



从“机械决定论”看数据自洽性问题

——电磁感应试题命制策略

刘保华

(江西上饶中学 江西 上饶 334000)

(收稿日期:2021-12-09)

摘要:在电磁感应类问题中,因涉及物理量多,而命制这块试题时数据设置往往“牵一发,动全身”,以一道题目数据的自洽核验,从“机械决定论”理解动力学问题中物理量的决定因素,并给出解决方案.

关键词:电磁感应 机械决定论 自洽 核验

1 问题

笔者在各级各类模考、联考中参与命题,总能碰到为了方便学生计算需要反复“凑数据”的尴尬局面.下面是为一次联考设计的题目.

【例1】如图1所示,水平固定的足够长平行金属导轨间距 $L=1\text{ m}$,电阻忽略不计,导轨左侧所接电阻 $R=1.2\ \Omega$. 质量为 $m=0.1\text{ kg}$ 、电阻 $R=1.2\ \Omega$ 的金属杆 AB 以速度 $v_0=2\text{ m/s}$ 进入磁感应强度大小为 $B=1\text{ T}$,方向垂直于水平面向上的匀强磁场区域,经位移 $s=0.2\text{ m}$ 后杆停止运动. 杆与导轨始终保持垂直且接触良好,两者接触面粗糙,动摩擦因数为 $\mu=0.5$,重力加速度为 $g=10\text{ m/s}^2$. 则在这个过程中()

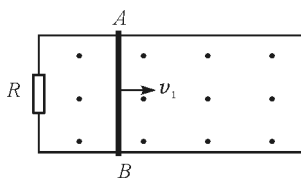


图1 例1题图

- A. 金属杆做匀减速运动
- B. 运动中金属杆 A 点电势比 B 点电势低
- C. 金属杆在运动过程中产生的焦耳热为 0.05 J
- D. 金属杆运动的总时间为 0.2 s

本题命题意图在于考查电磁感应的动力学问

题、右手定则、能量转换和守恒、动量定理和电荷量问题. 试题命制过程中,为了凑到一个好点的减速位移数值,通过修改其他物理量,自洽检验……颇费了一番周折.

2 自洽性核验

由牛顿第二定律可知,在任意时刻,棒的动力学方程为

$$m \frac{dv}{dt} = -\mu mg - \frac{B^2 L^2 v}{2R} \quad (1)$$

式(1)变形得

$$\frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = -\mu g - \frac{B^2 L^2 v}{2mR}$$

$$\text{即 } v dv = \left(-\mu g - \frac{B^2 L^2 v}{2mR} \right) dx$$

$$-dx = \frac{v}{\mu g + \frac{B^2 L^2 v}{2mR}} dv$$

代入数值,两边积分

$$-\int_0^s dx = \int_{v_0}^0 \frac{v}{5 + \frac{1}{0.24}v} dv$$

解出运动位移

$$s = - \left[\int_{v_0}^0 0.24 dv - \int_{v_0}^0 \frac{0.288}{(v+1.2)} d(v+1.2) \right] = - \left[(0 - 0.24v_0) - 0.288 \ln \left(\frac{0+1.2}{v_0+1.2} \right) \right] = 0.198\text{ m}$$

3 缘由分析

在经典的牛顿力学体系中,外力是一切运动变化的原因,即外力与运动变化有严格的因果关系.告诉我们初始条件和受力情况,物体在下一时刻运动信息就可以确定.如导弹拦截,卫星发射入轨等.后来,拉普拉斯认为:只要有一种高智精灵知道宇宙所有微粒以及运动信息,便可以用经典力学推理出每一个瞬间的信息,于是该精灵便可预知未来,此即为“拉普拉斯妖”.

高中阶段的动力学问题还在经典力学框架下,那么对于以上问题,给定初始速度,根据安培力大小

$$F_A = BIL = B \frac{BLv_0}{R_{\text{总}}} L = \frac{B^2 L^2 v_0}{R_{\text{总}}}$$

可知:给定磁感应强度、棒长、电阻和初速度,安培力实际是确定的;摩擦力 $f = \mu F_N = \mu mg$ 不变,所以受力情况是确定的,物体的运动情况自然就是确定的.那么最后能运动多久,位移多少必然也是确定值,而非人为指定的.那么究竟是多少?我们可以通过积分如上面一样运算得到.有兴趣的读者也可以根据式(1)动力学方程,通过积分方式

$$-\int_0^t dt = \int_{v_0}^0 \frac{1}{\mu g + \frac{B^2 L^2 v}{2mR}} dv$$

同样算出运动时间 $t = 0.2352 \text{ s}$,跟动量定理计算出的结果 0.233 s 基本一致.

