

五阶探究式教学驱动初中生物理科学思维发展 ——以光的折射教学及 AI 评价实践为例

摘要：该研究以探究式教学理论为指导，构建情境创设—问题驱动—实验探究—迁移应用—素养内化五阶探究式教学模式。探讨其在初中物理教学中的实践路径及其对学生科学思维发展的促进作用，以其为初中物理教学中科学思维的培养提供可操作的实践路径。

关键词：五阶探究式教学；科学思维；AI 评价；迁移应用；素养内化

1 问题聚焦：从课标到课堂的实践转化

《义务教育物理课程标准（2022 年版）》将科学思维细化为模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新四大维度。初中物理作为科学思维培养的重要载体，亟待突破知识传递型教学的桎梏——传统模式下，学生普遍存在空间表征能力薄弱、情境应用受阻、证据意识缺失等深层问题。探究式教学通过构建思维导向的探究生态系统，为科学思维培育提供沃土：在概念建构中锤炼模型抽象能力，在规律探究中编织逻辑推理链条，在问题解决中规范科学论证表达，在创新实践中打破思维定式。五阶探究式教学模式将抽象的核心素养转化为可操作的思维训练路径，使物理课堂成为科学思维生长的具象化场域。

2 五阶探究式教学模式的具象化建构

探究式教学以建构主义学习理论为指导，强调学生在真实情境中通过自主探究建构知识。其核心在于通过情境创设、问题驱动、实验探究、迁移应用和素养内化五个环节，培养学生的科学思维能力。

情境创设：通过真实问题情境激发学生的探究兴趣。

问题驱动：设计递进式问题链，引导学生深入思考。

实验探究：通过分层实验，帮助学生建构科学模型。

迁移应用：将所学知识应用于实际问题解决，实现知识的迁移。

素养内化：将素养贯穿于每个教学环节。设计科学思维评价量表，通过互评、自评、AI 助学评价系统、师评等多样化评价方式来量化评估学生的素养。

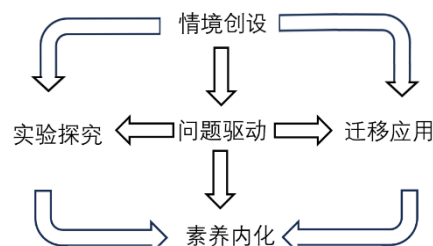


图 1 五阶探究式教学模式

3 教学实践案例——以“光的折射”为例

以上科版八年级上册教材中第四章《光现象》第四节“光的折射”教学为例，阐述以探究式教学促进初中生物理科学思维发展的教学实践过程。

3.1 情境创设：具身体验引发认知冲突

创设“叉鱼”情境，通过真实情境建立物理现象与生活经验的直观联系。本课以“潭水叉鱼”挑战任务导入，激发学生学习兴趣。任务准备：亚克力水箱（尺寸 30×30×40cm），仿真鱼图片（粘贴在水箱的底部），吸管（作为瞄准器），长又直的细杆（鱼叉模型）。任务规则：先调整瞄准器，当通过瞄准器能看到鱼时，再将鱼叉穿过瞄准器（如图 1）。任务实施：学生以小组为单位，每位学生都参与了该任务，90%以上的同学未能成功叉鱼，失败的经历激起了学生们的好胜心。

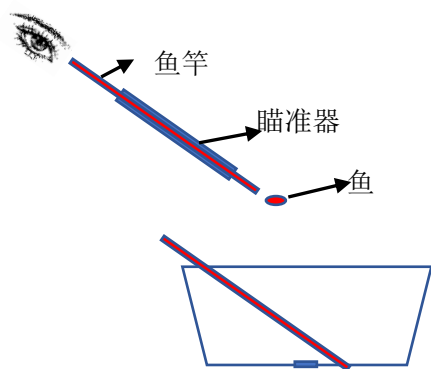


图2 叉鱼规则

设计意图：“叉鱼”情境为学生学习光的折射创设了背景环境，将学科教学内容与现实生活联系起来，点燃学生的学习热情，赋予学习实际的意义。情境促使学生思考问题，为后续深入问题驱动奠定基础。

