

人工智能助力“ETA 四美三开”物理教学论程序化实践

李 银

(石家庄市第二中学物理组, 河北 石家庄 050000)

摘 要 本文构建了一套以“四美”(技术、科学、艺术、情怀)为课堂特质、以“三开”(开眼、开心、开悟)为认知层次的教学设计模板,给出了落实素养目标的具体路径,包括“四度八动”师生行为模型、“ETA 物理认知模型”、“教学三定律”以及教学设计指引。在 AI 的辅助下,本教学论程序包实现了从初中到大学的全套物理教学设计多版本融合输出,为落实核心素养目标提供方便传播的方案。

关键词 ETA 认知模型;四美三开;教学三定律;学科美育;人工智能;物理教学;学习进阶

DOI: 10.27024/j.wlygc.2025.11.14.08

AI-POWERED PROGRAMMATIC PRACTICE OF THE “ETA FOUR BEAUTIES AND THREE OPENINGS” PEDAGOGY IN PHYSICS TEACHING

LI Yin

(Physics Group, Shijiazhuang No. 2 Middle School, Shijiazhuang, Hebei 050000)

Abstract This paper proposes an instructional framework for physics teaching that takes the “Four Beauties” (technical, scientific, artistic, and humanistic) as four defining dimensions of classroom design and the “Three Openings” as progressive levels of student cognition. The framework provides practical pathways for fostering key competencies in physics, including the “Four Degrees and Eight Actions” model of teacher-student behavior, the ETA physics cognitive model, the “Three Laws of Teaching,” and a set of instructional design guidelines. With AI support, this framework enables the integrated generation of multiple versions of physics instructional designs across educational stages, from junior high school to university. It therefore offers a practical, scalable, and easily adaptable approach to competency-oriented physics teaching.

Key words ETA cognitive model; Four Beauties and Three Openings; three laws of teaching; aesthetic education in disciplines; artificial intelligence; physics teaching; learning progression

本文提出通过学科美育实现知识建构、能力提升与品格塑造的统一^[1]。形成“物理爱道,四美三开”教学蓝图。教育最重的要素是爱,人才最重的要素是道,物理爱道四个字恰好对应物理学科

核心素养的四个维度和人类文明的四大审美,指向教师职业的四项基本能力。物理本来美,教师营建美,学生感受美,为国育才美,“四美”与共。对学生认知有三级:浅层“开眼”,中层是“开心”,

收稿日期: 2025-11-14; 修回日期: 2025-11-20; 出版日期: 2026-05-20

通信作者: 李银, 14580027@qq.com。

引文格式: 李银. 人工智能助力“ETA 四美三开”物理教学论程序化实践[J]. 物理与工程, 2026, 36(3): 257-263, 272.

Cite this article: LI Y. AI-powered programmatic practice of the “ETA four beauties and three openings” pedagogy in physics teaching[J]. Physics and Engineering, 2026, 36(3): 257-263, 272. (in Chinese)

深层“开悟”。“三开”是教师营建的温度和信度在学生端得到的反馈,成就了学习的广度和深度。“已知—解知—认知—成知—再创新知”是人类文明积累发展的必然通道,教学设计就是要——解构知识,降低认知的门槛,捋顺认知的路径,优化认知的呈现;体会学生的感受。教师端寓教于乐,学生端乐此不疲。

表 1 “物理爱道—四美三开”图

物理爱道	操之有物	言之有理	感之有爱	行之有道
核心素养	科学探究	思维观念	情感态度	价值观
美感体验	技术之美	科学之美	艺术之美	情怀之美
教师素质	动手能力	思维能力	表达能力	师德风范
开眼	现象新奇	制造冲突	声情并茂	榜样引领
	操作娴熟	好奇兴趣	布局合理	成就展示
	手段多样	思想实验	图文并茂	亲身垂范
开心	乐于动手	冲突化解	节奏适切	亲切友善
	广泛参与	环环相扣	抖包现挂	和谐共鸣
	合作成功	专注合作	互动积极	价值认同
开悟	手脑并用	数学概括	准确简洁	做人之道
	领悟方法	类比迁移	提纲挈领	求学之道
	拆装仿创	敬畏认同	潜移默化	家国理想

