



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30<sup>+</sup>年专注教育行业

# 全品学练考

主编 肖德好

## 导学案

### 高中物理

选择性必修第二册 RJ

数智教辅

索取二维码  
贴此处  
激活享受服务

AI时代就该用AI学习  
遇到问题快扫我

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

# CONTENTS



## 目录

导学案



扫码领取  
单元真题练习  
全科高考真题卷

### 01 第一章 安培力与洛伦兹力

PART ONE

1 磁场对通电导线的作用力	091
专题课:安培力的应用	093
2 磁场对运动电荷的作用力	096
3 带电粒子在匀强磁场中的运动	100
专题课:带电粒子在有界磁场中的运动	102
专题课:带电粒子在有界磁场中的临界问题与多解问题	104
4 质谱仪与回旋加速器	107
专题课:洛伦兹力与现代科技	109
专题课:带电粒子在组合场中的运动	113
专题课:带电粒子(带电体)在叠加场中的运动	117
④ 知识整合与通关(一)	120

### 02 第二章 电磁感应

PART TWO

1 楞次定律	122
习题课:楞次定律的应用	125
2 法拉第电磁感应定律	127
专题课:电磁感应中的电路与电荷量问题	130
专题课:电磁感应中的图像问题	132
3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动	135
4 互感和自感	139
专题课:电磁感应中的动力学和能量问题	142
专题课:电磁感应与动量的综合应用	145
④ 知识整合与通关(二)	148

## 03 第三章 交变电流

PART THREE

1 交变电流	151
2 交变电流的描述	154
3 变压器	158
第 1 课时 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	158
第 2 课时 理想变压器的规律及其应用	161
4 电能的输送	164
◆ 知识整合与通关 (三)	167

## 04 第四章 电磁振荡与电磁波

PART FOUR

1 电磁振荡	169
2 电磁场与电磁波	169
3 无线电波的发射和接收	172
4 电磁波谱	172
◆ 知识整合与通关 (四)	176

## 05 第五章 传感器

PART FIVE

1 认识传感器	177
2 常见传感器的工作原理及应用	177
3 利用传感器制作简单的自动控制装置	180
◆ 知识整合与通关 (五)	183

◆ 参考答案	185
--------	-----

# 第一章 安培力与洛伦兹力



AI学习有疑问  
扫码添加AI伴学师



讲课智能体

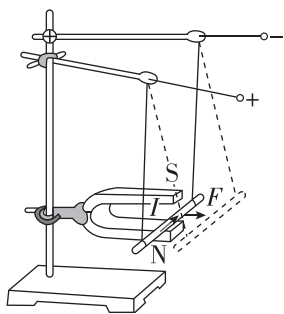
## 1 磁场对通电导线的作用力

### 学习任务一 安培力的方向

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

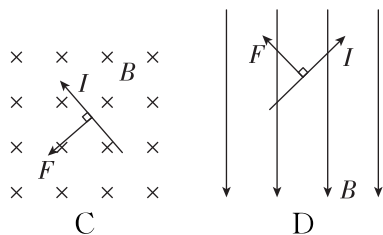
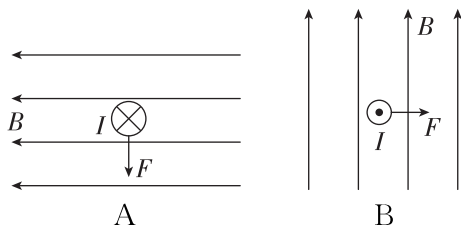
1. 安培力: \_\_\_\_\_ 在磁场中受的力.
2. 安培力的方向与 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 有关.
3. 左手定则: 伸开左手,使拇指与其余四个手指垂直,并且都与手掌在同一个平面内;让磁感线 \_\_\_\_\_,并使四指指向 \_\_\_\_\_,这时 \_\_\_\_\_ 所指的方向就是通电导线在磁场中所受安培力的方向.

[科学探究] 按照如图所示进行实验.



- (1) 上下交换磁铁磁极的位置时 \_\_\_\_\_ 改变磁场方向,导体棒受力的方向 \_\_\_\_\_ 改变.(均选填“会”或“不会”)
- (2) 改变导体棒中电流的方向时,导体棒受力的方向 \_\_\_\_\_ (选填“会”或“不会”)改变.
- (3) 既交换磁铁磁极的位置,又改变导体棒中电流的方向时,导体棒受力的方向 \_\_\_\_\_ (选填“会”或“不会”)改变.

**例 1** [2026·重庆八中高二期] 如图所示的磁感应强度  $B$ 、电流  $I$  和磁场对电流的作用力  $F$  三者方向的相互关系中正确的是 ( )



[反思感悟] \_\_\_\_\_

**【要点总结】**

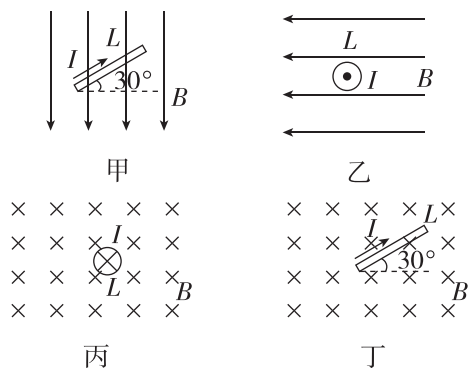
1. 安培力  $F$  的方向既与磁场方向垂直,又与通电导线垂直,即  $F$  跟  $B$ 、 $I$  所在的面垂直,但  $B$  与  $I$  的方向不一定垂直.
2. 当电流方向跟磁场方向不垂直时,仍可用左手定则来判定安培力的方向,注意要让磁感线垂直于电流方向的分量垂直进入掌心.

### 学习任务二 安培力大小的计算

[科学思维] 长为  $l$  的一段直导线放在匀强磁场中,磁场的磁感应强度为  $B$ ,导线中通以大小为  $I$  的电流,当导线按以下三种方式放置时,所受磁场的作用力分别是多大?

- (1) 导线和磁场垂直放置时,  $F_{安} =$  \_\_\_\_\_;
- (2) 导线和磁场平行放置时,  $F_{安} =$  \_\_\_\_\_;
- (3) 导线和磁场成  $\theta$  角 ( $B$  与  $I$  方向夹角) 放置时,  $F_{安} =$  \_\_\_\_\_.注:此式为安培力的通式.

**例 2** 如图所示的四种情况中,匀强磁场的磁感应强度大小相等,载导体的长度相同,通过的电流大小也相同,导体受到的磁场力最大且方向沿着纸面的是 ( )

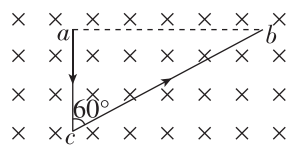


- A. 甲、乙                      B. 甲、丙  
C. 乙、丁                      D. 乙、丙

[反思感悟]

**例 3** [2026·江苏连云港高二期末] 如图所示,匀强磁场垂直于“√”形通电导线所在平面,已知  $ab \perp ac$ ,  $\angle acb = 60^\circ$ ,  $ac$  段受到的安培力大小

为  $F$ . 则 ( )

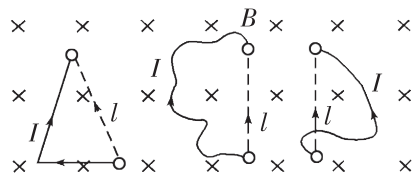


- A.  $bc$  段受到的安培力大小为  $\sqrt{3}F$   
B.  $acb$  整体受到的安培力大小为  $\sqrt{3}F$   
C.  $ac$  段受到的安培力方向垂直于  $ac$  向左  
D.  $acb$  整体受到的安培力方向垂直于  $ab$  向下

[反思感悟]

**【要点总结】**

公式  $F=IlB\sin\theta$  中  $l$  指的是“有效长度”. 弯曲导线的有效长度  $l$  等于连接两端点的线段的长度(如图所示),相应的电流沿线段由始端流向末端.