3.2 问题驱动：递进式问题链推动思维爬坡

教师围绕“未能成功叉鱼”提出驱动性问题：“为什么眼睛看到的鱼位置与实际位置有偏差？为什么每次鱼叉都落在鱼实际位置的前方？”，并引导学生分解子问题链：

- (1) 我们为什么能看到鱼？
- (2) 光在传播过程中先后经过哪些介质？
- (3) 光从水射入空气时传播路径和方向会发生变化吗？请根据“叉鱼”经历说说判断依据。

设计意图：设置的问题链引导学生从光的传播路径入手，深入思考现象成因，提升学生从物理学视角探寻现象背后物理实质的能力，让学生的科学思维在思考与分析中得到有效锻炼，为后续实验探究奠定基础。

3.3 实验探究：可视化建模突破认知难点

光折射模型的建构依赖于学生对光路变化的清晰观察与现象归纳。针对传统水雾法光路断续、消散快的问题，该设计引入烟雾发生器技术改进实验方案，通过控制无毒烟雾的浓度与扩散速度，实现光路的高清动态可视化。改进的教具能够让学生稳定观察光从空气进入水中时传播路径的偏折过程，清晰辨识入射光线、折射光线与反射光线，对光进入不同介质的传播情况有一定的感性认识，在此基础上归纳光的折射定义，为后续学生进一步探究光的折射规律奠定基础。

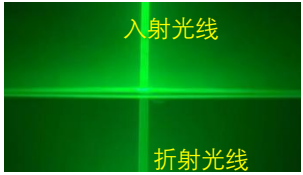
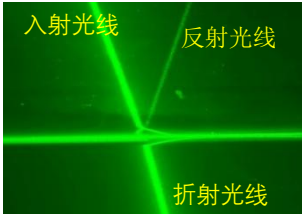
基于上述教具，将探究光的折射规律活动拆解为两个实验，分别探究折射光线与入射光线在空间的位置关系和折射角与入射角的关系，逐步引导学生实现从现象分析到模型建构的思维进阶。

3.3.1 实验一：定性观察与推理实验

围绕“如何确定折射光线所在平面？”问题展开，侧重于观察与推理，目标是探究折射光线与入射光线在空间的位置关系。学生利用激光笔（点光源），从不同角度将光线射入水箱，教师引导学生从多个视角进行观察（见表1）。

表1：多视角光路观察记录表

视图	实验现象	描述现象	逻辑关联
俯视图		反射光线与入射光线在同一直线上，反射光线恰好遮挡住折射光线，呈现出三线共面的现象。	从俯视图观察，能直观呈现三线在水平面上的共面关系，为理解光在空间中的共面性提供一个维度的视角。

侧视图		折射光线与入射光线仍在同一直线上，入射光线遮挡住反射光线，同样满足三线共面。	侧视图从垂直方向展示了光线的共面情况，与俯视图相互补充，全面呈现三线在空间中的共面关系。
正视图		再次验证了折射光线、反射光线和入射光线处于同一平面。	正视图进一步从另一个角度验证了共面性，通过多视角观察，强化学生对三线共面这一重要特征的认知。

基于多视角观察，学生发现折射光线、反射光线与入射光线始终处于同一平面，光反射现象中的法线在光的折射现象中同样适用，突破了传统教学中模型建构缺失、法线认知偏差的问题。学生归纳“共面性”特征，理解法线作为光路分析基准线的必要性——若无统一法线，入射角与折射角的测量将失去几何参照标准。法线不仅是几何上的辅助线，更是描述光路变化的关键工具。此时，教师要求学生绘制共面光路图，将三维空间关系转化为二维平面模型，既强化作图技能，又促进空间思维向物理模型的转化，为后续探究两角关系奠定基础。

3.3.2 实验二：定性分析与归纳实验

围绕“折射角与入射角有何关系？”问题展开，着重于分析实验数据，目标是探究折射角与入射角的大小关系。借助光具盘、半圆形玻璃砖和圆形水槽等实验器材，引导学生开展折射角与入射角的测量活动（如图3）。

