

“大中衔接”视角下的高中 物理科普课程设计^{*}

——以“激光应用”教学为例

尹亚玲[†] 谭 毅 陈佳妮 张雨菲 (华东师范大学物理与电子科学学院 上海 200241)

陆丁龙 (华东师范大学第三附属中学 上海 200540)

秦真科 (上海甘泉外国语中学 上海 200065)

摘 要 激光技术是人工智能时代必不可少的战略支撑技术。文章基于沪科版高中物理教科书(选择性必修)第一册第四章第五节“激光”,将激光应用及前沿技术引入课堂,设计“揭秘激光之旅”课程,并在上海地区的高中开展教学实践与分析,旨在提高学生物理学习的兴趣,培养学生的物理学科核心素养,力争改善大中学物理衔接脱节现象。

关键词 激光 大中衔接 科普课程

文章编号 1002-0748(2025)1-0032

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 背景介绍

近年来,随着课程改革的实施,我国中学物理教学的侧重点正从传授学科知识向培养学科核心素养转变。但与此同时,大、中学物理课程之间的衔接问题越来越突出。不同省份学生的大学物理先修知识之间存有差距,这对教师的教和学生的学都带来很大的挑战。“惧选物理”的情绪正由落后地区向发达地区、由二级高中向顶级高中快速蔓延。针对该问题,许多学校逐渐淡化应试教育,更加重视对学生的学习兴趣和创新意识等综合学科素养的培养,为“大中衔接”的研究与实践提供了平台与基础^[1-4]。

“双减”政策实施以来,“如何减”成了难题,而科普教育恰能弥补这个缺口。2021 年 12 月,国家发布的《关于利用科普资源助推“双减”工作的通知》指出,学校应充分利用科普资源,推动学生的全面发展。将科普教育与物理学科教育有机结合起来,有助于学生物理学科核心素养的形成^[5]。

激光技术的应用是当下热门话题之一,沪科版高中物理教科书(选择性必修)第一册第四章“光”中的“拓展视野”“STSE”等板块提供了多个科普素材。在此基础上,我们将激光应用引入课程,设计了科普课程——“揭秘激光之旅”。该课程与教材联系紧

密,降低了学生学习门槛。另外,激光技术在前沿领域应用广泛,有利于学生物理学科核心素养的培养及“大中衔接”的实现。

2 教学设计

结合《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》中提出的核心素养^[6]，“揭秘激光之旅”课程设置了以下教学目标：

(1) 物理观念。从物理学视角形成对激光的基本认识,包括激光的产生、性质等;通过物理观念,正确解释生产生活中激光的应用原理。

(2) 科学思维。通过科学推理,分析激光技术中的物理现象。鼓励学生质疑现有理论和技术,提出新的见解和解决方案,推动激光技术的创新发展。

(3) 科学探究。基于观察和实验,例如迈克尔逊干涉仪的虚拟仿真实验,经历科学探究过程,增强科学思维素养的问题、证据、解释、交流等要素的理解。

(4) 科学态度与责任。通过实验和物理学史学习,养成严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度;关注激光技术与科学、技术、社会、环境(STSE)的关系,逐渐形成探索自然的内在动力。

2.1 源起:激光从何而来

本环节作为课程开篇,结合生活实际应用“演唱

^{*} 基金项目:本文系 2022 年度教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会大中物理教育衔接工作委员会教学研究课题“大中物理实验教学衔接的研究与实践”(课题编号:WX202216)和华东师范大学孟宪承书院 2023 年度本科生创新创业培育项目的阶段性研究成果。

^{††} 通讯作者:尹亚玲。

会的激光秀”和“教学用的激光笔”，以贴近生活的方式抓住学生注意力，激发兴趣。教学过程中对学生能力的培养剖析如下。

(1) 培养学生观察、分析图像的能力。利用图1展现产生激光的复杂物理过程，便于学生理解。在教师的引导下，学生观察分析三幅图像，理解各图像所表达的物理过程，区分自发辐射和受激辐射。

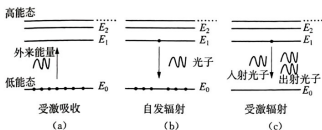


图1 激光的产生

(2) 提高学生文字溯源的能力。教学中采用词语溯源的方式，对“激光”一词进行溯源。“激光”一词来源于钱学森先生的翻译，其英文为 laser。对每个字母给出解释：L—Light(光)，A—Amplification(放大)，S—Stimulated(受激)，E—Emission(放出)，R—Radiation(辐射)。学生既可得到“通过受激辐射光放大”的形象认知，又能积累研究新事物的方法。

(3) 增强学生深度思考的能力。教学中采取视频动画形式，让学生思考激光的特点，提出新的问题：“辐射出来的光子一定会沿同一方向传播吗？”，激发学生深度思考，引入谐振腔这一概念。

