

物理试题体现科学探究有关核心素养要求的举例与分析*

方润根

(杭州学军中学 浙江 杭州 310012)

梁旭

(浙江省教育厅教研室 浙江 杭州 310012)

陈琼

(浙江省慈溪中学 浙江 宁波 315300)

(收稿日期:2021-03-02)

摘要:依照“物理学科核心素养的水平划分”对高考(选考)试题进行举例及特征分析,指出科学探究对应的素养要素和水平等级,帮助师生认识试题的功能和育人价值,从而正确使用试题。

关键词:科学探究 物理试题 举例分析

2020年浙江省已经启用依据新课标编写的教材,如何考查核心素养?以前的试题中是否比较全面地考查了核心素养?我们在浙江省教育厅教研室“高中物理核心素养考查研究课题组”对近几年全国及上海、江苏、浙江高考(选考)物理试题的筛选和分析的基础上,根据科学探究素养的5个水平划分,列举了科学探究各要素的部分试题,分析了考查水平。

1 科学探究“问题”要素的试题举例及特征分析

【例1】(2000年高考上海物理卷第15题)图1为一名宇航员“漂浮”在地球外层空间的照片。根据照片展示的情景提出两个与物理知识有关的问题(所提出的问题可以涉及力学、电磁学、热学、光学、原子物理学等各个部分,只需提出问题,不必作出回答和解释)。



图1 “问题”要素的例1题图

例:这名“漂浮”在太空中的宇航员相对地球是运动还是静止的?

参考答案:(1)宇航员是否受地球引力作用?

(宇航员受力是否平衡?)

(2)宇航员背后的天空为什么是黑暗的?(宇航员是利用什么与地面进行联系的?)

【例2】(2020年高考全国理综卷Ⅱ第9题)一细绳跨过悬挂的定滑轮,两端分别系有小球A和B,如图2所示。一实验小组用此装置测量小球B运动的加速度。

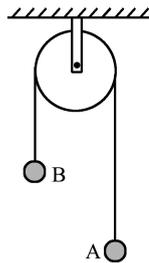


图2 “问题”要素的例2题图

令两小球静止,细绳拉紧,然后释放小球,测得小球B释放时的高度 $h_0=0.590\text{ m}$,下降一段距离后的高度 $h=0.100\text{ m}$;由 h_0 下降至 h 所用的时间 $T=0.730\text{ s}$ 。由此求得小球B加速度的大小 $a=$ _____ m/s^2 (保留3位有效数字)。从实验室提供的数据得知,小球A和B的质量分别为 100.0 g 和 150.0 g ,当地重力加速度大小 $g=9.80\text{ m/s}^2$ 。根据牛顿第二定律计算可得小球B加速度的大小 $a'=$ _____ m/s^2 (保留3位有效数字)。

可以看出, a' 与 a 有明显差异,除实验中的偶然误差外,写出一条可能产生这一结果的原因:_____

* 浙江省、宁波市教育科学规划2021年立项课题“强基背景下物理创新素养的培养研究”研究成果之一,项目编号:2021YGH127

作者简介:方润根(1979-),男,中教高级,主要从事中学物理教学及物理竞赛教学。

参考答案: 1.84; 1.96; 滑轮的轴不光滑, 绳和滑轮之间有摩擦(或滑轮有质量).

科学探究“问题”要素的 5 级水平表述如下: 具有问题意识(水平 1); 能观察物理现象, 提出物理问题(水平 2); 能分析物理现象, 提出可探究的物理问题, 作出初步的假设(水平 3); 能分析相关事实或结论, 提出并准确表述可探究的物理问题, 作出有依据的假设(水平 4); 能面对真实情境, 从不同角度提出并准确表述可探究的物理问题, 作出科学假设(水平 5)^[1]. 例 1 中的“根据照片的情景提出两个与物理知识有关的问题”属于“观察物理现象, 提出物理问题”(水平 2), 参考答案给出的也是水平 2 的问题, “宇航员是否受地球引力作用?”“宇航员背后的天空为什么是黑暗的?”例 2“可以看出, a' 与 a 有明显差异, 除实验中的偶然误差外, 写出一条可能产生这一结果的原因: _____.”这一结果不能通过推理、论证等思维来得到, 其本质是考查问题(假设)素养, 等同于“ a' 与 a 有明显差异, 除实验中的偶然误差外, 你想到哪些问题? 有何猜想(假设)?”属于“能分析物理现象, 提出可探究的物理问题, 作出初步的假设(水平 3)”.