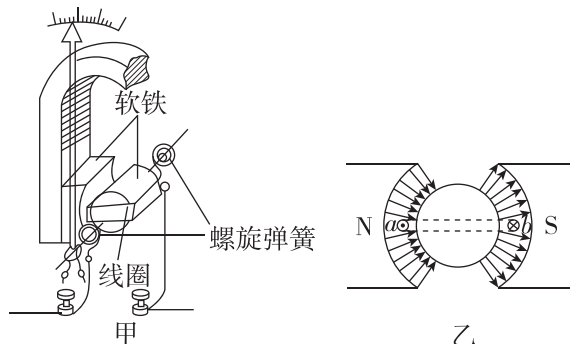


### 学习任务三 磁电式电流表的工作原理

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

- 当电流通过线圈时,线圈因为受到\_\_\_\_\_力而发生转动.
- 线圈\_\_\_\_\_可以说明被测电流的强弱.

**例 4** [2026·湖北黄冈中学高二月考] 如图甲是高中物理电学实验中常用的磁电式电流表的结构示意图,其内部磁场分布和线圈中电流流向剖面示意图如图乙所示.关于磁电式电流表的下列各项说法中正确的是 ( )



- 当线圈在如图乙所示位置时导线  $b$  受到的安培力方向向上
- 线圈中电流越大,安培力就越大,螺旋弹簧的形变也越大,线圈偏转的角度也越大
- 电流表内部的磁场是匀强磁场
- 线圈无论转到什么角度,它的平面都跟磁感线平行,所以线圈不受安培力

[反思感悟]

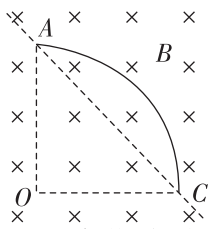
**【要点总结】**

- 磁电式电流表的特点:
  - 磁体和铁芯之间是辐向均匀分布的磁场
  - 线圈平面始终与磁感线平行
  - 表盘刻度均匀分布
- 优点:灵敏度高,可以测量很小的电流.
- 缺点:线圈的导线很细,允许通过的电流很小.

## // 随堂巩固 //

1. (安培力的大小) (多选) 如图所示,  $AC$  是一个半径为  $R$  的四分之一圆弧, 将其放置在与平面  $AOC$  垂直的磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中. 当该导线中通以由  $A$  到  $C$ 、大小为  $I$  的恒定电流时, 该导线受到安培力的大小和方向是 ( )

- A. 安培力大小为  $IRB$   
 B. 安培力大小为  $\sqrt{2}IRB$   
 C. 安培力方向为垂直于  $AC$  的连线指向左下方  
 D. 安培力方向为垂直于  $AC$  的连线指向右上方



2. (磁电式电流表) (多选) 关于磁电式电流表, 以下说法正确的是 ( )

- A. 指针稳定后, 螺旋弹簧形变产生的阻碍效果与线圈受到的安培力的转动效果方向是相反的  
 B. 通电线圈中的电流越大, 电流表指针偏转角度也越大  
 C. 在线圈转动的范围内, 各处的磁场都是匀强磁场  
 D. 在线圈转动的范围内, 线圈所受安培力大小与电流大小有关, 而与所处位置无关

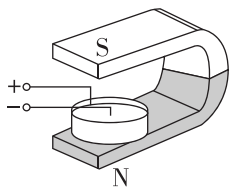
## 专题课: 安培力的应用

### 学习任务一 判断安培力作用下导体的运动情况

[科学思维] 判断安培力作用下通电导线和通电线圈运动方向的步骤:

- (1) 明确研究对象(导体);
- (2) 画出导体所在位置的磁感线方向;
- (3) 由左手定则确定导体受到的安培力方向;
- (4) 由导体的受力情况判断导体的运动情况.

[科学探究] 在玻璃器皿的中心放一个圆柱形的电极, 沿边缘内壁放一个圆环形电极, 把它们分别与电池的两极相连, 然后再在玻璃器皿中放入导电液体, 例如盐水, 若把玻璃器皿放在磁场中, 如图所示, 那么从上往下看, 液体沿\_\_\_\_\_ (选填“顺时针”或“逆时针”)方向转动.

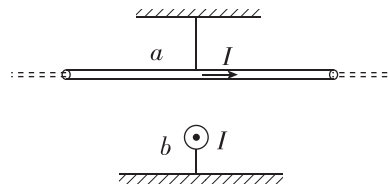


**例 1** (多选) 如图所示, 两根无限长直导线  $a$ 、 $b$  相互垂直,  $a$  通过细线悬挂在天花板上且可自由转动,  $b$  通过绝缘支架固定在地面上. 现同时给  $a$  通以沿导线向右的电流, 给  $b$  通以沿导线向外的电流. 下列说法正确的是 ( )

A. 刚通电流时, 导线  $a$  左半部分垂直纸面向里

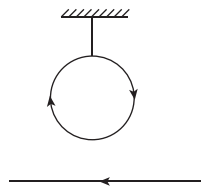
转, 右半部分垂直纸面向外转

- B. 刚通电流时, 导线  $a$  左半部分垂直纸面向外转, 右半部分垂直纸面向里转  
 C. 导线  $a$  转动  $90^\circ$  时, 细线对  $a$  的拉力大于导线的重力  
 D. 导线  $a$  转动  $90^\circ$  时, 细线对  $a$  的拉力小于导线的重力



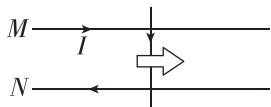
**变式** [2026·河南郑州外国语学校高二月考] 如图所示, 用细橡皮筋悬吊一轻质线圈, 置于固定直导线上方, 两者在同一竖直平面内, 线圈可以自由运动, 当给两者通以图示电流时, 线圈将 ( )

- A. 远离直导线, 两者仍在同一竖直平面内  
 B. 靠近直导线, 两者仍在同一竖直平面内  
 C. 靠近直导线, 同时发生旋转  
 D. 远离直导线, 同时发生旋转





**例 4** [2026·江苏东海高级中学高二期中] 如图是用电磁弹射技术制造的电磁枪原理图, 质量为  $m$  的弹体可在间距为  $d$  的两平行水平轨道之间自由滑动, 并与轨道保持良好接触. 恒定电流  $I$  从  $M$  轨道左边流入, 通过弹体后从  $N$  轨道左边流回. 轨道电流在弹体处产生垂直于轨道面的磁场, 可视为匀强磁场, 磁感应强度的大小与电流成正比. 通电弹体在安培力作用下加速距离  $L$  后从轨道右边以速度  $v$  高速射出. 下列说法中正确的是 ( )



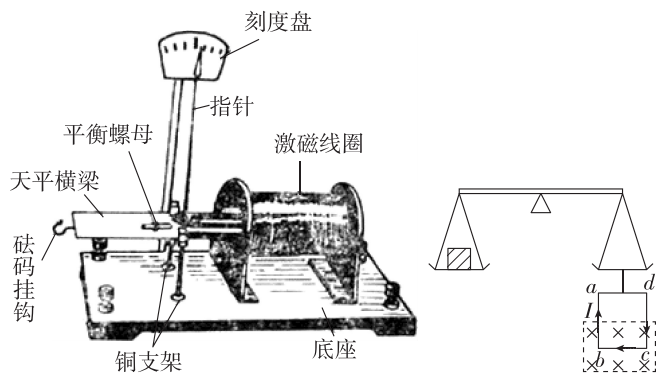
- A. 弹体在轨道上滑动时受到的安培力逐渐变小
- B. 若电流增大, 轨道长度不变, 则弹体射出速度不变
- C. 若轨道长度增大, 电流大小不变, 则弹体射出速度变小
- D. 若电流  $I$  从  $N$  轨道左边流入,  $M$  轨道左边流回, 则弹体仍向右边射出

[反思感悟]

### | 素养提升 |

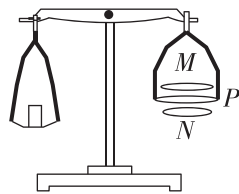
#### 电流天平的原理和应用

电流天平是根据等臂杠杆的原理制成的, 可以用来测量导线在磁场中受到的安培力和磁场的磁感应强度. 如图所示是它的原理示意图, 天平左盘放砝码, 右盘下悬挂线框, 线框处于磁场中. 当线框没有通电时, 天平处于平衡状态.



