

基于PTA量表法设计高中物理探究类实验评价量表

——以“探究平抛运动的规律”为例

李进成, 黄国锋, 范文睿

赤峰学院物理与智能制造工程学院, 内蒙古 赤峰

收稿日期: 2025年11月19日; 录用日期: 2025年12月22日; 发布日期: 2025年12月30日

摘要

物理实验教学是物理教学重要的组成部分, 物理实验教学不仅可以帮助学生理解和掌握物理知识, 还能促进学生的全面发展。在高中实验课中探究类实验有着举足轻重的作用, 不仅能满足新课程标准强调的激发学生实验探究的兴趣, 还能增强学生的创新意识。基于传统的纸笔测试和口头评价对学生的实验表现评价比较单一, 本文旨在探讨PTA (Primary Trait Analysis, 基本要素分析)量表法在高中物理探究类实验评价中的应用, 以探究平抛运动的特点为例, 设计了一套具体的评价量表。PTA量表法作为一种对学生作业, 尤其是开放性作业的有效评价工具, 能够全面、系统地评价学生在实验过程中的表现。通过确定评价要素、制定评分标准、划分表现水平等步骤, 切实地将“教 - 学 - 评”融为一体, 有助于教师优化教学流程, 提高教学效率, 并且在学生学习过程中对于物理核心素养的形成与落实发挥重要的作用。

关键词

PTA量表法, 高中物理, 探究类实验, 平抛运动

Design of an Evaluation Scale for Inquiry-Based Experiments in High Schools Physics Based on the PTA Scale Method

—Taking “Exploring the Laws of Projectile Motion” as an Example

Jincheng Li, Guofeng Huang, Wenrui Fan

School of Physics and Intelligent Manufacturing Engineering, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: November 19, 2025; accepted: December 22, 2025; published: December 30, 2025

Abstract

Physics experiment teaching constitutes a vital component of physics instruction. It not only facilitates students' understanding and mastery of physical knowledge but also promotes their holistic development. Inquiry-based experiments hold a pivotal position in high school physics laboratory courses, as they not only fulfill the requirement of stimulating students' interest in experimental inquiry emphasized by the new curriculum standards but also strengthen their sense of innovation. Traditional paper-and-pencil tests and oral evaluations provide a relatively simplistic approach to assessing students' experimental performance. This paper intends to explore the application of the PTA (Primary Trait Analysis) Scale Method in evaluating inquiry-based physics experiments in high schools, using the exploration of the characteristics of projectile motion as an example to design a specific evaluation scale. As an effective assessment tool for student assignments, particularly open-ended ones, the PTA Scale Method enables a comprehensive and systematic evaluation of students' performance during the experimental process. By identifying evaluation traits, formulating scoring criteria, and categorizing performance levels, this method effectively integrates "teaching, learning, and assessment". It assists teachers in optimizing teaching procedures, enhancing teaching efficiency, and plays a significant role in the cultivation and implementation of students' core physics competencies throughout their learning process.

Keywords

PTA Scale Method, High School Physics, Inquiry-Based Experiments, Projectile Motion

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国教育改革的不断深入,《普通高中物理课程标准(2020 年修订版)》中强调了学生物理核心素养的培养,要求教育从“以教为中心”向“以学为中心”转变。同时在教学与评价中也强调对学生物理核心素养的评价,其中包括学生的物理观念、科学思维、科学探究和科学态度与责任等方面。提倡多样化的评价方式,如表现性评价、过程性评价等[1]。实验教学作为物理教学中的重要组成部分,对于培养学生的科学素养、实验能力和创新思维具有不可替代的作用。其中探究类实验在高中物理实验中处于核心地位,强调让学生经历完整的科学探究过程,运用科学方法来建立物理概念、认识物理规律,同时训练实验技能[2]。

