



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

基础版

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

## 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	109
专题课：安培力作用下导体的运动问题	111
2 磁场对运动电荷的作用力	115
专题课：洛伦兹力与现代科技	119
3 带电粒子在匀强磁场中的运动	123
专题课：带电粒子在有界磁场中的运动	126
专题课：带电粒子在有界磁场中的临界问题与多解问题	128
4 质谱仪与回旋加速器	131
专题课：带电粒子在组合场中的运动	134
专题课：带电粒子(带电体)在叠加场中的运动	137

## 02 第二章 电磁感应

PART TWO

1 楞次定律	140
专题课：楞次定律的应用	143
2 法拉第电磁感应定律	145
专题课：电磁感应中的电路与电荷量问题	148
专题课：电磁感应中的图像问题	151
3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动	154

专题课：电磁感应中的动力学和能量问题 .....	158
--------------------------	-----

专题课：电磁感应与动量的综合应用 .....	161
------------------------	-----

4 互感和自感 .....	164
---------------	-----

### 03 第三章 交变电流

PART THREE .....

1 交变电流 .....	168
--------------	-----

2 交变电流的描述 .....	171
-----------------	-----

3 变压器 .....	175
-------------	-----

第 1 课时 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系 .....	175
---------------------------------	-----

第 2 课时 理想变压器的规律及其应用 .....	177
---------------------------	-----

4 电能的输送 .....	180
---------------	-----

### 04 第四章 电磁振荡与电磁波

PART FOUR .....

1 电磁振荡 .....	183
--------------	-----

2 电磁场与电磁波 .....	183
-----------------	-----

3 无线电波的发射和接收 .....	186
--------------------	-----

4 电磁波谱 .....	186
--------------	-----

### 05 第五章 传感器

PART FIVE .....

1 认识传感器 .....	189
---------------	-----

2 常见传感器的工作原理及应用 .....	189
-----------------------	-----

3 利用传感器制作简单的自动控制装置 .....	192
--------------------------	-----

◆ 参考答案 .....	195
--------------	-----

# 第一章 安培力与洛伦兹力

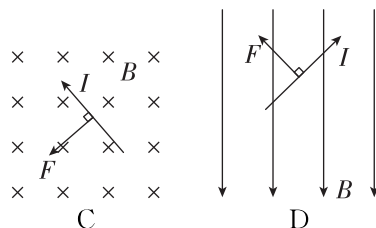
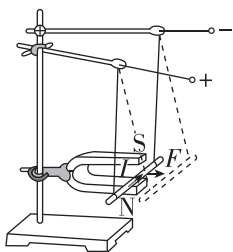
## 1 磁场对通电导线的作用力

### 学习任务一 安培力的方向

[科学探究] 按照如图所示进行实验。

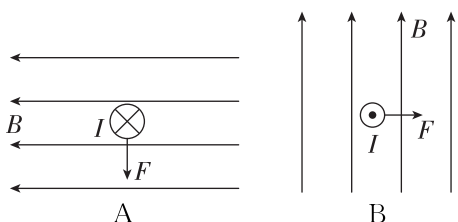
(1) 上下交换磁铁磁极的位置  
\_\_\_\_\_ 改变磁场方向, 导体棒受力的方向 \_\_\_\_\_ 改变。(均选填“会”或“不会”)

(2) 改变导体棒中电流的方向, 导体棒受力的方向 \_\_\_\_\_ (选填“会”或“不会”) 改变。



[反思感悟]

**例 1** 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 ( )



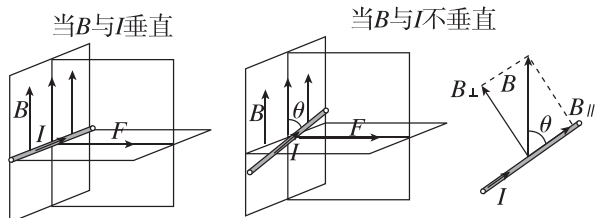
[要点总结]

- 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.
- 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, 要让磁感线穿过掌心(注意: 不一定垂直穿过掌心).

### 学习任务二 安培力的大小

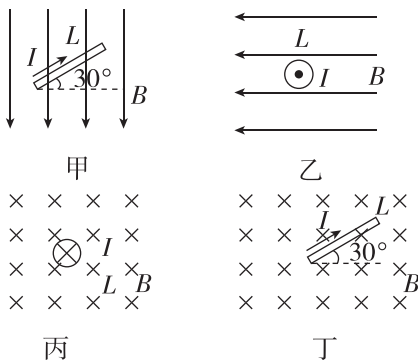
[物理观念] 长为  $l$  的一段直导线放在匀强磁场中, 磁感应强度为  $B$ , 通以大小为  $I$  的电流, 当导线按以下三种方式放置时, 所受磁场的作用力分别是多大?