(4) 增强学生对物理学史的理解。通过对激光的发明与发展历史的梳理，诺贝尔奖得主背后的故事及中国在激光领域的发展的讲解，帮助学生理解：①理论和实验的同等重要性；②科学与技术的关系等。

2.2 性质：激光为何特殊

本环节以介绍激光的特性为主，包括优秀的方向性、单色性、相干性和极高的亮度。讲解要点包含：①引入发散角概念，给出波长分布范围，并与其他光源对比加深印象(见表1和表2)。②讲解单色性时，介绍谱线宽度小的本质，理解“单色光”是同“质点”一样的理想模型。③从空间相干性与时间相干性两方面讲解相干性，前者与方向性紧密关联，后者与光源的单色性直接相关。教师可结合实际情况有选择性地分析特性背后的物理本质。

表1 方向性对比

光源	发散角	方向性
普通光源	与光学元件有关	远逊于激光
激光	仅为0.001 rad左右	极好

表2 单色性对比

光源	波长分布范围	单色性
太阳光	约在390~780 nm	无
氙灯光	分布的范围仍有 1×10^{-6} nm	较好
激光	可以窄到 2×10^{-9} nm 级别	远超其他光源

2.3 干涉：波长如何测量

该环节为本节教学难点，讲解两种测量激光波长的实验方法，帮助学生将激光应用与激光参数测量建立联系。进一步介绍与迈克尔逊干涉仪有关的引力波的测量，引出激光的前沿应用。

(1) 利用杨氏双缝干涉实验测量激光波长。杨氏双缝干涉实验是高中经典光学实验，实验原理如图2所示。在该实验中，通过测量干涉条纹的间隔和相关几何参数，可计算出激光的波长。

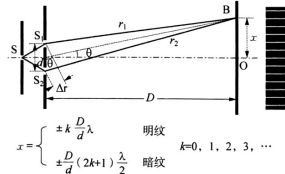


图2 杨氏双缝干涉实验原理图

(2) 利用迈克尔逊干涉仪测量激光波长。大学物理实验中有基于迈克尔逊干涉仪的激光波长测量实验。迈克尔逊干涉仪是精密的光学仪器，其光路原理如图3所示，利用其测量激光波长的实验原理与杨氏双缝干涉实验相似，区别在于干涉结构不同。在课程中提供迈克尔逊干涉仪虚拟仿真实验和动画演示，让学生直观地理解迈克尔逊干涉仪测量激光波长的原理。

(3) 利用干涉仪测量引力波。2017年诺贝尔奖得主雷纳·韦斯(Rainer Weiss)、巴里·巴里什(Barry C. Barish)和基普·索恩(Kip S. Thorne)利用激光干涉引力波天文台(LIGO)探测到了引力波，其结构就是大型迈克尔逊干涉仪。LIGO已经成功探测到了黑洞合并、双中子星合并等重要的天体物理现象，为人类理解宇宙提供了新的视角。

2.4 发展：激光有何应用

激光的应用种类繁多，直接列举不适合学生理解，故本环节采取“特性—应用”的方式，辅以图片和视频进行讲解：①方向性好——测距、雷达和制导等；②单色性好——精密测量、精准定位和测速等；③相

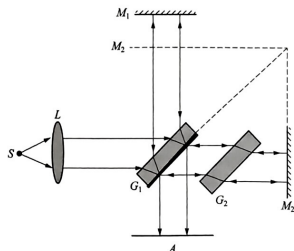


图3 迈克尔逊干涉仪测量激光波长实验光路图

干性好——光通信,通过光纤传输文字、声音、图像等;④亮度高——材料加工,如切割、打孔、焊接等。

2.5 思考:激光如此重要

本环节结合我国激光研究领域领军人物刘祖彦院士的科研经历,分别从人工智能、战略支撑、“追光”潮流三个角度向学生介绍我国激光技术的发展现状,让学生体会激光技术引领科技强国建设的重要性。

最后以刘祖彦院士的寄语作总结。融入课程思政元素,借此呼吁学生不要满足于当前的学习成绩和知识水平,应勇于探索未知领域,敢于创新,不断挑战自己,追求更高的科学成就。

表3列举了本课程涉及的知识点与中学物理、大学物理及物理前沿的关联情况,体现本科普课程的“大中衔接”特色。

表3 课程知识点情况

教学环节	与中学物理 结合点	与大学物理 结合点	与前沿物理 结合点
源起:激光 从何而来	光电效应 玻尔原子模型	谐振腔	/
性质:激光 为何特殊	激光的主要 特性	激光特性背后 的物理本质	/
干涉:波长 如何测量	光的干涉 杨氏双缝干 涉实验	迈克尔逊干 涉仪	利用激光干涉引力波 天文台(LIGO)测量 引力波
发展:激光 有何应用	生活中的激 光应用	/	无人机激光充电技术
思考:激光 如此重要	/	/	激光显示技术 实用化深紫外全固态 激光器 激光治疗血管病变

