

构建实施科学论证教学模式 培养学生科学论证核心素养

黄国龙

(宁波市镇海中学 浙江 宁波 315200)

(收稿日期:2019-09-23)

摘要:首先,根据科学论证的一般性结合学生认知水平和物理教学特点,构建科学论证教学模式;其次,提出有效实施科学论证教学模式的策略;最后,探索实施科学论证教学模式培养学生科学论证核心素养的途径。

关键词:科学论证 科学论证教学模式 科学论证核心素养

1 科学论证教学模式的构建

科学论证是科学共同体围绕同一论题,收集证据并运用一定的论证方法解释、评价自己及他人的观点,促进思维的交锋,最终达成双方可接受结论的科学活动^[1]。不同的学者提出不同的论证模式,其中以图尔敏最具有代表性,图尔敏论证模型包含有6个因素(主张、资料、根据、支援、限定、反驳等6个因素)。科学论证是新课标物理科学思维核心素养的重要组成部分。笔者认为,应根据科学论证模式的一般性结合物理教学实际和学生的认知水平,构建实施适合物理教学实际的科学论证教学模式来有效培养学生科学论证核心素养。

科学论证教学模式的教学流程如图1所示。

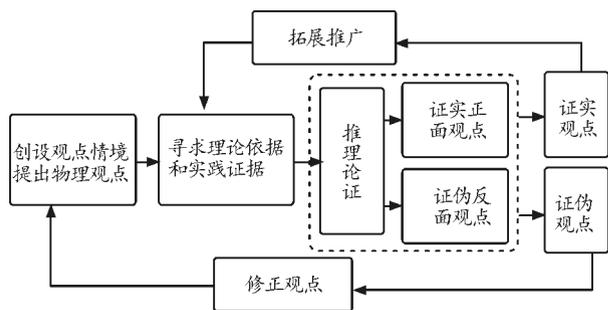


图1 科学论证教学模式流程图

其特点是:以科学探究教学理论和图尔敏科学论证模型为指导,以培养学生科学论证核心素养为目标,构建出由提出物理观点、寻求论证证据、实施推理论证、证实(证伪)正面(反面)物理观点、拓展推广、修改物理观点等5个环节组成的教学程序。该教学模式中,既渗透了一般性科学论证模型中的相关要素,又符合学生认知水平,具有物理教学特征,

不仅可操作性强,而且有较广的应用领域,能有效地培养学生科学论证核心素养。

2 有效实施科学论证教学模式策略分析

(1) 创设基于物理观点的教学情境,提出物理观点

提出物理观点是科学论证的起点。科学论证教学中物理观点表现为对某一物理问题作出的科学判断、科学猜想、科学解释、科学预测等。物理科学论证教学中学生的物理观点是在具体教学情境中提出的,基于物理观点的教学情境是由一些知识性、实践性、哲理性知识、策略和方法组成的,可以从实践(实验、自然、生活、生产等)和理论(知识、方法、哲学等)两个角度创设教学情境,是启发引导学生提出物理观点的有效策略。

(2) 寻求论证物理观点的理论依据和实践证据
科学证据是论证和反驳某一物理观点的重要环节。科学证据既可以是实践性(实验、自然现象等)的,也可以是理论性的(已知的一般性物理原理、模型、知识和方法)。寻求实践性的证据时,要求引导学生根据提出物理观点设计物理实验来获取实验数据和相关信息,寻求理论性证据时,要求引导学生检索上位性的物理理论和方法(例如,能量守恒理论、某一正确的理论、某一正确的方法等)。

(3) 实施推理过程,证实(证伪)物理观点
证实(证伪)物理观点就是在收集一定证据的基础上,运用相应的论证方法进行推理来分析证实原有正面物理观点,证伪原有反面物理观点。它是科学论证中最核心、最关键的环节。对于通过实验方法

获取的证据(往往以实验数据方式呈现),运用实验数据分析方法(例如,比值归纳法、图像方法、线性化方法、外推方法、图像相交方法等)进行推理来证实正面观点,证伪反面观点;对于一些理论性证据,需要通过构建物理模型,运用原有一般性物理理论和方法进行推理来证实原有正面观点,证伪反面观点.