- 导线和磁场垂直放置时,  $F_{安} =$  \_\_\_\_\_;
- 导线和磁场平行放置时,  $F_{安} =$  \_\_\_\_\_;
- 导线和磁场成  $\theta$  角放置时,  $F_{安} =$  \_\_\_\_\_. 注: 此式为安培力的通式.



**例 2** [2024·山西太原一中高二月考] 如图所示四种情况中, 匀强磁场的磁感应强度大小相等, 载流导体的长度相同, 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 ( )

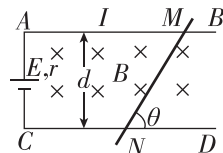
- A. 甲、乙                      B. 甲、丙  
C. 乙、丁                      D. 乙、丙



[反思感悟]

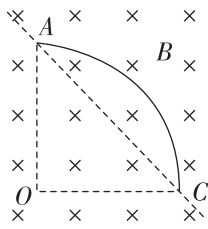
**例 3** 如图所示, 导线框中电流为  $I$ , 导线框垂直于磁场放置, 磁感应强度为  $B$ ,  $AB$  与  $CD$  相距为  $d$ , 则  $MN$  所受安培力大小为 ( )

- A.  $IdB$   
B.  $IdB \sin \theta$   
C.  $\frac{IdB}{\sin \theta}$   
D.  $IdB \cos \theta$



**例 4** (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. 当该导线中通入由  $A$  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



[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

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空.

磁电式电流表

(1) 当电流通过线圈时, 线圈因为受到\_\_\_\_\_力而发生转动.

(2) 线圈\_\_\_\_\_可以说明被测电流的强弱.

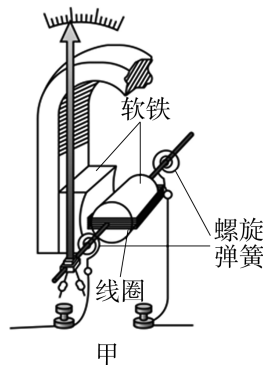
**例 5** 如图甲所示为某磁电式电流表的原理图, 蹄形磁铁和铁芯间的磁场均匀辐向分布, 其磁感应强度的大小处处相等, 都为  $B$ , 一边长为  $L$  的正方形线圈处在磁场中, 方向如图乙所示, 当通有大小为  $I$  的电流时, 下列说法中正确的是 ( )

- A. 由于磁感应强度的大小处处相同, 则该磁场为匀强磁场

- B. 穿过正方形线圈的磁通量大小为  $BL^2$

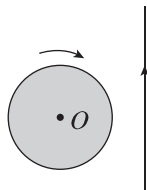
- C. 正方形线圈的左边导线受到大小为  $BIL$ 、方向向上的安培力

- D. 正方形线圈的右边导线受到大小为  $BIL$ 、方向向上的安培力



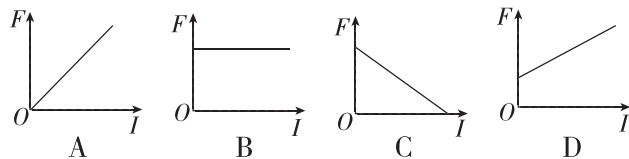
### // 随堂巩固 //

1. (安培力的方向)[2024·重庆一中高二月考] 如图所示, 一个薄圆盘和通电直导线处在同一平面内, 圆盘上带有均匀的负电荷, 导线中电流方向如图中所示. 当圆盘绕着圆心  $O$  顺时针匀速转动时, 通电直导线受到的安培力方向为 ( )

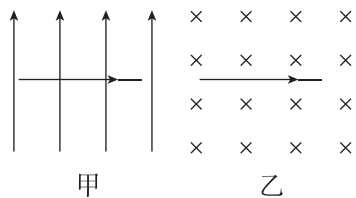


- A. 水平向左  
 B. 水平向右  
 C. 垂直纸面向外  
 D. 垂直纸面向内

2. (安培力的大小) 在匀强磁场中放置一条直导线, 导线与磁场方向垂直, 则导线受到的安培力  $F$  的大小与通过导线的电流  $I$  的关系图像中正确的是 ( )

