

真实情境为载体 核心素养为导向

——例谈高中物理实验题命制

梁恒 王鉴纯

摘要：以真实情境为背景命制实验题，能够使实验题更加贴近现实生活和科学研究，从而显著提升实验题的真实性、科学性和综合性。这不仅能够引导教学更加注重实践性和应用性，而且对学生核心素养的培养具有重要作用。以一道原创实验题为例，深入阐释真实情境实验题如何在潜移默化中培养学生的物理核心素养。详细解读如何设计实验题，以考查学生的学习过程和知识迁移能力，为高中物理试题命制提供了有益的参考方向。通过此类实验题设计，让学生在解决实际问题的过程中，更好地理解和应用物理知识，提升其综合素养和创新能力。

关键词：真实情境；核心素养；原创题

一、命题背景

动量守恒定律是自然界普遍遵循的守恒律，是高中物理学习的核心内容之一，其验证实验也成为高中物理学生实验的焦点。人民教育出版社出版的高中物理教材选择性必修第一册，提供了较为经典的动量守恒定律验证方案，即比较两球碰撞前后的系统动量。以此为背景的实验试题数量庞大，但是绝大多数试题所呈现的实验情境不够真实。例如，这些试题设计的小球落点均为一个“理想”落点（如下文图 1 中的 E 、 F 、 J 点）。此类试题会让学生误以为该实验无须反复获取碰撞数据，长此以往会束缚学生科学探究的思维，让学生缺乏建构模型的思维过程，阻碍学生物理科学思维的提升，削弱学生质疑创新的能力，对学生物理核心素养的养成十分不利^[1]。

《中国高考评价体系说明》中指出，“情境是高考评价体系中的考查载体”^[2]。情境即“问题

情境”，是指真实的问题背景，是以问题或任务为中心构成的活动场域。高考评价体系中的“四层”考查内容和“四翼”考查要求，是通过情境与情境活动两类载体来实现的。命题者通过选取适宜的素材，再现学科理论产生的场景，让学生在真实的背景下发挥核心价值的引领作用，运用必备知识和关键能力去解决实际问题，全面综合展现学科素养水平^[3]。

在《普通高中物理课程标准（2017 年版 2020 年修订）》关于“命题建议”的阐述中指出，评价学生的物理学科核心素养，应尽量创设类型多样的真实情境作为试题的任务情境^[4]。这些足以说明真实情境在物理试题命制中的重要地位。真实情境的创设能够让学生在模拟的真实环境中运用所学知识和技能来解决问题，从而考查学生运用所学知识解决真实问题的能力，有助于引导中学教学转型升级，引导教学的方向进一步体现物理学科的实践性和应用性，通过情境化的

作者简介：梁恒，浙江省杭州第二中学钱江学校，高级教师；

王鉴纯，浙江省杭州市余杭第一中学。

基金项目：2025 年浙江省杭州市基教教研重点课题“质疑—论证牵引科学思维提升的物理课堂教学策略研究”（L2025057）

教学和评价,更好地培养学生解决复杂实际问题的能力。

二、试题呈现

(一) 原创试题

(每小题 2 分,共 8 分)图 1 所示为“验证动量守恒定律”实验装置,实验室提供的球是半径相等的钢球 A 和玻璃球 B。

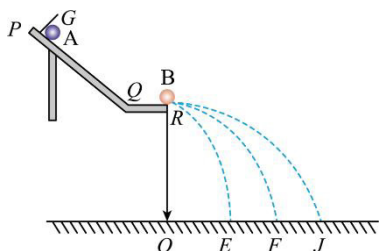


图 1

实验时:①使 A 球从斜槽上某一固定位置 G 由静止滑下,落于水平地面上,使之留下痕迹,重复 10 次。

②把 B 球放在斜槽末端,让 A 球仍从位置 G 由静止开始滑下,和 B 球碰撞后,A、B 球分别落于水平地面上,使之留下各自的痕迹,重复 10 次。

图 1 中 O 点是槽末端 R 在记录纸上的垂直投影点。

(1)实验使用白纸加复写纸的方法来记录落点的痕迹,下列说法正确的是_____ (填字母,多选)

