

# 第十章 磁场



## 第2讲 磁场对运动电荷的作用

知识点70 洛伦兹力的分析与计算

知识点71 带电粒子在有界磁场中的运动（直线边界、平行边界）

知识点72 带电粒子在有界磁场中的运动（圆形边界、多边形边界）



# 知识点70 洛伦兹力的分析与计算



## 1.对洛伦兹力的理解

|    |    |   |
|----|----|---|
| 定义 | 定义 | 磁场对 [1] _____ 的作用力  |
|    | 大小 | (1) $v \perp B$ 时, $F = [2]$ _____<br>(2) $v // B$ 时, $F = [3]$ _____<br>(3) $v$ 与 $B$ 的夹角为 $\theta$ 时, $F = [4]$ _____ |
| 大小 | 定义 | 磁场对 [1] _____ $0$ 的作用力  |
|    | 大小 | (1) $v // B$ 时, $F = [2]$ _____<br>(2) $v \perp B$ 时, $F = [3]$ _____<br>(3) $v$ 与 $B$ 的夹角为 $\theta$ 时, $F = [4]$ _____ |



续表

|    |    |   |
|----|----|---|
| 方向 | 方向 | (1) 判定方法: <b>左手定则</b> [5] _____, 注意四指应指向 [6] <b>正</b> 电荷运动的方向或 [7] _____ 电荷运动的反方向<br>(2) 方向特点: $F \perp B$ , $F \perp v$ , 即 $F$ 垂直于 [8] _____ 决定的平面 (注意 $B$ 和 $v$ 不一定垂直) |
|    | 特点 | (1) 洛仑兹力的大小正比于 $v$ 的大小, 方向垂直于 $v$ 的方向, 随着 $v$ (方向、大小) 同时改变, 具有被动性的特点<br>(2) 洛仑兹力的方向垂直于 $v$ 的方向, 不做功, 只改变 $v$ 的方向不改变 $v$ 的大小   |
| 特点 | 方向 | (1) 判定方法: [5] _____, 注意四指应指向 [6] _____ 电荷运动的方向或 [7] _____ 电荷运动的反方向<br>(2) 方向特点: $F \perp B$ , $F \perp v$ , 即 $F$ 垂直于 [8] _____ 决定的平面 (注意 $B$ 和 $v$ 不一定垂直)                |
|    | 特点 | (1) 洛仑兹力的大小正比于 $v$ 的大小, 方向垂直于 $v$ 的方向, 随着 $v$ (方向、大小) 同时改变, 具有被动性的特点<br>(2) 洛仑兹力的方向垂直于 $v$ 的方向, 不做功, 只改变 $v$ 的方向不改变 $v$ 的大小   |



## 2.洛伦兹力的应用——带电粒子在匀强磁场中的运动

(1) 在匀强磁场中, 当带电粒子平行于磁场方向运动时, 粒子做 [9] 匀速直线 运动.

(2) 带电粒子以速度  $v$  垂直磁场方向射入磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中, 若只受洛伦兹力, 则带电粒子在与磁场垂直的平面内做 [10] 匀速圆周 运动.

①基本关系式:  $qvB = m \frac{v^2}{r}$ .

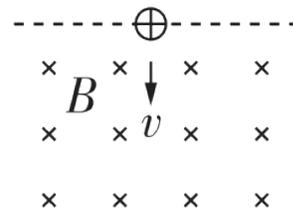
②重要推论:  $r = \frac{mv}{qB}$ , 空间上属性;  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ , 时空上属性, 可知  $T$  与运动速度和

轨迹半径 [11] 无关, 只和粒子的 [12] 比荷、磁场的 [13] 磁感应强度 有关.



## 教材素材变式

1.[人教版选修二P12第2题条件变式, 2023海南卷]如图所示, 带正电的小球竖直向下射入垂直纸面向里的匀强磁场, 关于小球运动和受力的说法正确的是( **A** )



- A. 小球刚进入磁场时受到的洛伦兹力水平向右      B. 小球运动过程中的速度不变  
C. 小球运动过程中的加速度保持不变                D. 小球受到的洛伦兹力对小球做正功

**【解析】** 小球刚进入磁场时速度方向竖直向下, 由左手定则可知, 小球刚进入磁场时受到的洛伦兹力方向水平向右, A对; 小球运动过程中, 受重力和洛伦兹力的作用, 且合力不为零, 所以小球运动过程中的速度变化, B错; 小球受到的重力不变, 洛伦兹力时刻变化, 则合力时刻变化, 加速度时刻变化, C错; 洛伦兹力永不做功, D错。



