

密切联系教材 彰显核心素养

——2018年下半年浙江省物理选考压轴题鉴赏与拓展

俞国富

(杭州师范大学附属中学 浙江 杭州 310030)

(收稿日期:2018-11-28)

摘要:以2018年下半年浙江省物理选考压轴题第23题为例,对该题进行分析、拓展,寻找高考命题与核心素养的深层次联系,并探寻物理教学策略。

关键词:高考试题 核心素养 教学策略

2018年下半年浙江省物理选考第23题是一道电学综合题.在回旋加速器的基础上进行了改变,是一道传统的带电粒子在电磁场中的运动问题.它考查了牛顿第二定律、向心力公式、动能定理等知识点,覆盖面广,综合性强.试题陈题新出,颇有创新意识.笔者通过详细研究发现本题的设问还有各种多样性,似乎意犹未尽,现略加以拓展,旨在抛砖引玉,引起各位同行作深入的讨论,从而在物理教学中更好地培养学生的核心素养。

1 原题呈现

【题目】小明受回旋加速器的启发,设计了如图1所示的“回旋变速装置”.两相距为 d 的平行金属栅极板 M 和 N ,板 M 位于 x 轴上,板 N 在它的正下方.两板间加上如图2所示的幅值为 U_0 的交变电压,周期 $T_0 = \frac{2\pi m}{qB}$.板 M 上方和板 N 下方有磁感应强度大小均为 B ,方向相反的匀强磁场.粒子探测器位于 y 轴处,仅能探测到垂直射入的带电粒子。

有一沿 x 轴可移动、粒子出射初动能可调节的粒子发射源,沿 y 轴正方向射出质量为 m ,电荷量为 q ($q > 0$)的粒子. $t=0$ 时刻,发射源在 $(x, 0)$ 位置发射一带电粒子.忽略粒子的重力和其他阻力,粒子在电场中运动的时间不计。

(1)若粒子只经磁场偏转并在 $y = y_0$ 处被探测

到,求发射源的位置和粒子的初动能;

(2)若粒子两次进出电场区域后被探测到,求粒子发射源的位置 x 与被探测到的位置 y 之间的关系。

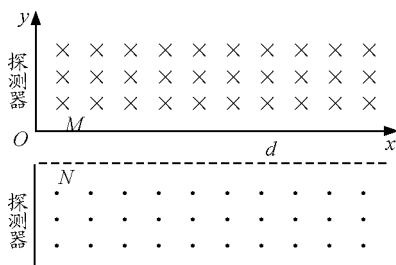


图1 回旋变速装置示意图

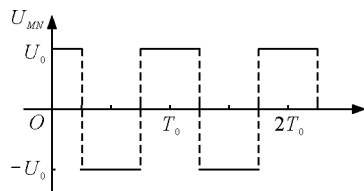


图2 两极板间所加电压随时间的变化

本题的特点,源于教材,但又高于教材,在书本回旋加速器内容的基础上加以变化,又是一个传统的带电粒子在电磁场中的运动问题.学生感觉并不陌生,符合中学生的口味,不失为一道好的压轴题.本题的一大亮点是进行变化后(在第2问中)带电粒子两次进出电场区域存在几种可能的情况.学生经常会丢三落四,只讨论一种情景而失分.这一提问考查了学生思维的严密性,对物理教学中培养学生良好的思维提出了更高的要求,彰显物理学科核心素

养的命题导向,对教师的教学和学生的学习具有引领和指导作用.

2 试题拓展

本题的设问还可以拓展,笔者认为可以从粒子给定发射的初位置 x_0 和初动能 E_{k_0} 出发求解最后的出射位置. 以下是试题拓展的几种情况.

(1) 给定发射的初位置 x_0 和初动能 E_{k_0} , 求最后的出射位置 y (不一定垂直 y 轴出射) —— 正向思维的例子.

