

高中物理学科中培养高阶思维的探索

——以“周期运动”单元教学为例

戴小民 (上海市晋元高级中学 上海 200333)

杨贤富 (湖南省临澧县第三中学 湖南 415200)

摘要 新课改以发展学生的核心素养为终极目标,推动指向生活价值的“新学习”,高阶思维培养成为了高中物理学科教学的重要任务,本文以高中物理“周期运动”单元为例,从培育综合性思维、逻辑性思维、批判性思维、创新性思维等多种高阶思维进行思考和实践,为促进学生高质量的思维发展与素养提升提供了经验与借鉴。

关键词 高中物理 核心素养 高阶思维 策略方法

文章编号 1002-0748(2023)3-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

核心素养是在课程学习中将逐步形成的关键能力、必备品格和正确的价值观念,它是课程与教学的出发点与归宿,培养核心素养需要“真实情境”和“高阶思维”,“真实情境”是素养形成的场域,而高阶思维是素养形成的“机制”与“结晶”。高阶思维的培养也就成为了高中物理学科教学的重要任务,在课堂中如果没有理性的交锋,思维就得不到激荡或训练,思维不会激活,就容易产生惰性,学生就不会质疑他们看到、听到、读到的任何信息,他们不会积极思考、主动挑战其他人的思维,也不会期待别人来质疑他们的思考。埃德尔和保罗明确指出:“只有拥有高阶思维的头脑,才能应对外在生活瞬息万变的世界,才能迎接复杂的真实性任务的挑战。”教师最大的任务就是要为学生提供一个动态的学习环境,以高站位驱动学生将所学知识进行迁移与思维训练,综合运用各种手段,而且要让学生参与塑造这种环境,促进学生高阶思维的发展与提升。本文以高中物理“周期运动”单元为例,聚焦课堂关键教学行为,从培养综合性思维、逻辑性思维、批判性思维、创新性思维的角度,探索发展高阶思维的方法与策略,实现从一般思维走向高阶思维的教学实践核心取向,促进学生高质量的思维发展和素养提升。

1 高阶思维的内涵

高阶思维是“以思维为核心,解决结构不良的问题或复杂任务的心理特征。它具有复杂性,需要调动脑、心和身体积极参与,在阐述、分析、判断和评价

思维过程中涉及多方面的智力活动;具体来说,它指的是问题解决、决策制定、分析评价、批判和创造思维的能力”^[1]。国内学者钟志贤将高阶思维定义为“发生在较高认知水平上的心智活动或较高层次的认知能力”^[2]。思维本质上服务于个体解决问题,是个体解决问题内部活动的过程。这种内部活动可以由外部活动引起,通过指向行为目标的行为可以改变思维,这就是我们教学的基础。

我们认为,高阶思维是一种复合型思维,它主要包括综合性、逻辑性、批判性、创新性等多种思维方式,其中综合性思维是指在面对复杂的、混沌的真实情境时,能够进行综合性、系统化思考,它是对事物的全局进行分析以达到对整体的理解,有这种思维的学生在学习过程中不回避问题,能自如地处理复杂情境问题;逻辑性思维是指运用概念、判断、推理等思维类型反映事物本质与规律的认识过程,是进行深度学习的一种必备思维;创新性思维既能类比、迁移,灵活运用已有的知识解决新问题,还能打破固有的思维模式,从新的角度、以新的方式思考,进而得出不一样的且具有创造性的结论,有这种思维的学生能创造性地解决问题;批判性思维是一种与创造性思维并举的思维策略与技能,主要是对知识、信念进行能动、持续的、精准的和省察,洞悉它的理由和结论,有这种思维的学生敢于质疑他人甚至老师的观点,能够自信和创造性地表达自己的观点,能够对自己的得失进行反思,并及时调整策略和方法^[3]。

