

追寻“传声”的脚步：将声速测量历史融入大学物理实验的教学设计

杨博, 张强, 陈婷, 高涵*

山东建筑大学理学院, 山东 济南

收稿日期: 2026年5月16日; 录用日期: 2026年6月20日; 发布日期: 2026年6月26日

摘要

声速的测量是大学物理实验课程中经典的实验项目。传统实验教学方式存在重操作、轻思想的问题, 导致学生对实验方法背后的科学逻辑理解不足。本论文以声速测量发展史的教育价值为出发点, 提出将物理学史融入声速测量实验教学设计方案中。通过课前物理学史引导, 课堂溯源分析和课后拓展三个环节进行展开, 在保证学生能够掌握测量技能的同时, 能够领会“转换测量”的核心物理思想, 感悟科学家追求精确的科学精神, 实现知识传授与价值引领的统一。为验证此教学设计方法的有效性, 本论文针对性地提出了实验研究的评估方案, 设置实验组和对照组进行对比, 进行数据采集, 并进一步分析, 为后续教学实践提供实证基础。

关键词

物理学史, 声速测量, 大学物理实验, 教学设计, 课程思政

Tracing the Steps of “Sound Transmission”: Integrating the History of Sound Velocity Measurement into the Teaching Design of University Physics Experiments

Bo Yang, Qiang Zhang, Ting Chen, Han Gao*

School of Science, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

Received: May 16, 2026; accepted: June 20, 2026; published: June 26, 2026

*通讯作者。

文章引用: 杨博, 张强, 陈婷, 高涵. 追寻“传声”的脚步: 将声速测量历史融入大学物理实验的教学设计[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 1194-1200. DOI: 10.12677/ae.2026.1661244

Abstract

The measurement of sound velocity is a classic experiment in university physics laboratory courses. Traditional experimental teaching tends to emphasize operational procedures while neglecting the underlying scientific reasoning, leading to students' insufficient understanding of the scientific logic behind experimental methods. This paper starts from the educational value of the history of sound velocity measurement and proposes integrating the history of physics into the teaching design of the sound velocity measurement experiment. The proposed approach consists of three stages: pre-class guidance on the history of physics, in-class traceability analysis, and post-class expansion. While ensuring that students master measurement skills, this design enables them to grasp the core physical idea of "conversion measurement," appreciate the scientific spirit of pursuing precision demonstrated by scientists, and achieve the integration of knowledge transmission and value education. To verify the effectiveness of this teaching design, this paper proposes an experimental evaluation plan, which includes setting up experimental and control groups for comparison, data collection, and further analysis, thereby providing an empirical basis for subsequent teaching practice.

Keywords

History of Physics, Sound Velocity Measurement, University Physics Experiments, Teaching Design, Ideological and Political Education in Courses

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“声速的测量”是大学物理实验课程中的一项基础实验项目。大学物理实验课堂上，一般采用干涉共振法(驻波法)和相位比较法(行波比较法)测量超声波在空气中的传播速度。然而，经过长期的教学实践，发现学生们往往只是能够按照实验步骤完成实验操作、数据读取，但是对于实验原理等关键问题缺乏深入的理解，比如：测量声速为什么要测量波长而非直接测量光传播的距离和时间？超声换能器是如何工作的？人类又是如何一步步实现精确的声速测量？那么，这些问题指向了实验教学的核心——物理思想与科学方法的培养。

大连理工大学王明娥团队提出将物理学史与大学物理教学相融合的新思路[1]，因为物理学史完整记录了人类探索和认识物质世界的发展历程。物理学的发展史包含育人的素材、基本实验方法和科学思维。通过物理学史与大学物理实验课堂的融合，不仅能够激发学生的好奇心和学习兴趣，还能够帮助学生在物理理论和物理实验的结合过程中，更加深刻地理解物理学科中包含的科学方法和科学思维，体会物理学家勇于探索的精神。近年来，课程思政与声速测量实验教学的结合的研究也取得了一定成效[2]-[5]。然而，如何系统地将声速测量的发展史融入教学设计，使学生在“动手做”的同时也能“用心悟”，仍值得深入探索。

