

以固定均匀弦振动的研究为例对全国大学生物理实验竞赛（创新）讲课类比赛的思考与总结

范芸铭¹ 王奥运¹ 白岗²

1. 西安工业大学光电工程学院, 中国·陕西 西安 710021

2. 西安工业大学新生院, 中国·陕西 西安 710021

摘要: 依据《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》, 结合自身参加讲课比赛的经历, 对“固定均匀弦震动的研究实验”这一经典物理实验进行了深入的解读。论文将从学生以及教师的角度从实验原理、课程设计、重难点剖析、多元化的教学方法和实验拓展等多个方面进行阐述, 旨在帮助学生更好地理解实验原理、掌握操作方法、提高数据处理能力、培养独立思考能力和解决问题的能力, 激发学生的学习兴趣并提高学生的学习效果, 提高教师的教学质量。

关键词: 驻波; 线密度; 课程思政; 教学设计

Taking the Study of Fixed Uniform String Vibration as an Example, Reflection and Summary on the Lecture Competition of the National College Student Physics Experiment Competition (Innovation)

Yunming Fan¹ Aoyun Wang¹ Gang Bai²

1. School of Optoelectronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an, Shaanxi, 710021, China

2. New Student College of Xi'an Technological University, Xi'an, Shaanxi, 710021, China

Abstract: Based on the “Basic Requirements for Teaching Physics Experimental Courses in Higher Industrial Schools” and combined with my own experience in participating in teaching competitions, this paper provides an in-depth interpretation of the classic physics experiment “Research Experiment on Fixed Uniform String Vibration”. The paper will elaborate on experimental principles, curriculum design, analysis of key and difficult points, diverse teaching methods, and experimental expansion from the perspectives of both students and teachers. The aim is to help students better understand experimental principles, master operational methods, improve data processing abilities, cultivate independent thinking and problem-solving abilities, stimulate their learning interests, improve their learning outcomes, and enhance the quality of teaching for teachers.

Keywords: standing wave; linear density; course ideological and political education; instructional design

1 引言

驻波是由振幅相同、传播方向相反的两列相干波叠加产生的合成波, 是波的干涉的一个特例, 也是大学物理及实验中波动学的一个重要知识点。在我校的大学物理实验中, 利用固定均匀弦仪的震动来研究驻波, 并分析其相关的参数。在“弦线上驻波实验”中, 电动音叉振动并非严格的直线振动, 因此容易出现立体驻波现象, 这会产生较大的实验误差^[1]。固定均匀弦仪实验仪器利用电磁学原理使在竖直磁场中的通电的弦在水平面中振动起来, 这减少了立体驻波对实验的影响, 更显示出其优越性。在实际的教学实践过程中, 学生们更能直观地感受到驻波, 从而激发学生的学习兴趣。目前, 关于该实验仪授课内容的相关文献报道较少, 将结合我们的参赛经历, 对“固定均匀弦的震动”的重难点展开解读。

论文以教学目标为指引, 对“固定均匀弦的震动”的授课重难点展开深入剖析, 把握该实验的内在逻辑和备课逻

辑, 以深化对弦振动以及驻波的理解; 同时培养学生从理论出发联系实际解决问题的能力。

2 实验教学目标

大学物理实验是物理学教育的重要组成部分, 该实验课程既要求以学生已有的物理实验知识为起点, 又要与后续的实验课程适当配合, 旨在培养学生动手能力、观察能力、思维能力和创新能力。为了确保实验教学的全方位性和针对性, 为学生提供有意义的实验体验, 且要充分考虑教学资源、教学方法以及学生对已有物理知识掌握的实际情况, 确保教学目标的实现。同时, 教师应根据实验教学知识目标进行教学评价, 监测学生的实验表现和成果, 为教学反馈和教学改进提供依据, 我们从以下几个方面制定实验教学目标。