2 培养高阶思维的策略

培养高阶思维不可能一蹴而就,而是一个循序渐进的过程,不能在“告知”和“机械训练”中得到发展。而是需要在真实情境中,通过系列的追问,引导学生突破一个个具有挑战性的思维困境,在创新性的解决问题的过程中,将知识转化为素养。

2.1 依托真实情境,建立知识与生活的联系,培养学生综合性思维

高阶思维是联系学科和生活的桥梁,它隐含在真实性活动中,真实情境中的问题一般属于结构不良问题,解决真实情境中的问题,是学生综合性调动思维解决问题过程的行为过程,解决此类问题的认知活动不是线性的,是复杂的、非模式化的、非算法的,通常需要经历曲折反复的内部思维过程,需要综合性思维。培养综合性思维往往需要建立知识与学生的真实生活关联,打通课堂知识与生活世界的壁垒,在解决问题过程中得到锻炼与提升。以“圆周运动”教学为例,我们将教材中的圆周运动和游乐场中旋转飞椅的运动关联,根据情境形成待解决的问题,从各问题解决过程和结果两方面指向综合性思维的不同维度的训练和培养,如图 1 所示。



图 1 游乐场中的旋转飞椅

例如,对此图所示情景,可形成诸如以下的问题:

- (1) 飞椅项目中,人运动模型如何建立?
- (2) 最外圈人运动的角速度如何?
- (3) 最外圈和最内圈人的线速度之如何?
-

学生围绕旋转飞椅的运动不断深入地开展研究,从建立模型开始,到会用线速度、角速度、周期、转速等物理量描述其做圆周运动的快慢,观察旋转飞椅做匀速圆周运动,此时其细绳偏转一定的角度,紧接着带领学生讨论其线速度、角速度与半径之间的关系,并分析产生这些现象的原因。整个学习过程中渗透了匀速圆周运动、线速度、角速度、周期、向心力、向心加速度等概念的学习和应用。

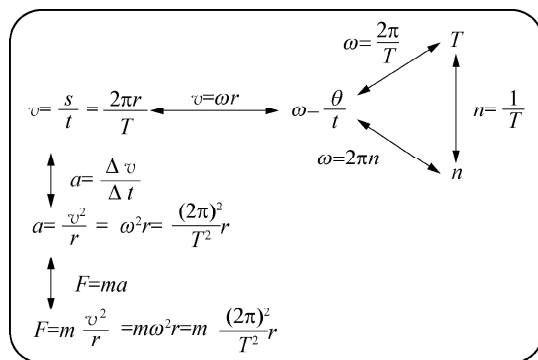


图 2 描述圆周运动的相关物理量之间关系

然后需要学生根据自己已有经验、情境中的人体与飞椅机构尺寸等,给出大致的人体运动半径、运动时间等信息(比如成人坐姿上半身大体在 0.8 m,对比图 1 中绳长大概 4—5 个坐姿长度左右,大体绳长在 4 m 左右等),再运用相关圆周运动规律解决问题,计算结果。

学生在解决问题过程中,逐渐经历问题解决的模型化、估测等阶段,体会同一情境下多样的物理问题,以及解决问题时综合性思维过程等,最终形成本单元的重要的知识结构,如图 2 所示。整个过程很好地激发了学生的综合性思维,通过真实问题解决形成了用以致学和学以致用的能力,促进学生将知识学习过程转化为素养提升过程。

2.2 以关键问题为抓手,营造思维困境,培养学生的批判性思维

课堂中以关键问题为抓手,营造思维困境,让学生抱有质疑的态度,启发学生进行思考,鼓励学生提出问题、解决问题,通过合作学习、交流讨论等方式来打破原有的错误观点,或者拓宽原有认识领域、提高原有的认识水平,在获取新知识的同时培养学生的批判性思维,构建具有逻辑性和思辨式的物理课堂。培养学生的批判性思维强调严谨性和专注性。严谨性是指学生获取信息、加工处理、形成结果和运用迁移过程所呈现出来的条理性逻辑性;专注性是指学生长时间沉浸一项任务解决,即使遇到思路不通、没有任何解决方案时,他们也不愿意老师为他们提供现成的答案,总希望靠自己的努力解决问题。在教学过程中,教师要积极构建有复杂体验、充满挑战的学习环境,要创造尽可能多的机会向学生提出一些批判性问题,培养学生严谨、专注性思维,促进学生批判性地解决问题。以建立振动和波动关系为例,我们引领学生理解描述一个质点振动的方法,然后过渡到描述一群质点的振动的方法,最后让学生明白、领悟一个质点与一群质点振动的关系,从一个时刻所有质点