“物理爱道,四美三开”从哲学理念到课堂实践、从教师输入到学生输出构成教学评一体架构,每个纵列构成一个能力进阶序列,最后的横行则意味着核心素养的达成。为做好课、评好课提供了一个根植于学科自身的多维理论框架,即物理语境下的极简教学论,如图 1 所示。

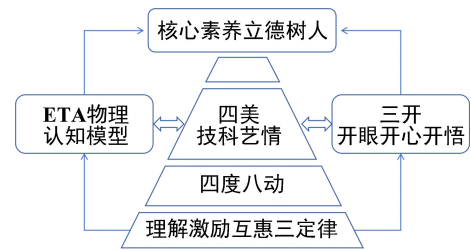


图 1 ETA 四美三开教学论结构

1 理论探索：构建“四美三开”课堂有效性的美学标准

物理学,作为人类探索自然的高阶文明形态,其本身就从内容到方法蕴含着极其丰富而深刻的

美学价值。“四美三开”是对物理学内在美学特质及其教学转化形态的系统提炼与整合。其与核心素养的契合反映了科学精神与人文精神的同源性,具有必然的逻辑基础^[1,2]。

1.1 “四美”的学科本源与教学论内涵

1) 技术之美：科学探究的实践之维

学科本源：物理学是一门建立在实验基础上的科学。从浑天仪 1 年 365.24 日到东方超环 1 亿度 1066 秒,从伽利略的落体实验到 LIGO 探测引力波,精巧的实验设计、精准的操作过程、严谨的数据处理,无不体现着人类凭借理性与工具探索未知的方法之美与技艺之美。

教学论内涵：它外显为师生的动手能力,内化为其科学探究的素养。实验教学的效果不在于仪器的昂贵而在于教师呈现的适切。一个水瓶上下扎两个孔就能研究各种失重状态,不要仅仅跟着书本学做一个自由落体,上抛、平抛、斜抛、旋转抛,各种抛法都尝试才是技术思维的打开方式。电磁驱动标配器材没有刹车盘,但是仪器室有铝制力矩盘,功能借用是技术思维中的创造性体现。

2) 科学之美：物理观念与科学思维的理性之维

学科本源：物理理论以其简洁性($F = ma$, $E = mc^2$)、统一性(牛顿统一天地运动,麦克斯韦统一电、磁、光)、对称性(圆轨道,雪花,守恒律)和逻辑自洽性,展现了自然界深邃的秩序与和谐。这种美是理性思维的至高成就,是物理观念的核心内容,它震撼人心并驱使一代代科学家为之求索。^[2]

教学论内涵：通过逻辑推理、抽象建模,让学生经历一次次的“惊诧”与“顿悟”,从而建构物理观念,发展科学思维。有学生问“童年为什么是金色的?颜色用来描述物体,童年又不是物体?”我回答:“这是科学公式在文学修辞的用法,童年和金色共通有个‘美好’的公因子,比喻就是提取看似不相关事物的公因子,现在你也应该知道了什么是排比。”科学之美的简洁性不仅用于表达科学,人文领域也是如此,所以科学还是形容词。

3) 艺术之美：情感态度与课堂氛围的感染之维

学科本源：科学大家往往也是表述大师。爱因斯坦的生动思想实验,费曼的各种鬼才,杨振宁的优美文笔,Walter Lewin 的人体单摆,都表明科

学的传播需要感染力、想象力与表现力。教学需要一种类似于小品艺术创作的表达能力。

教学论内涵:调配资源、营造情境是为设计。艺术之美的多维呈现本质上是认知完整性的美学表达。比如概念教学通过文史、自然、数学、工程、哲学五层分析实现学科互通(当前跨学科教学论研究已经走入了大项目难落地的误区)。以电动势概念为例,中文、英文、日文比较后会发现中文的字面含义更接近于物理图景。自然层面可以描述为类比水流搬运。引入比值定义,放入伏安图像,探讨不同场合的电源需求,什么条件有最大输出,最大输出的哲学含义可以映射为奉献和能力的匹配。热力学第二定律的课件封面是一盘分类放置五色米和一盆熬好的八宝粥。一首七律《咏虹》既描述了自然也表达了人生哲理:汽凝珠玉日斜冲,折返分光七彩生。仰观半壁挂云中,俯摄全轮印苍穹。单反两折虹初现,两反两折霓始朦。个人眼中各有虹,跃临高处阅圆通。每个人眼中都有属于自己的彩虹,你站得越高,看到的彩虹越完美。

