

构建实施多元创新教学模式 培养学生质疑创新核心素养*

黄国龙

(宁波市镇海中学 浙江 宁波 315200)

(收稿日期:2019-07-03)

摘要:根据高中物理创新内容多元性提出多元创新教学模式,分别构建实施知识创新教学模式、方法创新教学模式、实验创新教学模式来有效培养学生质疑创新核心素养。

关键词:知识创新教学模式 方法创新教学模式 实验创新教学模式 质疑创新核心素养

质疑创新是物理科学思维核心素养中最高层次的核心素养。高中物理教学中不仅要重视质疑创新核心素养培养,而且要积极探索有效的培养途径和策略。笔者认为,根据高中学生认知水平和高中物理教学特点,高中物理创新内容具有多元性,既有知识创新,又有方法创新和实验创新。根据高中物理创新内容的多元性,在探究教学和创新教学理论指导下,构建由具体质疑创新教学情景、策略方法和教学环节组成的多元创新教学模式,是培养质疑创新核心素养的一个有效策略。本文就如何构建实施物理多元创新教学模式来培养学生质疑创新核心素养做一探索。

1 构建实施知识创新教学模式 培养学生质疑创新核心素养

物理知识是在拓展应用过程中通过不断的质疑和创新得到深化发展,对原有物理知识的质疑有利于发现原有知识的局限性,发现和提出新的探究问题,运用科学探究和创新思维是实施知识创新的有效策略。模拟物理知识创新过程,构建实施知识创新教学模式,能有效地培养学生质疑创新核心素养。

1.1 知识创新教学模式构建

知识创新教学模式教学流程如图1所示,特点是:在科学探究教学理论指导下,以类科学探究为主线,根据学生原有知识基础,创设知识拓展应用情境,学生探究解答拓展问题,运用质疑方法导致悖论

发现、提出问题,然后进行理性分析和科学猜想,运用实验(理论)验证(论证)猜想,实现物理知识创新。运用质疑方法导致悖论发现、提出问题,培养学生质疑核心素养;运用创新思维和创新方法,提出猜想、验证(论证)猜想,培养学生创新核心素养。

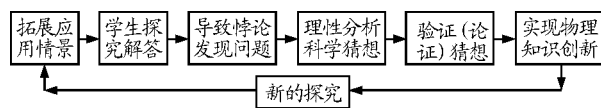


图1 知识创新教学流程

1.2 知识创新教学模式重要实施策略分析

运用质疑方法导致悖论,发现、提出问题。把握运用质疑方法发现、提出问题是培养质疑核心素养的关键。常用质疑方法有:运用特殊化方法(从特殊情形下进行推理)导致悖论发现问题;运用推广方法(把原有知识应用到更一般情形)导致悖论发现问题;运用对称思维(选择不同参考系)导致悖论发现问题;运用实践方法(推理结果与实验或实际比较)导致悖论发现问题;运用多角度思维(运用不同解法)导致悖论发现问题。

创设猜想情境,运用猜想方法提出猜想。猜想过程也是一个创新过程,是培养创新核心素养的重要途径。创设知识性、方法性、实践性、哲理性猜想情境,分析悖论原因,运用常用的猜想方法(一般化方法、类比方法等)提出猜想是提高猜想正确性、培养学生创新核心素养的有效策略。

运用实验验证猜想,运用理论论证猜想。针对提

* 浙江省2018年教育规划立项研究课题“基于核心素养培养物理多元开放教学方式探索”子课题,课题立项编号:2018SC090

作者简介:黄国龙(1964-),男,正高级,研究方向为中学物理创新教学、物理教学模式、物理课程建设等。

出的猜想,引导学生设计实验方案、实施实验验证猜想.制订论证方案,运用原有物理理论和创新思维方法论证猜想.验证(论证)猜想过程中培养学生能从多个视角审视检验结论的创新核心素养.

1.3 知识创新教学模式实施案例分析

案例分析 1:动生电动势规律的质疑创新教学.

