

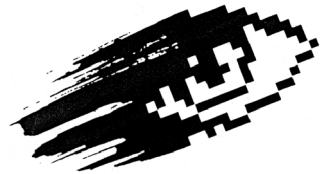
基于核心素养的物理教学设计

——以“生活中的圆周运动”为例

叶海娟 褚云杰

(嘉兴市第五高级中学 浙江 嘉兴 314000)

(收稿日期:2018-05-09)



教学案例设计与分析

摘要:以“生活中的圆周运动”为例,通过知识与情境关联构建物理观念,利用运动过程模型的建构锻炼科学思维,从创造实验情境培养科学探究,从理论与实际结合彰显科学态度与责任4个方面叙述基于核心素养的课堂教学设计。

关键词:核心素养 圆周运动 向心力

1 问题的提出

1.1 当前物理教学的现状

众所周知,长期以来物理教学在“效率”和“竞争”的压力下,课堂俨然变成了知识传授和解题训

练的场所,严重弱化了物理学科应有的学科教学功能。主要表现在以下几个方面:一是课堂教学知识点过于密集,学生处于被动接受的状态,自主思维能力严重削弱;二是为了加快教学的进度,压缩知识的形成过程,把结论当成知识,然后进行反复的训练;三

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2}v_2$$

与式(11)结果完全一样。

例2中的结果 $v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}(v_1 - v_2) + v_2$ 可以进行进一步的推算

$$\begin{aligned} v'_2 &= \frac{2m_1}{m_1 + m_2}(v_1 - v_2) + v_2 = \\ &= \frac{2m_1v_1 - 2m_1v_2 + m_1v_2 + m_2v_2}{m_1 + m_2} = \\ &= \frac{2m_1}{m_2 + m_1}v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}v_2 \end{aligned}$$

与式(10)结果完全一样。

例3中的结果 $v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}(v_1 + v_2) - v_2$ 可以进行进一步的推算

$$\begin{aligned} v'_1 &= \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}(v_1 + v_2) - v_2 = \\ &= \frac{m_1v_1 - m_2v_1 + m_1v_2 - m_2v_2 - m_1v_2 - m_2v_2}{m_1 + m_2} = \\ &= \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1 - \frac{2m_2}{m_1 + m_2}v_2 \end{aligned}$$

这个结果与式(11)差别是中间的“-”号,这是因为在例3中使用的是标量表达式,即推导结果 $v'_1 =$

$\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1 - \frac{2m_2}{m_1 + m_2}v_2$ 表示 v_1 和 v_2 方向相反,正好印证了例3相向相碰的事实。

例3中的结果 $v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}(v_1 + v_2) - v_2$ 可以进行进一步的推算

$$\begin{aligned} v'_2 &= \frac{2m_1}{m_1 + m_2}(v_1 + v_2) - v_2 = \\ &= \frac{2m_1v_1 + 2m_1v_2 - m_1v_2 - m_2v_2}{m_1 + m_2} = \\ &= \frac{2m_1}{m_2 + m_1}v_1 - \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}v_2 \end{aligned}$$

这个结果与式(10)差别同样是中间的“-”号,同样这是因为在例3中使用的是标量表达式,即推导结果 $v'_2 = \frac{2m_1}{m_2 + m_1}v_1 - \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}v_2$ 表示 v_1 和 v_2 方向相反,也正好印证了例3相向相碰的事实。

例4是用大学的知识经过非常复杂的计算推导出来的,而例1、例2、例3中的结果是通过高中课本上的一个简单结果延伸和拓展出来的,非常容易理解,推导过程也不复杂,所以可以当作结论记下来,在具体解题时快速使用,赢得时间,赢得高考。

是课堂教学只是关注了学科知识和技能,忽略了知识背后的观念、方法和价值观的提升.显然要改变这样的状态,就必须从“物理学科核心素养”的角度,理解物理学科的教育功能,追求有学科内涵、立意高远的活力课堂^[1].

