

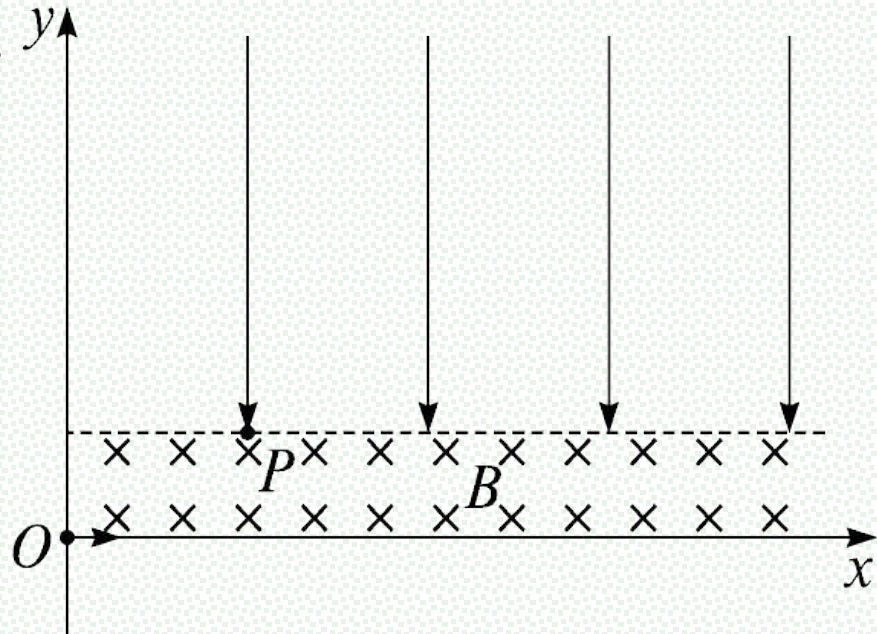
# 第6讲 专题提升 带电粒子在组合场和交变电、 磁场中的运动

## 基础对点练

### 题组一 带电粒子在组合场的运动

1. 如图所示, 坐标系 $xOy$ 的第一象限内有一条平行于 $x$ 轴的虚线, 虚线与 $x$ 轴的距离为 $L$ , 在虚线与 $x$ 轴之间的区域(包括 $x$ 轴上)分布有垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度为 $B$ , 在虚线上方足够大的区域内分布有竖直向下的匀强电场。一质量为 $m$ 、电荷量为 $q$ 的带正电的粒子从坐标原点 $O$ 沿 $x$ 轴正向以某一速度射入磁场, 从 $P(\sqrt{3}L, L)$ 点第一次射入电场, 当粒子在电场中的速度方向第一次沿 $x$ 轴正方向时到达 $Q$ 点(图中未标出),  $Q$ 点到 $y$ 轴的距离为 $2\sqrt{2}L$ 。不计粒子的重力。求:

- (1) 粒子从 $O$ 点射入时的速度大小 $v$ ;
- (2) 电场强度的大小 $E$ 。



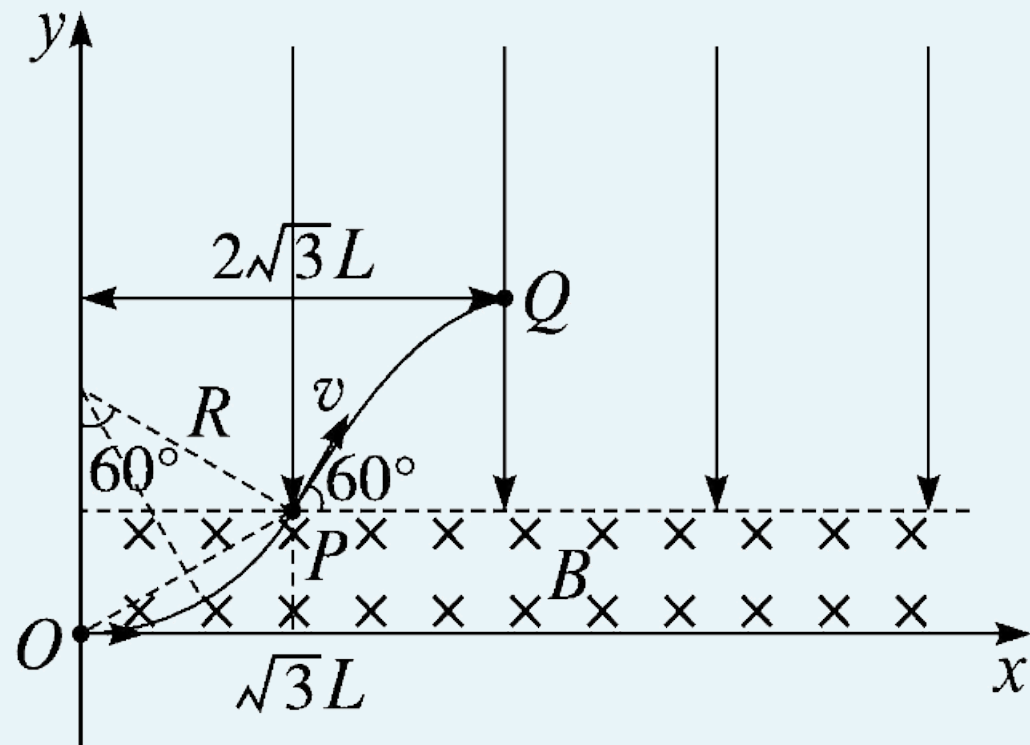
答案 (1)  $\frac{2BqL}{m}$  (2)  $\frac{qLB^2}{m}$

