



遵循学习路径 培养学科素养

——以“竖直平面内的圆周运动”微专题复习为例

吴寿宠 龙沈军

(凯里市第一中学 贵州 凯里 556000)

(收稿日期:2023-06-10)

摘要:以“竖直平面内的圆周运动”微专题复习为例,探索如何遵循学生学习路径,培育学科素养.通过分析学生现阶段的智力和非智力因素,针对素养目标确定学习过程;精心创设问题情境,让学生暴露出概念理解和思维策略的缺陷,在多次实践体验中进行纠正;让学生在深度思考和实践中体验物理思想的应用,提升其分析复杂或陌生情境时的思维品质,实现由多点结构、关联结构到拓展结构的思维进阶.

关键词:学生学习路径;学科素养;竖直平面内的圆周运动

1 问题的提出

文献[1]指出,学生学习路径是指以学生为主体,以学生已有素养为起点,以素养目标为终点,基于认知心理学和学习科学关于学习的机理、规律,结合优秀教师的教学经验,针对不同类型的素养确定的学生学习过程.本文以“竖直平面内的圆周运动”微专题复习为例,探索如何遵循学生学习路径,培育学科素养,提升思维品质.

2 教学内容和教学对象分析

本专题与生活实际联系紧密,且涉及较多的必备知识和关键能力,利于考查学科素养的发展状况,因而是高考热点.教学对象是笔者执教学校的中等生,根据课前测试,他们在本专题存在以下问题:

(1) 不能有效分析向心力来源,对圆周运动中的供需关系理解不深刻.

(2) 习惯从单一角度而不能综合三大观点分析较复杂问题.

(3) 直接套用“绳杆模型”的结论,不能应用等效、类比等思想分析问题.从 SOLO 分类理论角度分析^[2],其思维尚处于多点甚至单点结构阶段,没有到关联或拓展结构层次.

除以上智力因素外,学生还有如下非智力因素:

(1) 存在较为根深蒂固的思维定势,需要多次实践体验才能转变.

(2) 欠缺证据、解释和交流意识等科学探究品质,具体表现为抓不住问题的关键特征和审题、解答不够规范等^[3],这需要在微专题复习中纠正.

3 学科素养目标

根据以上分析,制定本微专题复习的素养目标如表 1 所示.

表 1 本微专题复习素养目标

素养要素	素养目标
物理观念	形成动力学、能量和动量观点的认识体系,完善能量、运动和相互作用观念
科学思维	通过对实际情境的分析,培养模型建构能力;深刻理解微元、等效和类比等重要思想,提升科学推理和科学论证能力;通过对分析结果的修正和完善,培养质疑创新能力
科学探究	通过比较不同物理情境的区别与联系,规范审题和分析步骤,提升基于证据得出结论的意识和能力;通过对分析结果的讨论和交流,提升获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释的意识和能力
科学态度与责任	通过相关实例的分析,体会物理与生活的紧密联系,形成严谨的科学态度与合作精神

4 教学设计与实施

4.1 任务1:基于情境 重构圆周运动模型

(1) 师生活动

师:经过之前学习,我们对圆周运动及其规律有了较全面的认识,竖直平面内的圆周运动一般包含哪几种模型?如何区分?

生:根据在最高点有无支撑即研究对象所受弹力的特点,分为轻绳模型(研究对象所受弹力不可向上)和轻杆模型(研究对象所受弹力可向上).

情境展示:

1) 播放垂直过山车在近似圆轨道路段运动视频.如图1所示,提醒学生观察车上的人套着安全带.

2) 现场演示简易水流星,以手臂上端为轴,手拿半瓶水在竖直面内近似做圆周运动.



图1 过山车视频截图

师:试分析以上两例真实情境分别对应哪种模型?

师生共研:1) 最高点安全带或座椅对人的弹力可向上,与轻杆模型类似;

2) 最高点瓶子对水的弹力不可向上,与轻绳模型类似.

以上分析分别选取人和瓶子中的水为研究对象,还应该注意,情境2)中如果以瓶子为研究对象,在最高点手臂对瓶子的弹力也可向上,属于轻杆模型.

(2) 设计意图

1) 通过将真实的物理情境与物理模型对应,培养学生的模型建构能力.引导学生摒弃主观臆断,养成细心观察、规范分析的习惯,培养严谨的科学态度.

2) 真实的物理情境往往是复杂的,从不同的角度分析会得到不同的结论,培养基于事实证据和科学推理对结论提出质疑和修正的意识,提升质疑

创新能力.

4.2 任务2:分析模型 深刻理解供求关系

(1) 师生活动

师:在轻绳模型中,如果小球通过最高点的速度小于 \sqrt{gr} 会怎样?

生:重力大于向心力,小球会做近心运动.

师:这是供(小球实际受力)大于求(小球所需向心力)的情形,实际上小球在到达最高点前将脱离轨道.