的位置图象推演到任意时刻的位置图象,由静到动,让学生想象出所有质点振动的场景。如图 3 所示。

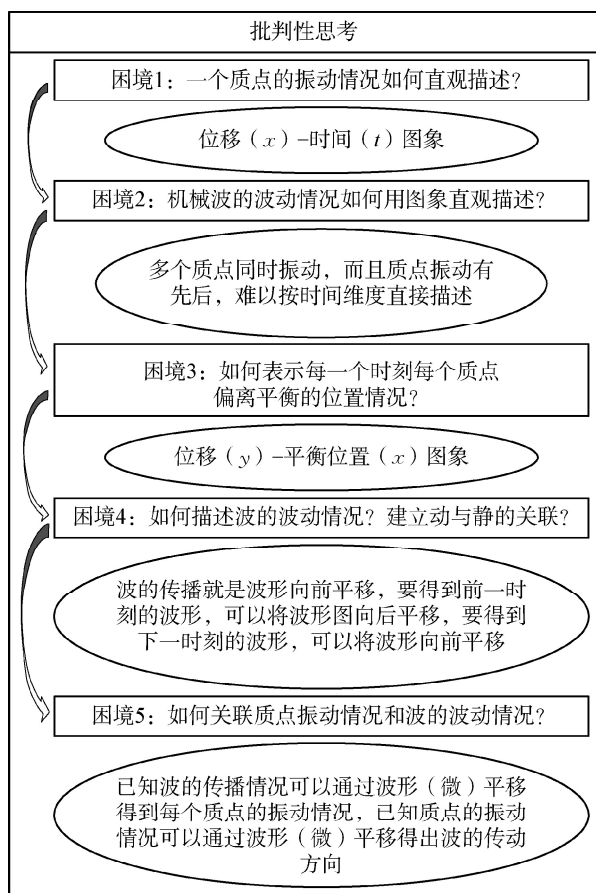


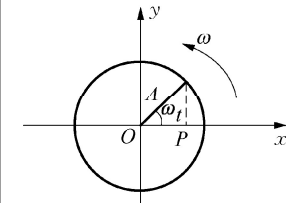
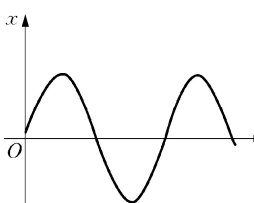
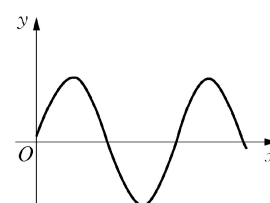
图 3 从振动走向波动的批判性思维过程

整个过程由一个接着一个困境引领, 让学生持续批判性思考、专注解决一系列任务, 从熟悉知识到陌生情境, 促使学生思维随着一级级由浅入深的台阶, 不断由低到高地向上发展, 难度螺旋上升的问题链使各个水平层次的学生都可参与其中, 这样的教学策略, 有利于激发学生学习物理的积极性, 增加了学习物理的信心, 带动了学生的批判性思维发展。

