



对2015年高考物理四川卷第10题的探讨

李清明 苟在林

(成都市航天中学校 四川 成都 610101)

(收稿日期:2017-04-04)

摘要: 高考物理力电综合题历来是学生感觉很困难的题,教师也时不时在这些题上出问题,由此就2015年高考四川卷第10题进行了深入研究,对命题中出现的问题进行讨论,并提出相关建议.

关键词: 高考试题 想当然 死循环 探讨

2015年高考过去快两年了,前几天在给高三学生评讲高考物理四川卷第10题时,却发现一个问题,此题是一道典型的力电综合试题,可以明显看出因为2014年最后两题难度太大受到各方吐槽,且2014年最后一题条件限定不严出现争议(此问题我们讨论很多,有教师后来在《物理通报》2015年第5期上专门发表了文章),2015年出题者在第10题明显做出了降低难度的举措,但同样条件限定不严而出现问题.本题设计了一个变力做功的模型,但是因为有了力随速度变化的关系表格,学生没能理清全程变力做功的关系,连命题者也没理清清楚,只考虑到了一种特殊情况.

1 题目

如图1所示,粗糙、绝缘的直轨道 OB 固定在水平桌面上, B 端与桌面边缘对齐, A 是轨道上一点,过 A 点并垂直于轨道的竖直面右侧有大小为 $E=1.5 \times 10^6 \text{ N/C}$,方向水平向右的匀强电场.带负电的小物体 P 电荷量是 $2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$,质量 $m=0.25 \text{ kg}$,与轨道间动摩擦因数 $\mu=0.4$. P 从 O 点由静止开始向右运动,经过 0.55 s 到达 A 点,到达 B 点时的速度是 5 m/s ,到达空间 D 点时速度与竖直方向的夹角为 α ,且 $\tan \alpha=1.2$. P 在整个运动过程中始终受到水平向右的某外力 F 作用, F 大小与 P 的速率 v 的关系如表1所示. P 视为质点,电荷量保持不变,忽略空气阻力,取 $g=10 \text{ m/s}^2$.求:

(1) 小物体 P 从开始运动至速率为 2 m/s 所用的时间;

(2) 小物体 P 从 A 运动至 D 的过程,电场力做的功.

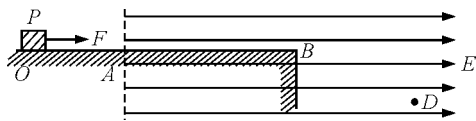


图1 题图

表1 力与速度的关系

$v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$0 \leq v \leq 2$	$2 < v < 5$	$v \geq 5$
F/N	2	6	3

解析:

(1) 物体 P 在水平桌面上运动时,竖直方向上只受重力 mg 和支持力 N 作用,因此其滑动摩擦力大小为

$$f = \mu mg = 1 \text{ N} \quad (1)$$

根据表格数据可知,物体 P 在速率 $v=0 \sim 2 \text{ m/s}$ 时,所受水平外力

$$F_1 = 2 \text{ N} > f$$

因此,在进入电场区域之前,物体 P 做匀加速直线运动,设加速度为 a_1 ,不妨设经时间 t_1 速度为 $v_1=2 \text{ m/s}$,还未进入电场区域.

根据匀变速直线运动规律有

$$v_1 = a_1 t_1 \quad (2)$$

根据牛顿第二定律有

$$F_1 - f = ma_1 \quad (3)$$

由式(1)、(2)联立解得

$$t_1 = 0.5 \text{ s} < 0.55 \text{ s}$$

所以假设成立.

即小物体 P 从开始运动至速率为 2 m/s 所用的时间为 $t_1 = 0.5 \text{ s}$.

(2) 小物体 P 从速率为 2 m/s 运动至 A 点, 受外力 $F_2 = 6 \text{ N}$, 设其做匀变速直线运动的加速度为 a_2 , 则

$$F_2 - \mu mg = ma_2 \quad (4)$$

设小物体 P 从速度 v_1 经过 Δt_2 时间, 在 A 点的速度为 v_2 , 则

$$\Delta t_2 = 0.55 \text{ s} - \Delta t_1 \quad (5)$$

$$v_2 = v_1 + a_2 \Delta t_2 \quad (6)$$

小物体 P 从 A 点至 B 点, 受外力 $F_2 = 6 \text{ N}$, 电场力和滑动摩擦力的作用, 设其做匀变速直线运动的加速度为 a_3 , 电荷量为 q , 在 B 点的速度为 v_3 , 从 A 点至 B 点的位移为 x_1 , 则

$$F_2 - \mu mg - qE = ma_3 \quad (7)$$

$$v_3^2 - v_2^2 = 2a_3 x_1 \quad (8)$$

小物体 P 以速度 v_3 滑出轨道右端 B 点, 设水平方向受外力为 F_3 , 电场力大小为 F_E , 有

$$F_E = F_3 \quad (9)$$

F_3 与 F_E 大小相等方向相反, 小物体 P 水平方向所受合力为零, 所以, 小物体 P 从 B 点开始做初速度为 v_3 的平抛运动. 设小物体 P 从 B 点运动至 D 点用时为 Δt_3 , 水平位移为 x_2 , 由题意知

$$\frac{v_3}{g \Delta t_3} = \tan \alpha \quad (10)$$

$$x_2 = v_3 \Delta t_3 \quad (11)$$

设小物体 P 从 A 点至 D 点电场力做功为 W , 则

$$W = -qE(x_1 + x_2) \quad (12)$$

联立以上各式并代入数据得 $W = -9.25 \text{ J}$.

