

1.3 带电粒子在匀强电场中的运动

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 授课日期：_____

本课在课程标准中的表述：能用洛伦兹力分析带电粒子在匀强磁场中所做的圆周运动。

[学习目标]

1. 理解带电粒子初速度方向和磁场方向垂直时，带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动。
2. 会根据洛伦兹力提供向心力推导半径公式和周期公式。
3. 会分析带电粒子在匀强磁场中运动的基本问题。

[课前预习]

一、带电粒子在匀强磁场中的运动

1. 若 $v \parallel B$ ，带电粒子以速度 v 做匀速直线运动，其所受洛伦兹力 $F=0$ 。
2. 若 $v \perp B$ ，此时初速度方向、洛伦兹力的方向均与磁场方向_____，粒子在垂直于_____方向的平面内运动。
(1)洛伦兹力与粒子的运动方向_____，只改变粒子速度的_____，不改变粒子速度的_____。
(2)带电粒子在垂直于磁场的平面内做_____运动，_____力提供向心力。

二、带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

1. 由 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ，可得 $r = \frac{mv}{qB}$ 。
2. 由 $r = \frac{mv}{qB}$ 和 $T = \frac{2\pi r}{v}$ ，可得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 。带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期跟轨道半径和运动速度_____。

即学即用：

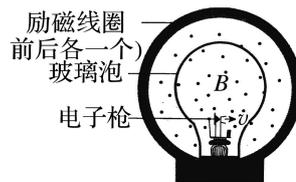
1. 判断下列说法的正误。
(1)运动电荷进入磁场后(无其他场)可能做匀速圆周运动，不可能做类平抛运动。()
(2)带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动时，轨道半径跟粒子的速率成正比。()
(3)带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期与轨道半径成正比。()
(4)带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的周期随速度的增大而减小。()
2. 两个粒子带电荷量相等，在同一匀强磁场中只受到洛伦兹力作用而做匀速圆周运动，则()
A. 若速率相等，则半径必相等
B. 若质量相等，则周期必相等
C. 若动能相等，则半径必相等
D. 若动量相等，则周期必相等

[课堂学习]

一、带电粒子在匀强磁场中运动的基本问题

[导学探究]

如图所示，可用洛伦兹力演示仪观察运动电子在匀强磁场中的偏转。



- (1)不加磁场时，电子束的运动轨迹如何？加上磁场后，电子束的运动轨迹如何？
- (2)如果保持出射电子的速度不变，增大磁感应强度，轨迹圆半径如何变化？如果保持磁感应强度不变，增大出射电子的速度，轨迹圆半径如何变化？

【知识深化】

1. 分析带电粒子在磁场中的匀速圆周运动，要紧抓_____力提供向心力，即_____ = $m\frac{v^2}{r}$.
2. 同一粒子在同一磁场中做匀速圆周运动，由 $r = \frac{mv}{qB}$ 知， r 与_____成正比；由 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 知， T 与_____无关，与_____无关.

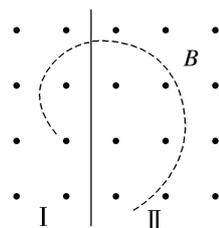
【例 1】 质子 p (H)和 α 粒子(He)以相同的速率在同一匀强磁场中做匀速圆周运动，轨道半径分别为 R_p 和 R_α ，周期分别为 T_p 和 T_α ，则下列选项中正确的是()

- A. $R_p : R_\alpha = 1 : 2$, $T_p : T_\alpha = 1 : 2$
 B. $R_p : R_\alpha = 1 : 1$, $T_p : T_\alpha = 1 : 1$
 C. $R_p : R_\alpha = 1 : 1$, $T_p : T_\alpha = 1 : 2$
 D. $R_p : R_\alpha = 1 : 2$, $T_p : T_\alpha = 1 : 1$

针对训练 1: 薄铝板将垂直纸面向外的匀强磁场分成 I、II 两个区域. 一高速带电粒子穿过铝板后速度减小，速度方向和所带电荷量保持不变. 一段时间内带电粒子穿过铝板前后在两个区域运动的轨迹均为圆弧，如图中虚线所示. 已知区域 I 的圆弧半径小于区域 II 的圆弧半径，粒子重力忽略不计. 则该粒子()

- ①带正电
 ②带负电
 ③一定从区域 I 穿过铝板到达区域 II
 ④一定从区域 II 穿过铝板到达区域 I

- A. ①③ B. ②④ C. ①④ D. ②③



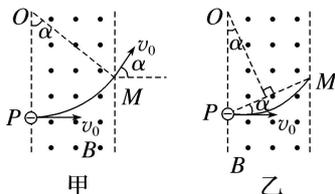
二、带电粒子在匀强磁场中的圆周运动

1. 圆心的确定

圆心位置的确定通常有以下两种基本方法:

(1) 已知入射方向和出射方向时，可以过入射点和出射点作_____于入射方向和出射方向的直线，两条直线的_____点就是圆弧轨道的圆心(如图甲所示， P 为入射点， M 为出射点).

