

## 物理真题解析

2023年北京高中学业水平等级考  
物理卷典型试题评析(五)

北辰

(续 1743 期第 10 版)

【2023 年高考物理原题 16】用频闪照相记录平抛小球在不同时刻的位置,探究平抛运动的特点。

(1)关于实验,下列做法正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 选择体积小、质量大的小球  
B. 借助重锤线确定竖直方向  
C. 先抛出小球,再打开频闪仪  
D. 水平抛出小球

(2)图 1 所示的实验中,A 球沿水平方向抛出,同时 B 球自由落下,借助频闪仪拍摄上述运动过程。图 2 为某次实验的频闪照片。在误差允许范围内,根据任意时刻 A、B 两球的竖直高度相同,可判断 A 球竖直方向做\_\_\_\_\_运动;根据\_\_\_\_\_ ,可判断 A 球水平方向做匀速直线运动。

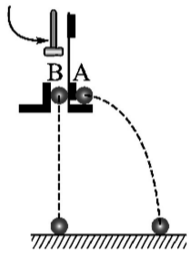


图 1

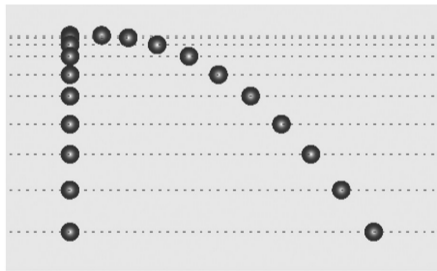


图 2

(3)某同学使小球从高度为 0.8 m 的桌面水平飞出,用频闪照相拍摄小球的平抛运动(每秒频闪 25 次),最多可以得到小球在空中运动的\_\_\_\_\_个位置。

(4)某同学实验时忘了标记重锤线方向。为解决此问题,他在频闪照片中,以某位置为坐标原点,沿任意两个相互垂直的方向作为  $x$  轴和  $y$  轴正方向,建立直角坐标系  $xOy$ ,并测量出另外两个位置的坐标值  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ ,如图 3 所示。根据平抛运动规律,利用运动的合成与分解的方法,可得重锤线方向与  $y$  轴间夹角的正切值为\_\_\_\_\_。

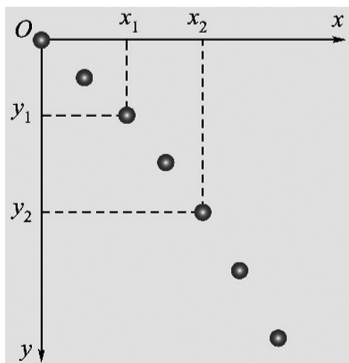


图 3

【分析】从题目设计的角度看,本题全面完整地体现了课标的要求。本题的考查逻辑为通过实验探究得出平抛运动的特点,然后考查平抛运动规律的应用和平抛运动所涉及的运动的合成与分解方法的

深入理解和应用。

等级性考试考查实验,尤其是考查已知结论的探究性实验,在近年来的等级性考试中,不断创新和发展,兼顾实验考查和学生创新能力考查的同时,在实验考查时不设藩篱,不囿于教材中的实验。通过创新实验考查的方式,为选拔出真正具有创新性的人才做出新的尝试和突破。

本题意在引导一线教学在关注知识和技能的基础上,更多地关注核心素养的要素,更好地组织学生进行交流和讨论,包括问题的提出、探究方案的设计、数据收集和整理、结论的得出及解释、存在的问题及反思等。整道题在 2013 年和 2019 年考查“探究平抛运动的特点”的基础上,对平抛的考查稳中有进,由较为传统的实验方案推进到利用频闪对比研究自由落体和平抛运动的方案,由较为常规的考查深化为对实验的深入理解。同时在方法层面,在传承 2022 年 20 题对磁感应强度的分解的基础上考查对运动的合成与分解。

该题设计的第(1)问是想区分学生是否真正做过该实验,只要对该实验的实验目的清晰,就容易选出 ABD 选项。其中的选项 C 为先抛出小球,再打开频闪仪,不符合操作规范,因为自由落体时间短导致无法获取实验所需要的数据。第(2)问先设计了在误差允许范围内,根据任意时刻 A、B 两球的竖直高度相同,判断 A 球竖直方向做自由落体运动,为学生作答下一问做了示范,要求学生为 A 球在水平方向做匀速直线运动寻找证据,即 A 球任意相邻位置的水平间距相等。第(3)问在前两问的基础上,利用平抛运动的规律来估算频闪照片中小球的位置个数。题中没有给出重力加速度的具体值,学生可以取  $g=10\text{m/s}^2$ ,根据  $h=\frac{1}{2}gt^2$  得  $t=0.4\text{s}$ ,如果在小球开始平抛的同时频闪,结合每秒频闪 25 次可得小球在空中做平抛运动时最多能有 11 个位置,如果开始平抛时没有拍摄到第一个,则最多有 10 个位置。实际情况取  $g=9.8\text{m/s}^2$ ,根据  $h=\frac{1}{2}gt^2$  得  $t=0.4041\text{s}$ ,结合每秒频闪 25 次可得小球在空中做平抛运动时最多能有 11 个位置。第(4)问考查学生能否利用运动的合成与分解解决复杂的问题。学生在处理实验数据时发现没有标记重垂线的方向,实验过程中生成了真实问题——如何获得重垂线的方向。学生在研究匀变速直线运动、探究加速度与物体受力、物体质量的关系、验证机械能守恒定律等实验中处理纸带求加速度的方法非常熟练,能否创造性地将这种合成与分解的思想方法进行迁移,对学生提出了很高的要求。