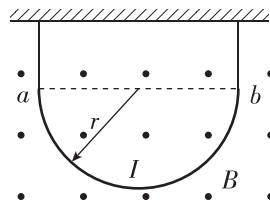


3. (安培力的大小和方向) 如图所示, 通有恒定电流的两个导体分别水平放置在两个范围无穷大的匀强磁场中, 磁场方向如图所示, 将导体在纸面内顺时针转  $180^\circ$ , 关于甲、乙两种情况下导体受到的安培力大小和方向变化, 下列说法中正确的是 ( )



- 甲 乙
- A. 甲图中导体受到的安培力大小一直在变,方向不变;乙图中导体受到的安培力大小一直不变,方向一直在变
- B. 甲图中导体受到的安培力大小一直在变,方向变化一次;乙图中导体受到的安培力大小一直不变,方向一直在变
- C. 甲、乙两种情况下导体受到的安培力大小一直不变,方向一直在变
- D. 甲、乙两种情况下导体受到的安培力大小一直在变,方向一直不变

4. (安培力的大小和方向)(多选)[2024·福建卷]  
如图所示,用两根不可伸长的绝缘细绳将半径为  $r$  的半圆形铜环竖直悬挂在匀强磁场中,磁场的磁感应强度大小为  $B$ ,方向垂直纸面向外,铜环两端  $a$ 、 $b$  处于同一水平线.若环中通有大小为  $I$ 、方向从  $a$  到  $b$  的电流,细绳处于绷直状态,则 ( )



- A. 两根细绳拉力均比未通电流时的大
- B. 两根细绳拉力均比未通电流时的小
- C. 铜环所受安培力大小为  $2rIB$
- D. 铜环所受安培力大小为  $\pi rIB$

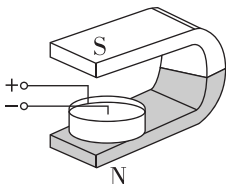
## 专题课：安培力作用下导体的运动问题

### 专题强化一 判断安培力作用下导体的运动情况

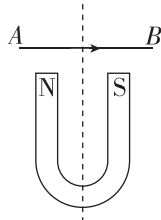
[科学思维] 判断安培力作用下通电导线和通电线圈运动方向的步骤:

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

[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** 如图所示,把一重力不计的通电直导线  $AB$  水平放在蹄形磁铁磁极的正上方,导线可以在空间内自由运动.当导线通以图示方向电流  $I$  时,导线的运动情况是(从上往下看) ( )



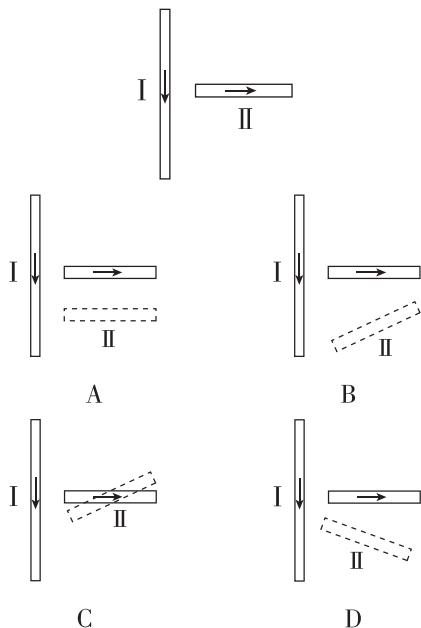
- A. 顺时针方向转动,同时下降
- B. 顺时针方向转动,同时上升
- C. 逆时针方向转动,同时下降
- D. 逆时针方向转动,同时上升

[反思感悟] \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**例 2** 如图所示,导体棒 I 固定在光滑的水平面内,导体棒 II 垂直于导体棒 I 放置,且可以在水平面内自由移动.给导体棒 I、II 通以如图所示的恒定电流,仅在两导体棒之间的相互作用下,较短时间后导体棒 II 所在位置用虚线表示,则导体棒 II 的位置可能正确的是 ( )



[反思感悟] \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(续表)

等效法	(1) 环形电流 ↔ 小磁针(小磁铁) (2) 通电螺线管 ↔ 多个环形电流(条形磁铁)
结论法	(1) 两平行电流之间无相对转动趋势, 但同向电流相互靠近, 反向电流相互远离; (2) 两不平行电流之间有转动到平行且电流方向相同的趋势