4) 情怀之美:科学态度与责任的价值之维

学科本源:物理学史是科学家不懈奋斗的历史,其蕴含的精神内涵被习近平总书记高度凝练为“胸怀祖国、服务人民的爱国精神;勇攀高峰、敢为人先的创新精神;追求真理、严谨治学的求实精神;淡泊名利、潜心研究的奉献精神;集智攻关、团结协作的协同精神;甘为人梯、奖掖后学的育人精神”^[3]。

教学论内涵:在教学中“情怀之美”体现为教师以科学家精神为引领,深度挖掘并生动呈现物理学史中的感人故事与现代科技前沿的中国成就,课程思政刻意准备,随时融入。对学生是兴趣入门、责任驱动,而大科学家们早已把责任升级为了使命,只有使命必达。我曾以“严谨豁达、坚韧不拔、顺便清华、达济天下”作为班训,如今这个班的多名学生已经成为学术前沿的科学家。讲压力和动力的关系是“你趴在地上推背力就是压力,你奔跑中推背力就是动力,是压力还是动力不是看谁施力而是看你的状态是否积极。”

1.2 “四美”与“核心素养”的内在契合:必然的逻辑关联

技术之美天然地培育科学探究素养。对实验

方法、工具和数据的审美,必然促进动手实践、证据意识和严谨求实的能力达成。科学之美培育科学思维与物理观念素养。对理论简洁性、统一性的欣赏与追求,本身就是高阶的科学思维;而对物理世界内在和谐规律认知的形成,即是物理观念素养。艺术之美激发科学态度,积极的情感体验和愉悦的氛围,是形成勇于探究、乐于合作、坚持不懈的科学态度的情感基础。情怀之美奠定科学态度与责任。对科学家人格魅力与科学事业崇高价值的审美,是实现科学伦理认同、树立社会责任感的根本途径。四美之中情怀之美分量最重,考场不考,要放入历史的长河中检验,这是“功成不必在我,功成必定有我”的精神追求^[4]。因此,“四美”是核心素养在美学维度上的具体化、感性化呈现;核心素养是“四美”在教育目标维度上的理性化、规范化表达。

1.3 “三开”境界:美学体验引领下的素养达成路径

“四美”的课堂体验,最终作用于学生,必然引发其心理与认知的层层进阶,即达成“三开”境界:

(1) 开眼(感知层):经由技术之美的奇观与科学之美的初现,学生被新奇现象和深邃规律所吸引,拓宽视野,激发好奇。笑意写在脸上,此为素养培育的动机起点。

(2) 开心(情感层):经由艺术之美的感染与科学之美探究的乐趣,学生产生愉悦、兴奋、惊讶等积极情绪,情感投入,乐于参与。愉悦写在心里,此为素养内化的情感保障。

(3) 开悟(认知/价值层):经由科学之美的深刻逻辑与情怀之美的终极叩问,学生实现思维飞跃、价值认同、知能融通、理想生发,此为素养的最终达成。

1.4 美感适配:教学的公理——教学三定律

教学作为一门综合学科,需要基础公理。为此提出暗合牛顿三定律的教学三定律,作为支撑“四美三开”体系的深层地基。

教学三定律与“四美三开”教学目标有内在生成关系,每一定律对应特定美感创设方向、教学成效层次和教学设计口诀,形成从理论到实践的完整链路:理解定律→科学/情怀之美→开眼;激励定律→技术/艺术之美→开心;互惠定律→四美合鸣→开悟。

2 实践摸索：美学标准在物理课堂中的呈现

2.1 “四度八动”，导行合一

下表是基于认知学与脑科学原理，将教与学拆解为可观测、可操作的十六个关键行为动词，试图构建一个“学”与“教”相互促进、双向赋能的动态闭环系统，最终实现“导行合一”的高阶目标。

学生侧：内隐输入→认知建构→外显输出→反馈强化。视看、倾听、阅读构成了多感官的信息接收通道，思考是承前启后的核心，写画是输出的起点（笔记、思维导图），讲演是口头表达与逻辑重组，实践是身体力行的应用，著作是最高阶的创造性输出（论文、报告、作品）。

