

巧设物理情境 培养科学思维*

——以一道高三模拟题的教学为例

曾长兴

(华中师范大学龙岗附属中学 广东 深圳 518172)

(收稿日期:2022-02-18)

摘要:以一道高三力学综合模拟题的教学为例,从3个方面阐述了在习题教学中依托情境培养学生“科学思维”的方法——巧设问题情境,引导学生模型建构;创新实验情境,促进学生推理论证;拓展迁移情境,发展学生创新思维.

关键词:创设情境 科学思维 习题教学

1 问题的提出

中国高考评价体系构建的“一核四层四翼”明确提出,情境是实现“价值引领、素养导向、能力为重、知识为基”的综合考查的载体.《普通高中物理课程标准》(2017年版2020年修订)指出,创设情境进行教学,对培养学生的物理学科核心素养具有关键作用.高中物理学科核心素养之一是科学思维,它主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素^[1].不管是教学,还是考试,情境化是一个重要的方向.创设情境进行教学,对培养学生科学思维的意识 and 能力具有关键作用.

习题教学是高三物理复习的一个“实践性”环节,更是培养学生科学思维及规范答题的关键环节^[2].在高三物理教学中,习题课常常变成“讲题”课和“做题”课,许多具有深度逻辑关系、丰富情境内涵的习题,往往没有充分挖掘其内在价值就匆匆讲解而过,学生也是被动接受,刚刚领会题目题意、进入状态时,又要马上进入下一例题的思考解答之中.这样的教学虽然能够达到对知识与技能的训练,但是学生的思维能力却得不到针对性的培养.如何在高三物理习题教学中融入物理情境、落实科学思维的培养是一线教师关注的热点问题.

下面将通过一道高三模拟题的高度备课引领深度学习,促进教师、学生在物理情境中体验解题思路与物理思维方法.

2 案例呈现及设计意图

【例题】(广州市2022届高三年级阶段训练第14题)如图1所示,物块A静止在光滑轨道水平段的末端,物块B从光滑轨道顶端无初速度释放,B与A碰撞后A水平抛出.已知A与B开始时的高度差 $h_0 = 0.20\text{ m}$,抛出点距离水平地面的高度 $h = 0.45\text{ m}$,两物块落地点距离轨道末端的水平距离 $s_1 = 0.15\text{ m}$, $s_2 = 0.30\text{ m}$,重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$.求:

(1) B撞击A的速度大小;

(2) A与B的质量之比.

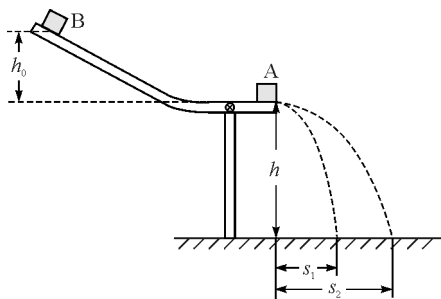


图1 例题题图

* 广东省教育科学“十三五”规划课题“‘非常规’物理实验教学模式的创新与实践”,课题编号:2019YQJK249;广东省中小学教师培训中心专项科研课题“基于深度学习的高中物理思维情境教学研究”的研究成果,立项编号:GDSP-2021-E002

作者简介:曾长兴(1973-),男,硕士,中学特级教师,正高级教师,硕士生导师,研究方法为高中物理教学.

设计意图:该题以经典的学习探索类情境——碰撞模型为情境素材,综合考查学生对力与运动、动量、能量分析等三大观点的理解和掌握情况.题目基于碰撞实验设计,设置不同质量下的运动状态,突破典型碰撞过程中的动量守恒.情境设置由倾斜轨道上的匀变速直线运动、水平轨道上的匀速直线运动和平抛运动3个过程,对规律理解、模型建构、推理

论证、质疑创新等思维能力要求较高.

在对运动过程的分析中,B与A碰撞后的运动状态是学生解题时产生的思维障碍,判断B和A的落点位置是解决该题的关键点.下面将例题对科学思维的4个要素考查情况与相应的关键问题统计如表1所示.

表1 科学思维考查指向

科学思维	关键问题
模型建构	B进入水平轨道前——斜面上的匀变速直线运动模型; B与A碰撞——碰撞模型; B与A碰撞后——平抛运动模型
科学推理 科学论证	B与A碰撞前的速度——动能定理或牛顿运动定律和运动学公式; B与A碰撞——动量守恒定律、能量守恒定律; B与A碰撞后——平抛运动规律
质疑创新	B与A碰撞后,B能否向左运动,讨论判断A和B的落点位置

3 高端备课引领深度学习

3.1 巧设问题情境 引导学生模型建构

问题情境是课堂教学的需要,把一个复杂问题分解为若干较简单的问题,按照“情境、问题、建模”的程序逐一进行,对培养学生的模型建构能力、加强学生思维习惯的养成具有关键性的意义.