4 命题建议

方案一:根据机械决定论,给定初始条件和受力的情况下,过程积累量(如位移、运动时间、产生电能、通过电荷量等)和末状态物理量(如末速度、末态动能、末态动量、末位置),可以通过严谨的积分方式核验.

方案二:只是纯粹地考查相关物理知识和规律的掌握,可以用字母替代数值作为已知量,比如下面笔者设计的电磁感应习题,以做参考.

【例2】如图2所示,水平面上平行固定两长直导体导轨 MN 和 PQ ,导轨宽度为 L ,空间存在竖直向下的匀强磁场,磁感应强度为 B ,在垂直于导轨方

向静止放置两根导体棒1和棒2,其中棒1的质量为 M ,有效电阻为 R ,棒2的质量为 m ,有效电阻为 r ,现使棒1获得平行于导轨的初速度 v_0 ,不计一切摩擦,不计其余电阻,两棒不会相撞.

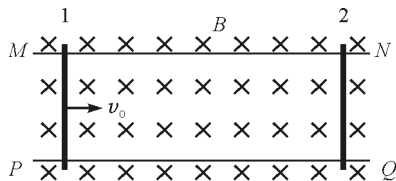


图2 例2题图

- 请计算:(1)初始时刻棒2的加速度 a ;
- (2)系统运动状态稳定时棒1的速度 v ;
- (3)系统运动状态达到稳定的过程中,流过棒1某截面的电荷量 q ;
- (4)若初始时刻两棒距离为 d ,则稳定后两棒的距离为多少?
- (5)该过程棒1的焦耳热是多少?

参考答案:

$$(1) a = \frac{B^2 L^2 v_0}{m(R+r)}$$

$$(2) v = \frac{Mv_0}{M+m}$$

$$(3) q = \frac{mMv_0}{BL(M+m)}$$

$$(4) d' = d - \frac{Mm v_0 (R+r)}{B^2 L^2 (M+m)}$$

$$(5) Q_R = \frac{R}{R+r} Q_{\text{总}} = \frac{MmR}{2(M+m)(R+r)} v_0^2$$

5 结束语

采用字母符号替代具体数值的设计方案,一方面可以避免出现自洽性问题,另一方面可以把学生从繁杂的数值计算中解放出来,训练字母运算能力,这也更有利于物理核心素养的培养.而作为命题者,把握住动力学本质,对问题认识层次高些,才能更好地避免命题出现科学性错误.

参考文献

- 渠雷雷,赵永乐.命制电磁感应习题应注重自洽性检验[J].中学物理,2016(2):16~17
- 田少波,戴彧.对“机械决定论”否定历程的回顾与思考[J].武汉交通科技大学学报(社会科学版),2000(9):21~24



从“批判性思维”视角窥探“创新能力”培养

李棠玺 孙鹏伟

(西安交通大学附属中学 陕西 西安 710043)

(收稿日期:2022-04-07)

摘要:提出有价值的“问题”是批判性思维的核心,也是创新的起点,“质疑和求证”能力是批判性思维能力的原则,也是创新能力的要求.以提出“问题”为起点,以“质疑和求证”为导向,培养学生的创新能力.

关键词:批判性思维 创新能力 关键能力

1 问题的提出

1.1 物理学科中的“创新能力”

自1991年高考大纲的颁布,作为体现人才选拔主旨要素的“关键能力”考查,物理学科为“理解能力、推理能力、分析综合能力、应用数学解决物理问题能力和实验能力”(以下简称“原5种能力”)[1],并且一直持续到2019年的考试大纲.随着《中国高考评价体系》(以下简称“评价体系”)的发布,教育部考试中心(以下简称“考试中心”)就物理学科高考的“关键能力”提出了新的建构,即基于评价体系的物理学科“关键能力”为“理解能力、推理论证能力、模型建构能力、实验探究能力和创新能力”[2].