线框通电后,  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$  边均受到安培力的作用. 根据左手定则可知,  $ab$ 、 $cd$  边受到的安培力等大反向, 互相抵消,  $bc$  边受到的安培力方向竖直向下, 天平平衡被破坏. 通过在左盘中加砝码可使天平重新平衡, 根据所加砝码的质量可以推知线框所受安培力的大小  $F$ . 再根据  $F = nIlB$ , 由线框的匝数  $n$ 、 $bc$  边长度  $l$ 、电流  $I$  可求磁场的磁感应强度  $B$  的大小.

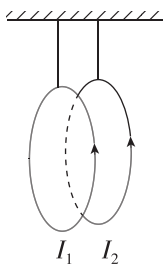
**示例** [2026·陕西西安高新一中高二期] 某同学设计了一种天平, 其装置如图所示. 两相同的同轴圆线圈  $M$ 、 $N$  水平固定, 圆线圈  $P$  与  $M$ 、 $N$  共轴且平行等距. 初始时, 线圈  $M$ 、 $N$  通以等大反向的恒定电流后, 在线圈  $P$  处产生沿半径方向的磁场, 线圈  $P$  内无电流且天平平衡. 设从上往下看顺时针方向为正向. 某次测量时, 当左托盘放入重物 (且保持不变) 后, 控制线圈  $P$  中通入的电流可使  $P$  仍在原位置且天平平衡, 则 ( )



- A. 设计该天平是为了测量线圈  $P$  中的电流大小
- B. 若  $P$  处磁场方向沿半径向内, 则在  $P$  中通入正向电流
- C. 若  $P$  处磁场方向沿半径向外, 则在  $P$  中通入正向电流
- D. 要测量  $P$  处的磁感应强度, 只需知道重物的重力和  $P$  中的电流

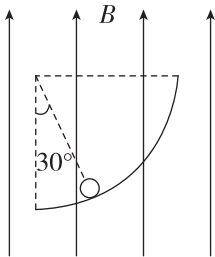
## // 随堂巩固 //

1. (安培力作用下导体的运动情况) 用两根绝缘细线把两个完全相同的圆形导线环悬挂起来, 将二者等高平行放置, 如图所示, 当两导线环中通入方向相同的电流  $I_1$ 、 $I_2$  时, 两导线环 ( )



- A. 相互吸引  
B. 相互排斥  
C. 无相互作用力  
D. 先吸引后排斥

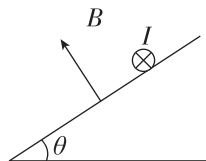
2. (安培力作用下导体的平衡问题) 质量为  $m$ 、长为  $l$  的直导体棒放置于四分之一光滑圆弧轨道上, 整个装置处于竖直向上的磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中, 直导体棒中通有恒定电流, 平衡时导体棒和圆弧圆心的连线与竖直方向成  $30^\circ$  角, 其截面图如图所示, 重力加速度为  $g$ , 则导体棒中电流方向、大小分别为 ( )



- A. 垂直于纸面向外,  $\frac{\sqrt{3}mg}{3Bl}$

- B. 垂直于纸面向里,  $\frac{\sqrt{3}mg}{3Bl}$   
C. 垂直于纸面向外,  $\frac{\sqrt{3}mg}{2Bl}$   
D. 垂直于纸面向里,  $\frac{\sqrt{3}mg}{2Bl}$

3. (安培力作用下的加速问题) [2026 · 江西宜春中学高二月考] 如图所示, 通电直导体棒放在倾角为  $\theta$  的光滑斜面上, 并处在垂直斜面向上、磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中. 当电流为  $I$  时, 导体棒恰好处于平衡状态, 若电流突然反向(电流大小不变), 则该导体棒的加速度大小为(已知重力加速度为  $g$ ) ( )



- A.  $\frac{1}{2}g \sin \theta$                       B.  $g \sin \theta$   
C.  $2g \sin \theta$                       D.  $3g \sin \theta$

## 2 磁场对运动电荷的作用力

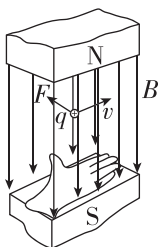
### 学习任务一 洛伦兹力的方向

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空.

- 洛伦兹力: \_\_\_\_\_ 在 \_\_\_\_\_ 中受到的力.
- 左手定则: 伸开左手, 使拇指与其余四个手指 \_\_\_\_\_, 并且都与手掌在同一个平面内; 让磁感线从 \_\_\_\_\_ 垂直进入, 并使 \_\_\_\_\_ 指向 \_\_\_\_\_ 运动的方向, 这时 \_\_\_\_\_ 所指的方向就是运动的正电荷在磁场中所受洛伦兹力的方向.

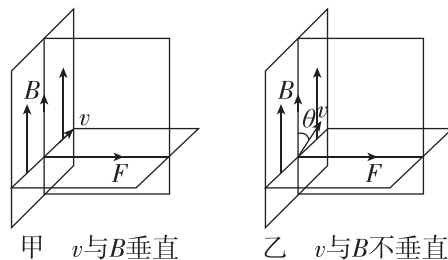
说明: ①对于负电荷, 四指指向电荷运动的反方向.

②洛伦兹力的方向总是与电荷运动的方向和磁场方向垂直, 即洛伦



兹力的方向总是垂直于运动电荷速度方向和磁场方向所决定的平面.

$F$ 、 $B$ 、 $v$  三个量的方向关系是:  $F \perp B$ ,  $F \perp v$ , 但  $B$  与  $v$  不一定垂直, 如图甲、乙所示.



③洛伦兹力不做功, 它只改变电荷的运动方向, 不改变电荷的速度大小.