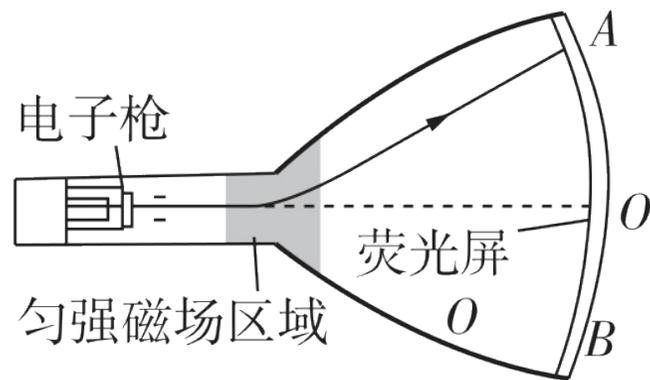
2. [人教选修二P10思考与讨论拓展变式] 显像管的工作原理如图所示, 图中阴影区域没有磁场时, 从电子枪发出的电子打在荧光屏正中央的 $O$ 点。为使电子在竖直方向偏离中心, 打在荧光屏上的 $OA$ 区间, 则对阴影区域所加的磁场, 说法正确的是( C )

A. 方向竖直向上

B. 方向垂直于纸面向里

C. 磁场越强, 偏离中心越远

D. 磁场越弱, 偏离中心越远



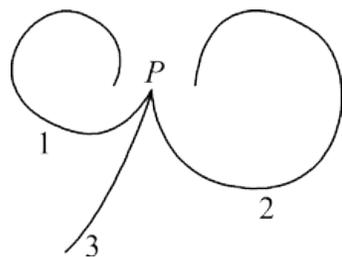
**【解析】**为使电子打在荧光屏上的 $OA$ 区间, 电子应向上偏转, 电子在磁场中受到的洛伦兹力应向上, 根据左手定则可知, 阴影区域所加磁场的方向垂直于纸面向外, 故AB错误; 电子在磁场内受到的洛伦兹力为 $F = Bev$ , 对于电子枪发出的相同速度的电子, 磁场越强, 所受洛伦兹力越大, 偏转越厉害, 偏离中心越远, 故C正确, D错误。



3.[鲁科版选修二P12图1-15设问变式, 2022北京卷]正电子是电子的反粒子, 与电子质量相同、带等量正电荷。在云室中有垂直于纸面的匀强磁场, 从P点发出两个电子和一个正电子, 三个粒子运动轨迹如图中1、2、3所示。下列说法正确的是( **A** )

A. 磁场方向垂直于纸面向里

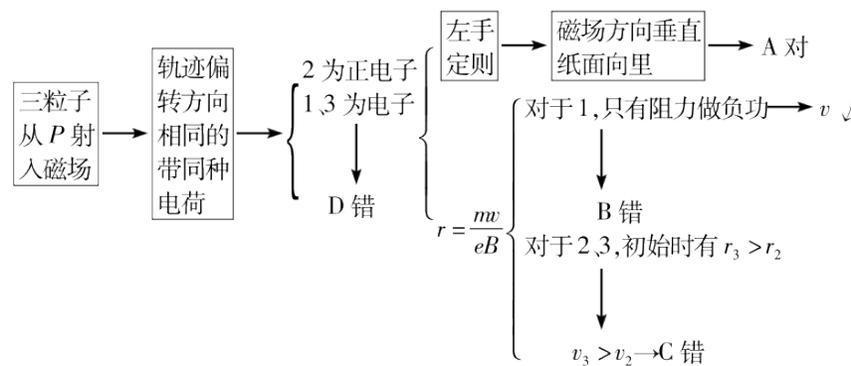
C. 轨迹2对应的粒子初速度比轨迹3的大



B. 轨迹1对应的粒子运动速度越来越大

D. 轨迹3对应的粒子是正电子

### 【解析】

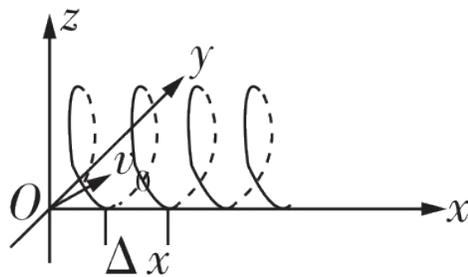




4. [粤教版选修二P16实践与拓展设问变式] 我国最北的城市漠河地处高纬度地区，在晴朗的夏夜偶尔会出现美丽的彩色“极光”，如图甲所示。极光是宇宙中高速运动的带电粒子受地球磁场影响，与空气分子作用的发光现象，若宇宙粒子带正电，因入射速度与地磁场方向不垂直，故其轨迹偶成螺旋状（相邻两个旋转圆之间的距离称为螺距 $\Delta x$ ），如图乙所示。下列说法正确的是( **D** )



