

基于物理认知过程的试题设计与教学启示*

——以2022年高考广东物理试题为例

邓治国

(广州市增城区中新中学 广东 广州 511300)

孙超

(广州市增城区新塘中学 广东 广州 510000)

(收稿日期:2022-08-08)

摘要:2022年高考广东物理试题的设计符合物理认知过程,有利于引导教师呈现概念、规律形成的脉络,有利于物理课堂回归物理认知逻辑,有利于培养学生物理学科核心素养。

关键词:物理认知;高考题;引导教学

《中国高考评价体系》提出高考评价体系由“一核四层四翼”3个要素构成。“一核”指“立德树人、服务选才、引导教学”,回答“为什么考”的问题^[1]。如何引导教学是高考命题者必须回答的问题。2022年高考广东物理试题的设计符合物理认知过程,有利于引导教师呈现概念、规律形成的脉络,有利于物理课堂回归物理认知逻辑,有利于培养学生物理学科核心素养。

1 物理认知过程的内涵

物理认知过程是基于物理是什么而设计出来的,是物理学家研究物理现象、形成物理概念、得出物理规律的一般程序与方法,此过程同时也是体验物理方法与精神的载体。

图1^[2]是一个完整的物理认知流程,可以简化为实验物理、理论物理、应用物理,还可以进一步简化为科学探索、技术应用。物理学史上有很多符合这个认知流程的案例,比如天体运行理论、热力学、电磁学等理论的建立。如果学生在实验物理与理论物理上没有建立起过程认知来,那么学生面对新情境

题时就会不知如何分析。

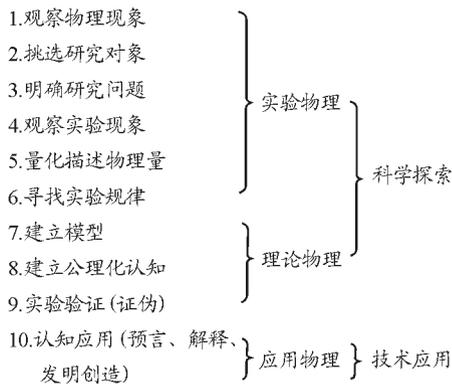


图1 建立物理认知的关键步骤

2 高考题的分析过程与物理认知过程对比简析

由表1可知,问题情境是高考试题的载体,考查物理知识与思维方法,也隐含着物理认知过程。高考题的设计以物理现象为本,围绕实验物理认知和理论物理认知进行有机整合;解题则需采用合适的物理量将情境镶嵌的物理过程一一表述(如公式,图表等)出来。可以说,按照物理认知规律命的题,则需按照物理认知逻辑来分析。

* 广州市教育科学规划2021年度立项课题“基于高考评价体系的‘情境—模型’物理教学策略研究”研究成果,课题编号:202113574。

表1 2022年广东省高考物理试题情境、分析过程与物理认知过程对比简析

题号	情境来源	解题分析过程	物理认知过程
1	古代劳动农具:石磨制作豆腐	提取信息—明确对象—画受力分析图—利用数学三角函数计算	观察物理情境—挑选研究对象—量化描述物理量—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)
2	科技前沿:火星、地球、祝融号火星车	提取信息—找出火星、地球轨道高低关系—利用行星运动基本规律判断	挑选研究对象—明确研究问题—建立模型—认知应用(解释)
3	体育运动:高台滑雪	提取信息—受力分析—结合匀变速运动规律—定性画出 $v-t$ 图和 $a-t$ 图	观察物理现象—明确研究问题—量化描述物理量—寻找实验规律
4	科技前沿:旋转磁极式发电机原理	提取信息—利用正弦交流电基本原理—结合闭合电路欧姆定律—分析判断	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—认知应用(解释)
5	科技前沿:氢原子的能级	提取信息—玻尔能级跃迁理论计算可求	明确研究问题—量化描述物理量—建立模型—建立公理化认知
6	生活情境:玩具枪射击木块	提取信息—由平抛运动规律—结合运动独立性原理分析	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)
7	典型问题:带电粒子在磁场中的运动模型	提取信息—化立体图为平面图—由左手定则可画出轨迹	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)
8	科技前沿:磁控管内局部区域电磁场结构	信息提取—由电场的基本性质—结合洛伦兹力特点推断分析	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(解释)
9	生活情境:载有防疫物资的无人驾驶小车运动	提取信息—由牛顿动力学—结合功能关系可求	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(解释)
10	典型问题:产生感应电流的条件	提取信息—建立物理图景—结合产生感应电流的基本条件推理判断	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(解释)
12	科学探究:弹性导电绳的电阻与拉伸后绳长之间的关系	提取信息—明确实验目的和原理—闭合电路欧姆定律定量和定性分析	观察实验现象—挑选研究对象—寻找实验规律—建立模型—建立公理化认知—认知应用(发明创造)
13	生活情境:自动雨伞开伞过程	提取信息—明确研究对象—画出运动过程图—结合匀变速运动多过程理论和动量守恒定律—推理论证	观察物理现象—挑选研究对象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)
15-1	科技前沿:空调制冷原理	提取信息—由热力学第一定律和热力学第二定律可得出结论	观察物理现象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知
15-2	科学探究:测量水深的简易装置	提取信息—明确研究对象—模型建构—由等温变化可知—推理计算	观察物理现象—挑选研究对象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)
16-1	生活情境:抖动绳子游戏	提取信息—明确研究对象—结合简谐振动基本规律—分析推理	观察物理现象—挑选研究对象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)
16-2	典型问题:激光在透明液体内部的传播	提取信息—利用光的折射和反射原理—结合数学三角函数—推理计算	观察物理现象—挑选研究对象—明确研究问题—建立模型—建立公理化认知—认知应用(预言)