然而,目前实验教学评价方式大多数往往侧重于纸笔测试和口头评价等,操作方式单一,造成实验评价不准确,忽视了对学生实际操作能力和实验探究过程的评价,导致实验教学难以达到预期的效果。基于此本文尝试进行“基于 PTA 量表法设计高中物理探究类实验评价量表”以期能够帮助学生明确实验目标和评价标准,引导学生积极参与实验探究过程,帮助教师提供科学、客观的评价依据,促进实验教学的改进和优化。本文以“探究平抛运动的规律”实验为例,该实验是高中必做实验中的经典实验之一,旨在通过观察和测量平抛物体的运动轨迹,探究平抛运动的规律,培养学生的实验探究能力和科学思维。

2. PTA 量表法

2.1. PTA 量表的发展

PTA 是 Primary Trait Analysis 的缩写,译为基本要素分析。这种学生评价方式最早出现在美国,由

教师沃尔福德和安迪生等人设计和开发，最初应用于全国性考试的论文评分，旨在解决主观评价中的一致性问题。1995年，美国雷蒙德·沃尔特斯学院(RWC)将其引入课堂评估，通过教师主导的量表开发过程，实现了学习目标的清晰传递与评估标准的共识构建。该学院的实践表明，80%的全职教师在多学科中采用PTA量表后，不仅提升了评分效率与公平性，还促进了跨课程的教学标准协同。这一阶段的研究重点在于验证方法的普适性，形成了“要素拆解-标准制定-教学反馈”的基础应用框架。直到21世纪国外研究逐渐突破单一评分功能，探索PTA量表在教育质量提升中的多元价值。研究发现，该方法可有效衔接教学与评估：通过明确各等级表现的具体指标，既能指导教师聚焦核心教学内容，又能帮助学生明确学习目标，激发自我评估与同伴互评的主动性。在学科应用上，已从语言类作业延伸至生物实验操作、数学问题解决等领域，形成了“学科特质-要素适配-量表定制”的差异化应用模式[3]。

2.2. PTA量表与Rubric量表

与之相似的Rubric量表评价也称作“评价量规”，是一种结构化的评分工具，核心本质是“标准分层+质量描述”。它先明确评价任务的核心准则(如“内容完整性、技能熟练度、创新意识”），再为每个准则划分不同成就水平(如优秀、良好、合格、不合格)，并对每个水平的具体表现进行精准描述，既可以整体评价，也可分项分析。

PTA量表的理论假设是任何一种行为表现，包括行为的和认知的，都会有一系列基本的要素。这些要素构成学生知识、技能、行为或表现的基本单元，只要找出这些基本单元，并将学生在这些基本单元上的行为表现做出准确的评定[4]。学生在执行这些具体任务的过程中，会展现出一系列总体性的行为表现特征，这些特征构成了对其进行评价的重要依据，对这些总体的表现特征就可以进行评价。

二者的发展均植根于对传统标准化测试的反思——传统测试侧重知识记忆，难以评价学生的实践能力、创新思维等综合性素养，而表现性评价强调通过“实际表现”衡量学习成果，需要结构化的工具解决评价主观性强的问题。PTA量表更适用于要素明确、流程固定的表现性任务，如实验操作、标准化写作、技能考核等。例如：科学实验中的步骤规范评价、语文作文的基础要素(字迹、标点、字数)评价等。其优势在于评价标准高度统一，减少主观偏差，但灵活性较弱，难以适应创新性、开放性强的任务(如创意设计、探究性报告)。Rubric量表既能用于结构化任务(如作业评分)，也能适配开放性、综合性任务(如项目式学习成果、创意作品展示)。例如：探究性学习中的“合作能力、问题解决能力”评价、艺术作品的“创意性、表现力”评价等。其优势在于具有动态开放性，可根据任务特点调整准则与水平描述，但设计过程相对繁琐，对评价者的专业能力要求更高。Rubric量表与PTA量表的核心差异在于“要素聚焦”与“标准分层”的设计逻辑：PTA量表胜在精准诊断，适用于结构化任务；Rubric量表强在综合引导，适配多元化任务。二者同源于表现性评价的需求，在发展中形成功能互补，且逐渐走向融合创新。在实际教育评价中，应根据任务特点、评价目标灵活选择或组合使用，以实现“精准诊断+持续发展”的双重评价价值。