3 教学效果评价

我们分别在两所上海市区示范性高中的高一和高三年级开展教学实践,包含前测、课程教学和后测三个环节,具体情况如下。

3.1 高一年级教学效果评价

高一年级学生尚未学习光的干涉以及原子结构等知识,故教学中淡化激光原理和光波长测量的部分,侧重其特性与应用的联系,旨在让学生了解激光在各领域的应用。课堂教学现场如图4所示。表4中的后测结果显示,大部分学生对激光有了进一步的了解,对激光产生的本质问题解答的正确率达到90.24%。但在激光的特性和应用两题中依然有大部分学生漏选了答案而导致得分率低于50%,说明学生在该部分接受度有提升空间。



图4 课堂教学场景(1)

表4 高一年级后测题目及作答情况

高一年级后测题目	参考 答案	得分率
(1) 激光产生的本质是? () (A) 受激吸收 (B) 自发辐射 (C) 受激辐射 (D) 电磁辐射	C	90.24%
(2) 激光的特性包括? () (A) 方向性好 (B) 单色性好 (C) 相干性好 (D) 亮度高	ABCD	17.07%
(3) 激光单色性极好的物理本质是? () (A) 激光的振幅极大 (B) 激光的发散角小 (C) 激光的波长极小 (D) 激光的波长范围极小	D	19.51%
(4) 发明世界上第一台激光器的科学家是? () (A) 西奥多·梅曼 (B) 阿尔伯特·亚伯拉罕·迈克尔逊 (C) 查尔斯·汤斯 (D) 托马斯·杨	A	63.41%

续 表

高一年级后测题目	参考 答案	得分率
(5) 激光被广泛应用于以下哪些领域? () (A) 材料加工 (B) 通讯 (C) 精密测量 (D) 雷达	ABCD	31.71%

3.2 高三年级教学效果评价

高三年级学生已学习光学部分,教学中引导学生深入学习激光的原理,探究其特性背后的物理本质及应用,并将学习过的干涉与激光有机联系起来。简要介绍迈克尔逊干涉仪的原理,为将来大学阶段的学习搭建平台。课堂教学现场如图 5 所示。从表 5 中的后测结果来看,有 4 题的得分率较高,其中激光的应用得分率达到 100%,说明学生对本节课的接受程度较高。但是,关于迈克尔逊干涉仪的题目得分率偏低。由于迈克尔逊干涉仪不在高中物理知识范畴内,是大学物理知识的前置,该作答情况在情理之中。



图 5 课堂教学场景(2)

表 5 高三年级后测题目及作答情况

高三年级后测题目	参考 答案	得分率
(1) 激光产生的本质是? () (A) 受激吸收 (B) 自发辐射 (C) 受激辐射 (D) 电磁辐射	C	95.00%
(2) 有关迈克尔逊干涉仪的说法正确的是? () (A) 原理是光的干涉 (B) 能够非常精确地测量干涉中的光程差 (C) 主要用于长度和折射率的测量 (D) 人类用它首次测量了光的波长	ABC	20.00%
(3) 激光单色性极好的物理本质是? () (A) 激光的振幅极大 (B) 激光的发散角小 (C) 激光的波长极小 (D) 激光的波长范围极小	D	70.00%

续 表

高三年级后测题目	参考 答案	得分率
(4) 发明世界上第一台激光器的科学家是? () (A) 西奥多·梅曼 (B) 阿尔伯特·亚伯拉罕·迈克尔逊 (C) 查尔斯·汤斯 (D) 托马斯·杨	A	60.00%
(5) 激光被广泛应用于以下哪些领域? () (A) 材料加工 (B) 通讯 (C) 精密测量 (D) 雷达	ABCD	100.00%

尽管两次教学对象的学情有所不同,但均反映出—个普遍现象:学生对于高考范围以外的知识内容往往不够重视。以“激光”一节为例,绝大部分学生在课上忽略该部分内容,而在课下亦缺少对激光应用领域的了解与学习,容易在大学物理的学习中出现知识断层。

4 教学思考

本节科普课程配套丰富的课程资源,课件中包括受激辐射的动画演示、激光应用的图片与视频资料,此外还有迈克尔逊干涉仪的虚拟仿真实验。教学实践表明,本课程可适用于高中不同年级的教学,但要求教师根据学情有侧重地调整教学内容,辅以合适的教学方式。