①了解固定均匀弦振动传播的规律; 观察形成驻波的波形, 并掌握形成驻波的条件; 并测定均匀弦线上横波的传播速度。

②学会观察和分析生活中与驻波相关的物理知识实例，寻求现象的共性并进行归纳分析以加强学生理论联系实际，培养学生创新意识和科研能力。

③激发学生物理的兴趣，树立严谨的科学意识；提高学生的实践能力和创新精神；培养学生的团队协作和沟通能力以更好地引导学生在实践中学习和创新。

3 实验课程思政教学探索与实践

在中国高等教育中，课程思政作为一种全面育人的综合教育理念，正逐渐融入各个学科领域。课程思政可以提升大学生的政治思想觉悟，通过课程思政与大学物理实验教学的结合可促进大学物理教学创新^[2]。我们在参加第九大学生物理实验竞赛中，以雷达融入实验课程的讲解，使学生了解中国在科学技术领域的取得的成就，激发学生们的爱国主义情怀，并引导学生要理论联系实际，关注生活中的实际问题，激发学生们对科学研究的兴趣，从而提高学生们的综合素质。通过实验思政问题、实验思政启发和实验思政分析实现思政和大学物理实验的融合教学，强化学生思想政治觉悟和辩证思维，使学生在物理学习中深入运用马克思的世界观和方法论来解决物理实际问题。

本节将以“固定均匀弦震动的研究”实验课程为例，分析课程思政元素在本实验课程中的具体应用效果体现并进行反思与改进。

3.1 课程思政教学设计

由于当前对该实验授课内容的相关文献报道较少，结合在实验比赛中的备课经验，进行反思，根据以上内容的解读，为帮助学生形成整个课程的课程体系，为促进学生全面发展，为《固定均匀弦振动的研究》实验制定了如图 1 所示的课程思政教学设计。

3.2 课程思政在“固定均匀弦震动的研究”实验课程中的实践意义

长期以来，专业教育和思政教育存在“两张皮”问题^[3]，尤其在大学物理实验课程中，教师往往过于关注学生的实验

操作和技能培养，而忽视了对学生思想道德、价值观及人文素养的引导和培育。“德才兼备”充分表明了专业课教学中融入思政教育的重要性和必要性，我们需要认识到在专业教育中结合思政教育对于培养德才兼备的优秀人才具有不可替代的作用。

第一，课程思政有助于引导学生树立正确的世界观、人生观和价值观。通过介绍弦震动的基本概念、实验原理和实验方法，让学生了解到弦震动是一种常见的物理现象，而研究弦震动的过程则需要不断探索、实践和反思。第二，课程思政有助于培养学生的创新思维和实践能力。通过在实验中学生操作实验设备、记录实验数据并分析实验结果可以锻炼学生的动手能力、观察能力和分析能力，同时培养了创新思维和实践能力。此外，课程思政还有助于培养学生的团队协作精神。在实验过程中，学生需要相互协作、共同完成实验任务。通过团队协作，从而培养了学生的团队协作精神和组织协调能力。

4 实验教学内容

4.1 实验原理

振动和波动是自然界中常见的两个物理现象，振动是产生波动的源，波动是振动的传播。波动具有反射、折射、衍射、干涉等现象。驻波是干涉的特例，本质是两个振幅相同的相干波（同频率、同振动方向、相位差恒定）在同一弦线上沿相反方向传播时波的叠加。

一根均匀弦，一端由劈尖 A 支撑，另一端由劈尖 B 支撑。对均匀弦进行扰动，引起弦线振动，于是波动由 A 沿弦线向 B 传播，称其为入射波。到达固定端点 B，发生反射，反射波沿弦线由 B 向 A 传播。弦线上两列相反方向传播的波叠加在一起，当弦线两个固定端 A、B 之间的长度满足适当的条件时，两列波会产生干涉叠加，从而形成驻波。此时，弦线上有一些点始终静止不动，称其为波节，另一些点的振幅始终最大，称其为波腹，其他点的振幅介于两者之间。

驻波的形状如图 2 所示。



图 1 课程思政教学设计

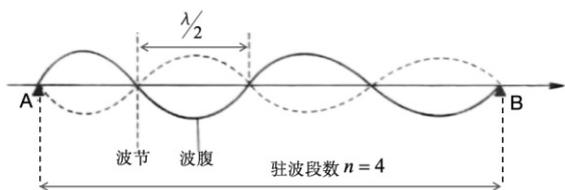


图 2 驻波的示意图

由此可知，形成驻波条件的数学表达式为：

$$l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (\text{公式 1})$$

故由（公式 1）可推导出弦线上传播的横波波长为：

$$\lambda = \frac{2l}{n} \quad (\text{公式 2})$$

由波动理论可知，弦线上横波的传播速度为：

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (\text{公式 3})$$

式中， T 为弦线中的张力； ρ 为线密度，即单位长度的质量。

波速、波长、频率的普遍关系式为：

$$v = f\lambda \quad (\text{公式 4})$$

将（公式 2）代入（公式 4）可得：

$$v = f \cdot \frac{2l}{n} \quad (\text{公式 5})$$

联立（公式 3）以及（公式 5）可得：

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (n=1,2,3\cdots) \quad (\text{公式 6})$$