1) 若 $E_{k_0} < qU_0$

a. 若 $x_0 < \frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB}$

$$y = \sqrt{2x_0 \frac{\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} - x_0^2}$$

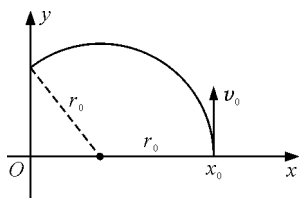


图3 情况1)a的粒子轨迹图

b. 若 $\frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} < x_0 < \frac{4\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB}$

粒子的轨迹图如图4所示,则

$$y = \sqrt{6x_0 \frac{\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} - x_0^2 - \frac{16mE_{k_0}}{(qB)^2}}$$

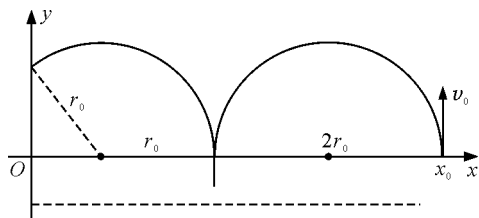


图4 情况1)b的粒子轨迹图

c. 若 $\frac{4\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} < x_0 < \frac{4\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} + \frac{2\sqrt{2m(E_{k_0} + qU_0)}}{qB}$

粒子的轨迹图如图5所示,则

$$y = -d - \left[2 \left(x_0 - 4 \frac{\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{\sqrt{2m(E_{k_0} + qU_0)}}{qB} - \left(x_0 - 4 \frac{\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

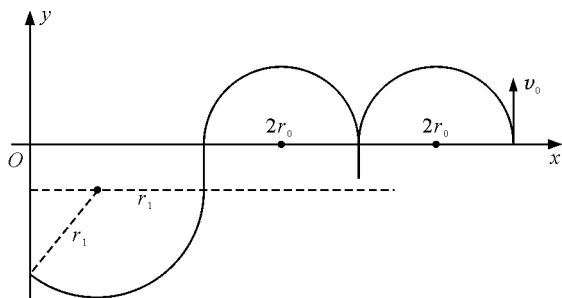


图5 情况1)c的粒子轨迹图

d. 若

$$\frac{4\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} + \frac{2\sqrt{2m(E_{k_0} + qU_0)}}{qB} < x_0 < \frac{4\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} + \frac{2\sqrt{2m(E_{k_0} + qU_0)}}{qB} + \frac{2\sqrt{2m(E_{k_0} + 2qU_0)}}{qB}$$

粒子的轨迹图如图6所示,同理可得

$$y = \sqrt{r_2^2 - (x_0 - r_2 - 2r_1 - 4r_0)^2}$$

其中

$$\begin{aligned} r_0 &= \frac{\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} \\ r_1 &= \frac{\sqrt{2m(E_{k_0} + qU_0)}}{qB} \\ r_2 &= \frac{\sqrt{2m(E_{k_0} + 2qU_0)}}{qB} \end{aligned}$$

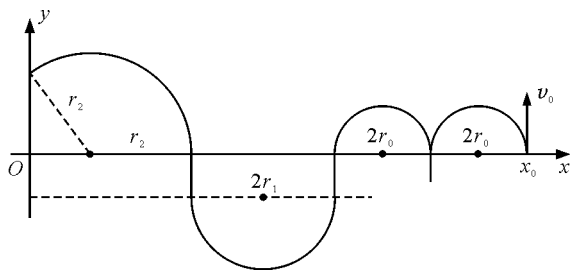


图6 情况1)d的粒子轨迹图

e. 在上述基础上,随着 x 的增大,后续都是加速,依次在 y 轴正向与负向射出,可以给出入射位置区间的分段.

2) 若 $qU_0 < E_{k_0} < 2qU_0$, 则初始位置 x_0 也可在以下几个区间变化,现给出粒子的运动轨迹. 同样可求得 y 的结果,限于篇幅,不再展开.

a. 若 $x_0 < \frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB}$

则粒子轨迹图如图 7 所示.

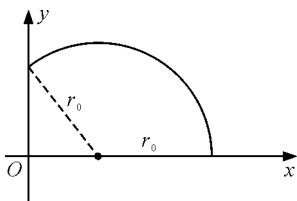


图 7 情况 2)a 的粒子轨迹图

b. 若 $\frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} < x_0 < \frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} + \frac{2\sqrt{2m(E_{k_0} - qU_0)}}{qB}$

则粒子轨迹图如图 8 所示.