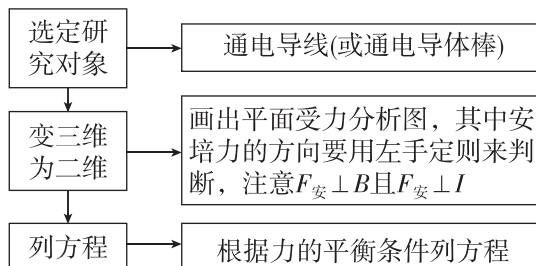
### 【要点总结】

安培力作用下导体运动方向判断的方法

电流元法	每段电流元所受安培力方向 → 整段导体所受合力方向 → 运动方向
特殊位置法	在特殊位置 → 安培力方向 → 运动方向

## 专题强化二 安培力作用下导体的平衡问题

[科学思维] 求解安培力作用下导体的平衡问题的基本思路:



**例 3** (多选) 如图所示, 一条形磁体放在水平桌面上, 在其左上方固定一根与磁体垂直的长直导线, 当导线通以方向垂直纸面向里的电流时, 磁体始终处于静止状态, 下列判断中正确的是 ( )

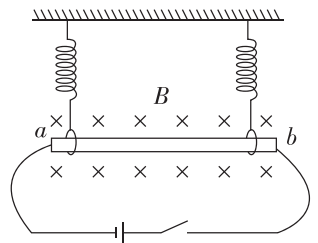


- A. 磁体对桌面的压力增大, 且受到向左的摩擦力作用
- B. 磁体对桌面的压力减小, 且受到向右的摩擦力作用
- C. 若将导线移至磁体中点的正上方, 电流反向, 则磁体对桌面的压力会减小
- D. 若将导线移至磁体中点的正上方, 电流反向, 则磁体对桌面的压力会增大

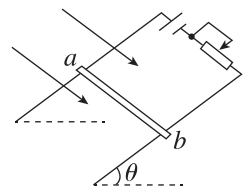
[反思感悟]

**例 4** 如图所示, 一长为 10 cm 的金属棒  $ab$  用两个完全相同的弹簧水平地悬挂在匀强磁场中, 磁场的磁感应强度大小为 0.1 T, 方向垂直于纸面向里, 弹簧上端固定, 下端通过绝缘环与金属棒连接. 金属棒通过开关与一电动势为 12 V 的电池相连, 电路总电阻为 2  $\Omega$ . 已知开关断开时两弹簧的伸长量均为 0.5 cm, 闭合开关, 系统重新平衡后, 两弹簧的伸长

量与开关断开时相比均改变了 0.3 cm, 重力加速度  $g$  取 10  $\text{m/s}^2$ . 判断开关闭合后金属棒所受安培力的方向, 并求出金属棒的质量.



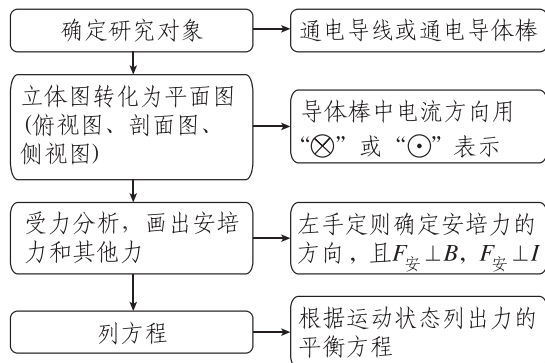
**例 5** 质量为  $m=0.02$  kg 的通电细杆  $ab$  置于倾角为  $\theta=37^\circ$  的平行放置的导轨上, 导轨间的距离  $d=0.2$  m, 杆  $ab$  与导轨间的动摩擦因数  $\mu=0.4$ , 磁感应强度大小为  $B=2$  T 的匀强磁场与导轨平面垂直且方向向下, 如图所示. 现调节滑动变阻器的触头, 为使杆  $ab$  静止不动, 求通过杆  $ab$  的电流  $I$  的大小范围. (设最大静摩擦力等于滑动摩擦力,  $\sin 37^\circ=0.6$ ,  $\cos 37^\circ=0.8$ ,  $g$  取 10  $\text{m/s}^2$ )