解析 (1)粒子的运动轨迹如图所示,由几何关系可知粒子在磁场中运动半径为  $R=2L$

粒子在磁场中运动,由牛顿第二定律有

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

解得  $v = \frac{2BqL}{m}$ 。



(2) 粒子进入电场以后, 竖直方向做匀减速直线运动, 水平方向做匀速直线运动, 进入电场时, 水平方向的初速度  $v_x$  和竖直方向的初速度  $v_y$  分别为

$$v_x = v \cos 60^\circ$$

$$v_y = v \sin 60^\circ$$

设粒子在电场中运动的时间为  $t$ , 水平方向的位移为  $x = 2\sqrt{3}L - \sqrt{3}L = v_x t$

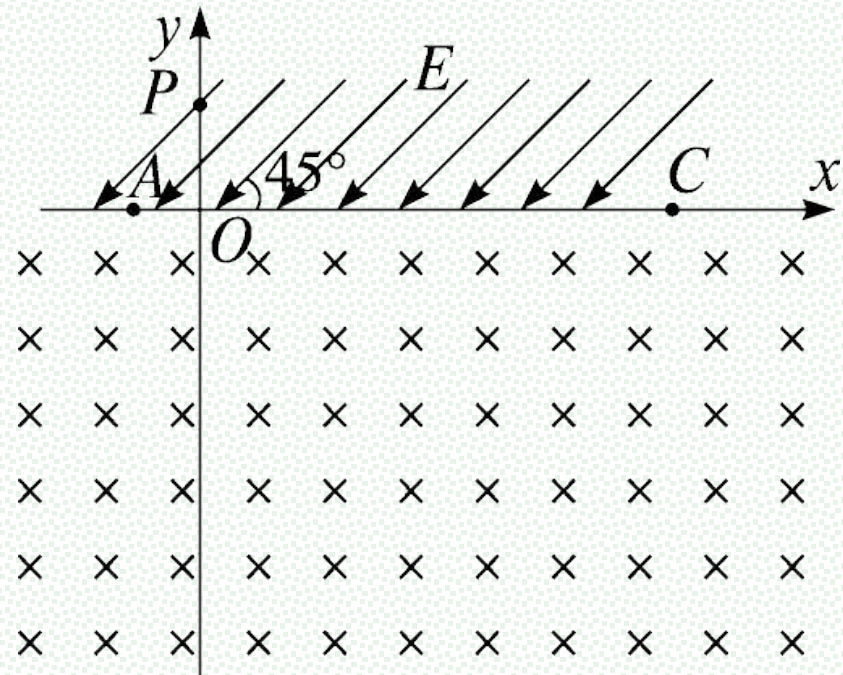
竖直方向的速度满足

$$0 = v_y + at$$

由牛顿第二定律有  $qE = -ma$

联立解得  $E = \frac{qLB^2}{m}$ 。

2. 在如图所示的直角坐标系 $xOy$ 中, $x$ 轴上方存在大小为 $E$ 、方向与 $x$ 轴负方向成 $45^\circ$ 角的匀强电场, $x$ 轴下方存在方向垂直纸面向里的匀强磁场。一质量为 $m$ 、电荷量为 $q$ 的带正电粒子从 $y$ 轴上的点 $P(0, \sqrt{2}L)$ 由静止释放,从 $x$ 轴上的 $A$ 点第一次进入匀强磁场,不计粒子受到的重力。