近年来，在声速测量实验中融入课程思政或物理学史元素的研究层出不穷。前期有研究侧重于思政融入思路的研究，缺乏系统教学设计框架；也有研究提出利用目前先进的数字技术——智能手机复现历史实验，其侧重点在于数字工具的利用，而非科学思想的历史演进历程。然而本论文的独特之处在于：

(1) 构建完成的“测量思想演化链”：从梅森 - 昆特 - 居里兄弟，(2) 教学环节优化：把物理学史元素融入课前 - 课中 - 课后三段式教学中，(3) 设计符合学生专业和学情的讨论题和辩论题，使价值引领在辩论中发生。

本文以“声速的测量”实验为例，挖掘在声速测量史上的关键科学事件与科学思想，设计融入物理学史的实验教学方案，并探讨其在激发学习兴趣、深化原理理解、实现课程思政等方面的效果。

2. 测量声速历程中的教育素材

最早声速的测量可追溯到 1635 年，有着近四百年的历史，声速的数值从粗略测量到精确测量，经过了无数物理学家的努力，凝结了物理学家们的智慧。这段声速测量史能够为声速测量实验教学设计提供丰富的课堂教学素材。

2.1. 早期探索：从马兰·梅森到“时间差法”的确立

人类对声速的定量测量始于 17 世纪初。早在 1635 年，法国科学家马兰·梅森首次成功进行了声速测量。他采用了一种比较简单的方法：站在较远的距离观察火药发出的闪光，与此同时记录下听到枪声的时间，用经典的运动学公式，即用距离除以时间差得到声速($v = s/t$)。当时梅森测得的声速的数值约为 316 m/s，与现代精密仪器测量的数值相比存在一定误差，但他的工作开创了声速测量的先河。

梅森测量声速这一历史片段蕴含着珍贵的教育价值。第一，它展示了科学测量速度的最基本的物理思想——把速度测量转化为距离和时间两个基本物理量的测量。第二，梅森声速测量精度受到人为影响较大，人听到声音存在一定的反应时间约为 0.2 秒，导致了人为计时误差。另外，在数百米的距离上可能会导致观察的不确定性。这一人为误差也引出物理实验教学中关于“测量精度”和“误差来源”的讨论：想要提高声速测量的精度，其关键在于掌握精确测量极短的时间间隔。

2.2. 方法演进：从“时间测量”到“空间测量”

早期，科学家面临着计时工具发展还不完善，计时工具精度还远远不够的问题，这一问题引起了科学家的思考：是否存在能够绕过直接测量时间的难题，通过空间量的测量来确定声速？这一关键的思路变化，就发展出了声速测量的经典方法——共振法。

德国科学家古斯特·昆特(August Kundt)在 1866 年发明了新的声学实验仪器——“昆特管”(Kundt tube)，主要用来测量固体或者气体中的声速，并演示声驻波现象，其实验原理通过调节声源频率使管内形成驻波，煤油或泡沫颗粒在波腹处因剧烈震动形成喷泉状，而波节处则保持静止。昆特的声速测量论文在 1866 年发表在物理年鉴上。图 1 我们给出了“昆特管”的实验示意图。通过测量相邻波腹间距结合频率参数可计算声速($v = f \cdot \lambda$)，大大提高了声速测量的精度[6] [7]。从昆特实验中，我们能够学习到一个重要的科学思想，就是转换法，也就是说把难以直接测量的物理量(极短的时间)转换为容易测量的物理量(长度)，这一科学思路在物理学的研究中是具有普适性的。通过对比现在声速测量实验和昆特实验，其核心思想是一致的：已知频率，测量波长，通过公式计算获得声速。

2.3. 现代发展：压电效应与超声技术的引入

在 1880 年，由居里兄弟发现的压电效应，在 20 世纪初为声速的测量带来了新突破。压电效应(Piezoelectric Effect)指某些各向异性的电介质具有机电耦合效应，有正、负两种压电效应。压电效应的发现为超声波的产生和检测提供了新方法。早在第一次世界大战期间，郎之万利用石英的压电效应制成水下超声探测器，用于探测潜艇。这次应用开启了压电应用的新篇章[8]。