教师侧：引导铺垫→点评反馈→调整策略→再创导引。囤剪（资源的整合、筛选与提供）、讲演（清晰讲授）、提炼（总结归纳）、设问（策略性启发）。教师作为专家向导和资源策划人的角色，旨在降低学生认知负荷，搭建通往“最近发展区”的桥梁。示范（提供标准）、倾听（诊断思维）、跟踪（持续评估）、鉴赏（发现与激励），这些体现教师作为反馈提供者和环境营造者的角色。

教学设计者要有意识地从前四对动作向后四对动作过渡，没有后四对动作就没有深度学习，也就没有素养达成。当前倡导的小组合作学习模式主要是为了解决教师一言堂，学生表达机会少的问题，对应讲演与倾听。著作与鉴赏这两个高阶教学行为还没得到充分的重视。

对教师角色有很多比喻，园丁学生苦、蜡烛老师苦、春蚕师生皆苦。新时代教师角色用“舞伴共情说”才更贴切。四度八动要求师生共情共舞：备课的时候是编剧，上课的时候就是舞伴——有时领舞，有时伴舞，有时台下鼓掌，下课了就是幕后搬道具的。师生共舞，共享喜悦，彼此成就，留给学生的舞台一个时段的美好，也给以后的美好奠基，这才是新课标理念的宗旨，也正是“四美三开”的追求。

2.2 ETA 认知模型——物理学进化的教学论

近十年教学论类文献存在“四多四少”现象：理论研究多、实践案例少；大学研究多、中学实践少；西方理论诠释多、本土传统研究少；教育视角多、物理学视角少，导致物理学在教学论研究中被边缘化。

物理学家对物理学习有深刻洞见。大学物理教学成果多从学科特点出发，解决具体问题并提炼教学思想。北京大学穆良柱教授的“ETA 物理认知模型”与北师大郭玉英教授推广的学习进阶理论高度吻合，“ETA”三阶 11 步用学科认知逻辑指导本学科教学具有天然优势，比进阶 5 步更易于仿效和落实。《普通高中物理课程标准》中关于教学建议指出“要根据学生的学习进阶要求组织教学内容。学生物理学科核心素养的发展是一个循序渐进的过程，……。”^[7,8]。

物理教学的进程不外乎是“数理逻辑线索、历史发现线索和认知建构线索”的协调统一，这恰恰是著名的哲学观点“逻辑与历史的同一性”。恩格斯认为，逻辑与历史的关系类似于胚胎生长和古生物进化的关系。“它使我们懂得，为什么物理教学的逻辑体系，在总体和主要环节上必定是物理学历史发展的反映；为什么历史上关键性的突破和前辈物理学家伟大贡献的精髓，应该成为物理教学的重点；为什么教学中学生的难点，往往与物理学史中长期未能克服的困难不谋而合，总是带有历史的烙印。”^[12]

2.3 教无定法是艺术，要优化，教有定法是科学，要遵循

下述口诀来自笔者多年从事高中教学和师范大学教法教学的经验总结，对接前文教学三定律。是“四度八动”在教学设计层面的操作指南。

构建主线——从章节次序，段落次序中找到历史次序，逻辑次序，构建学习次序。

翻译教材——文字图形化，黑白彩色化，照片视频化，视频现实化，观众演员化。

设问目标——循序渐进防陡坡，思维含量跳能摸，指向明确半开放，多数学生有收获。

表 3 “四度八动”，导行合一

学生参与的广度和深度	内隐接受式				外显输出式			
	视看	倾听	阅读	思考	写画	讲演	实践	著作
教师营建的温度和信度	囤剪	讲演	提炼	设问	示范	倾听	跟踪	鉴赏
	引导式				点评式			

表 4 学习进阶与 ETA 认知模型^[9,10]

