

## 第3节 带电粒子在匀强磁场中的运动

### 导学案

班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 小组\_\_\_\_\_

#### 【学习目标】

- 1.知道带电粒子沿着与磁场垂直的方向射入匀强磁场会在磁场中做匀速圆周运动,能推导出匀速圆周运动的半径公式和周期公式,能解释有关的现象,解决有关实际问题。
- 2.经历实验验证带电粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动以及其运动半径与磁感应强度的大小和入射速度的大小有关的过程,体会物理理论必须经过实验检验。
- 3.知道洛伦兹力作用下带电粒子做匀速圆周运动的周期与速度无关,能够联想其可能的应用。能用洛伦兹力分析带电粒子在匀强磁场中的圆周运动。了解带电粒子在匀强磁场中的偏转及其应用。

#### 【学习重难点】

- 1、教学重点:带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径和周期公式,并能用来分析有关问题
- 2、教学难点:粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动

#### 【自主预习】

##### 一、带电粒子在匀强磁场中的运动

- 1.当带电粒子以平行于磁场的方向进入匀强磁场时,由于洛伦兹力为零,所以粒子做\_\_\_\_\_。
- 2.带电粒子在磁场中运动要受到洛伦兹力的作用。由于带电粒子初速度的方向和洛伦兹力的方向都在与磁场方向垂直的平面内,所以粒子在这个与磁场方向垂直的平面内运动。
- 3.带电粒子在匀强磁场中运动时,洛伦兹力不改变粒子的速度\_\_\_\_\_,只改变粒子的速度\_\_\_\_\_。洛伦兹力提供\_\_\_\_\_,即沿着与磁场垂直方向射入磁场的带电粒子,在匀强磁场中做\_\_\_\_\_。

##### 二、带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

##### 1.带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径

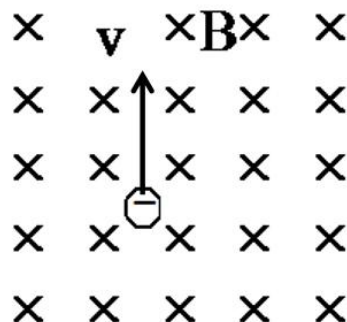
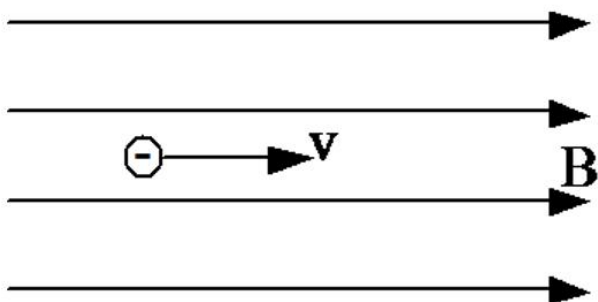
- (1)粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径与它的质量、速度成\_\_\_\_\_,与电荷量、磁感应强度成\_\_\_\_\_。
- (2)公式:  $r =$  \_\_\_\_\_。

##### 2.带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期

- (1)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\_\_\_\_\_。
- (2)公式:  $T =$  \_\_\_\_\_。