对尚未接触高中光学的高一年级学生,以“感受”和“认识”为关键。该阶段的学生缺乏玻尔原子模型和光的干涉等概念认知,教师需结合学情对激光形成和干涉部分的内容进行删减,将重点放在激光特性和应用的教学上。此外要求教师考虑学生初中基础与激光特性的联系,可配合激光笔进行演示,引导学生观察和感受,并联系生产生活类比归纳激光的性质。采取“特性—应用”点对点联系的方式帮助学生认识激光在各领域中的应用,达到“扫盲”的效果。

对已学习了高中光学的高二和高三年级学生,以“深化”和“拓展”为关键。该阶段的学生已具备逻辑推理和观察类比能力,能够理解激光产生的微观解释和其特性的物理本质。教师在开展教学时可搭配课件动画,联系生活引导学生。干涉部分作为关键衔接点,学生已有杨氏双缝干涉实验作为基础,教师侧重结合光路图介绍迈克尔逊干涉仪,拓宽学生的认知。可以将动画演示、虚拟仿真实验等教学资

(下转第 31 页)

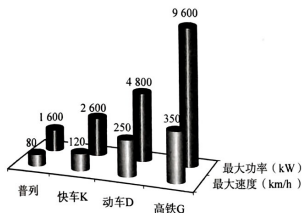


图 4 我国几种火车的最大速度和最大功率

3 结语

经历这次赛课的准备过程后,对引入实验的设计体会较多。带着这些体会观摩了参赛的其他课题,发现他们引入实验设计的一些缺陷。课后和一些授课老师交流,提供了一些修改思路(限于篇幅,不再列出),得到相关老师高度认可,遂将其总结梳理于前文。当然,物理课堂中的实验类型很多,除了引入实验,还有演示实验、验证实验、探究实验等。本文所述的要领不完全适用于其他类型的实验,各种不同的实验又有些什么不同的设计要领,值得我们在教学中进一步探索。

附:一节干电池拉动一辆汽车的基本原理

如图 5 所示,半径分别为 R_1 和 R_2 的同轴圆盘构成一级缩放系统。拉力 T_1 是前一级提供的动力,由拉力 T_2 接负载,忽略转轴摩擦等次要因素,由圆盘系统力矩平衡,有

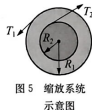


图 5 缩放系统示意图

(上接第 35 页)

源在课后提供给感兴趣的学生,拓展学习迈克尔逊干涉仪测量波长的原理。

本节课程不仅是对应试教育环境下被忽略知识的补充,更是为学生提供了衔接中学与大学物理课程的平台。在未来的教学中,教师可以有针对性地调整内容,结合班级学情有选择性地增加前沿科技的介绍,帮助学生拓展视野、培养兴趣,搭建好“大中衔接”的“桥梁”。

致谢:本文完成过程中得到华东师范大学物理与电子科学学院高婧仪和青白的帮助,特此致谢!

$$T_1 R_1 = T_2 R_2$$

得 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_1}{R_2}$, 即拉力之比等于圆盘半径之比的

倒数。圆盘边缘的速度之比等于半径之比,即

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

得拉力的功率之比为

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1 v_1}{T_2 v_2} = 1$$

可见,这样的缩放系统可以在保持功率不变的情况下将拉力放大。将多个这样的系统串联(如图 6 所示,其中的虚线代表没有紧张的皮带),可以在功率近似不变的情况下将拉力放大许多倍。我们的实验中,使用行星齿轮系统、自行车轮胎、自制转盘等组合系统,拉力累计放大 1 200 倍左右,以保证一节干电池输出的功率能拉动一辆小汽车。

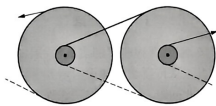


图 6 缩放系统串联

参考文献

- [1] 李忠相, 陈丽. 一个折射和全反射现象的创意实验及其应用[J]. 物理教学, 2022(9): 19—21.
- [2] 欧旭升, 刘作志. “纸”上得来终究“妙”——例谈新材料纸在初中物理实验教学中的应用[J]. 物理教学, 2024(5): 77—80.
- [3] 韦桂梅. 细化物理实验教学 构建高效物理教学[J]. 数理化问题研究, 2024(11): 83—85.

参考文献

- [1] 林子娟. 利用科普培养高中生物理学科核心素养的研究[D]. 广州: 广州大学, 2022.
- [2] 王晓璐, 张伶俐, 袁承勋, 等. “3+3”新高考制度下中学物理教学衔接的研究与实践[J]. 物理与工程, 2023(1): 162—166.
- [3] 邹含月, 朱民. 物理教育的衔接现状及教师策略研究[J]. 物理通报, 2021(2): 124—127.
- [4] 张燕怡, 刘娜. 基于“大中衔接”的超导物理科普教学设计[J]. 物理教学, 2017(12): 4—7.
- [5] 教育部办公厅, 中国科协办公厅. 关于利用科普资源助推“双减”工作的通知[A/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/S7053/202112/t20211214_587188.html.
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.