

## 2017年高考(全国卷 I)物理压轴题的解析与启示

谢影

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241000)

褚华

(芜湖一中 安徽 芜湖 241000)

(收稿日期:2017-06-27)

**摘要:**文章对2017年高考(全国卷 I)物理压轴题进行多种方法的解析,并对安徽省考生的出错点进行了分析,针对考生物理量表征不规范,物理基础知识薄弱,考生的矢量概念没有完全建立及数学的应用能力较为薄弱等问题,提出高中物理教学应加强物理基础知识的教学,注重培养学生运用数学解决物理问题的能力,不断提升学生思维的广阔性.

**关键词:**高考物理 数理结合 物理思维

2017年高考(全国卷 I)物理第25题的物理情景并不复杂,是高中物理练习中常见的先匀加速后匀减速的物理模型改编而成,但阅卷过程中发现考生的得分并不理想,多数的学生只能拿到一半左右的分数(注:满分20分),由于数学运算比较复杂,大多数的考生能列出所需要的关系式,但能准确地求解出增大后的电场强度的考生却少之又少.

## 1 原题与解答过程

真空中存在电场强度大小为  $E_1$  的匀强电场,一带电油滴在该电场中竖直向上做匀速直线运动,速度大小为  $v_0$ ,在油滴处于位置 A 时,将电场强度的大小突然增大到某值,但保持其方向不变.持续一段

时间  $t_1$  后,又突然将电场反向,但保持其大小不变;再持续同样一段时间后,油滴运动到 B 点.重力加速度大小为  $g$ .

(1) 求油滴运动到 B 点时的速度;(6分)

(2) 求增大后的电场强度的大小.为保证后来的电场强度比原来的大,试给出相应的  $t_1$  和  $v_0$  应满足的条件.已知不存在电场时,油滴以初速度  $v_0$  做竖直上抛运动的最大高度恰好等于 B, A 两点间距离的两倍.(14分)

## 1.1 第一小题求解过程

设油滴质量和电荷量分别为  $m$  和  $q$ ,向上为正方向.油滴在电场强度大小为  $E_1$  的匀强电场中做匀速直线运动,故此时油滴所受的电场力方向向上,如

由于 M 在电场中做直线运动,所以进出电场的速度矢量三角形相似,则  $v'_y = 2v_y$ ; 在竖直方向上有  $v_y^2 - 0 = 2gh$  和  $v_y'^2 - 0 = 2g(h + H)$ , 联立得  $h = \frac{H}{3}$ .

$$(3) \text{ 由 } E_{kM} = \frac{3}{2} E_{kN}$$

$$\text{即 } \frac{1}{2} m (v_y'^2 + v_x'^2) = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} m (0 + v_y^2)$$

得

$$v_y' = \sqrt{2} v_y'$$

又

$$\frac{v_y'}{v_x'} = \frac{mg}{qE}$$

解得

$$E = \frac{mg}{\sqrt{2}q}$$

图1所示.

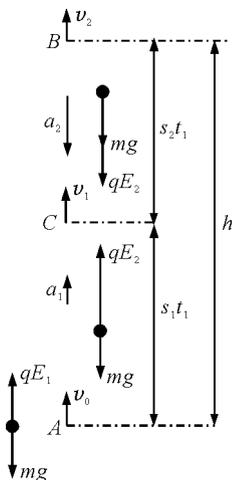


图1 本题过程图

**解法一**(考试中心公布的标准答案,运用动力学知识求解)

在  $t=0$  时,电场强度突然从  $E_1$  增加至  $E_2$  时,油滴做竖直向上的匀加速直线运动,加速度方向向上,大小  $a_1$  满足

$$qE_2 - mg = ma_1 \quad (1)$$

油滴在时刻  $t_1$  的速度为

$$v_1 = v_0 + a_1 t_1 \quad (2)$$

电场强度在时刻  $t_1$  突然反向,油滴做匀变速直线运动,加速度方向向下,大小  $a_2$  满足

$$qE_2 + mg = ma_2 \quad (3)$$

油滴在时刻  $2t_1$  的速度(即 B 点的速度)为

$$v_2 = v_1 - a_2 t_1 \quad (4)$$

由式(1)~(4)得

$$v_2 = v_0 - 2gt_1 \quad (5)$$

**解法二**(运用动量定理求解)

全过程用动量定理,所得关系式为

$$-mg \cdot 2t_1 = mv_2 - mv_0$$

解之,得

$$v_2 = v_0 - 2gt_1$$

对比以上两种解法可以看出,解法二方法更加简捷明快,但第一小题采用了解法二,在第二小题的求解过程中仍然需要列出关系式(1)~(3),因此,两种方法各有优缺.

