

从原始问题走向物理习题的实践探究

——科学思维视角下的“单杆+双轨”模型

邹韩仕

(汕头市澄海苏北中学 广东 汕头 515829)

(收稿日期:2019-02-17)

摘要:将原始问题转化为物理习题,或将物理习题还原为原始问题,有利于培养学生的科学思维.模型建构是原始问题走向物理习题的重要桥梁.以电磁感应中“单杆+双轨”模型为载体,分析“单杆+双轨”模型中的原始问题“电磁炮”,从4个角度探讨从原始问题走向物理习题过程的模型建构,并让学生感悟将原始问题转换为物理习题的两种呈现形式,逐步提升学生的科学思维.

关键词:原始问题 物理习题 科学思维 “单杆+双轨”模型 模型建构

1 问题的提出

原始问题,是指自然界与社会生活中客观存在,未经出题者越俎代庖式加工的典型物理问题,它只是对现象进行了描述,保持着现实生活中物理情景的“原汁原味”.与原始物理问题对应的是习题,习题则是经过编制者简化、抽象等处理并在设定的条件、范围内的半成品作业^[1].原始问题与物理习题的关系如图1所示.

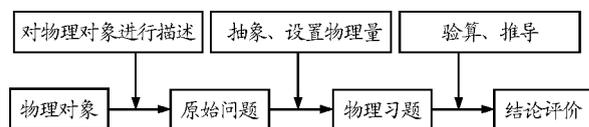


图1 原始问题与物理习题的关系

作为物理学科核心素养的“科学思维”,是从物理学视角对客观事物的本质属性、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^[2].模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新是构成科学思维的4个要素.将原始问题转化为物理习题,或将物理习题还原为原始问题,有利于培养学生的科学思维.下面以电磁感应中“单杆+双轨”模型为例,从科学思维视角探讨如何从原始问题走向物理习题.

2 “单杆+双轨”模型中的原始问题

电磁炮是未来战争的新型武器之一,它是一项高新科技,是一种高速抛射弹体的装置.它主要用来拦截和轰击高速飞行的飞机、导弹、运载火箭等,也可用来发射卫星以及其他航天器.轨道式电磁炮发射装置是由两根平行的金属轨道和一个发射物组成,其实物如图2所示.发射物(如炮弹)是导体,它与两根轨道接触,可在轨道上自由滑行,电流从一根轨道流经待发射物再流向另一根轨道.这样两根载流轨道在周围产生磁场并与载流发射物相互作用,产生电磁力来推动发射物.电流越大,产生的电磁力越大,得到的加速度就越大,从而使发射物高速飞射出去.另外,轨道也可用多级来连接,以增大出口的速度.试结合有关的物理知识设置并估计相应物理量,如发射物(炮弹等)的速度.



图2 轨道式电磁炮发射装置实物图

3 在原始问题中建构“单杆+双轨”模型

教师在课堂上抛出“电磁炮”这样一个原始问

题时,学生非常困惑,其思维的障碍在于:这个问题怎么连一个具体数字都没有?学生由于受传统学习思维惯性的影响,已经习惯于平常的习题中已知量都是明确给出的.而在这个原始的物理问题中,学生找不到现成的物理模型,也没有类似的题型作为借鉴,需要自己通过多方面的分析推理,选择有用信息抽离出物理模型,设定和估计解题所需的各个物理量,最后选取公式、推导演算,才能得出答案.图3为

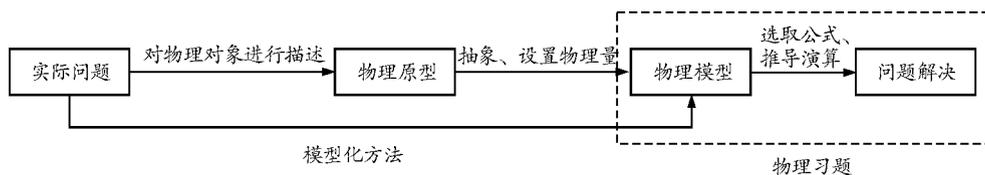


图3 原始问题解决的基本流程

这3个过程,思维是螺旋式上升的,可以看出,从原始问题走向物理习题,关键的步骤在于建构物理模型.模型建构作为一种认识手段和思维方式,是根据研究问题和情境,在对客观事物进行抽象和概括的基础上构建易于研究的、能反映事物本质特征和共同属性的理想模型、理想过程、理想实验和物理概念的过程.建构模型有助于帮助学生抓住事物的关键要素,加深对概念、过程和系统的理解,形成系统思维^[4].