2 科学探究“证据”要素的试题举例及特征分析

【例 3】(2018 年 4 月浙江选考卷第 18 题)

(1) 小明用多用电表测量一小段 2B 铅笔芯的电阻 R_x , 正确的操作顺序是 _____ (填字母).

- A. 把选择开关旋转到交流电压最高挡
- B. 调节欧姆调零旋钮使指针指到欧姆零点
- C. 把红、黑表笔分别接在 R_x 两端, 然后读数
- D. 把选择开关旋转到合适的挡位, 将红、黑表笔接触
- E. 把红、黑表笔分别插入多用电表“+”“-”插孔, 用螺丝刀调节指针定位螺丝, 使指针指零

(2) 小明正确操作后, 多用电表的指针位置如图 3 所示, 则 $R_x =$ _____ Ω

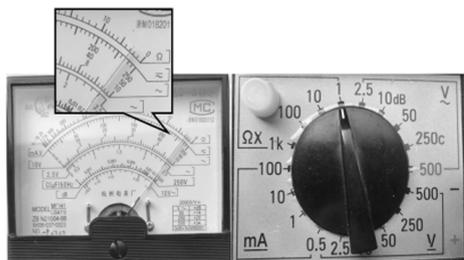


图 3 “证据”要素的例 3 电表读数

(3) 小张认为用多用电表测量小电阻误差太大, 采用伏安法测量.

现有实验器材如下: 电源(电动势 3 V, 内阻可忽略), 电压表(量程 3 V, 内阻约为 3 k Ω), 多用电表(2.5 mA 挡、25 mA 挡和 250 mA 挡, 对应的内电阻约为 40 Ω , 4 Ω 和 0.4 Ω), 滑动变阻器 R_P (0~10 Ω), 定值电阻 R_0 (阻值 10 Ω), 开关及导线若干.

测量铅笔芯的电阻 R_x , 下列电路图中最合适的是图 4 中 _____ (填字母), 多用电表选择开关应置于 _____ 挡.

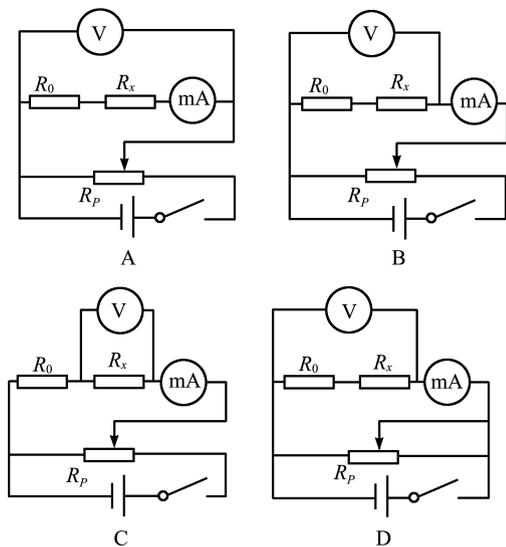


图 4 “证据”要素的例 3 电路图

参考答案: (1) EDBCA; (2) 2.9 Ω ; (3) B, 250 mA.

【例 4】(2013 年高考全国大纲卷第 22 题) 如图 5 所示, E 为直流电源, G 为灵敏电流计, A 和 B 为两个圆柱形电极, P 是木板, C 和 D 为两个探针, S 为开关. 现用上述实验器材进行“用描迹法画出电场中平面上的等势线”的实验.

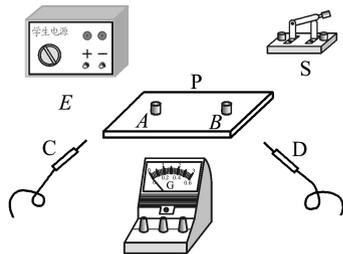


图 5 “证据”要素的例 4 题图

(1) 木板 P 上有白纸、导电纸和复写纸, 最上面的应该是 _____ 纸;

(2) 用实线代表导线将实验器材正确连接.

参考答案: (1) 导电纸; (2) 如图 6 所示.

