



基于高中物理学业质量标准 考查科学思维的命题实践*

——以竖直方向运动知识点的试题命制为例

胡振欢

(中山市桂山中学 广东 中山 528463)

(收稿日期:2020-02-22)

摘要:以竖直方向运动知识点为例,参照《普通高中物理课程标准(2017年版)》中学业质量水平里有关科学思维素养的差异描述,细化知识点的考核目标,命制不同层次的题目。

关键词:学业质量 科学思维 命题 竖直方向运动

高中物理教师命制题目主要包括改编和原创两种方式,关于命题理论与技术已经较为成熟,但不少教师并没有明确所要命制的题目与学业质量水平之间的关系,如有些教师在给参加学业水平合格性考试的学生命制水平层次较高的题目,给参加高等院校招生录取的学业水平等级性考试的学生命制水平层次较低的题目,导致所命制试题针对性不强,使用效能低下。

《普通高中物理课程标准(2017年版)》(下文简称《标准》)提到:高中物理学业质量根据问题情境的复杂程度、知识和技能的结构化程度、思维方式或价值观念的综合程度等划分为不同水平。每一级水平皆包含物理学科核心素养的4个方面,主要表现为学生在不同复杂程度情境中运用重要概念、思维、方法和观念等解决问题的关键特征^[1]。教师命题时,针对不同的考核目标,应对命制试题的内容、涉及的素养水平有所甄别和把握,才能有效考查学生所达到的物理学科核心素养水平层次。

科学思维是四大核心素养之一,包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素。在《标准》所列举的学业质量水平描述中,科学思维水平被具体

描述为5个层次,不同水平之间具有由低到高逐渐递进的关系,具体描述会在文中结合例子逐一展示。

竖直方向运动:包含只受重力的自由落体运动、竖直上抛运动和竖直下抛运动,或受多个力但是物体运动轨迹是竖直方向且为直线的运动。笔者依据学业质量水平所描述的科学思维素养不同层次要求,命制以竖直方向运动为基础模型的相应题目。

1 基于学业质量水平考查科学思维素养差异的命题实例

1.1 基于学业质量水平1的命题实例

学业质量水平1中有关科学思维素养的描述:知道物理学研究需要建构模型;能对常见的物理现象进行简单分析;知道表达观点需要证据;知道质疑和创新的重要性^[1]。

对应竖直方向运动知识考核目标:知道自由落体运动、竖直方向抛体运动的定义和受力特点,能区分平时常见的运动是否属于以上运动类型,定性理解竖直方向运动的分类方式。

【例1】1971年美国宇航员斯科特在月球上让一把锤子和一根羽毛同时下落,观察到它们同时落到

* 中山市2018年度立项课题“核心素养背景下的高考物理试题分析与命题的实践研究”研究成果之一,课题编号:C2018133

作者简介:胡振欢(1985-),男,本科,中教高级,主要从事中学物理教学。

月球表面.此实验说明()

- A. 在月球上无大气层
- B. 自由落体运动的快慢与物体的质量无关
- C. 月球和地球上物体运动遵循规律不一样
- D. 在地球表面重复同样实验观察结果应该一样

解析:同时落地意味着锤子和羽毛均做自由落体运动,月球与地球上物体自由下落遵循同样的运动规律,只是 g 值不同.结合以上分析,选择A,B.

命题立意:本题主要考查学生的理解能力,对自由落体运动的现象能进行简单的分析,同时对不同星球上自由落体运动的异同能有自己的判断.

1.2 基于学业质量水平2的命题实例

学业质量水平2中有关科学思维素养的描述:知道常见的物理模型;能对比较简单的物理现象进行分析和推理,获得结论;能使用简单和直接的证据表达自己的观点;具有质疑和创新的意识^[1].

对应竖直方向运动知识考核目标:知道自由落体运动、竖直方向抛体运动的基本规律,知道这些运动是理想化模型,能根据基本运动学公式进行简单的运算.当运算结果不符合平时认知时能提出自己的质疑和见解并简单证明.

【例2】有一雨滴从高为2.0 km的高空下落,判断其运动是否为自由落体运动.

解析:设雨滴做自由落体运动, g 取 10 m/s^2 ,则有 $v^2=2gh$,得 $v=200\text{ m/s}$,这一数值与现实生活中到达地面的雨滴速度出入较大,因此,雨滴在空中运动时应不是自由落体运动.

命题立意:可以先假设雨滴做自由落体运动,然后算出雨滴到达地面的速度远大于生活常识中雨滴的速度,从而质疑速度的真实性,得出雨滴下落应受到阻力作用,不可能为严格意义上的自由落体运动,以此培养学生模型建构的素养和质疑精神.

