



基于“层进式问题串”的原始物理问题作业设计

卢佳文 徐嘉君 朱巧萍

(宁夏大学物理与电子电气工程学院 宁夏 银川 750021)

(收稿日期:2022-05-17)

摘要:培养学生解决原始物理问题的能力符合物理学科核心素养的育人价值。在作业中巧设“层进式问题串”,增强引导性,有助于学生解决复杂的原始物理问题,提高问题解决能力和培养物理学习兴趣,也有助于保证原始物理问题作业的有效实施与质量,实现作业育人。

关键词:原始物理问题;层进式问题串;作业设计;问题解决

1 引言

《普通物理课程标准(2017年版)》提出物理学科核心素养注重让学生经过学习能够形成正确的价值观,具有处理未知和复杂现实问题的必备品格和关键能力。原始物理问题正是由于其客观真实性、生态性、隐蔽性、迁移性和开放性等特点^[1],对学生物理学科核心素养具有重要价值。

作业作为学生经历时间最长的主要环节,是巩固学生知识和发展学生能力的重要环节,更是发展学生物理学科核心素养,促进学生全面、终身和可持续发展的关键环节。学生在独自面对原始物理问题作业时,往往表现出明显的畏难心理,无从下手。究其原因,是学生已经习惯了传统习题的模式化和程序化,缺乏良好的原始物理问题表征能力,特别是抽象表征、图像表征和赋值表征^[2],学生跳过了物理语言描述、物理模型建构和物理量估计的过程,并形成了一定的解题套路,对原始物理问题表现出了明显的不适应性。如果不加以改进,学生很容易失去对物理学习的兴趣和信心。

本文提出基于“层进式问题串”的作业设计策略,并以北京冬奥会上双人花样滑冰为例设计作业,以求帮助学生适应并乐于解决原始物理问题,为原始物理问题作业设计提供参考。

2 基于“层进式问题串”的原始物理问题

我国对原始物理问题的研究偏重于教学体会与经验总结、教学实践与教学法研究,其次是习题教学与试题研究、教学策略与教学模式研究^[3]。可以发现,帮助学生解决原始物理问题的研究集中在教学的过程,强调教师的引导作用,而当学生面对自主性更强的作业时,一般很难立即适应,往往需要一个循序渐进的过程。

为此,“层进式问题串”提供了一种范式,以顺应学生的认知发展规律。“层进式问题串”是指在一定的学习范围或主题内,围绕一定目标或某一中心问题,按照一定逻辑结构精心设计的一组有梯度的问题^[4]。它考虑了学生头脑中已有的物理知识、物理模型和思维方法,注重循序渐进的学习过程。将复杂的原始物理问题分解为学生都能够解决的问题串,能够展示思维加工的过程,以清晰的逻辑协助学生实现思维进阶,实现问题的解决和素养的提升。利用问题串教学一方面可以培养学生的自主学习能力,提高其学习效果,另一方面也提升了教师的教学效果。

3 原始物理问题作业设计的原则

3.1 源自生活 服务生活

杨振宁教授提出:“现象是物理学的根源。”物

作者简介:卢佳文(1998-),男,在读硕士研究生,研究方向为中学物理教学。

通讯作者:朱巧萍(1979-),女,副教授,研究方向为课程与教学论。

理的知识 and 思想方法皆在生活中产生,又归于生活,服务生活. 基于上述过程的作业设计应该达到如图1所示的目标,学生能在生活中提出原始物理问题,通过建构物理模型揭示物理规律,解决问题,同时还能将已有的模型应用于相似的物理问题,尝试创新模型揭示新规律,服务新生活,这是一个循环往复、螺旋上升的过程,符合可持续与终身发展理念.“层进式问题串”就是要学生不断调用已有的模型,不断解决相似的问题,丰富自己的模型库,从而在更复杂的问题中做到游刃有余.

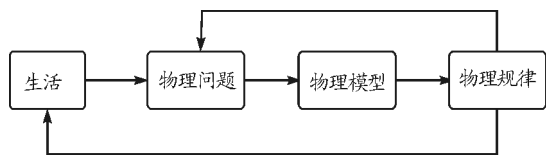


图1 原始物理问题作业设计的目标

原始物理问题作业设计还应积极引导学生在生活中、参与生活、改造生活,充分利用学生的好奇心和求知欲,从紧跟时代的生活话题入手,解决其心中的困惑,让学生感受到解决的每一个物理问题都是他们自己希望解决的问题. 培养学生能够用科学、客观的眼光看待和处理周围的事物,能够继续应对生活中更多的挑战和难题,具有社会责任感.

3.2 了解学生认知 关注传统习题

建构主义理论认为,学生在建构新的知识时,总是以其已有的知识经验为基础,主动地将新知识纳入到自己的认知体系当中,形成自己的认知结构. 它强调学生学习的主动性,提出学习的过程就是不断积累自己知识经验的过程. 面对每一个新的原始物理问题,学生总要提取已掌握的知识和方法,并在主动解决问题的过程中建构对各种原始物理问题的认知,从而不断积累问题解决的经验和技能.