学习进阶理论		ETA 认知模型举例——大中贯通《光电效应》 ^[11] (标“大”属于大学)		
经验	零散经验	1 观察物理现象	赫兹实验,紫外线对放电的影响	E
映射	概括性的描述	2 挑选研究对象	被照金属,不同颜色、强度的照射光,	
		3 明确研究问题	用伏安电路研究光电流与光电子的特性	
关联	专业术语到定量化描述	4 量化描述性质	光电流的测量,光电子初动能的测量,光的波长和强度	T
		5 寻找实验规律	截止频率;产生的瞬时性;最大初动能;饱和光电流	
		6 建立理想模型	爱因斯坦将辐射系统和理想气体类比得到光量子(大)	
系统	变量间自变与共变关系	7 建立公理认知	光电效应方程;光电子发射过程的动能定理	A
		8 实验验证伪检验	密立根实验验证光电效应方程,测出普朗克常数(大)	
整合	整合某一科学观念建构跨学科概念	9 解释已有现象	温度不高、光照不强、辅助电压不大的光电效应现象	
		10 预言可能事件	电子对光子的散射(康普顿效应);多光子吸收(大)	
		11 技术发明创造	光电倍增管;夜视仪(大);弱光光谱仪(大);	

表 5 基于“ETA 认知模型”的概念课教学设计模版,案例《加速度》

教学环节		加速度概念的学习进阶	师生八动	创美维度
E	1 生活中现象	摩托车、轿车、飞机从静止出发的比较	先囤剪后视看	技术艺术情怀
	2 现象的描述	位移、时间、速度、速度变化	先设问后思考	科学艺术
	3 抽象新概念	比值定义法,加速度	先倾听后演讲	科学艺术
T	4 概念的理解	物理和代数,物理和几何(矢量图、函数图)	先设问后思考 先写画后示范	科学艺术
A	5 概念的推广	减速(刹车)、折返变速(竖直上抛)	先倾听后演讲 先写画后示范	技术科学情怀
	6 概念的测量	纸带的测算	同实践同跟踪	技术艺术
	7 概念的后续	牛顿定律、曲线运动的加速度	先演讲后倾听	科学情怀

创设情境——亲近替代疏远、新奇替代俗见，震撼替代平淡，群演替代独演。

形成板书——提纲挈领，言简意赅；逻辑清晰，一目了然；图文并茂，赏心悦目^[13]。

彰显感召——操之有物，言之有理，感之有爱，行之有道^[13]。

3 基于深度求索 AIDEEPSEEK 的教学论程序化的技术基底

本教学论由一套词汇串联恰好是 AI 编程的强项,基于“3 个公理”,沿着“ETA”11 步路径,设计“4 度 8 动”,达成“4 美 3 开”,落实 4 维“核心素养”。为保证本教学论的可迁移性与可操作性,本研究开发了专用的 AI 辅助教学设计程序包。该程序包作为本教学论思想的“可执行载体”,其技术核心如下:

架构理念:程序包严格遵循文中所述的“3 个公理→ETA 11 步路径→4 度 8 动师生行为→4 美

3 开教学目标→4 维核心素养”逻辑链进行模块化构建。它将抽象的教学理论转化为可计算、可组合的决策流程。

核心逻辑:程序以“ETA 物理认知模型”为骨架,将每个认知步骤与相应的“四美”创设策略、“四度八动”行为库进行动态关联。其决策机制基于一系列规则引擎,能够依据不同的学情(如篮球班、竞赛班)和目标(如开眼、开心、开悟),从资源库中智能调用、适配并生成最优的教学活动序列。

资源库与输出:程序整合了从初中到大学物理的多版本教材知识点、经典与创新的实验案例、物理学史素材、科学前沿动态以及跨学科链接,形成了一个结构化的教学资源网络。最终输出物为完整的、个性化的课时或单元教学设计详案。

技术栈:程序包采用 Python 语言开发,约 5000 行代码,主要依赖纯文本配置文件进行参数调整,无需复杂图形界面,使用记事本即可完成所有文字内容的定制与本地化修改,体现了极简、开

放和可扩展的设计哲学。

4 结语

(1) 回归学科,正本清源:学科教学论是源,通用教学论是汇。教学创新应源于对学科本体的深刻领会,进而为通用理论贡献学科智慧,形成跨学科启示。当前盛行用通用教学论术语简单诠释甚至凌驾于学科实践之上的研究范式,实为汇源错位。物理认知是人类高阶文明的代表,具有成熟性,从杜威到陶行知,他们获得教学论的突破都受益于自己的科学研究。

