

科学思维视角下的物理情境化试题教学研究

蔡辉 吕黎洁

(广东实验中学 广东 广州 510375)

(收稿日期:2022-08-07)

摘要:中国高考评价体系的“四层”考查内容和“四翼”考查要求中提出要考查学生应对各种问题情境时的思维能力,以“情境”作为载体的试题是达成这个目标的重要手段.通过情境提炼、情境体验、情境展现、情境探究等教学方式探索旨在发展学生科学思维的情境化试题的教学策略.

关键词:科学思维;情境化;物理试题

2019年,《国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》出台,提出要积极探索基于情境、问题导向的互动式、启发式、探究式、体验式等课堂教学.《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》的教学建议第二条指出:在教学设计和教学实施中要重视情境的创设.创设情境进行教学,对培养学生的物理学科核心素养具有关键作用.物理学科核心素养是学科育人价值的集中体现,包含物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任4个方面,其中科学思维是物理学科核心素养的核心内容,包含模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素^[1].《中国高考评价体系》确立了符合考试评价规律的3个方面的关键能力群:第一方面是以认识世界为核心的知识能力获取能力群;第二方面是以解决实际问题为核心的实践操作能力群;第三方面是涵盖了各种关键思维能力的思维认知能力群.根据高考的特征,高考评价体系将这3个方面关键能力的发展水平作为主要考查内容,以区分学生综合能力水平的高低,引导基础教育对学生综合能力的培养^[2].因此,开展科学思维视角下的物理情境化试题的教学研究,是非常必要且具有重要现实意义的.

近几年各种以自然现象、生产生活和科技前沿为背景知识的情境化试题在全国各地高考中出现的频率越来越高,仅在2021年的广东省物理高考试题中情境化的试题占到了全部试题的70%.作为教

师,我们在平时教学应该注重情境化试题的训练和讲解,通过情境化试题的教学流程,如图1所示,让学生从“解题”向“解决问题”过渡^[3],这样在培养学生科学思维能力的同时也帮助学生适应新高考评价体系的要求.本文拟通过笔者自身的教学实践对情境化试题的教学过程进行分析研究.

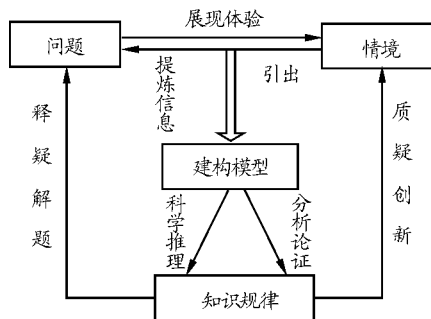


图1 教学流程

1 情境提炼 模型建构

情境化试题的难点在于形象描述的物(情境信息)与基于逻辑思维的理(物理规律)之间仿佛隔着一个“鸿沟”,从“具物化”的元认知阶段直接跃迁到“抽象化”的高阶思维,缺乏一定的过渡,所以寻找物与理直接的桥梁就变得至关重要^[4].这座桥梁的搭建一般要以情境中的问题为引导,情境信息的提炼为基石,信息的推理建模为框架,基于物理模型的知识与规律为最终落脚点,进而完成从物到理的跨越.下面以2021年高考全国甲卷物理第5题为例分析.

作者简介:蔡辉(1983-),男,中教高级,主要从事高中物理教学工作.

通讯作者:吕黎洁(1978-),男,中教高级,主要从事高中物理教学工作.

【例1】2021年2月,执行我国火星探测任务的“天问一号”探测器在成功实施3次近火制动后,进入运行周期约为 1.8×10^5 s的椭圆形停泊轨道,轨道与火星表面的最近距离约为 2.8×10^5 m.已知火星半径约为 3.4×10^6 m,火星表面处自由落体的加速度大小约为 3.7 m/s^2 ,则“天问一号”的停泊轨道与火星表面的最远距离约为()

- A. 6×10^5 m B. 6×10^6 m
C. 6×10^7 m D. 6×10^8 m

教师在本情境化试题中可以采用以下教学过程.