原有知识:学生把握了导体棒垂直切割磁感应线产生动生电动势公式

$$\epsilon = Blv$$

拓展问题:如图 2 所示,水平金属导轨间距为 l ,导轨左端接有阻值为 R 的电阻,质量为 m 的导体棒垂直跨接在导轨上,导轨和导体棒的电阻均不计.矩形区域内匀强磁场磁感应强度为 B .当磁场以速度 v 匀速向右移动时,导体棒始终在磁场区域内,导体棒受到大小为 f 的恒定阻力.试求导体棒运动的最大速度.

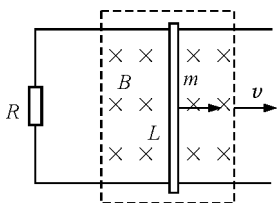


图 2 拓展问题题图

探究解答:部分学生探究解答为由

$$\epsilon = Blv_m \quad I = \frac{\epsilon}{R} \quad BIl = f$$

得导体棒的最大速度

$$v_m = \frac{fR}{B^2 l^2}$$

导致悖论,提出问题:学生运用特殊化方法导致悖论:当 $f=0$ 时, $v_m=0$.但事实上,当磁场运动时,通过闭合回路的磁通量发生变化,导体棒上有感应电流受磁场力作用而运动, $v_m \neq 0$,从而导致“最大速度”悖论.这个悖论表明 $\epsilon = Blv$ 的局限性,教师再引导学生提出新的探究问题:“磁场运动情形下 $\epsilon = Blv$ 中 v 的含义是什么?”

提出猜想:教师运用特殊化思维创设猜想情境:当棒的运动速度与磁场运动速度相同时,相对速度为零,没有切割磁感应线,动生电动势为零.在此基础上学生提出一般化猜想:磁场运动情形下,切割磁

感应线产生的动生电动势公式为 $\epsilon = Blv_r$, v_r 为导体棒相对磁场切割速度.

论证猜想:学生运用法拉第电磁感应定律论证猜想:导体棒在导轨上以 v' 速度也水平向右运动.探究 t 时间导体棒产生的感应电动势为

$$\epsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{Bl(v-v')t}{t} = Bl(v-v') = Blv_r$$

(v_r 为相对磁场的切割速度).

知识创新:探究创新适用范围更一般的切割运动磁场产生动生电动势规律 $\epsilon = Blv_r$,揭示了新旧动生电动势公式之间一般与特殊关系.

学生运用特殊化质疑方法导致悖论发现问题,揭示原有动生电动势公式局限性,培养质疑核心素养.运用特殊化和一般化方法提出切割运动磁场产生动生电动势猜想,通过理论分析论证猜想,把握科学探究方法,培养创新核心素养.

2 构建实施方法创新教学模式 培养学生质疑创新核心素养

物理方法对于探究物理知识、解决物理问题起着十分重要的作用.传统教学中,缺乏引导学生进行方法产生和创新的探究过程,往往把方法当作知识进行传授,从而使方法知识化,不利于学生创新素养培养.

在物理教学中,应模拟方法产生、创新过程,构建实施方法创新教学模式来有效培养学生质疑创新核心素养.

2.1 方法创新教学模式构建

方法创新教学模式教学流程如图 3 所示,特点是:在学生原有方法基础上,创设问题情境,展示学生探究解答过程,运用质疑方法发现探究解答存在问题,揭示原有方法局限性,运用创新思维方法探究新的方法解决问题,从而实现培养学生质疑创新核心素养目标.

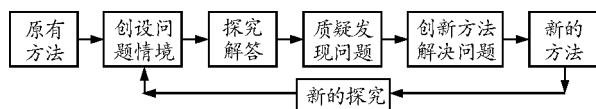


图 3 方法创新教学模式教学流程

2.2 方法创新教学模式重要实施策略分析

创设问题情境:教师根据学生认知中原有方法

(探究方法、思维方法、具体解题方法等),创设新的问题情境.新的问题应揭示原有方法的局限性,同时隐含了新的方法.

学生探究解答:学生运用原有物理知识和方法探究解答新的问题,充分暴露思维过程,为后继质疑创新打下基础.