图甲



图乙

- A. 带电粒子进入大气层后与空气发生相互作用，在地磁场作用下的旋转半径会越来越大
- B. 若越靠近两极地磁场越强，则随着纬度的增加，以相同速度入射的宇宙粒子的半径增大
- C. 漠河地区看到的“极光”将以逆时针方向（从下往上看）向前旋进
- D. 当不计空气阻力时，若入射粒子的速率不变，仅减小与地磁场的夹角，则旋转半径减小，而螺距 $\Delta x$ 增大



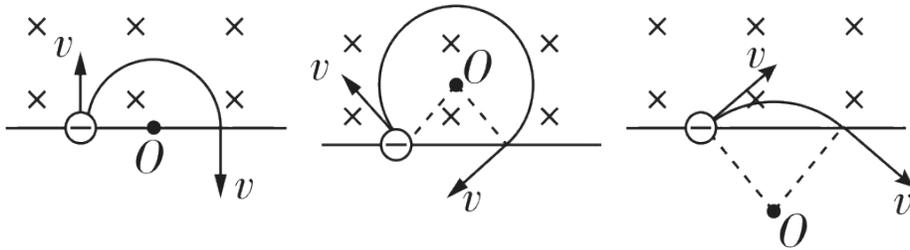
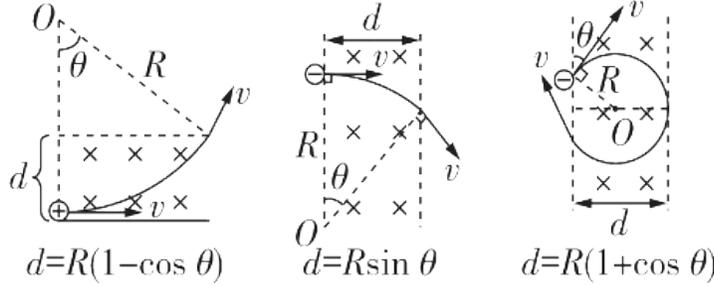
**【解析】**由洛伦兹力提供向心力可得 $qvB = m\frac{v^2}{R}$ ，则 $R = \frac{mv}{Bq}$ ，带电粒子进入大气层后，由于与空气相互作用，粒子的运动速度会变小，在洛伦兹力作用下的偏转半径会变小，A错误；若越靠近两极地磁场越强，则随着纬度的增加地磁场变强，其他条件不变，则半径变小，B错误；漠河地区的地磁场有竖直向下的分量，宇宙粒子入射后，由左手定则可知，从下往上看粒子将以顺时针的方向向前旋进，C错误；当不计空气阻力时，将带电粒子的运动沿磁场方向和垂直于磁场方向进行分解，沿磁场方向将做匀速直线运动，垂直于磁场方向做匀速圆周运动（**【点拨】**当速度方向与磁场方向不垂直时，要将速度往垂直于磁场方向和与磁场方向共线的方向分解。），若入射粒子的速率不变，仅减小与地磁场的夹角，则速度垂直于磁场方向的分量变小，故粒子在垂直于磁场方向的运动半径会减少，周期不变，而沿磁场方向的速度分量变大，则螺距 $\Delta x$ 将增大，D正确。



# 知识点71 带电粒子在有界磁场中的运动 ( 直线边界、平行边界 )



## 教材知识萃取

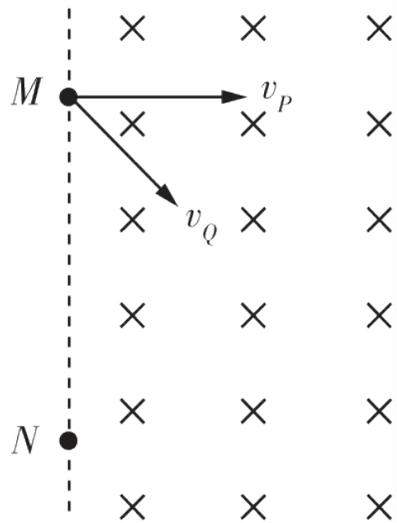
| 种类 | 直线边界   | 平行边界  |
|----|--|---|
| 图示 |  <p>图a                      图b                      图c</p> |  <p>图d                      图e                      图f</p> |
| 特点 | 进出磁场具有对称性  | 存在临界条件  |