1.3 基于学业质量水平3的命题实例

学业质量水平3中有关科学思维素养的描述:能使用简单的物理模型解决问题,能判断现实物体和理想模型的异同;能对常见的物理现象进行分析和推理,获得结论并作出解释;能恰当使用证据表达自己的观点;能从不同角度思考物理问题^[1].

对应竖直方向运动知识考核目标:能较为灵活地使用自由落体运动和抛体运动等运动公式解决问题,同时对不同的运动过程能推理获知其关联性,对于一个题目能应用发散性思维从多个角度去解答题目.

【例3】一物体在空中自由下落,落地前最后1 s的位移是25 m,请问物体从下落开始到落地瞬间的时间是多少?(g 取 10 m/s^2)

解法1:最后1 s,由公式

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

可得

$$v_0 = 20\text{ m/s}$$

$$v_0 = g t_1$$

可得

$$t_{\text{总}} = t + t_1 = 3\text{ s}$$

解法2:由 $h = \frac{1}{2} g t_{\text{总}}^2 - \frac{1}{2} g (t_{\text{总}} - 1)^2$

可得

$$t_{\text{总}} = 3\text{ s}$$

命题立意:本题可以看作有两个过程,最后1 s的过程和全程.可以采用先分析最后1 s利用运动学公式解题,也就是可以把自由落体运动的后面过程处理为竖直下抛运动,也可以找到全程与最后1 s之间的关系,利用自由落体运动规律解题,达到引导学生从不同的角度去建构模型和思考如何处理这些问题的目的^[2].

1.4 基于学业质量水平4的命题实例

学业质量水平4中有关科学思维素养的描述:能根据解决问题的需要建构物理模型;能对综合性物理问题进行分析和推理,获得结论并加以解释;能恰当使用证据证明或质疑物理结论;能采用不同方式分析解决物理问题^[3].

对应竖直方向运动知识考核目标:能对竖直上抛等较复杂的运动过程进行综合分析,可以利用对称性、图像等多种方法解题,对受多个力的竖直方向运动也能根据牛顿第二定律和运动学规律进行定量运算,能在情景化的问题中准确抽取物理模型并应用相关规律解题,考虑和推理结果的合理性.

【例4】将一物体竖直上抛,1 s内的位移大小是上升最大高度的 $\frac{5}{9}$,请问物体的初速度为多少?(g 取 10 m/s^2)

解析:若物体1 s末在抛出点上方,则有

$$\frac{5}{9} \frac{v_0^2}{2g} = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

可解得

$$v_{01} = 30 \text{ m/s} \quad v_{02} = 6.0 \text{ m/s}$$

若物体1 s末在抛出点下方,则有

$$-\frac{5}{9} \frac{v_3^2}{2g} = v_3 t - \frac{1}{2} g t^2$$

解得

$$v_3 = 4.45 \text{ m/s}$$

命题立意:本题利用竖直上抛运动具有上升和下降两个过程,并且巧妙地强调位移大小和给出比例关系,从而创设出本题对应答案应具有3种情况:第一种情况是在抛出点上方而且1 s末在上升,第二种情况是在抛出点上方而且1 s末在下降,第三种情况是在抛出点下方而且1 s末在下降,较好地考查了学生的推理能力和综合分析能力。

【例5】市面上有一种小弹球玩具,把它压扁后会自动弹起,一学习小组测试其弹跳性能,在墙边(图1所示最低点)多次把小球压到最扁松手让其反弹并拍照,得出小球弹起的最大高度稳定在位置1,某次把小球压到最扁,小球弹起同时让设置拍摄间隔时间为0.1 s的相机连拍一系列的照片,发现第3张照片里小球出现在位置2,结合以上信息,请估算小球弹起的初速度大小。

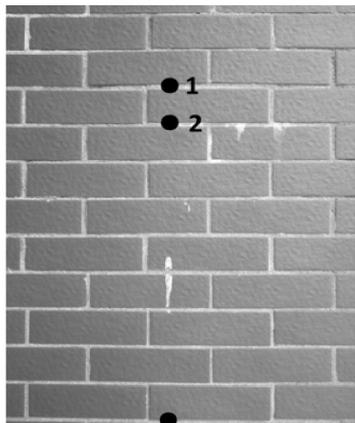


图1 例5题图

解析:根据分析,可以假设一块砖高度为 h ,小球从开始运动到位置2所用时间为 t ,反弹初速度为 v_0 ,则有

$$9h = \frac{v_0^2}{2g} \quad 8h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

由题意, t 为第1张照片与第3张照片之间的时间间隔,则 $t = 0.2 \text{ s}$,由于本题是估算,因此 g 取 10 m/s^2 .