质疑发现问题:引导学生运用特殊化、多角度思维、逆向思维、对称思维等质疑方法发现探究解答中存在问题,质疑原有方法的正确性和适用性,激发学生探究普适、简洁新方法的动机,培养质疑核心素养.

创新解决问题:分析探究解答错误、失败的原因,运用创新思维方法(类比方法、数学方法、等效方法、微元累加方法、对称方法等)创新解答新的问题,构建新的方法结构,培养创新核心素养.

2.3 方法创新教学模式实施案例分析

案例分析 2:“带电粒子在磁场中运动最大速度”的质疑创新教学.

问题情景:如图 4 所示,一个质量为 m ,带 $+q$ 电荷量的带电小球,从磁感应强度为 B 的匀强磁场中 A 点由静止开始下落,不计阻力.试求:带电小球下落的最大高度 h 和最大速度 v_m .

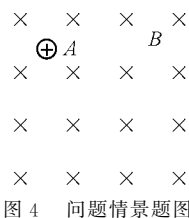


图 4 问题情景题图

探究解答:部分学生认为小球轨迹如图 5 所示,到达最低点后沿水平方向做匀速直线运动.

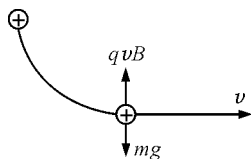


图 5 小球运动轨迹

小球运动最大速度满足

$$mgh = \frac{1}{2}mv_m^2 \quad mg = qv_mB$$

解之

$$v_m = \frac{mg}{qB} \quad h = \frac{m^2g}{2q^2B^2}$$

质疑发现问题:学生运用多角度思维和逆向思维方法来质疑上述解答,发现原有解答存在问题.

质疑 1:假若上述解答正确,则按曲线运动考虑,小球在两个运动轨迹的交接处所受的合力不为零;按直线运动考虑,所受的合力应应为零.事实上,在两个轨迹交接处,速度不变,受到洛伦兹力不变,所受的合力不变.这个矛盾表明上述构建的小球运动轨迹是错误的.

质疑 2:根据运动可逆性,如果磁场方向相反,带电小球在匀强磁场中向左做匀速直线运动,由于受力情况不变,不会出现某一位置做如图 5 所示的曲线运动.这个矛盾表明上述构建的小球运动轨迹是错误的.

创新探究解答:学生协作交流,参考相关资料探究如下 3 种创新方法.

方法 1(微元方法):小球到达最低点时竖直方向速度为零,水平方向分速度为最大 v_m ,水平方向受到冲量为

$$I_x = \sum qv_y B \Delta t = qB \sum v_y \Delta t = qBS_y$$

列出 $qBS_y = mv_m$. 小球下落到最低点过程中满足

$$mg S_y = \frac{1}{2}mv_m^2$$

解得小球下落最大高度

$$h = S_y = \frac{2gm^2}{q^2B^2}$$

最大速度为

$$v_m = \frac{2mg}{qB}$$

方法 2(数学方法):令小球到达最低点时速度为 v ,轨迹曲率半径为 ρ ,满足

$$qvB - mg = m \frac{v^2}{\rho}$$

化简得

$$v^2 - \frac{qQvB}{m} + \rho g = 0$$

要使 v 为最大,则必须满足

$$\Delta = \left(\frac{qQvB}{m}\right)^2 - 4\rho g = 0$$

解得最大速度为

$$v_m = \frac{2mg}{qB}$$

再结合

$$mgh = \frac{1}{2}mv_m^2$$

解得下落最大高度为

$$h = \frac{2gm^2}{q^2B^2}$$

方法3(等效方法):虚构小球有两个大小相等、方向相反的水平初速度 v_{01}, v_{02} , 现使小球分运动 v_{01} 产生的洛伦兹力与所受的重力平衡, 即