A. 将白纸放在水平面上,复写纸平铺在白纸上

B. 将复写纸放水平面上,白纸平铺在复写纸上

C. 实验过程中,如果只是白纸的位置移动了,不会影响实验结果

D. 实验过程中,如果只是复写纸的位置移动了,不会影响实验结果

(2)完成实验①后,发现白纸上留下了 L、M、N 三个区域的点迹(如图 2),已知 O 点在图 2 左侧(图中未画出)。则应该选择_____ (选填“L”“M”或“N”)区域的点迹作为 A 球的落点。

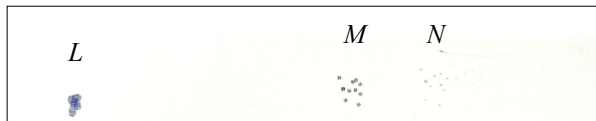


图 2

(3)图 3 是实验②完成后 A 球留下的痕迹,则这个点应该是图 1 上的_____ (选填“E”“F”或“J”)点;假设图中米尺(单位为 cm)的 0 刻度线对齐了 O 点,该点的读数应为_____ cm。



图 3

(4)下列关于本实验的说法中正确的是_____。

A. 入射小球和被撞小球可以是质量相等的
B. 入射小球和被撞小球可以是同种材质的实心小球

C. 把图 3 中的米尺换成量程足够的毫米刻度尺可以提高实验的精度

D. 确定落点位置时,应该用最小的圆圈进所有的落点,圆心即为落点位置

(二) 试题答案

(1) AD (2 分)

(2) L (2 分)

(3) E (1 分); 11.7 或 11.8 或 11.9 (1 分)

(4) C (2 分)

三、试题评析

本实验源自教材母题“验证动量守恒实验”,是学生学习动量相关知识的关键一环,其母题在教材中承接对动量和动量守恒定律的学习内容,引入碰撞模型的实际应用场景,为后续对弹性碰撞与非弹性碰撞的学习做好铺垫,是物理选考考生必做的实验。

本题考查了学生的实践操作能力。对实验细节

的考查,能够检测出学生是否在实际操作(实验小球的选择,白纸、复写纸的摆放顺序)中领悟实验内涵;在学生亲身实践的基础上,能够分辨出学生对待实验学习是否具备严谨踏实的科学态度(对三次落点的准确判断);试题选项能够检验学生对实验数据的处理是否科学恰当(包括落点平均位置的确定、落点测量对应的直尺读数等)。

(一) 试题解析

第(1)问,考查学生是否实际操作实验,包括实验之前的准备工作——白纸和复写纸的摆放关系应是白纸在下、复写纸在上。复写纸的使用原理是复写纸受力就会在其下面的白纸上留下痕迹。实验过程中,在白纸上记录下抛出的初始水平位置(O 点)后,白纸便不可移动,这样记录的后续落点位置与 O 点之间的距离才有意义。如果只是轻微移动上层的复写纸而不动白纸,则不会影响落点位置的记录。

第(2)问,若学生曾实际操作实验即可知晓,白纸上面的落点痕迹繁多,若选择处理不当,极易选错点迹。因为小球落地后会多次反弹,但是由于撞击力度不同,则白纸上留下的印记深浅不同;另外,首次落点距离 O 点也会更近一点,所以应该选择 L 区域的点来确定首次落点的位置。

第(3)问,根据实验选择的小球的材质(钢球和玻璃球),可以判定该碰撞可视为弹性碰撞,所以可以根据机械能守恒 $\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$ 和动量守恒 $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$ 得出 A 、 B 两球的碰撞后速度分别为 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_0$ 和 $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_0$,由于要求碰撞后两个小球均能向平抛的方向前进(不能退回轨道),所以要求 $m_1 > m_2$,即 $v_1 < v_0 < v_2$,碰撞后 A 球的速度是三个速度中最小的,所以碰撞后 A 球的落点为 E 。

要读出落点的平均位置,正确的做法是用最小的圆容纳尽可能多的落点,圆心的位置就是落点的“平均”位置。实验使用最小刻度为 0.5cm 的米尺,根据读数原则,读到小数点后1位(以 cm 为单位),不需

要再估读到下一位,所以答案为 11.7 或 11.8 或 11.9 。

第(4)问,由于要求两个小球碰撞后都继续向前运动,所以入射小球的质量要大于被撞小球的质量,所以 A 错误。

实验要求两个小球实现对心碰撞(碰撞前、后的速度都在同一条直线上),以此保证两者均做平抛运动,因此要求两个小球的半径相等,即体积相等。不能选择密度相等的小球,因为密度相等的实心小球如果质量不同,半径一定不同,所以 B 错误。