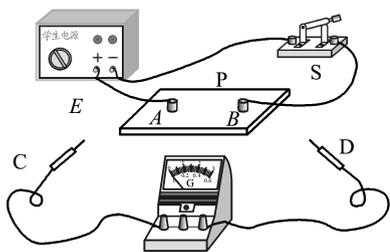


图 6 “证据”要素的例 4 图答案

科学探究“证据”要素的 5 级水平表述如下：能在他人指导下使用简单的器材收集数据（水平 1）；能根据已有的科学探究方案，使用基本的器材获得数据（水平 2）；能在他人帮助下制订科学探究方案，使用基本的器材获得数据（水平 3）；能制订科学探究方案，选用合适的器材获得数据（水平 4）；能制订有一定新意的科学探究方案，灵活选用合适的器材获得数据（水平 5）^[1]。

例 3 中“(1)小明用多用电表测量一小段 2B 铅笔芯的电阻 R_x ，正确的操作顺序是_____（填字母）”因操作步骤题中已经给出，但如何合理排序还需要自己思考，相当于“在他人帮助下制订科学探究方案”（水平 3）。“(2)小明正确操作后，多用电表的指针位置如图所示，则 $R_x =$ _____”相当于“使用基本的器材获得数据”（水平 2）。“(3)小张认为用多用电表测量小电阻误差太大，采用伏安法测量。测量铅笔芯的电阻 R_x ，下列电路图最合适的是图 4 中_____（填字母），多用电表选择开关应置于_____挡。”实质上就是“制订科学探究方案，选用合适的器材获得数据”（水平 4）。例 4 中“(2)用实线代表导线将实验器材正确连接”初看很难与“科学探究”几个要素对应，其本质就是“根据实验目的，设计实验电路图”，考虑到题目给出了器材，相当于“他人帮助”，实质上就是“能在他人帮助下制订科学探究方案，使用基本的器材获得数据”（水平 3）。

3 科学探究“解释”要素的试题举例及特征分析

【例 5】(2010 年高考江苏卷第 11 题)为了探究受到空气阻力时，物体运动速度随时间的变化规律，某同学采用了“加速度与物体质量、物体受力关系”的实验装置，如图 7 所示。实验时，平衡小车与木板之间的摩擦力后，在小车上安装一薄板，以增大空气对小车运动的阻力。

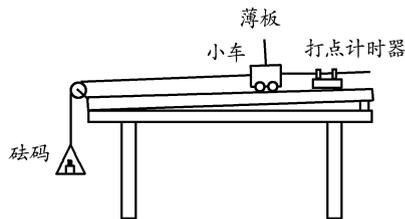


图 7 “解释”要素的例 5 题图

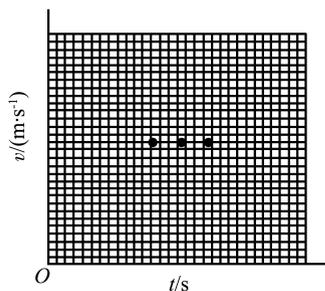
(1)往砝码盘中加入一小砝码，在释放小车_____（选填“之前”或“之后”）接通打点计时器的电源，在纸带上打出一系列的点。

(2)从纸带上选取若干计数点进行测量，得出各计数点的时间 t 与速度 v 的数据如表 1 所示。

表 1 各计数点的时间和速度数据

时间 t/s	0	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
速度 $v/(m \cdot s^{-1})$	0.12	0.19	0.23	0.26	0.28	0.29

请根据实验数据在图 8 中作出小车的 $v-t$ 图像。

图 8 “解释”要素的例 5 $v-t$ 图坐标纸

(3)通过对实验结果的分析，该同学认为：随着运动速度的增加，小车所受的空气阻力将变大，你是否同意他的观点？请根据 $v-t$ 图像简要阐述理由。

参考答案：(1)之前；(2)如图 11 所示；(3)同意，理由略（见下面分析）。

【例 6】(2016 年高考江苏卷第 11 题)某同学用如图 9 所示的装置验证机械能守恒定律。一根细线系住钢球，悬挂在铁架台上，钢球静止于 A 点，光电门固定在 A 的正下方。在钢球底部竖直地粘住一片宽度为 d 的遮光条。将钢球拉至不同位置由静止释放，遮光条经过光电门的挡光时间 t 由计时器测出，取 $v = \frac{d}{t}$ 作为钢球经过 A 点时的速度。记录钢球每次下落的高度 h 和计时器示数 t ，计算并比较钢球在释放点和 A 点之间的势能变化大小 ΔE_p 与动能变化大小 ΔE_k ，就能验证机械能是否守恒。