**拓展** 对应例5中的情境,若 $ab$ 杆中的电流为 $0.2\text{ A}$ ,且导轨是光滑的,其他条件不变,则要使 $ab$ 杆静止至少要施加一个多大的力?方向如何?

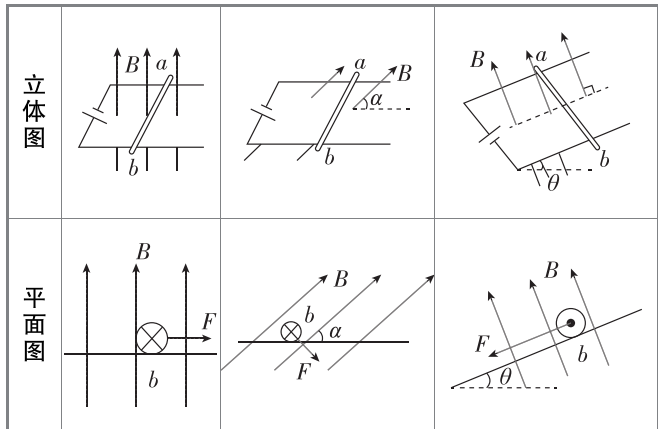
**【要点总结】**

1. 解决安培力作用下导体的平衡问题的基本思路



2. 安培力作用下导体的平衡问题的求解关键可以简单概括为两点:

- (1) 电磁问题力学化,即把电磁问题通过受力分析,归结为力学问题.
- (2) 立体图形平面化,想很好地分析物体受力的平衡问题,把立体图形转化为平面图是关键.



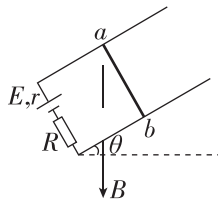
**专题强化三 安培力作用下导体的加速问题**

**[科学思维]**

1. 解决在安培力作用下导体的加速运动问题,首先要对研究对象进行受力分析(不要漏掉安培力),然后根据牛顿第二定律列方程求解.
2. 选定观察角度画好平面图,标出电流方向和磁场方向,然后利用左手定则判断安培力的方向.

**例6** 如图所示,光滑的平行导轨倾角为 $\theta$ 、间距为 $l$ ,处在磁感应强度为 $B$ 、方向竖直向下的匀强磁场中,导轨一端接入电动势为 $E$ 、内阻为 $r$ 的电源和阻值为 $R$ 的定值电阻,其余电阻不计.将质量为 $m$ 、电阻不计的导体棒置于导轨上并由静止释放,导体棒

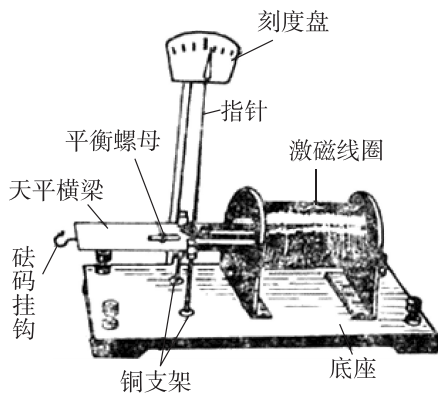
沿导轨向下运动,导体棒与导轨垂直且接触良好,求导体棒在释放瞬间的加速度大小.(重力加速度为 $g$ )

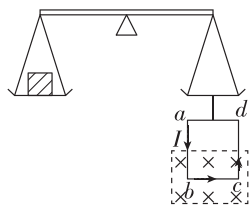


**| 素养提升 |**

**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上, 从而使天平平衡被破坏. 通过在右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.

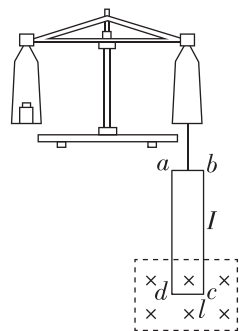
**示例** 如图所示为电流天平示意图, 可以用来测量匀强磁场的磁感应强度. 它的右盘下挂着矩形线框, 匝数为  $n$ , 线框的  $cd$  边水平, 且长为  $l$ , 处于匀强磁场内, 磁感应强度大小为  $B$  的磁场方向垂直于线框平面向里. 当线框中通有电流  $I$  时, 调节砝码使两臂达到平衡. 然后使电流反向, 大小不变. 这时需要在左盘中增加质量为  $m$  的砝码,

才能使两臂再次达到平衡, 重力加速度  $g$  取  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

(1)  $cd$  边的电流在反向之后其方向为 \_\_\_\_\_ (选填“向左”或“向右”);

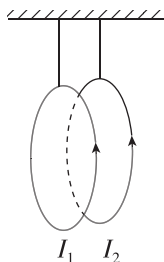
(2) 导出用  $n$ 、 $m$ 、 $l$ 、 $I$ 、 $g$  表示磁感应强度  $B$  的表达式;

