

解析：设加速电压为 U ，质子做匀速圆周运动的半径为 r ，原来磁场的磁感应强度为 B ，质子质量为 m ，一价正离子质量为 M 。质子在入口处从静止开始加速，由动能定理得：

$$eU = \frac{1}{2}mv_1^2$$

质子在匀强磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，则：

$$ev_1B = m\frac{v_1^2}{r}$$

一价正离子在入口处从静止开始加速，由动能定理得：

$$eU = \frac{1}{2}Mv_2^2$$

该正离子在磁感应强度为 $12B$ 的匀强磁场中做匀速圆周运动，轨迹半径仍为 r ，洛伦兹力提供向心力，则：

$$ev_2 \cdot 12B = M\frac{v_2^2}{r}$$

联立解得： $M:m=144:1$ ，故选项 D 正确。

感悟：本小题存在大量需要自设符号的物理量，在平时物理教学中，应加强学生自设符号规范性的训练。解答本题的关键是要明确带电粒子垂直于磁场边界进入磁场，其运动轨迹一定为半圆，洛伦兹力提供向心力，一价正离子的运动半径与质子的运动半径相等，结合动能定理即可求解。

2. 平行双直线边界磁场 (2 条边界线)

解题策略：平行双直线边界磁场题型中常存在临界约束条件问题，找到相应的临界状态（通常带电粒子在磁场中运动的轨迹与边界相切是刚好穿出或刚好穿不出磁场边界的约束临界条件），画出临界运动轨迹图，是解题的突破口。当带电粒子进入平行双直线边界磁场时，在确定出符合题意的临界约束条件后，画出包括圆心、半径、轨迹弦线、回旋角的运动情境图，运用几何关系来确定半径，根据圆心角来确定时间。

【例 2】 (2017·江西联考) 如图 2 所示，在 $0 \leq x \leq \sqrt{3}a$ 区域内存在与 xy 平面垂直的匀强磁场，磁感应强度的大小为 B 。在 $t=0$ 时刻，一位于坐标原点的粒子源在 xy 平面内发射出大量同种带电粒子，所有粒子的初速度大小相同，方向与 y 轴正方向的夹角分布在 $0 \sim 180^\circ$ 范围内。已知沿 y 轴正方向发射的粒子在 $t=t_0$ 时刻刚好从磁场边界上 P

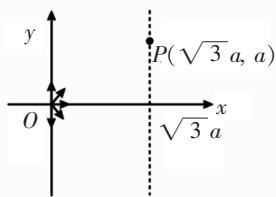


图 2

($\sqrt{3}a, a$) 点离开磁场。求：

(1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径 R 及粒子的比荷 $\frac{q}{m}$ ；

(2) 此时刻仍在磁场中的粒子的初速度方向与 y 轴正方向夹角的取值范围；

(3) 从粒子发射到全部粒子离开磁场所用的时间。

解析： (1) 粒子沿 y 轴的正方向进入磁场，从 P 点经过，

作 OP 的垂直平分线与 x 轴的交点为圆心，如图 3 (甲) 所示，根据直角三角形有：

$$R^2 = a^2 + (\sqrt{3}a - R)^2$$

$$\text{解得：} R = \frac{2\sqrt{3}}{3}a$$

$$\sin\theta = \frac{a}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

则粒子做圆周运动的圆心角为 120° ，周期为 $T=3t_0$

粒子做圆周运动的向心力由洛伦兹力提供，得 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$

$$\text{解得：} \frac{q}{m} = \frac{2\pi}{3Bt_0}$$

(2) 仍在磁场中的粒子运动的圆心角必大于 120° ，这样粒子角度最小时从磁场右边界穿出，圆心角为 120° ，所经过圆弧的弦与图 3 (乙) 中相等，穿出点如图 3 (乙) 所示，根据弦与半径、 x 轴的夹角都是 30° ，所以此粒子初速度与 y 轴的正方向的夹角 α 是 60° ；粒子角度最大时从磁场左边界穿出，如图 3 (丙) 所示，半径与 x 轴的夹角是 60° ，则此粒子初速度与 y 轴的正方向的夹角 β 是 120° ，所以速度与 y 轴的正方向的夹角范围是 60° 到 120° 。

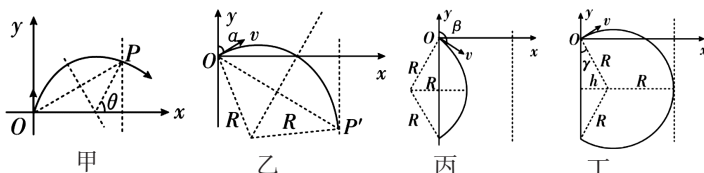


图 3

(3) 在磁场中运动时间最长的粒子的轨迹应该与磁场的右边界相切，如图 3 (丁) 所示，在三角形中两个相等的腰为 $R = \frac{2\sqrt{3}}{3}a$ ，而它的高为 $h = \sqrt{3}a - \frac{2\sqrt{3}}{3}a = \frac{\sqrt{3}}{3}a$ ，则： $\sin\gamma = \frac{h}{R} = \frac{1}{2}$ ，半径与 y 轴的夹角 γ 是 30° ，这种粒子的圆心角是 240° ，所用时间必为 $2t_0$ ，所以粒子从发射到全部离开所用时间为 $2t_0$ 。

感悟：处理带电粒子在平行双直线边界磁场中运动的题型，关键是要掌握如何定圆心、画轨迹图，利用圆的几何知识确定轨迹半径，把物理知识和有关圆的几何知识结合起来解决物理问题。同时还要确定出符合题意的临界约束条件，其中带电粒子在磁场中运动的轨迹与边界相切往往是刚好穿出或刚好穿不出磁场边界的约束条件。

3. 三角形边界磁场 (3 条边界线)

解题策略：解答三角形边界磁场的题型时，首先要弄清边界条件和临界条件，通常轨迹与边界相切是带电粒子在磁场区域运动的临界约束条件。三角形边界磁场问题包括带电粒子沿某个直线边界射入磁场或与某个直线边界成某一角度射入磁场，粒子从另一磁场边界射出，在考虑到临界约束条