**【课堂探究】**

在现代科学技术中，常常要研究带电粒子在磁场中的运动。如果在磁场中发射一束带电粒子，判断下图中带电粒子（电量  $q$ ，重力不计）所受洛伦兹力的大小和方向。

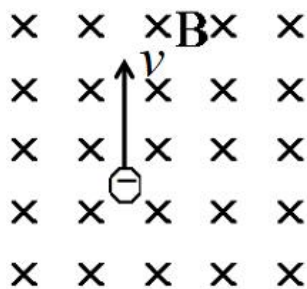


运动形式：带电粒子平行射入匀强磁场----

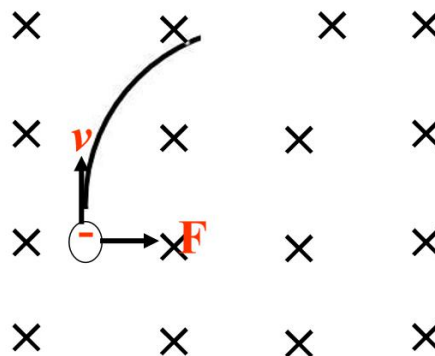
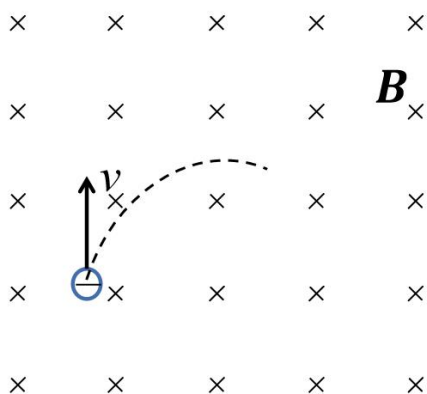
带电粒子垂直射入匀强磁场----带电粒子将会做什么运动？

**【新课教学】****任务一、带电粒子在匀强磁场中的运动****（一）带电粒子的受力分析**

**【问题】** 一个质量为  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、电荷量为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  的带电粒子，以  $5 \times 10^5 \text{ m/s}$  的初速度沿与磁场垂直的方向射入磁感应强度为  $0.2 \text{ T}$  的匀强磁场。求出粒子所受的重力和洛伦兹力的大小之比。

**（二）探究带电粒子在磁场中运动轨迹**

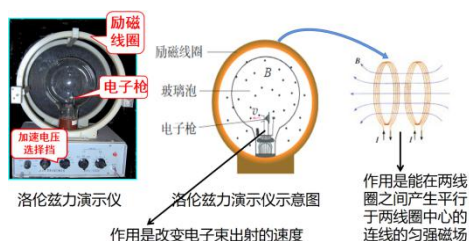
洛伦兹力的方向始终与运动方向垂直，所以带电粒子在运动过程中速度大小如何变化，运动轨迹如何？



如何用实验验证这一结论？

### （三）实验验证

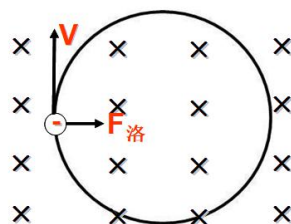
介绍实验器材：



## 任务二、带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

### （一）带电粒子在磁场中做圆周运动的半径

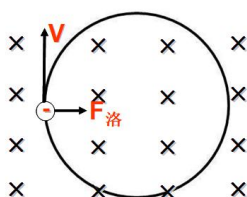
因带电粒子只受洛伦兹力下做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力：



规律：

### （二）带电粒子在磁场中做圆周运动的周期

你能根据以前所学的知识，推导一下带电粒子在匀强磁场做圆周运动的周期规律吗？



### （三）典例探究

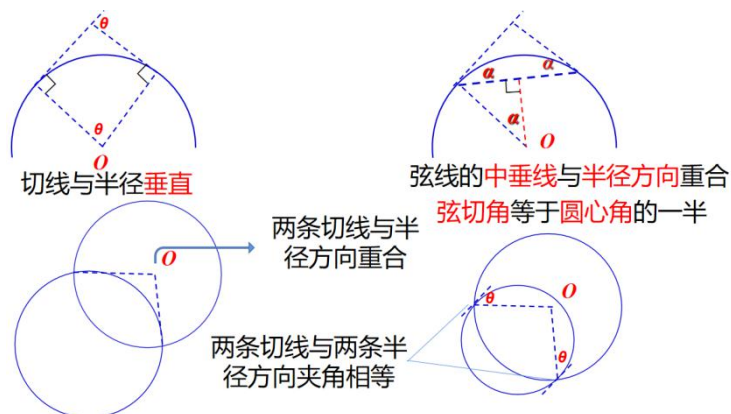
【典例 1】一个质量为  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、电荷量为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  的带电粒子，以  $5 \times 10^5 \text{ m/s}$  的初速度沿与磁场垂直的方向射入磁感应强度为  $0.2 \text{ T}$  的匀强磁场。求：

