

# 高中物理实验教学中培养学生科学推理能力的研究

## ——以探究平抛运动的特点为例

刘家安

广东省佛冈县第一中学

**摘要:** 本文以《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》为指导,以平抛运动实验为载体,探索实验教学中科学推理能力的培养路径。通过设计“阶梯式问题链驱动→证据导向的实验探究→多维评价体系构建”的探究式教学模式,引导学生在观察现象、提出假设、设计验证方案、分析数据等环节中发展科学推理能力。实践表明,该模式能显著提升学生的逻辑演绎、模型构建和证据评估能力,为落实物理学科核心素养提供实践参考。

**关键词:** 科学推理能力; 平抛运动; 实验教学; 核心素养; 科学探究

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-627X.2025.05.157

### 引言

随着《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》的深入推进,物理学科核心素养的培养已成为基础教育改革的核心议题。科学推理能力作为“科学思维”素养的重要组成部分,是学生运用科学方法分析问题、建构模型、推理论证的关键能力,直接影响其科学探究的深度与创新意识的形成。然而,当前高中物理实验教学仍存在“重结论轻过程、重操作轻思维”的倾向:学生往往被动执行实验步骤,机械记录数据,缺乏对现象背后物理本质的追问与逻辑推导。这种教学模式导致学生对物理规律的理解停留在公式记忆层面,难以建立科学思维与实际问题解决之间的有效联结。以“平抛运动”这一经典力学模型为例,传统课堂多采用“教师演示轨迹→直接分解运动→推导公式”的线性流程,学生虽能复述“水平匀速、竖直自由下落”的结论,却普遍存在“为何分解”“如何验证”等思维断点,反映出科学推理能力培养的系统性缺失。

实践表明,科学推理能力的形成依赖于学生在真实问题情境中经历“假设—检验—修正”的完整认知循环。物理实验作为科学探究的天然载体,本应成为发展学生推理能力的实践场域,但在实际教学中,实验设计往往被简化为验证已知结论的工具,学生失去自主构建认知框架的机会。例如在平抛实验中,教师常直接提供描点法或频闪照片法测量轨迹,学生只需按既定程序获取数据并拟合曲线,却无需思考“为何选择这些测量方法”“数据差异如何解释”等深层问题。这种“去思维化”的实验过程,使科学推理能力的培养流于形式。针对上述问题,教师可以以建构主义学习理论为指导,尝试重构实验教学模式。

### 一、高中物理学科科学推理能力对学生的重要性

科学推理能力是物理学科核心素养的核心维度之一,是学生通过观察现象、建立模型、推理论证、质疑创新

等方式,理解物理规律并解决复杂问题的关键思维品质。在高中物理教学中,科学推理能力的培养不仅是知识建构的必经之路,更是学生适应未来社会发展、应对科学技术挑战的核心竞争力。

#### (一) 学科本质的内在要求

物理学是一门以实验为基础、以逻辑为纽带的自然科学,其知识体系的形成过程本质上是一系列科学推理的结晶。从伽利略对自由落体的理想实验到牛顿建立经典力学体系,科学推理始终是物理学科发展的核心动力。以平抛运动为例,其本质是运动合成与分解思想的具象化体现。学生若仅通过机械记忆“水平匀速、竖直自由下落”的结论,难以真正理解矢量分解的物理意义。而科学推理能力的介入,则能引导学生从轨迹现象出发,通过假设“水平与竖直运动的独立性”,设计对比实验验证猜想,最终自主构建运动分解模型。这一过程还原了物理规律发现的原始路径,使学生在逻辑推演中深刻体会“化曲为直”的思维方法,从而真正把握学科本质。

#### (二) 深度学习的认知基石

新课标强调“从知识本位转向素养本位”,而深度学习正是实现这一转向的关键。科学推理能力通过促进学生认知结构的重构,为其深度学习提供支撑。在平抛运动学习中,学生常面临“为何分解运动”“如何选择参考系”等认知冲突。此时,科学推理通过“现象观察→假设生成→证据检验”的认知循环,推动学生将碎片化知识整合为结构化网络。例如,当学生发现平抛轨迹竖直方向的位移与时间平方成正比时,可反向推导出竖直方向的加速度恒定,进而与自由落体运动建立联系。这种基于证据的推理过程,使学生超越表层的公式记忆,形成对运动合成原理的概念性理解。神经科学研究表明,这种主动推理能激活大脑前额叶皮层的逻辑处理区域,显著提升知识的长期记忆效率。

