

评析 2017 年高考全国 II 卷理综物理第 25 题

解玉柱

(大庆市第一中学 黑龙江 大庆 163458)

(收稿日期:2017-06-11)

2017 年的高考物理试题突出了考纲中 5 种能力的考查,体现出学科的核心素养,普遍反映试题对常规教学具有引导作用,但也感到稍难于去年,特别是力电综合的第 25 题涉及的知识点多、关系式多,三问之间在难度上又没有阶梯性,一般的学生第一问就无从入手,导致很多考生答题卡此处一片空白.现评析如下,浅谈几点想法.

【题目】如图 1 所示,两水平面(虚线)之间的距离为 H ,其间的区域存在方向水平向右的匀强电场.自该区域上方的 A 点将质量为 m ,电荷量分别为 q 和 $-q$ ($q > 0$) 的带电小球 M 和 N 先后以相同的初速度沿平行于电场的方向射出.小球在重力作用下进入电场区域,并从该区域的下边界离开.已知 N 离开电场时的速度方向竖直向下;M 在电场中做直线运动,刚离开电场时的动能为 N 刚离开电场时动能的 1.5 倍.不计空气阻力,重力加速度大小为 g .求:

- (1) M 与 N 在电场中沿水平方向的位移之比;
- (2) A 点距电场上边界的高度;
- (3) 该电场的电场强度大小.

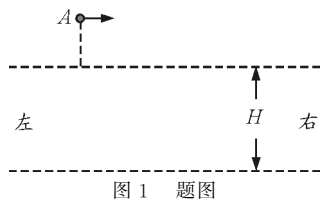


图 1 题图

分析 1:第 1 问“位移之比”用图像法求解更简洁

调查反映:第 1 问“位移之比”就有一大批考生没有解答,原因有 3 点,一是考生们对于曲线运动的分运动解题思路不够清晰和熟练;二是水平初速度大小 v_0 未知,感到没有信心动笔推理下去;三是两

个小球“水平方向上的加速度大小 a_x ,以及在电场中运动的时间 t 相等”的信息没有判断出来,水平初速度 v_0 和 $a_x t$ 的关系就更没有意识到.如果这 3 点都能分析出来,就会依据位移公式

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

或

$$x = \frac{v_0 + v_t}{2} t$$

推理出两个小球水平方向上的位移之比为 3 : 1 了.

但是,如果考生平时有用图像分析运动情形的习惯,“位移之比”从水平方向的速度图像就会直观地看出来.

两个小球从进入电场开始计时,不难画出小球 M 和 N 沿水平方向上的速度图像如图 2 所示.画图时注意:M 和 N 在电场中运动的时间相等;水平方向上的加速度大小相等,即图线倾角 θ 相等.

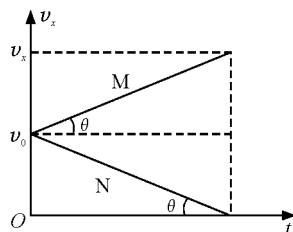


图 2 两小球在电场中沿水平方向上的速度图像

由图像的几何关系不难看出:M 和 N 图线与时间横轴围成的面积之比为 3 : 1,即水平位移之比也为 3 : 1.

如果考生从题干给出的两球“动能关系”开始切入,推理求解水平位移之比就比较麻烦了(后面有述).

分析 2:“电场强度大小”从动能关系求解更容易

从给出的参考答案发现:第3问是利用前两问的结果以及动能定理和其他7个关系式才求出答案的,求解并不简捷,这就是先从运动学入手分析的结果.其实,如果考生一开始从题干“M在电场中做直线运动,刚离开电场时的动能为N刚离开电场时动能的1.5倍”关系入手分析的话,不用前两问的结果,更容易、独立地求出电场强度大小.

设离开电场时M的水平分速度为 v_x ,竖直分速度为 v_y (N的竖直分速度也为 v_y),如图3所示.

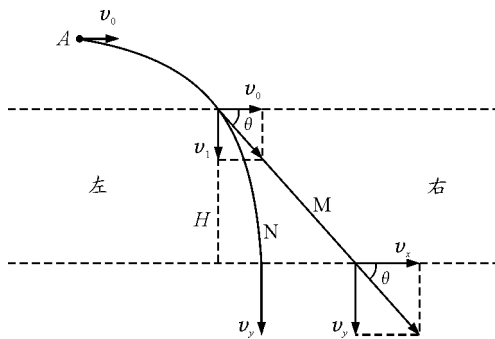


图3 两小球的运动轨迹

由题设条件有

$$\frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2) = 1.5 \times \frac{1}{2}mv_y^2 \quad (1)$$

易得

$$\frac{v_y}{v_x} = \sqrt{2} \quad (2)$$

又因为小球M进入电场后做直线运动,则有

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{mg}{qE} = \sqrt{2} \quad (3)$$

易得

$$E = \frac{mg}{\sqrt{2}q} \quad (4)$$

由此可见,此解答更优于给出的参考答案,因为学生习惯于利用已知信息独立地求出某一个未知量,而不习惯于利用程序法把若干方程联立起来求解几个未知量.可以设想如果命题设置时把此问前移的话,得分率可能会更高一些.

同时,从给出的“动能关系”得出式(3)后,由几何关系不难求出小球M离开电场时水平位移

$$x_1 = \frac{H}{\tan \theta} = \frac{\sqrt{2}}{2}H \quad (5)$$

通过研究小球N的水平和竖直两个分运动,也能求出N离开电场时的水平位移 x_2 ,由位移公式

得,水平方向

$$x_2 = v_0 t - \frac{1}{2}a_x t^2 \quad (6)$$

其中

$$a_x = \frac{qE}{m} = \frac{\sqrt{2}}{2}g \quad v_0 = a_x t$$

竖直方向

$$H = v_1 t + \frac{1}{2}gt^2 \quad (7)$$

其中 v_1 表示小球进入电场时的竖直分速度,且由几何关系得

$$v_1 = v_0 \tan \theta = a_x t \tan \theta$$

式(6)和式(7)联立解得

$$x_2 = \frac{\sqrt{2}}{6}H \quad (8)$$

再由式(5)和式(8)易得

$$x_1 : x_2 = 3 : 1$$

上面较容易、独立地分别求出“电场强度大小”和“水平位移之比”两个未知量,使复杂问题简单化了.

分析3:只研究N便可求出A点距电场上边界的高度 h

关于“A点距电场上边界的高度 h ”,给出的答案是利用第1问的结论,再研究M和N两个小球,最后由5个较复杂的关系式联立求出的.其实,只研究N完全可以求出答案.

竖直方向有

$$v_1^2 = 2gh$$

水平方向有

$$v_0^2 = 2a_x x_2$$

根据几何关系得

$$\tan \theta = \frac{v_1}{v_0} = \sqrt{2}$$

把 $a_x = \frac{\sqrt{2}}{2}g$ 和 $x_2 = \frac{\sqrt{2}}{6}H$ 代入,3个方程联立易

求得

$$h = \frac{1}{3}H$$

同样的问题,切入点不同思路不同.但是,在常规教学中教师应该指导学生,从题干最容易着手的点切入推理判断,以最优的求解方案得出正确结果.