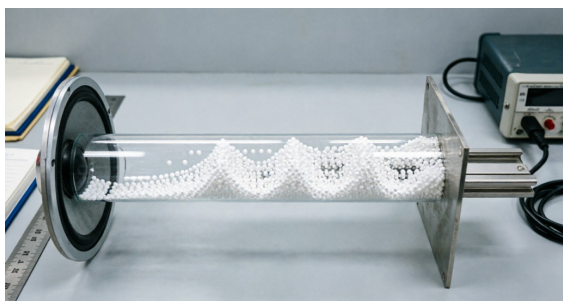


Figure 1. Diagram of Quincke's tube
图 1. “昆特管”示意图

压电换能器是一种能够巧妙实现信号转换的设备，能够将电信号高效地转化为声信号。压电换能器在声速测量实验中的应用，实现了从普通声波到超声波的推广，实现了外在环境的噪声干扰。另外早期机械式的测量会带来较大的误差，压电换能器的使用实现了电信号的测量，实验精度得到大幅提升。当前大学物理实验中声速测量仪中的核心器件正是压电陶瓷超声换能器，如图 2 所示。



Figure 2. The piezoelectric ceramic transducer in a sound velocimeter
图 2. 声速测定仪中的压电换能器

压电效应的发现让人们意识到机械能和电能之间可能会存在可逆转换性，这一发现为理解材料在应力 - 电场耦合作用下的表现提供了理论基础。压电效应的发现奠定了现代传感器和执行器的技术基础，同时推动了高度计时与通信技术升级进步，开启了无源供电与能量收集新路径，也促进了医疗诊断与治疗技术的革新。压电效应这种基础的物理现象被广泛应用，推动了现代技术的革新。

2.4. 科学思想与人文精神的提炼

综合上述声速测量实验发展历史，可以提炼出声速测量实验教学中融入的核心元素，见表 1。

Table 1. Educational resources in the history of sound speed measurement

表 1. 声速测量史中的教学素材

历史阶段	代表人物	核心贡献	可融入的教学点
初创期	梅森	首次测量声速(时间差法)	基本测量原理；人为误差来源
发展期	昆特	驻波法测声速	转换法思想；空间测量代替时间测量
突破期	居里兄弟	发现压电效应	基础研究价值；科学发现偶然性与必然性
现代期		超声技术的应用	技术演化路径；创新思维培养

3. 融合物理学史的教学设计

基于上述历史发展素材,我们设计了“课前-课中-课后”三阶段融入式教学方案,使物理学史融入实验教学中。

3.1. 课前预习:结合声速测量历史发展中遇到的问题预习实验

课前一周,通过智慧树发布预习任务:

任务一:阅读声速测量发展历程。完成老师上传的声速测量实验演化进展相关资料,了解梅森、昆特、居里兄弟等科学家在解决科学问题中所做的工作。问题引入:假设你是17世纪的科学家,在没有电子计时器的情况下,如何解决声速测量所面临的实际困难?

任务二:实验原理预习。观看智慧树线上平台的实验教学视频,学习干涉共振法和相位比较法的基本原理。思考:现行的干涉共振法和相位比较法两种实验方法和昆特的方法相比较,有何异同?当前的实验方法如何体现了“转换法”的思想?

任务三:拓展延伸(选做)。鼓励学生对中国古代在声学方面的成就的搜集,比如天坛回音壁、明代朱载堉的律学研究等,鼓励学生准备在课堂中积极分享。

这一设计借鉴了王明娥等提出的“课前引导”策略,目的是让学生开始声速测量实验之前就对声速测量实验的历史脉络有初步印象,带着问题来上课,实现从被动接受转变为主动探究。

3.2. 课堂融入:将声速测量发展史与课堂融入

课堂教学分为三个环节,总时长约135分钟(3学时)。

环节一:通过声速实验历史的引入,激发学生的兴趣(15分钟)

