

2016年高考四川物理压轴题的多种解法^{*}

邹勤 代伟 王玉涵

(西华师范大学物理与空间科学学院 四川南充 637002)

(收稿日期:2016-10-18)

摘要:通过对2016年高考四川物理压轴题多种解法的讨论,希望与广大同行进行交流。在高中物理教学中,培养学生勤于思考、善于思考的习惯,而一题多解不仅可以开拓学生的思维,还可以提高学习物理的兴趣,有利于培养高素质人才。

关键词:高考 压轴题 解法

2016年是四川省高考改革承上启下的一年,在这一年,四川省分步推进使用全国卷,语文、文综、外语听力以及外国语种使用全国卷,而其他科目则最后一次使用过渡卷。相对往年,2016年的理科综合物理过渡卷内容更加贴近全国卷,特别是最后3道计算题,贴近生活的真实情景,深入挖掘生活中的物理知识和物理现象。

第11题历来作为理科综合物理部分压轴题,2016年继续延续往年对电磁学内容的综合考查,物理情景复杂,对考生综合分析和计算的能力要求较高。

1 第11题原题再现及解析

【原题】(2016年高考四川理综卷物理第11题)如图1所示,图面内有竖直线 DD' ,过 DD' 且垂直于图面的平面将空间分成Ⅰ,Ⅱ两区域。区域Ⅰ有方向竖直向上的匀强电场 E_1 和方向垂直于图面的匀强磁场 B (图中未画出);区域Ⅱ有固定在水平地面上高 $h=2l$,倾角 $\alpha=\frac{\pi}{4}$ 的光滑绝缘斜面,斜面顶端与直线 DD' 距离 $s=4l$,区域Ⅱ可加竖直方向大小不同的匀强电场(图中未画出);C点在 DD' 上,距地面高 $H=3l$ 。零时刻,质量为 m ,带电荷量为 q 的小球P在K点具有大小 $v_0=\sqrt{gl}$,方向与水平面夹角 $\theta=\frac{\pi}{3}$ 的速度,在区域Ⅰ内做半径 $r=\frac{3l}{\pi}$ 的匀速圆

周运动,经C点水平进入区域Ⅱ。某时刻,不带电的绝缘小球A由斜面顶端静止释放,在某处与刚运动到斜面的小球P相遇。小球视为质点,不计空气阻力及小球P所带电荷量对空间电磁场的影响。 l 已知, g 为重力加速度。

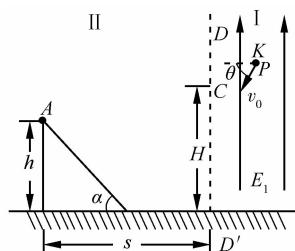


图1 题图

- (1) 求匀强磁场的磁感应强度 B 的大小;
- (2) 若小球A和P在斜面底端相遇,求释放小球A的时刻 t_A ;

$$(3) \text{若小球 } A \text{ 和 } P \text{ 在时刻 } t = \beta \sqrt{\frac{l}{g}} (\beta \text{ 为常数})$$

相遇于斜面某处,求此情况下区域Ⅱ中匀强电场的场强 E ,并讨论场强 E 的极大值和极小值及相应的方向。

参考答案:

- (1) 由题知,在区域Ⅰ内小球P带正电,在竖直方向受力满足 $E_1 q = mg$,因此洛伦兹力提供向心力,小球P在区域Ⅰ内做半径 $r = \frac{3l}{\pi}$ 的匀速圆周运

* 四川省研究生教育改革创新项目,项目编号:445001

作者简介:邹勤(1992-),女,在读硕士研究生,研究方向为学科(物理)教学。

指导教师:代伟(1964-),男,教授,硕士生导师,主要从事大学物理实验教学与研究。

动,则

$$m \frac{v_0^2}{r} = qv_0 B$$

代入数据后解得

$$B = \frac{m\pi}{3lq} \sqrt{gl}$$

第一问比较简单,学生只要知道是洛伦兹力提供小球做圆周运动的向心力就能代入公式将题完全答对,第一问几乎没什么难度.

(2) 小球P在区域I做匀速圆周运动时转过的圆心角为 θ ,运动到C点的时刻为 t_c ,到达区域底端的时刻为 t_1 ,则有

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{\theta r}{v_0} = \frac{\frac{\pi}{3} \cdot \frac{3l}{\pi}}{\sqrt{gl}} = \sqrt{\frac{l}{g}} \\ s - h \cot \alpha &= v_0(t_1 - t_c) \\ t_1 &= \frac{s - h \cot \alpha}{v_0} + t_c = \\ &\frac{4l - 2l}{\sqrt{gl}} + \sqrt{\frac{l}{g}} = 3\sqrt{\frac{l}{g}} \end{aligned}$$

小球A释放后沿斜面运动,加速度为 a_A ,与小球P在时刻 t_1 相遇于斜面底端,有

$$\begin{aligned} mg \sin \alpha &= ma_A \\ a_A &= g \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} g \\ \frac{h}{\sin \alpha} &= \frac{1}{2} a_A (t_1 - t_A)^2 \end{aligned}$$

联立以上方程解得

$$t_A = (3 - 2\sqrt{2}) \sqrt{\frac{l}{g}}$$

(3) 设所求电场方向向下,在 t_A' 时刻释放小球A,小球P在区域II运动加速度为 a_P ,有

$$\begin{aligned} s &= v_0(t - t_c) + \frac{1}{2} a_A (t - t_A')^2 \cos \alpha \\ mg + qE &= ma_P \\ H - h + \frac{1}{2} a_A (t - t_A')^2 \sin \alpha &= \frac{1}{2} a_P (t - t_c)^2 \end{aligned}$$

联立相关方程解得

$$E = \frac{(11 - \beta^2)mg}{q(\beta - 1)^2}$$

对小球P的所有运动情形讨论可得

$$3 \leq \beta \leq 5$$

由此可得场强极小值 $E_{\min} = 0$;场强极大值为 $E_{\max} = \frac{7mg}{8q}$,方向竖直向上.

