

第三章

DISANZHANG

磁 场

返回

章末小结



知识整合与阶段检测

知识大迁移 技法大串讲 能力大提升



返回

专题归纳例析

知识整合，专题突破！

返回

专题一 带电粒子的电偏转和磁偏转

“电偏转”和“磁偏转”分别是利用电场和磁场对运动电荷施加作用力，从而控制其运动方向，因为磁场和电场对电荷的作用具有不同的特征，使得两种偏转存在着差别。

1. 受力特征

(1)“磁偏转”：质量为 m ，电荷量为 q 的粒子以速度 v 垂直射入磁感应强度为 B 的匀强磁场中，所受的磁场力(即洛伦兹力) $F_B = qvB$ 与粒子的速度 v 有关， F_B 所产生的加速度使粒子的速度方向发生变化，而速度方向的变化反过来又造成 F_B 的方向变化， F_B 是变力。

(2)“电偏转”：质量为 m ，电荷量为 q 的粒子以速度 v_0 垂直射入电场强度为 E 的匀强电场中时，所受的电场力 $F_E = Eq$ ，与粒子的速度 v_0 无关， F_E 是恒力。

2. 运动规律

(1) “磁偏转”：变化的 F_B 使粒子做匀速圆周运动，其运动规律分别从时间(周期)、空间(半径)两个侧面给出如下表达形式：

$$T = \frac{2\pi m}{Bq}, \quad r = \frac{mv}{qB}。$$

(2) “电偏转”：恒定的 F_E 使粒子做匀变速曲线运动，即“类平抛运动”，其运动规律分别沿垂直于和平行于电场的两个相互垂直的方向给出为：

$$v_x = v_0, \quad x = v_0 t; \quad v_y = \frac{qE}{m} \cdot t, \quad y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2。$$

3. 动能变化的差别

在“磁偏转”中，因为 F_B 一直与粒子的运动速度垂直，所以其动能的数值保持不变，在“电偏转”中，因为电场力 F_E 做功，其动能发生变化。

[例1] 如图3-1所示，在 $y>0$ 的空间中存在匀强电场，场强沿 y 轴负方向；在 $y<0$ 的空间中，存在匀强磁场，磁场方向垂直于 xy 平面(纸面)向外。一电荷量为 q 、质量为 m 的带正电的运动粒子，经过 y 轴上 $y=h$ 处的点 P_1 时速率为 v_0 ，方向沿 x 轴正方向；然后，经过 x 轴上 $x=2h$ 处的 P_2 点进入磁场，并经过 y 轴上 $y=-2h$ 处的 P_3 点。不计重力。求：

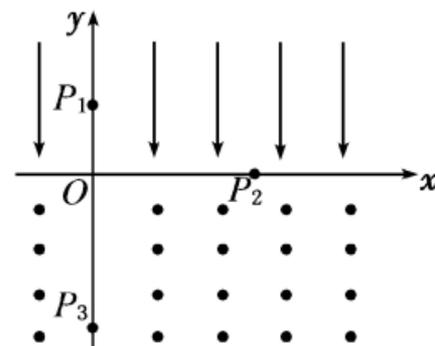


图3-1

- (1) 电场强度的大小；
- (2) 粒子到达 P_2 时速度的大小和方向；
- (3) 磁感应强度的大小。

[解析] 粒子在电场、磁场中运动的轨迹如图 3-2 所示。(1) 设粒子从 P_1 到 P_2 的时间为 t , 电场强度的大小为 E , 粒子在电场中的加速度为 a , 由牛顿第二定律及运动学公式有

$$qE = ma \quad \text{①}$$

$$v_0 t = 2h \quad \text{②}$$

$$\frac{1}{2}at^2 = h \quad \text{③}$$

由①②③式解得：
$$E = \frac{mv_0^2}{2qh} \quad \text{④}$$

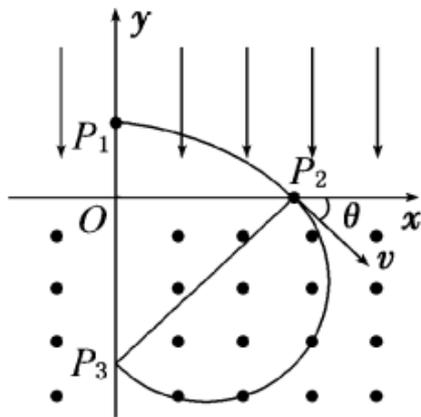


图3-2

①

②

③

④

(2) 粒子到达 P_2 时速度沿 x 方向的分量仍为 v_0 , 以 v_1 表示速度沿 y 方向分量的大小, v 表示速度的大小, θ 表示速度和 x 轴的夹角, 则有