引出问题:该试题所考查到的物理知识和规律是什么?题目给出了哪些相关的物理信息?

提炼信息:从情境信息中可以确定本试题要考查的是行星做椭圆运动的规律和万有引力在天体运动中的应用.提炼出相关的物理信息如下.

(1) 探测器绕火星的运动信息,如近火点的轨道高度、运行周期;

(2) 被环绕的火星信息,如火星半径和表面的重力加速度.

推理建模:(1) 首先通过探测器绕火星的信息建立椭圆轨道模型如图2所示.

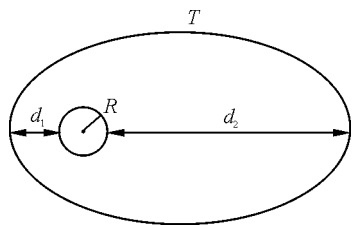


图2 椭圆轨道模型

(2) 探测器的椭圆轨道运动与火星表面的重力加速度和半径关联需要以火星为中心的圆轨道作为桥梁建立联系.

(3) 建立以火星为中心的周期为 T 的圆轨道模型,设此时的轨道半径为 r ,如图3所示.

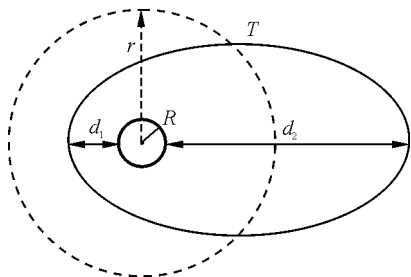


图3 圆轨道模型

物理规律:

(1) 椭圆模型:开普勒第三定律

$$\frac{\left(\frac{d_1 + d_2 + 2R}{2}\right)^3}{T^2} = K$$

(2) 圆轨道模型:万有引力定律

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

再结合

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

化简可得

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{gR^2}{4\pi^2} = K$$

在椭圆轨道和圆轨道模型中,由于被环绕的天体相同,故它们的 K 值相同

$$\frac{\left(\frac{d_1 + d_2 + 2R}{2}\right)^3}{T^2} = \frac{r^3}{T^2} = \frac{gR^2}{4\pi^2}$$

解得

$$d_2 \approx 6 \times 10^7 \text{ m}$$

通过这样的情境教学,将天体的“黄金代换”、圆轨道运动模型和椭圆轨道运动模型串联起来,加深学生对开普勒第三定律和万有引力定律的理解,又通过情境提炼过程培养学生获取信息、分析信息、建构模型和串联模型应用物理规律的科学思维.

2 情境体验 科学推理

情境化试题的优点在于试题中所描述的物理情境一般来源于生活,可以在生活中找到观察和体验的情境原型.在情境化试题的教学中对试题所描述的情境进行再现,让学生在“听、观、触、闻、思”的体验中经历发现问题、思考问题、探究规律和质疑拓展的思维过程.下面以动量守恒中的一道习题为例分析.

【例2】物理兴趣小组在研究竖直方向的碰撞问题时,将网球和篮球同时从某高度处自由释放,如图4所示,发现网球反弹的高度比单独释放时的高度高很多.若两球均为弹性球,释放时两球互相接触,且球心在同一竖直线,某同学将两球从离地高为 h 处自由落下,此高度远大于两球半径,已知网球质量为 m ,篮球质量为 $7m$,重力加速度为 g ,设所有碰撞均为弹性碰撞且只发生在竖直方向上.忽略空气阻

力,则下列说法正确的是()

- A. 两球下落过程中,网球对篮球有竖直向下的压力
- B. 篮球与网球相碰后,篮球的速度为零
- C. 落地弹起后,篮球上升的最大高度为 $\frac{h}{2}$
- D. 篮球从地面反弹与网球相碰后网球上升的最大高度为 $6.25h$

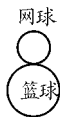


图4 网球和篮球下落的情境图

教师在本情境化试题中可以采用以下教学过程.

提出问题:一个小球在静止释放后,经过地面的反弹,如何使之上升的高度比原释放位置更高?