2.3 通过归纳整理, 寻找逻辑“链”, 培养学生的逻辑性思维

整体化、结构化教与学更容易促进学生的逻辑性思维, 学生的大脑很难记住一堆互不相干的信息, 也就很难发现这些零碎的、分散的信息所存在的价值。相反, 学生通过对所学材料进行分类、整理和排序, 展开思考, 理解所学内容的深度和广度, 能够看到学习内容的全貌, 学生看到广阔的知识全景后, 容易体察学习内容之间的联系。教学时, 我们可以采用框架式和结构化教学, 通过知识框架和教学活动的有效组织, 实施全面、深层、系统的基础知识教学, 使学生在短时间内在大脑中形成一系列有着内在联系的多种知识构成的逻辑链, 这些链为学生提供了理解知识之间联系的脉络和经纬, 建立了更加精细和整体的知识结构和灵活丰富的思维, 为学习和记忆创造了良好条件。以圆周运动、机械振动和机械波的描述为例, 以周期性、对称性和矢量性特点为核心, 对具有周期性的运动进行归纳整理, 构建周期运动大单元知识结构, 为学生培养思维的逻辑性提供了基础, 搭建了框架。

表 1 周期运动单元内容的归纳整理

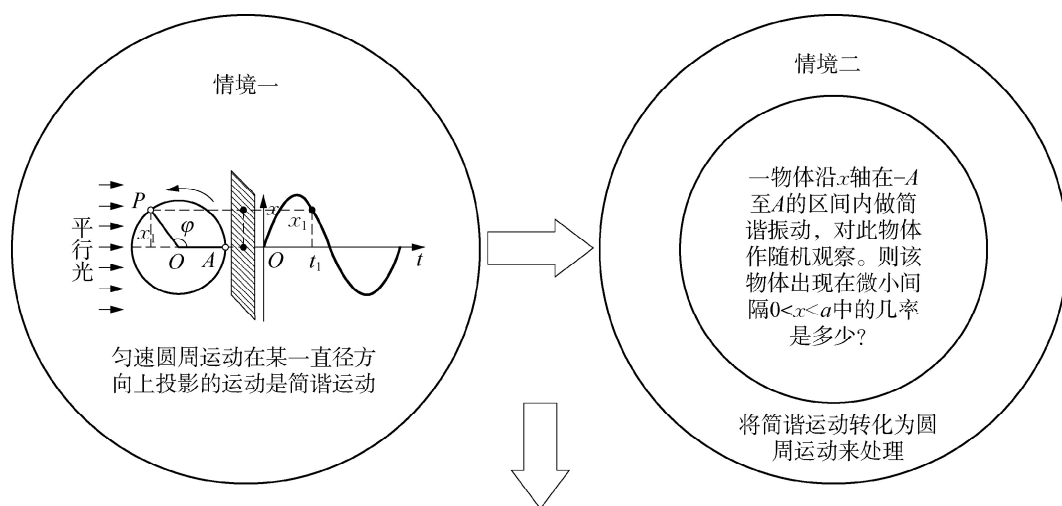
周期运动: 周期性、对称性、矢量性			
	匀速圆周运动	机械振动	机械波
运动特点	运动的轨迹为圆周	围绕某一中心位置往复运动	大量质点一起运动
运动的描述	线速度(方向变化); 角速度; 周期(转速)	振动速度(变速); 周期; 频率	传播速度(波速: 匀速); 周期; 频率
空间位置	弧长; 角度; (空间周期性)	质点偏离平衡位置的最大距离(振幅); 偏离平衡位置的位移; (时间周期性)	振动情况始终一致的相邻质点之间的距离 (波长); (空间周期性)
图象	质点在坐标系中位置的变化(坐标图)  图 4	一个质点的位移随时间的变化规律(振动图象)  图 5	某时刻所有质点的空间分布规律(波动图象)  图 6

通过对比匀速圆周运动、机械振动、机械波的运动特点、物理量、描述方法等引导学生发现这些周期运动中蕴藏的逻辑关系,如时间规律的相似关系、空间位置的纽带关系、图象问题的因果关系、概念界定的从属关系等。学生借助于有逻辑的推理,有依据的判断,系统的分析和解释等思维形式能动地反映周期运动的理性认识过程,寻找对象、概念或图象之间的各种关系“链”,形成逻辑性思维,达到对几种具体周期运动本质的把握,进而认识周期运动。