1) 如图2所示,设小球在与轨道圆心连线和竖直方向成 θ 角处刚好脱离,求此时小球的速度大小.

2) 举出一例供小于求的例子.

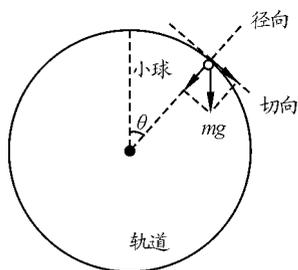


图2 小球受力示意图

生:1) 在脱离处对小球由动力学规律有

$$mg \cos \theta = m \frac{v^2}{r}$$

解得

$$v = \sqrt{gr \cos \theta}$$

2) 汽车过拱桥时飞车,旋转雨伞后雨水飞离,水流星脱手等.

师生共研:部分学生将动力学公式错写为

$$mg = m \frac{v^2}{r}$$

可从数学的向量运算角度纠正,由

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}_{\text{向}}$$

\mathbf{F} 一定与 $\mathbf{a}_{\text{向}}$ 同向,而 $\mathbf{a}_{\text{向}}$ 改变物体速度的方向,一定指向圆心,故 \mathbf{F} 应为物体实际受力沿半径方向的合力;而沿切向的合力产生的切向加速度改变速度的大小.

(2) 设计意图

1) 学生对竖直平面内圆周运动的认识容易局限于最高点和最低点,故设置在任一点脱离的情形暴露其思维缺陷并纠正.

2) 通过深度思考向心和切向加速度的含义,掌握应用动力学观点分析圆周运动的方法,提升科

学推理和科学论证能力.

3) 通过举例生活中的离心和近心现象, 深刻理解圆周运动中的供需关系, 完善运动和相互作用观念.

4.3 任务3: 应用模型 形成完整观念体系

(1) 师生活动

情境展示:

【例1】如图3所示, 上表面光滑, 质量 $M=2\text{ kg}$, 半径 $R=0.2\text{ m}$ 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧形滑块静止在光滑的水平面上. 质量 $m=1\text{ kg}$ 的小球从滑块上端 A 由静止开始下滑, g 取 10 m/s^2 . 求:

(1) 若锁定滑块, 小球通过最低点 B 时对滑块的作用力大小;

(2) 若解除对滑块的锁定, 小球通过最低点 B 时对滑块的作用力大小.

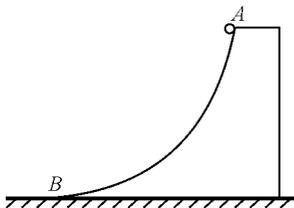


图3 例1题图

师(逐一提问): 1) 怎样分析小球到达最低点 B 时的速度?

2) (滑块解除锁定后, 下同) 小球的机械能是否守恒?

3) 小球与滑块组成的系统动量是否守恒?

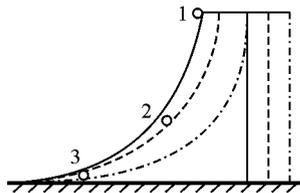
4) 小球相对地面的轨迹是否是圆周?

生: 1) 因小球做曲线运动, 需用能量和动量观点分析其运动过程.

2) 滑块解除锁定后, 小球的部分机械能转化为滑块的动能……

师生共研: 3) 学生不能对系统动量是否守恒作出判断, 可引导其从守恒条件出发分析.

4) 学生不能对小球相对地面的轨迹作出判断, 可引导其利用微元思想, 依次画出极短时间内小球的位置(图4), 发现小球相对地面的轨迹不再是圆周. 但以滑块为参考系, 利用小球相对滑块仍做圆周运动的规律求解作用力, 此时向心加速度应为 $\frac{v_{\text{相}}^2}{R}$, 其中 $v_{\text{相}}$ 为小球相对滑块的径向速度.



(注: 小球分别经过 1、2、3 位置, 对应滑块的位置分别为实线、虚线和点线)

图4 小球和滑块运动

师: 结合以上过程, 归纳分析竖直平面内的圆周运动的思路和方法.

生: 1) 应用动力学观点, 通过受力和状态分析找到研究对象做圆周运动的供需关系;

2) 应用能量和动量观点, 对研究对象进行运动过程分析, 实现两个状态之间的联系(图5).

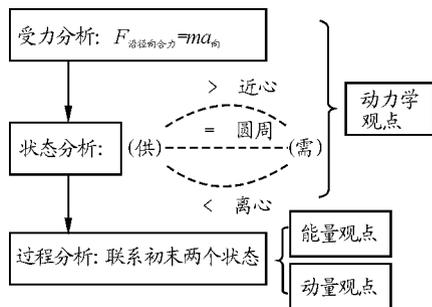


图5 分析圆周运动的思路

(2) 设计意图

1) 通过一题多问和变式训练, 引导学生比较不同物理情境的区别与联系, 提升分析综合能力, 实现由单点或多点结构向关联结构的思维进阶.

