

探究链式问题 提升思维品质

徐小林

(吴江盛泽中学 江苏 苏州 215228)

(收稿日期:2022-03-07)

摘要:高中物理教学中精心创设链式问题,去激发、引导学生主动思考和积极探究,促使学生既能追根究源、明辨是非,又能举一反三、独辟蹊径,突出磨练探究能力、优化思维品质,从而培养和促成学生的物理学科核心素养.

关键词:链式问题 思维品质 探究能力 核心素养

在高中物理教学中,通过精心创设一组前后密切关联、环环相扣的链式问题,激发、引导学生主动思考和积极探究,促使学生既能追根究源、明辨是非,又能举一反三、独辟蹊径,突出磨练探究能力、优化思维品质,从而能够有效培养学生的物理观念、科学思维、科学探究等方面的学科核心素养.

1 让学生在探究中勤于追根究源 培养思维的深刻性

为能培养学生思维的深刻性,无论理解物理知识还是分析解决物理问题,总要激发学生运用正确的物理观念,将科学思维和科学探究紧密结合,既主动质疑又深刻析疑,追根究源直至认清、揭示规律本质.

现以高三复习课上一道力学题的讨论为例.

【原题】如图1所示,竖直平面内长为 l 的细直杆 AB , A 端紧靠在竖直墙面上, B 端沿水平地面以速度 v_B 向右匀速运动.从 AB 杆与竖直墙面夹角为 30° 时开始,到夹角为 60° 时结束,求此过程中直杆中点 P 经过的路程.

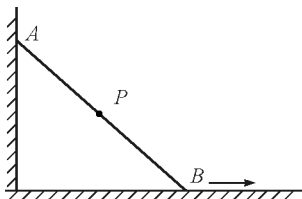


图1 原题图

设计的问题要能激发学生深度思考,启发他们去追根究源.

问题1: P 点究竟在做一段什么运动?判断的根据是什么?

根据“数理结合”的观念,经过“理论探究”,去深刻揭示 P 点运动的本质特征.如图2所示建立直角坐标系, y 轴沿竖直墙面向上, x 轴沿水平地面向右, P 点坐标设为 (x,y) ,直杆 AB 与水平方向夹角为 α , α 在 $0\sim 90^\circ$ 之间,则 P 点的坐标方程为 $x = 0.5l\cos\alpha$, $y = 0.5l\sin\alpha$,对应的轨迹方程为 $x^2 + y^2 = (0.5l)^2$,这表明 P 点运动轨迹为半径 $r = 0.5l$ 的圆,圆心正在直角坐标系的原点.采用“由一般到特殊”的思维方式,如图3所示,从 $\alpha = 60^\circ$ 到 $\alpha = 30^\circ$ 的过程中, P 点运动轨迹是圆心角 $\theta = 30^\circ$ 的一段圆弧,其路程 $s = \theta r = \frac{\pi l}{12}$.

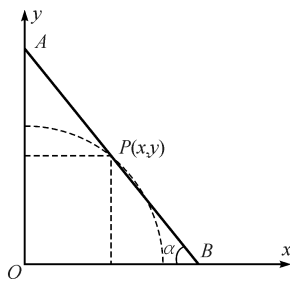


图2 建立直角坐标系

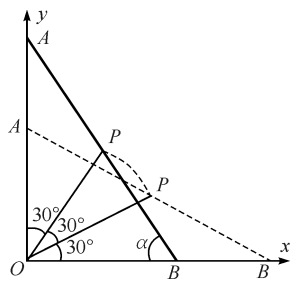


图3 P 点运动圆弧

求路程的关键先得明确运动轨迹特征,只有思维达到一定深度,数理结合推导出 P 点的轨迹方程,才能有根有据作出正确判断.

2 让学生在探究中善于举一反三 培养思维的灵活性

物理问题及其处理方法千变万化,为能不断优化学生思维的灵活性,着力引导学生活学活用知识与方法,善于触类旁通、举一反三,训练、提升学习的灵活迁移能力。

问题 2:“原题”动杆上 P 点之外的其他动点,在做什么运动?