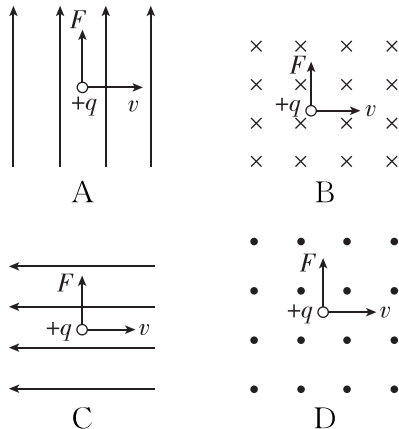
**【辨别明理】**

1. 运动电荷在磁场中不一定受洛伦兹力. ( )

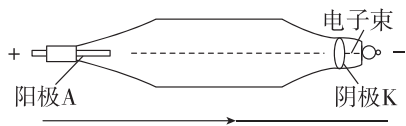
2. 用左手定则判断洛伦兹力方向时“四指的指向”与电荷运动方向相同. ( )

3. 运动电荷在某处不受洛伦兹力的作用,则该处的磁感应强度一定为零. ( )

**例 1** [2026·天津河西区高二期末] 匀强磁场中,带电粒子的速度为  $v$ 、所受洛伦兹力为  $F$ ,则下列图中正确的是 ( )



**变式** [2026·湖北鄂东南高二期中] 如图所示,在阴极射线管正下方平行放置一根通有足够强电流的长直导线,且导线中电流方向水平向右,则阴极射线将会 ( )



- A. 向上偏转                      B. 向下偏转  
C. 向纸内偏转                  D. 向纸外偏转

**【要点总结】**

- 洛伦兹力的方向总是与电荷运动的方向和磁场的方向垂直,即洛伦兹力的方向总是垂直于运动电荷的速度方向和磁场方向确定的平面.  $F$ 、 $B$ 、 $v$  三个量的方向关系是:  $F \perp B$ ,  $F \perp v$ , 但  $B$  与  $v$  不一定垂直.
- 用左手定则判定负电荷在磁场中运动所受的洛伦兹力方向时,应注意将四指指向负电荷运动的反方向.

**学习任务二 洛伦兹力的大小**

**[教材链接]** 阅读教材,完成下列填空.

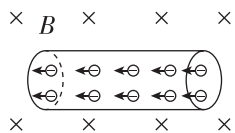
洛伦兹力的大小:  $F = qvB \sin \theta$ ,  $\theta$  为电荷的运动方向与磁场方向的夹角.

(1) 当  $v \perp B$ ,  $F =$  \_\_\_\_\_, 即电荷运动方向与磁场垂直时,所受洛伦兹力最大.

(2) 当  $v \parallel B$ ,  $F =$  \_\_\_\_\_, 即电荷运动方向与磁场平行时,不受洛伦兹力.

**[科学推理]** 安培力是洛伦兹力的宏观表现,一段静止在磁场中的通电导线受到的安培力等于该段导线内所有电荷定向移动时受到的洛伦兹力的矢量和.

(1) 如图所示,设有一段长度为  $l$  的通电导线垂直放入磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中,若导线中的电流为  $I$ ,则该导线所受的安培力的大小为 \_\_\_\_\_.



(2) 设导线的横截面积为  $S$ , 单位体积内的自由电荷数为  $n$ , 每个自由电荷的电荷量为  $q$ , 定向移动的速度都是  $v$ , 根据电流的定义式推导电流的表达式.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

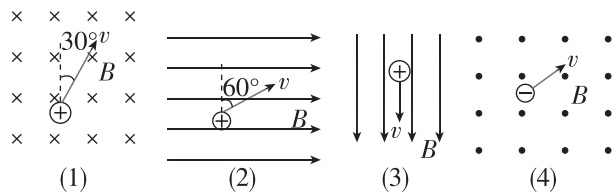
(3) 根据  $F_{安} = NF_{洛}$  推导每个电荷受到的洛伦兹力的大小,并说明推导结果的适用条件.

\_\_\_\_\_

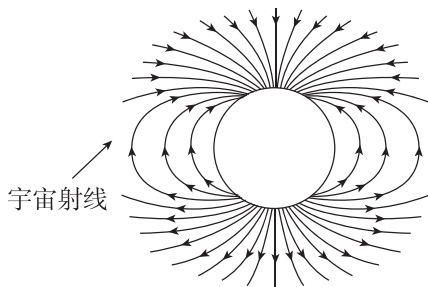
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**例 2** 如图所示,各图中的匀强磁场的磁感应强度均为  $B$ , 带电粒子的速度均用  $v$  表示, 带电荷量大小均为  $q$ . 试求出图中带电粒子所受洛伦兹力的大小, 并指出洛伦兹力的方向.



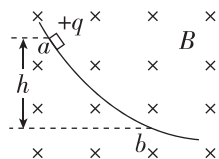
**例3** [2025·陕西西安高二期末] 如图所示,来自太阳和其他星体的宇宙射线含有大量带电粒子,幸好由于地磁场的存在改变了这些带电粒子的运动方向,使很多带电粒子不能到达地面,避免了其对地面生命的危害.已知某处由南指向北的地磁场的磁感应强度大小约为  $1.2 \times 10^{-4} \text{ T}$ ,如果有一速率  $v = 5.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ 、电荷量为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  的正电荷竖直向下运动穿过此处的地磁场,则该正电荷在此处受到的洛伦兹力约为 ( )



- A.  $9.6 \times 10^{-18} \text{ N}$ , 方向向东
- B.  $9.6 \times 10^{-17} \text{ N}$ , 方向向西
- C.  $9.6 \times 10^{-16} \text{ N}$ , 方向向北
- D.  $9.6 \times 10^{-15} \text{ N}$ , 方向向南

[反思感悟] .....

**例4** [2025·重庆一中高二月考] 如图所示,在磁感应强度大小为  $B$ 、方向垂直纸面向里的匀强磁场中,一带电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的滑块自  $a$  点由静止沿光滑绝缘轨道滑下,下降高度为  $h$  时到达  $b$  点. 不计空气阻力,重力加速度为  $g$ , 则 ( )



- A. 滑块在  $a$  点受重力、支持力和洛伦兹力作用
- B. 该过程中,洛伦兹力做正功
- C. 该过程中,滑块的机械能增大
- D. 滑块在  $b$  点受到的洛伦兹力大小为

$$qB\sqrt{2gh}$$

**【要点总结】**

1. 洛伦兹力是单个运动电荷在磁场中受到的力,安培力是导体中所有定向移动的自由电荷受到的洛伦兹力的宏观表现.
2. 由于洛伦兹力的方向始终垂直于运动电荷的速度方向,所以洛伦兹力只改变速度的方向,不改变速度的大小.洛伦兹力对运动电荷不做功,但安培力可以对导体做功.

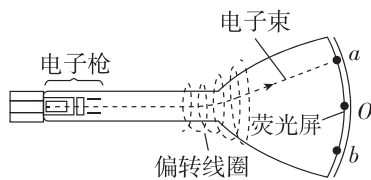
### 学习任务三 电子束的磁偏转

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

1. 显像管主要由 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 三部分组成.
2. 原理:电子显像管应用了电子束 \_\_\_\_\_ 的原理.
3. 扫描:在偏转区的水平方向和竖直方向都有偏转磁场,其方向、强弱都在 \_\_\_\_\_,使得电子束打在荧光屏上的光点不断移动.电子束从最上一行到最下一行扫描一遍叫作一场,电视机中的显像管每秒要进行 \_\_\_\_\_ 场扫描.

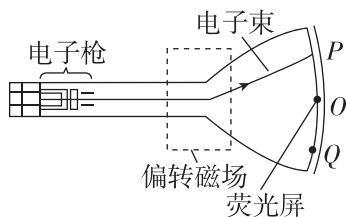
[科学探究] 如图所示为电视机显像管原理示意图.没有磁场时,电子束打在荧光屏正中的  $O$

点.为使电子束偏转,由安装在管颈的偏转线圈产生偏转磁场.



- (1) 要使电子束偏离中心,打在荧光屏上的  $a$  点,偏转磁场应该沿 \_\_\_\_\_ 的方向.
- (2) 要使电子束打在  $b$  点,偏转磁场应该沿 \_\_\_\_\_ 的方向.
- (3) 要使电子束打在荧光屏上的位置由  $b$  点逐渐向  $a$  点移动,偏转磁场应该 \_\_\_\_\_.