情境1:如图2所示,物块B以初速度 v_0 沿光滑桌面水平抛出,已知桌面距离地面高度为 h ,不计空气阻力,重力加速度为 g .

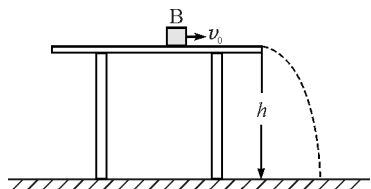


图2 情境1示意图

问题:物块从水平桌面抛出做什么运动?根据题设和已知条件能求出哪些物理量?

模型建构:情境1要求学生能够建立物块在水平桌面的匀速直线运动和离开桌面后平抛运动的物理模型,熟练应用平抛运动规律,解决熟悉情境中的具体问题.分析物块的运动,有利于建立运动与作用观、能量观,设置开放式情境问题,有助于培养学生

的模型建构能力和发散性思维.

情境2:如图3所示,物块A静止在光滑轨道水平桌面末端,物块B以初速度 v_0 向前运动,B与A碰撞后,两物块均水平抛出.已知桌面距离地面高度为 h ,不计空气阻力,重力加速度为 g .

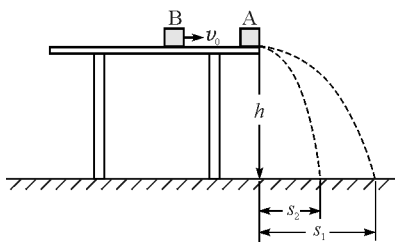


图3 情境2示意图

问题:已知物块A和B落地点距离桌面末端的水平距离分别为 s_1 和 s_2 ,物块A与B的质量之比是多少?

模型建构:情境2增加了研究对象,结合平抛运动的规律进一步考查碰撞模型,学生不仅需要具备模型建构能力,同时也要具备一定的理解能力和推理论证能力.碰撞后A和B均向右水平抛出,根据碰撞的基本规律可知,B的速度小于A的速度,故落地时B的距离小于A的距离.

情境3:如图4所示,物块A静止在光滑轨道水平段的末端,物块B从光滑轨道顶端无初速度释放,

B与A碰撞后,A水平抛出.已知A与B开始时的高度差为 h_0 ,桌面距离地面高度为 h ,不计空气阻力,重力加速度为 g .

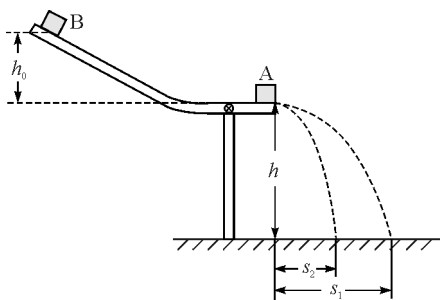


图4 情境3示意图

问题:B与A碰撞前的速度多大?碰撞后A和B如何运动?若两物块落地点距离轨道末端的水平距离为 s_1 和 s_2 ,则两物块的质量之比是多少?

模型建构:情境3增加了倾斜的直轨道,使得物理情境变得更复杂,考查牛顿运动定律和运动学公式、动量守恒定律、能量守恒定律和平抛运动规律.由于前概念的影响,很多学生不加分析直接认为,A与B碰撞后均水平抛出,A落在前面,B落在后面,利用落点距离求出两滑块的质量之比.

实际上,碰撞后A与B可能同向运动,也可能反向运动;B反向运动也可能出现两种情况:沿圆弧返回后,落点可能在A点之前,也可能在A点之后.该题情境真实,开放性大,探究性强,如果能够设计碰撞实验,用证据证明结论,那么学生的思维瓶颈能够顺利解决.

3.2 创新实验情境 促进学生推理论证

物理学是一门实验科学,利用实验创设学生熟知的、形象直观的物理情境,不仅能够激发学生的求知、探究欲望,还能引导学生理解科学思想和方法,更能培养学生理论联系实际、严谨求实、积极探索的科学思维习惯.笔者借助实验室的平抛运动演示仪,组织学生一起实验探究,形象直观地解决了落点距离与质量的关系.

3.2.1 猜想假设

B与A碰撞后,A,B将怎样运动?哪个物块运动的距离更远?学生普遍认为A和B均向右运动,运动的水平距离 $s_A > s_B$.