(1) 求粒子第一次进入磁场的速度大小 $v_A$ 。

(2) 若第一次进入磁场后经第三象限垂直穿过 $y$ 轴进入第四象限,求匀强磁场的磁感应强度大小 $B_1$ 。

(3) 若第一次进入磁场后从 $x$ 轴上的 $C$ 点第一次离开匀强磁场,恰好又从 $A$ 点第二次进入匀强磁场,求匀强磁场的磁感应强度大小 $B_2$ 。

答案 (1)  $2 \sqrt{\frac{EqL}{m}}$  (2)  $\sqrt{\frac{Em}{qL}}$  (3)  $\frac{1}{4} \sqrt{\frac{Em}{qL}}$

解析 (1) 粒子先在电场中加速, 由动能定理得

$$Eq \frac{\sqrt{2}L}{\cos 45^\circ} = \frac{1}{2} m v_A^2$$

故第一次进入磁场的速度  $v_A = 2 \sqrt{\frac{EqL}{m}}$ 。

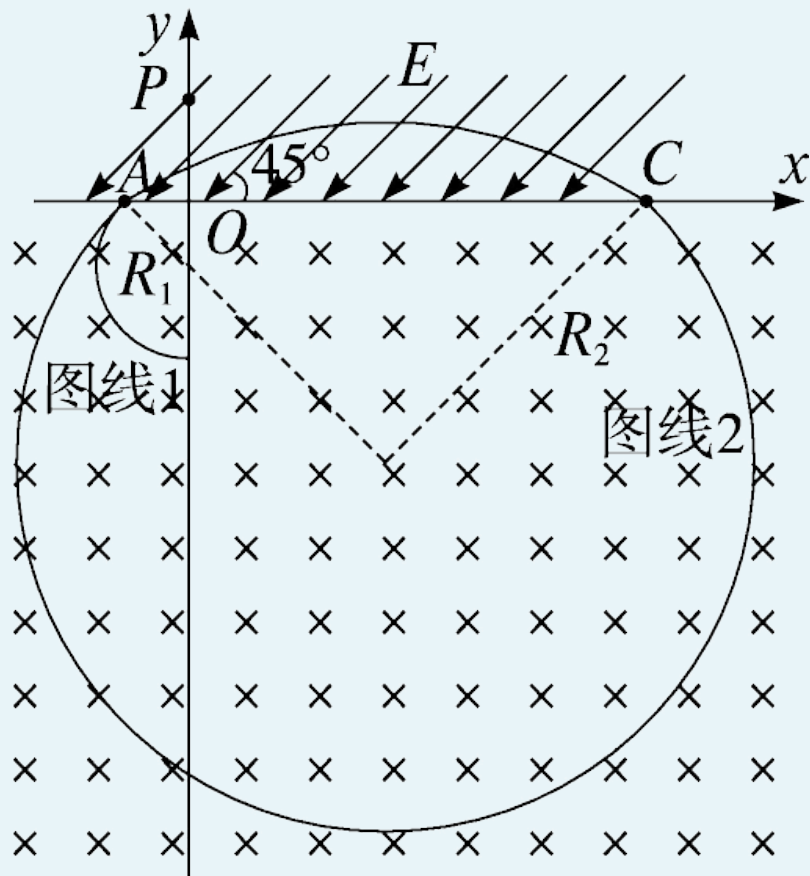
(2)第一次进入磁场后做匀速圆周运动轨迹如图中图线1所示,由几何关系得轨迹半径

$$R_1 = 2L$$

由牛顿第二定律得

$$B_1 q v_A = m \frac{v_A^2}{R_1}$$

解得  $B_1 = \frac{Em}{qL}$ 。



(3)若粒子从A进入磁场经C又回到A的运动轨迹如图中图线2所示,由几何关系可知在C点速度大小仍为 $v_A$ ,方向与x轴负方向成 $45^\circ$ 角,出磁场后做类平抛运动,垂直电场线方向  $L_{AC}\cos 45^\circ=v_A t$