由于长期以来学生接受的是习题训练,对原始问题的解答找不到切入点,寻不到解题思路.在原始问题教学的初始阶段,教师引领学生经历其解答过程,引导其建构物理模型,给予适当的指导帮助是必要的.可从以下4个方面切入.

3.1 适时显现研究问题的一般方法促使形成逻辑思维

科学研究的过程是一个沿着一定的思维路径不断向前探索的过程.聚焦到高中物理中,有这样一条围绕“力与运动”关系的研究问题的一般思维路径:确定受力对象(研究对象)→受力分析(关注力学量、电学量)→研究力与运动的关系→研究功能关系,这样的分析推理路径需要教师在教学中适时显现,以帮助学生形成逻辑思维.

3.2 展开小组学习讨论激活思维

这个过程中教师通过提供电磁炮的相关背景资料(文字、视频、图片等)供学生阅读(也可提醒学生上网自行查阅资料或一些相关参数),引导学生在阅读材料的过程中分小组讨论,大胆提出自己的见解

原始问题解决的基本流程图.由该图可以看出,一个物理问题的解决大致需要经历3个过程:第1步,发掘现象中蕴藏的信息,并用物理学的语言进行描述,即认识问题;第2步,丢弃跟问题无关的次要信息,通过简化、抽象、设置物理量后转化为物理模型,即物理建模;第3步,基于物理模型选择合适的物理定律、公式,利用数学工具经推导演算得出最终结果,即推导演算^[3].

和主张.学生分析、讨论、争辩问题的过程就是一个思维不断冲突、碰撞的过程,也是一个不断提出创造性见解和解决问题的过程,这有利于培养学生质疑、批判和创造的能力,激活思维.

3.3 启发提出“问题串”逐步推进思维进阶

提出问题的过程本身就是一个科学探究的过程.学生在讨论问题的过程中思维逐步明晰起来,教师可启发学生围绕“力与运动”关系的思维路径,提出以下6个阶梯性问题,促使思维进阶.

问题1:研究对象(炮弹)的形状怎样?能否简化?

问题2:电磁炮的关键在于如何发射,其动力来源在哪里?

问题3:磁场从哪里来?(从轨道的电流中产生)电流周围的磁场是否变化?

问题4:导体运动过程除电磁力外,还受哪些力作用?

问题5:导体运动过程中是否会产生电动势?对电流会产生什么影响?

问题6:从能量转化的角度分析,导体在运动中能量是如何转化的?

3.4 任务驱动下激发科学思维方法运用

为了解决上面提出的一系列问题,学生在小组讨论的基础上,教师进而启发引导:科学家在解决问题的时候,经常运用理想化等效处理的科学思维方法对一些问题进行简化,忽略次要因素,突出事物本质特征,逐步抽象出物理模型,我们也可加以尝试.通过显化、运用物理思想方法,进一步培养学生的科

学思维.具体可进行以下5次等效处理:

第1次等效处理:将炮弹视为长方形导体或滑块,进而等效为金属杆或金属棒(这是在研究物体运动时一种常用的等效方法);

第2次等效处理:由于炮弹的长度较小,可将炮弹所处区域磁场简化为匀强磁场,从而忽略磁场的变化;

第3次等效处理:将平行金属导轨由斜面理想化为沿水平方向固定,忽略重力在金属导轨方向上的分力;

第4次等效处理:将炮弹视为可沿导轨无摩擦滑行,从而忽略摩擦力;

第5次等效处理:导体运动过程会产生反电动势,对原电流造成削弱的作用,但由于电源提供的电流极大,导体运动过程产生的反电动势比电源电动势小得多,可以忽略不计.