## 1.2 第二小题求解过程

由题意,在  $t=0$  时刻前有

$$qE_1 = mg \quad (6)$$

油滴从  $t=0$  到  $t_1$  时刻的位移为

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2 \quad (7)$$

油滴在从时刻  $t_1$  到时刻  $2t_1$  的时间间隔内的位移为

$$s_2 = v_1 t_1 - \frac{1}{2} a_2 t_1^2 \quad (8)$$

由题给条件有(下式中  $h$  是 B, A 两点之间的距离)

$$v_0^2 = 2g(2h) \quad (9)$$

若 B 点在 A 点之上,依题意有

$$s_1 + s_2 = h \quad (10)$$

由式(1)~(3)、(6)~(10)得

$$E_2 = \left[ 2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} + \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{gt_1} \right)^2 \right] E_1 \quad (11)$$

为使  $E_2 > E_1$ , 应有

$$2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} + \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{gt_1} \right)^2 > 1 \quad (12)$$

即

$$0 < t_1 < \left( 1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \frac{v_0}{g} \quad (13)$$

或

$$t_1 > \left( 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \frac{v_0}{g} \quad (14)$$

若 B 点在 A 点之下,依题意有

$$s_1 + s_2 = -h \quad (15)$$

由式(1)~(3)、(6)~(9)、(15)得

$$E_2 = \left[ 2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} - \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{gt_1} \right)^2 \right] E_1 \quad (16)$$

为使  $E_2 > E_1$ , 应有

$$2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} - \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{gt_1} \right)^2 > 1 \quad (17)$$

即

$$t_1 > \left( \frac{\sqrt{5}}{2} + 1 \right) \frac{v_0}{g} \quad (18)$$

另一解为负,不符合题意,已舍去.

## 2 考生的出错点分析

### 2.1 物理量表征不规范

题目中已明确指出匀速直线运动时的电场强度大小为  $E_1$ , 但是许多考生在列匀速直线运动的关系式时仍写成  $qE = mg$  或者  $qE_0 = mg$  等表达式, 甚至有些考生写成  $qe = mg$ , 科学表征物理量是物理学习的前提, 这种不规范的表征将会使本来清晰的物理关系变得错综复杂.

### 2.1 物理基础知识薄弱

第一小题很多考生分不清动能定理和动量定理, 解题时竟列出如下关系式

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = Eq t_1 - mgt_1$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - mg2t_1$$

在阅卷过程中这种混淆动能定理和动量定理的现象屡见不鲜. 也有考生写出  $qE = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $mg = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $F_{安} = qE$  等方程式. 这些错误集中地反映出考生高中物理基础知识的薄弱.

### 2.3 考生的矢量概念没有完全建立

有的考生在解答第一问时写出如下方程

$$F_{电} - mg = ma_1$$

$$v_1 = v_0 - a_1 t_1$$

$$F_{电} + mg = ma_2$$

$$v_2 = v_1 + a_2 t_1$$

从而解出

$$v_2 = v_0 + 2gt_1$$

还有些同学用动量定理解题时列出

$$mg \cdot 2t_1 = mv_2 - mv_0$$

以上这些错误都集中反映出考生没有完全建立起矢量意识, 把具有矢量性质的物理公式或定理当成了标量式.

### 2.4 数学至物理的迁移障碍

大部分的考生在解答过程中基本关系式都能根据题意列出, 但是能由式(1)~(3)、(6)~(10)、(15)推导出式(11)、(16)的考生却屈指可数, 这说明很多考生由数学至物理的迁移存在障碍. 在此补

充这一推导过程.

结合式(1)~(3)、(7)~(10)、(15), 可得出

$$\left(v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2\right) + (v_0 + a_1 t_1) t_1 - \frac{1}{2} (a_1 + 2g) t_1^2 = \pm \frac{v_0^2}{4g}$$

即

$$2v_0 t_1 + a_1 t_1^2 - gt_1^2 = \pm \frac{v_0^2}{4g}$$

左右两边同时除以  $gt_1^2$ , 可得

$$2 \frac{v_0}{gt_1} + \frac{a_1}{g} - 1 = \pm \frac{v_0^2}{4g^2 t_1^2}$$

又因为

$$qE_2 - mg = ma_1$$

$$qE_1 = mg$$

得出

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{a_1 + g}{g} = \frac{a_1}{g} + 1$$

即

$$\frac{a_1}{g} = \frac{E_2}{E_1} - 1$$

代入, 得

$$E_2 = \left[2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} \pm \frac{v_0^2}{4g^2 t_1^2}\right] E_1$$

由式(12)推导式(13)、(14)的过程如下:

当B点在A点之上时, 又由题知  $E_2 > E_1$ , 因此

$$2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} + \frac{v_0^2}{4g^2 t_1^2} > 1$$

即

$$\frac{1}{4} \left(\frac{v_0}{gt_1}\right)^2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} + 1 > 0$$