2 本题的争议和建议

从命题者给出的答案看, 命题者和广大教师学生一样都想当然地认为: 小物体 P 从 A 运动到 B 做匀加速直线运动, 从而算出 AB 之间的距离为 1 m , 从而求出小物体从 A 到 D 电场力做的功为 -9.25 J . 事实上这只是一特殊情况, 如果 AB 之间的距离大于 1 m 时, 物体将先做匀加速直线运动 1 m , 速度达到 5 m/s 时, 向右的外力将变为 3 N , 小物体必减速, 则速度又小于 5 m/s , 向右的外力又将变为 6 N , 小物体又会加速运动到 5 m/s ; 之后向右的外力会反复在 6 N 和 3 N 之间变化, 速度在等于 5 m/s 和略

小于 5 m/s 之间变化. 即近似于以 5 m/s 的速度匀速运动, 其速度-时间图像如图 2 所示.

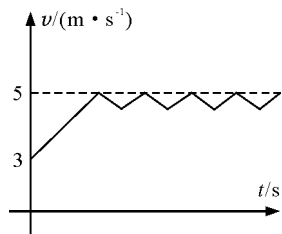


图 2 速度-时间图像

那么 AB 之间的距离大于等于 1 m 都可以, 则电场力做的功为 -9.25 J 至负无穷大都可以. 显然出现上述情况并非出题者的本意, 造成这种情况的原因就是认为 B 点是空间位置的转折点, 速度 5 m/s 又是力从 6 N 变 3 N 的转折点, 从而想当然地认为物体从 A 点到 B 点物体一直受 6 N 的外力, 物体一直做匀加速直线运动. 建议将原题中“到达 B 点时速度是 5 m/s ”改为“物体从 A 加速到 B 时, 速度恰好达到 5 m/s ”. 命题的科学性马虎不得, 严密的思维方能保证试题的科学性. 绝不想当然, 从而在简单问题上犯低级错误.

3 启示

从本题可以看出复杂物理过程一直以来是高考物理的必考内容, 设计此类题的一大特点就是注重考查学生把复杂物理过程分解成高中物理教学中的几种基本运动模型的能力, 注重考查学生对基本运动模型的掌握情况, 特别体现考查学生的综合运用能力, 每年的高考试卷均有体现. 所以在平时的教学中我们要有意识地加强这方面的训练, 以期逐步提高学生的这种能力.

通常情况下复杂物理过程中各段过程物体受力情况都是由时间或空间来限定, 物体的运动情况将简单一些. 命题者打破常规把本题设计成不同速率段的受力情况不同, 命题者的思路是在 3 段空间上设置 4 段基本运动, 在 OA 段通过加上时间来限定成两段匀加速运动, 在 AB 段加上初末速度来限定成一段匀加速运动, 在 BD 通过加上空间高度来限定成一段类似平抛运动. OA 和 BD 的限定是成功的, 但 AB 段的限定失败了. 由 F 大小与物体的速率 v 关系及初末速度是无法确定物体的运动时间和空

(下转第 117 页)

转动动能与总机械能之比为

$$\frac{E_{\text{转3}}}{E} = \frac{\frac{1}{4}(nn'^2 + n + 1)mv_{\text{C3}}^2}{\frac{1}{4}(nn'^2 + 3n + 3)mv_{\text{C3}}^2} = \frac{(nn'^2 + n + 1)}{(nn'^2 + 3n + 3)} \quad (20)$$

根据所制作的麦克斯韦滚摆相关参数:滚摆的总质量 260.51 g,其中摆轴质量 28.03 g;摆盘质量 232.48 g;摆轮直径 14.270 cm,铜轴直径 0.649 2

cm.依据该仪器相关参数可得: $n = 8.294$ (摆盘质量与摆轴质量之比), $n' = 21.981$ (摆盘半径与摆轴半径之比),若选择麦克斯韦滚摆运动至最低位置时,可得平动动能与总能量、转动动能与总能量之比分别为 0.002 62 和 0.995 4.由此可见,滚摆运动至最低点时,其能量主要是转动动能.

参考文献

- 1 顾建中.力学教程.北京:人民教育出版社,1980
- 2 周衍柏.理论力学教程.北京:高等教育出版社,1986

Theory Study on the Motion Law of the Maxwell Roll Pendulum

Chu Ruochao Zhang Rui bo

(College of Information and Electrical Engineering, College of City,
Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310015)

Abstract: This paper proves that the roll, the potential energy in the process of movement of translational energy and rotational energy is transformed into each other, and the total mechanical energy is conserved law; rolling pendulum movement to the end, the expression of kinetic energy of rotational kinetic energy is derived, and the relationship with the total energy, and according to the self rolling parameters calculated the result.

Key words: Maxwell roll pendulum; the center of mass acceleration; conservation of mechanical energy; energy allocation

(上接第 114 页)

间关系的.像本题一样物体加速后力变小,力变小后又减速,减速后力又变大,力变大后又加速,之后不断重复这样的过程.这就进入了一死循环,就使得 AB 之间的距离可以取无穷大,运动时间可以无限

长.所以设计此类问题时限定条件应尽可能严密.

以上是笔者对 2015 年高考物理四川卷第 10 题的一些肤浅的认识,聊以抛砖引玉,若有异议望不吝指出.

Discussion on the 10th Question of the Physics Sichuan Volume of the College Entrance Examination in 2015

Li Qingming Gou Zailin

(the space middle school of chengdu, sichuan province, Chengdu, Sichuan 610101)

Abstract: Students always feel difficult on the physical force electric comprehensive topic of the college entrance examination, and teachers often have problems on these topic from time to time. In this paper, the 10th volume of the college entrance examination of the Sichuan province in 2015 will be studied, Furthermore, the problem in the thesis will be discussed and some advice will be given.

Key words: high test; take it for granted; Infinite loop; discussion