

物理核心素养的试题命制与评价策略研究

——以物理观念为例

蒋炜波 (清华大学附属中学 北京 100084)

赵 坚 (昆明市五华区基础教育科学研究中心 云南 650031)

摘 要 物理学科核心素养是物理课程的新要求,而如何评价学科核心素养的培养任务是否达成?这就需要对学科核心素养的提升情况进行评价。以物理观念为例,如何命制试题评价学生的物理观念形成情况?又如何对所命制的试题进行评价?结合物理观念的能力水平层次等级要求,笔者在实践中总结了可以借鉴的试题命制与评价方法策略。

关键字 物理观念 试题评价

文章编号 1002-0748(2019)11-0005

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 物理观念

物理观念是从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识;是物理概念和规律等在头脑中的提炼和升华;是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础^[1]。物理观念是其他物理学科核心素养形成和发展的基础,是原课程三维目标中知识与技能的提炼和升华^[2]。

可见物理观念是以基本物理知识为基础的对于物理世界的基本认识,是概念和规律的内化与整合,是将原有的认知进行系统整理后得到的系统认知,具有较完备的逻辑和结构^[3]。目前的中学教学中物理的一级观念主要是物质观念、运动与相互作用观念、能量观念,下设若干二级物理观念,比如时空观念、能源观念、守恒观念、质量与密度观念等等。

经过物理学习以后,学生的物理观念养成究竟到了什么程度?这就需要进行相应的检测评价。

2 物理观念的试题评价

《普通高中物理课程标准(2017年版)》(以下简称《课标》)中对物理观念发展水平进行了5个水平等级划分,其中水平1代表入门等级,水平2代表毕业合格性等级,水平3介于合格性等级和高考选拔要求之间,水平4代表高考选拔性等级,水平5代表中学阶段的最高等级^[1]。

课标中不同的水平等级阶段所要求的物理观念具体内容有所不同,水平等级越高,所要求的也越全

面越深入。鉴于试题测试仍然是当前最为重要的评价方式,那么我们可以设计不同类型的试题来完成对学生物理观念水平等级评价。

2.1 从知识认知进行物理观念评价

既然物理观念的基础是物理知识,那么从知识认知层面进行评价是必要的,但是因为物理观念是对概念和规律的提炼升华,因此单纯的知识认知评价可作为物理观念的水平1和水平2等级评价。知识认知的评价包括概念规律的判断、识别和演算。

2.1.1 命题策略

常见的命题方式有两种,第一种命题方式直接针对物理知识、概念和规律进行考查,不涉及任何物理情景,主要用于对学生的水平1等级评价。第二种命题方式需要将知识认知的考查与物理情景和实际应用结合起来,相比较而言难度会大一些,主要用于对学生的水平2等级评价。

2.1.2 对所命试题的评价

此处对物理观念水平1和水平2进行评价的试题,都是针对物理知识认知的,而两种命题策略的差异主要体现在是否引入真实物理情景上,因此可以通过这些来对试题考查水平层次是否对应、考查点是否精准、难度是否得当等进行评价。

2.1.3 实例展示

例题1 物体初始的速度为10 m/s,经过0.5 s后速度变为-5 m/s,则物体的加速度为_____。

例题2 物体下落时与地面发生碰撞,碰前的速度为10 m/s,碰后按照原速率的一半反弹,碰撞

持续时间为 0.5 s, 则物体碰撞过程中的加速度为_____。

从题中可以看出这是考查加速度计算公式的知识认知题, 属于从知识认知进行物理观念评价的试题。

例题 1 并没有涉及到真实的物理情景, 学生直接确定好物体的初、末速度以及所用时间, 利用公式即可计算出加速度, 属于第一种命题方式, 是水平 1 等级的评价; 例题 2 引入了真实的下落碰撞情景, 需要在情景中识别出具体的初、末速度, 属于第二种命题方式, 是水平 2 等级的评价。可见由于真实情境的引入, 直接导致了试题的难度增大。

例题 3 下面哪些物体的运动状态一定发生了改变? ()

- (A) 物体运动的速度方向改变
- (B) 物体运动的速度方向不变
- (C) 物体运动的速度大小不变
- (D) 物体运动的速度逐渐变大

例题 4 下面哪些物体的运动状态发生了改变? ()