## 教材素材变式

### 变式1 带电粒子在直线边界磁场中的运动

1. **[多选]** **[鲁科版选修二P15迁移模型变式]** 如图，虚线MN的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场，两电荷量相同的粒子P、Q从磁场边界的M点先后射入磁场，在纸面内运动。射入磁场时，P的速度 $v_P$ 垂直于磁场边界，Q的速度 $v_Q$ 与磁场边界的夹角为 $45^\circ$ 。已知两粒子均从N点射出磁场，且在磁场中运动的时间相同，则( **AC** )



A. P和Q的质量之比为1:2

B. P和Q的质量之比为 $\sqrt{2}:1$

C. P和Q的速度大小之比为 $\sqrt{2}:1$

D. P和Q的速度大小之比为2:1

**[解析]** 由题意可知，P、Q两粒子的运动轨迹分别为半圆、四分之一圆，由 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ 、

$T = \frac{2\pi r}{v}$ 得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，又由于 $t = \frac{\theta}{2\pi}T$ ，所以 $t = \frac{\theta m}{qB}$ ，解得 $m_P : m_Q = 1 : 2$ ，故A正确，B错误；结合几何关系可

知， $r_P : r_Q = 1 : \sqrt{2}$ ，由洛伦兹力提供向心力有 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ，解得 $v_P : v_Q = \sqrt{2} : 1$ ，故C正确，D错误。



## 规律总结

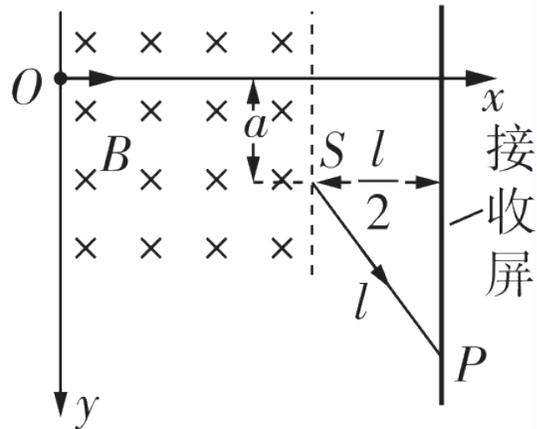
### 处理直线边界匀强磁场中的临界问题的技巧

- (1) 粒子在单边磁场中运动时，进、出磁场具有对称性。
- (2) 带电粒子刚好穿出或刚好不穿出磁场的条件是带电粒子在磁场中运动的轨迹与边界相切。这类题目中往往含有“最大”“最高”“至少”“恰好”等词语，其最终的求解一般涉及极值，但关键是从轨迹入手找准临界状态。



## 变式2 带电粒子在平行边界磁场中的运动

2.[人教选修二P20第3题条件变式, 2023全国乙卷]如图, 一磁感应强度大小为 $B$ 的匀强磁场, 方向垂直于纸面 ( $xOy$ 平面) 向里, 磁场右边界与 $x$ 轴垂直。一带电粒子由 $O$ 点沿 $x$ 正向入射到磁场中, 在磁场另一侧的 $S$ 点射出, 粒子离开磁场后, 沿直线运动打在垂直于 $x$ 轴的接收屏上的 $P$ 点;  $SP = l$ ,  $S$ 与屏的距离为 $\frac{l}{2}$ , 与 $x$ 轴的距离为 $a$ 。如果保持所



有条件不变, 在磁场区域再加上电场强度大小为 $E$ 的匀强电场, 该粒子入射后则会沿 $x$ 轴到达接收屏。该粒子的比荷为( **A** )