情境体验:让学生将一个网球和一个篮球叠放在一起,由静止释放,如图5所示,观察两个球的运动.



图5 网球和篮球叠放在一起下落体验的照片

引出问题:为什么这样的操作可以使网球上升的高度比原高度更高?在这个过程中两个球如何运动?如何作用?涉及到哪些物理规律?

探究推理:(1) 在忽略空气阻力后,两个球从初始高度自由下落,由于加速度相同,两个球之间没有相互作用力,在篮球落地时两球的速度相同;

(2) 在忽略碰撞能量损失后,篮球落地后以原速率反弹,与速度大小相同的网球发生弹性碰撞;

(3) 在忽略碰撞能量损失后,可以通过动量和能量的关系推出网球碰后的速度,进而得到网球上升的高度.

物理规律:过程1 机械能守恒

$$8mgh = \frac{1}{2} \cdot 8mv^2$$

过程2 动量守恒和能量守恒

$$7mv - mv = 7m_1v_1 + mv_2$$

$$\frac{1}{2} \cdot 7mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 =$$

$$\frac{1}{2} \cdot 7mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

过程3 机械能守恒

$$7mgh' = \frac{1}{2} \cdot 7mv_1^2 \quad mgh'' = \frac{1}{2}mv_2^2$$

解得

$$h' = 0.25h \quad h'' = 6.25h$$

质疑创新:网球上升到比原来高度更高的能量是如何获得的?如果将网球和篮球的位置对调将会出现怎样的情况?

通过这样的情境教学,既加深学生对两个物体在相互作用过程中动量守恒和能量守恒规律的理解,又能在情境体验中锻炼学生的观察力、实践动手能力,提升分析推理和质疑创新的科学思维.

3 情境展现 科学论证

情境化试题的亮点在于通过情境素材对试题情境进行展现,引导学生交流,帮助学生提炼模型,利用所学物理知识去解释其中的规律,通过科学论证加深对理论知识的应用,提升学生的科学推理能力.库恩认为,可以将学生活动指导的认知过程看作内隐的论证过程,因此“论证”提供了一条能够将内隐思维策略外显化的有效途径,可以促进学生更高层次思维能力的发展^[5].下面以圆周运动中一道习题为例分析.

【例3】在电影《星际穿越》中,宇航员处于零重力状态.在航行中通过使飞船旋转来缓解这种状态带来的不适,如图6所示,当飞船绕其轴线匀速旋转时,宇航员站在旋转舱内侧壁上,可以受到与他站在地球表面时相同大小的支持力.为达到上述目的,下列说法正确的是()

- A. 转动的角速度的大小取决于宇航员的质量
- B. 转动的角速度的大小取决于飞船侧壁到轴线的距离
- C. 宇航员之所以能站在内壁上,是因为受到了离心力

D. 宇航员站在旋转舱内侧壁上时受力平衡

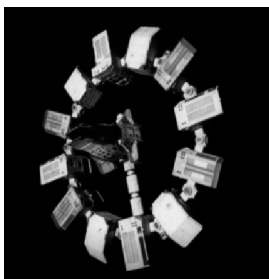


图6 《星际穿越》中飞船旋转的图片

教师在本情境化试题中可以采用以下教学过程.

引出问题:为什么通过飞船的自旋能模拟地球上的重力环境?

情境展现:播放电影《星际穿越》片段,重现宇航员从完全失重状态到固定在座椅上、通过反冲装置喷气使飞行器旋转、宇航员从眩晕到逐渐适应的过程,了解如何模拟出地球重力环境的过程.

模型建构:宇航员随飞行器一起旋转的向心力从何而来?来自于飞行舱地板对宇航员的支持力,即 $F_N = m\omega^2 r$,这与人在地球表面上受到地板的支持力的感觉相类似,以此来模拟重力.只要设计和调整适当的半径和角速度,使其 $m\omega^2 r = mg$,即可实现模拟地球重力环境的目的.