### （三）问题解决的实践工具

在复杂问题情境中，科学推理能力是突破思维定式、实现创新突破的核心工具。以高考物理试题为例，近年命题趋势愈发注重对推理链条完整性的考查。例如 2023 年全国卷中，一道以“无人机空投物资”为背景的平抛问题，要求考生通过轨迹反推飞行高度与初速度的关系。解答此类问题，学生需经历“提取关键信息→建立运动模型→选择数学工具→验证结果合理性”的完整推理过程。研究表明，具备较强科学推理能力的学生，其解题正确率比单纯依赖题型训练的学生高出 42%。这种能力迁移不仅体现在学业评价中，更在工程设计、数据分析等现实场景中发挥重要作用。例如在建筑设计中，工程师需通过抛物运动模型推算安全抛掷距离，这本质上是对平抛运动推理能力的拓展应用。

### （四）终身发展的核心素养

在信息化与人工智能快速发展的时代背景下，科学推理能力已成为公民科学素养的关键组成部分。国际学生评估项目(PISA)将科学推理列为测评重点，强调其“辨析信息真伪、评估证据效力、形成理性决策”的社会价值。例如在平抛实验中，当学生发现实测重力加速度小于理论值时，需要排查“空气阻力影响”“装置摩擦误差”等因素，这本质上是对“控制变量”“误差分析”等科学方法的实践运用。此类训练使学生形成“证据优先、逻辑自洽”的思维习惯，为其应对信息爆炸时代的认知挑战奠定基础。

### （五）创新人才的培养根基

我国《全民科学素质行动规划纲要（2021—2035 年）》明确提出“培育具备科学思维和创新能力的时代新人”。科学推理能力通过激发质疑精神和批判性思维，为创新人才培养提供土壤。在平抛运动探究中，教师可设计开放性任务：“若初速度方向与水平面成微小夹角，轨迹方程如何修正？”此类问题打破“理想条件”的思维桎梏，促使学生反思原有模型的局限性，尝试通过微积分或数值模拟进行修正。这种从“验证”到“创造”的思维升级，正是创新能力的萌芽阶段。诺贝尔物理学奖得主费曼曾指出：“科学教育不是灌输知识，而是教会学生像科学家一样思考。”物理实验教学中的科学推理训练，正是将这种科学思维方式植根于学生认知体系的重要途径。

综上所述，科学推理能力在高中物理教学中具有多维度的核心价值：它既是学科本质的具象化表达，又是深度学习的认知引擎；既是问题解决的实践工具，又是终身发展的素养基石，更是创新人才培养的关键依托。在基础教育改革纵深推进的当下，强化科学推理能力的培养，不仅是落实物理学科核心素养的必然要求，更是回应时代对创新型人才迫切需求的教育应答。

## 二、高中物理实验教学中培养学生科学推理能力的策略研究——以平抛运动为例

科学推理能力的培养需要系统化的教学策略支持。基于《普通高中物理课程标准（2017 年版 2020 年修订）》对“科学思维”与“科学探究”的要求，教师可以以平抛运动实验为载体，从情境创设、问题设计、工具支持、评价反馈四个维度构建培养策略，形成“以现象为起点、以问题为驱动、以证据为核心、以反思为闭环”的实践路径。选择“平抛运动”作为研究对象，源于其独特的教学价值：作为曲线运动的典型代表，它既包含运动合成的空间想象，又涉及矢量分解的数学建模，是训练学生从现象观察走向理论推导的优质素材。通过设计阶梯式问题链，整合数字化实验与传统实验工具，引导学生在完整探究链条中，逐步掌握科学推理的核心方法，重点突破两个维度：其一，如何将隐性思维过程显性化，通过实验任务设计暴露学生的推理逻辑；其二，如何建立实验现象与数学模型的双向联结，促进学生从经验事实向抽象规律的思维跃迁。这一实践不仅响应新课标“注重科学探究，突出科学思维”的要求，也为破解实验教学“低阶化”困境提供可行路径。

### （一）创设真实情境——激活科学推理的原始动力

新课标强调“从生活走向物理”，要求通过真实情境激发学生的探究动机。在平抛运动中，教师需整合物理现象、生活案例与技术工具，构建多维度的认知情境。

#### 1. 对比实验创设认知冲突

通过同步演示平抛运动与自由落体运动，引导学生观察“两球同时落地”的现象，打破“平抛物体下落更慢”的直觉认知，追问核心问题：“为何竖直分运动不受水平初速度影响？”引发学生对运动独立性的深度思考。

#### 2. 技术赋能现象可视化

教师可利用 Tracker 视频分析软件捕捉平抛轨迹，生成动态坐标图，直观呈现水平位移 ( $x$ ) 与时间 ( $t$ ) 的线性关系、竖直位移 ( $y$ ) 与时间平方 ( $t^2$ ) 的比例关系。有条件的课堂还可以引入 Phyphox 手机传感器测量实时加速度，对比理想值与实测值差异，为误差分析提供数据支撑。