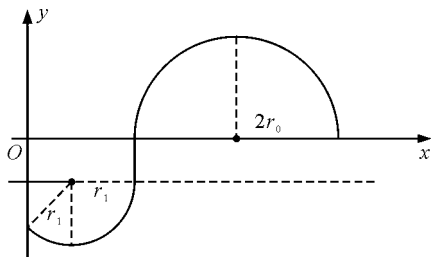


图 8 情况 2)b 的粒子轨迹图

c. 若 $\frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} + \frac{2\sqrt{2m(E_{k_0} - qU_0)}}{qB} <$

$$x_0 < \frac{2\sqrt{2mE_{k_0}}}{qB} + \frac{4\sqrt{2m(E_{k_0} - qU_0)}}{qB}$$

则粒子轨迹图如图 9 所示.

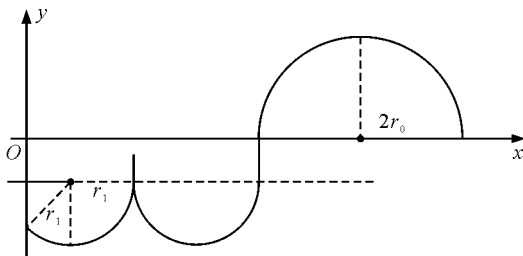


图 9 情况 2)c 的粒子轨迹图

d. 上述基础上,随着 x 的增大,后续都是加速,依次在 y 轴正向与负向射出,可以给出入射位置区间的分段.

(2) 假定发射的初位置 x_0 很远,远离探测器,给定初动能 E_{k_0} ,求动能随时间的变化——正向思维的例子.

设 $nqU_0 < E_{k_0} < (n+1)qU_0$, n 为非负整数,动能分布呈现阶梯状, $0 \sim \frac{T_0}{2}$ 时为 E_{k_0} , $\frac{T_0}{2} \sim T_0$ 为 $E_{k_0} - qU_0, \dots$ 表达式为

$$E_k = \begin{cases} E_{k_0} - mqU_0, & \frac{mT_0}{2} < t < \frac{(m+1)T_0}{2} \text{ 且 } 0 \leq m < n (m=0,1,2,\dots,n-1) \\ E_{k_0} - nqU_0, & \frac{nT_0}{2} < t < \frac{(n+2)T_0}{2} \\ E_{k_0} - nqU_0 + mqU_0, & \frac{(n+m+1)T_0}{2} < t < \frac{(n+m+2)T_0}{2} (m=1,2,\dots,n) \end{cases}$$

3 试题启示

3.1 注重物理教材上原有素材的复习

从第 23 题压轴题的分析和拓展可以看出,书本上回旋加速器的基本原理必须搞清楚,只有这样才能把问题加以拓展,加以迁移,所以围绕教材,夯实基础,重视课本中的基本模型是物理教学的立足点,更是学生形成物理观念的灵魂所在.

3.2 注重迁移 强化建模

高考压轴题强调理论联系实际,要求考生把实际情景转化为物理模型.这就要求物理教学中注重知识的联系,善于对比不同的问题,利用知识的迁移、科学的思维,通过建模过程解决各种问题.

3.3 注重物理核心素养的渗透与落实

高考物理压轴题非常注重在物理观念、科学思维、科学探索方面的考查.因此,我们在教学中要经常设置一些来源于生活实际、科技应用的问题情境.在学生探索解决问题中,能够渗透科学思维方法,建立正确的模型来加以解决,从而让学生深刻体验科学探究的愉悦过程.

参考文献

- 李华君,黄沛华. 核心素养导向的高考物理试题情境创设. 物理教师, 2017, 38(5): 75 ~ 78
- 陈海,陈丽珊. 围绕高考试题落实高中物理学科核心素养的培养. 中学物理教学参考, 2016(14): 21 ~ 22