科学论证:在星际穿越中,永恒号环形母舰转速为 5 r/min,以在外围舱中产生 $1g$ 的加速度.根据公式 $T = \frac{t}{n}$ 得出周期 $T = 12$ s,通过 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 算出角速度 $\omega = \frac{\pi}{6}$ rad/s.设永恒号自转轴到外舱地板的距离为 r ,倘若要在外舱形成 $1g$ 的重力加速度,则应满足 $\omega^2 r = g$,可以得出该航天器的半径约为 35.75 m.这个半径相当于十几层楼的高度,也就意味着直径有二十几层摩天大楼的高度,这在现阶段是不可能实现的事情.

通过这样的情境教学,既让学生对圆周运动的知识规律有了更清晰的认识和理解,又能在情境展现中提升学生的综合应用、分析论证和创造设计的科学思维.

通过这样的情境教学,既让学生对圆周运动的知识规律有了更清晰的认识和理解,又能在情境展现中提升学生的综合应用、分析论证和创造设计的科学思维.

4 情境探究 质疑创新

情境化试题的创新点在于,虽然情境试题所描述的物理情境有些理想化,但是教师可以利用这类

试题,鼓励学生利用现有的仪器建构试题中的情境,对实际情况进行探究,并基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解,在加深对知识规律理解应用的同时,提升高阶的科学思维.下面以电磁感应中的一道习题为例分析.

【例4】在如图7所示的电路中, L 是一个自感系数很大、直流电阻为 R 的线圈, D_1 和 D_2 是两个完全相同的灯泡, E 是内阻不计的电源.在 $t=0$ 时刻,闭合开关 S ,电路稳定后在 t_1 时刻断开开关 S .规定以电路稳定时流过 D_1 、 D_2 的电流方向为正方向,分别用 i_1 、 i_2 表示流过 D_1 、 D_2 的电流,则下列图像中能定性描述电流随时间变化关系的是()

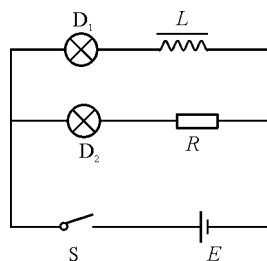
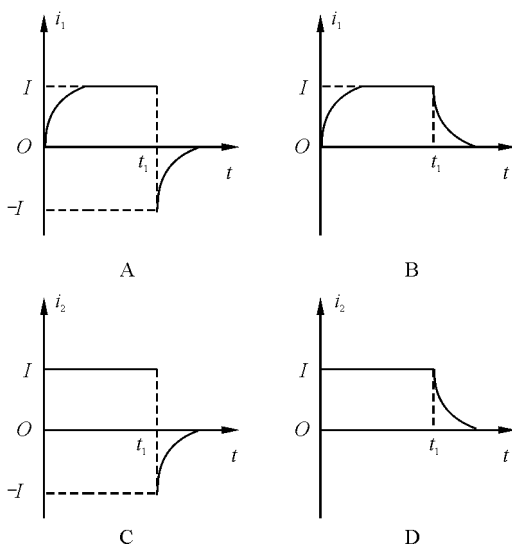


图7 例4题图

教师在本情境化试题中可以采用以下教学过程.

引出问题:通过对自感规律的分析应用,我们可以选出此题的答案为选项 B 和 C,但是在实际的电路中,电流的变化情况真的是这样吗?

情境建构:按电路图(图8)连接恒压输出电源、电感线圈 L (电阻为 2.2Ω)、电阻箱 R (电阻调为 2.2Ω)、2只相同小灯泡、3个电流传感器,构建电路实物图如图9所示.