1.2 物理核心素养的界定

所谓物理核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学科特性的品质^[2].通俗地理解,物理核心素养就是德国物理学家、诺贝尔奖获得者劳厄说过的那句话:教育给予人们的无非是当一切已学过的东西都忘记后所剩下的东西.从专业角度讲,物理核心素养主要由“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”等4个方面的要素构成.

2 基于核心素养的课堂教学设计

2.1 从强化知识与情境关联的角度来构建物理观念

所谓物理观念,即是从物理学视角形成的关于物质、运动、能量和相互作用的基本认识;是物理概念和规律在头脑中的提炼和升华;是运用物理知识和方法解释自然现象和解决实际问题的能力.本节通过强化知识与情境的关联,提高学生把知识与情境进行联系的自觉性,增强实践意识.下面以火车转弯的教学片段为例进行说明.

教学片段:火车转弯

教师活动 1:分发火车车轮与轨道的模具,同时利用PPT展示车轮与铁轨的图片,并提出以下问题:火车车轮有什么结构特点?根据结构特点,要使火车在水平面里转弯,则圆周运动的平面是哪个?圆心在哪里?由什么力提供了向心力?并画出受力分析示意图.

学生活动 1:通过观察发现,车轮内侧有突出的轮缘,轨道将两车轮的轮缘卡在轨道里面,这种结构特点有助于固定火车运动的轨道;火车是在水平面里做圆周运动,所受的向心力是由外侧轨道对火车的侧向弹力提供.

教师活动 2:假设一节车厢净重为80 t左右,一般铁轨的抗压能力为 3×10^4 N,假设弯道半径是300 m,则火车的转弯速度最大为多少?

学生活动 2:根据侧向弹力提供向心力,可知转

弯的速度大概只有38 km/h.

教师活动 3:然而我国动车的时速已经达到300 km/h,远远超过了刚才计算所得的最高时速,那应该怎么解决这个问题呢?关键因素在哪里?提示,是否可以从高速公路在转弯处的倾斜路面得到启示.

学生活动 3:根据向心力公式,要提高火车车速有3种方法.方案一,增强铁轨的抗挤压能力;方案二,增大转弯半径;方案三,垫高外轨,使铁轨向内倾斜一定角度.

教师活动 4:方案一和二需要改变轨道的属性和地理位置,这在实际情境中是有困难的,所以采用垫高外轨的方法,确实可以很好地解决这个问题,那么火车在倾斜的铁轨上转弯时,受到哪些力的作用呢?圆心在哪里?如何做出受力分析图?

学生活动 4:火车受到牵引力、重力、弹力和摩擦力的作用,其中弹力与重力的合力用来提供向心力,受力分析如图1所示.

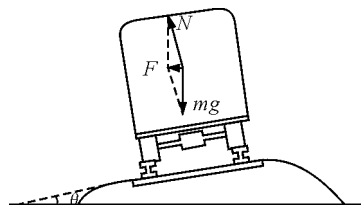


图1 火车受力分析示意图

教师活动 5:确定了圆心位置就确定了合力的方向,在已知转弯半径和内外轨道高度差对应倾角的基础上,表达出火车转弯时规定的安全速度 v_0 (此时,向心力恰好由重力和弹力的合力提供,轮缘与铁轨之间无侧向的挤压力).

学生活动 5:利用重力和弹力的合力提供向心力,得到的方程为 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$,解得安全速度为 $v_0 = \sqrt{gR \tan \theta}$.

教师活动 6:如果火车在转弯处的速度不等于安全速度,那么轮缘与铁轨之间的力会发生怎样的情况?

学生活动 6:当 $v > v_0$ 时,轮缘受到外轨向内的弹力;当 $v < v_0$ 时,轮缘受到内轨向外的弹力.