通过现象与技术的融合，将抽象物理规律转化为可观测、可分析的具象对象，为科学推理提供“锚点”。

### （二）阶梯式问题链驱动——搭建科学推理的思维脚手架

科学推理能力的提升遵循“从具体到抽象”的认知规律。教师需设计层次化的问题链，逐步引导学生完成“观察→假设→验证→结论”的思维进阶。

#### 1. 问题链结构设计

围绕平抛运动分解原理，教师可构建三级问题链：

问题层级	问题示例	思维能力目标
基础层	平抛轨迹的形状与哪些因素有关?	现象观察与变量识别
发展层	如何验证水平方向速度不变?	实验设计与证据收集
创新层	若存在空气阻力, 轨迹方程如何修正?	模型修正与批判性思维

## 2. 问题驱动下的探究路径

基础层：学生通过对比不同初速度的平抛轨迹，归纳“初速度越大，水平射程越远”的定性规律。

发展层：以“如何定量验证水平匀速”为任务，小组设计实验方案（如测量等时间间隔的水平位移差）。

创新层：引入真实情境任务（如“无人机空投物资受风阻影响”），要求学生修正理想模型并编程模拟轨迹。

通过问题链的阶梯式推进，学生从经验描述走向理论建模，逐步形成结构化推理能力。

### （三）证据导向的实验探究——规范科学推理的逻辑链条

科学推理的本质是“基于证据的论证”。教师需强化数据收集、处理与解释的规范性，培养学生“用数据说话”的科学态度。

#### 1. 多元化数据采集工具

教师可使用传统工具，如频闪仪记录平抛轨迹点，手工测量坐标；也可使用数字化工具，如Tracker软件自动提取轨迹坐标，生成 $x-t$ 、 $y-t^2$ 图像，提高数据准确性。

#### 2. 数据处理的思维外显化

要求学生完成“数据→图表→公式”的转化，绘制 $x-t$ 图像验证线性关系（斜率即水平初速度 $v_0$ ）和绘制 $y-t^2$ 图像验证正比例关系，并对比多组实验数据，分析误差来源。

#### 3. 结论论证的严谨性训练

采用“主张-证据-理由”（CER）论证模型，要求学生表述结论时明确：

主张（Claim）：平抛运动可分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动；

证据（Evidence）： $x-t$ 图像呈线性， $y-t^2$ 图像斜率接近 $\frac{1}{2}g$ ；

理由（Reasoning）：水平方向合力为零，竖直方向仅受重力。

通过数据处理的规范化与论证模型标准化，强化学生证据意识与逻辑严谨性。

### （四）评估、交流与合作——优化科学推理的反思路径

教师需通过反思工具与评价机制，帮助学生监控、评估与修正推理过程，引导学生交流与合作。

#### 1. 思维日志与流程图

在实验报告中增设“思维日志”栏目，要求学生记录：“我的初始假设是什么？数据是否支持该假设？”“数据处理过程中是否存在逻辑漏洞？”并绘制科学推理流程图，可视化思维路径：现象观察→问题提出→假设生成→方案设计→数据收集→结论论证→反思修正。

## 2. 多维评价体系构建

设计“过程性+终结性”评价量表，覆盖科学推理全过程：

评价维度	评价指标	权重
假设合理性	假设是否符合物理原理	20%
实验设计科学性	变量控制是否严谨	30%
数据解释深度	能否从数据中提炼规律	30%
反思批判性	是否识别推理局限并提出改进方案	20%

通过显性化思维过程与多维度评价，促进学生从“无意识推理”转向“有意识监控”。

### （五）迁移应用与创新拓展——深化科学推理的实践价值

新课标要求“从物理走向社会”，强调知识迁移与创新应用。教师需设计开放性问题，引导学生将平抛运动推理能力迁移至复杂情境。

#### 1. 真实情境任务设计

工程类任务：“设计投石机参数，使炮弹命中30m外目标（考虑空气阻力）”；

社会议题分析：“分析篮球投篮最佳抛射角与命中率的关系”。

#### 2. 跨学科融合实践

数学建模：利用微积分推导非理想条件下的轨迹方程；

信息技术：编写Python程序模拟不同阻力系数下的运动轨迹。

通过跨学科迁移与真实问题解决，培养学生“从理论到实践”的推理迁移能力。

#### 结语

科学推理能力的培养是物理学科核心素养落地的重要抓手。通过平抛运动实验的策略实践，学生不仅能掌握运动分解的物理原理，更能在“现象观察—假设论证—数据建模—迁移反思”的完整链条中，形成“基于证据、逻辑自洽、批判创新”的科学思维品质，这一策略体系为新课标背景下实验教学改革提供了可操作的范式参考。

#### 参考文献

[1] 梁仁籍. 高中物理教学中学生科学思维能力培养研究[J]. 物理教学探讨, 2021(5): 12-16.

[2] 陈新. 例谈高中物理核心素养下科学思维能力的培养[J]. 中学物理教学参考, 2024(3): 45-49.

[3] 陈晓敏. 中学物理教学应用思维导图的文献综述[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2021(2): 88-95.

基金项目：本文系广东省教育科学规划课题“物理教学实践中培养科学推理能力的策略研究”（课题编号：2021YQJK477）。