1.2 批判性思维能力

在“评价体系”中就“关键能力”的考查建构了“三大关键能力群”,在其中“思维认知能力群”的6种关键思维能力中提出了“批判性思维能力”[3].据此,“考试中心”在对2020年高考物理试题课标卷的评析中,就试题在关键能力方面考查的论述中,提出了“试题注重对批判性思维能力的考查”的观点[4],而在此之前,命题专家均围绕“原5种能力”论述,从未提到“批判性思维能力”,那么,命题专家又缘何在对当年试题的评析中提出这一论点呢?“创新能力”与“批判性思维能力”之间有何关系呢?

2 问题的窥探

2.1 批判性思维的核心指向“创新能力”

近代史上,很多学者都对批判性思维的具体内

涵做了定义.其中,最被广泛接受的是国际批判性思维权威、美国批判性思维国家理事会主席理查德·保罗在他的《批判性思维工具》一书中定义:“所谓批判性思维,是针对相信什么或做什么的决定,而进行的理性的反省思维.”批判性思维的核心和精髓就是从“提问”开始,一个不善于提问的人不会是优秀的批判性思考者,真正能推动思维发展的是“问题”,所提出问题的质量决定着思维的质量.他甚至比较绝对地说道,那些学科(例如物理学或生物学)的奠基人,如果不善于提出问题,那么这学科就不可能发展起来[5].基于“评价体系”指向的“创新能力”,张春丽在《对“基于高考评价体系的五种关键能力”含义界定的尝试》一文中提出:“创新能力”是指在已有经验的基础上,通过自主学习和独立思考,发现新问题、获取新知识、创造新方法、解决新问题的能力[6].据此,从发现或提出有价值“问题”的视角窥探,批判性思维的核心是指向创新能力,因此,考查考生是否具有“提出有价值问题”的能力,也一直是高考命题专家的守望,例如,2018年高考全国卷Ⅱ理综第15题、第20题:

【例1】高空坠物极易对行人造成伤害.若一个50 g的鸡蛋从一居民楼的25层坠下,与地面的撞击时间约为2 ms,则该鸡蛋对地面产生的冲击力约为()

A. 10 N B. 10^2 N C. 10^3 N D. 10^4 N

评析:具有批判性思维能力(或创新能力)的考

生,若根据已有的经验提出这样的问题,10 N 的冲击力能造成伤害吗? 10 000 N 的冲击力对人造成的是伤害还是伤亡? 自然排除了选项 A、D.

【例 2】2017 年,人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波. 根据科学家们复原的过程,在两颗中子星合并前约 100 s 时,它们相距约 400 km,绕二者连线上的某点每秒转动 12 圈,将两颗中子星都看作是质量均匀分布的球体,由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识,可估算出这一时刻两颗中子星()

- A. 质量之积 B. 质量之和
C. 速率之和 D. 各自的自转角速度

评析:具有批判性思维能力(或创新能力)的考生,若根据获取的信息提出这样的问题,题干信息中涉及双中子星各自的自转吗? 排除选项 D; 根据双中子星的周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{L^3}{G(m_1+m_2)}}$ 表达式提出,表达式中与两者质量的乘积有关吗? 自然在排除选项 A 的同时,肯定了选项 B.

2.2 批判性思维的核心原则指向“创新能力”的要求

批判性思维的核心原则是质疑和求证,即在面对问题时不会轻易接受既有结论,通过独立思考和逻辑思辨,评估问题的深度、广度以及逻辑性,从而得出有创造性的见解. 而物理学科的“创新能力”要求在面对问题时,能对已有结论提出合理质疑,在面对新颖或复杂的物理情境时,能发现新问题,能创造性地构建新的物理模型,应用新思路、新方法解决问题. 因此,批判性思维的核心原则与“创新能力”的要求是一脉相承. 基于此,命题专家提出的“试题注重对批判性思维能力”的考查,其指向就是对“创新能力”的考查. 例如,2020 年高考全国卷 I 理综第 21 题:

【例 3】如图 1, U 形光滑金属框 $abcd$ 置于水平绝缘平台上, ab 和 cd 边平行, 和 bc 边垂直. ab 和 cd 足够长, 整个金属框电阻可忽略, 一根具有一定电阻的导体棒 MN 置于金属框上, 用水平恒力 F 向右拉

动金属框, 运动过程中, 装置始终处于竖直向下的匀强磁场中, MN 与金属框保持良好接触, 且与 bc 边保持平行. 经过一段时间后()

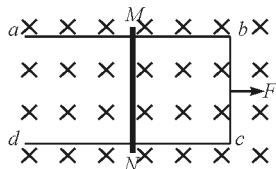


图 1 例 3 题图

- A. 金属框的速度大小趋于恒定值
B. 金属框的加速度大小趋于恒定值
C. 导体棒所受安培力的大小趋于恒定值
D. 导体棒到金属框 bc 边的距离趋于恒定值

评析:对该试题的分析,可以有多种途径、多种方法和多元思维,但若从批判性思维的视角分析判断,有以下几方面.