(4) 修正原有物理观点,提出新的物理观点

考虑到学生提出物理观点需要有一个从错误到正确,从片面到全面的探究过程.若推理论证证伪学生提出物理观点,则需要引导学生修正原有物理观点,提出新的物理观点,进行新的科学论证过程.

(5) 拓展推广新的情境,实施新的推理论证

为了减小推理论证难度,促进学生思维连续展开,推理论证的实验证据和理论证据及物理情境起点可以比较特殊和简单.若推理论证证实原有物理观点,则需要对证据和物理情境进行拓展,从特殊到一般,从简单到复杂,寻求更加一般的复杂证据,进行新的推理论证,在科学论证原有正面物理观点、证伪原有反面物理观点的同时,有效培养学生科学论证核心素养.

3 实施科学论证教学模式培养学生科学论证核心素养途径探索

3.1 在新课教学中实施科学论证教学模式 培养学生科学论证核心素养

教学案例 1:机械能守恒定律的科学论证教学

(1) 创设动能和势能相互转化情境,提出机械能转化和守恒观点.

情景 1:不计阻力小球从某高度下落,重力势能转化为动能;小球上升过程中,动能转化为重力势能.

情景 2:如图 2 所示,小球在光滑斜面上下滑过程中,重力势能变小,动能变大;小球上升过程中,重力势能变大,动能变小.

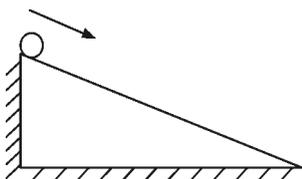


图 2 小球在光滑斜面上运动

提出探究问题:情景 1 和情景 2 中小球动能与

重力势能在转化过程中机械能是否守恒?

机械能守恒观点 1:学生提出小球动能和重力势能转化过程中机械能守恒观点.

(2) 建立理想模型,寻求科学论证机械能守恒观点的证据

实践证据 1:为了促使学生自主论证,从简单到复杂,首先选择自由落体运动模型、光滑斜面模型作为论证实践证据.

理论证据 1:引导学生寻求论证的理论证据(动能定理、机械能、牛顿第二定律、匀变速运动知识).

(3) 推理论证机械能守恒观点

推理论证 1:根据动能定理得物体下落 h 过程中动能增量为

$$W_{\text{合}} = \Delta E_k = mgh$$

重力势能增量为

$$\Delta E_p = -mgh$$

$$\Delta E_{\text{机}} = \Delta E_k + \Delta E_p = 0$$

物体机械能守恒.

推理论证 2:根据动能定理得物体向下运动 s 过程中动能增量为

$$W_{\text{合}} = \Delta E_k = mgs \sin \theta$$

重力势能增量为

$$\Delta E_p = -mgs \sin \theta$$

$$\Delta E_{\text{机}} = \Delta E_k + \Delta E_p = 0$$

物体机械能守恒.

(4) 拓展推广,寻求反面证伪证据

实践证据 2:为了揭示机械能守恒的条件,教学中拓展论证领域,探究小球在阻力为 f 的斜面上由静止向下运动的情境,作为反面证伪实践证据.

理论证据 2:动能定理,力的合成,牛顿第二定律,匀变速运动知识.

(5) 理论论证,证伪原有守恒观点

推理论证 3:学生运用动能定理等知识进行推理:物体向下运动 s 过程中动能增量为

$$W_{\text{合}} = \Delta E_k = (mg \sin \theta - f)s$$

重力势能增量为

$$\Delta E_p = -mgs \sin \theta$$

$$\Delta E_{\text{机}} = \Delta E_k + \Delta E_p = -fs$$

物体下滑过程中机械能减小,不守恒,从而证伪原有观点.

(6) 修正原有守恒观点,提出新的守恒观点

机械能守恒观点 2:教师引导学生分析比较 3 种理论论证因果关系,对原有守恒观点进行修正,提出新的守恒观点:物体若受重力做功,机械能守恒.揭示了物体机械能守恒的条件.

(7) 拓展推广,寻求更加一般论证证据

为了得出更加一般情形机械能守恒观点,教师拓展探究情境,寻求更一般机械能守恒的证据.

实践证据 3:如图 3 所示,质量为 m 的小球悬挂于劲度系数为 k 的轻质弹簧下端,空气阻力不计.在弹力和重力作用下振动.

