

【教学设计】

基于认知序与知识序的高中物理 结构化情境群设计

——以“向心力”为例

郑玲玲 沈旭东

【摘要】认知序指学生在掌握某一知识或技能时,所必须经历的一系列认知阶段,知识序指教材知识点的呈现顺序和组织结构,知识序是认知序的基础和统一,认知序是知识序的解构和整合。具体教学中,教师可从研究学生认知序与教材知识序入手,构建合理的教学序,然后以结构化的情境群帮助学生在学习新知识。教师要引导学生经历从表象到本质、从感性到理性、从猜想到证据的认知过程,将其与原有的知识建立联系,形成系统化的认知,逐渐提高核心素养的水平。

【关键词】认知序;知识序;教学序;结构化;情境群

一、从认知序和知识序到结构化的教学序

认知序指学生在掌握某一知识或技能时所必须经历的一系列认知阶段,是动态的、变化的过程。知识序指教材知识点的呈现顺序和组织结构,是静态的、固定的内容。二者的主体虽不同,却是教学中重要的组成部分,彼此紧密依存。知识序是认知序的基础和统一,学生的认知活动往往是在教材内容的引导下由浅入深地进行的,并以形成系统化的知识为目的;认知序是知识序的解构和整合,系统化的知识往往需要拆分成多个知识点以便于学习,并以知识点之间的逻辑结构为线索进行整合。因此在开展教学时,教师应该尊重学生认知序,以教材知识序为基础,构建结构化的教学序。结构化的教学序包含多个相互关联、层层递进的教学环节,每个环节均以符合学生当前认知阶段的情境群来展开,从而有效帮助学生理解基本概念,突破认知难点,完善知识体系,补充思维方法,提升素养能力,养成自学意识^[1]。如对于人教版普通高中教科书《物理》必修第二册第六章第2节中的“向心力”,教师可梳理其认知序、知识序和教学序(如表1所示),并借由四个情境群(详见下文)展开教学。

二、情境群设计方案

在设计情境群时应遵循以下几个原则:一是目标性,即针对核心素养教学目标;二是结构性,即按照知识发生、思维发展的顺序有序呈现;三是适切性,

表1 “向心力”的认知序、知识序、教学序

认知序		知识序	教学序
接触阶段	感知	向心力的概念与特点	通过生活中的匀速圆周运动引入
	概括		通过情境群1概括向心力的特点,得出向心力的概念
	猜想	向心力大小的表达式	通过情境群2猜想影响向心力的因素
理解	用情境群3定量研究影响向心力大小的因素		
联结阶段	拓展	变速圆周运动和一般曲线运动的受力特点	通过情境群4,结合直线运动和匀速圆周运动的规律,尝试分析变速圆周运动与一般曲线运动的受力特点
指导阶段	巩固	利用向心力的知识解决问题	通过多种情境进行综合实践与应用,巩固对向心力的理解

即切合当前学生已有认知,并有思维的递进;四是导向性,即能发挥学生的主体作用,引导学生自发进行提升核心素养的相关学习活动。保证以上原则的关键是策略化,即从情境选择、问题拟定和预案设置三个方面进行设计。情境选择要有多多样性,不要局限

于教材中的栏目,对教学有帮助的各种生活现象、科技史实和新闻热点,都可以作为素材引入情境,并以文字、图片、视频、体验、演示和探究等形式呈现。多样化的情境可以把抽象概念浸润到具体实例,丰富学生的体验,提升学习动机,降低理解门槛,提升学习效果和实践能力。问题拟定要有针对性和层次性,体现结构化的特点,帮助学生从易到难逐步理解和掌握新知识,并建立起知识点之间的相互联系。预案设置要有广泛性,要尝试从学生的角度去进行思维假想,做好课堂活动突发情况的应对准备,既要在学生“卡壳”时给予引导以防止冷场,也要在其偏离时及时纠正,保障课堂顺利有序地展开。下面以表1中提到的四个情境群为例,从策略化的三个方面具体阐述设计方案。

(一)情境群1——从接触到形成概念

[情境选择]

情境1:小球在细绳牵引下在光滑水平面上做圆周运动。

情境2:物块在水平圆盘上做匀速圆周运动并未掉下,若给物块下表面涂上石墨粉,则发现物块被甩出。

情境3:小球在细绳牵引下做匀速圆周运动(圆锥摆)。

情境4:小球在漏斗壁上做匀速圆周运动。

[问题拟定]

问题1:情境1中,若手突然松开,小球还能保持圆周运动吗?