2) 通过对机械能和动量是否守恒的讨论, 培养证据意识, 提升审题获取信息的能力.

3) 利用微元思想结合图示法分析小球轨迹, 完善运动观念, 提升推理论证能力.

4.4 任务4: 拓展模型 领悟等效和类比思想

(1) 师生活动

情境展示:

【例2】如图6所示, 一半径为 R 的光滑圆轨道固定在竖直平面内, 整个区域处于方向竖直向下的匀强电场中, 场强 $E = \frac{\sqrt{3}mg}{q}$. 一带电荷量为 $+q$ 、质量为 m 的小球从轨道最低点以某一初速度冲上圆轨道, 重力加速度为 g . 求:

(1) 为安全通过圆轨道, 小球在最低点对轨道的压力至少多大;

(2) 若仅将场强方向改为水平向右, 其他条件

不变,要使小球不脱离圆轨道,小球在最低点的速度应该满足什么条件.

针对第(1)问,依次提问:

- 1) 小球在哪里最容易脱离轨道? 判断理由?
- 2) 小球通过最易脱离点的最小速度?
- 3) 小球在最低点的最小速度?

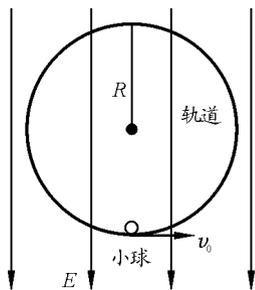


图6 例2题图

师生共研 1:部分学生虽能感觉到小球在最高点最易脱离轨道,但无法给出理由.可引导其先受力分析,将小球所受的重力和电场力用一个恒力(可将此力命名为等效重力)代替.再进行状态分析,类比重绳模型,小球在最高点(此处为等效最高点)速度最小,所受重力(此处为等效重力)指向圆心,此时最容易出现供大于求,小球脱轨的状态.

针对第(2)问,依次提问:

- 1) 小球在哪里最容易脱离轨道? 判断理由?
- 2) 为安全通过圆轨道,小球在最低点的速度?
- 3) 安全通过圆轨道和不脱离圆轨道有什么区别?

师生共研 2:部分学生具有思维定势,错误认为小球在轨迹最高点最易脱离轨道.教师可引导其采用第(1)问的思想,通过对小球受力分析确定其所受等效重力(图7),并用能量观点进行过程分析,发现小球在轨迹的最高点A的速度并不是最小,等效重力也不指向圆心,不是最易发生供大于求的位置,从而找到等效最高点B.

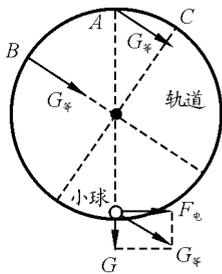


图7 例2解析

师生共研 3:部分学生不能理解安全通过圆轨道和不脱离圆轨道的区别,可引导其先用重力场中的轻绳模型分析两者的含义,小球恰好不脱离圆轨道包括两种情形,恰好能做圆周运动或刚好运动到与圆心等高处后返回.再类比到如图7所示的等效重力场中,小球不脱离圆轨道应满足在等效最高点时速度大于临界速度,或者在小球与圆心连线和等效重力场垂直的C点处的速度 $v_C \leq 0$.

(2) 设计意图

1) 精心创设问题情境,暴露学生的错误思维定势并纠正,通过对模型的应用和拓展,深化对圆周运动供需关系的理解,突破多个恒力作用下的圆周运动这一难点.

2) 在问题解决中自然引入等效和类比的思想,引导学生采用高观点分析解决物理问题,提升其分析较为复杂或陌生情境时的思维品质,实现由关联结构到拓展结构的思维进阶.

5 本设计的创新点与启示

本设计的创新之处,一是遵循学生学习路径,让学习真正发生,根据学生现阶段的智力和非智力因素,分解教学任务,让学生暴露出其概念理解和思维策略的缺陷,在多次实践体验中进行纠正;二是精心创设问题情境,培育物理学科素养,通过4个任务串联课堂,注重一题多问和变式训练,让学生经历重构和分析模型到应用和拓展模型的过程;三是注重思想方法教学,实现思维品质进阶,激发学生理解和应用物理思想方法分析解决问题的内在需求.在课堂实施环节,笔者结合希沃白板软件的实时投屏等功能,将学生学习过程实时展示并给予评价,实现师生交流的多元化,并依据学生的学科素养和思维发展情况及时调整教学进度,取得了较好的效果.

参考文献

- [1] 梁旭,林辉庆.谈教学设计的路径选择[J].物理教学,2022,44(1):40-46.
- [2] 约翰·B.彼格斯.学习质量评价:SOLO分类理论[M].高凌飏,张洪岩,译.北京:人民教育出版社,2018.
- [3] 陈新传,王秋映.核心素养导向下高三物理微专题的教学实践与思考——以“竖直平面内的圆周运动向心力分析及计算”教学为例[J].物理教学探讨,2021,39(9):14-17.