**例 5** [2026·山东菏泽一中高二月考] 如图所示是显像管的原理示意图,图中虚线框区域中有垂直于纸面的磁场,该磁场会使电子枪射出的速率相同的高速电子束发生偏转,最后电子打在荧光屏上,电子重力忽略不计.下列说法正确的是 ( )



- A. 磁场对电子的洛伦兹力对电子做正功或负功
- B. 电子经过偏转磁场时,做类平抛运动
- C. 电子打到荧光屏上不同位置的速度大小相等
- D. 若电子束打在 Q 点,则偏转磁场垂直纸面向外

**【要点总结】**

磁偏转:带电粒子在磁场中受到洛伦兹力的作用时,由于洛伦兹力与运动电荷的速度垂直,会不断改变电荷的运动方向,因此可以利用磁场控制带电粒子的运动方向.把利用磁场改变带电粒子运动方向的现象称为磁偏转.

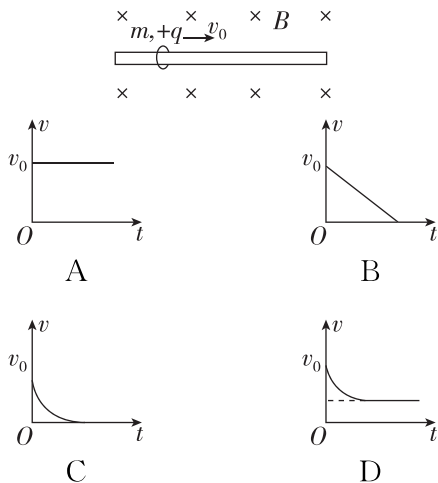
**学习任务四 带电体在洛伦兹力作用下的运动**

**[科学思维]**

1. 带电体在匀强磁场中速度变化时洛伦兹力的大小往往随之变化,并进一步导致弹力、摩擦力的变化,带电体将在变力作用下做变加速运动.
2. 利用牛顿运动定律和平衡条件分析各物理量的动态变化时要注意弹力为零的临界状态,此状态是弹力方向发生改变的转折点.

**例 6** (多选) 如图所示为一个质量为  $m$ 、带电荷量为  $+q$  的圆环,可在水平放置的足够长的粗糙细杆上滑动,细杆处于磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中,不计空气阻力,现给圆环向右的初速度

$v_0$ ,在以后的运动过程中,圆环运动的速度—时间图像可能是下列选项中的 ( )

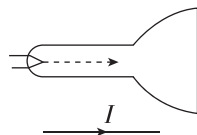


**// 随堂巩固 //**

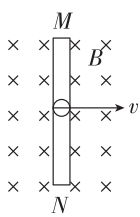
1. (洛伦兹力的大小) 电荷量为  $+q$  的粒子在匀强磁场中运动,匀强磁场的磁感应强度大小为  $B$ ,下列说法中正确的是 ( )
  - A. 若  $v \perp B$ ,只要速度大小相同,所受洛伦兹力就相同
  - B. 如果把  $+q$  改为  $-q$ ,且速度反向,大小不变,则其所受洛伦兹力的大小、方向均不变
  - C. 洛伦兹力方向一定与电荷速度方向垂直,磁场方向一定与电荷速度方向垂直
  - D. 运动电荷在某处不受洛伦兹力的作用,则该处的磁感应强度一定为零

2. (电子束的磁偏转) 如图所示,在示波器下方有一根与示波器轴线平行放置的通电直导线,直导线中的电流方向向右,在该电流的影响下,下列关于示波器中的电子束的说法正确的是 (示波器内两个偏转电场的偏转电压都为零,不考虑地磁场的影响) ( )

- A. 电子束将向下偏转,电子的速率保持不变
- B. 电子束将向外偏转,电子的速率逐渐增大
- C. 电子束将向上偏转,电子的速率保持不变
- D. 电子束将向里偏转,电子的速率逐渐减小



3. (带电体在洛伦兹力作用下的运动) 如图所示, 金属棒  $MN$  中的自由电荷为电子, 电子随着金属棒以速度  $v$  向右匀速运动, 同时沿着金属棒以速度  $u$  匀速运动, 匀强磁场的磁感应强度为  $B$ , 下列说法正确的是 ( )



- A. 电子受到的洛伦兹力为  $evB$
- B. 电子受到的洛伦兹力为  $euB$
- C. 电子受到的沿棒方向的洛伦兹力大小为  $evB$
- D. 电子受到的沿棒方向的洛伦兹力大小为  $euB$

### 3 带电粒子在匀强磁场中的运动

#### 学习任务一 带电粒子在匀强磁场中的运动规律

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空.

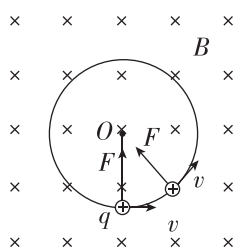
1. 若  $v \parallel B$ , 带电粒子(不计重力)所受洛伦兹力  $F =$  \_\_\_\_\_, 所以粒子在磁场中做 \_\_\_\_\_.

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, \_\_\_\_\_ 提供向心力.

[科学推理] 如图所示, 设电荷量为  $q$  的粒子在磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中做匀速圆周运动, 运动速度为  $v$ , 匀速圆周运动的轨道半径为  $r$ , 周期为  $T$ .



(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  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ .

[辨别明理]

- 1. 运动电荷进入磁场后(无其他场)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. ( )

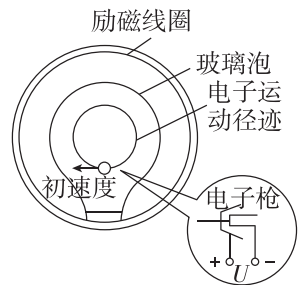
4. 带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的周期随速度的增大而减小. ( )

**例 1** 在匀强磁场中, 一个带电粒子做匀速圆周运动, 若该粒子又垂直于磁场方向进入另一磁感应强度是原来一半的匀强磁场, 则 ( )

- A. 粒子的速率加倍, 周期减半
- B. 粒子的速率不变, 轨迹半径减半
- C. 粒子的速率不变, 周期变为原来的 2 倍
- D. 粒子的速率减半, 轨迹半径变为原来的 2 倍

**例 2** (多选) [2026 · 河北邢台一中高二月考] 洛伦兹力演示仪的结构示意图如图所示, 励磁线圈通电后可以产生垂直于纸面的匀强磁场, 电子经电子枪中的加速电场加速后水平向左垂直磁感线方向射入磁场, 在演示仪中做圆周运动. 下列说法正确的是 ( )

- A. 励磁线圈产生的磁场方向垂直纸面向里
- B. 电子在洛伦兹力作用下的速度越来越大
- C. 仅减小电子的射入速度, 电子的运动半径变小
- D. 励磁线圈中通有逆时针方向的电流

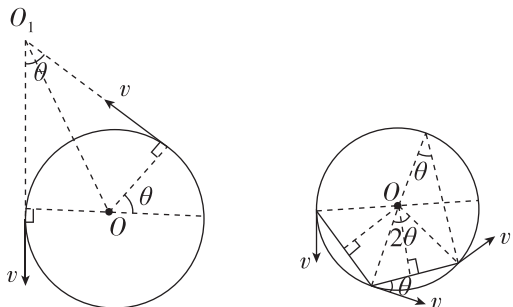


## 学习任务二 带电粒子在匀强磁场中运动分析

### [科学思维]

#### 1. 定圆心

圆心位置的确定通常有以下两种基本方法：



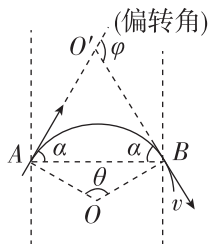
两速度的垂线定圆心 两条弦的垂直平分线定圆心

#### 2. 半径的确定

(1) 由半径公式  $r = \frac{mv}{qB}$  确定；

(2) 由几何关系确定.