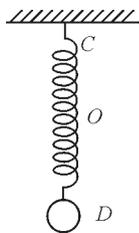


图 3 教学案例 1 实践证据 3 图

实践证据 4:如图 4 所示,质量为 m 的小球用轻质细线悬挂于 O 点,不计空气阻力.小球从距离最低点 Q 高度 h 的 P 点由静止运动.用刻度尺测量 h ,用光电门测量小球在 Q 点速率 v .实验数据如表 1 所示.

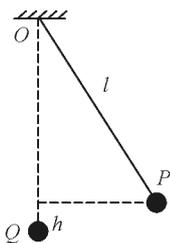


图 4 教学案例 1 实践证据 4 图

表 1 实践证据 4 实验数据

h/m	0.292	0.252	0.213	0.163	0.100
$v/(m \cdot s^{-1})$	2.40	2.23	2.05	1.80	1.41
$\frac{v^2}{2}/(m^2 \cdot s^{-2})$	2.88	2.49	2.10	1.62	0.99

理论证据 3:动能定理,重力(弹力)做功与重力势能(弹性势能)变化关系.

(8) 运用功能关系和实验方法,科学论证一般情形机械能守恒观点

推理论证 4:引导学生根据功能关系论证机械能守恒观点.根据动能定理,小球在某一过程中动能增量为

$$W_{\text{合}} = W_G + W_{\text{弹}} = \Delta E_k$$

结合 $W_G = -\Delta E_G, W_{\text{弹}} = -\Delta E_{\text{弹}}$,得

$$-\Delta E_G - \Delta E_{\text{弹}} = \Delta E_k, \text{即}$$

$$\Delta E_{\text{机}} = \Delta E_G + \Delta E_{\text{弹}} + \Delta E_k = 0$$

即小球与弹簧组成系统机械能守恒.

实验论证:引导学生运用图像线性化方法处理表中实验数据,作出如图 5 所示 $\frac{v^2}{2} - h$ 图像,结果为通过原点的一条直线,且斜率 $k \approx 9.89 \text{ m/s}^2 \approx g$,从而证实误差范围内小球下落过程中机械能守恒.

一般情形机械能守恒观点:系统内部只有重力或弹力做功,则系统的动能与势能可以互相转化,总的机械能保持不变.

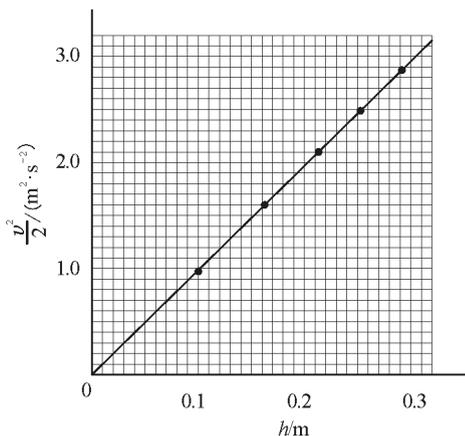


图 5 教学案例 1 实验论证图

在上述科学论证机械能守恒观点过程中,从单个重力证据情境拓展到多个恒力情境,从重力做功情境拓展到非重力做功情境,揭示了机械能守恒条件,修改机械能守恒观点;从直线运动情境拓展到曲线运动情境,从重力做功情境拓展到弹力和重力做功系统情境,运用一般功能关系和动能定理进行理论论证,又运用实验证据和图像线性化方法进行论证,引导学生把握多样化科学论证方法,提高了科学论证的严谨性,有效地培养学生科学论证核心素养.

3.2 在习题教学中实施科学论证教学模式 培养学生科学论证核心素养

教学案例 2:潜艇功率问题探究解答方法科学论证教学

(1) 创设理论性问题情境,展示学生探究解答(观点)

问题情境:如图 6 所示,潜艇直线通道推进器是由绝缘材料制成的,通道内充满电阻率为 $\rho_1 = 0.2 \Omega \cdot \text{m}$

的海水,在通道中 $a \times b \times c = 0.3 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ 的空间内,存在磁感应强度 $B = 6.4 \text{ T}$ 匀强磁场,方向如图所示. 磁场区域上、下金属板 N, M 与电源相连后,产生恒定电流 $I = 1.0 \times 10^3 \text{ A}$. 海水密度 $\rho_2 = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. 当潜艇以恒定速度 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 前进时,海水在出口处相对于推进器的速度 $v = 34 \text{ m/s}$.