2.3. PTA量表是物理核心素养“可评化”的桥梁

一、二者的核心联系

物理核心素养作为宏观、抽象的育人目标，涵盖物理观念、科学思维、科学探究与创新、科学态度与责任四大维度，其评价难点在于“不可直接观察”。而PTA量表(即学业成绩评价量表)的核心优势是“要素拆解”，能通过“目标→要素→标准”的转化逻辑，将抽象素养转化为可观察、可评估的具体行为指标，为物理核心素养的落地与评价搭建关键桥梁。

二、素养的可操作拆解

针对物理核心素养四维度的“不可观测性”，PTA量表可进行精准拆解。以“科学探究与创新”素养为例，可将其系统拆解为6个核心要素：提出问题、猜想与假设、制定计划与设计实验、实验与收集数据、分析数据与论证、交流与合作。每个要素均对应素养在探究过程中的具体表现，形成从“抽象目标”到“具体行为”的完整链条。

三、各要素核心作用与实践体现

提出问题：作为科学探究的“起点触发”，是探究能力的核心体现。提出的问题需符合物理逻辑，而非无依据空想——例如从“水平抛出的小球为何沿曲线运动”“同一高度抛出的小球，抛出速度不同时落地时间是否相同”等生活现象或实验观察中，提炼出“平抛运动的竖直方向运动是否为自由落体运动”“平抛运动的水平方向运动是否为匀速直线运动”等有价值的物理问题。

猜想与假设：需基于已有物理知识与经验进行合理推理，体现“归纳、推理”的科学思维方法，而非随意猜测。其往往以已形成的物理观念为支撑，例如基于“运动的合成与分解观念”，对“平抛运动的运动规律”提出“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，且两个方向运动互不影响”的假设，直接体现物理观念对探究过程的指导作用。

制定计划与设计实验：是科学探究的关键规划阶段，同时关联科学探究与创新、科学思维两大素养。核心要求是设计可行的实验方案，包括选择适配器材、确定实验步骤、控制变量等——例如探究“平抛运动的水平方向运动规律”时，设计“用频闪相机拍摄平抛小球的运动轨迹，通过分析相邻帧小球在水平方向的位移差判断运动性质”或“让小球从斜槽同一位置由静止滑下，改变水平轨道末端高度，测量不同高度下小球的水平射程与落地时间，分析水平方向运动”的方案，既体现实验设计的创新性，也保证可行性；又如探究“平抛运动竖直方向运动规律”时，需严格遵循控制变量法，设计“控制小球抛出高度不变，改变抛出速度，测量不同抛出速度下小球的落地时间；再控制抛出速度不变，改变抛出高度，测量落地时间”的方案，是科学思维在实验设计中的深度应用。

实验与收集数据：作为探究的“实践操作与证据积累”环节，关联科学探究与创新、科学态度与责任。从科学探究角度，需规范操作实验器材以确保数据准确，例如使用频闪相机时，正确调节相机帧率（如50 Hz对应0.02 s拍摄间隔）、校准拍摄角度，保证小球运动轨迹清晰、位移测量准确；使用斜槽时，提前调整斜槽末端水平，减少因末端不水平导致的实验误差，这些均是实验操作能力的直接体现。从科学态度角度，需如实记录所有数据（包括异常数据），不篡改、不编造——例如实验中发现“某组小球落地时间比预期略长”时，需如实记录并标注“可能因斜槽末端存在微小摩擦导致抛出速度偏小”，而非直接删除，体现“尊重事实、严谨求实”的科学态度。

分析数据与论证：是物理核心素养的“规律提炼”环节，核心关联科学思维与物理观念。需通过计算、绘图、归纳等方法从数据中推导物理结论，体现逻辑推理与论证能力——例如探究“平抛运动水平方向运动规律”时，将频闪相机拍摄的多组水平位移数据绘制成为“水平位移-时间”图像，通过“图像为过原点的倾斜直线”归纳出“平抛运动水平方向为匀速直线运动”的结论，完整呈现“基于证据论证”的科学思维过程。同时，论证得出的结论会进一步完善或强化物理观念，例如通过“平抛运动规律实验”的数据分析与论证，得出“平抛运动是水平方向匀速直线运动和竖直方向自由落体运动的合运动”的结论，能深化学生对“运动的合成与分解”观念的理解，实现物理观念的巩固与提升[3]。