经过以上5次理想化等效处理,就得到了一个处在匀强磁场中水平导轨上运动的“单杆+双轨”模型(电动型).(如图4:电磁炮问题的3次抽象)

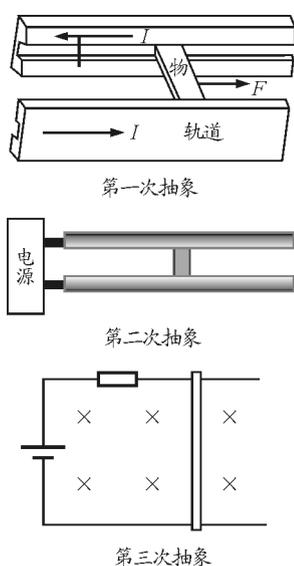


图4 电磁炮问题的3次抽象

需要指出的是,学生在经过一定数量的原始问题的训练后,教师应该逐渐放手,给学生独立思考解决问题的机会,这样学生才能渐渐地凭直觉去探索正确的解决途径,创造性地解决问题.

4 让学生感悟将原始问题转换为物理习题的两种呈现形式

从原始问题走向物理习题,可在习题、原始问

题中互相转换.教师可通过将书本中的习题进行略微改编,如弱化问题条件,使问题的条件多余或不足,或改变问题的设问方式,使问题没有明确的指向,等等,就将习题转换成了原始问题.如果在原始问题教学中发现学生跟不上教师的节奏,无法依靠自身能力独立完成解题,则又可通过将原始问题还原成习题以作为铺垫引导,通过习题这个桥梁来实现难度较大的原始问题的解决^[3].

这样,通过从原始问题到习题和从习题到背后的原始问题的转换教学,不仅让学生在逆向思维过程中巩固了理论知识,训练了各种思维(尤其是非线性思维)的能力,更能让学生从这种转换中了解到物理与实际生活的联系,增强学生运用物理知识至现实情境的意识^[3].

4.1 设置参数以定性或半定量形式呈现

【例1】电磁轨道炮原理如图5所示.炮弹(可视为长方形导体)与两固定平行轨道保持良好接触且可在平行于轨道方向上自由移动.开始时炮弹在导轨的一端,通以电流后炮弹会被磁力加速,最后从位于导轨另一端的出口高速射出.设两导轨之间的距离为 d ,导轨长为 L ,炮弹质量为 m ,导轨上电流 I 的方向如图中箭头所示.已知轨道上的电流可在炮弹处形成垂直于轨道面的磁场(可视为匀强磁场).磁感应强度的大小与 I 成正比.忽略摩擦力与重力的影响.现欲使炮弹的出射速度增加至原来的2倍.理论上可采用的方法是()

- A. 只将轨道长度 L 变为原来的2倍
- B. 只将电流 I 增加至原来的2倍
- C. 只将炮弹质量 m 减至原来的一半
- D. 将炮弹质量 m 减至原来的一半,轨道长度 L 变为原来的2倍,其他量不变

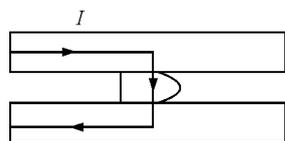


图5 电磁轨道炮原理示意图

答案:B,D.