故在给出了 T, ρ, l 时，只有满足（公式 6）的 f 才能形成驻波，对其变形可推导出弦线的线密度公式为：

$$\rho = \frac{n^2 T}{4l^2 f^2} \quad (\text{公式 7})$$

4.2 实验仪器

固定均匀弦振动仪、砝码。

4.3 实验内容及步骤

4.3.1 测量弦线的线密度 ρ

取频率 $f=100\text{Hz}$ ，张力 T 加 40g 砝码。调节 A, B 劈尖和磁铁，使 A, B 间分别出现二段三段驻波段，记录相应 l_A, l_B 坐标。

4.3.2 频率 f 一定时，改变张力 T ，测量弦线中横波速度 v_f

①取频率 $f=75\text{Hz}$ ，张力 T 加 30g 砝码，调节劈尖 B 使出现尽可能多驻波段数。记录相应 T, n, l 。

②逐次增加 5g 砝码至 50g 砝码为止，在各张力 T 下，重复以上操作。

4.3.3 张力 T 一定时，改变频率 f ，测量弦线中横波速度 v_T

①取 40g 砝码，频率 f 取 50Hz，调节劈尖 B 和磁铁，使出现尽可能多的驻波段，记录相应数据。

② f 分别取 75Hz, 100Hz, 125Hz, 150Hz，在各频率 f 下，重复以上操作。

4.4 实验数据记录及处理

①利用（公式 7）计算不同驻波段数对应的弦线线密度，

并求取平均值，完成表格 1。

表 1

$$f = 100 \text{ Hz} \quad T = 40 \times 10^{-3} \times g \text{ N} \quad \text{砝码盘质量 } m_0 = 6.48 \text{ g}$$

砝码质量 $m_i = 40 \text{ g}$

驻波段数 n	l_A/cm	l_B/cm	$l= l_B-l_A /\text{cm}$	线密度 $\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-1})$
2	12.51	59.62	47.11	1.80×10^{-4}
3	12.51	82.06	69.55	1.86×10^{-4}

$\bar{\rho} = 1.83 \times 10^{-4} / (\text{kg}\cdot\text{m}^{-1})$

由（公式 2）可知，当 $n=2$ 时，可得：

$$\lambda = \frac{2l}{n} = \frac{2|l_A-l_B|}{2} = |l_A-l_B| \quad (\text{公式 8})$$

②利用（公式 3）（公式 4）（公式 8），完成表格 2 及表格 3。

表 2

砝码质量 m/g	张力 T/N	驻波段数 n	l_A/cm	l_B/cm	λ/cm	$v_f = f\lambda$ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$
30.00	0.30	2	12.51	57.92	45.41	45.41	44.65
35.00	0.35			60.20	47.69	47.69	47.61
40.00	0.40			62.25	49.74	49.74	50.40
45.00	0.45			65.39	52.88	52.88	53.04
50.00	0.50			67.93	55.42	55.42	55.55

表 3

频率 f/Hz	驻波段数 n	l_A/cm	l_B/cm	λ/cm	$v_f = f\lambda$ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$
50	2	12.51	110.69	98.18	49.09	50.40
75			80.43	67.92	50.94	
100			62.25	49.74	49.74	
125			52.67	40.16	50.20	
150			45.91	33.40	50.10	