评估以及交流与合作：作为探究的“共享与共进”延伸，关联科学态度与责任、科学探究与创新。在交流层面，需尊重他人观点，理性讨论分歧——例如小组汇报“探究平抛运动规律”结果时，面对其他小组提出的“用打点计时器记录平抛小球运动轨迹”方案，能基于物理规律回应“你的方案在获取竖直方向运动数据时更直观，但我的方案（频闪相机）可同时获取水平和竖直方向位移，分析更全面”，体现“合作共赢、尊重差异”的科学态度。在合作层面，能通过思想碰撞生成新探究思路——例如交流“测量平

抛运动初速度”的方法时，从初始的“通过频闪照片计算水平位移与时间，推导初速度”，延伸出“利用平抛小球落在水平地面的射程与高度，结合自由落体运动公式计算初速度”“通过光电门测量小球经过水平轨道末端的速度作为平抛初速度”等多种方案，实现探究方法的创新[5]。

基于此在本研究中采用 PTA 评价量表，需要设计创新类实验的评价量表，首先要基于创新类实验和物理实验能力构建新的实验能力评价指标体系，将一、二级指标确定为评价量表的评价要素；再结合课程标准和学业质量要求，确定评价指标；最后参考高中课程标准对学业质量的水平划分，确定每个要素的具体指标。

3. 高中物理探究类评价量表的设计

3.1. 确定评价任务

在新课标“学生必做实验”部分的教学建议中，明确提出了：“学校应充分利用已有的实验器材，努力开发适合本校情况的实验课程资源，尽可能让学生自己动手多做实验，提升学生的物理学科核心素养。”“倡导师生利用身边的物品、器具、材料等自主开发物理实验器材[3]。”

由于当地所使用的教材是人教版高中物理教科书，现将人教版高中物理教科书和新课标中学生必做实验做简要的统计梳理如表 1，并最终确定以人教版高中物理探究类实验必修一第一章“探究平抛运动的特点”实验为例进行 PTA 量表的设计。本实验为属于探究类实验，以期通过本节课的学习为后续的探究类实验做好铺垫。

Table 1. Classification table of required experiments for high school physics students (people's education press edition)
表 1. 人教版高中物理学生必做实验分类表

实验名称	实验类型	所属教材及章节
测量做直线运动物体的瞬时速度	测量类	必修一 第一章
探究弹力和弹簧伸长的关系	探究类	必修一 第三章
探究两个互成角度的力的合成规律	探究类	必修一 第三章
探究加速度与物体受力、物体质量的关系	探究类	必修一 第四章
验证机械能守恒定律	验证类	必修二 第七章
探究平抛运动的特点	探究类	必修二 第五章
探究平抛运动的特点探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系	探究类	必修二 第五章
观察电容器充、放电现象	探究类	必修三 第九章
长度的测量及其测量工具的选用	测量类	必修三 第十章
测量金属丝的电阻率	测量类	必修三 第十章
用多用电表测量电学中的物理量	测量类	必修三 第十二章
测量电源的电动势和内阻	测量类	必修三 第十二章
验证动量守恒定律	验证类	选择性必修一 第一章
用单摆测量重力加速度的大小	测量类	选择性必修一 第四章
测量玻璃的折射率	测量类	选择性必修一 第四章
用双缝干涉测量光的波长	测量类	选择性必修一 第四章
探究影响感应电流方向的因素	探究类	选择性必修二 第四章
探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	探究类	选择性必修二 第五章

续表

用传感器制作简单的自动控制装置	探究类	选择性必修二 第五章
用油膜法估测油酸分子的大小	测量类	选择性必修三 第三章
探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系	探究类	选择性必修三 第三章