#### 3. 粒子速度偏转角的确定



速度的偏转角  $\varphi =$  圆弧所对的圆心角 (回旋角)  $\theta =$  弦切角  $\alpha$  的 2 倍. (如图所示)

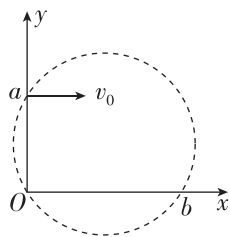
#### 4. 粒子在匀强磁场中运动时间的确定

(1) 周期一定时, 由圆心角求:  $t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{m}{qB} \theta$ ;

(2)  $v$  一定时, 由弧长求:  $t = \frac{s}{v} = \frac{\theta R}{v}$ .

#### 例 3 (多选) [2026 · 重庆巴蜀中学校高二月考]

如图所示, 在平面直角坐标系中有一圆形区域, 其内存在垂直纸面向里的匀强磁场, 区域边界过原点  $O$  和  $y$  轴上的点  $a(0, 2L)$ . 一质量为  $m$ 、电荷量为  $e$  的电子从  $a$  点以初速度  $v_0$  平行于  $x$  轴正方向射入磁场, 并从  $x$  轴上的  $b$  点射出磁场, 此时速度的方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $60^\circ$ . 下列说法正确的是 ( )



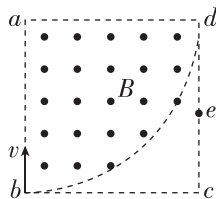
- A. 电子在磁场中运动的时间为  $\frac{4\pi L}{3v_0}$
- B. 电子在磁场中运动的时间为  $\frac{2\pi L}{3v_0}$
- C. 电子在磁场中做圆周运动的圆心坐标为  $(0, -2L)$
- D. 电子在磁场中做圆周运动的圆心坐标为  $(0, -L)$

### [反思感悟]

#### 例 4 [2026 · 河北邢台高二期末]

如图所示,  $abcd$  为边长为  $L$  的正方形, 在四分之一圆  $abd$  区域内有垂直于纸面向外的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ . 一个质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带正电粒子从  $b$  点沿  $ba$  方向射入磁场, 粒子恰能从正方形  $cd$  边上的  $e$  点射出正方形区域,  $d$ 、 $e$  间距离为  $\frac{\sqrt{3}}{3}L$ , 不计粒子的重力, 则该粒子在磁场中运动的速度大小  $v$  和时间  $t$  为 ( )

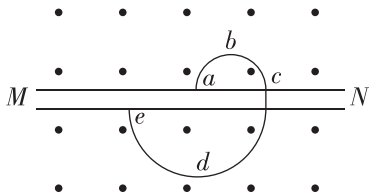
- A.  $v = \frac{qBL}{m}, t = \frac{\pi m}{2qB}$
- B.  $v = \frac{\sqrt{3}qBL}{m}, t = \frac{\pi m}{3qB}$
- C.  $v = \frac{\sqrt{3}qBL}{3m}, t = \frac{\pi m}{3qB}$
- D.  $v = \frac{\sqrt{3}qBL}{3m}, t = \frac{2\pi m}{3qB}$



### [反思感悟]

## // 随堂巩固 //

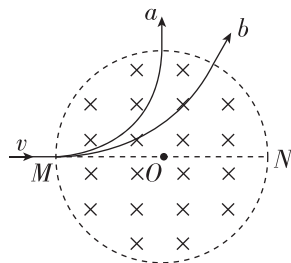
1. (带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期)  $MN$  是匀强磁场中的一块薄金属板, 一带电粒子(不计重力)在磁场中运动并穿过金属板后, 速率将会减小, 若电荷量保持不变, 其运动轨迹如图所示, 则下列说法正确的是 ( )



- A. 粒子带正电
- B. 粒子的运动方向是  $edcba$
- C. 粒子的运动方向是  $abcde$
- D. 粒子通过上半周所用时间比下半周所用时间短

2. (带电粒子在匀强磁场中运动分析)[2026 · 江苏锡山高级中学高二期中] 圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场, 带电粒子  $a$ 、 $b$  从圆周

上的  $M$  点沿直径  $MON$  方向以相同的速度射入磁场, 粒子  $a$ 、 $b$  的运动轨迹如图所示. 已知粒子  $a$  离开磁场时速度方向偏转了  $90^\circ$ , 粒子  $b$  离开磁场时速度方向偏转了  $60^\circ$ , 不计粒子的重力, 下列说法正确的是 ( )



- A. 粒子  $a$ 、 $b$  都带负电
- B. 粒子  $a$ 、 $b$  的比荷之比为  $\sqrt{3} : 2$
- C. 粒子  $a$ 、 $b$  在磁场中运动轨迹的半径之比为  $1 : 3$
- D. 粒子  $a$ 、 $b$  在磁场中运动的时间之比为  $\sqrt{3} : 2$

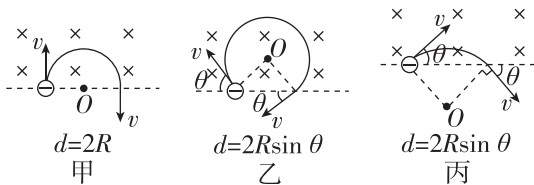
## 专题课: 带电粒子在有界磁场中的运动

### 学习任务一 带电粒子在直线有界匀强磁场中运动

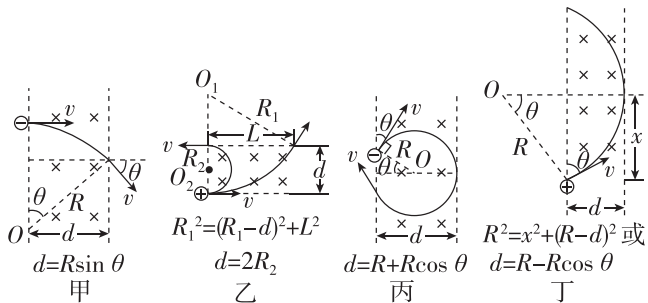
#### [模型建构]

#### 1. 直线边界

从某一直线边界射入的粒子再从这一边界射出时, 速度与边界的夹角相等, 如图所示.

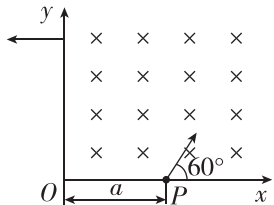


#### 2. 平行边界(存在临界条件, 如图所示).



**例 1** [2025 · 陕西西安高二期中] 如图所示, 在  $xOy$  坐标系的第 I 象限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. 一带电粒子在  $P$  点以与  $x$  轴正方向成  $60^\circ$  角的方向垂直磁场射入, 并恰好垂直于  $y$  轴射出磁场. 已知带电粒子质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ ,  $OP = a$ , 不计带电粒子重力. 根据上述信息可以得出 ( )

- A. 带电粒子带负电
- B. 带电粒子在磁场中运动的半径为  $\sqrt{3}a$
- C. 带电粒子在磁场中运动的速率为  $\frac{qBa}{m}$
- D. 带电粒子在磁场中运动的时间为  $\frac{2\pi m}{3qB}$