2 其他解法

2.1 第二小问的其他解法

A球沿斜面加速下滑过程中,设小球A和P在 $t = \beta \sqrt{\frac{l}{g}}$ 相遇于斜面某处时,A球速度为 v_t ,由动能定理也可以对问题进行求解.

由动能定理得

$$\begin{aligned} mgh &= \frac{1}{2}mv_t^2 \\ v_t &= a(t - t_A) \\ a &= g \sin \alpha \end{aligned}$$

联立以上方程解得

$$t_A = (3 - 2\sqrt{2}) \sqrt{\frac{l}{g}}$$

2.2 第三小问的其他解法

解法1:

P球进入区域II的运动是做类平抛运动,因此,第三小问求区域II中匀强电场的场强也可用类平抛运动的知识进行求解.

由第二问可知

$$t_c = \frac{\theta r}{v_0} = \sqrt{\frac{l}{g}}$$

P球进入区域II做类平抛运动,令做类平抛运动的时间为 t_P ,则

$$t_P = t - t_c = (\beta - 1) \sqrt{\frac{l}{g}}$$

设小球A和P在 $t = \beta \sqrt{\frac{l}{g}}$ 相遇时,小球P做类平抛的水平距离为 x ,则

$$x = v_0 t_P = (\beta - 1)l$$

则P球下落的高度

$$\Delta h = H - [h - (s - x)] \tan \alpha = (6 - \beta)l$$

$$\text{且 } \Delta h = \frac{1}{2} a t_P^2$$

$$\text{得 } a = \frac{12 - 2\beta}{(\beta - 1)^2} g$$

$$mg - qE = ma$$

联立方程求解可得

$$E = \frac{(11 - \beta^2)mg}{q(\beta - 1)^2}$$

解法2:

要讨论场强E的极大值和极小值及相应的方向,可以采用极值法进行求解,由题意可知,小球A

和 P 在斜面相遇的极端位置为斜面顶端和斜面底端,故分别对这两个极端位置进行讨论.

当两小球相遇于顶端时,令小球 P 在区域Ⅱ运动的高度为 h_1 ,水平距离为 s_1 ,运动加速度为 a_1 ,有

$$h_1 = H - h$$

$$s_1 = s = v_1 t_1$$

$$h_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

联立方程求解可得

$$t_1 = 4 \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$a_1 = \frac{1}{8} g$$

则 $\beta_1 = 5$, E_1 方向一定向上. 小球 P 在区域Ⅱ竖直方向受力,由牛顿第二定律得

$$mg - qE_1 = ma_1$$

则 $E_1 = \frac{7mg}{8q}$

当两小球相遇于底端时,令小球 P 在区域Ⅱ运动的高度为 h_2 ,水平距离为 s_2 ,运动加速度为 a_2 ,有

$$h_2 = H$$

$$s_2 = s - h \cot \frac{\pi}{4}$$

$$h_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

联立方程求解可得

$$t_2 = 2 \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$a_2 = \frac{3}{2} g$$

则 $\beta_2 = 3$, E_2 方向一定向下. 小球 P 在区域Ⅱ竖直方向受力,又由牛顿第二定律得

$$mg + qE_2 = ma_2$$

则

$$E_2 = \frac{mg}{2q}$$

综上所述,可得 E 的范围

$$\frac{mg}{2q} \leq E \leq \frac{7mg}{8q}$$

3 思考与讨论

在笔者看来,高考除了考查学生对基础知识的掌握情况,从某种意义上讲更是在考查学生对实际问题的处理能力. 伴随着新一轮课程改革的大力推行,发展学生综合能力,培养全面高素质人才逐渐成为人才培养的新目标. 本文通过对2016年高考四川省理科综合物理部分第11题解法展开讨论,希望与关注物理高考的同行们交流,同时又表明笔者对于高中物理教学的一种态度——多重思维. 一题多解不仅可以开拓学生的思维,而且可以提高学生对物理的学习兴趣. 文中的多种解题思路,相较于原题解,可能形式上感觉步骤更多,但它对学生的逻辑思维能力要求相对较低,这可以帮助中等学习成绩的学生更好、更清晰地理解压轴题的解题思路和解题过程.

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(实验). 北京: 人民教育出版社, 2003. 10 ~ 11
- 2 宋丽霞, 马昌法. PTA量表在中学物理探究活动中的应用. 物理教师, 2009, 30(5): 6 ~ 8
- 3 叶兵. 提出问题能力评价策略初探. 物理教学, 2010, 32(9): 38 ~ 40
- 4 江爱国. 例谈新课标下如何建构物理表现性评价. 物理教学探讨, 2009, 27(1): 19 ~ 20

Several Solution Methods on Physics Last Question of 2016 Sichuan College Entrance Examination

Zou Qin Dai wei Wang Yuhan

(College of physical and spacial science, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637002)

Abstract: based on physical sichuan college entrance examination, 2016 the last topic discussion of various solution, hope to communicate with the counterparts. In high school physics teaching, cultivate the habit of students thinking, thinking, and more than a problem solution can not only broaden the minds of students, also can improve the students' interest in learning physics, to cultivate high-quality talents.

Key words: college entrance examination; last question; solutions