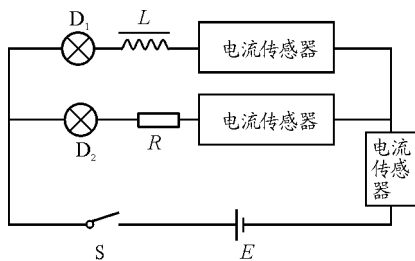


图8 自感现象电路图

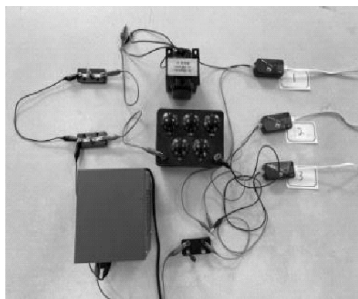


图9 自感现象实物图

事实证据:3个电流传感器中的电流变化如图10所示.在闭合开关时,电感线圈支路的电流 i_1 达到稳定的时间要比电阻支路的电流 i_2 达到稳定的时间延迟.在稳定时,两个支路电流之和等于干路电流 i_3 .在断开开关时,干路电流 i_3 先减小到零, i_2 反向和 i_1 同时减到零.但无论是闭合开关还是断开开关时, i_1 和 i_2 的变化并不是平滑的曲线,类似折线图.另外在闭合开关后观察,无论 i_1 、 i_2 还是干路电流 i_3 ,都出现了先增大再减小的现象.

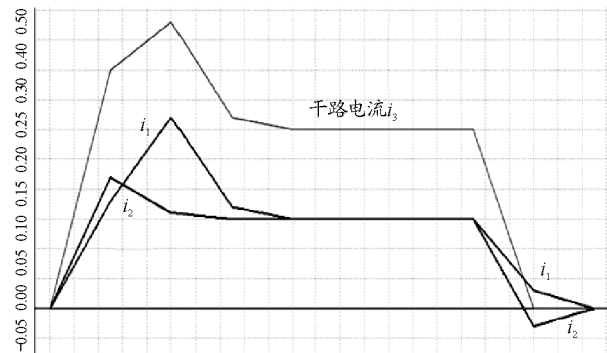


图10 $i-t$ 关系示意图

推理质疑:在通电和断电过程中,小灯泡的电阻都在发生显著的变化,所以导致电流未按曲线变化.由于冷、热电阻的变化较大,所以在小灯泡发光时,电阻增加会造成支路和干路电流减小.

检验修正:(1)通过多用电表测量小灯泡的冷电阻约为 $8\ \Omega$,利用伏安法测量小灯泡在电路发光后的电阻约为 $38\ \Omega$,电阻变化很大.

(2)在电路中移除小灯泡 D_1 和 D_2 ,将恒压输出电源、电感线圈 L (电阻为 $2.2\ \Omega$)、电阻箱 R (电阻调为 $2.2\ \Omega$)、3个电流传感器构建电路,如图11所示.

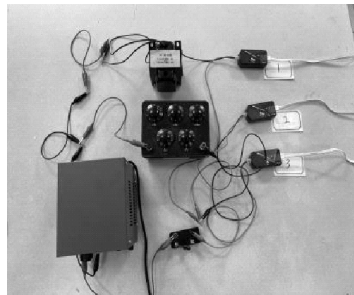


图11 移除小灯泡后的自感现象实物图

事实证据:3个电流传感器中的电流变化如图12所示.相对于移除灯泡前的图10,在开关闭合和断开时,电流的变化更接近曲线,在闭合时电流 i_1 的延缓现象更加显著.这个证据表明灯泡电阻变化对于电流变化影响的推理质疑是正确的.然而在闭合开关时, i_2 在上升后仍然出现下降的现象,这又是什么原因造成的?

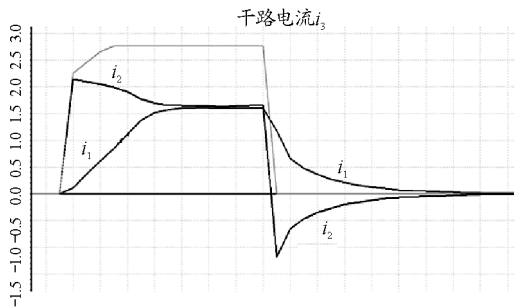


图12 移除小灯泡后的 $i-t$ 关系示意图

推理创新:线圈支路稳定后,对电流的阻碍作用减小,使并联电路两端的电压下降,导致电阻支路的 i_2 在达到稳定前出现下降.可以在电阻两端并联电压传感器验证电压的变化,电路图和实物图分别如图13和图14所示.观察电阻两端电压 u 和通过的电流 i_2 的变化,如图15所示.