(2) 回归传统,守正创新:教育的人性基础具有稳定性,因此教学论的底层逻辑也具有稳定性。格物致知、实事求是、循序渐进(求真);有教无类、因材施教、循循善诱(向善);寓教于乐、知行合一、教学相长(崇美)。传统教育智慧,因为其触及了教育的本质,代表了过去的前瞻性。本成果反对让传统给落后背锅,而是致力于让古老智慧在新时代焕发生机,通过“ETA 四美三开”达成“以美育人,化人为才”的教育理想。

物理学科认知在人类文明发展中最成熟,其认知规律是构成通用教学论的基石,稍加变通即可适用于化学、生物、地理、数学,原理上对历史、政治、语文、英语同样成立。一首七律总结,答谢幕后家人。

物理爱道——以“表”存“心”

格物求真大道寻,四美融通育匠心。

三开境界鸿蒙破,八动课堂探微深。

ETA 导航明津渡,情怀化雨润青衿。

桃李成蹊睿不语,正果修成见年轮。

致谢:感谢穆良柱教授,作为“ETA 物理认知

模型”的首创者,将其哲学思考与实践经验倾囊相授;感谢深度求索公司网页版 AI DEEPSEEK,我们达成了“碳硅同族一脑双核”的默契。

参 考 文 献

- [1] 施大宁. 时间与空间——物理与艺术的共同主题[J]. 民主与科学, 2006(3): 48-49.
SHI D N. Time and space: A common theme of physics and art [J]. Democracy and Science, 2006(3): 48-49. (in Chinese)
- [2] 杨振宁. 美与物理学[J]. 物理教学, 2008, 30(5): 10-14.
YANG Z N. Beauty and physics [J]. Physics Teaching, 2008, 30(5): 10-14. (in Chinese)
- [3] 习近平. 在科学家座谈会上的讲话[N]. 人民日报, 2020-09-12(1).
XI J P. Address at the symposium of scientists [N]. People's Daily, 2020-09-12(1). (in Chinese)
- [4] 习近平. 在庆祝海南建省办经济特区 30 周年大会上的讲话[J]. 海南省人民政府公报, 2018(8): 2-8.
XI J P. Speech at the 30th anniversary celebration of Hainan Province and its Special Economic Zone [J]. Hainan Provincial People's Government Gazette, 2018(8): 2-8. (in Chinese)
- [5] 习近平. 在北京大学座谈会上的讲话[N]. 人民日报, 2018-05-03(1).
XI J P. Speech at the symposium of Peking University [N]. People's Daily, 2018-05-03(1). (in Chinese)
- [6] 林崇德. 构建中国化的学生发展核心素养[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2017(1): 66-73.
LIN C D. Developing Chinese-style core competencies for student development [J]. Journal of Beijing Normal University (Social Sciences Edition), 2017(1): 66-73. (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 版 2025 修订)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2025: 46-50.
Ministry of Education of the People's Republic of China. Physics curriculum standards for senior high schools (2017 Edition, 2025 Revision) [M]. Beijing: People's Education Press, 2025: 46-50. (in Chinese)

表 6 物理教育图景展望

图景构成	内涵	实现路径
骨骼之美 (数理逻辑)	展现科学的严谨与秩序,培养科学思维与物理观念。	遵循 ETA 认知模型,凸显科学之美的逻辑自洽与模型力量。
肌腱之美 (技术应用)	彰显实践的力量与精巧,培养科学探究与创新能力。	创新实验设计,展现技术之美的精巧设计与实证精神。
容颜之美 (文化表达)	流淌人文与艺术的光泽,培养积极情感与文化自信。	优化教学呈现,发挥艺术之美的感染力量与表达魅力。
灵魂之美 (科学精神)	弘扬科学家精神,培养科学态度与责任。	融入物理学史,传递情怀之美的价值引领与精神高度。

(下转第 272 页)

```
M_sys = free_space(v_guess) * thin_lens(F) *
free_space(u)
return M_sys[0, 1] # 返回 B 元素
```

教学演示:验证第 40 届复赛题的成像条件

u_test = 20.0 # 假设物距 20cm

F_test = 10.0 # 假设焦距 10cm

v_calc = 20.0 # 根据高斯公式计算出的像距

计算 B 元素误差

```
error = solve_system(u_test, F_test, v_calc)
```

```
print(f"当 u={u_test}, v={v_calc}, F={F_test}
```