通过表1可知,高考题具有引导教学的特点,物理试题分析与物理认知过程体验在路径与操作上一致的,这一点有利于物理概念、规律的教学从来龙去脉上找思路,有利于转化教师教学观点,让物理学科素养真正落地生根.

3 基于物理认知过程的试题详析

【例1】(2022年高考广东物理第11题)某实验小组为测量小球从某一高度释放,与某种橡胶材料碰撞导致的机械能损失,设计了如图2(a)所示的装置,实验过程如下:

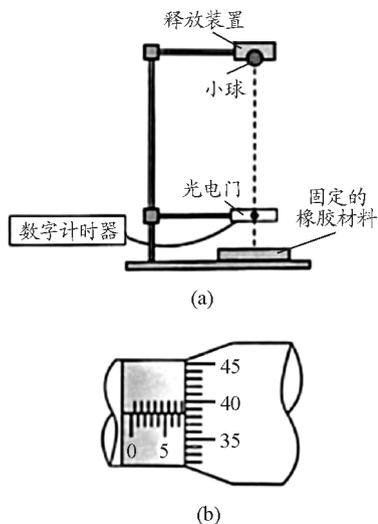


图2 实验装置与工具

(1) 让小球从某一高度由静止释放,与水平放置的橡胶材料碰撞后竖直反弹.调节光电门位置,使小球从光电门正上方释放后,在下落和反弹过程中均可通过光电门.

(2) 用螺旋测微器测量小球的直径,示数如图2(b)所示,小球直径 $d =$ _____ mm.

(3) 测量时,应_____ (选填“A”或“B”,其中A为“先释放小球,后接通数字计时器”,B为“先接通数字计时器,后释放小球”).记录小球第一次和第二次通过光电门的遮光时间 t_1 和 t_2 .

(4) 计算小球通过光电门的速度,已知小球的质量为 m ,可得小球与橡胶材料碰撞导致的机械能损失 $\Delta E =$ _____ (用字母 m 、 d 、 t_1 和 t_2 表示).

(5) 若适当调高光电门的高度,将会_____ (选填“增大”或“减小”)因空气阻力引起的测量

误差.

广东省高考物理实验题注重考查学生是否真正做过实验,侧重于操作技能与原理方法的设计,体现科学探究能力的要求.从解题过程来分析此题有:实验目的、实验原理、器材使用、实验步骤设计、数据处理、实验误差分析.这与基于物理认知过程的分析几乎一样.

(1) 观察实验现象:小球从某一高度释放,与某种橡胶材料碰撞后竖直反弹.

(2) 挑选研究对象:小球.

(3) 明确研究问题:测量小球从某一高度释放,与某种橡胶材料碰撞导致的机械能损失.

(4) 量化描述物理量:用螺旋测微器测量小球的直径 $d = 7.883$ mm,小球两次通过光电门的时间 t_1 和 t_2 ,小球两次通过光电门的瞬时速度

$$v_1 = \frac{d}{t_1} \quad v_2 = \frac{d}{t_2}$$

小球与橡胶材料碰撞过程中机械能的损失量

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 =$$

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_1}\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_2}\right)^2$$

(5) 寻找实验规律:物体发生非弹性碰撞时,机械能会损失.

(6) 实验验证:

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 =$$

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_1}\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_2}\right)^2$$

(7) 认知应用:若调高光电门高度,较调整之前小球会经历较大的空中距离,所以将会增大因空气阻力引起的测量误差.