2.4 积极激活知识,注重高通路迁移,培养学生的创新性思维

在培养核心素养的背景下,教学中我们用指向大概念、具有更多素养价值的知识代替大量分散的零碎惰性知识,让学生多获取“超越学校价值”“书本价值”的知识成果和解决真实问题的能力,这样容易实现学科世界向生活世界迁移的“知识激活”。帕金

斯将迁移分为低通路迁移和高通路迁移^[5]。低通路迁移是模式化的,走“具体—具体”的路径,需要进行大量的练习。只有遇到某种特定模式才会激发这种技能,它是经验性的反馈表现。高通路迁移需要有意地开展抽象思考,走“具体—抽象—具体”的路径,寻找其普遍性,形成专家思维,发掘生活价值,并能迁移至现实世界场景,它是创造性的反馈表现。以匀速圆周运动和简谐振动为例,当我们对投影的理解有了实实在在的直观感觉时,学生容易创造性地把简谐振动与匀速圆周运动联系起来,当我们对简谐运动与动态圆周运动关系理解之后,我们就会明白对应匀速圆周运动在零时刻时的初始辐角就是初相位,也就是质点的初始位置。而相位就是对应匀速圆周运动在初始辐角基础上多旋转的角度,这抽象出的投影和相位方法,非常有助于对于干涉现象的理解,也为后期创造性地解决机械波、光波、引力波等干涉问题积淀了基本素养。如图 7 所示。



相位的概念在光学、机械波等方面都有非常重要的应用,对同一简谐运动,相位差可以给出两运动状态间变化所需的时间。对于两列波而言,相位差表示它们间步调上的差异

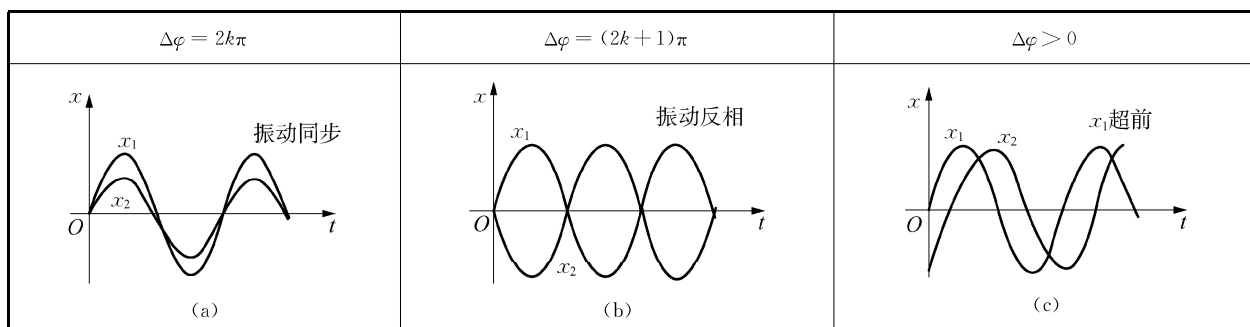


图 7 运动投影方法和振动相位理解的迁移

创新性思维是一种开创性的探索未知事物的高级复杂的思维,是一种有自己的特点、具有创见性的思维,高阶思维具有不可见性,因此解决问题的思路 and 想法在心理上并不“可见”,在这里我们引导学生用正确的方法和思维活动方式,寻找匀速圆周运动和简谐振动的之间关系,而采用投影和相位则是打破惯常的解决问题的方式和过去套公式解题的经验,学生站在更高的层次、更新的视角给问题以新的解答,也就在无形中培养了学生的创造性思维。