第一,评估问题. 金属框带动导体棒先后切割磁感线,使回路中产生了变化的感应电流,两者都受到变化的安培力,都向右做非匀变速运动,其中金属框做加速度逐渐减小的加速运动,导体棒做加速度逐渐增大的加速运动.

第二,提出问题. 根据对问题情境的评估,提出“两者运动的加速度能否趋于相等?”的问题.

第三,求证问题. 根据电磁感应规律及牛顿第二定律可得:

对于金属框

$$a_{\text{框}} = \frac{F - F_{\text{安}}}{M} = \frac{F - B^2 L^2 (v_{\text{框}} - v_{\text{棒}})}{M}$$

对于导体棒

$$a_{\text{棒}} = \frac{F_{\text{安}}}{m} = \frac{B^2 L^2 (v_{\text{框}} - v_{\text{棒}})}{Rm}$$

第四,发现新问题. 金属框和导体棒的加速度大小都和 $(v_{\text{框}} - v_{\text{棒}})$ 成线性关系,即 $(v_{\text{框}} - v_{\text{棒}})$ 可以确定金属框和导体棒的加速度大小变化趋势,但不能确定金属框速度大小及导体棒到金属框 bc 边距离大小变化的趋势.

第五,创新解决新问题. 当两者加速度相等时, $(v_{\text{框}} - v_{\text{棒}}) = \frac{FR}{2B^2 L^2 (M + m)} = \text{定值}$, 即回路中感应

电流趋于定值,两者的加速度都趋于定值,导体棒所受到的安培力也趋于定值,则选项B和C正确,选项A错误。

第六,构建新模型.在同一个坐标系中建立金属框和导体棒运动的速度-时间图像,如图2所示,则由图像的物理意义可得选项D错误。

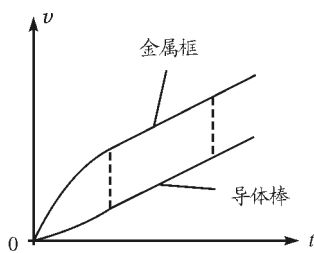


图2 速度-时间图像

3 问题的落实

3.1 让教材成为引发质疑与创新的第一蓝本

人教版高中物理新教材依据《普通高中物理课程标准(2017年版)》(以下简称“新课标”)所提出的“引导学生自主学习,提倡教学方式多样化”的课程理念,编写内容的突出特点表现为(与旧教材相比较):首先,在每节开始都设置了一个“问题”栏目,通过创设一个“问题情境”,旨在引发学生对所要学习内容的主动思考和培养学生提出问题的意识及能力,进而培养学生能够提出“有质量问题”的能力^[7];其次,新教材全书绝大部分内容是以探究的思路展开并将科学探究的“三重意义”贯穿始终,以至全书的语言风格都是为引导学生探究、质疑而确定的.旨在引导学生在主动探究、建构知识的基础上形成物理观念,为学生提供质疑与探究的机会^[8].尤其教材中涉及的实验内容、演示实验、学生实验等都不把现象甚至结论和盘托出,而是用启发性的语言引导学生自己观察、发现与思考,自己提出问题并寻找问题的答案.例如,新教材必修第二册第五章第3节“实验:探究平抛运动的特点”一节内容,与旧教材比较:首先,新教材增加了“运动的合成与分解”一节内容并置于该节之前,在学生明确了研究曲线运动的物理思想和方法的基础上,使学生能够自我开

