

2024 年全国高考新课标卷理综物理压轴题解法探究 及教学的启示

马振华

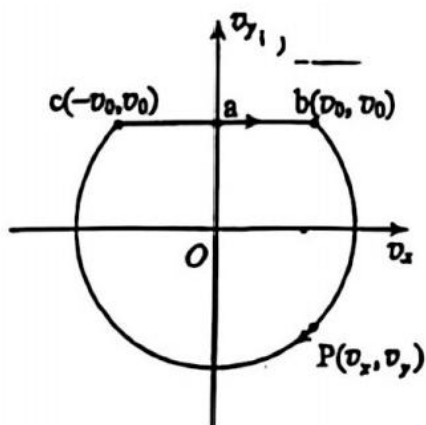
曲靖市第一中学 云南 曲靖 655000

摘要：2024 年高考新课标卷理科综合 26 题考查了带电粒子在电磁组合场中的运动，此类问题是教学的重点也是高考的热点。这类问题在教学和备考中师生均投入大量时间和精力，一般的问题学生还是比较熟悉的，但该题在情景的设计中，命题者匠心独到的更新给题方式，题目没有给出带电粒子在组合场中的运动情景或运动示意图，给出的是粒子运动的速度变化规律，学生不能将速度规律转化为运动情境，从题意中提取有用信息，找出已知、未知及隐含条件，排除干扰因素；建立实际情景和相关物理知识的联系，利用熟悉的物理模型及物理规律、列方程求解。致使这道题无所适从、到处碰壁，导致失分严重。鉴于此，文章用通用方法对该题分析解答，研究学生解题难点突破方法，探讨了该题对教学的一些启示。

关键词：理综；压轴题解法；教学思考

一、原题再现

【2024 年全国新课标理综 26】一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的带电粒子始终在同一水平面内运动，其速度可用图示的直角坐标系内一个点 $P(v_x, v_y)$ 表示， v_x 、 v_y 分别为粒子速度在水平面内两个坐标轴上的分量。粒子出发时 P 位于图中 $a(0, v_0)$ 点，粒子在水平方向的匀强电场作用下运动， P 点沿线段 ab 移动到 $b(v_0, v_0)$ 点；随后粒子离开电场，进入方向竖直、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场， P 点沿以 O 为圆心的圆弧移动至 $c(-v_0, v_0)$ 点；然后粒子离开磁场返回电场， P 点沿线段 ca 回到 a 点。已知任何相等的时间内 P 点沿图中闭合曲线通过的曲线长度都相等。不计重力。求：

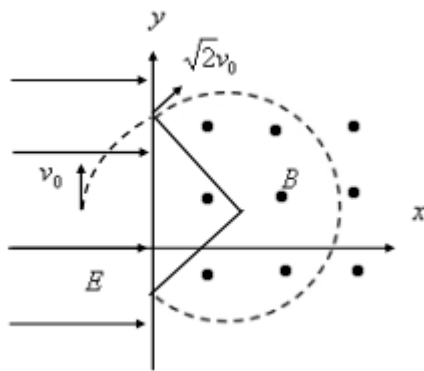


- (1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期；
- (2) 电场强度的大小；
- (3) P 点沿图中闭合曲线移动 1 周回到 a 点时，粒子位移的大小。

二、试题分析

(一) 物理情景构建：

建立直角坐标系，粒子出发时 P 位于图中 $a(0, v_0)$ 点，粒子在水平方向的匀强电场作用下运动， P 点沿线段 ab 移动到 $b(v_0, v_0)$ 点；即粒子在 xoy 平面内某点沿 y 轴正向以 v_0 的初速度，仅在电场力作用下开始运动， y 轴方向速度不变， x 轴方向的速度增加为 v_0 ，之后粒子以 $\sqrt{2}v_0$ 的速度，沿与 x 轴 45° 夹角进入匀强磁场，在磁场中匀速圆周运动，转过角度为 270° 时再次回到匀强电场，此时速度与 x 轴夹角为 135° ，运动示意图如图所示：



(二) 解析：

(1) 设粒子在磁场中运动的轨道半径为 r ，周期为 T ，则有：

$$q\sqrt{2}v_0B = m \frac{(\sqrt{2}v_0)^2}{r}$$

$$r = \frac{\sqrt{2}mv_0}{qB}$$

解得：

$$T = \frac{2\pi r}{\sqrt{2}v_0} = \frac{2\pi m}{qB}$$

(2) 根据题述可知, 由于曲线表示的为速度相应的曲线, 所以 P 点沿图中闭合曲线的加速度相等, 故可得: $\frac{Eq}{m} = \frac{q\sqrt{2}v_0B}{m}$

$$\text{解得: } E = \sqrt{2}v_0B$$

(3) 根据题意分析可知, P 点从 b 到 c 转过 270° 。P 点返回 a 点时, 根据对称性可知, 从 a 到 b 过程中, 粒子做类平抛运动, $v_0 = \frac{Eq}{m}t$