3 结束语

在新课改背景下,课堂教学以发展学生的核心素养为终极目标,推动指向生活价值的“新学习”,推进素养本位的大单元教学,以促进提高学生运用所学知识分析和解决生活世界实际问题的高阶思维能力。上述“周期运动”单元教学中培养学生的综合性思维、逻辑性思维、批判性思维、创新性思维等高阶思维的做法只是一种探索与尝试,实际上“高阶思维的形成不是一蹴而就的,学生的知识和能力的发展

(上接第 33 页)

解决问题的过程中提高了思维能力,巩固了对规律的理解和应用,培养了核心素养。其实,在自主实验和师生共研的过程中,深度学习已悄然发生、达成。

5 反 思

5.1 习题实验化的情境选择策略

习题实验化的目的是让学生在实验探究中达成深度学习,在解决疑惑的过程中思考方法策略,因此,习题的情境是能否达成目标的重要因素。(1)习题情境要有较强的探究意义,筛选一些典型的与核心知识联系紧密的模型,也可以把验证性实验改成探究性实验,让学生在实验中体验探究的乐趣及成功的喜悦。(2)习题情境要适合实验探究。可以创设一些生活化的生动有趣的物理情境,加强学生对模型的熟悉度,让学生在“熟而不知、知而不透、透而不全”的感觉中步步深化实验探究,最终达到释疑的目的。(3)习题实验现象要明显、可视度高,能够让学生恍然大悟,产生“原来如此”的认知感受。

5.2 实验要“真地做、做得真”

实验的目的是实际检验。教师在发现素材、实验设计、器材选择、实验操作、归纳总结的过程中要有高度的责任心,从心里端正态度,严格定位,实验不是作秀,避免浅尝辄止,“雷声大雨点小”。实验现

象必然经历一个从低层次到高层次循序渐进、螺旋上升的过程”^[5]。培养高阶思维没有固定的模式,也没有永恒不变的策略和方法,需要我们教师站在“以素养为中心”视角不断审视设计课堂和其他学习环境,要融入真实情境,要有问题引领,还需要以进阶的思路来构建符合高阶思维发展的学习路径,只有把这些教学目标、学习路径、教学策略和课堂环境有意识地结合起来进行实践,才有可能真正做到促进学生思维和素养的高质量发展。

参考文献

- [1] 孙宏安. 高阶思维能力及其培养[J]. 大连教育学院学报, 2018(6).
- [2] 秦娟. 高阶思维教学的关键技术[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2020.
- [3] R·布鲁斯·威廉姆斯. 高阶思维培养有门道[M]. 刘静, 译. 北京: 教育科学出版社, 2021.
- [4] 刘徽. 大概念教学: 素养导向的单元整体设计[M]. 北京: 教育科学出版社, 2022.
- [5] 雷浩, 李雪. 素养本位的大单元教学设计与实施[J]. 全球教育展望, 2022(5).

象更要正确、明显、直观、可视化强,以真实的实验结果面对真实的学生。

5.3 设置驱动性问题,促进实验释疑

深度学习指向高阶思维,面对真实的实验现象,必须步步为营,层层引导,以问题促使其思维火花的迸发,层层深化而升华。无“问题”的实验只会让学习浮于表面,不能促进知识、信息的理解和长期保持。

习题实验化以人为本,以学生为主体,从学生实际出发,可以从根本上解决学生的疑惑,让学生长时间处于深度学习状态。一线教师要善于发现学生问题,勤于创设实验,乐于操作实验,为培养学生的探究能力,提高学生批判思维,达成物理学科核心素养尽一份“真”力。

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)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [2] 许湘苗. 巧设物理情境 助推深度学习——以“光电效应”教学为例[J]. 物理教学, 2021(12): 18—21.
- [3] 张杰, 魏骏泉. 基于深度学习的物理“情景化”教学[J]. 物理教学, 2019(7): 17—18.
- [4] 黄正玉. 谈物理习题实验化教学的设计原则[J]. 物理教师, 2018(4): 78—81.
- [5] 闫峰. 还原物理情景 突破理解“顽疾”——基于实验分析的物理学习进阶的探究[J]. 物理教学, 2019(7): 14—16.