学生把“变式教学 1”中的思想观念、思维方法、探究方式迁移过来,很快有了新发现. 设 P 点之外某个动点 H 的坐标为 (x, y) , 杆与水平方向夹角 α 在 $0 \sim 90^\circ$ 之间, AH 长为 l_1 , H 点坐标方程为

$$x = l_1 \cos \alpha \quad y = (l - l_1) \sin \alpha$$

其轨迹方程为

$$\frac{x^2}{l_1^2} + \frac{y^2}{(l - l_1)^2} = 1$$

因为 $l_1 \neq l - l_1$, 所以动杆上其他动点的运动轨迹为椭圆。

问题 3:杆上做椭圆运动的动点包括 A 和 B 端点吗? 原题“此过程中” A 端的速度变化可求出吗?

改变问题研究的对象和方向,促使学生正确迁移和运用“关联速度”的规律. 显然两端点在做直线运动,当直杆与水平方向夹角为 α 时,将两端点的实际速度正交分解,如图 4 所示. 直动杆上各动点速度在沿直杆方向的分速度时刻相同,即

$$v_B \cos \alpha = v_A \sin \alpha$$

故

$$v_A = v_B \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (1)$$

从 $\alpha = 60^\circ$ 到 $\alpha = 30^\circ$ 时, A 端速度变化为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}v_B$, 方向竖直向下。

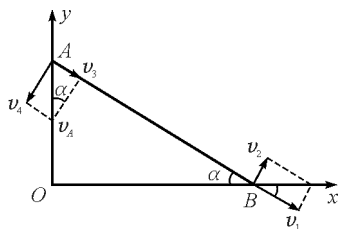


图 4 A 和 B 速度分解图

毋庸置疑,变式训练是提升学生思维灵活性和应变能力的有效途径。

3 让学生在探究中敢于明辨是非 培养思维的批判性

设计新的问题情境引发讨论,促使学生去明辨是非、据理力争,并能敏锐地发现错误、深刻地剖析错因,做到不犯旧错、少犯新错、自觉纠错,培养良好的思维批判性。

问题 4: B 端保持向右匀速运动,能直至 A 端沿竖直墙面落地吗?

讨论确认:根据两端点速度关系式(1),因为 v_B 不变, α 变小时 v_A 变大, A 端落地时 $\alpha \rightarrow 0$, $v_A \rightarrow \infty$, 这不可能实际发生. 或者假设 A 端以某一速度沿竖直墙面落地时, B 端向右速度必为零而不是匀速运动。

问题 5: B 端保持向右匀速运动,能直至杆中点 P 做圆周运动落地吗?

再讨论确认:如图 5 所示, P 点实际速度 v_P 在轨迹圆的切线上. 直杆与水平方向夹角为 α 时, v_P 与杆夹角为 $90^\circ - 2\alpha$, 将 v_P 沿直杆方向与垂直直杆方向正交分解,沿杆方向分速度时刻相同,有 $v_B \cos \alpha = v_P \sin 2\alpha$, 即 $v_P = \frac{v_B}{2 \sin \alpha}$, 显然 α 减小时 v_P 增大. 但 v_B 不变, A 端落地时 $\alpha \rightarrow 0$, $v_P \rightarrow \infty$, 这也不可能发生。

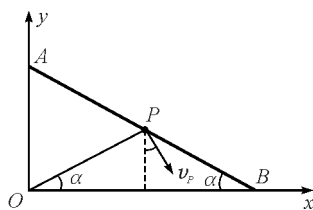


图 5 P 点速度图示

学生运用批判性思维实行理论探究,能够按照某个运动自身的规律和逻辑进行推演,证明此运动本身的所有特点是否存在自相矛盾或明显错误,从而明快地推断出该运动过程能不能真实发生。

4 让学生在探究中乐于剥茧抽丝 培养思维的逻辑性

物理教学中要始终重视培养学生思维的逻辑性. 倡导物理解题要执行“明确研究对象,分析相关状态、认清阶段过程,挖掘隐含条件,选用物理规律,健全重要联系”即“对象、状态、过程、条件、规律、联系”这“12 字解题要领”,剥茧抽丝、环环入扣,体现

了缜密的思维逻辑性。

问题 6:如图 6 所示,在竖直平面内,长为 l 的轻质直杆 AB ,两端各连有一只质量为 m 的质点球, A 球靠在竖直光滑墙面上。从杆竖直的静止状态开始, B 球沿光滑水平面运动, A 球滑到何处会与墙面分离?