问题2:情境1中,能否分析小球的受力个数?竖直方向上重力和支持力有什么关系?小球在圆周上不同位置处绳上的拉力有什么特点?

问题3:情境2中,为什么一种物块涂上石墨粉就被甩出?什么力在维持着物块的圆周运动?

问题4:情境2中,物块(未涂石墨粉)和情境1中小球所做的运动情况是否相同,受力情况是否相似?

问题5:情境3中,小球运动轨迹的圆心在何处?

问题6:情境3中的小球与情境1中的小球以及情境2中的物块,它们的运动情况相同吗?它们的受力是否相似?

问题7:情境3中的小球也像情境1中的小球和情境2中的物块一样直接受到一个指向同心的力吗?请从合成与分解两种角度分析这个力是什么。

问题8:情境4中,向心力是否一定是真实力?

请分析向心力来源。

[预案设置]

预案1:对问题2,学生可能在受力分析时回答受到一个力——拉力。此时应提醒其注意找寻各个方向上的受力,不要遗漏。

预案2:学生可能在讨论向心力的过程中提出“离心力”这个名词。由于高中教材不涉及非惯性参考系,无法系统阐述离心力的概念,因此只能抓住“匀速圆周运动受力是指向圆心的”这一特征,告诉学生如此定义“离心力”显然不合理。在惯性参考系下不存在离心力,对于学优生,可以在课后为其科普非惯性参考系和离心力的概念。

设计意图:该教学环节对应的知识点是向心力的概念和受力特点,此时学生对向心力的认识还处于接触阶段。在情境选择时,如果仅放人教材“思考与讨论”栏目中的情境(即情境1)就提出向心力的概念,会让学生产生“向心力就是指向圆心的一个力”的错误认知。此时加入情境2,以不同性质的力充当向心力,辨析性质力和效果力的概念,观察向心力的效果;再结合情境3和4,将单一的力提供向心力的情形拓展到分力或合力提供向心力的情形,让学生在感知、对比中形成对向心力概念和特点的结构化认知。因此,问题拟定的重点在于概括向心力的概念和特点,并让学生比较多个情境中向心力的共同点来理解向心力是一个效果力。预案设置则针对学生讨论过程中可能出现的错误回答进行。

(二)情境群2——从感知到科学探究

[情境选择]

情境1:如下页图1,将细绳穿过空心塑料管,一端系有沙袋,另一端挂一个钩码,并放于桌面上。现将沙袋甩起来做匀速圆周运动。演示1:保持半径不变,慢慢增大转速,发现某一时刻钩码被提离桌面。演示2:保持转速不变,降低空心管位置,增大圆周运动的半径,发现某一时刻钩码被提离桌面。演示3:将沙袋打开,放入两个小钢球,重复演示1和演示2,观察钩码何时被提离桌面。

情境2:如下页图2,将一把塑料吸管放在圆柱形桶中,用电钻驱动桶转动,将圆柱形桶倒置使开口向下,电钻转速稳定后,吸管不会下落而是紧贴在桶壁上。关闭电钻,转速逐渐下降,吸管从桶壁上掉落。

[问题拟定]

问题1:情境1中,向心力由什么力提供?能否近似看成绳对沙袋的拉力?

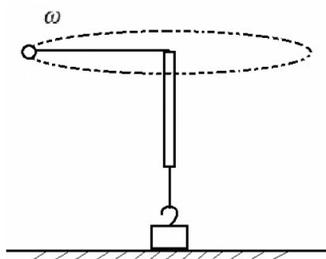


图 1

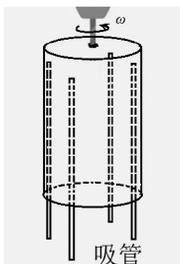


图 2

问题 2: 情境 1 中, 绳对钩码和绳对沙袋的拉力满足什么关系?