学习是循序渐进的,想要学生学一节课就能着手解决复杂的原始物理问题是不实际的. 邢红军教授也提出:“物理教育应当以习题演练为基础,以原始问题解决为升华.”^[5] 从建构主义的观点来看,传统习题能够为学生提供在物理语言描述、物理模型素材、物理量估计和思维方法等方面的前认知,为解决原始物理问题奠定了基础. 原有知识经验构成了建模的“基本原料”,如果学生缺乏这些“基本原料”,

抽象思维就无法进行,物理建模也就无从谈起^[6]. “层进式问题串”的设置关注学生在传统习题中已获得的经验,通过引导性的问题串帮助学生建构熟悉的物理模型,必要时改进模型,使学生逐渐适应解决原始物理问题的思路和方法,实现问题解决能力的螺旋式提升.

4 作业设计 —— 以双人花样滑冰为例

2022年北京冬奥会成功举办,成为世界人民关注的大型体育赛事,每一项比赛的场地和运动背后都离不开物理的支持,涉及圆周运动、抛体运动和功关系等许多物理知识,是在作业设计中寻找原始物理问题的重要资源,同时能够充分调动学生的好奇心和解答兴趣. 下面笔者以一个项目设计原始物理问题和“层进式问题串”,做到围绕物理学科核心素养,融入课程思政,以物理观念为统领,原始物理问题为驱动,探究为主线,思维为手段,渗透科学态度与责任^[7].

【例题】2022年2月19日,北京冬奥会花样滑冰双人自由滑比赛在首都体育馆展开,最后登场的韩聪、隋文静组合顶住压力以155.47分的成绩位列第一夺得冠军. 观察两人的运动姿态,当男运动员拉着女运动员的手以男运动员为轴旋转时,请估计女运动员的旋转周期.

问题1:观察图2,思考研究对象是什么.

能把研究对象明确为女运动员的旋转,做到有的放矢.



图2 花样滑冰运动员的姿态

问题2:观察女运动员左脚的冰刀如何接触冰面,画出冰刀与冰面接触的微观示意图及冰面给冰刀的作用力示意图.

训练物理模型建构能力,能够抓住主要矛盾,知道运动员脚上的冰刀能够嵌入冰面,从而给运动员提供一个反作用力,将现实情境转换为图3的物理

模型.

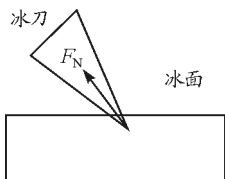


图3 冰刀受力示意图

问题 3:画出女运动员的受力示意图,此时运动员受到几个力的作用? 方向如何?

能进行如图 4 所示的受力分析,知道女运动员受到重力 mg 和冰面给的支持力 F_N 以及男运动员的拉力 F_T 等 3 个作用力,重力竖直向下,支持力与拉力视为同一方向,斜向上指向男运动员右手臂方向.

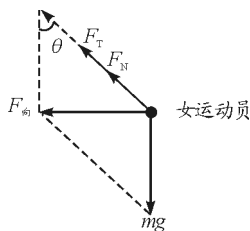


图4 女运动员受力示意图

问题 4:女运动员的旋转过程可以看作什么运动?

学会建立理想化模型,将旋转过程理想化为匀速圆周运动.

问题 5:结合女运动员的受力及其运动状态,可以简化为学过的什么物理模型?

能将女运动员看作质点 B ,把运动员互拉的手当作绳子 AB ,男运动员的肩膀当作固定点 A ,得到如图 5 所示的物理模型,这是在传统习题中常见的圆锥摆模型.

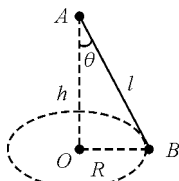


图5 花样滑冰旋转物理模型

问题 6:结合建立的物理模型,尝试用有关的物理量描述女运动员的运动.

锻炼物理表征能力,将女运动员的运动描述为:有一根长为 l 的绳子,质量和伸长可以不计,上端固

定,下端系一质量为 m 的质点,使其在水平面内做匀速圆周运动,固定点到圆周运动平面的竖直高度为 h ,旋转半径为 R ,绳子与竖直方向的夹角为 θ ,求质点旋转的周期 T .

问题 7:在这个旋转运动中,什么力提供了向心力? 根据受力分析列出向心力大小的公式.

理解向心力,会进行力的合成,如图 4 所示,知道女运动员的向心力由重力、拉力和支持力的合力提供,其大小为

$$F_{\text{向}} = mg \tan \theta = mg \frac{R}{h} \quad (1)$$

问题 8:向心力的大小与周期存在什么关系?

会运用匀速圆周运动的规律,推出

$$F_{\text{向}} = m\omega^2 R = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R = \frac{4\pi^2 mR}{T^2} \quad (2)$$

问题 9:根据列出的式子,可以得到女运动员旋转的周期是多少? 估计有关物理量的大小并计算运动周期.