3.2.2 实验探究

如图5所示,将小球B从圆弧顶端静止释放,经水平轨道后做平抛运动,让学生观察并记录落点的位置.本实验操作简单,现象直观,学生在直观感受中构建概念,建立规律.

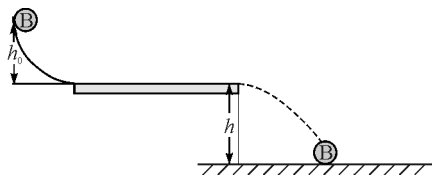


图5 实验模拟情境1

如图6所示,将小球A放在水平轨道末端,小球B从圆弧顶端静止释放,两球相碰后水平抛出,让学生继续观察并记录两球落点的位置.

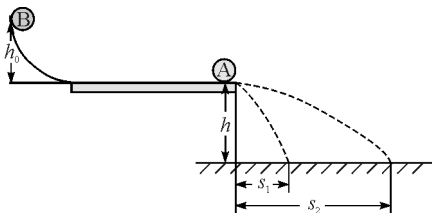


图6 实验模拟情境3

当用钢球B与玻璃球A相碰时,由于 $m_A < m_B$,实验现象与学生猜想一致.改变两小球的质量,使得 $m_A > m_B$,实验发现,B与A碰后,B反弹,沿水平轨道冲上圆弧,然后从圆弧轨道滑下,再从水平轨道抛出,结果发现落地时两球运动的水平距离 $s_A > s_B$.继续改变两小球的质量,当 $m_A \gg m_B$ 时,B与A碰后,B仍然反弹,最终向右水平抛出,落地时两球运动的水平距离 $s_A < s_B$.

3次对比实验情境制造认知冲突,通过改变小球质量进行模型变式,考查学生的科学探究能力和推理论证能力.

3.2.3 推理论证

(1)物块B下滑机械能守恒,由

$$m_B g h_0 = \frac{1}{2} m_B v_0^2$$

得

$$v_0 = 2 \text{ m/s}$$

(2)根据碰撞的基本规律,可以判断运动情况如下:若A与B同向运动,碰撞后A的速度一定增

大,且 $v_A > v_B$;若反向运动,碰后B的运动方向一定发生改变.B撞击A后,A,B均会离开轨道做平抛运动,取水平向右为正方向,竖直方向

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

若B没有反弹,则

$$v_A > v_B$$

由动量守恒定律,得

$$m_B v_0 = m_B v_B + m_A v_A$$

水平方向

$$s_1 = v_B t \quad s_2 = v_A t$$

解得

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{3}{2}$$

若B反弹,则

$$m_B v_0 = -m_B v_B + m_A v_A$$

当 $v_A > |v_B|$ 时,水平方向

$$s_1 = v_B t \quad s_2 = v_A t$$

解得

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{5}{2}$$

当 $v_A < |v_B|$ 时,水平方向

$$s_1 = v_A t \quad s_2 = v_B t$$

解得

$$\frac{m_A}{m_B} = 6$$

3.2.4 质疑创新

新课标要求“能对已有结论提出有依据的质疑,采用不同方式分析解决物理问题”^[1],通过质疑创新等思维,引领深度学习.本实验让学生从视觉上感知碰撞后两球的运动状态与质量有关,事实上,学生很难想到B反弹后会出现两种不同的运动情况.碰撞分为弹性碰撞和非弹性碰撞,有学生存在疑惑:例题呈现的是哪种碰撞类型?3种情境是否满足能量关系?

下面对3种情境进行讨论.

碰撞前的机械能为

$$E_0 = \frac{1}{2}m_B v_0^2$$

(1) 若A,B同向运动,且

$$v_A = 1 \text{ m/s} \quad v_B = 0.5 \text{ m/s}$$

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{3}{2}$$

碰撞后的机械能为

$$E_1 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

代入相关数据,得

$$E_1 < E_0$$

(2) 若A与B反向运动,且

$$v_A = 1 \text{ m/s} \quad v_B = 0.5 \text{ m/s}$$

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{5}{2}$$

碰撞后的机械能为

$$E_2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

代入相关数据,得

$$E_2 < E_0$$

(3) 若A与B反向运动,且

$$v_A = 0.5 \text{ m/s} \quad v_B = 1 \text{ m/s}$$

$$\frac{m_A}{m_B} = 6$$

碰撞后的机械能为

$$E_3 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

代入相关数据,得

$$E_3 < E_0$$

3种情境从理论上的计算结果,均验证

$$\frac{1}{2}m_B v_0^2 \geq \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

针对第一种情境,可以进一步提出质疑,引导学生创新思维:碰后原来在前的物块A速度一定增大,是否一定满足 $v_A > v_B$? 有没有 $v_A < v_B$ 的情况?