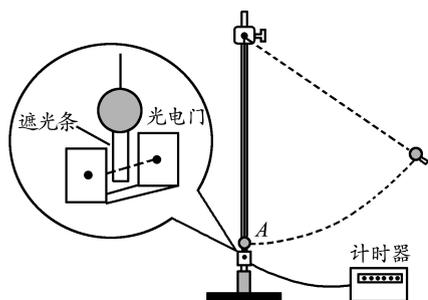


图9 “解释”要素的例6题图

(1)用 $\Delta E_p = mgh$ 计算钢球重力势能变化的大小,式中钢球下落高度 h 应测量释放时的钢球球心到_____之间的竖直距离.

- A. 钢球在 A 点时的顶端
B. 钢球在 A 点时的球心
C. 钢球在 A 点时的底端

(2)用 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 计算钢球动能变化的大小,用刻度尺测量遮光条宽度,示数如图 10 所示,其读数为_____cm. 某次测量中,计时器的示数为 0.010 0 s,则钢球的速度 $v =$ _____m/s.

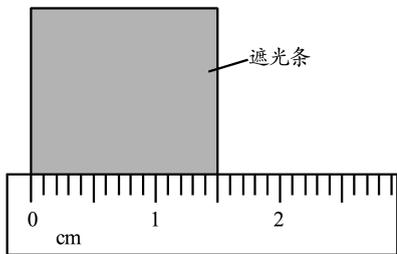


图10 “解释”要素的例6遮光条宽度图

(3)表 2 为该同学的实验结果.

表2 某同学验证机械能守恒实验结果

$\Delta E_p (\times 10^{-2} \text{ J})$	4.892	9.786	14.69	19.59	29.38
$\Delta E_k (\times 10^{-2} \text{ J})$	5.04	10.1	15.1	20.0	29.8

他发现表中的 ΔE_p 与 ΔE_k 之间存在差异,认为这是由于空气阻力造成的. 你是否同意他的观点? 请说明理由.

(4)请你提出一条减小上述差异的改进建议.

参考答案:(1)B;(2)1.50 m/s;(3)不同意,若是空气阻力造成的,则 ΔE_k 应小于 ΔE_p ,根据表格数据知 ΔE_k 大于 ΔE_p ,故不是空气阻力造成的;(4)计算 ΔE_k 时,应将 $v_{\text{遮}}$ 折算成 $v_{\text{球}}$,即 $v_{\text{球}} = \frac{l}{L}v_{\text{遮}}$ (l 与 L 分别表示球心位置和光电门位置与悬挂点间的距离).

科学探究“解释”要素的 5 级水平表述如下:能

对数据进行初步整理(水平 1);能对数据进行整理,得到初步结论(水平 2);能分析数据,发现特点,形成结论,尝试用已有的物理知识进行解释(水平 3);能分析发现其中规律,形成合理的结论,用已有的物理知识进行解释(水平 4);能用多种方法分析数据,发现规律,形成合理的结论,用已有的物理知识进行科学解释(水平 5)^[1].

由于科学探究“解释”类试题中的描述与科学探究“解释”要素的 5 级水平表述比较一致,只要仔细分析,便不难确定水平层次.

如例 5 中(2)“请根据实验数据作出小车的 $v-t$ 图像”需要学生“根据数据描点,并按照趋势连成平滑曲线,如图 11 所示”,因从图线可得到定性结论,但还没有“形成结论,尝试用已有的物理知识进行解释”,属于“能对数据进行整理,得到初步结论”(水平 2).

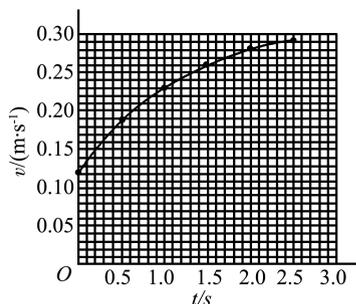


图11 “解释”要素的例5答案图

例 5 中(3)“通过对实验结果的分析,该同学认为:随着运动速度的增加,小车所受的空气阻力将变大,你是否同意他的观点? 请根据 $v-t$ 图像简要阐述理由”需要学生“(1)考虑摩擦力与速度无关并已经被平衡;(2)在运动方向进行受力分析:小车受拉力和空气阻力;结合 $v-t$ 图像分析:速度越大时,加速度越小;结合牛顿第二定律可知小车受到的合力越来越小,说明小车受空气阻力越大,与高速运动物体更加注重外形流线形设计吻合”,上述解释分析推理过程清晰和确定,并不存在“尝试用已有的物理知识进行解释”(水平 3)的情况,属于“能分析发现其中规律,形成合理的结论,用已有的物理知识进行解释”(水平 4).