教学反思:(1)因为我们的目的是希望通过情境与知识的关联来构建物理观念,所以就要让学生对实际的情境有清晰的认识,但事实上很多同学没

有坐过火车,或者没有仔细观察过火车车轮与铁轨的结构,因此准备了火车车轮与轨道的模具,帮助学生理解情景;(2)在对车厢进行受力分析时,很多教师仅仅分析了重力、支持力和铁轨对火车的弹力,这只是在预设结果的前提下进行的分析,对于学生而言他们还关心车厢与车厢之间的牵引力,车轮与铁轨之间的摩擦力.所以从实际情境和知识关联的角度,教师并不应该避开这些问题,而是要对学生进行引导,哪些力对问题的解决有贡献;(3)正确理解合外力与向心力之间的关系时,我们可以让学生联系生活中的供需关系,在明确火车做圆周运动时受力情况的基础上,理解公式的内涵,从铁轨能提供多大的力和火车转弯需要多大的向心力的角度来理解,从而弄清楚供需关系,这为圆周、近心、离心运动的理解提供了思维上的准备;(4)在外轨比内轨高的情况下,学生对于火车转弯的轨道平面是在水平平面内,还是在斜面平面内难以想象(图2).

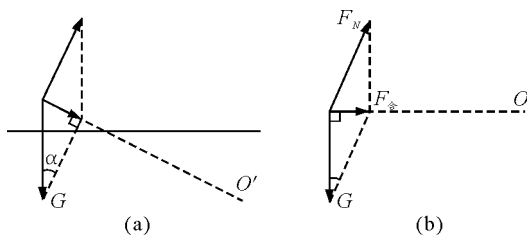


图2 火车转弯时的轨道平面示意图

教师可以通过展示漏斗的模型,让一个小球在漏斗里转动(图3),观察小球的运动,发现小球的运动平面在水平面上.

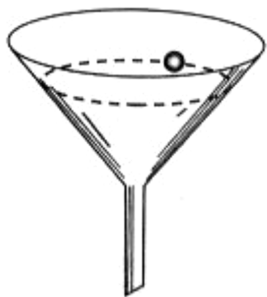


图3 小球在漏斗中转动模型示意图

2.2 从运动过程模型建构的角度来锻炼科学思维

所谓科学思维是从物理学视角对客观事物本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构理想模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等科学思维方法的内化;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑、批判,进而提

出创造性见解的能力与品质.

关于模型构建,《课程标准》有5个层次的要求,其中第4个层次提出了“能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型”,从这个角度理解,火车转弯的问题分析,其实就是一个建模的过程.事实上,水平面的圆周运动模型,还有很多变式,列举如下.

变式1:(汽车转弯)如图4所示,汽车向左拐弯,左侧的路面比右侧的路面低一些.汽车的运动可看作是做半径为 R 的圆周运动.设内外路面高度差为 h ,路基的水平宽度为 d ,路面的宽度为 L .已知重力加速度为 g .要使车轮与路面之间的横向摩擦力等于零,求汽车转弯时的车速.

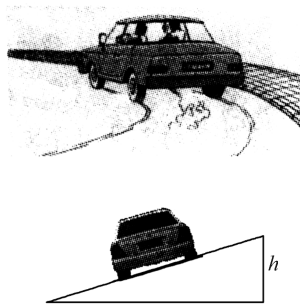


图4 汽车转弯示意图

变式2:(花样滑冰)如图5所示,花样滑冰表演时,女运动员被男运动员拉着离开冰面在空中做水平方向的匀速圆周运动.已知通过目测估计拉住女运动员的男运动员的手臂和水平冰面的夹角约为 45° ,重力加速度为 $g=10\text{ m/s}^2$,若已知女运动员的体重为 35 kg ,据此可估算该女运动员受到的拉力为多大?



图5 花样滑冰

变式3:(碗壁转球)如图6所示,一个竖直放置的圆锥筒可绕其中心 OO' 转动,筒内壁粗糙,筒口半径和高分别为 R 和 H ,筒内壁A点的高度为高的一半.内壁上有一质量为 m 的小物块随圆锥一起做匀速转动,当转动的角速度为多少时,小物块不受摩擦力的作用.