3.2. 确定评价要素

PTA 量表是一种极具特色的评价工具, 其优势在于高度的明确性、清晰性和标准参照性。在构建 PTA 量表时, 首要且关键的一步是清晰地确定那些对评价至关重要的元素。笔者根据《普通高中物理新课程标准(实验)》中明确提出的科学探究要素, 将物理探究类实验 PTA 量表的评价要素划分为以下七个方面: 提出问题、提出猜想与假设、制定计划与设计实验、进行实验与收集数据、分析数据与论证、评估以及交流与合作[2], 并制作 PTA 量表的评价要素表如表 2。

Table 2. Evaluation criteria table of the PTA scale**表 2.** PTA 量表的评价要素表

评价要素	内涵
提出问题	学生能否根据实验目的和背景知识, 提出有探究价值的问题。
提出猜想与假设	学生能否根据已有知识和经验, 对问题进行合理地猜想和假设。
制定计划与设计实验	学生能否根据猜想和假设, 制订合理的实验计划, 设计可行的实验方案。
进行实验与收集数据	学生能否按照实验计划进行实验, 准确、有效地收集实验数据。
分析数据与论证	学生能否对实验数据进行合理的分析和处理, 得出科学的结论。
评估以及交流与合作	学生能否对实验过程和结果进行评估, 反思实验中的问题和不足。学生能否在实验过程中与同学、教师进行有效的交流和合作。

3.3. 制定评价指标

为了提升量表的简洁性和实用性, 我们需要依据评价要素同时从学生视角出发, 设计易于操作的评价指标。这要求我们深入剖析评价要素的内涵, 将其细化为 1 至 5 个具体的评价指标。在实际运用过程中, 应确保每个评价指标都能对应到相关的评分要素及其相应的水平层次, 从而确保评价的准确性和有效性[5]。例如, 明确制定计划与设计实验为评价要素则评价指标有: ① 指出自变量、因变量并能操纵自变量; ② 描述观察或测量因变量的方法; ③ 控制变量、多次试验; ④ 列出重要步骤和材料用具; ⑤ 创新实践。并制作 PTA 量表的评价指标表如表 3。

Table 3. Evaluation indicators table of the PTA scale**表 3.** PTA 量表的评价指标表

评价要素	评价指标
提出问题	通过观察、思考或实践能发现、提出问题
提出猜想与假设	提出与问题相关的假设 说出与问题相关的假设的合理的理由
制定计划与设计实验	指出自变量、因变量并能操纵自变量 描述观察或测量因变量的方法

续表

进行实验与收集数据	控制变量、多次试验 列出重要步骤和材料用具 创新实践 设计表格记录实验数据 实验操作技能
分析数据与论证	对实验结果进行解释和描述 尝试根据实验现象和数据得出结论
评估以及交流与合作	对实验过程和结果进行评估；与同学、教师进行交流和合作

3.4. 针对实验划分评价标准并建立评价量表

1) 实验背景与目的

平抛运动是高中物理教学中的重要内容之一，它涉及运动学、力学等多个知识点。通过探究平抛运动的特点，可以帮助学生深入理解运动的合成与分解、匀变速曲线运动等概念，培养学生的实验能力和科学探究精神。

实验步骤与要求

2) 提出问题：

学生需要提出与平抛运动特点相关的问题，如“平抛运动的轨迹是什么形状？”“平抛运动的速度和加速度如何变化？”等。

3) 猜想与假设：

学生需要根据已有知识和经验，对平抛运动的特点进行合理的猜想和假设，如“平抛运动的轨迹是抛物线”“平抛运动在水平方向上做匀速直线运动，在竖直方向上做自由落体运动”等。

4) 制订计划与设计实验：

学生需要制订实验计划，设计实验方案，包括实验器材的选择、实验步骤的确定、实验数据的记录方法等。

5) 进行实验与收集数据：

学生需要按照实验计划进行实验，准确、有效地收集实验数据，如平抛运动的水平位移、竖直位移、时间等。

6) 分析与论证：

学生需对实验数据进行严谨的分析与妥善处理，从而得出科学准确的结论。例如，通过验证，他们应确认平抛运动的轨迹确实呈现出抛物线的形态；同时，他们还应发现，在水平方向上，平抛运动呈现出匀速直线运动的特征，而在竖直方向上，则表现为自由落体运动的特点。