“你知道人类第一次测量声速是在什么时候吗?当时的测量值是多少?”,通过这一简单的问题开始实验。简要介绍梅森在1635年的实验及其原理图,引导学生思考测量精度受限的原因。

接着,通过昆特管图片的展示,说明昆特实验设计的巧妙之处:粉末聚集形成图案直接让声波的形状具象化。引出昆特实验的核心思想——“转换法”:把时间测量转变为长度测量。强调:现在声速测量实验使用的驻波法和相位法,本质上仍是“转换法”思想的延续。

环节二:实验探究,操作中体会(100分钟)

学生分组进行声速测量实验操作,测量超声波在空气中的传播速度。教师在巡视指导中适时穿插历史讲解:

在学生调试示波器、观察示波器波形图时利用驻波法测声速时,与学生探讨,昆特当年在没有示波器的前提下,如何利用粉末的振动推断出驻波的存在。科技的进步,让我们的实验更直观也更简单,但是用到物理思想仍是当时昆特提出的“转换法”。

当学生利用相位法测声速时,与学生探讨相位法的本质——比较两个信号的“步调”。当年,受限于实验条件梅森只能用耳朵听、用秒表计,现在我们用电信号比较相位,测量的本质仍是比较传播时间差,并未发生改变,改变的是精度。

环节三:专题讨论,深化理解(20分钟)

实验数据测量完毕后,组织小组讨论:

(1) 方法对比:驻波法和相位法各有何优缺点?它们与历史上的孔特法有何异同?

(2) 误差分析:实验结束后,通过数据处理,计算出自己测量声速的大小,与梅森的测量值(约316 m/s)、昆特的测量值(约330 m/s)比较。分析当前实验条件测量精度提升的原因。

(3) 科学精神：学习声速测量发展史中：梅森、昆特、居里兄弟等科学家事迹，总结科学家们身上的共同品质，思考这些优异品质对自身的影响。

讨论过程中鼓励学生结合自己查阅的资料发言。引导学生认识到中国古代声学方面的成就，说明声学并非西方独有，引导学生认识到中国古代的先进思想。教师结合学生发言，引导学生认识到：科学进步是一代代人接力完成的事业，今天的每一个实验都站在巨人的肩膀上。

3.3. 课后拓展：让历史照亮未来

课后设计两个拓展任务，供学有余力的学生选做：

任务一：利用现代先进数字技术复现历史实验。借助智能手机在物理实验中的应用研究，鼓励学生利用手机 App (如 FizziQ、Phyphox) 复现梅森实验。具体操作方法如下：用两部手机分别启动声学秒表功能，通过拍手发出声音触发计时，根据两部手机记录的时间差和距离计算声速。这一测量方法把历史方法与现代技术相结合，让学生亲身体验从“简陋”到“精密”的演进。

任务二：鼓励学生利用课余时间和软件制作微视频或撰写小论文。鼓励引导学生围绕“声速测量史”制作科普微视频，或撰写研究小论文。鼓励学生创作优秀作品，在课程平台上展示，并推荐参加相关竞赛。

3.4. 思政育人润物无声

通过居里兄弟、昆特等人的事迹，让学生在学习过程中自然感受到科学家们的探索精神。通过居里兄弟发现压电效应，引导学生发现基础研究的重要性。

4. 教学效果评估设计

一个新的教学设计的提出，检验其有效性是很有必要的。因此，本论文拟采取设置实验组与对照组，通过数据收集、分析，最终直观地呈现教学效果。

4.1. 选取研究对象

选取同一学期开设大学物理实验课程的同专业的班级，分别设为实验组(采用本文第 3 部分所述的融合式教学设计)和对照组(采用传统实验教学模式，即仅按实验步骤讲授操作，不融入物理学史及专题讨论)。

4.2. 数据收集方法

(1) 设计问卷：从实验原理的理解，声速测量实验涉及到梅森、昆特相关知识的物理学史的认识以及学习兴趣与科学精神认同三个方面出发，设计一份关于声速测量实验认知的问卷。

