

带电粒子在有界磁场中的运动分析

■ 广东省五华县田家炳中学 古焕标

有界匀强磁场是指只在局部空间存在着匀强磁场。带电粒子在有界匀强磁场中作匀速圆周运动的题型既要用到物理中的洛伦磁力、牛顿第二定律及圆周运动的知识，又要用到数学中的平面几何、三角函数的知识，题型综合性强，是高中物理考试命题的常见题型，也是高考的高频考点和考查重点。所以无论是高考一轮复习还是二轮复习，这部分内容都应该作为复习重点。本文针对有界匀强磁场边界的特点和涉及的临界情况，分类归纳带电粒子在有界匀强磁场中作匀速圆周运动的一般解题思路与方法，以供师生教与学参考。

一、解题思路

带电粒子垂直进入有界匀强磁场，若仅受洛伦磁力作用时，粒子将做匀速圆周运动。由于边界磁场的形状不同，使得边界条件和临界条件就不尽相同，但此类题型终归是属于带电粒子在匀强磁场中作匀速圆周运动的问题，所以处理这类题型的一般的解题思路是：定圆心、画轨迹、找半径、求时间。

1. 定圆心：若已知带电粒子运动轨迹上的两个特殊点(射入和射出磁场时的两点)，过这两点作带电粒子运动方向的垂线(这两垂线即为粒子在这两点所受洛伦兹力的方向)，则两垂线的交点就是圆心；若只已知过其中一个点的粒子运动方向，则除过已知运动方向的该点作垂线外，还要将这两点相连作弦，再作弦的中垂线，两垂线交点就是圆心。

2. 画轨迹：根据题给条件和圆心位置，画出带电粒子在磁场中运动的轨迹图，这是解题的关键步骤。

3. 找半径：由洛伦磁力提供向心力 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ 得， $R = \frac{mv}{qB}$ ；或根据轨迹图和几何约束条件，利用平面几何关系求出轨迹半径。

4. 求时间：利用周期公式 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 和轨迹圆弧所对应的圆心角可得， $t = \frac{\alpha}{2\pi} T$ ；或由 $t = \frac{R\theta}{v}$ ，可求出粒子在磁场中的运动时间。

二、边界磁场的分类与解题策略

按照有界磁场的形状来分，有界磁场可分为单直线边界磁场、三角形边界磁场、圆形边界磁场等类型。解决带电粒子在有界匀强磁场中作匀速圆周运动的一般方法是弄清有界磁场边界的特点和涉及的临界情况，确定圆弧轨迹的圆心位置，准确画出运动轨迹图(或动态轨迹图)，灵活运用数学知识和物理规律，找到已知量与轨迹半径 R 、周期 T 的关系来求解。

1. 单直线边界磁场(1条边界线)

解题策略：若带电粒子从单直线边界射入，磁场边界则成为带电粒子轨迹圆的弦，带电粒子进磁场时速度与边界的夹角和出磁场时速度与边界的夹角相同，即具有对称性；若粒子源处在磁场中，则当带电粒子的运动轨迹与边界相切时为临界约束条件。这类题型解题的关键是要抓住粒子的入射点和出射点，通过找圆心、描轨迹、定角度、作辅助线的画图程序，构建与磁场边界因素有关的直角三角形，求出带电粒子轨迹半径和回旋角，再与半径公式 $r = \frac{mv}{qB}$ 和周期公式 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 相联系，就可求解此类题型。

【例1】(2016·全国卷I)现代质谱仪可用来分析比质子重很多倍的离子，其示意图如图1所示，其中加速电压恒定。质子在入口处从静止开始被加速电场加速，经匀强磁场偏转后从出口离开磁场。若某种一价正离子在入口处从静止开始被同一加速电场加速，为使它经匀强磁场偏转后仍从同一出口离开磁场，需将磁感应强度增加到原来的12倍。此离子和质子的质量比值约为()

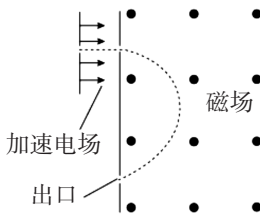


图1

- A. 11 B. 12
C. 121 D. 144