问题 3: 情境 1 中, 钩码被提离桌面说明绳上的拉力如何变化? 是什么原因造成这个力的变化?

问题 4: 情境 2 中, 吸管做什么运动? 吸管为什么不下落? 竖直方向受到哪些力? 向心力由什么力提供?

问题 5: 情境 2 中, 吸管掉落说明竖直方向上受力发生了怎样的变化? 为什么静摩擦力不足以维持吸管竖直方向保持静止? 最大静摩擦力与什么有关?

问题 6: 从这两个情境的演示中猜测影响向心力的因素。

问题 7: 如果要验证这两个情境中的猜想, 用什么实验方法最合理?

[预案设置]

预案 1: 对问题 1, 学生可能给出“拉力的水平分力”或“重力与拉力的合力”的回答。可通过受力分析, 比较当细线接近水平时重力与拉力的大小, 以极限的思想引导学生理解这里可以作近似处理的原因。

预案 2: 对问题 4, 从理论上来看, 吸管质量不是影响其掉落的因素, 学生可能会提出相关的疑问, 教师可以先卖个关子。

设计意图: 该教学环节对应的知识点是向心力大小的表达式, 没有实质性的概念和公式, 但此时需要把学生从接触阶段带到认知阶段, 达成认知水平结构化的提升, 因此需要能够引发更深入思考的情境作为桥梁, 把学生的研究方式由具体感知上升至抽象探究。但这些情境又不能是十分严谨的实验情境, 否则会使认知跨度太大, 反而不利于将课堂从感知引导到探究的轨道上来, 因此选择情境 1 和 2 中的定性实验较为合适。在问题拟定时, 重点引导学生猜想质量、半径和角速度等因素对向心力的影响, 为后面的定量探究环节作好定性的铺垫, 同时也有

利于培养学生科学探究的良好习惯, 提升科学态度。预案设置则针对学生讨论过程中可能出现的过于离谱的猜想进行。

(三) 情境群 3——从现象到理解规律

[情境选择]

情境 1: 使用向心力演示器进行定量实验。

情境 2: 质量为 0.10kg 的物块随水平圆盘一起做角速度为 4rad/s 的匀速圆周运动, 物块距离圆心为 0.10m。

[问题拟定]

问题 1: 情境 1 中, 向心力的大小如何测量? 该测量值的单位是什么?

问题 2: 情境 1 中, 如何改变物体的质量? 如何改变轨道的半径?

问题 3: 情境 1 中, 如何改变角速度并进行测定? 是否能测出具体角速度的数值?

问题 4: 请根据情境群 2 的定性实验给情境 1 设计定量研究方案, 写出实验步骤。

问题 5: 情境 1 中的实验用到的实验思想是什么? 如何设计实验记录表格?

问题 6: 从情境 1 的实验数据中能否验证情境群 2 中的猜想? 能否进一步写出表达式?

问题 7: 将情境 1 中的相关公式通过公式代换, 转换成另外形式的公式。

问题 8: 求情境 2 中物块所受向心力的大小。

问题 9: 对于情境 2, 某学生认为物块有向前的运动趋势, 所以静摩擦力应与线速度方向相反, 即向后, 而不是与运动方向垂直, 因此向心力不可能由静摩擦力提供。你的意见是什么?

[预案设置]

预案 1: 对于问题 3 涉及的“角速度与半径成反比”中的“半径”, 学生可能会将其错误地等同于横臂半径。可从实验仪器的构造上讲解塔盘和横臂的作用, 帮助学生理解实验原理。

预案 2: 两个小球的角速度大小与皮带所处的塔轮半径成反比且无法具体测量数值, 需要通过比值进行探究。因此在设计数据记录表格时, 建议记录“皮带所处的塔轮半径之比”和“角速度之比”。

预案 3: 对于问题 5, 学生可能会认为用标尺露出格数之比来测出向心力大小之比是等效替代。可以抓住“等效”这个关键词, 反问学生: “向心力和什么等效? 操作中有拿其他物体作为等效物来取代小

球的向心力吗?”

预案4:对于问题9,学生可能会认为存在指向圆心和与运动方向相反的两个静摩擦力。可以反问:“如果确实存在和运动方向相反的静摩擦力,物体能保持速度大小不变吗?”