(2) 已知入射方向和出射点的位置时，可以过入射点作入射方向的_____线，连线入射点和出射点，作其中_____线，这两条垂线的交点就是圆弧轨道的_____ (如图乙所示， P 为入射点， M 为出射点).



2. 半径的确定

半径的计算一般利用几何知识解直角三角形. 做题时一定要作好辅助线，由圆的半径和其他几何边构成直角三角形. 由直角三角形的边角关系或勾股定理求解.

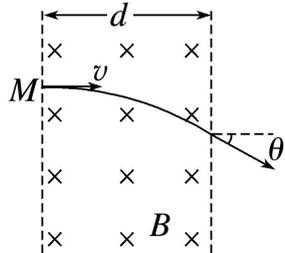
3. 粒子在匀强磁场中运动时间的确定

(1)粒子在匀强磁场中运动一周的时间为 T ，当粒子运动轨迹的圆弧所对应的圆心角为 α 时，其运动时间 $t = \frac{\alpha}{2\pi} T$ 。

确定圆心角时，利用好几个角的关系，即圆心角 = 偏向角 = 2 倍 _____ 角。

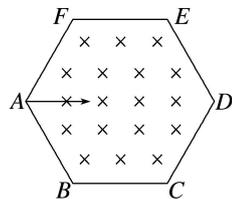
(2)当 v 一定时，粒子在匀强磁场中运动的时间 $t = \frac{l}{v}$ ， l 为带电粒子通过的弧长。

【例 2】如图所示，某带电粒子(重力不计)由 M 点以垂直于磁场以及磁场边界的速度 v 射入宽度为 d 的匀强磁场中，穿出磁场时速度方向与原来射入方向的夹角为 $\theta = 30^\circ$ 。磁场的磁感应强度大小为 B 。由此推断该带电粒子()



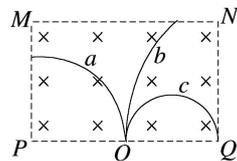
- A. 带正电
- B. 在磁场中的运动轨迹为抛物线
- C. 电荷量与质量的比值为 $\frac{v}{dB}$
- D. 穿越磁场的时间为 $\frac{\pi d}{3v}$

【例 3】如图所示，在一个边长为 a 的正六边形区域内存在磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向里的匀强磁场。三个相同带正电的粒子，比荷为 $\frac{q}{m}$ ，先后从 A 点沿 AD 方向以大小不同的速度射入匀强磁场区域，粒子在运动过程中只受洛伦兹力作用。已知编号为①的粒子恰好从 F 点飞出磁场区域，编号为②的粒子恰好从 E 点飞出磁场区域，编号为③的粒子从 ED 边上的某一点垂直边界飞出磁场区域。求：



- (1)编号为①的粒子进入磁场区域的初速度大小；
- (2)编号为②的粒子在磁场区域内运动的时间；
- (3)编号为③的粒子在 ED 边上飞出的位置与 E 点的距离。

针对训练 2: 如图所示，在 $MNQP$ 中有一垂直纸面向里的匀强磁场。质量和电荷量都相等的带电粒子 a 、 b 、 c 以不同的速率从 O 点沿垂直于 PQ 的方向射入磁场，图中实线是它们的轨迹。已知 O 是 PQ 的中点，不计粒子重力。下列说法中正确的是()



- A. 粒子 a 带负电，粒子 b 、 c 带正电
- B. 粒子 c 在磁场中运动的时间最长
- C. 粒子 a 在磁场中运动的周期最小
- D. 射入磁场时，粒子 a 的速率最小

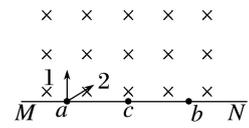
针对训练 3: 如图所示, 直线 MN 上方有垂直纸面向里的匀强磁场, 电子 1 从磁场边界上的 a 点垂直 MN 且垂直磁场方向射入磁场, 经 t_1 时间从 b 点离开磁场. 之后电子 2 也由 a 点沿图示方向以相同速率垂直磁场方向射入磁场, 经 t_2 时间从 a 、 b 连线的中点 c 离开磁场, 则 $\frac{t_1}{t_2}$ 为()

A. $\frac{2}{3}$

B. 2

C. $\frac{3}{2}$

D. 3



[课后作业] 完成课后作业

[课后感悟] _____