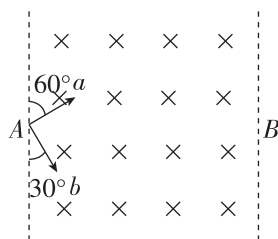


**例 2** (多选)[2026·河北武安一中高二月考]

如图所示,两个带等量异种电荷的粒子  $a$ 、 $b$  (不计重力) 分别以速度  $v_a$  和  $v_b$  射入垂直纸面向里的匀强磁场,两粒子的入射方向与磁场边界的夹角分别为  $60^\circ$  和  $30^\circ$ , 磁场宽度为  $d$ , 两粒子同时由  $A$  点出发,同时到达  $B$  点,则 ( )

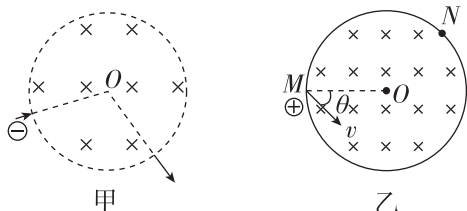
- A.  $a$  粒子带正电,  $b$  粒子带负电  
 B. 两粒子的轨道半径之比  $R_a : R_b = \sqrt{3} : 1$

- C. 两粒子的速度大小之比  $v_a : v_b = \sqrt{3} : 1$   
 D. 两粒子的质量之比  $m_a : m_b = 2 : 1$



**学习任务二 带电粒子在圆弧有界匀强磁场中运动**

[模型建构] 在下列两种圆形有界匀强磁场中, 确定带电粒子做匀速圆周运动的圆心位置.

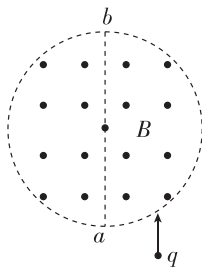


(1) 如图甲所示, 电子沿径向以一定速度垂直于磁场方向射入圆形匀强磁场区域并穿出磁场.

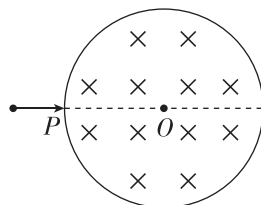
(2) 如图乙所示, 带正电粒子以一定速度沿与圆半径成  $\theta$  角且垂直于磁场方向射入圆形匀强磁场区域并穿出磁场.

**例 3** [2026·浙江宁波北仑中学高二月考] 如图所示, 半径为  $R$  的圆是一圆柱形匀强磁场区域的横截面(纸面), 磁感应强度大小为  $B$ , 方向垂直于纸面向外. 一电荷量为  $q$  ( $q > 0$ )、质量为  $m$  的粒子(不计重力) 沿平行于直径  $ab$  的方向射入磁场区域, 入射点与  $ab$  的距离为  $\frac{R}{2}$ , 已知粒子射出磁场与射入磁场时运动方向间的夹角为  $60^\circ$ , 则粒子的速率为 ( )

- A.  $\frac{qBR}{2m}$     B.  $\frac{qBR}{m}$     C.  $\frac{3qBR}{2m}$     D.  $\frac{2qBR}{m}$



**例 4** (多选)[2023·全国甲卷] 光滑刚性绝缘圆筒内存在着平行于轴的匀强磁场, 筒上  $P$  点开有一个小孔, 过  $P$  的横截面是以  $O$  为圆心的圆, 如图所示. 一带电粒子从  $P$  点沿  $PO$  射入, 然后与筒壁发生碰撞. 假设粒子在每次碰撞前、后瞬间, 速度沿圆上碰撞点的切线方向的分量大小不变, 沿法线方向的分量大小不变、方向相反; 电荷量不变. 不计重力. 下列说法正确的是 ( )



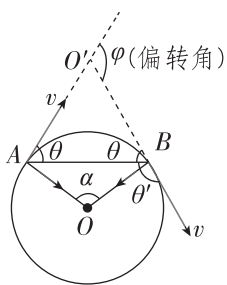
- A. 粒子的运动轨迹可能通过圆心  $O$   
 B. 最少经 2 次碰撞, 粒子就可能从小孔射出  
 C. 射入小孔时粒子的速度越大, 在圆内运动时间越短  
 D. 每次碰撞后瞬间, 粒子速度方向一定平行于碰撞点与圆心  $O$  的连线

[反思感悟] .....

[要点总结]

- 分析解决带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动问题的基本思路: 定圆心、找半径、画轨迹、求时间.
- 半径的确定和计算  
 一般利用几何关系, 通过解三角形的办法求半径. 求解时注意:

(1)如图所示,粒子速度的偏转角  $\varphi$  等于轨迹对应的圆心角  $\alpha$ , 并且等于  $AB$  弦与切线的夹角  $\theta$  的 2 倍, 即  $\varphi = \alpha = 2\theta$ .



(2)相对的弦切角( $\theta$ )相等,与相邻的弦切角( $\theta'$ )互补,即  $\theta + \theta' = 180^\circ$ .

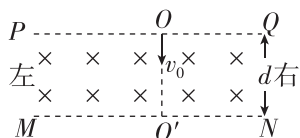
### 3. 运动时间的确定

粒子在磁场中运动一周的时间为  $T$ , 当粒子运动的轨迹对应的圆心角为  $\alpha$  时, 其运动时间  $t$  可以由下式表示:  $t =$

$$\frac{\alpha}{360^\circ}T, t = \frac{\alpha}{2\pi}T \text{ 或 } t = \frac{m}{qB}\alpha \text{ (已知粒子比荷) }、t = \frac{l}{v} \text{ (} l \text{ 为轨迹的弧长).}$$

## // 随堂巩固 //

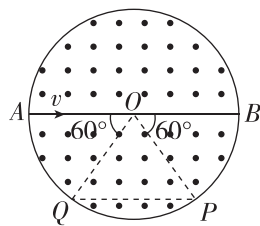
1. (直线边界问题) 如图所示, 有一个理想边界为  $PQ$ 、 $MN$  的匀强磁场区域, 磁场宽度为  $d$ , 方向垂直于纸面向里. 一电子从  $O$  点沿纸面垂直于  $PQ$  以速度  $v_0$  进入磁场. 若电子在磁场中运动的轨迹半径为  $2d$ ,  $O'$  在  $MN$  上, 且  $OO'$  与  $MN$  垂直, 则下列判断正确的是 ( )



- A. 电子将向右偏转
- B. 电子打在  $MN$  上的点与  $O'$  点的距离为  $d$
- C. 电子打在  $MN$  上的点与  $O'$  点的距离为  $\sqrt{3}d$
- D. 电子在磁场中运动的时间为  $\frac{\pi d}{3v_0}$

2. (圆弧边界问题)(多选)[2026·山东济宁高二期中] 如图所示, 圆形区域内存在着垂直于纸

面向外的匀强磁场, 两带电粒子(不计重力)沿直线  $AB$  方向从  $A$  点射入磁场中, 分别从圆弧上的  $P$ 、 $Q$  两点射出, 则下列说法正确的是 ( )



- A. 若两粒子比荷相同, 则从  $A$  分别到  $P$ 、 $Q$  经历时间之比为  $1:3$
- B. 若两粒子比荷相同, 则从  $A$  分别到  $P$ 、 $Q$  经历时间之比为  $1:2$
- C. 若两粒子比荷相同, 则两粒子在磁场中的速率之比为  $2:1$
- D. 若两粒子速率相同, 则两粒子的比荷之比为  $1:3$

## 专题课: 带电粒子在有界磁场中的临界问题与多解问题

### 学习任务一 带电粒子在有界匀强磁场中运动的临界问题

[科学思维] 这类题目中往往含有“最大”“最高”“至少”“恰好”等词语, 关键是从轨迹入手找准临界状态及其条件.

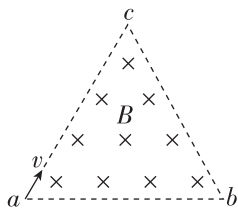
(1)当粒子的入射方向不变而速度大小可变时, 由于半径不确定, 可从轨迹圆的缩放中发现临

界点.