4.2 设置参数以定量形式呈现

【例2】“电磁炮”是利用电磁力对弹体加速的新型武器,具有速度快,效率高等优点.如图6是“电磁炮”的原理结构示意图.光滑水平加速导轨电阻不

计,轨道宽 $L=0.2\text{ m}$. 在导轨间有竖直向上的匀强磁场,磁感应强度 $B=1\times 10^2\text{ T}$. “电磁炮”弹体总质量 $m=0.2\text{ kg}$,其中弹体在轨道间的电阻 $R=0.4\ \Omega$. 可控电源的内阻 $r=0.6\ \Omega$,电源的电压能自行调节,以保证“电磁炮”匀加速发射. 在某次试验发射时,电源为加速弹体提供的电流是 $I=4\times 10^3\text{ A}$,不计空气阻力. 求:

- (1) 弹体所受安培力大小;
- (2) 弹体从静止加速到 4 km/s ,轨道至少要有多长?
- (3) 弹体从静止加速到 4 km/s 过程中,该系统消耗的总能量;
- (4) 请说明电源的电压如何自行调节,以保证“电磁炮”匀加速发射.

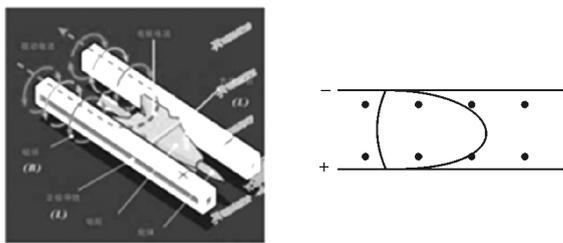


图6 电磁炮原理结构示意图

解析:(1) 炮弹受到的安培力为

$$F = BIL$$

解得

$$F = 8 \times 10^4\text{ N}$$

(2) 由动能定理

$$Fx = \frac{1}{2}mv^2$$

可得轨道至少要 $x = 20\text{ m}$

(3) 又

$$F = ma \quad v = at$$

得

$$t = 0.01\text{ s}$$

发射过程产生的热量

$$Q = I^2(R + r)t$$

弹体的动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

故系统消耗的总能量为

$$E = E_k + Q = 1.76 \times 10^6\text{ J}$$

(4) 由于弹体的速度增大,弹体切割磁感线产生感应电动势,电源的电压应增大,抵消产生的感应

电动势,以保证电源为加速弹体提供恒定的电流,使“电磁炮”匀加速发射.

上面两种物理习题的呈现形式,第二种设置参数更接近真实问题的原型. 物理习题的解答是原始物理问题解决过程的一个环节,习题解答思路对相应的原始问题的解决有启发作用. 在学生习惯于习题解答,而对原始问题感到陌生的情况下,对某一知识点的应用,可先进行习题训练,在学生对某类问题的解答积累了经验,形成明确的解题思路的基础上,再提交相应的原始问题,这样有利于学生逐步运用分析综合、推理论证的思维方法,不断提高解答原始物理问题的能力. 学生在这些问题的分析处理过程中,经历物理建模、推理论证和理论计算等科学思维过程,并将力与运动的关系、力学量、电学量、功能关系、牛顿运动定律、能量和动量、运动学知识、电磁学基本原理等高中物理主干知识不断渗透应用于“单杆+双轨”模型中,逐步经历较高层次的思维活动,逐步体验运用物理思想、观点和方法解决问题,从而促使科学思维这一核心素养的有效提升.

5 结束语

著名物理学家杨振宁曾有过精辟的分析:“很多学生在物理学习中形成一种印象,以为物理学就是一些演算. 演算是物理学的一部分,但不是最重要的部分,物理学最重要的部分是与现象有关的. 绝大部分物理学是从现象中来的,现象是物理学的根源”^[5]. 物理教学要从原始问题出发,将原始问题与物理习题有机结合,以现象为导向,以模型为载体,引导学生从生活走向物理,又从物理回归到生活,培养学生提炼模型,分析问题,总结规律的能力,发展科学思维.

参考文献

- 1 邢红军,陈清梅. 从习题到原始问题:科学教育方式的重要变革. 课程·教材·教法,2006(1):56
- 2 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版). 北京:人民教育出版社,2018. 4
- 3 朱玉成,刘茂军,肖利. 物理课堂引入原始问题的可行性分析与策略初探. 物理教师,2013(3):4,6
- 4 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读. 北京:高等教育出版社,2018. 54
- 5 杨振宁. 杨振宁文集. 上海:华东师范大学出版社,1998. 469,839