(2) 实验操作考核：从测量波长数据的准确性、处理数据的规范性、误差分析三方面评分。

(3) 课堂表现考核：教师通过记录课堂主动发言人数，发言质量以及小组讨论投入程度等方面得到学生课堂表现的基础量化数据。在讨论环节结束以后，学生以书写答案提交作业纸的形式，回答以下两个小问题：今天讨论中你印象最深的一个观点或问题是什么？关于科学家如何克服测量困难，你学到的一个新认识是什么？课后教师收集得到质性数据。

(4) 课后随机访谈：抽取实验组 6 名学生，围绕“科学历史案例是否帮助你理解了实验原理”“整个实验环节中哪个讨论题印象最深”等问题进行 10 分钟访谈。

4.3. 教学设计效果讨论

结合 4.2 中收集到的数据，利用 EXCEL 表格，从问卷得分、课堂观察的描述性统计等多维度进行数

据记录分析,并对实验组和对照组在实验原理解、误差分析和科学精神认同等方面进行比较,验证融合式教学的有效性。本文中提到的教学效果评估方案将会为教学实施提供明确研究方法。

5. 结语

物理学史与大学物理实验教学的融合,有效落实了“知识传授、能力培养、价值引领”三位一体的育人理念。本论文以“声速的测量”实验为例,沿着声速测量历史发展脉络,挖掘了从梅森到昆特到居里兄弟的历史素材,采用三段教学法——“课前引导-课堂融入-课后拓展”设计教学方案。该教学方案的突出特点在于:把声速测量历史讲解和实验操作相结合,让学生同时做到“动手做”和“用心悟”,在掌握测量技能,同时领会到“转换法”等核心物理思想,让学生在潜移默化中感受科学家追求真理的精神。此外,本文提出了系统的准实验研究评估方案,为后续教学实践提供了可操作的实证框架。

该课堂教学设计案例目前还没有大规模应用于实际教学课堂中,但是该课堂教学案例实现了对物理学史的深度挖掘和对大学物理实验教学规律的把握,未来会在激发学生兴趣,深化学生对物理原理的理解以及实现大学物理实验课程思政等方面产生积极课堂效果。通过融合物理学史的课堂教学设计,我们期待更多一线教师重视物理学史的教育价值,将更多经典实验的历史融入大学物理实验教学工作中,让学生在实验中“追寻传声的脚步”,同时实现知识的传授和文化的传承。

基金项目

教育部高等学校物理学类专业指导委员会力学课程教学研究项目(项目编号:JZW-25-LX-02);山东省教育发展促进会教育科研规划课题(项目编号:JCHKT2024173);山东建筑大学研究生教育教学改革项目:“物理+材料”学科交叉科研育人创新体系研究;山东建筑大学本科教学改革研究项目:“数字化技术赋能专业选修课课程思政创新研究”;2024年山东省优质专业学位教学案例库:SDYAL2024085《材料测试技术及方法》研究生教学案例库。

参考文献

- [1] 王明娥,刘升光,王真厚,等.物理学史融入大学物理实验教学的实践与探索[J].物理与工程,2025,35(2):94-98+129.
- [2] 曹京晓,李秋泽,李新忠,等.声速测量实验中思政融入和教学的改革探讨[J].科教导刊-电子版(下旬),2022(10):124-125+128.
- [3] 何雨泽,邓文超.整合科学史与数字技术的实验教学设计与实践——以智能手机支持的声速测量实验为例[J].中国科技教育,2025(7):20-24.
- [4] 李艳华,郑永春.物理学史在物理实验教学中的应用研究[J].大学物理实验,2021,34(5):112-115.
- [5] 张艳芳,刘畅.基于课程思政的大学物理实验教学改革探索[J].物理实验,2022,42(3):45-49.
- [6] 路骏岭,秦联华,傅敏学,李复,任乃敬.昆特管实验原理分析[J].大学物理,2015,34(8):23-27.
- [7] 声悬浮的起源与奥古斯特·昆特(August Kundt) [EB/OL]. 分析测试百科网. <https://www.antpedia.com/news/65/n-2405465-p-2.html>, 2020-06-16.
- [8] 裴先茹,高海荣.压电材料的研究和应用现状[J].安徽化工,2010,36(3):4-6+10.