【例2】(2022年高考广东物理第14题)介绍密立根油滴实验的原理如图3所示,两个水平放置、相距为 d 的足够大金属极板,上极板中央有一小孔.通过小孔喷入一些小油滴,由于碰撞或摩擦,部分油滴带上了电荷.有两个质量均为 m_0 、位于同一竖直线上的球形小油滴A和B,在时间 t 内都匀速下落了距离 h_1 .此时给两极板加上电压 U (上极板接正极),A继续以原速度下落,B经过一段时间后向上匀速运

动, B 在匀速运动时间 t 内上升了距离 h_2 ($h_2 \neq h_1$), 随后与 A 合并, 形成一个球形新油滴, 继续在两极板间运动直至匀速. 已知球形油滴受到的空气阻力大小为 $f = k m^{\frac{1}{3}} v$, 其中 k 为比例系数, m 为油滴质量, v 为油滴运动速率, 不计空气浮力, 重力加速度为 g .

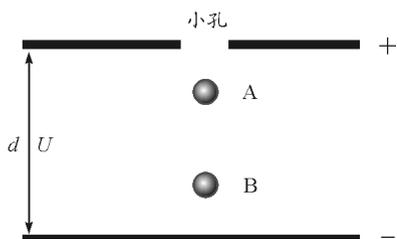


图3 密立根油滴实验结构简图

广东省高考物理计算注重考查学生建模能力, 尤其是从陌生情境(原始问题)开始建立模型的过程考查, 体现科学思维的要求. 此题的解题过程分析为: 阅读题干, 提取信息、选择特定的研究对象、构建物理模型、根据题目要求及所给条件(必要时会运用理论知识做出判断), 结合运动过程和物理模型. 这与基于物理认知过程的分析是相同的.

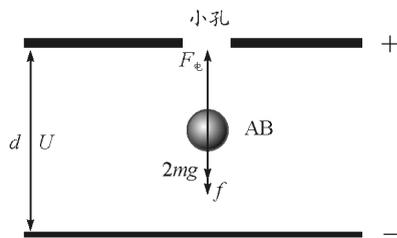
(1) 观察实验现象, 构建物理图景. 油滴 A 和 B 开始做匀速运动, 加电场后油滴 B 减速然后反向与 A 碰撞, 最后油滴 A 和 B 继续做匀速运动, 运动方向有待判断.

(2) 挑选研究对象: 油滴 A 和 B, 合并的新油滴.

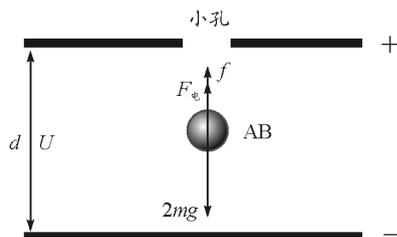
(3) 明确研究问题: 几次匀速运动的成立条件. 抓住主要因素忽略次要因素的原则.

(4) 量化描述物理量: 求新油滴匀速运动速度的大小和方向.

新油滴 AB 是油滴 A 和油滴 B 碰撞后合并而来, 合并后继续在两极板间运动直至匀速, 在碰撞过程满足动量守恒, 求得新油滴 AB 碰后共同速度. 对新油滴 AB 构建模型, 并做出受力分析如图4所示. 若 $F_{\text{电}} > 2mg$ 时, 新油滴向上运动, 空气阻力向下, 如图4(a)所示, 对新油滴 AB 由平衡条件 $F_{\text{电}} = 2mg + f$ 可求得运动速度大小; 若 $F_{\text{电}} < 2mg$ 时, 新油滴向下运动, 空气阻力向上, 如图4(b)所示, 对新油滴 AB 由平衡条件 $F_{\text{电}} + f = 2mg$ 可求得运动速度大小.



(a) $F_{\text{电}} > 2mg$



(b) $F_{\text{电}} < 2mg$

图4 新油滴受力分析

(5) 建立模型: 匀速直线运动.

(6) 建立公理化认知: 油滴的合外力为零时, 油滴做匀速直线运动.

(7) 实验验证(证伪): 根据计算结果来讨论运动方向的可能性. 由上面整体分析, 油滴合并后做匀速直线运动, 但可能向上做匀速直线运动, 也可能做向下的匀速直线运动, 对应的力学平衡式会不同, 阻力会随着运动方向变化而变化.

(8) 认知应用(预言): 新油滴能够做两个方向上的匀速直线运动.