- (A) 正在拐弯的汽车
- (B) 匀速下落的雨滴
- (C) 绕地球匀速飞行的人造卫星
- (D) 正在启动的火车

从题中可以看出这是考查运动状态改变概念的知识认知题, 属于从知识认知进行物理观念评价的试题。

例题 3 直接针对速度的大小和方向进行叙述, 学生从速度大小和方向至少有一个变化进行判断即可, 属于第一种命题方式, 是水平 1 等级的评价; 例题 4 需要学生在真实的情境中判断速度大小和方向是否有变化, 属于第二种命题方式, 是水平 2 等级的评价。

2.1.4 小结

从知识认知对物理观念进行评价, 并不涉及较高的思维难度, 也不涉及复杂的计算, 只是对基本概念和规律的考查, 考查的难度差异主要体现在是否涉及真实的物理情景上。在当前课标中, 结合情景的命题方式显然更符合学生物理学科核心素养的培养要求。

2.2 从认识视角进行物理观念评价

在教学中可以发现, 通常在新知识学习的时候, 学生会很自然地用刚刚学习的知识去分析问题情景, 试题的完成效果会很好。但是在复习阶段, 由于

要求将所有的知识融会贯通, 因此试题也不再很“狭隘”地明确针对某一个章节或者某一个知识点, 于是学生对试题的分析能力一下子“下降”很多, 甚至不知道该如何入手。这就是因为学生没有学会选择切入视角, 没有办法判断该用什么样的物理观念去分析和理解试题的情景问题。

学生在学习概念和规律的过程中, 应该要对这些概念和规律所针对的问题有一个总体认识, 逐渐形成概念规律与问题之间的对应联系, 在以后面临类似问题的时候能够认识到应该用哪些概念规律去分析问题, 即最终形成分析问题的物理视角。

因此从认识视角进行物理观念评价是可行的, 面对源于真实情境的物理问题, 学生是否能够选择合适的视角进行分析, 是对物理观念的较高层级评价, 对应课标中物理观念的水平 2 等级和水平 3 等级。

2.2.1 命题策略

常见的命题方式有两种, 第一种命题方式将分析的视角交代得比较清楚, 不会给学生的视角选择带来太大的困难, 主要用于水平 2 等级评价; 第二种命题方式的物理情景更加复杂, 题干信息更加隐蔽, 学生一般不容易一下子判断出相关的物理概念或知识, 需要自己分析并选择认识的视角才能完成, 主要用于水平 3 等级评价。

在命题的时候, 对能够引起“视角”判断的信息适当地减少甚至隐藏, 在反复的视角判断练习中让学生逐渐将自己“狭隘”的物理观念一点一点地扩展。

2.2.2 对所命试题的评价

此处对物理观念水平 2 和水平 3 进行评价的试题, 都是针对学生解决真实问题的认识视角的, 而两种命题策略的差异主要体现在情景复杂程度和选择视角的信息是否充分上, 因此可以通过这一点来对试题进行评价和区分。

2.2.3 实例展示

例题 5 我国北方的冬季非常寒冷, 因此需要安装供暖系统。一般情况下空气的温度升高后密度会减小, 请据此分析供暖使用的暖气片应该被安装在接近地面的下方还是接近屋顶的上方。

例题 6 我国北方的冬季非常寒冷, 因此需要安装供暖系统。仔细观察可以发现供暖使用的暖气片被安装在接近地面的下方, 这是为什么呢?

从题中可以看出这是利用热学观念分析解决实际问题的试题, 属于从认识视角进行物理观念评价

的试题。

例题 5 对分析视角提示得较为充分,学生可以从“温度升高密度减小”找到分析的突破口,属于第一种命题方式,是水平 2 等级的评价;例题 6 中能够用来判断分析视角的信息比例题 5 少了很多,采用了与例题 5 逆向的设问方式,属于第二种命题方式,是水平 3 等级的评价。

正是这种命题时的刻意“隐藏”,能够让学生将物理概念规律等知识认知更主动地更广泛地联系起来,非常有利于在评价的同时引导学生形成分析问题的视角,考查并帮助学生的物理观念养成。

例题 7 包装易碎物品的时候会用到软泡沫板或者充气包装袋,使用它们目的是 ()

- (A) 减小碰撞时的相互作用时间
- (B) 减小碰撞过程中的动量变化
- (C) 增大接触面积从而减小碰撞过程中的压强
- (D) 减小挤压作用力从而减小碰撞过程中的压强

例题 8 包装易碎的物品用易碎物品的时候会用到软泡沫板或者充气包装袋,使用它们目的是什么?