在数据处理过程中,长度的测量直接影响到实验结果,所以选用精度更高的毫米刻度尺测量,可以提高实验的精度,有利于减小误差,所以 C 正确。

要确定落点的平均位置,需用最小的圆容纳尽可能多的落点,则圆心的位置就是落点的平均位置。需要强调的是,最小圆容纳的是尽可能多的点,而不一定是全部的点,需要舍弃偏离明显的点迹(排除偶然误差),所以 D 错误。

(二) 试题特色

本题是一道原创实验题,不同于大量基于假设情况的同类试题,本题选择了真实的实验数据(真实的10个落点的原始数据),设问能够有效考查学生是否亲身实践该实验,是否对实验的每一个步骤有正确的理解和充分的思考,是否能够科学恰当地处理实验数据。

第(1)问,考查白纸和复写纸的摆放顺序,该考点在近几年浙江省物理选考中尚未出现。

第(2)问,考查学生是否真正经历了探究的过程,明确知晓小球有反弹多次落地的痕迹,考查学生是否能够正确选出首次落地点;绝大多数同类试题仅在题中呈现一个平均位置(理想化落点)或多个首次落点,而不会体现出多次反弹的真实原始痕迹。

第(3)问,尤其是第二空,考查了一种较为陌生的长度测量工具——最小分度是 0.5cm 的刻度尺,而不是同类试题常见的、学生熟知的毫米刻度尺,考查学生是否能够准确迁移已掌握的读数原则以使用相对陌生的测量工具,充分考查学生实验处理的灵活性和逻辑性。

第(4)问,考查实验器材(小球)的选择、

测量工具的选择、真实情境下实验数据的处理等,具有较强的综合性。

(三) 素养体现

本题体现了如下物理核心素养:

一是物理观念:体现了碰撞中的守恒观念。

二是科学思维:要求学生在实验事实的基础上,能够对所观察和记录的现象进行分析综合、推理论证;能够提出不同的观点,敢于质疑创新,例如,如何判断首次的落点和小球触地弹跳以后的二次落点;对于新的测量工具——0.5cm 分度的刻度尺,如何利用已经学过的读数原则正确读数。

三是科学探究:基于实验和观察,能够制定合适的方案(比如小球的选择等),获取和处理信息(动量守恒数据的处理),以及对探究过程和结果进行交流、评估和反思(如何选择精度更高的测量工具)。

四是科学态度与责任:有严谨认真、实事求是的科学态度;在数据处理上,能够尊重真实的实验数据,有良好的探究素养等。

详细考点及所蕴含的素养要素如表 1 所示。

(四) 延伸思考

大量学生实验的数据会显示出 $m_1v_0 < m_1v_1 + m_2v_2$ 这一反常结论,该现象的成因是 A 球在碰撞后进入既滚又滑的状态,其部分转动动能在轨道摩擦力的作用下转化为平动动能,使得系统总平动动能增加,在本实验中体现为系统水平总动量增加^[5]。据此可

再设计一道开放探究性试题作为第(5)问供教师教学和学生讨论使用:

在数据处理时,许多同学发现 A、B 两球碰撞后的水平总动量总是略大于 A 球单独做平抛运动时的水平动量,这意味着在两球碰撞后,存在某种能量转化为了系统的平动动能。请于课后查阅资料并解释该现象。

通过该试题的学习,引导学生进一步加深对动能和能量转化的理解,树立起更全面的能量观;通过对反常现象的深入探讨,有助于培养学生的质疑创新精神,提高其科学推理和论证的能力;引导学生根据真实情境提出问题,搜集证据,解释能量转化的来龙去脉,在科学探究过程中切实提升解决实际和复杂问题的能力;正视实验中的反常现象,尊重客观真实的实验数据,以求真务实的科学态度探索真相、发现规律,有力地促进学生形成敢于质疑、尊重事实、善于论证的科学态度与责任意识。