$$v_1^2 = 2ah \text{ ⑤}$$

$$\therefore v = \sqrt{v_1^2 + v_0^2} \text{ ⑥}$$

$$\tan\theta = \frac{v_1}{v_0} \text{ ⑦}$$

由②③⑤式得: $v_1 = v_0$ ⑧

由⑥⑦⑧式得: $v = \sqrt{2}v_0$ ⑨

$\therefore \theta = 45^\circ$ ⑩

(3) 设磁场的磁感应强度为 B ，在洛伦兹力作用下粒子做

匀速圆周运动，由牛顿第二定律得：
$$qvB = m \frac{v^2}{r} \quad (11)$$

r 是圆周的半径。此圆周与 x 轴和 y 轴的交点分别为 P_2 、 P_3 。因为 $OP_2 = OP_3$ ， $\theta = 45^\circ$ ，由几何关系可知，连线 P_2P_3

为圆轨道的直径，由此可求得 $r = \sqrt{2}h$ (12)

由⑨、⑪、⑫可得：
$$B = \frac{mv_0}{qh}$$

[答案] (1) $\frac{mv_0^2}{2qh}$ (2) $\sqrt{2}v_0$ 与水平方向成 45° 角向下 (3) $\frac{mv_0}{qh}$

专题二 带电体在复合场中的运动问题

这里所讲的复合场是指电场、磁场和重力场并存，或其中某两场并存，或分区域存在的情况，所以粒子连续运动时，一般需同步考虑电场力、洛伦兹力、重力的作用。

处理此类问题需要注意下列两点：

1. 正确分析带电粒子(带电体)的受力特征

带电粒子(带电体)在复合场中做什么运动，取决于带电粒子(带电体)所受的合外力及其初始速度。带电粒子(带电体)在磁场中所受的洛伦兹力还会随速度的变化而变化，而洛伦兹力的变化可能会引起带电粒子(带电体)所受的其他力的变化，所以应把带电粒子(带电体)的运动情况和受力情况结合起来分析，注意分析两者的相互关系，经过正确的受力分析和运动情况分析，明确带电粒子(带电体)的运动过程和运动性质，选择恰当的运动规律处理问题。

2. 灵活选用力学规律

(1)当带电粒子(带电体)在复合场中做匀速直线运动时,应根据平衡条件列方程求解。

(2)当带电粒子(带电体)在复合场中做匀速圆周运动时,洛伦兹力充当向心力,其他各力的合力必为零或其他各力做功之和为零。

(3)当带电粒子(带电体)在复合场中做非匀变速曲线运动时,常选用动能定理或能量守恒定律列方程求解。

[例2] 已知质量为 m 的带电液滴，以速度 v 射入相互垂直的匀强电场 E 和匀强磁场 B 中，液滴在此空间刚好能在竖直平面内做匀速圆周运动。如图3-3所示。求：

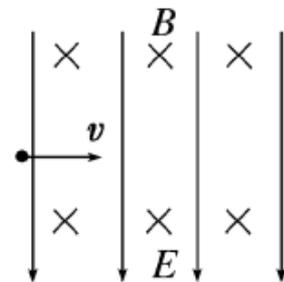


图3-3

- (1)液滴在空间受到几种力作用；
- (2)液滴带电荷量及电性；
- (3)液滴做匀速圆周运动的半径多大？

[解析] (1)由于是带电液滴，它必须受重力，又处于电磁复合场中，还应受到电场力及洛伦兹力共三个力作用。

(2)因液滴做匀速圆周运动，故必须满足重力与电场力平衡，所以液滴应带负电，电荷量由 $mg=qE$ ，求得： $q=\frac{mg}{E}$ 。

(3)尽管液滴受三个力，但合力为洛伦兹力，所以仍可用半径公式 $R=\frac{mv}{qB}$ ，把电荷量代入可得： $R=\frac{mv}{\frac{mg}{E}B}=\frac{Ev}{gB}$ 。