从题中可以看出这是考查压强影响因素的试题,从命题方式上看也属于从认识视角进行物理观念评价的试题。

例题 7 作为选择题,明显给出的视角选择信息太多太明显,属于第一种命题方式,是水平 2 等级的评价;例题 8 中信息隐藏得非常深,学生很难从动量定理和接触面积两个角度给出完整的答案,属于第二种命题方式,是水平 3 等级的评价。

例题 9 一质量分布均匀的不可伸长绳索重为 G , A 、 B 两端固定在水平天花板上,如图所示,现在绳的最低点 C 施加一竖直向下的力将绳绷直,则在此过程中,绳索 AB 的重心位置 ()

- (A) 不变
- (B) 升高
- (C) 降低
- (D) 无法确定

例题 9 需要从动能定理(即功能关系)视角进行分析,关键信息隐藏较深,学生不容易把握清楚分析视角,而且带有一定的理论分析计算,颇有难度,属于第二种命题方式,是水平 3 等级的评价。

2.2.4 小结

从认识视角进行物理观念评价,主要是考查学生是否具有一定的问题处理角度的判断能力,即是

否已经初步形成了物理观念。由于认识视角往往是解决一个物理问题的第一步,因此这类评价试题一般并不会涉及长思维过程、过于陌生的情景以及过于复杂的运算。

2.3 从情境的理解、构建和迁移进行物理观念评价

在选择合适的视角以后,学生能否从物理观念层面分析、理解相应的物理情景和问题,是否能够运用物理观念最终推理、解释和解决这些物理问题,以及是否能够恰当地进行必要的表述和交流,则是对物理观念高层级的评价,对应课标中物理观念的水平 4 等级。

此外,学生在学习之后是否已经整合提炼并形成了清晰的有体系的物理观念,是否能够分析陌生的复杂的物理情景,是否能够合理地迁移和构建物理情景,也是对学生物理观念系统性和应用能力的高层级评价,对应课标中物理观念的水平 5 等级。

2.3.1 命题策略

物理观念的高层级评价也需要给学生提供一个物理情景。第一种命题方式一般使用日常教学中常见的物理情景,主要考查学生对经典情景的分析能力和掌握程度,主要用于水平 4 等级评价。

但是经典情景学生通过大量的训练后基本上都能够解决,考查并不彻底,因此第二种命题方式可将学生置于一个较为陌生的物理情景之中,或者指定或者暗示一些陌生的分析的视角,此时学生在问题处理上的表现,就能够真正反映他们在物理观念的系统性和物理观念的应用能力上的差异,主要用于水平 5 等级评价。

2.3.2 对所命试题的评价

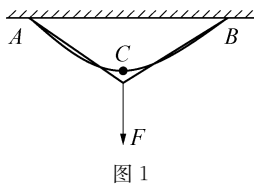
此处对物理观念水平 4 和水平 5 进行评价的试题,都强调观察学生在综合解决实际问题中的表现,此时已经不能够单独针对物理观念进行命题了。

通过分析试题中具体的情景的复杂程度和设问方式,可以判断试题是否达到了对水平 4 的评价。通过分析情景的陌生程度和分析视角的陌生程度,以及是否涉及情景的迁移构建,可以判断试题是否达到了对水平 5 的评价。

2.3.3 实例展示

例题 10 在无风状态下,设雨滴由静止开始从足够高处竖直下落,请分析雨滴的运动过程。

该题考查的是经典的下落情景,只是需要学生将阻力也考虑进去进行综合分析,整体的运动过程较长,并且要求学生做出合理的结论表述,属于典型



的第一种命题方式,是水平 4 等级的评价。

例题 11 激光束可以看作是粒子流,其中的粒子以相同的动量沿光传播方向运动。激光照射到物体上,在发生反射、折射和吸收现象的同时,也会对物体产生作用。光镊效应就是一个实例,激光束可以像镊子一样抓住细胞等微小颗粒。一束激光经 S 点后被分成若干细光束,若不考虑光的反射和吸收,其中光束①和②穿过介质小球的光路如图 3 所示。图中 O 点是介质小球的球心,入射时光束①和②与 SO 的夹角均为 θ ,射出时光束均与 SO 平行。请在下面两种情况下,分析说明两光束因折射对小球产生的合力的方向。