四、相关建议

要命制一道以真实情境为载体、学科素养为导向的高中物理试题,往往需要教师做好以下几点。

(一) 紧扣教材拓展创新

以本文的原创实验题为例,试题命制要以教材中的基础内容为蓝本^[6],这是确保学生具备相应知识储备的关键。在保证学生熟悉度的同时,巧

表 1

题号	考点	物理观念	科学思维	科学探究	科学态度与责任
(1)	白纸和复写纸的摆放位置		科学推理	证据	科学态度
	白纸和复写纸的功能实现				
(2)	首次落点的判断	运动和相互作用观	科学推理	证据	科学态度
(3)	落点的判断	运动和相互作用观	科学推理	证据	科学态度
	刻度尺读数				科学态度
(4)	实验小球的选择	运动和相互作用观	科学推理 科学论证	证据	科学态度
	测量工具的选择				
	最小圆法处理实验数据			解释	

妙融入新元素、新情境,比如新的测量工具、新的处理数据的方式、新的实验方案等。这样的设计既能让学生在熟悉的领域中找到解题的切入点,又能考查学生灵活运用知识和拓展思维的能力,促使学生跳出固有思维模式,更好地应对复杂多变的物理问题。

(二) 注重实验操作细节

真实情境实验试题意味着学生需要考虑实验实际开展时的各种情况,比如仪器的调节、读数误差、实验步骤顺序等。这些细节是实验成功的关键,同时也考查了学生是否亲身操作该实验、是否具有缜密的逻辑思维。通过命题引导学生重视实验操作过程、实验数据处理和误差分析等,而不只是机械地记忆理论。这样的学习模式能够帮助学生更好地理解物理原理,提高其实验技能和解决实际问题的能力。

(三) 真实性与科学性兼顾

真实情境源自生产生活、科研科创等实际领域,是物理原理的具象化、外显化,确保物理试题具有高度的真实性和科学性。它犹如一座桥梁,连接着理论知识与现实世界。通过将抽象的物理概念与实际情境相结合,学生能够在熟悉的场景中更好地理解和应用物理原理。这样的试题设计不仅让学生感受到物理的实用性和趣味性,还能激发他们的学习兴趣与动力。同时,真实情境的引入能够严谨地考查学生对物理规律的理解深度和运用能力,促使学

生在解决实际问题的过程中,真正实现学以致用,培养他们的创新思维和实践能力^[7]。

(四) 能力和学科素养并举

实验试题的考查不能局限于实验步骤、实验结果等内容,更应着重考查学生对实验数据和误差来源的分析处理能力。学生需要掌握数据处理的方法和技巧,能够从实验数据中提取有价值的信息。实验中存在的误差,是真实情境与理论模型的核心区别之一,学生需要了解实验中可能出现的误差,并能够分析误差的原因和影响。同时,根据实验结果进行合理外推、科学改进实验等综合能力也是考查的重点。这些能力的培养契合物理学科素养要求,有助于学生在实际应用中更好地运用物理知识,解决复杂问题。

(五) 难度梯度合理设置

试题的难度设置应从基础的情境呈现、简单分析入手,逐步过渡到有一定难度的深入探究、拓展应用,形成合理的难度阶梯。这样的设计能够全面考查不同层次学生对物理规律的掌握情况。基础情境呈现和简单分析部分,可以帮助学生巩固基本知识和初步理解能力;而深入探究和拓展应用部分,则能够考查学生的综合分析、问题解决能力。通过这种阶梯式的难度设置,既能满足不同层次学生的个性化需求,又能有效评估学生的物理学习水平。

参考文献:

- [1] 杨君.小议高考物理实验能力和科学探究素养的考查[J].中国考试,2017(3):25-30.
- [2] 教育部.中国高考评价体系说明[M].北京:人民教育出版社,2019:35-37.
- [3] 蒋伟波,赵坚.2024年全国高考物理卷试题命题理念探析与变革启示[J].物理教学,2024,46(10):50-54.
- [4] 教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[M].北京:人民教育出版社,2020:63.
- [5] 窦文浩,邢秀文.验证动量守恒定律实验的反常误差分析[J].实验教学与仪器,2024,41(5):4-5.
- [6] 李鑫磊.浅谈高中物理试题的命制与优化[J].教学考试,2021(49):72-77.
- [7] 任浩军,陈新.以真实情境为形,以核心素养为神,形神兼备方是好题——对两道浙江省物理高考(选考)题的剖析和质疑[J].物理教师,2019,40(7):86-87.

(编辑:柴婉飞)