5.4 社会中的电影

教科书以“反映时代”为主题，通过历史上不同时期电影制作主题的分析，进一步说明电影反映人们在不同时期的思想与生活，包括《2001 年：太空旅行》《E.T》《黑暗中的人们》等，让学生从社会学的视角认识和研究电影科学.

4 初中物理教科书跨学科内容编写的借鉴与启示

通过分析发现，美国教科书在跨学科内容的选取、整合及情境设置方面都呈现出不同特色.以下将总结其编写特点，为我国教科书编写提供参考与借鉴.

4.1 重视技术工程与生命科学教育，关注跨学科融合

工程教育的跨学科性使得工程、技术、科学与社会紧密相连，例如信息与通信、医疗与健康等.美国教科书无线通信部分设计了收音机、电视、移动电话、卫星通信，通过数据的接收、存储、分配、传输等各种通信技术情境的设置，让学生认识设计与开发、操作与维护的技术，认识通信技术与社会的相互作用.另外，教科书注重声光与学生生命健康的联系，包括听觉、视力和地震波、海啸等，体现了生命科学、物理科学与地理科学的融合.

可以说，人类的每一项活动都依赖于产品的创造，它帮助人类获取食物、住宿、工作与交流.[5]这便是技术与工程之于人类生活的意义.那么，物理教科书需要关注技术与工程教育、生命科学和社会科学的联系，可以技术与工程情境为内容选取和组织的中心，例如与人类健康有关的产品和设备，疾病的诊断与治疗；能源的利用、废弃物和碳排放等，让学生认识技术工程对人类环境的影响，培养学生理解与使用、判断与评价技术产品的能力.

4.2 增强情境的真实性与多样性，关注多学科体验

美国教科书跨学科内容注重真实问题及真实情境的设置，包括智利西部地震、印度尼西亚的海啸、政府立法限制噪声等社会情境，还包括人耳结构与听觉丧失、观看比赛与收听广播等个人情境，以及地震波的产生原理、电影的制作原理等科学情境和科学家检测地震波、地质学家勘察资源等职业情境.同时，情境中涉及到物理科学、地理科学、生命科学、社会科学等多学科内容，让学生在真实的情境中认识各个学科之间的有机联系.

中国知网 https://www.cnki.net

为此,从情境设置来看,教科书可以创设真实的、非结构化的学习情境,重建学科知识的情境特征,让学生在面对复杂的情境中为了满足需要,从而运用各学科知识有效解决问题.例如,如何看见光?怎样听到声音?为了解决这样的现实问题,需要生命科学中人的器官的结构与功能、神经科学中大脑接收与传输信号、科学和社会学中预防视力下降和听觉损坏等知识与能力,让学生从多角度分析和解决真实的问题,培养学生的跨学科素养.

4.3 加强与社会现实生活联系,提高跨学科整合程度

超越学科体现了跨学科整合的最高程度.美国教科书中"电影的魔力"探索栏目体现了超越学科的整合模式.它以学生生活中的现实问题"电影如何制作"为主题,将语言学、科学、数学和社会学诸多学科融合到问题之中,并服务于学生解决"如何认识和制作电影"的现实问题,整合的过程注重学生的视觉体验、观看体验、观影感受等,让学生在不知不觉中参与到问题解决、跨学科知识学习中,进而整体感受电影的魅力.

为此,从内容选取而言,可以加强教科书与社会现实生活的联系,关注学生关心的社会现象、社会议题和社会活动等内容,将学科知识社会化,以社会问题为载体进行跨学科的社会生活整合,让学生体会社会生活的综合性和复杂性.从内容组织来看,可以社会生活中的现实问题为组织中心,寻找物理学科与其他学科的整合点,并将各学科知识融入社会问题解决之中,培养学生解决社会问题的综合能力,实现学生个人发展和社会需求的有机结合.

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 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[J].物理教师,2023(2):39-41.
3 黄瑄.基于 STEM 跨学科视域的科学教材分析[J].电化教育研究,2018(6):69-70.
4 Vasquez J, Sneider C, Comer M. STEAM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics[M]. Portsmouth, NC: Heinemann, 2013.
5 苏洵,丁邦平.美国 Pre K-12 年级技术与工程素养标准解读与启示[J].比较教育学报,2021(2):152-153.

(收稿日期:2024-03-24)

(上接第 67 页)

越高,速度v_1和速度v_2就越接近,因为高频率声波较不易受环境影响.比较声源运动和观察者运动情况,观察者运动的实验误差更小.这是因为加速度和速度较大,导致频移较大,接收频率更准确.[5]因此,在多普勒效应实验中,应优先考虑高频率和较大相对速度的实验条件.

5 误差原因分析

实验误差主要源于以下因素:

(1) 环境噪声:环境中的噪声会影响声音频谱分析的准确度,尤其在高噪声环境中.

(2) 设备质量和灵敏度:智能手机或平板电脑内置麦克风的质量会影响录音准确度,从而导致实验中测得的波源频率低于设定值.

(3) 软件处理限制:Phyphox 软件的分辨率限制有时导致相邻时刻频率数据相同,需剔除这些错误的数据.

(4) 实验设置误差:一维多普勒效应要求波源和观察者的速度矢量与连线在同一直线上.实验中,由于相对运动,音箱和麦克风难以完全对齐.

6 结语

传统实验教学的传承和数智化赋能是目前实验教学变革的一个主要方向,尤其对于物理科目来说,数智化实验教学能够使学生更有效地理清复杂物理模型之间的关联,并激发他们对科学的兴趣.本文对学生较易理解的一维多普勒效应进行了定量研究,并利用学生熟悉的实验器材进行了验证,不仅进一步加深了学生对多普勒效应的理解,培养了学生交互验证的思维,也展示了数智化技术在物理教育中的巨大潜力.与昂贵的传统实验设备相比,智能手机作为本实验的主要工具,不仅易于获取、便携,而且更符合当代学生的生活方式,能显著提高他们对物理实验的兴趣和参与度.

参考文献:

1 陈明选,周亮.数智化时代的深度学习:从浅层记忆走向深度理解[J].华东师范大学学报(教育科学版),2023,41(8):53-62.
2 张瑜,陈晓平.一维多普勒效应的实验研究[J].物理教学探讨,2023,41(2):46-48,52.
3 吴键兵,陈娴.中美高中物理教材对比——以"多普勒效应"为例[J].中学物理教学参考,2022,51(23):62-64.
4 施灿,楚吉敏,方立铭.一种常见多普勒效应的理论和实验研究[J].物理教师,2022,43(6):56-58.
5 张昉璇,程敏熙,张华.基于智能手机的多普勒效应演示实验教学设计[J].物理教学,2018,40(10):77-80.

(收稿日期:2024-03-23)

中国知网 https://www.cnki.net