3.3 拓展迁移情境 发展学生创新思维

高考对碰撞模型的考查不仅局限于经典模型的提取,还常常涉及到碰撞模型在不同领域的拓展,结合新颖的题目情境考查学生的创新能力^[3].通过情境的转化,引导学生用建立的模型解释新的情境,最终实现模型的类比、迁移与应用,发展学生创新思维.

拓展:如图7所示,电阻不计的两光滑金属导轨相距 L ,放在水平绝缘桌面上,半径为 R 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧部

分竖直放置,水平直导轨部分有方向竖直向下、磁感应强度为 B 的匀强磁场。

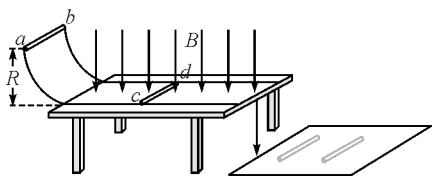


图7 拓展情境图

这是一力电情境综合题,属于电磁感应现象中的双棒问题.该情境可视为一对安培力关联的碰撞模型, ab 棒相当于上述例题情境中的物块B, cd 棒相当于例题情境中的物块A.拓展情境考查了电磁感应与电路、磁场、力学等知识的综合应用,知识跨度大,能力要求高,适合考查学生的思维迁移和创新能力,有助于学生对碰撞模型形成全方位、多角度的系统认识。

问题1:若金属导轨足够长,则 ab 棒在进入磁场后,两棒在导轨上做什么运动?

简析:进入磁场后, ab 棒做变减速运动, cd 棒做变加速运动,稳定时,两棒的加速度均为零,以相等的速度匀速运动,两棒运动的 $v-t$ 图像如图8所示。

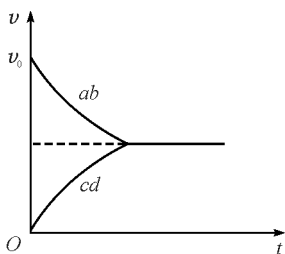


图8 速度-时间图像

问题2:已知 ab 棒的质量为 $2m$, cd 棒的质量为 m ,最后两棒都离开导轨落到地面上,若落地点到桌面边缘的水平距离之比为 $2:1$,则从 cd 棒开始运动到离开桌面过程中,流过 cd 棒的电荷量是多少?

简析:棒 ab 到达圆弧底端时,由动能定理得

$$2mgR = \frac{1}{2} \times 2mv_0^2$$

如图8所示,根据 $v-t$ 图像可知,离开桌面时 ab 棒的速度大于 cd 棒的速度,即

$$v_{ab} > v_{cd}$$

两棒离开导轨后做平抛运动的时间相等,水平位移

$$x = vt$$

可知

$$v_{ab} : v_{cd} = x_1 : x_2 = 2 : 1$$

根据动量守恒定律,可知

$$2mv_0 = 2mv_{ab} + mv_{cd}$$

对 cd 棒,由动量定理得

$$\bar{I}BL\Delta t = mv_2$$

由于

$$q = \bar{I}\Delta t$$

解得

$$q = \frac{2m\sqrt{2gR}}{5BL}$$

问题3:两棒在导轨上运动过程中产生的焦耳热是多少?

简析:根据问题2可知

$$v_1 = \frac{4\sqrt{2gR}}{5} \quad v_2 = \frac{2\sqrt{2gR}}{5}$$

根据能量守恒定律,两棒在轨道上运动过程产生的焦耳热为

$$Q = \frac{1}{2} \times 2mv_0^2 -$$

$$\left(\frac{1}{2} \times 2mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \right) = \frac{14}{25}mgR$$

4 结束语

在物理习题教学过程中,教师应当遵循教学依托情境的原则,通过创设合理的新问题情境,引导学生在对物理问题解决的过程中,经历从模型建构意识的初步形成,到推理论证能力的巩固深化,直至质疑创新品质的全面提升,学生的科学思维能力得到了螺旋式提升,物理学科核心素养也在循序渐进中得到培养。

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020
- 2 曾长兴.优化习题设计 培养科学思维[J].中学物理教学参考,2019,48(9):59~62
- 3 王利东,姜连国.运用“等效碰撞”解题 提升模型拓展能力[J].物理教师,2021,42(11):81~85