结合以上式子可解得

$$v_{01} = 3.0 \text{ m/s} \quad v_{02} = 1.5 \text{ m/s}$$

根据情况分析初步判断均合理,但是分别将结果代入第一条式子,可分别求得: $h = 0.06 \text{ m}$ 和 $h = 0.015 \text{ m}$,由于砖的厚度为 0.06 m 的结果更符合现实,因此答案应取 $v_{01} = 3.0 \text{ m/s}$.

命题立意:此题把场景和现实生活结合,形成的情景化试题往往更能锻炼学生的模型建构能力,同时最后两个答案看似都准确,最终以砖的实际厚度来对比排除不合理答案,以此对学生进行推理能力的考核也是一大亮点。

1.5 基于学业质量水平5的命题实例

学业质量水平5中有关科学思维素养的描述:能根据解决问题的需要建构恰当的物理模型;能在新的情境中对综合性物理问题进行分析 and 推理,获得正确结论并加以解释;能考虑证据的可靠性,合理使用证据,从多个视角审视检验结论;解决物理问题具有一定的新颖性^[4].

对应竖直方向运动知识考核目标:在复杂综合性的情景(如涉及到图像、动量、能量、电场、磁场等多个知识点)能准确分析出竖直方向运动的具体模型并灵活采用相关知识解决问题,对物体多个运动过程或者多个物体的类似运动过程能准确判断其关联性,对于解题出现的多个结果能判断获取正确答案,能结合多种方法如能量守恒定律、动量定理等知识解决竖直方向运动题目。

【例6】如图2所示,可看作质点的A球与B球在同一竖直线上,初始位置相距 3.6 m ,某时刻A球由静止开始下落,同一时刻B球以 6 m/s 的初速度从地面竖直上抛,两球在空中发生弹性碰撞,已知A球在碰后 0.2 s 内的位移大小是其反弹的最大高度的 $\frac{8}{9}$,

落地后 B 球不反弹,忽略空气阻力, g 取 10 m/s^2 ,求:



图2 例6题图

- (1) 碰撞前瞬间两球的速度大小;
- (2) 碰撞后瞬间 A 球的速度大小;
- (3) 两球的质量之比.

解析:(1) $\frac{1}{2}gt^2 + v_0t - \frac{1}{2}gt^2 = h$

得 $t = 0.6 \text{ s}$

可得碰撞前瞬间 A 球的速度大小

$$v_1 = gt = 6 \text{ m/s}$$

B 球的速度大小

$$v_2 = v_0 - gt = 0 \text{ m/s}$$

- (2) 若碰撞后 0.2 s 时刻 A 球在碰撞点上方

$$\frac{8}{9}h = v_3t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 \quad h = \frac{v_3^2}{2g}$$

解得碰撞后瞬间 A 球的速度大小为

$$v_3 = 3 \text{ m/s} \text{ 或 } v_3 = 1.5 \text{ m/s}$$

若碰撞后 0.2 s 时刻 A 球在碰撞点下方

$$-\frac{8}{9}h = v_3t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 \quad h = \frac{v_3^2}{2g}$$

解得

$$v_3 = \frac{-9 + 3\sqrt{17}}{4} \text{ m/s}$$

经检验,3 个速度均合理,因此都是正确答案.

(3) 设 B 球碰撞后的速度大小为 v_4 ,由完全弹性碰撞特点可得

$$m_A v_1 = -m_A v_3 + m_B v_4$$

$$\frac{1}{2}m_A v_1^2 = \frac{1}{2}m_A v_3^2 + \frac{1}{2}m_B v_4^2$$

可得

$$v_3 = \frac{m_B - m_A}{m_A + m_B} v_1 \quad \frac{m_A}{m_B} = \frac{v_1 - v_3}{v_1 + v_3}$$

代入前面 v_3 速度可得

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{3} \text{ 或 } \frac{m_A}{m_B} = \frac{3}{5} \text{ 或 } \frac{m_A}{m_B} = \frac{33 - 3\sqrt{17}}{15 + 3\sqrt{17}}$$

命题立意:本题是综合性较强的一道题,里面涉及自由落体运动、竖直上抛运动、动量守恒定律、能量守恒定律等多个知识点,而且两个物体之间的运动具有一定的关联性,A 球在碰后 0.2 s 内的位移大小是其反弹的最大高度的 $\frac{8}{9}$,这样的描述可以包含 3 种情况,对学生的推理能力、综合分析能力和应用数学知识处理物理问题的能力要求均较高,可以作为综合模拟考试的大题.