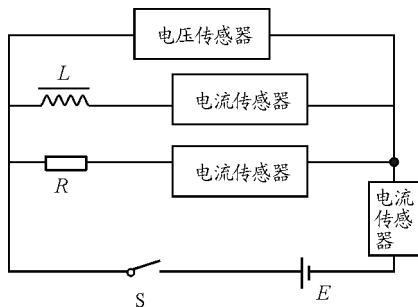


图13 增加电压传感器后的自感现象电路图

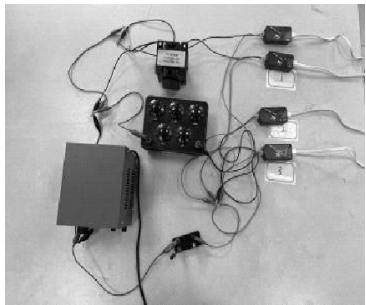
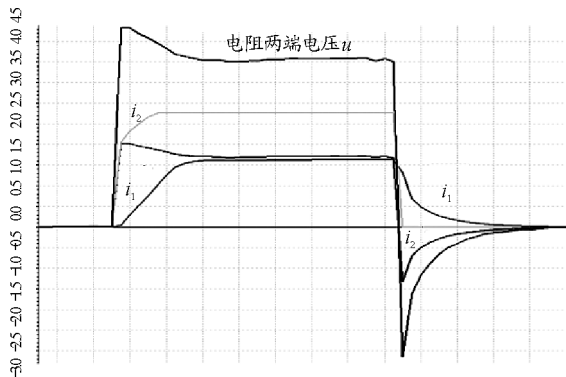


图14 增加电压传感器后的自感现象实物图

图15 $u-t$ 和 $i-t$ 关系示意图

思考讨论:电阻两端电压的下降从另一个角度说明稳压电源和并联部分之间的电阻对于电流的变化影响不能忽略。根据图15中的电流和电压变化,如何求出稳压电源和并联部分之间的电阻?

通过这样的情境教学,既深化拓展了学生对电磁感应和闭合电路欧姆定律的理解与应用,又在情境探究中锻炼了学生的观察力、实验操作能力,培养

了实验探究、分析推理和质疑创新的科学思维。

“从生活走向物理,从物理走向社会”是物理课程的理念,情境化试题将原本枯燥的、机械化套用公式的解题过程转变为从情境中发现问题,再解决情境中的问题,立足于全面考查学生的物理学科素养。在新高考评价体系下,试题情境的设置会越来越多,情境的素材也会越来越丰富。因此,在物理教学实践中,我们要减少让学生机械地套用物理公式,死记硬背规律结论,要多研究情境化试题的教学方法和技巧,注重培养学生的科学思维,提升将知识规律应用于解决实际问题的意识,从而实现学生学科素养的有效培育。

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2020年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020:1-89.
- [2] 中华人民共和国教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京:人民教育出版社,2019.
- [3] 罗培雄,陈森林. 基于情境为载体的高中物理试题研究[J]. 考试周刊,2020(71):127-128.
- [4] 谷海跃,耿宜宏,吴钦. 基于学生科学思维培养的物理规律教学探索——以“交变电流”一课为例[J]. 物理教师,2021(8):21-24.
- [5] 张艳香,魏昕. 促进学生物理论证能力发展的策略研究[J]. 课程·教材·教法,2016,36(3):122.

Research on Contextualized Physics Exam Teaching from the Perspective of Scientific Thinking

CAI Hui LYU Lijie

(Guangdong Experimental High School, Guangzhou, Guangdong 510375)

Abstract: The “four layer” examination content and “four wing” examination requirements of the Chinese college entrance examination evaluation system propose to examine students’ thinking ability when dealing with various question situations. The test questions using “situation” as the carrier are important means to achieve this goal. This article explores teaching strategies for contextualized test questions aimed at developing students’ scientific thinking through teaching methods such as scenario extraction, scenario experience, scenario presentation, and scenario exploration.

Key words: scientific thinking; contextualization; physics test questions