函数图像如图2所示, 因此有

$$\frac{v_0}{gt_1} > 4 + 2\sqrt{3}$$

或者

$$0 < \frac{v_0}{gt_1} < 4 - 2\sqrt{3}$$

由此得出

$$0 < t_1 < \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \frac{v_0}{g}$$

或

$$t_1 > \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \frac{v_0}{g}$$

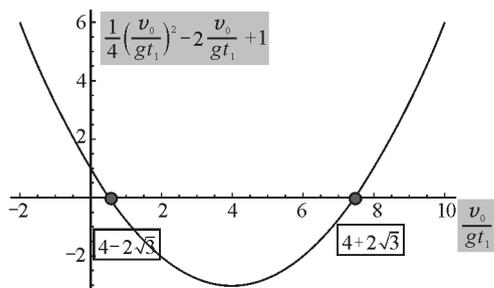


图2 B点在A点之上时的函数图像

由式(16)推导式(18)的过程如下:

当B点在A点之下时

$$2 - 2 \frac{v_0}{gt_1} - \frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{gt_1} \right)^2 > 1$$

即

$$\frac{1}{4} \left( \frac{v_0}{gt_1} \right)^2 + 2 \frac{v_0}{gt_1} - 1 < 0$$

函数图像如图3所示,因此有

$$0 < \frac{v_0}{gt_1} < 2\sqrt{5} - 4$$

也即

$$t_1 > \left( \frac{\sqrt{5}}{2} + 1 \right) \frac{v_0}{g}$$

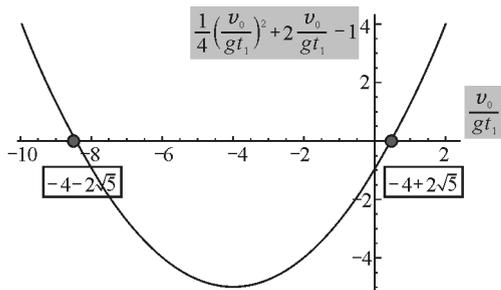


图3 B点在A点之下时的函数图像

### 3 对物理教学的启示

#### 3.1 加强物理基础教学

几天的阅卷感受颇深的就是存在大量的考生,物理基础知识仍然存在着较大的缺陷,比如对动能定理与动量定理混淆不清,力与能的概念混淆不清等等。作为考生,复习备考中打下坚实的基础,做到理论上融会贯通,分析问题时才能科学准确。作为物理教师,在教学中对学生加强物理基础知识的训练仍然是一个刻不容缓的任务。基础知识和基本理论是高考之“魂”,抛开基础知识,就是背离了高考的原

则,更谈不上能力的提高。

#### 3.2 培养学生运用数学解决物理问题的能力

数学是研究物理学的重要工具,高中物理教学中有时需要用比较复杂的数学推理来解决物理问题,例如本题利用解方程的方法求解变化后的电场强度。不仅如此,实际的运动更是极其复杂的,很多物理问题的求解都要用到大量的数学知识,面对学生运用数学解决物理问题的能力短板,教师要加强培养学生运用数学解决物理问题的能力<sup>[1]</sup>。然而作为物理教师也不能以考查和训练学生的数学运算能力为目的,在讲例题和指导解题时,首要的是教会学生准确清晰地想象物理过程,而后教会他们把这些过程用数学方程、图形、图像、或图标描绘出来,再其次才是运算<sup>[2]</sup>。

#### 3.3 培养学生思维的广阔性

思维的广阔性着重表现于能全方位、多角度地考查问题,全面而客观地认识事物的本质<sup>[3]</sup>。从考生实际对本题的答题情况来看,能考虑到有两种情况的考生少之又少,这也从一个侧面反映考生思维的单一性,缺乏对一个问题的全方位的、多角度的思维品质。

思维是智力活动的核心部分,人与人之间的思维存在一定的差异,但是人们的思维品质是可以逐渐培养的,在物理教学中,培养学生的思维能力是教学的重要部分<sup>[4]</sup>。所以,我们建议在高中物理教学中,要通过一题多解、一题多变、多题归一<sup>[5]</sup>的教学方式,培养学生思维的广阔性。

#### 参考文献

- 1 彭洁,程在起. 2015年安徽高考理综物理试题第24题的解析与启示. 物理教学, 2016, 38(3): 67 ~ 69
- 2 杨富文. 正确理解“培养学生运用数学,解决物理问题的能力”. 课程·教材·教法, 1985(5): 60 ~ 61
- 3 孙大君. 运用实验变式,培养思维能力. 课程·教材·教法, 1998(1): 51 ~ 53
- 4 刘俊. 物理教学中培养学生思维品质的策略. 中学物理教学参考, 2016, 45(5): 22 ~ 23
- 5 褚华,李杨生. 从试题的演变,看多变归一. 物理教师, 2015, 36(6): 91 ~ 93