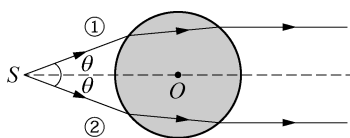


图 3

- (1) 光束①和②强度相同;
- (2) 光束①比②的强度大。

这道题选自 2016 年北京高考理综试卷。光镊效应一般中学生都不会接触到,因此对所有学生而言大家面临的情景都是相同且陌生的,此时学生如何准确地找到问题分析的视角,如何综合系统地将折射、力、动量、光强等物理观念整合提炼并用于情景问题的解决,就能够反映学生的物理观念的养成情况了。这道题属于第二种命题方式,是水平 5 等级的评价。

例题 12 请分析一定量的某种气体,在温度不变时,为什么该气体体积越大,气体的压强会越小。

这道题目如果直接运用理想气体状态方程自然是能够得到体积越大气压越小的结果,但是却谈不上分析,也没办法给出气体压强变小的解释。此时需要学生针对气体压强的微观产生原因,自己去构建情景(气体分子碰撞)进行分析,还要不断地修正自己构建的情景以便符合现实情况(分子碰撞前后速率需要不变,否则气体将集中在空间中间或者集中在空间边界)。这道题属于第二种命题方式,是水平 5 等级的评价。

例题 13 请推导导线垂直切割磁感线时产生的感应电动势 $E = BLv$ 。B 为磁感应强度,L 为垂直切割的导线的长度,v 为导线垂直磁场切割的速度。

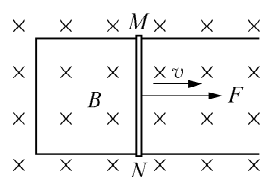


图 4

切割产生的动生电动势的推导方式不止一种,这道题没有对具体的推导方式作出限定,命题的时候可以视具体情况指定某一种让学生完成分析。比如从法拉第电磁感应定律分析、若从能量守恒角度分析、从电动势的概念定义分析(非静电力做功,如图 5 所示)、从霍尔效应分析(洛伦兹力与电场力平衡)。这也属于第二种命题方式,是水平 5 等级的评价。

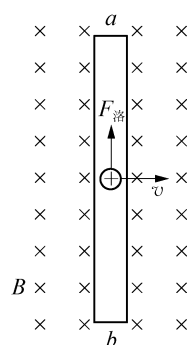


图 5

2.3.4 小结

在解决真实情境的复杂问题时,需要学生真正形成系统的物理观念并且能够在物理观念的基础上构建情景,真正做到将物理概念和规律进行内化与整合,做到用物理观念去解决实际问题。这种试题要求的思维链可能较长,还会伴有复杂的计算,是非常综合的考查。

3 结束语

在实践中,物理观念的评价要注意以课标中能力水平层次等级为参照,与教学相结合,不要有意地追求计算量的难度,要有意识地以试题为载体去引导学生形成物理观念。只有教学与评价不脱离,方能相互助力,达到培养学生物理观念的目的。

在评价中,还要注意不能脱离真实情景。在学科核心素养培养中,物理情景有着非常重要的地位,在可能的情况下一定要给学生呈现真实的物理情景,让学生反复地在物理情景中去提炼提升物理概念和规律,最终养成物理观念。

此外,一道试题不可能永远只对应一种学科核心素养,对物理观念进行评价,尤其是在理解情境和构建情景的问题中,由于涉及的层面较深,物理观念很难单独进行考查,因此往往需要和别的核心素养联合起来一起评价,换言之,物理学科四大核心素养之间彼此不是相互独立的,而是有所关联的,绝不能相互割裂开来独立看待。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [2] 郭玉英, 苏明义. 新版课程标准解析与教学指导——高中物理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2018.
- [3] 刘洋, 李贵安, 王力, 郑海荣. 基于教育目标分类的高中物理核心素养评价[J]. 教育测量与评价, 2017(10): 35—40.