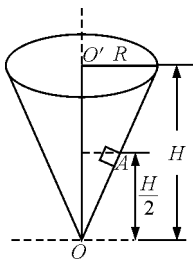


图6 碗壁转球示意图

变式4:(圆锥摆)如图7所示,两根细线上端固定在S点,下端各连一小铁球,让小铁球在水平面内做匀速圆周运动,此装置构成圆锥摆,如果改变两小球的角速度,使两者恰好在同一水平面内做匀速圆周运动,判断两球的角速度大小。

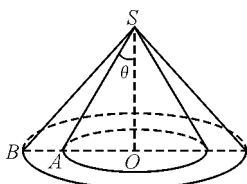


图7 圆锥摆示意图

变式5:(锥面摆)光滑圆锥体固定在水平面上,顶角为 θ ,一条长为 L 的轻绳一端固定在锥顶点,另一端固定质量为 m 的小球,以速度 v 绕圆锥体轴线在水平面内做匀速圆周运动,当 v 为多大时,小球对锥面的压力始终为零?

变式6:(空轨列车)如图8所示,空轨列车是单轨式单轨道交通系统,轨道在电车上方.空轨机车具有不占用地面空间、有效缓解交通压力等优势,造价约为地铁的五分之一,是一种环保低碳零污染的出行方式.每节车厢限载13 t,最高通过时速50 km/h,侧向通过速度15 km/h,曲线半径50 m.估算转弯时悬挂臂的拉力大小?



图8 空轨列车

教学反思:(1)在变式展示时,可以考虑将1,2,3这3个问题同时呈现,通过临界条件分析和矢量关系图可知:重力与支持力的合力提供了向心力,进而由几何关系得到

$$mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$$

即 $\tan \theta = \frac{v^2}{gR}$,再将4,5,6同时呈现,分析可知重力与拉力的合力提供了向心力,仍然可以得到 $\tan \theta = \frac{v^2}{gR}$,至此可以向学生呈现如图9所示的示意图。(2)

在变式时注意了层次性,虽然都是建立同样一个物理模型,但在情境选择上按照由近及远,由熟到生的顺序排列(例如变式6放在最后),需要在理解情境的基础上,对问题进行一定的抽象,筛选有用信息,培养建模的能力。

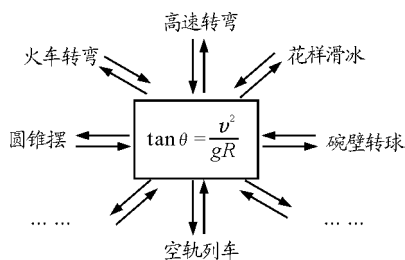


图9 变式训练分析示意图

2.3 从创造真实实验情境的角度来培养科学探究

所谓科学探究是指具有科学探究的意识,能在真实情境中提出物理问题,形成猜测和假设,利用科学方法获取信息和处理信息,形成结论,以及对探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力。

科学探究的表现之一即为:具有分析论证的能力,会使用不同方法和手段分析、处理信息,描述、解释探究结果和变化趋势.本节的课堂教学中以下面几个实验为例来说明这一点。

实验1:展示凹凸桥演示器,如图10所示,首先把小球放在最高点,记下这时钢球的重力,然后接通电磁铁电源,把钢球放在电磁铁处,使其被电磁铁吸着,断开电磁铁电源,观察钢球的运动 and 对应台秤指针的情况,把观察到的数据变化和理论计算互相验证。

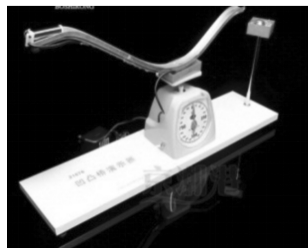


图10 凹凸桥演示器

实验2:在研究火车转弯时,展示漏斗的模型,观察小球在漏斗内的运动轨迹,分析小球在漏斗剖

面上的受力分析,从而确定了火车转弯时的圆心.