7) 评估、交流与合作：

学生需要对实验过程和结果进行评估，反思实验中的问题和不足，提出改进措施。也需要在实验过程中与同学、教师进行有效的交流和合作，共同解决问题，分享实验成果。

3、建立评价量表

依据以上的内容最终整合以人教版高中物理必修一学生必做实验“探究平抛运动的规律”为例的 PTA 整体评价量表如表 4。

Table 4. PTA holistic evaluation scale taking “exploring the laws of projectile motion” as an example
表 4. “探究平抛运动的规律”为例的 PTA 整体评价量表

评价要素	评价指标	具体指标	评分		
			自评	组评	师评
提出问题	通过观察、思考或实践能发现、提出问题	能够基于自己的观察、思考或实践经验，清晰地表述出一个或多个值得探究的问题。这些问题应该具有明确性、针对性和可探究性。 能在情境中发现问题并提出多个有探究意义的问题 能在情境中发现问题并提出 1 个有探究意义的问题 不能在情境中发现问题或提出的问题没有探究意义 针对发现的问题提出“平抛运动在水平方向和竖直方向的特点”			
猜想与假设	提出与问题相关的假设	能够提出与问题相关的多个假设，且表述严谨科学 能够提出与问题相关的 1 个假设，且表述严谨科学 能够提出与问题相关的多个假设，但表述欠规范 说出科学、合理的理由 说明理由，但理由不充分 说明理由，但理由不合理			
指出自变量、因变量并能操作自变量		能说出探究竖直方向的特点的分实验中自变量为平抛竖落仪中小球释放的高度 H，因变量是小球下落的时间 T；探究竖直方向的特点的分实验中自变量为平抛运动演示仪中小球的初速度 V，因变量是小球的水平位移 X；并能说出 能说出通过观察和听来判断两个小球同时落地来间接测量小球同时落地；能说出通过调整小球在斜槽上的高度来调整小球的初度间接描绘不同的运动轨迹。			
制定计划与设计实验	描述观察或测量因变量的方法	能科学地阐述怎样提供并测量平抛竖落仪中两小球下落的时间和平抛演示仪中小球的初速度 能科学地阐述怎样提供并测量平抛竖落仪中两小球下落的时间或平抛演示仪中小球的初速度 不能科学地阐述怎样提供并测量平抛竖落仪中两小球下落的时间和平抛演示仪中小球的初速度 对探究竖直方向的特点的分实验中因变量小球下落的时间 T 和探究水平方向的特点的分实验中因变量 V 进行比较或测量 能提供多种方法比较时间 T 和初速度 V 并切实可行 能提供一种切实可行的方法比较时间 T 和初速度 V 提供的方法可行性较低或只能提供比较时间 T 或比较初速度 V			
控制变量、多次试验		在探究竖直方向的特点时，控制小球的初速度 V 不变，调节小球释放的高度；控制小球释放的高度不变，调节小球的初速度； 在探究水平方向的特点时，在绘制同一运动轨迹时控制小球的初速度 V 不变，调节挡板的高度描绘运动轨迹 能明确地进行控制变量并进行 4~5 组实验以便科学地找到规律			