[答案] (1)三个力 (2) $\frac{mg}{E}$ 负电 (3) $\frac{Ev}{gB}$

专题三 洛伦兹力作用下的多解问题

带电粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动，因为某些条件不拟定，常使问题出现多解。

1. 带电粒子电性不拟定形成多解

带电粒子因为电性不拟定，在初速度相同的条件下，正、负带电粒子在磁场中运动轨迹不同。

2. 磁场方向不拟定形成多解

对于某一带电粒子在磁场中运动，若只懂得磁感应强度的大小，而不能拟定方向，带电粒子的运动轨迹也会不同。

3. 临界状态不唯一形成多解

带电粒子在洛伦兹力作用下飞入有界磁场时，因为粒子运动轨迹呈圆弧状，所以，它可能穿过去了，也可能转过不小于 180° 的角度从入射界面这边反向飞出，于是形成了多解。

4. 运动的反复性形成多解

带电粒子在部分是电场、部分是磁场的空间运动时，往往运动具有往复性，因而形成多解。

[例3] 如图3-4所示，在 $x < 0$ 与 $x > 0$ 的区域中，存在磁感应强度大小分别为 B_1 与 B_2 的匀强磁场，磁场方向均垂直于纸面对里，且 $B_1 > B_2$ 。一种带负电荷的粒子从坐标原点 O 以速度 v 沿 x 轴负方向射出，要使该粒子经过一段时间后又经过 O 点， B_1 与 B_2 的比值应满足什么条件？

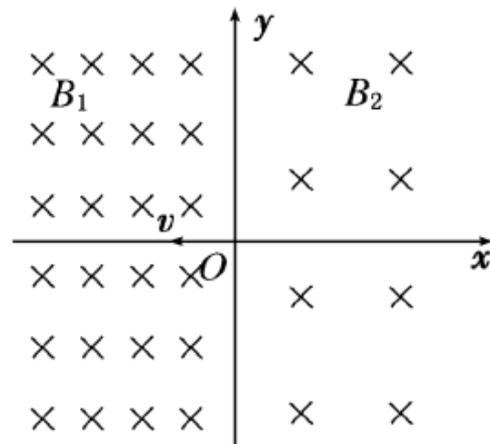


图3-4

[解析] 粒子在整个运动过程中的速度大小恒为 v ，交替地在 xOy 平面内 B_1 与 B_2 磁场区域中做匀速圆周运动，轨道都是半个圆周。设粒子的质量和电荷量的大小分别为 m 和 q ，圆周运动的半径分别为 r_1 和 r_2 ，

$$r_1 = \frac{mv}{qB_1} \quad \text{①}$$

$$r_2 = \frac{mv}{qB_2} \quad \text{②}$$

现分析粒子运动的轨道，如图3-5所示，在 xOy 平面内，粒子先沿半径为 r_1 的半圆 C_1 运动到 y 轴上离 O 点距离为 $2r_1$ 的 A 点，接着沿半径为 r_2 的半圆 D_1 运动到 y 轴上的 O_1 点， OO_1 的距离 $d=2(r_2-r_1)$

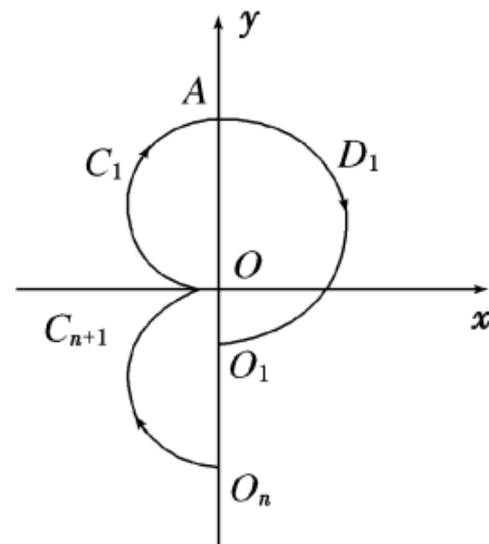


图3-5 ③

今后，粒子每经历一次“盘旋”(即从 y 轴出发沿半径为 r_1 的半圆和半径为 r_2 的半圆回到原点下方的 y 轴上)，粒子的 y 坐标就减小 D 。设粒子经过 n 次盘旋后与 y 轴交于 O_n 点，若 OO_n 即 nd 满足 $nd=2r_1$

④

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/337115123121006163>