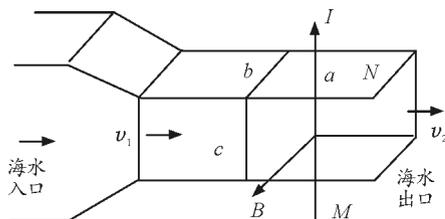


图6 潜艇直线通道推进器示意图

探究问题: 试求推进海水和潜艇运动时管道所消耗的总电功率.

探究解答: 在地面参考系中,安培力推动潜艇消耗功率为

$$P_{\text{电}1} = B I c v_0$$

安培力加速水消耗电功率满足

$$P_{\text{电}2} = \frac{\Delta E_k}{\Delta t}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad m = \rho_2 b c v_d \Delta t$$

$$v_d = 4 \text{ m/s}$$

电阻上消耗热功率为

$$P_r = I^2 R \quad R = \rho_1 \frac{c}{ab}$$

解得消耗总电功率为

$$P_{\text{电}} = P_{\text{电}1} + P_{\text{电}2} + P_r = 5.6144 \times 10^5 \text{ W}$$

(2) 运用动能定理和运动相对性,寻求理论论证证据

根据相对性原理,在不同参考系中,消耗的电功率应是相同的. 学生尝试在潜艇参考系中运用动能定理求解消耗总电功率,比较一下与地面参考系中消耗总电功率是否相同.

(3) 运用对称思维反驳原有探究解答(观点)

部分学生运用相对性原理(对称思维)反驳原有解答. 在潜艇参考系中,电阻上消耗热功率还是 $P_r = I^2 R$. 水以 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 速度通过进水口,以 $v_r = 34 \text{ m/s}$ 速度从出水口流出,安培力对水做功消耗电功率 $P'_{\text{电}2}$ 满足

$$P'_{\text{电}2} \Delta t = \frac{1}{2} m v_r^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$m = \rho b c v_r \Delta t$$

$$v_0 = 30 \text{ m/s} \quad v_r = 34 \text{ m/s}$$

消耗总电功率为

$$P'_{\text{电}} = P'_{\text{电}2} + P_r = 1.02224 \times 10^6 \text{ W}$$

根据相对性原理,消耗总电功率在不同参考系中应相同,但上述两种解法得出不同结果,这个矛盾意味着上述解答存在问题,需要修正.

(4) 从做功角度构建新的模型,修正原有探究解答(观点)

分析错因: 由于安培力和管道左右水对流入管道的水共同做功使这部分水动能增加. 错解原因是认为安培力做功所消耗的电能等于流进管道部分水的动能增量.

新的探究解答: 根据连续性原理,水在长方体管道内应做匀速运动,安培力做功消耗电功率即为安培力对长方体管道内水所做功率和反作用力对潜艇做功功率之和,满足

$$P_{\text{电}1} = B I c v_0 + B I c v_d$$

结合

$$v_0 = 30 \text{ m/s}, v_d = 4 \text{ m/s}$$

解得消耗总电功率

$$P_{\text{电}} = P_{\text{安}} + P_r = 5.6528 \times 10^5 \text{ W}$$

(5) 构建新的模型和运用新的方法,寻求新的论证证据

学生根据不同参考系中消耗的总电功率相同的依据,在潜艇参考系中构建水流匀速运动模型,从做功角度求解消耗的总电功率.

(6) 综合运用物理知识和方法科学论证新的解答(观点)

在潜艇参考系中,水在长方体管道内做速度为 $v_r = 34 \text{ m/s}$ 的匀速运动,安培力对流进管道内水所做功消耗的电功率为 $P'_{\text{安}} = B I c v_r$, 解得

$$P'_{\text{安}} = 6.528 \times 10^4 \text{ W}$$

消耗总的电功率为

$$P'_{\text{电}} = P'_{\text{安}} + P_r = 5.6528 \times 10^5 \text{ W}$$

结果与地面参照系解答结果相同,符合相对性原理,从而论证新的解答是正确的.

学生在上述潜艇功率问题解法科学论证过程中,运用对称方法反驳原有错误解答,通过多角度思

维积极寻求新的论证证据,提出新的解答,综合运用磁场力做功和对称思维论证新的解答正确性,把握了科学论证相关环节的策略,培养了学生科学论证物理核心素养.