通过两道高考题的分析可以发现: 物理认知过程与解题过程具有一致性. 尽管物理试题设置的问题情境可以不同, 但物理认知的规律是不变的, 因此, 每道物理题的解题思路应该具有共性. 可以说, 按照物理认知规律指导做题, 能够起到以不变应万变的效果. 当面对真实和复杂的实际情境问题时, 运用物理认知规律去分析, 可以清晰而有逻辑地利用物理规律与数学工具等来解决问题, 这从本质上是将物理教学、课标要求与高考评价做有机融通.

4 教学启示

4.1 基于物理认知过程的教学应是基础理念

“核心素养为导向, ‘教学评’一体化”的研究方兴未艾, 研究高考题引导教学无疑是捷径. 从以上的试题分析来看, 高考物理试题设计遵循物理认知过

程规律.假如说教师用讲物理题代替物理教学是应试带来的习惯,那么如今试题本身就是基于物理认知规律来设计的,于是从物理认知逻辑来设计教学应该是基础理念.

学生通过教师引导启发熟悉了物理认知过程后,就能感悟物理精神和物理方法.如果只注重数学逻辑训练、应试训练,实际上只训练了认知过程中的最后一步,即认知应用,这显然是不利于国民的科学教育的.一个健全的国民教育体系应包含完整的物理认知过程训练^[2].

4.2 基于物理认知过程的教学设计要点

物理学科教学需遵循两条原则:第一遵循学科规律,即聚焦学科本质、学科结构和学科的思想方法;第二,遵循学习规律,即关注学习本质、学习过程、学习条件.基于物理认知过程的教学设计首先要符合这两条原则,再则需注意以下几点.

4.2.1 明确物理教学目标

高中物理课程应在义务教育的基础上,进一步促进学生物理学科核心素养的养成和发展^[3].具体来说物理教学目标是指学生在高中阶段逐步形成物理观念、具有科学思维、能进行科学探究操作与正确的科学价值观.从实践来看是通过情境学知识,利用学习过程感知思维方法,最终能用物理学的视角分析与解决现实问题.纵观不同的维度可知思维是核心目标,是连接现象与知识的桥梁,是解决现实问题的精神工具.

4.2.2 选取真实的情境作为教学载体

《中国高考评价体系》中指出,情境是实现“四层”考查内容和“四翼”考查要求的载体,对考查和培养学生的物理学科素养具有关键作用.《普通高中物理课程标准》在实施建议中强调要在教学设计和教学实施过程中重视情境的创设.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.因此,选取真实的情境作为教学载体是应然也是必然的选择.

4.2.3 从物理学视角分析教学情境

具有清晰、系统的物理观点,能从物理学视角正确描述和解释自然现象,能灵活应用所学的物理知

识解决实际问题,能有效指导工作与生活实践^[3].从物理学科核心素养的水平划分来看,“物理学的视角”反复出现,而让学生具备这个认知水平需从体验物理认知过程开始.物理学视角就是用物理语言描述问题情境解释自然现象,用物理量学物理,用证据分析物理,用实验验证物理,……想物理学家曾想的问题、做物理学家曾做的事情,某种程度上来说物理学视角就是物理思维的具体表现.

4.2.4 增强物理知识的组织程度

物理学习困难学生头脑中的物理知识多是罗列式的、堆积的,显然缺乏组织程度高的图式,有时能记住或回忆起机械能守恒定律的表达式和适用条件,却常常与动能定理混淆,这说明他们的物理知识是零散的,物理知识之间没有建立起本质的联系或是某种联系建立得不够完善.知识的可用性能通过知识的恰当组织而得以加强,而“孤立”的物理知识,本质上属于没有理解的物理知识,它只能在与当初学习这个知识的条件相似的背景中才能提取出来.物理认知结构是学生头脑中拥有的物理知识结构,是学生对物理世界的观念的内容和组织^[4].基于物理认知过程的教学是让学生完成一个概念或规律形成的过程体验,这能增强物理知识的组织程度,体验科学家研究物理时具有的思维品质与精神意志.

4.2.5 以思维为依归的教学互动

教学互动的重点不是“对错”,而是观点的分享与碰撞.“思维”是过程的产物,即人在一个逻辑的框架下体验感悟的抽象存在.通过问题创设互动的机会,让学生深入地持物思理穷其究竟.师生或生生互动实质就是思维方式的关系与交换.问题情境及其处理方式、概念规律的形成历程与应用技术等都应作为思维方法形成的工具与手段.

参考文献

- [1] 于涵.新时代的高考定位与内容改革实施路径[J].中国考试,2019(1):1-9.
- [2] 穆良柱.什么是物理与物理的认知过程[J].大学物理,2018(1):21-24.
- [3] 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.
- [4] 梁树森.物理学习论[M].南宁:广西教育出版社,1996.