续表

进行实验与收集数据	列出重要步骤和材料用具	能明确地进行控制变量但实验次数较少或不能明确地进行控制变量但实验次数足够
		不能进行控制变量和实验次数较少
		能根据提供的实验器材自主设计实验
		方案中能合理设计平抛竖落仪小球同时落地的比较方法，更精确描绘小球的运动轨迹以及通过竖直方向的特点来确定相对时间水平位移等细节
		方案中能设计平抛竖落仪小球同时落地的比较方法，但描绘小球的运动轨迹不精确以及通过竖直方向的特点来确定相等时间水平位移比较模糊
		方案中没有合理设计平抛竖落仪小球同时落地的比较方法，对描绘小球的运动轨迹以及不能确定相对等间水平位移等细节
		实验设计时能提出 2 个及以上方案能经过讨论和实验尝试对自己的方案做调整
		实验设计时能提出 2 个及以上方案但未对方案根据实际情况做调整
		只能设计 1 个实验方案，但能经过讨论和实验尝试对自己的方案进行调整
		能熟练使用平抛运动演示仪、实验操作流畅并能解决实验中遇到的问题
分析数据和论证	实验操作技能	掌握实验仪器的基本用法、掌握基本的实验步骤并能解决实验中遇到的问题
		认识了解实验仪器、实验准备充分并能解决实验中遇到的问题
		准确记录实验数据，表格设计合理完整，记录统计的数据清晰明了
	设计表格记录实验数据	表格设计不够完整
		实验数据记录不真实或不全面
	分析处理数据	对实验数据进行分析，能得到平抛运动在竖直方向为自由落体运动；在水平方向为匀速直线运动；并能得到平抛运动的轨迹为抛物线
		对实验数据进行分析，能得到平抛运动在竖直方向为自由落体运动；在水平方向为匀速直线运动；但不能得到平抛运动的轨迹为抛物线
	对实验结果进行解释和描述	对实验数据进行分析，不能得到平抛运动在竖直方向为自由落体运动或在水平方向为匀速直线运动；不能得到平抛运动的轨迹为抛物线
		科学分析实验现象，平抛运动在竖直方向为自由落体运动，在水平方向为匀速直线运动或者二者不能完全满足但能进行原因分析且能分析出多条原因
		科学分析实验现象，平抛运动在竖直方向为自由落体运动，在水平方向为匀速直线运动或者二者不能完全满足但不能找到原因
		科学分析实验现象，平抛运动在竖直方向为自由落体运动，在水平方向为匀速直线运动或者二者不能完全满足但没有进行思考寻找原因

续表

评估以及交流与合作	对实验过程和结果进行评估	对实验过程和结果进行全面评估，反思实验中的问题和不足并能提出改进具体、有效的改进措施	成绩
		对实验过程和结果评估较为全面，但反思或改进措施不够具体或有效	
与同学、教师进行交流和合作	对实验过程和结果评估不够全面，缺乏反思或改进措施	总成绩	
	在实验过程中与同学、教师进行深入、有效地交流和合作并能共同解决问题，分享实验成果		
	在实验过程中与同学、教师交流较为深入，但合作或分享不够紧密		
教师评语			
			总成绩

4. 量表的特点

4.1. 引导性

当学生在运用 PTA 量表进行自我评估或相互评价时自然而然地会根据量表中所设定的评价标准，来逐步调整和优化自己的思维方式与行为习惯[6]。这一过程不仅是对学生当前学习状态的一次深刻反思，更是对他们科学思维能力、实验操作能力以及科学探索精神的一种无形培养与塑造。PTA 量表的应用，以其具体而明确的评价标准，潜移默化地引导着学生朝着更加严谨、理性的科学思考方向迈进，同时也激励着他们在实验操作和科学探究中不断追求卓越，逐步养成良好的科学素养与精神风貌。

4.2. 多元性

PTA 量表评价在评价主体方面展现出显著的多元化特征，它不仅涵盖了学生的自我评价，还纳入了教师的评价，从而确保了评价视角的全面性和客观性。在评价方式层面，该量表倡导定量评价与定性评价的有机结合，既包含了具体的量化分数，用以精确衡量学生的表现水平，又融入了质性的评语，通过文字描述提供对学生表现的深入分析和个性化反馈。这样的评价方式既体现了评价的精确性，又兼顾了评价的全面性[7]。

4.3. 过程性

PTA 量表评价体系特别强调对过程的重视，着重关注学生的个人体验与内心感受。在评价表中，设置了一个“备注”栏目，此栏目为学生提供了一个宝贵的空间，让他们能够详细记录下在实验进程中遇到的具体挑战与困难、观察到的异常现象或情况，以及自己在实验过程中的努力付出、所得到的启示或反思[8]。这样的设计不仅有助于教师更全面地了解学生的实验经历和学习过程，也为学生提供了一个自我反思和成长的机会。