设计意图:该教学环节对应的知识点是向心力大小的表达式,此时学生对向心力的认识处于认知阶段。选择实验(情境1)进行定量探究,有助于学生对已接收的知识进行思考和验证,形成初步的理解。但教材上的“实验”栏目比较精练,故在问题拟定时需要有层次结构,引导学生逐步了解实验仪器的构造,熟悉实验操作,领悟思想方法,最终通过学生亲眼见证实验结果的产生,推导出向心力的表达式,加深其对向心力表达式的理解,形成从操作到结论的系统化实验认知,提升科学探究能力。预案设置则针对学生探究过程中可能出现的错误操作和误差进行。

(四)情境群4——从孤立到形成体系

[情境选择]

情境1:运动员抛掷链球的旋转加速过程。

情境2:小孩子荡秋千向下加速的过程。

情境3:汽车通过水平弯曲的立交桥的画面。

[问题拟定]

问题1:情境1中,链球是做近似圆周运动吗?是匀速圆周运动吗?

问题2:情境1中,做圆周运动速度方向改变需要什么力?由什么力提供?

问题3:情境1中,结合直线运动的规律,速度大小的变化需要什么方向的力?由什么力提供?

问题4:情境1中,链子上的拉力是否指向圆心?

问题5:分析情境2中小孩子的受力,什么力提供向心力?什么力使速度变大?请画出力的图示来表达观点。

问题6:情境3中,汽车做什么运动?全程都是一个圆周运动吗?

问题7:如何处理情境3中这种一般曲线运动?能否把它分割成多个圆弧?分割圆弧的过程中,如何处理会更精确?

问题8:情境3中,能否用向心力的表达式求汽车的向心力?若可以,需要测量哪些物理量?向心力和汽车受到的合外力之间是什么关系?

问题9:在这三个情境中,向心力的公式是不是

一般曲线运动?

[预案设置]

预案1:利用一般圆周运动的特点,解答情境群3中可能提出的问题:“如果确实存在和运动方向相反的静摩擦力,物体能保持速度大小不变吗?”

预案2:对于问题2,学生可能会回答链子上的拉力提供向心力。可以结合问题3,启发学生思考加速度所具有的两种效果,从而把链子上的拉力按照效果分解为向心方向和切线方向两个分力。如果学生仍有疑惑,可以用更形象的例子“如何施加一个外力让在做匀速圆周运动的小球线速度大小增加”,学生一般都会想到沿线速度方向施加一个力,再将此情境与这里的链球加速进行类比,也能总结出规律。

预案3:对于一般曲线运动所涉及的微分思想,可以类比瞬时速度来帮助学生理解。

设计意图:该教学环节对应的知识点是变速圆周运动和一般曲线运动的受力特点,此时学生对向心力的认识处于联结阶段。变速圆周运动的运动分析较为复杂,在选择情境时要贴近学生的生活,选择简单的情境(情境1和2)引导学生思考变速圆周运动与匀速圆周运动的区别。问题拟定后,引导学生尝试用刚学习的向心力知识来解释,并联系牛顿力学中的思维方法,通过正交分解来分析变速圆周运动,最后把这种方法推广到一般曲线运动(情境3)。在这一系列的讨论活动中,学生逐渐将向心力这个孤立的知识点编织进整个力学体系,认知结构得以进一步优化,解决实际复杂问题的能力也得到提升。预案设置则针对学生讨论过程中可能出现的疑惑进行。

实践证明,基于认知序与知识序的结构化情境群对学生理解向心力具有不错的效果。结构化的特点使得课堂像是在一步一步地解读和重写教材,不仅能帮助学生形成系统化的知识体系与思维逻辑,还能启发学生独立思考和敢于质疑的意识,在潜移默化中将核心素养推高到新的层次。

参考文献:

[1]梁旭.基于核心素养教学的基本特征[J].中学物理,2019(7):2-6.

【作者简介】郑玲玲,浙江省湖州市旧馆中学;沈旭东,浙江省湖州市吴兴高级中学。

【原文出处】摘自《教学月刊》:中学版(杭州),2023.7/8.66~70