3.3 在课外实验活动中实施科学论证教学模式 培养学生科学论证核心素养

教学案例 3: 自感实验现象原因解析的科学论证教学

(1) 创设实验问题情境,提出解释性观点

实验问题情境: 如图 7 所示,电源为旧干电池,灯电阻为 R_1 ,线圈电阻为 R_2 ,干电池电源电动势为 ϵ ,内阻为 r . 当电键 S 闭合时,发现灯先亮,然后亮度变为暗一些.

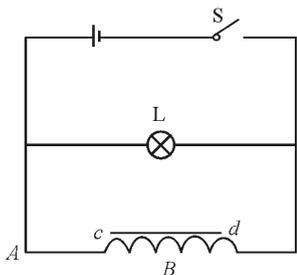


图 7 教学案例 3 实验问题情境图

提出探究问题: 教师向学生提出探究问题: 电键 S 闭合时,为什么灯先亮然后变暗?

提出解释观点: 学生通过分析讨论提出如下 3 种解释观点.

解释观点 1: S 闭合的瞬间在线圈两端产生较大的自感电动势(比电源电动势大),从而使灯两端产生较大电压,灯突然变亮.

解释观点 2: S 闭合时回路中产生电流,随之电键活动片与触座断开使线圈中电流变小,产生很大自感电动势,从而使灯突然变亮.

解释观点 3: 外电阻为 $R_{\text{外}}$,灯两端电压

$$U_0 = \frac{\epsilon R_{\text{外}}}{R_{\text{外}} + r}$$

S 闭合瞬时,线圈上电流为零,电阻无限大

$$R_{\text{外}} = R_1$$

S 闭合稳定后

$$R'_{\text{外}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{\text{外}} > R'_{\text{外}}$$

因而当 S 闭合瞬间,灯两端电压较大,灯突然亮一下,然后变暗.

(2) 设计实验方案,寻求科学论证的实验和理

论证据

实践依据: 实验方案 1,图 7 中某处导线 A 先断开,电键 S 先闭合,突然接通导线 A,观察灯泡的发光情况. 实验结果:发现灯突然亮一下,然后亮度变为暗一些.

实验方案 2: 把干电池换成电动势相同的稳压电源(或蓄电池),S 闭合时,观察灯亮度变化情况. 实验结果是:当 S 闭合时,灯亮度不变.

理论依据: 运用自感和电路知识寻求科学论证的理论证据.

(3) 分析评价实验,反驳、论证解析

反论证伪: 实验 1 中接通导线 A 电路立即接通,并没有像解释 2 中所述先接通后断开,但实验结果与原有实验相同,此实验否定了解释 2.

分析证实: 实验 2 中,电源换成稳压电源时,电源内阻变为零,灯泡两端电压始终为电源电动势,闭合电键后亮度不变,实验结果证实了这一解释. 此实验表明电键闭合时线圈中产生自感电动势并不比电源电动势大,否定了解释 1,证实了解释 3.

(4) 理论推理,完善科学论证

为了提高科学论证严谨性,教师运用电路理论和数学知识推得电灯两端电压为

$$U_0 = \frac{\epsilon R_1}{R_1 + r} \left[1 - \frac{R_1 r}{(R_2 R_1 + R_1 r + R_2 r)} \left(1 - e^{-\frac{R_2 R_1 + R_1 r + R_2 r}{L(R_1 + r)} t} \right) \right] \quad (1)$$

教师要求学生根据式(1)进一步实施推理论证:

由式(1)可得,闭合电键时, $t=0$,推得电灯两端电压为

$$U_{01} = \frac{\epsilon R_1}{R_1 + r}$$

随 t 增大, U_1 变小; 电路稳定时, $t \rightarrow \infty$, $U_{0t} = \frac{\epsilon R_1 R_2}{R_2 R_1 + R_1 r + R_2 r}$,与解释 3 一致,严谨地论证解释 3.

通过上述自感实验现象解析深度的科学论证过程,不仅加深了学生对自感和电路知识的认识,更重要的是引导学生把握科学论证各个环节的策略,引导学生从实践和理论多个角度实施科学论证,切实有效地培养学生科学论证物理核心素养.

参考文献

- 1 王星乔,米广春. 论证式教学:科学探究教学的新图景[J]. 中国教育学报,2010(10):50~52