4.4. 灵活性

教师在运用 PTA 量表时，拥有极大的自由度，能够根据既定的教学目标及教学计划，灵活“组装”所需的评价要素，以满足特定的评价需求。以“探究平抛运动的规律”这一教学活动为例，教师可以巧妙地将“设计实验方案”与“分析论证”这两个核心要素结合起来，精心“组装”成一个全新的 PTA 量

表，进而在实际教学中加以应用。这样的设计不仅贴合了教学活动的实际需求，也进一步提升了评价的针对性和有效性。

5. 结语

本量表聚焦于探究类实验的关键要素，以平抛运动特性为单一实验案例提供直观示范，通过明确评价步骤、梳理评价要点、制定评分标准、划分表现层级，初步构建了高中物理探究实验的评价体系。需特别说明的是，本研究基于平抛运动这一单一实验案例展开量表设计，属于初步探索阶段，其普适性尚未经过多类型实验验证，仍需在后续研究中进一步检验与完善。该评价体系具备一定灵活性，可适应教师基础需求，教师可根据具体教学场景个性化调整评价要素，提炼不同实验的核心关键词(如平抛运动中的“轨迹分析”“初速度测量”），进而生成贴合实验特点的独特评价方案[7]。同时，教师需结合实验复杂度合理分配各要素分数权重(如基础操作类要素与创新设计类要素的分值占比)，确保评价过程的公正性与结果的实用性。从应用场景来看，此量表不仅为教师开展实验评价与针对性指导提供便利，还具备学生互评的潜力，可作为学生自我审视实验过程、发现学习漏洞的工具，一定程度上拓宽了评价体系的应用范畴与影响力。基于平抛运动实验设计的本评价量表，初步实现了探究类实验“操作 - 数据 - 分析 - 合作”全流程的评价覆盖，可为高中物理力学探究实验的教学评价提供基础框架与实践参考。但需明确的是，本结论仅适用于当前单一实验案例，无法直接推广至所有物理实验类型；量表的有效性与适用性，仍需通过更多跨领域实验(电学、光学、热学等)的教学实践进一步验证。

后续可选取电学、光学等不同领域的典型探究实验，对量表要素与评分标准进行多场景适配与优化，逐步提升量表的普适性；引入实证研究验证：通过在多所高中开展教学对照实验，收集教师评价反馈与学生实验成绩数据，量化分析量表对实验教学质量的提升效果，为量表的修订提供数据支撑；细化分层评价标准：针对不同学业水平的学生群体，探索设计“基础版 - 进阶版”分层评价量表，满足差异化教学评价需求，如为基础薄弱学生侧重“操作规范性”评价，为高阶学生增加“实验方案创新设计”的评价权重。

参考文献

- [1] 伍小斌. 基于 PTA 量表开展实验教学表现性评价的实践探索——以“密度”实验为例[J]. 中学物理, 2023, 41(18): 16-20.
- [2] 宋丽霞, 马昌法. PTA 量表在中学物理探究活动中的应用[J]. 物理教师, 2009, 30(5): 6-8.
- [3] 高岱亮. 基于 PTA 量表的县级初中学生物理创新素养的测评与实施建议[J]. 中学物理, 2024, 42(22): 49-54.
- [4] 方润根. PTA 量表在高中物理探究性实验教学中的实践研究——以“探究加速度与力、质量的关系”为例[J]. 中学物理教学参考, 2020, 49(23): 11-13.
- [5] 张卫东. 基于学生分组实验的 PTA 量表评价设计[J]. 新课程导学, 2024(9): 94-97.
- [6] 金京生, 李鸿. PTA 量表后置评价在初中探究教学中的应用——以“食物与能量”为例[J]. 中学生物教学, 2023(35): 31-34.
- [7] 梅瑜琦. 基于物理学科核心素养的高中物理教学设计探究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆师范大学, 2020.
- [8] 汪志峰. 基于 PTA 量表法的课堂教学评价的设计与实施——以探究杠杆平衡条件为例[J]. 课程教学研究, 2023(7): 89-97.