分别计算  $x$  方向和  $y$  方向的加速度。

$$x:(x_2 - x_1) - x_1 = gT^2, y:(y_2 - y_1) - y_1 = gT^2,$$

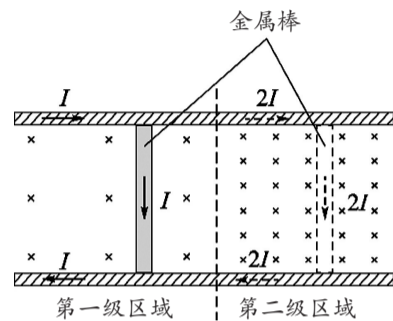
$$\text{解得 } \tan \theta = \frac{g_x}{g_y} = \frac{x_2 - 2x_1}{y_2 - 2y_1}.$$

鉴于图示中  $x_2 < 2x_1$ , 中学物理中不涉及负角度,

$$\tan \theta = \frac{2x_1 - x_2}{y_2 - y_1} \text{ 也正确。}$$

【2023 年高考物理原题 18】2022 年,我国阶段性建成并成功运行了“电磁撬”,创造了大质量电磁推进技术的世界最高速度纪录。

一种两级导轨式电磁推进的原理如图所示。两平行长直金属导轨固定在水平面,导轨间垂直安放金属棒。金属棒可沿导轨无摩擦滑行,且始终与导轨接触良好。电流从一导轨流入,经过金属棒,再从另一导轨流回,图中电源未画出。导轨电流在两导轨间产生的磁场可视为匀强磁场,磁感应强度  $B$  与电流  $i$  的关系式为

 $B = ki$  ( $k$  为常量)。金属棒被该磁场力推动。

当金属棒由第一级区域进入第二级区域时,回路中的电流由  $I$  变为  $2I$ 。已知两导轨内侧面间距为  $L$ ,每一级区域中金属棒被推进的距离均为  $s$ ,金属棒的质量为  $m$ 。求:

- (1)金属棒经过第一级区域时受到安培力的大小  $F$ 。  
(2)金属棒经过第一、二级区域的加速度大小之比  $a_1 : a_2$ 。  
(3)金属棒从静止开始经过两级区域推进后的速度大小  $v$ 。

【参考答案】

(1)根据安培力公式有  $F = BIL = kI^2L$

(2)根据牛顿第二定律有  $a_1 = \frac{kI^2L}{m}, a_2 = \frac{k(2I)^2L}{m}$

得  $a_1 : a_2 = 1 : 4$

(3)根据动能定理有  $kI^2L \cdot s + k(2I)^2L \cdot s = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

得  $v = I \sqrt{\frac{10kLs}{m}}$

【分析】2022 年,我国阶段性建成并成功运行了“电磁撬”,“电磁撬”可以将吨级以上的物体加速到 286m/s,创造了大质量电磁推进技术的世界最高速度纪录。采用电磁推进技术建造的“电磁撬”设施,具有推力大、响应快、精确可控等突出优势,为高速地面交通、航空飞行器等高速先进装备的研发打下基础。“电磁撬”采用的原理与电磁炮、电磁弹射技术相似,都是电磁推进技术。

本题以一种两级导轨式电磁推进的原理为情境,紧密结合电磁推进原理,结合学生所学电磁学、力学知识,充分考查了学生对相关知识的理解、掌握情况,以及运用相关知识处理、解决问题的能力。从物理学科核心素养角度,主要涉及“物理观念”中的运动与相互作用观,以及“科学思维”中的模型构建和科学推理等要素的考查。

题目首先在两级导轨式电磁推进的原理基础上引导学生建模,学生要将“磁场中通电导体棒运动”的模型迁移到问题解决中来,但其与学生熟知的模型有两点不同:第一,金属棒在每一个区域中的电流是不同的;第二,磁场是导轨中的电流形成的。为了帮助学生建模,题目在图示和表述上做了一些简化处理,两级导轨式电磁推进器是在多源轨道电磁炮的基础上做了简化处理。同时为了不失“多源”的特色,题目情境创设中留下了“两级”。

多源长管轨道炮与单一电源的轨道炮相比,具有如下优点:(1)在全部加速过程中,每个电源提供的电流流经的回路都较短,热损失较小;(2)在加速过程的后期,前端一些电源提供的电流已衰减至零,当弹丸出炮口时,前端电源不会在回路中剩余磁场能,这种炮的转换效率高于简单轨道炮;(3)由于采用多源的形式,故可把炮管做得较长,弹丸可得到充分的加速时间,有利于达到超高速;(4)由一个电源提供的功率,由多个较小容量的电源分担,而小容量电源的技术问题比较容易解决,从而降低了研制难度。

(未完待续)