沿 y 方向位移 $y_1 = v_0t$

$$\text{联立解得 } y_1 = \frac{\sqrt{2}mv_0}{2qB}$$

根据几何知识可知, 磁场中圆周运动位移

$$y_2 = \sqrt{2}r = \frac{2mv_0}{qB}$$

由粒子在两次电场中运动的对称性可知移动一周时粒子位移大小为:

$$y = y_2 - 2y_1 = \frac{(2 - \sqrt{2})mv_0}{qB}$$

三、考查方向及情景创新

第 26 题是对带电粒子在电场、磁场中运动规律的考查。解决此类问题的方法学生已基本掌握, 题目在物理情景上创新, 给出带电粒子运动速度 $v_x - v_y$ 变化规律图像, 需要理解变化图象信息, 提取运动情景或运动示意图, 同时要从“任何相等的时间内 P 点沿图中闭合曲线通过的曲线长度都相等”中提取出粒子在电场和磁场中加速度大小相等的信息, 然后结合带电粒子在匀强电场中的匀变速运动规律和匀强磁场中的匀速圆周运动规律来解决问题。

四、学生解题难点突破

(一) 粒子运动情景构建

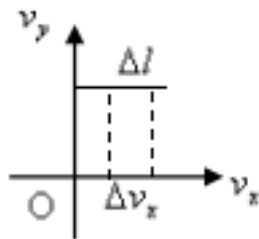
(1) ab 段, 带电粒子在匀强电场中运动, v_x 从 0 均匀增大到 v_0 , $v_y = v_0$ 保持不变, 则粒子沿 x 轴匀加速直线运动, 沿 y 方向匀速直线运动, b 点进入磁场时速度大小为 $\sqrt{2}v_0$, 沿与 x 轴 45° 夹角进入匀强磁场。

(2) bc 段, $v_x = \sqrt{2}v_0 \cos \theta$ 、 $v_y = \sqrt{2}v_0 \sin \theta$, 即 $v_x^2 + v_y^2 = 2v_0^2$, 由此可知, 带电粒子在磁场中匀速圆周运动, 运动速率为 $\sqrt{2}v_0$, 转过 270° 再次回到电场中, c 点时, 速度方向与 x 轴负向夹角为 45° 。

(3) ca 段, 带电粒子 v_x 从 v_0 均匀减小到 0, $v_y = v_0$ 保持不变, 则粒子沿 x 轴匀减速直线运动, 沿 y 方向匀速直线运动。

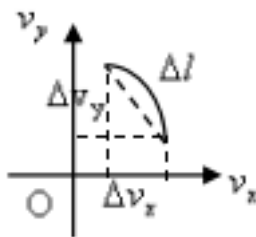
(二) $v_x - v_y$ 图像长度的理解

(1) ab 段, 图像长度 $\Delta l = \Delta v_x$;



(2) bc 段, 取一小段微元,

$$\Delta l = \sqrt{\Delta v_x^2 + \Delta v_y^2} = \Delta v$$



(3) P 点沿图中闭合曲线通过的曲线长度都相等, 即任意相等时间 Δt 相等, 则带电粒子在电场和磁场中运动时加速度大小相等。

五、教学的启示

(一) 教学现状

带电粒子在匀强电场中的匀变速曲线运动问题, 教学时引导学生应用正交分解法, 将曲线运动分解为两个互相垂直的直线运动, 然后依据运动规律构建两个方向的规律方程, 最后解方程解决实际问题。带电粒子在匀强磁场中的匀速圆周运动问题, 教学时引导学生构建洛伦兹力提供粒子圆周运动规律方程, 熟练掌握圆周运动的轨道半径和运动周期的规律, 并会灵活运用规律解决问题。以上两个知识点教学中, 教师引导学生构建运动情景过程不够, 往往直接给出运动情景或运动示意图, 引导学生从物理图像中提取物理信息的能力不够, 学生运用物理规律解决新情景问题的迁移能力缺乏, 学生往往是通过机械记忆或机械刷题形成的定势思维来解决问题, 面对新情景无所适从。

(二) 高考命题导向

2024 年新课标理综卷 26 题依托相应学科课程标准^[1]和考试评价体系^[2], 落实立德树人根本任务, 难度偏难, 知识考查全面, 情景创设丰富, 试题设计新颖, 坚持素养立意, 引导学生夯实知识基础, 强化物理观念考查; 紧密联系生产生活实际, 促进学生探索性、创新性思维品质的培养, 注重科学思维考查,

提升人才选拔培养质量；充分发挥教育评价育人功能和积极导向作用，服务教育强国建设。

（三）教学的启示

从该题的第一问和第二问的设问中我们应受到启示和感悟，在今后的教学中，应以教材为蓝本，以考纲为指导，以打好基础、实现能力的发展为宗旨，对基础知识、基本概念的复习一定要到位，做到概念和规律理解清楚，在夯实基础的前提下同时实现能力的发展。加强物理情境的创设，注重物理观念引导，狠

抓基础知识教学、强化物理思维培养，利用已有的知识解决新情境下的问题，要优化情境设计，增强试题开放性、灵活性，充分发挥分析和解决题的育人功能和导向作用，引导减少死记硬背和“机械刷题”现象^[3-4]。结合实践，培养学生的知识迁移能力，关注学生在实际问题解决中对于物理知识运用的有效性，在实践中提高学生的科学素养；引导学生掌握原理、内化方法，逐渐形成对物理全局性、整体性认识。

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(2017年版2020年修订)[S]. 人民教育出版社, 2020.

[2] 教育部考试中心. 中国高考评价体系[S]. 人民教育出版社, 2020.

[3] 王小军. 物理模型进阶视阈下高考压轴题分析路径探索——以2023年全国乙卷第25题为例[J]. 中学物理教学参考, 2024, 53(07): 73-78.

[4] 陈书策. 对2023年全国高考乙卷物理第25题的深度探究[J]. 物理教师, 2023(7): 75-77.