实验3:离心机沉淀器的应用,如图11所示,首先简单介绍离心机的工作原理,然后用 CuCl_2 和 NaOH ,反应生成蓝色沉淀物 $\text{Cu}(\text{OH})_2$,并用水稀释,搅拌后分别装入2个试管,一个倾斜放入离心机,一个静置.实验结论发现,离心沉淀比重力要快.同时还可以介绍宇航员利用离心机进行的超重训练.

教学反思:实验探究的目的是要让学生经历与科学工作者相似的探究过程,从而领悟科学探究方法,发展实验探究技能,能够提出问题,形成假设,并通过科学方法检验求证,得出结论,体验探究的乐趣,养成勇于创新的科学精神.在探究中要防止“假探究”和“放任自流”两种极端倾向.正确处理“指导”和“自主”的关系,不要出现原本课堂上五分钟就能讲清楚的内容,变成让学生去“探究”,可能会花到五天的时间,甚至采用“小组探究”,全组探究了五天,结果差的学生什么也没探究出来,好的学生浪费了大量的宝贵时间.



图11 离心机沉淀器

2.4 从理论与实际相结合的角度来彰显科学态度与责任

所谓科学态度与责任是指在认识科学本质,理解科学·技术·社会·环境(STSE)的关系基础上形成对科学和技术应有的正确态度以及责任心.

在本节内容的教学中,其主要表现在能主动与他人合作,实事求是,不迷信权威,能基于证据和推理发表自己的见解,热爱生活、珍惜生命.这些都渗透在下面的教学片段之中.

教学片段1:介绍火车在脱轨时发生的事故和高速过桥时的危害实例,这些都是来源于生活,可以引发学生的思考与感悟.而且,根据 $F_{\text{向}} = m \frac{v^2}{R}$ 可知,假如质量或速度过大,合外力不足以提供向心力,就容易发生事故,实际上质量过大,说明车辆超载;速

度过大,说明车辆超速,这都是驾驶中常见的隐患.

教学片段2:在完成课堂分组实验的时候,需要同学们之间的相互合作,可以培养学生相互合作,通过沟通解决问题的能力.

教学片段3:在讨论离心现象时,教师列举了大量生活中的离心现象,有的是利用了离心现象,有的是为了防止离心现象.这就辩证地告诉我们,凡事都有两面性,虽然物理规律是客观存在的,但如何运用物理规律为我们的生产生活带来帮助,而不是破坏,这才是根本重要的问题.

教学反思:“生活中的圆周运动”顾名思义就是要与生活融通,所以在教学设计中,要确定以人为中心的意识,例如在分析汽车转弯时,就要注重珍惜生命的教育.在教学方法上要强调学生的感悟、体验和实践.在教学过程中,不能“为知识而知识”,也不能机械性地植入所谓的情感教育和爱国主义教育,而是应该将知识作为育人的载体,充分挖掘知识建构过程中蕴含的情感因素和内在价值,通过相应的活动培养学生强烈的爱国情怀,积极的人生态度,实事求是的科学精神.

3 结束语

基于物理核心素养的教学设计,要求我们将物理课程的教育目标定位在学生终身发展的行为习惯和关键能力的培养,改革教学的方法和过程,关注学生个体知识的构建和应用^[3].整个教学设计从火车脱轨的事故情境中引入,基于真实的场景,设计多种驾驶火车的安全措施.通过汽车过凹凸桥和离心现象的分析,引导学生通过对生活及各种现象的判断质疑,辨析,培养自身的科学思维,在自主探究的过程中养成严谨、实事求是的科学态度.同时整个设计以生活中的圆周运动为明线,以安全行驶为暗线,渗透尊重自然、尊重生命的科学责任感.使物理课堂真正成为培育学生核心素养的良好平台,为学生的终身发展打下坚实的基础!

参考文献

- 1 吴加澍. 核心素养视域下的物理教学. 讲座报告, 2016. 9
- 2 黄恕伯. 中学物理教学中提升学生核心素养的思考. 讲座报告, 2017. 11
- 3 杨亚芳. 基于物理核心素养提升的教学设计——以“生活中的圆周运动”为例. 物理教学, 2016(5): 11 ~ 15