能准确估计和计算有关的物理量,此时联立式(1)和(2),并假设男运动员肩膀到地面的竖直距离为 1 m ,可得

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$$

代入数据得

$$T = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{1}{9.8}} \text{ s} \approx 2.00 \text{ s}$$

问题 10:由以上分析,猜想影响女运动员旋转快慢的因素是什么?

会分析式(3),知道旋转周期只与固定点 A 到圆周运动平面的竖直高度 h 有关,即女运动员的旋转快慢与男运动员肩膀到地面的竖直高度有关.

问题 11:你会设计什么样的实验来验证猜想?

会设计相关的实验计划,使用恰当的实验仪器,通过实验操作获取需要的实验数据,会处理数据和分析误差,撰写简单的实验报告,能与同学进行小组合作和交流,经历科学探究的过程,发展科学思维,提高探究能力.以图 6 的实验装置为例,控制绳长、固定点到旋转平面高度和小球旋转的圈数不变,记录旋转所用的时间,实验表格设计如表 1 所示.实验完成后,计算实际周期的平均值,并与理论周期进

行比较,计算相对误差.若实际周期与理论周期误差较小,则可以认为女运动员的旋转快慢只与男运动员肩膀到地面的竖直高度有关.

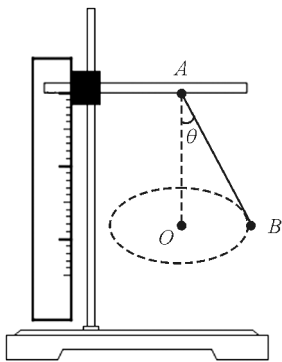


图6 实验装置图

表1 探究小球转动快慢的实验数据

实验序次	1	2	3	平均值
高度 h/cm				
圈数 n/r				—
时间 t/s				—
实际周期 T/s				
理论周期 T'/s				
相对误差				

问题 12: 在运动员美妙的舞姿下,你有什么感悟?

体会物理学之美,领悟到运动员美妙的舞姿下蕴含着丰富的物理学原理,指导着运动员的每一个动作,体会美与智慧的融合.同时学习运动员为国争光、顽强拼搏和团结协作的精神,不断做到精益求精.

中学生对事物的认识大多停留在表象上,由于缺少引导而很少主动去探究其中的为什么.同样,遇到没有引导性的原始物理问题,学生亦缺乏主动性.在该作业设计中,设计了一系列“层进式问题串”,强化了作业的引导性,降低了原始物理问题的解决难度,充分调动了学生运用已有的知识、方法和技能解决物理问题的积极性,增强了学生解决问题的信心.学生在作业练习中意识到美妙舞姿的背后就是自己所学的向心力知识,思路随着问题串,不断从对事物的感性认识推进到理性思维,学会思考,学会探究,学会用科学的眼光看待世界.最后,物理课

程思政元素的融入,赋予了该作业灵魂,实现了一次作业、多方培养的效果.

5 结束语

基于“层进式问题串”解决原始物理问题的作业设计让学生学会抓住问题的主要矛盾,将原始物理问题进行抽象和理想化,学会建构物理模型和作图分析,最终回归到传统习题的分析论证以解决问题,感悟物理在人们的日常生活和社会活动中的科学意义.能够激发学生理性思考,消除物理无用论的思想,培养用物理知识解决实际问题的兴趣和热情,从而使物理作业反作用于学生,完成立德树人根本任务,培养物理学科素养,拓宽学生的科学视野,发展学生的科学情怀.

原始物理问题作业设计应脱离传统习题的机械训练,避免问题舶来就用的习惯,而应以传统习题为基础,以紧跟时代的真实情境设置原始物理问题,根据学生已有的知识经验巧设“层进式问题串”,强化问题的引导性,确保原始物理问题作业的质量和有效实施.应当指出的是,该过程就像帮助学生搭建解决问题的脚手架,在适当的时候,应当逐渐撤去脚手架,减少问题,最终全部撤去,不断提高学生解决原始物理问题的能力.

参考文献

- [1] 王静,邢红军.论原始物理问题的特性及其教育功能[J].物理教师,2004(8):39-42.
- [2] 吴文真.高中生解决原始物理问题表征水平的研究[D].福州:福建师范大学,2017.
- [3] 臧富华,邢红军.原始物理问题教学研究回顾与展望——基于CiteSpace的分析[J].中学物理,2019,37(8):2-5.
- [4] 夏良英.探究“层进式问题串”教学模式,演绎高中物理活力课堂[J].物理教师,2018,39(8):18-20.
- [5] 邢红军.原始问题教学:物理教育改革的新视域[J].课程·教材·教法,2007(5):51-57.
- [6] 张永刚,朱巧萍.基于原始物理问题培养学科核心素养的教学模式探究——以高中物理光学为例[J].教学考试,2022(4):44-47.
- [7] 潘碧霞.基于原始问题的作业设计与物理学科核心素养的培养[J].中学物理,2020,38(2):24-26.