- （1）粒子在磁场中运动的轨道半径；
- （2）粒子做匀速圆周运动的周期。

若磁场区域有限，带电粒子做不了完整圆周运动，该如何分析？

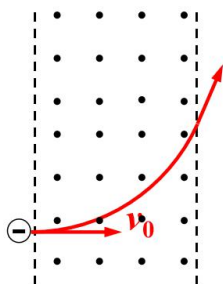
### 任务三、带电粒子在磁场中运动情况研究

#### （一）数学知识准备

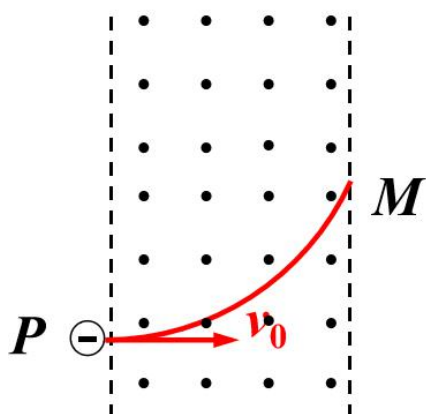


#### （二）圆心的确定

情景一：如图，若已知入射点 P、出射点 M 及其两点的速度方向，如何确定带电粒子运动轨迹圆心？

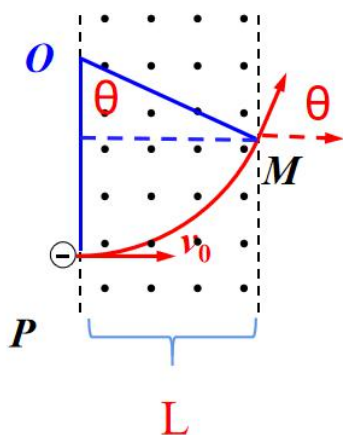


情景二：如图，若已知入射点 P 及速度方向、出射点 M 的位置，如何确定带电粒子运动轨迹圆心？



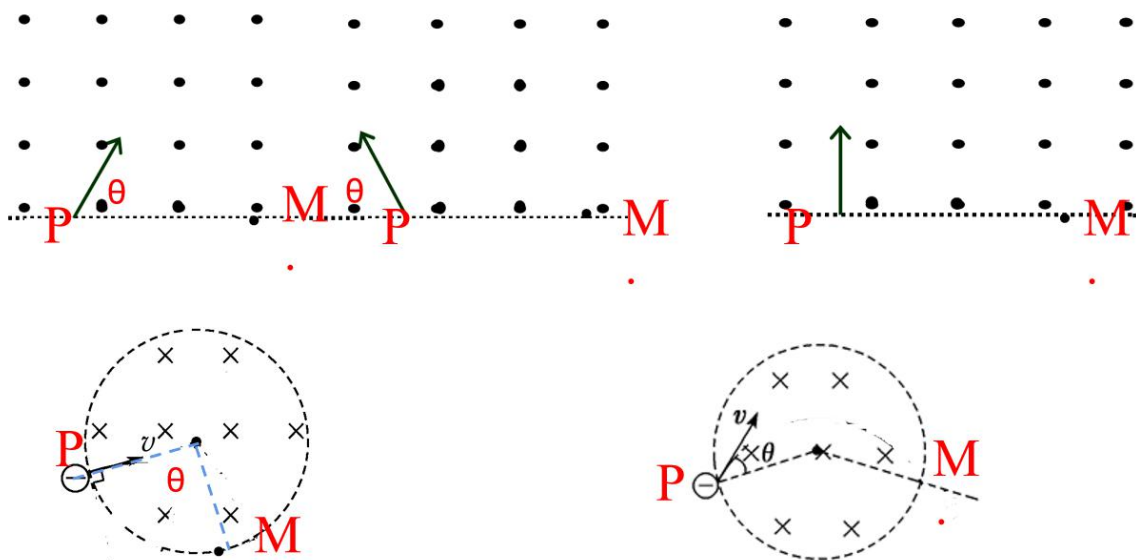
### （三）利用几何关系求半径

情景一：如图，若已知入射点  $P$ 、出射点  $M$  及其两点的速度方向，且已知粒子到  $M$  点后速度偏转角为  $\theta$ ，磁场宽度为  $L$ ，则带电粒子在磁场中运动轨迹半径为多少？



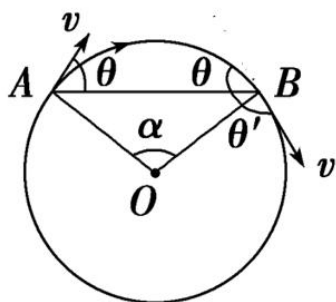
情景二：如图，若粒子在  $P$  点垂直于磁场左边界入射，且从  $M$  点飞出，若已知  $M$  点距  $P$  点粒子入射线方向上的  $Q$  点距离为  $H$ ，磁场宽度为  $L$ ，则带电粒子在磁场中运动轨迹半径为多少？