2 基于学业质量标准的命题策略

(1) 研读相关文件明确命题依据

依据《标准》的说明,物理学业水平考试的内容应根据普通高中课程方案和课程标准的规定及要求确定.考试内容的任务情境应符合学生心理发展水平和认知规律,反映物理学科本质,密切联系社会、经济、科技、生产生活实际,充分体现考试评价促进学生学习、甄别学生学业水平的功能^[1].《标准》明确了高中物理课程的性质、基本理念,提出了课程总目标和课程具体目标,课程目标对于高中物理试题命制起着宏观上的指导作用.而《中国高考评价体系》明确阐述“为什么考”“考什么”“怎么考”3 个问题.作为命题教师应着重研究这两个文件,界定命题的深度与广度,方能更好地命题.

(2) 构建学业质量水平 — 知识 — 能力的命题模式

物理试题中对 5 种能力的考查与对学业质量水平中关于物理学科核心素养的考查是一致的.具体而言,如对学生科学思维的考查,就是对推理能力、综合分析能力和应用数学知识处理物理问题的能力等 3 种能力等级的考查.因此,命题教师应依据科学思维水平把要考核的知识点进一步细分,把知识点的能力考核要求也形成由低到高逐渐递进的关系.然后结合《标准》具体有关课程目标、课程内容和考核需要等进行命题,这也是文中各个例题所采用的命题模式.

(3) 命题时统筹针对性和科学性

在编制试题时应充分考虑试题考核对象和试题

(下转第 10 页)

- meta-analysis[J]. Review of Educational Research, 1999,96(1):21 ~ 51
- 6 张萍, Eric Mazur. Peer Instruction——哈佛大学物理课程教学新方法[J]. 中国大学教学, 2010(08):69 ~ 71
- 7 张萍, 刘宇星. 同伴教学法在大学物理课程中的应用[J]. 物理与工程, 2012(1):41 ~ 43
- 8 刘吉林, 王坦. 合作学习中积极互赖的实验研究[J]. 教育学报, 2005(6):65 ~ 68, 81
- 9 胡乐乐. 基于“翻转课堂”和“同伴教学”的“混合式教学”[J]. 学位与研究生教育, 2017(5):54 ~ 57

Empirical Study on *Group Cooperative Learning* Contacted in Foreign Visiting School Hours

Mu Aixia

(Public Course Teaching Department, Gansu Medical College, Pingliang, Gansu 744000)

Abstract: Group cooperative learning is an effective learning method from the traditional teaching mode to the modern teaching mode, which is one of the forms of flipped classroom. This paper mainly express the connotation and theoretical basis of group cooperative learning, lists some foreign examples of group cooperative learning, emphasizes the effectiveness of group cooperative learning, and puts forward how to effectively implement group cooperative learning, aiming at effectively improving the classroom teaching effect of colleges and universities by means of cooperative learning. The research shows that group cooperative learning has strong adaptability and can be one of the effective teaching methods for university teachers in small class, large class or interdisciplinary field.

Key words: group cooperative learning; peer instruction; jigsaw teaching method; flipped classroom

(上接第5页)

使用阶段,使得命题更有针对性。《标准》中认为,学业质量水平2是高中毕业生应达到的合格要求,是学业水平合格性考试的命题依据,学业质量水平4是用于高等院校招生录取的学业水平等级性考试的命题依据,不同的考核对象应命制不同水平层次的题目;不同阶段也应该采用不同的试题,如2017年高考全国I卷理综第25题也是竖直方向运动类型的题目,但是如果命制类似题目给刚学习竖直方向运动知识的学生做显然是不合适的。

编制试题时应注意科学性,兼顾信度、效度、区分度和难度等试题质量指标,设置题目的语言应该简练清晰,避免争议,同时设置情景时也应注重真实性,要和现实生活结合,如笔者在命制例5的时候,命制原型就是儿童玩具弹跳娃娃,把其简化为质点进行命题。

(4) 根据需要挖掘命题侧重点

《标准》中对于学业质量水平的描述非常全面,

以此细化出来的知识能力目标也相应会较为详尽,但是一条题目不大可能把知识目标全部考核到位,命题时根据需要可只侧重于某方面即可。如笔者命制例5是基于学生对于情景化试题的建构模型能力有待提升,因此设置特定的真实环境命题。在命制例6时考虑的是重点考核学生综合分析能力、推理能力和应用数学知识处理物理问题的能力,如将题目情景化则综合难度会过高,因此弱化对情景化的考核。

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 党强强. 基于物理科学思维核心素养的“水平级”教学实践研究与思考——以“库仑定律”教学设计为例[J]. 物理教师, 2018,39(7):13 ~ 15,18
- 3 王亦敏. 例谈浙江高考理综物理试题的命题依据及特点[J]. 物理教师, 2015,36(08):70 ~ 73
- 4 陶昌宏. 试论核心素养理念下学业质量标准与学业水平等级性考试[J]. 物理通报, 2019(01):10 ~ 13