沿电场线方向  $L_{AC}\sin 45^\circ=\frac{1}{2}\frac{Eq}{m}t^2$

解得  $L_{AC}=8\sqrt{2}L$

由几何关系得轨迹半径 $R_2=L_{AC}\sin 45^\circ=8L$

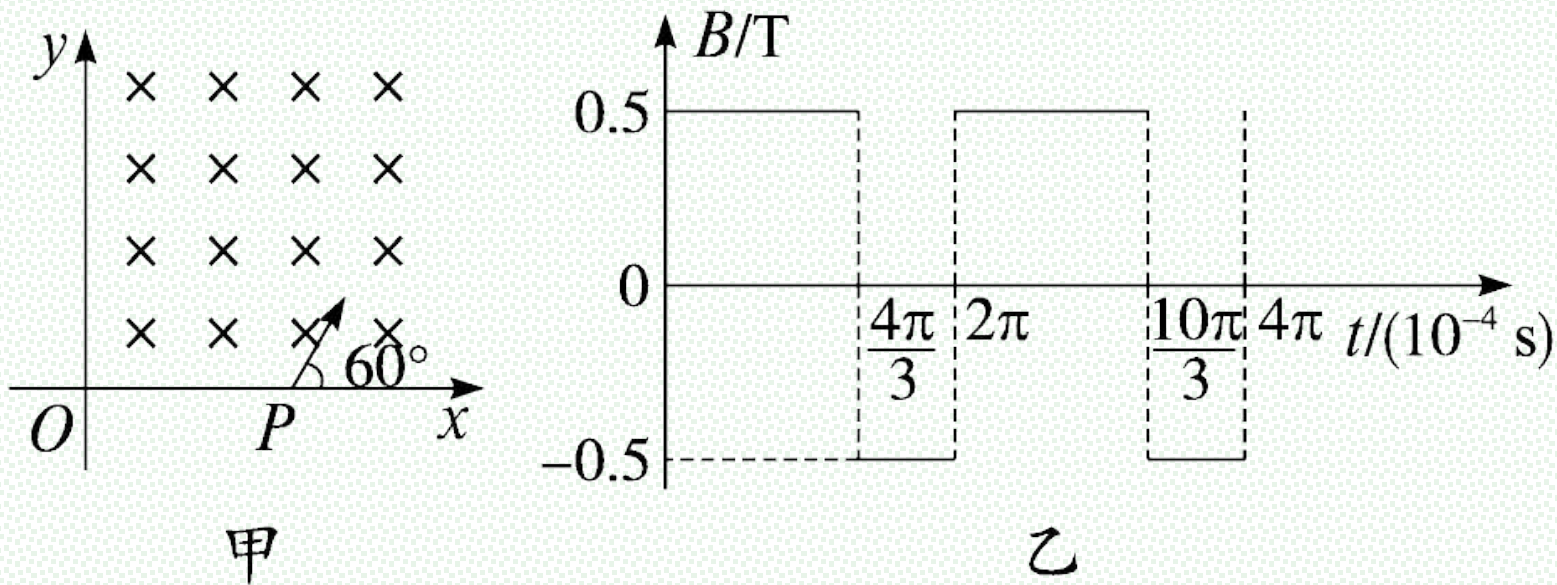
由牛顿第二定律得  $B_2 q v_A = m \frac{v_A^2}{R_2}$

解得  $B_2 = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{Em}{qL}}$ 。



## 题组二 带电粒子在交变电、磁场中的运动

3.(2024河南焦作模拟)如图甲所示,在 $xOy$ 坐标系的第一象限内存在匀强磁场,磁场方向垂直坐标平面,磁感应强度大小 $B$ 随时间变化的关系如图乙所示,在 $t=0$ 时刻有一比荷为 $1 \times 10^4 \text{ C/kg}$ 的带正电粒子从坐标为 $\frac{3\sqrt{3}}{5} \text{ m}, 0$ 的 $P$ 点以初速度 $v_0 = 2 \times 10^3 \text{ m/s}$ 且与 $x$ 轴正方向成 $60^\circ$ 的方向垂直磁场射入。开始时,磁场方向垂直坐标平面向里,不计粒子重力,求:



- (1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径;
- (2) 在时间  $\frac{4}{3}\pi \times 10^{-4} \sim 2\pi \times 10^{-4}$  s 内和时间  $0 \sim \frac{4}{3}\pi \times 10^{-4}$  s 内, 粒子运动轨迹对应的圆心角之比;
- (3) 粒子到达  $y$  轴时与  $O$  点的距离  $s$ 。