A.  $\frac{E}{2aB^2}$

B.  $\frac{E}{aB^2}$

C.  $\frac{B}{2aE^2}$

D.  $\frac{B}{aE^2}$



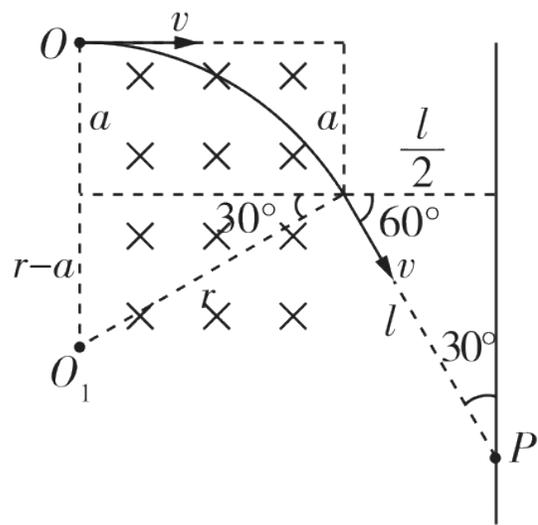
**【解析】** 带电粒子在磁场中做匀速圆周运动，其运动轨迹如图所示

由几何关系可知  $r \sin 30^\circ = r - a \rightarrow r = 2a$

$$F_{\text{洛}} = F_{\text{向}} \rightarrow qvB = m \frac{v^2}{r} \rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

施加电场  $\xrightarrow{\text{匀速直线运动}} qvB = qE \rightarrow v = \frac{E}{B}$

$$\rightarrow \frac{q}{m} = \frac{E}{2aB^2}, \text{A对, BCD错}$$





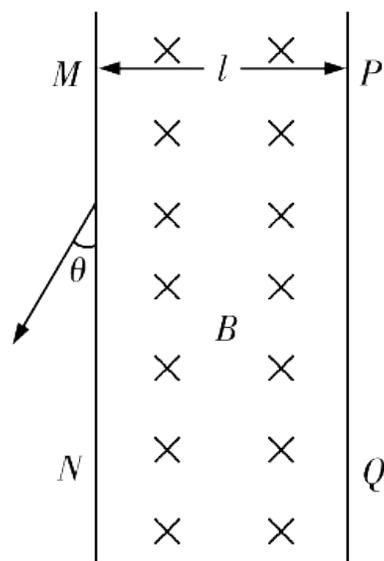
3. [人教版选修二P22第4题设问变式] 真空区域有宽度为 $l$ 、磁感应强度大小为 $B$ 的匀强磁场，磁场方向如图所示， $MN$ 、 $PQ$ 是磁场的边界。质量为 $m$ 、电荷量为 $+q$ 的粒子（不计重力）从 $MN$ 边界某处射入磁场，刚好没有从 $PQ$ 边界射出磁场，再从 $MN$ 边界射出磁场时与 $MN$ 夹角为 $\theta = 30^\circ$ ，则( **D** )

A. 粒子进入磁场时速度方向与 $MN$ 边界的夹角为 $60^\circ$

B. 粒子在磁场中运动的时间为 $\frac{4\pi m}{3qB}$

C. 粒子在磁场中运动的时间为 $\frac{5\pi m}{6qB}$

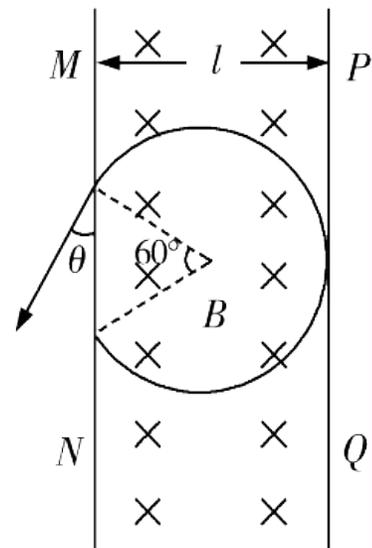
D. 粒子射入磁场时的速度大小为 $\frac{(4-2\sqrt{3})lqB}{m}$





## 基础双练

**【解析】**根据题述，粒子从 $MN$ 边界某处射入磁场，刚好没有从 $PQ$ 边界射出磁场，再从 $MN$ 边界射出磁场时与 $MN$ 夹角为 $30^\circ$ ，画出带电粒子在匀强磁场中的运动轨迹如图所示。由带电粒子运动轨迹图可知粒子进入磁场时速度方向与 $MN$ 边界的夹角为 $30^\circ$ ，选项A错误；带电粒子在匀强磁场中运动轨迹所对应的圆心角为 $\alpha = \frac{5\pi}{3}$ ，粒子在磁场中运动的时间为 $t = \frac{\alpha r}{v}$ ，带电粒子在匀强磁场中运动，由洛伦兹力提供向心力得 $qvB = \frac{mv^2}{r}$ ，联立解得 $t = \frac{5\pi m}{3qB}$ ，选项BC错误；由几何关系可得 $l = r + r\cos 30^\circ$ ，又 $qvB = \frac{mv^2}{r}$ ，联立解得 $v = \frac{(4-2\sqrt{3})lqB}{m}$ ，选项D正确。



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/406135025113010213>