$$qv_{01}B = mg \quad v_{01} = \frac{mg}{qB}$$

因而小球的运动可视为水平方向以 v_{01} 匀速直线运动和在竖直平面内以另一 v_{02} 沿逆时针方向的匀速圆周运动组成的复合运动. 匀速圆周运动的半径为

$$R = \frac{mv_{02}}{qB} = \frac{gm^2}{q^2B^2}$$

竖直方向下落最大高度为圆周直径

$$h = 2R = \frac{2gm^2}{q^2B^2}$$

最大速度为两个分运动速度之和, 即为

$$v_m = \frac{2mg}{qB}$$

上述方法质疑创新教学过程中, 学生经历了从错误解答 → 质疑发现问题 → 方法1(微元方法) → 方法2(数学方法) → 方法3(等效方法)的质疑与创新过程, 从错误到正确, 从常规到创新, 不仅把握了解答带电体在复合场中运动的多种方法, 而且也培养了学生的质疑创新核心素养.

3 构建实施实验创新教学模式 培养学生质疑创新核心素养

物理实验设计实施过程中渗透了较多的质疑和创新因素, 很多重要实验的成功设计与实施不仅验证了科学猜想、测量重要的物理量, 而且展示了物理学家的质疑批判和实验理论、实验方法、实验技法的创新过程. 物理实验教学是培养学生质疑创新素养的重要领域, 构建实施实验创新教学模式是培养学生质疑创新核心素养的有效策略.

3.1 实验创新教学模式的构建

实验创新教学模式教学流程如图6所示. 特点是: 针对原有实验认知, 通过拓展和质疑揭示原有实

验存在问题, 提出新的实验课题. 要求学生运用新的实验理论、实验方法和实验技法设计新的实验方案, 然后实施实验过程, 评价实验结果. 若发现问题, 分析原因直到实验成功, 从而构建新的实验认知结构. 在揭示问题、提出新的实验课题、评价实验结果和分析原因等过程中培养学生质疑核心素养, 在创新设计实验、实施实验过程中培养学生创新核心素养.

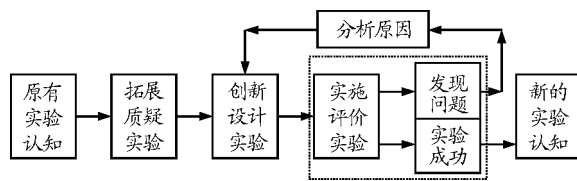


图6 实验创新教学模式教学流程

3.2 实验创新教学模式重要实施策略分析

拓展质疑原有实验, 提出新的实验课题. 根据原有实验及学生实验认知, 要求学生树立追求卓越和臻美创新意识, 运用列举缺点技法质疑原有实验, 揭示原有实验理论、方法和技法的局限性和存在问题, 进行新的实验探究. 通过改变实验目的、要求、条件、仪器来拓展原有实验, 提出新的实验设计课题, 培养学生质疑核心素养.

创新设计实验方案, 培养创新核心素养. 教师向学生提供有关实验创新的材料和信息(实验仪器、理论、方法、技法等), 引导学生运用间接测量、等效替代、图像处理、线性化等创新实验方法, 运用转化放大、逆向分析、功能组合、分析补偿、移植创新等创新技法设计新的实验方案, 培养学生创新核心素养.

实施实验方案评价实验结果, 培养质疑和创新核心素养. 针对实验设计方案, 若实验实施结果失败, 则揭示原有实验认知的局限性, 分析失败原因, 进行新的探索创新. 通过评价实验结果和分析原因, 运用质疑方法和新的实验理论、方法和技法培养学生质疑和创新核心素养.

3.3 实验创新教学模式实施案例分析

案例3:“探究做功与速度关系”实验的质疑创新教学.

原有实验:物理必修2教材中“探究做功与速度关系”实验.

评价质疑实验:学生评价质疑原有实验, 揭示存在如下问题.