**答案** (1) 0.4 m

(2) 1 : 2

(3) 1 m

**解析** (1) 粒子进入磁场后在磁场中做匀速圆周运动, 设轨迹半径为  $R$ , 由洛伦兹力提供向心力有

$$qv_0B = m \frac{v_0^2}{R}$$

解得  $R = \frac{mv_0}{qB} = 0.4 \text{ m}$ 。

(2) 粒子在磁场中做圆周运动的周期为  $T$ , 则  $T = \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB} = 4\pi \times 10^{-4} \text{ s}$

$\frac{4}{3}\pi \times 10^{-4} \sim 2\pi \times 10^{-4} \text{ s}$  内, 粒子运动的周期数为  $N_2 = \frac{\frac{2\pi}{3} \times 10^{-4} \text{ s}}{4\pi \times 10^{-4} \text{ s}} = \frac{1}{6}$

运动轨迹对应的圆心角为  $60^\circ$

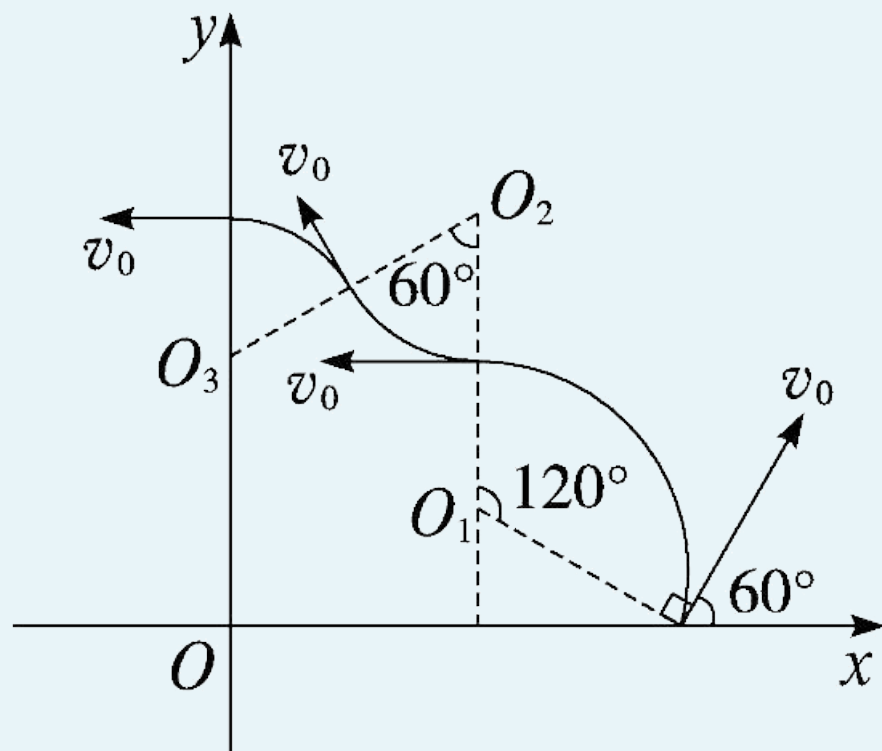
$0 \sim \frac{4}{3}\pi \times 10^{-4} \text{ s}$  内, 粒子运动的周期数为  $N_2 = \frac{\frac{4\pi}{3} \times 10^{-4} \text{ s}}{4\pi \times 10^{-4} \text{ s}} = \frac{1}{3}$

运动轨迹对应的圆心角为  $120^\circ$

在  $\frac{4}{3}\pi \times 10^{-4} \sim 2\pi \times 10^{-4} \text{ s}$  内和  $0 \sim \frac{4}{3}\pi \times 10^{-4} \text{ s}$  内, 粒子运动轨迹对应的圆心角之比

为  $1:2$ 。

(3) 粒子运动轨迹如图所示



粒子恰好在  $t = \frac{8}{3} \pi \times 10^{-4} \text{ s}$  时到达  $y$  轴, 由图可知粒子到达  $y$  轴时与  $O$  点的距离为  $s = R + R \cos 60^\circ + 2R(1 - \cos 60^\circ) = 1 \text{ m}$ 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/095033141133012003>