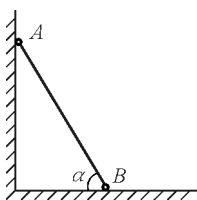


图 6 原题变式

运用“12 字解题要领”,进行缜密的分析、推断,训练思维的逻辑性。设动杆与水平方向夹角为 α 时,两球速度分别为 v_A 和 v_B ,沿杆方向分速度总相同

$$v_B \cos \alpha = v_A \sin \alpha$$

系统机械能守恒

$$mgl(1 - \sin \alpha) = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{解得 } v_A = \sqrt{2gl(1 - \sin \alpha)} \cos \alpha$$

$$v_B = \sqrt{2gl(1 - \sin \alpha)} \sin \alpha$$

可见当 α 从 90° 减小到零时, v_A 一直增大,而初、末状态 v_B 都为零,猜想中间某状态有最大值。

$$v_B^2 = 2gl(\sin^2 \alpha - \sin^3 \alpha)$$

取函数 $y = \sin^2 \alpha - \sin^3 \alpha$,对 y 求导数, $\frac{dy}{d\alpha} = 0$ 时,即

$$\sin \alpha = \frac{2}{3} \text{ 时 } y \text{ 最大, } v_B \text{ 也最大, } v_{Bm} = \frac{2\sqrt{6gl}}{9}.$$

这表明 B 球沿光滑水平面向右运动,达到最大速度之前处于加速阶段,轻质直杆对 B 球提供了动力,运用牛顿第三定律推知 A 球与光滑墙面之间应有挤压; B 球向右运动达最大速度后一旦减速,杆对 B 球有阻力时对 A 球有向右拉的作用,即 v_B 达最大值时 A 球与墙面刚要分离。

剖析一个较为抽象而复杂的物理过程,只有依靠严密的逻辑性思维,才能挖掘出隐含又特殊的临界状态,进而找到物理过程发展变化的转折点和破解问题的突破口。

5 让学生在探究中勇于独辟蹊径 培养思维的独创性

为突出培养学生思维的独创性,可设计出有广阔想象空间的原创题,抓住有利时机激发学生创新思维;在注重培养合作精神的同时,激励学生独辟蹊径、标新立异地分析解决物理问题。

问题 7:需要创设什么条件,直动杆中点 P 才能做完整的圆周运动?

经课后合作探究,创设出一个别开生面的方案:如图 7 所示,在同一竖直平面内,光滑的水平管道与竖直管道十字交叉且相通,长为 l 的轻质直杆 AB 两端各连有质量为 m 的质点球, A 球在竖直管道内, B 球在水平管道内,管道内径稍大于两球直径,且管道侧面有狭缝让轻质细直杆 AB 上下、左右无摩擦滑动。首先,从轻杆 AB 竖直、静止开始, A 球从最高处下滑, B 球从交叉口 O 右侧附近沿水平管道向右运动;同时 P 点在图 7 右上方区域内,沿顺时针方向完成四分之一圆周运动。接着, A 球冲过交叉口 O 继续下滑, B 球从最右侧水平向左靠近 O 点运动;同时 P 点在图 7 右下方区域内,又沿顺时针方向完成四分之一圆周运动。后来, B 球冲过交叉口 O 继续水平向左运动, A 球从最低点向上靠近 O 点运动; A 球冲过交叉口 O 继续上滑, B 球从最左侧水平向右靠近 O 点运动。这样 P 点沿顺时针方向完成了一个完整的、且能周而复始的圆周运动。

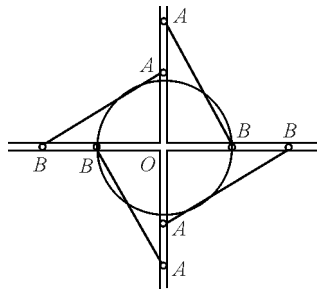


图 7 P 点完整圆周运动方案图

灵活运用已有知识、方法和经验,发挥和融合思维的多种优秀品质,敢于异想天开、勇于别出心裁、善于从无到有,唯有大胆独创,才能把“不可能”创变为“真能行”。

综上,精心设计链式问题组织物理课堂教学,既突出优化了学生思维的深刻性、灵活性、逻辑性、批判性和独创性等思维品质,又能着力培养和促成学生的物理观念、科学思维、科学探究等方面的学科核心素养。

参考文献

- 1 黄剑. 培养学生物理核心素养的教学现状——观摩 2018 年铜仁市初高中物理优质课评选活动有感[J]. 物理教学探讨, 2019(1): 16 ~ 19
- 2 杨学云. 例谈探究式学习在高中物理教学中的应用[J]. 物理教学探讨, 2019(10): 7 ~ 8