展探究;第二,本节置于“抛体运动的规律”之前,不仅给予学生以“真实的自我”对平抛运动的探究中提出各种“猜想”的空间,而且也能够促使学生带着“好奇”的兴致针对结论进行“主动的反复探究”;第三,先给出科学探究理念层面上的两个“实验方案”,给予学生在“动手探究”前先“动脑探究”的思路和方法上指导;第四,所给出的两个实验“参考案例”,其目的一是激发学生“参与探究”的兴致以培养科学探究情趣和“创新探究”的激情,二是触发学生“实验探究”的创新,培养质疑创新能力;第五,节后“习题”又设置了让学生利用身边的器材并采用控制变量法的两个“探究实验”.至此,教材显性呈现平抛运动特点的探究实验案例共5个,且每一个都没有给出完整的实验方案或过程,即每一个都给予学生可质疑的空间和可求证的方法,同时这种“反复探究”的背后给予学生的就是质疑和求证的“一种精神”。

3.2 让课堂成为引发质疑与创新的真实场域

从认知学习领域目标的“金字塔”能力目标视角来看,批判性思维就是“识记、理解、运用、分析、评价和创造”连续6个层级中的高阶思维——分析、评价和创造.因此,要使课堂成为引发质疑与创新的真实场域,首先,从教学目标的确定上,要注重引发质疑、注重从高阶思维层面来确立科学的教学目标.新课标颁布后,明确将“注重体现物理学科本质,培养学生物理核心素养”作为课程目标,其中核心素养中“科学思维”所包含的“模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新”要素几乎都属于高阶思维层面,所以“为高阶思维而教”,不仅是确保物理学科核心素养落地的关键,而且也是确保使课堂能够引发质疑与创新真实场域的前提.其次,要注重设计基于互动式、启发式、探究式、体验式等多样化课堂教学形式,使学生通过“共同的互动、相互的启发、真实的探究、亲历的体验”的学习过程,培养学生发现新问题、获取新知识、创造新方法、解决新问题的能力,潜移默化地培养学生独立思考与质疑精神,提升学生质疑与创新的品质。

总之,创新是当代社会的主旋律,培养学生的创

新能力从培养学生的批判性思维能力开始,切实将培养批判性思维能力落实于学习的全过程.

参考文献

- 1 教育部考试中心. 2019年普通高等学校招生全国统一考试大纲(理科)[M]. 北京:高等教育出版社,2018, 119~120
- 2 程力,李勇. 基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J]. 中国考试,2019(12):38~44
- 3 教育部考试中心. 中国高考评价体系[M]. 北京:人民教育出版社,2019
- 4 教育部考试中心. 加强关键能力考查 促进学科素养提升

- 2020年高考物理全国卷试题评析[J]. 中国考试, 2020(8):39~43
- 5 理查德·保罗,琳达·埃尔德. 批判性思维工具[M]. 焦方芳,译. 北京:人民邮电出版社,2014. 5
 - 6 张春丽. 对“基于高考评价体系的五种关键能力”含义界定的尝试[J]. 物理教学探讨,2020(6):41~45
 - 7 彭前程. 普通高中物理课程标准(2017年版)的变化[J]. 课程·教材·教法,2018(9):99~106
 - 8 张颖. 以核心素养为统领的高中物理教材编写——2019年版普通高中物理(人教版)教材介绍[J]. 基础教育课程, 2020(11):57~64

On the Development of *Creative Abilities* from the Perspective of *Critical Thinking*

Li Tangxi Sun Pengwei

(The High School Affiliated to Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710043)

Abstract: This article proposes that raising valuable questions lies at the heart of critical thinking and serves as the starting point of creative abilities; the nurturing of students' creativity should start with encouraging them to raise sensible questions under the guidance of query and verification.

Key words: critical thinking; creative abilities; key competency

(上接第121页)

MATLAB Simulation Research on Rainbow and Neon Phenomenon

Guo Zhixing Zhang Jun Yan Miaomiao Huang Haiqiang Liu Chengyi Zhu Lijuan

(School of Physics and Electronic Engineering, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang, Hubei 441053)

Abstract: According to the optical principle of neon, the neon phenomenon is simulated by MATLAB programming and App Designer. The simulation APP allows the operator to change the input parameters, visually output the simulation results, and find a convenient method to measure the minimum deflection angle in the physical experiment. The physical experiment verifies the correctness of the simulation, proves the reliability of the simulation and increases the advantages of the simulation, and provides a virtual demonstration means for students to deeply understand the formation of neon.

Key words: MATLAB simulation; neon phenomenon; minimum deflection angle; visualization