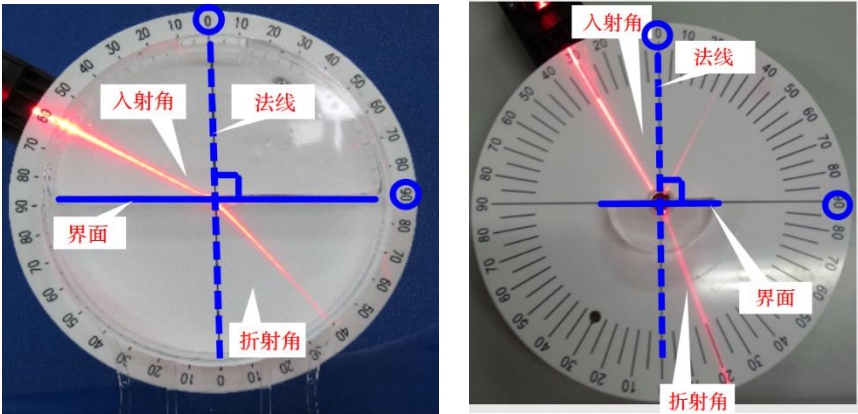


图3 折射角与入射角测量

在数据采集阶段，学生分别记录光从空气斜射入水、从空气斜射入玻璃砖时的折射角和入射角数据（见表2、表3）。在数据处理环节，学生对采集到的数据进行分析，从中发现光在两种不同介质中传播时，折射角和入射角之间的大小关系，以及折射角随入射角大小的变化规律。

表3：光从空气斜射入水

实验序号	入射角 (度)	折射角 (度)
1		
2		
3		

表4：光从空气斜射入玻璃砖

实验序号	入射角 (度)	折射角 (度)
4		
5		
6		

入射角_____ 折射角

入射角_____ 折射角

在实验过程中，学生还会观察到当光垂直于界面入射时，光的传播方向不会发生偏折，并且不同介质对光的折射本领存在差异，光路可逆。

基于数据结论，教师组织“找茬大会”，并实时投屏典型错误的光路图。学生重新审视绘制的光路图，并进行同伴互评，结合实验结论对光路图修正。通过对比错误案例与正确模型，学生逐步理解法线的基准作用及光的折射规律，实现从经验认知到理论建模的思维跃迁，培养科学推理与模型建构能力。

设计意图：通过分层实验，学生不仅掌握了光的折射规律，更经历了光折射模型的建模过程，掌握从现象到模型的科学思维方法，发展科学推理和数据分析能力，为迁移应用环节奠定基础。从逻辑上看，实验一为实验二提供了光线位置关系的基础认知，实验二则在此基础上深入探究角度关系，两者层层递进，共同为学生构建光折射模型提供了充分的实验依据与思维训练。

3.4 迁移应用：三段式科学论证模型

以“解释未能成功叉鱼原因”为核心任务，通过问题链驱动学生运用光的折射模型解决实际问题，完成从理论到实践的闭环（见表 4）。建立“现象描述→原理分析→结论推导”的论证框架：

表 4 虚像成因探究的渐进式问题链设计

环节	任务	能力培养	问题设计	逻辑关联
模型迁移	简化研究对象，选取鱼上任一点，从该点任意射出两条光线，把光的折射模型迁移过来，用物理符号表示光线在不同介质中传播时方向的变化。	符号表征能力	问题 1：两束光在界面处发生什么现象？ 问题 2：两个入射角大小相同吗？ 问题 3：两个折射角大小相同吗？ 问题 4：入射角增大折射角大小如何变化？	问题设计紧密围绕光折射模型，从光线在界面的现象到角度变化，引导学生将光的折射模型应用到具体情境分析中，培养符号表征能力，为后续深入理解虚像形成奠定基础
空间定位	通过两条发散的折射光线的反向延长线交点，确定虚像位置偏离实际物点。	空间想象能力	问题 5：两条分散的折射光线进入我们的眼睛，我们能根据这两条折射光线确定看到的小鱼的位置吗？ 问题 6：我们所看到的小鱼是实际的小鱼吗？	基于模型迁移阶段对光线传播的分析，进一步引导学生思考光线反向延长线与虚像位置关系，培养空间想象能力，让学生从空间角度理解虚像形成
本质理解	理解虚像形成的物理本质，知道“视深小于实深”的普遍规律。	科学推理能力	问题 7：我们所看到的是什么？ 问题 8：小鱼的像是实像还是虚像？为什么？	在前两个环节基础上，引导学生深入思考虚像本质，通过对问题的回答，培养科学推理能力，实现对光折射知识在实际情境中应用的深度理解