练习：请根据圆的知识积极和关系做出带电粒子在磁场中运动的轨迹图，并利用几何关系求出半径(已知  $PM=L$ ，圆的半径为  $R$ )。



#### （四）运动时间的确定

粒子在磁场中运动一周的时间为  $T$ ，当粒子运动的圆弧所对应的圆心角为  $\alpha$  时，其运动时间为多少？

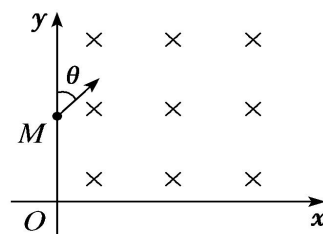


利用圆心角与弦切角的关系，或者是四边形内角和等计算出圆心角的大小，由公式可求出运动时间。

#### （五）匀强磁场中做匀速圆周运动的解题三步法

#### （五）典例探究

**【典例 2】** (2020·天津等级考)(多选)如图所示，在  $Oxy$  平面的第一象限内存在方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场。一带电粒子从  $y$  轴上的  $M$  点射入磁场，速度方向与  $y$  轴正方向的夹角  $\theta = 45^\circ$ ，粒子经过磁场偏转后在  $N$  点(图中未画出)垂直穿过  $x$  轴。已知  $OM$



$=a$ , 粒子电荷量为  $q$ , 质量为  $m$ , 重力不计, 则 ( )

A. 粒子带负电荷

B. 粒子速度大小为  $\frac{qBa}{m}$

C. 粒子在磁场中运动的轨道半径为  $a$

D.  $N$  与  $O$  点相距  $(\sqrt{2}+1)a$

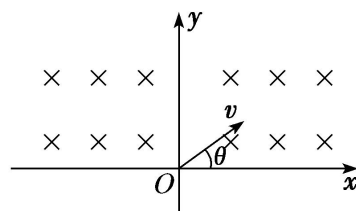
**【典例 3】** 如图所示, 在  $x$  轴上方存在垂直于纸面向里的足够宽的匀强磁场, 磁感应强度为  $B$ . 在  $xOy$  平面内, 从原点  $O$  处沿与  $x$  轴正方向成  $\theta$  角 ( $0 < \theta < \pi$ ) 以速率  $v$  发射一个带正电的粒子(重力不计), 则下列说法正确的是 ( )

A. 若  $v$  一定,  $\theta$  越大, 则粒子在磁场中运动的时间越短

B. 若  $v$  一定,  $\theta$  越大, 则粒子在离开磁场的位置距  $O$  点越远

C. 若  $\theta$  一定,  $v$  越大, 则粒子在磁场中运动的角速度越大

D. 若  $\theta$  一定,  $v$  越大, 则粒子在磁场中运动的时间越短



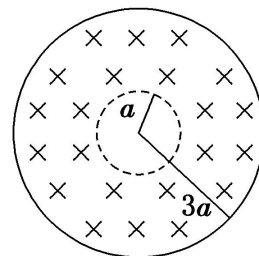
**【典例 4】** 真空中有一匀强磁场, 磁场边界为两个半径分别为  $a$  和  $3a$  的同轴圆柱面, 磁场的方向与圆柱轴线平行, 其横截面如图所示。一速率为  $v$  的电子从圆心沿半径方向进入磁场。已知电子质量为  $m$ , 电荷量为  $e$ , 忽略重力。为使该电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内, 磁场的磁感应强度最小为 ( )

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

B.  $\frac{mv}{ae}$

C.  $\frac{3mv}{4ae}$

D.  $\frac{3mv}{5ae}$



### 【自我测评】

1. 两个粒子, 所带电荷量相等, 在同一匀强磁场中只受洛伦兹力而做匀速圆周运动, 下列说法正确的是 ( )

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. 若质量相等, 则半径必相等

D. 若动能相等, 则周期必相等

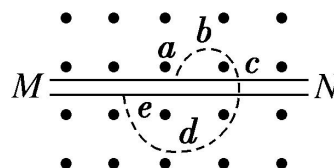
2. 如图所示,  $MN$  是匀强磁场中的一块薄金属板, 带电粒子(不计重力)在匀强磁场中运动并穿过金属板(粒子速率变小), 虚线表示其运动轨迹, 由图知 ( )