例 6 中(3)“他发现表中的 ΔE_p 与 ΔE_k 之间存在差异,认为这是由于空气阻力造成的. 你是否同意他的观点? 请说明理由”,(4)“请你提出一条减小上述差异的改进建议”,需要学生“(1)根据表格数据分析; ΔE_k 大于 ΔE_p ;(2)根据功能关系分析:若是空气



电磁感应中含容电路的问题设置误区

——从一道错题谈起

张冰杰

(贵阳市第二中学 贵州 贵阳 550001)

(收稿日期:2021-02-09)

摘要:电磁感应教学中有教师会让学生记忆电荷量与磁通量变化量、导体棒切割运动的位移成正比的结论。以一道含容电路试题为例,分析指出电磁感应含容电路问题中该结论的错误,并提供了正确的设问范例。

关键词:电磁感应 含容电路 问题设置

在电磁感应的问题中,不少教师认为流过电路的电荷量与磁通量的变化量成正比,但是在含容电路中这个结论是否成立还要看具体的情境设置,下面以一道题的错误解析为例加以分析阐述。

1 试题内容及错误解析

【例题】如图1所示,固定放在同一水平面内的两根平行长直金属导轨的间距为 L ,其左端接有电容为 C 的电容器,整个装置处在竖直向下的匀强磁场中,磁感应强度为 B 。一导体杆垂直于导轨放置,且与两导轨接触良好,导体杆的电阻为 R ,其余电阻不计,现给导体杆一个水平向右的速度,当导体

杆滑过距离 x 后速度保持不变,则导体杆的最终速度为()

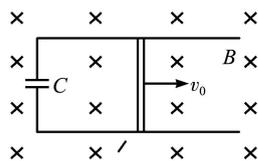


图1 试题图

- A. $\frac{x}{CR}$ B. $\frac{x}{BR}$ C. $\frac{Cx}{BLR}$ D. $\frac{Bx}{CLR}$

解析:流过导体杆的电荷量为

$$q = \bar{I}t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BLx}{R} \quad (1)$$

阻力造成的,则 ΔE_k 应小于 ΔE_p ; (3)在该实验中所求的速度是遮光片上与光电门等高处这一点的速度,而不是小球的速度,通过装置结构分析,可知二者之间的速度略有差别; (4)运动分析:小球与遮光片都做圆周运动,它们具有相等的角速度 ω ,根据角速度与线速度之间的关系 $v = \omega r$,可知,小球的速度与遮光片的速度之间的关系为 $\frac{v_{球}}{v_{遮}} = \frac{l}{L}$,其中 l 与 L 分别表示球心位置和光电门位置与悬挂点间的距离,测量得到的值大于真实值,与实验相符。”上述分析过程充分体现“能用多种方法分析数据,发现其中规律,形成合理的结论,应用已有物理知识进行科学解释(水平5)”。

4 结束语

科学的试题应有明确的素养测试目标,其命制应与核心素养水平划分的要求相对应。将科学探究的每个素养划分为5个水平,为分析试题的功能建

立“坐标系”^[2],帮助师生认识试题的功能和育人价值,达到科学命题的目的。体现“科学探究”素养的试题多以开放性试题或者实验题的形式出现,试题的情境具有一定的问题性、探究性、开放性。通过学生在应对复杂现实情境,参与相应探究学习活动中的外在表现来考查物理科学探究的核心素养。通过分析其考查水平,引导教师根据学科素养的水平层次设计试题的难度、合理的梯度,使试题设计的素养要素和水平能力相对应^[3],从而落实学生物理学科核心素养的课程目标,为高校选拔合适的人才。

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(2018年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018. 78~80
- 2 袁张瑾,梁旭. 基于核心素养要素和水平的试题分析[J]. 中学物理,2020(10):61~63
- 3 张昊旻,沈兰. 物理学科核心素养中的“科学探究”水平研究[J]. 物理教学,2019(12):48~52