在光路图与文字解释间建立双向转化关系，重点培养科学解释能力。在此过程中，通过结构化引导，帮助学生掌握科学论述的答题思路：从现象出发，逆向推理背后的科学原理，再结合具体情境运用物理观念表达观点。书写时需要紧扣物理观念，清晰阐述现象的来龙去脉，注重语言的逻辑性和完整性。例如，学生可以这样表述：“来自小鱼的光线从水

射入空气时发生折射，折射光线偏离了法线，折射光线反向延长线的交点就是小鱼的虚像，即人眼看到的鱼的位置，虚像比小鱼的真实位置高。因此，沿瞄准方向叉鱼，叉不到。”这种训练不仅帮助学生理解光的折射规律，还通过“现象描述→原理分析→结论推导”的三段式表达，促进思维深度与严谨性的同步提升。

最终组织学生再次实践叉鱼，在初始失败→理论建模→修正成功的闭环体验中，直观验证折射规律的应用价值，实现知识的内化迁移。

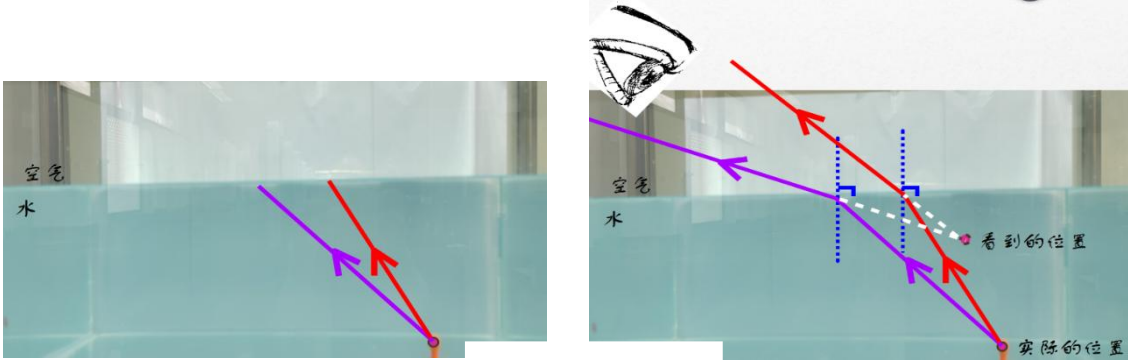


图 4 看鱼光路图

设计意图：学生在上述学习过程中，不仅掌握用光路图和科学语言解释现象的方法，更深度内化“现象描述→原理分析→结论推导”的科学思维范式，实现物理观念、科学思维与实践能力的协同发展。

3.5 素养内化：四维评价追踪思维发展

学生参与上述学习活动的过程是物理学科核心素养渐进发展的过程。教学以清晰的主线和结构化知识网络为支撑，引导学生经历“物理现象观察→科学原理探究→知识实践应用”的学习闭环。借助“叉鱼”情境，学生通过光路图绘制、折射规律探究、生活现象解释等活动，系统锤炼四大核心能力，促进物理学科核心素养的结构化发展。教学实施路径详见图 5。