A. 粒子带正电

B. 粒子运动方向是  $abcde$

C. 粒子运动方向是  $edcba$

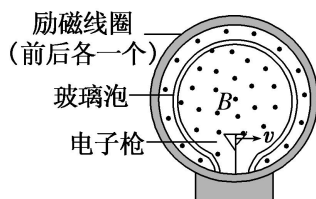
D. 粒子在上半周所用时间比在下半周所用时间长



3. 洛伦兹力演示仪的结构示意图如图所示。由电子枪产生电子束, 玻璃泡内充有稀薄的气体, 在电子束通

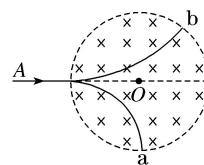
过时能够显示电子的径迹。前后两个励磁线圈之间产生匀强磁场, 磁场方向与两个线圈中心的连线平行。电子速度的大小和磁感应强度可以分别通过电子枪的加速电压  $U$  和励磁线圈的电流  $I$  来调节。适当调节  $U$  和  $I$ , 玻璃泡中就会出现电子束的圆形径迹。下列调节方式中, 一定能让圆形径迹半径增大的是( )

- A. 同时增大  $U$  和  $I$   
 B. 同时减小  $U$  和  $I$   
 C. 增大  $U$ , 减小  $I$   
 D. 减小  $U$ , 增大  $I$



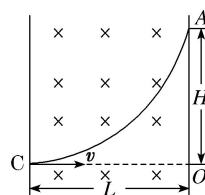
4. 两个质量相同、所带电荷量相等的带电粒子 a、b, 以不同的速率对准圆心  $O$  沿着  $AO$  方向射入圆形匀强磁场区域, 其运动轨迹如图所示。若不计粒子的重力, 则下列说法正确的是( )

- A. a 粒子带正电, b 粒子带负电  
 B. a 粒子在磁场中所受洛伦兹力较大  
 C. b 粒子动能较大  
 D. b 粒子在磁场中运动时间较长



5. 如图所示, 匀强磁场宽  $L = \frac{\sqrt{3}}{2}$  m, 磁感应强度大小  $B = 1.67 \times 10^{-3}$  T, 方向垂直纸面向里, 一质子以水平速度  $v = 1.6 \times 10^5$  m/s 垂直磁场边界从小孔 C 射入磁场, 打到照相底片上的 A 点。已知质子的质量  $m = 1.67 \times 10^{-27}$  kg, 带电荷量  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C。不计质子的重力。求:

- (1) 质子在磁场中运动的轨迹半径  $r$ ;  
 (2) A 点距入射线方向上的 O 点的距离  $H$ ;  
 (3) 质子从小孔 C 射入至到达 A 点所需的时间。



### 【自主预习】

#### 二、带电粒子在匀强磁场中的运动

1. 匀速直线运动。 3. 大小, 方向 向心力, 匀速圆周运动。



## 二、带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

1. (1) 正比，反比。 (2)  $r = \frac{mv}{qB}$ 。 2. (1) 无关。 (2)  $\frac{2\pi m}{qB}$ 。

## 任务一、带电粒子在匀强磁场中的运动

(二) 带电粒子的受力分析

【问题】你有什么启发？

带电粒子在磁场中运动时，洛伦兹力远大于重力，重力作用的影响可以忽略。

## 任务二、带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

【典例 1】 (1)  $r = \frac{mv}{qB} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 5 \times 10^5}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.2} \text{ m} = 2.61 \times 10^{-2} \text{ m}$  (2)  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2 \times 3.14 \times 1.67 \times 10^{-27}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.2} \text{ s} = 3.28 \times 10^{-7} \text{ s}$

【典例 2】 答案：AD 【典例 3】 答案：A 【典例 4】 答案：C

【自我测评】 1. B 2. C 3. C 4. C

5. 【答案】 (1) 1 m (2) 0.5 m (3)  $\frac{5\pi}{24} \times 10^{-5} \text{ s}$  (或  $6.54 \times 10^{-6} \text{ s}$ )