(2)当粒子的入射速度大小确定而方向不确定时, 轨迹圆大小不变, 只是位置绕入射点发生了旋转, 可从确定圆的动态旋转中发现临界点.

**例 1** 如图所示,在边长为  $L$  的正三角形  $abc$  区域内存在方向垂直于纸面向里的匀强磁场,磁感应强度大小为  $B$ ,有一群质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的粒子以大小不同的速度从  $a$  点沿  $ac$  方向进入磁场,从  $ab$  边或  $bc$  边射出磁场.不计粒子重力和粒子间的相互作用.下列说法正确的是 ( )

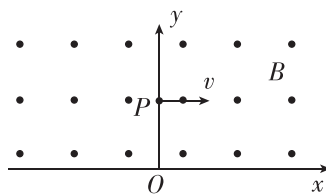
- A. 粒子带正电  
 B. 粒子在磁场中运动的最长时间为  $\frac{\pi m}{3qB}$   
 C. 从  $b$  点飞出的粒子的轨迹半径为  $\frac{\sqrt{3}}{3}L$   
 D. 从  $bc$  边飞出的粒子中,飞出点越靠近  $c$ ,则运动的时间越长



[反思感悟]

**例 2** (多选)[2026·江西赣州一中高二月考] 如图所示,在平面直角坐标系  $xOy$  的第一、二象限内,存在垂直纸面向外的匀强磁场,磁感应强度大小为  $B$ .大量质量为  $m$ 、电荷量大小为  $q$  的相同粒子从  $y$  轴上的  $P(0,L)$  点,以相同的速率在纸面内沿不同方向先后射入磁场.当沿  $x$  轴正方向射入时,粒子恰好垂直  $x$  轴离开磁场,不

计粒子的重力和粒子间的相互作用力,则 ( )



- A. 粒子可能带负电  
 B. 粒子入射速率为  $\frac{qBL}{m}$   
 C. 粒子在磁场运动的时间最短为  $\frac{\pi m}{3Bq}$   
 D. 粒子离开磁场的位置到  $O$  点的距离最大为  $2L$

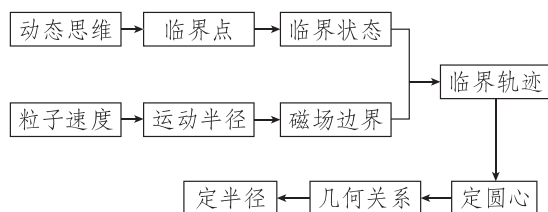
[反思感悟]

【要点总结】

1. 寻找临界点常用的结论

- (1) 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;
- (2) 当速度  $v$  相同时,弧长越长,则圆心角越大,带电粒子在有界磁场中运动的时间越长;
- (3) 当速度  $v$  不同时,圆心角越大,则运动的时间越长.

2. 解决带电粒子的临界问题的技巧方法

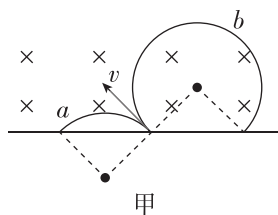


## 学习任务二 带电粒子在有界匀强磁场中运动的多解问题

[科学思维] 带电粒子在匀强磁场中运动形成多解的常见情况如下:

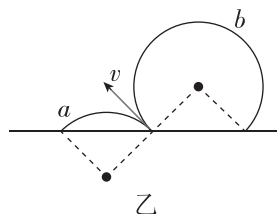
(1) 带电粒子电性不确定形成多解.

如图甲所示,带电粒子以速率  $v$  垂直于磁场方向进入匀强磁场.若粒子带正电,则其轨迹为  $a$ ;若粒子带负电,则其轨迹为  $b$ .



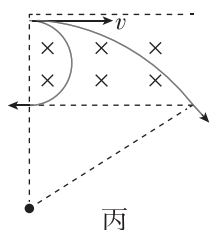
(2) 磁场方向不确定形成多解.

如图乙所示,带正电的粒子以速率  $v$  垂直进入匀强磁场,若磁场方向垂直于纸面向里,则其轨迹为  $a$ ;若磁场方向垂直于纸面向外,则其轨迹为  $b$ .



(3) 临界状态不唯一形成多解.

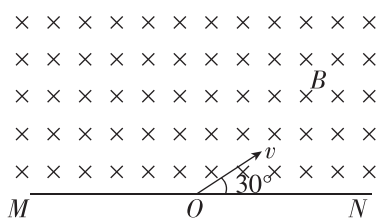
如图丙所示,带电粒子在洛伦兹力作用下飞越有界磁场时,由于粒子运动的轨迹是圆弧,因此它可能穿过去,也可能转过  $180^\circ$  从入射界面这边反向飞出,从而形成多解.



(4) 运动的往复性形成多解.

带电粒子在部分是电场、部分是磁场的空间中运动时,运动往往具有往复性,从而形成多解.

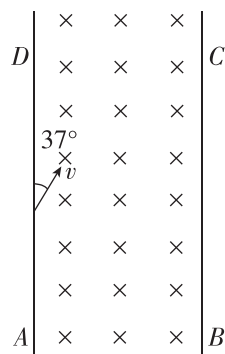
**例 3** (多选) 如图所示,匀强磁场的磁感应强度为  $B$ ,方向垂直纸面向里, $MN$  是它的下边界.现有质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带电粒子(不计重力)与  $MN$  成  $30^\circ$  角垂直射入磁场,则粒子在磁场中运动的时间可能为 ( )



- A.  $\frac{\pi m}{3qB}$                       B.  $\frac{2\pi m}{3qB}$   
 C.  $\frac{4\pi m}{3qB}$                       D.  $\frac{5\pi m}{3qB}$

**例 4** (多选) [2026 · 河北廊坊高二期末] 在真空区域内存在一宽度为  $d$ 、磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场,磁场方向垂直纸面向里, $AD$ 、 $BC$  为磁场的两条平行边界.质量为  $m$ 、电荷量为  $q$

的带负电粒子(不计重力)以与  $AD$  边界成  $37^\circ$  的夹角射入磁场,粒子从磁场右边界射出时,速度方向与边界的夹角为  $53^\circ$  (已知  $\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$ ). 下列说法正确的是 ( )



- A. 粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹半径可能为  $5d$   
 B. 粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹半径可能为  $\frac{5d}{7}$   
 C. 粒子在磁场中做匀速圆周运动的速度大小可能为  $\frac{Bqd}{m}$   
 D. 粒子在磁场中做匀速圆周运动的时间可能为  $\frac{\pi m}{2Bq}$

[反思感悟] .....

【要点总结】

解决带电粒子在匀强磁场中运动的多解问题的关键是要充分考虑各种可能性,仔细分析其物理过程,画出各种可能的运动轨迹,找出隐含的几何关系,综合运用数学、物理知识解决问题.

### // 随堂巩固 //

1. (带电粒子在磁场中运动的临界问题) 如图所示, $ABC$  为与匀强磁场垂直的边长为  $a$  的等边三角形,比荷为  $\frac{e}{m}$  的电子以速度  $v_0$  从  $A$  点沿  $AB$  方向射入,欲使电子从  $BC$  边射出,则磁感应强度  $B$  的取值范围为 ( )

- A.  $B \geq \frac{\sqrt{3}mv_0}{ae}$   
 B.  $B \leq \frac{2mv_0}{ae}$   
 C.  $B \leq \frac{\sqrt{3}mv_0}{ae}$   
 D.  $B \geq \frac{2mv_0}{ae}$