。

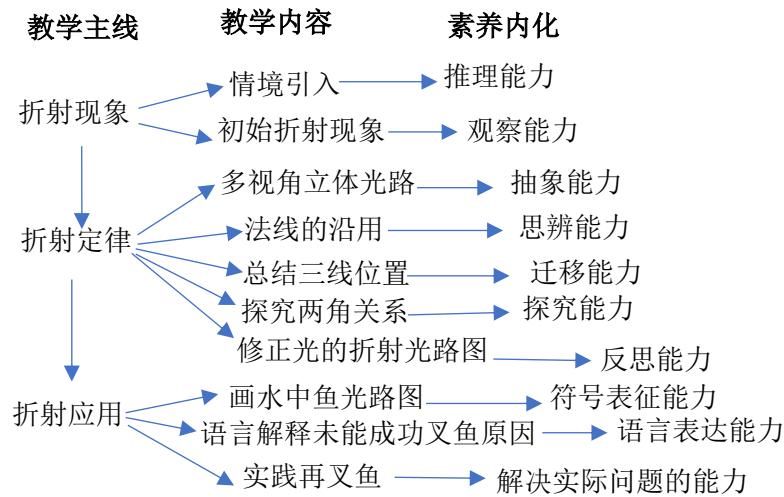


图 5 素养与教学内容关系图

为了量化学生的科学思维，依据科学思维的四个维度设计科学思维评价量表（见表 5）。

表 5：科学思维评价量表

科学思维	评价内容	分值	评分细则	评价方式
------	------	----	------	------

模型建构	光路图规范性	5	法线（1分） 入射光线（方向箭头各1分） 折射光线（方向箭头各1分）	同伴互评
科学推理	问题链完成度	12	每个问题1分	自评
科学论证	解释逻辑性	10	核心原理正确（4分）现象解释清晰（3分）学科语言规范（3分）	AI 助学系统评价
质疑创新	鱼叉改进方案	3	提出1个创意点得满分	师评

设计意图：教学过程中，将物理核心素养有机融入每个教学环节，借助科学思维评价量表详实记录思维成长轨迹。评价体系以核心素养为导向，通过“量表自评 + 同伴互评 + 教师点评 + 智能体豆包评价（见图 6）”的多样化评价方式，既关注群体发展共性，又尊重个体差异，在人机协同评价中，助力学生建立思维发展自信。课堂活动紧扣科学思维培养，量表全程追踪思维进阶路径，使科学思维从抽象概念转化为可视化的成长图谱，最终实现物理学科核心素养的系统性提升。

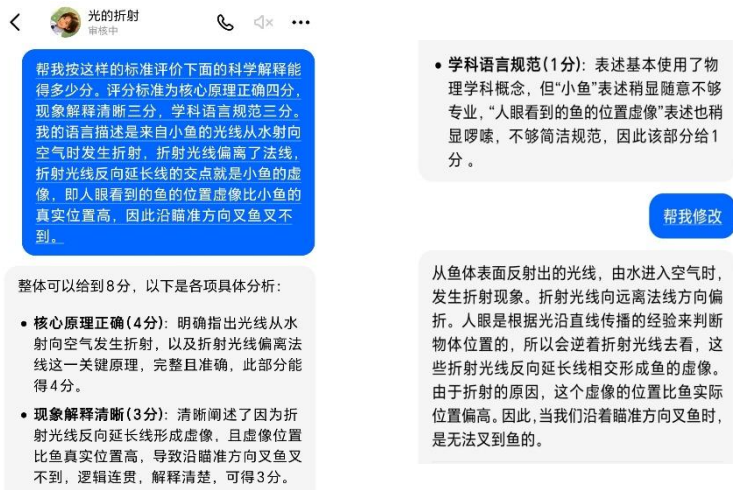


图 6 智能体豆包评价

4 总结

探究式教学通过情境创设、问题驱动、实验探究、迁移应用和素养内化五个环节，有效的突破了传统教学中模型建构缺失、法线认知偏差及迁移能力薄弱等问题，促进了初中生物理科学思维的发展。学生在探究过程中不仅掌握了物理知识，还培养了科学探究能力和创新意识。在实际教学中，该模式有效提升了学生的光路建模能力与科学解释能力，在解决实际问题时展现出良好的迁移效果。

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] 李娟. 基于真实情境的探究式教学模式探索 —— 以 “光的折射” 为例 [J]. 物理教学探讨，2024，42（9）：28-32.
- [3] 王长江. 探究式教学评价的范式转型[J]. 课程教材教法，2021，41（05）：112-118.