(1) 图7实验中平衡小车受到阻力比较困难,操作繁复;

(2) 图7(a)实验需要满足 $m \ll M$, 存在系统误差;

(3) 图7(b)实验中不同橡皮筋做功不同,拉伸时不对称,产生较大误差。

在此基础上提出“如何优化实验方案?”新的实验课题。

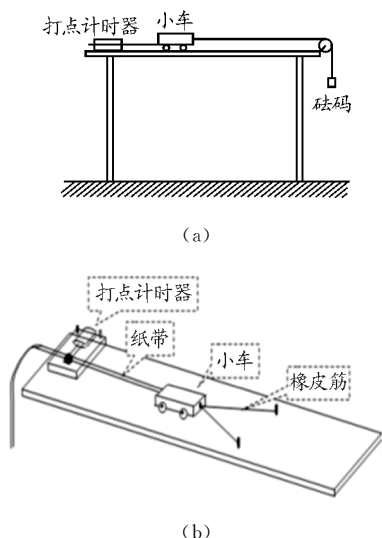


图7 探究做功与速度关系实验图

创新设计实验: 学生通过分析讨论,运用实验创新技法设计出如下两种实验方案。

创新实验方案1: 运用功能组合创新技法进行创新设计。综合运用如图7(b)所示的“倍增法”和如图7(a)中实验装置(作用力比较稳定)。图7(a)中作用在小车上合外力为 $F = T + Mg \sin \theta - f$ 不变,合外力对小车做功为 $W = Fx$, 可以通过改变小车位移 x (“倍增”)的方法来改变合外力对小车所做的功,探究 $W - v^2$ 关系。

创新实验方案2: 学生运用逆向分析技法提出探究摩擦力做功和速度关系实验方案,移植运用光电门技术测量小车的速度,设计出如图8所示的实验方案。

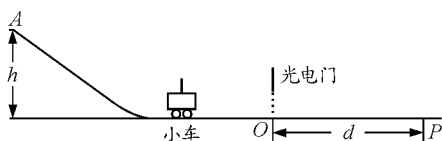


图8 运用光电门技术测量小车速度

如图8所示,让小车从斜面上某一高度由静止开始运动,通过水平面上O点的光电门,测出速度 v_0 ,最后由于摩擦力作用停在水平面上P点,用刻度尺测出OP距离 d 。小车在OP运动过程中,合外力对小车所做的功 $W = \mu mgd$,由此可见 W 与 d 成正比。改变光电门位置,多次测出 v_0 和 d ,作出 $d - v_0^2$ 图线,若图线为通过坐标原点的直线,则表明 W 与 v^2 成正比。

实施实验: 按照创新实验方案1,不需要平衡阻力和控制 $m \ll M$ 的操作,多次测得 x 和 v^2 实验数据,作出 $x - v^2$ (也即 $W - v^2$) 图线近似为通过原点的一条直线。按照创新实验方案2,多次测得 d 和 v_0^2 实验数据,作出 $d - v_0^2$ 图。

图线也为近似通过原点的一条直线。

分析评价,发现问题: 新的实验方案虽然能探究 W 与 v^2 成正比,但由于没有具体测量出合外力做功的数值,没有完全从定量角度探究 W 与 v^2 的关系。

优化设计实验方案: 学生进行深入交流讨论,设计出如图9所示的新实验方案。探究自由落体运动过程中,物体受到合外力(近似等于重力,阻力可以忽略不计)与速度变化关系。物体质量可以用天平测量,合力做功为 $W = mgh$,运用打点计时器和刻度尺间接测量速度 v 和下落高度 h ,从而可定量探究 W 与 v^2 的关系。(由于文章篇幅关系,具体实验操作和数据及处理从略)。

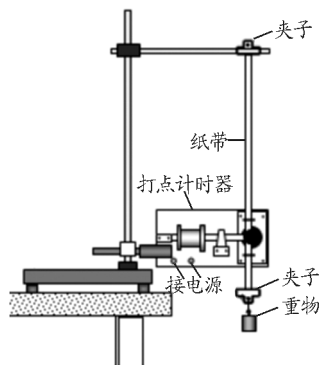


图9 优化后实验设计

上述实验质疑创新过程中,学生树立臻美创新意识,运用列举缺点方法揭示原有实验存在的问题,培养质疑创新核心素养。再运用功能组合、逆向分析、移植应用等创新技法创新设计实验,学生创新核心素养得到有效的培养。