时,系统矩阵 B 元素值: {error:.4f}")

输出结果将极接近 0,验证了成像公式的正确性

输出结果:

当 $u=20.0$, $v=20.0$, $F=10.0$ 时,系统矩阵 B 元素值: 0.0000

3.3 教学价值

编写此类代码,学生可以:

(1) 验证理论:直观看到矩阵元素 $B=0$ 与成像的关系;

(2) 拓展探究:轻松修改代码以模拟厚透镜、多透镜组合甚至非傍轴光线,这是手算难以实现的;

(3) 思维升维:从“解题者”变成“设计者”,符合新工科对创新人才的培养要求。

4 结语

矩阵光学方法不仅是解决物理竞赛中复杂光

学难题的利器,更是培养学生科学思维与计算能力的有效载体。它将物理图像的几何直观与数学运算的代数严谨完美结合,并为引入计算机辅助教学提供了天然接口。在竞赛辅导中,适度引入矩阵光学,不仅能提升解题效率,更能引导学生跳出题海,站在更高的维度审视物理规律,实现物理核心素养的全面提升。

参 考 文 献

- [1] 钟锡华. 现代光学基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003.
ZHONG X H. Fundamentals of modern optics[M]. Beijing: Peking University Press, 2003. (in Chinese)
- [2] 全国中学生物理竞赛委员会. 第 40 届全国中学生物理竞赛复赛试题及参考解答[Z]. 2023.
National High School Physics Competition Committee. The 40th National Middle School Physics Competition semi-final questions and reference answers[Z]. 2023. (in Chinese)
- [3] 陈敏, 赵福利, 董建文. 光学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.
CHEN M, ZHAO F L, DONG J W. Optics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2018. (in Chinese)
- [4] 尤金·赫克特. 光学[M]. 秦克诚, 林福成, 译. 北京: 电子工业出版社, 2019.
HECHT E. Optics[M]. Translated by QIN K C, LIN F C. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2019. (in Chinese)
- [5] 张倩, 叶晴莹, 蔡思仪, 等. 矩阵法在理想光学系统问题中的应用[J]. 物理通报, 2025.
ZHANG Q, YE Q Y, CAI S Y, et al. Application of matrix method in ideal optical system problems[J]. Physics Bulletin, 2025. (in Chinese)
- LIU Y X. Atomic physics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2021: 8-19. (in Chinese)
- [12] 陈熙谋, 胡望雨, 陈秉乾. 逻辑与历史的一致性对物理教学的指导意义[J]. 物理通报, 1994(4): 13-14.
CHEN X M, HU W Y, CHEN B Q. The guiding significance of the consistency between logic and history in physics teaching[J]. Physics Bulletin, 1994(4): 13-14. (in Chinese)
- [13] 李银. 基于“ETA 物理认知模型”建构《静电场》大单元教学设计——大学物理教学成果对中学物理教学的启迪[J]. 物理与工程, 2023, 33(1): 157-161.
LI Y. Developing a comprehensive unit teaching design for “Electrostatic Field” based on the “ETA Physical Cognition Model”—Insights from university physics teaching achievements for secondary school physics education[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(1): 157-161. (in Chinese)
- (上接第 263 页)
- [8] 李银. 在哲学视域下领会物理学科核心素养[J]. 物理与工程, 2020, 30(3): 74-78.
LI Y. Understanding the core competencies of physics from a philosophical perspective[J]. Physics and Engineering, 2020, 30(3): 74-78. (in Chinese)
- [9] 穆良柱. 什么是物理及物理文化? [J]. 物理与工程, 2019, 29(1): 15-24.
MU L Z. What is physics and physical culture? [J]. Physics and Engineering, 2019, 29(1): 15-24. (in Chinese)
- [10] 郭玉英, 姚建欣. 基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J]. 课程·教材·教法, 2016, 36(11): 64-70.
GUO Y Y, YAO J X. Science teaching design based on core competency learning advancement[J]. Curriculum, Teaching Materials and Methods, 2016, 36(11): 64-70. (in Chinese)
- [11] 刘玉鑫. 原子物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2021: 8-19.