③利用 Excel 作图，制作 $v_f - T, v_T - f$ 拟合关系图，如图 3、图 4 所示。

在实验 4.3.2 及 4.3.3 中需要利用作图法对数据进行拟合，拟合结果如下。

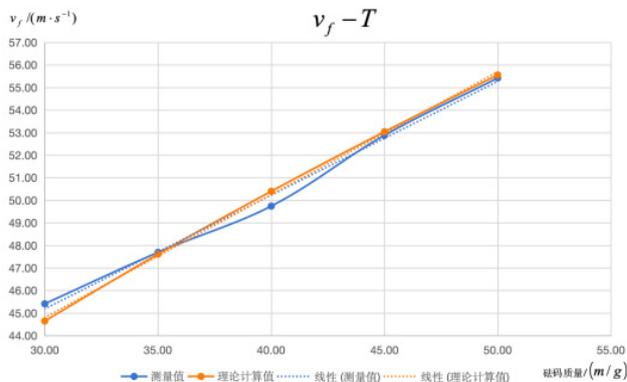


图 3 实验 4.3.2 数据拟合图

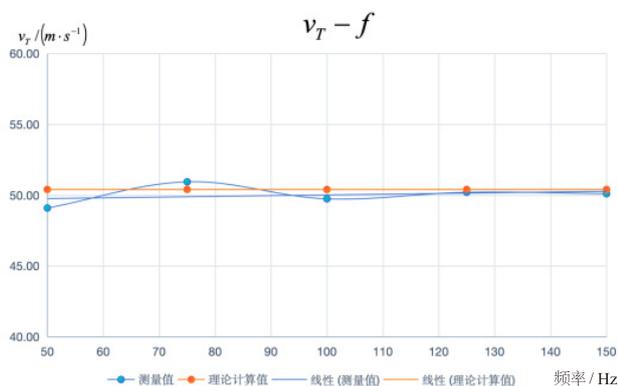


图 4 实验 4.3.3 数据拟合图

在实验中，由于测量工具不够精准，加之学生在测量过程中难免产生实验误差，因此我们需要对原始实验数据进行处理与分析。在计算弦线的线密度时，不仅可以利用（公式 7）分别求取弦线线密度再取平均值，还可以引导学生思考用其他方法来求解线密度，如制作 $T - \bar{v}^2$ 拟合曲线，由直线的斜率求解弦线的线密度，此法可大大降低由于计算产生的实验误差^[4]。

在实验数据处理及分析时，常需要用到不同的处理方法，这对于学生来说是有难度的，作为教师，要适时帮助引导学生回顾误差处理的原因及方法^[5]。

4.5 实验注意事项

明确实验注意事项可以让实验达到事半功倍的效果，同时启发了学生关注影响实验结果的因素。在实验中需注意以下几点，这也是同学们在实验及数据处理中常常忽略的点，会导致较大的实验误差：

①为了使实验更容易观察和记录振动特性，要对弦线处理一端紧，一端松。

②在实验过程中用镊子夹取砝码。

③改变挂在弦线一端的砝码时，要使砝码盘稳定后再进行测量，以提高测量的准确性和精度，避免测量结果受到不稳定状态的影响。

④在移动劈尖调整驻波时，磁铁不应放在波节位置，以避免磁铁放在波节位置从而影响波形、干扰驻波的形成。

⑤在实际实验中，砝码盘的质量是不可忽略的，因此计算时应记入砝码盘的质量。

5 结语

论文着重点在于对驻波原理、实验原理以及课程思政教学设计进行深入讲解，同时分析实验误差及实验注意事项，需要教师在备课时收集足够多的资料做好准备，才能充分调动学生自主发展的积极性，提升学生的自主创新能力。作为教师要长期坚持，想学生所想，做学生所需，必将能够在课堂教学中实现专业知识传授的同时，让思政教学真正达到基础实验课程中对学生思政教育的效果。

参考文献：

- [1] 易其顺,黄婷,李凡生.驻波实验中一个经常出现的错误[J].大学物理,2010,29(10):32-36.
- [2] 燕晶.大学物理实验教学融入课程思政的探究——以迈克尔孙干涉实验为例[J].广西物理,2022,43(4):241-243.
- [3] 史新伟,李杏瑞,祝柏林,等.实践育人,践行思政——基于大学物理实验的课程思政教学设计[J].物理与工程,2023,33(1):77-82.
- [4] 尚军,王新元.“吉他弦上驻波实验”授课重点与难点剖析[J].大学物理实验,2021,34(5):39-43.
- [5] 权松.大学物理实验中的误差理论——测量误差与测量不确定度[J].吉林建筑工程学院学报,2007(3):80-84.

作者简介：范芸铭（2003-），女，中国陕西富平人，在读本科生。