(3) 当  $n = 9$ ,  $l = 10.0 \text{ cm}$ ,  $I = 0.10 \text{ A}$ ,  $m = 8.78 \text{ g}$  时, 磁感应强度是多大? (结果保留 2 位有效数字)



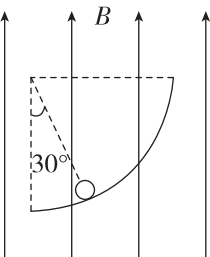
## // 随堂巩固 //

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大小为  $B$  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 ( )

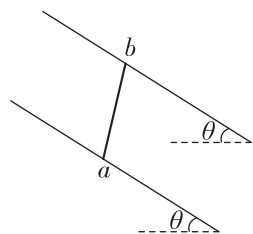


- A. 垂直于纸面向外,  $\frac{\sqrt{3}mg}{3Bl}$   
B. 垂直于纸面向里,  $\frac{\sqrt{3}mg}{3Bl}$

C. 垂直于纸面向外,  $\frac{\sqrt{3}mg}{2Bl}$

D. 垂直于纸面向里,  $\frac{\sqrt{3}mg}{2Bl}$

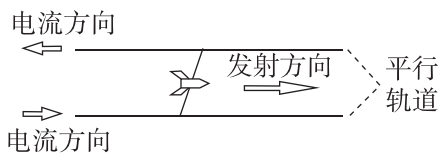
3. (安培力作用下导体的平衡问题) 如图所示, 间距为  $L$  的足够长的平行光滑金属导轨所在平面与水平面之间的夹角为  $\theta$ , 匀强磁场的方向沿竖直方向, 磁感应强度大小为  $B$ . 将一根长为  $l$ 、质量为  $m$  的导体棒垂直放置在导轨上, 导体棒中通以方向从  $a$  向  $b$  的电流, 此时导体棒静止在导轨上, 重力加速度为  $g$ , 则下列说法中正确的是 ( )



- A. 匀强磁场的方向竖直向下  
B. 导体棒所受的安培力方向竖直向上  
C. 导体棒中的电流大小为  $\frac{mg}{Bl \tan \theta}$

D. 其他条件不变, 仅电流方向突然反向, 则导体棒可能继续保持静止

4. (安培力作用下导体的加速问题)[2024·四川江油太白中学高二月考] 电磁炮是利用电磁发射技术制成的一种先进的动能杀伤武器. 如图所示为某试验采用的电磁轨道, 该轨道长 7.5 m, 宽 1.5 m. 现发射质量为 50 g 的炮弹从轨道左端由静止开始加速, 当回路中的电流恒为 20 A 时, 最大速度可达 3 km/s. 轨道间所加磁场为匀强磁场, 不计空气及摩擦阻力. 下列说法中正确的是 ( )

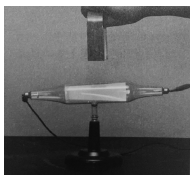


- A. 磁场方向为竖直向下
- B. 磁场方向为水平向右
- C. 磁感应强度的大小为  $10^3$  T
- D. 电磁炮的加速度大小为  $3 \times 10^5$  m/s<sup>2</sup>

## 2 磁场对运动电荷的作用力

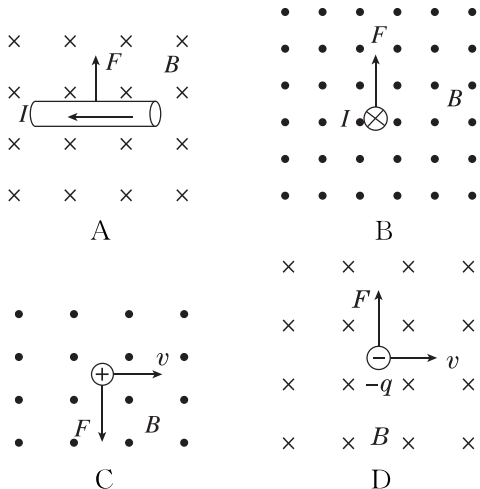
### 学习任务一 洛伦兹力的方向

[科学探究] 如图所示, 电子由阴极向阳极运动(向右运动)过程中向下偏转.



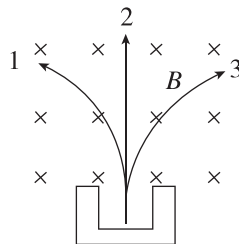
- (1) \_\_\_\_\_ 力使电子向下偏转, 该力的方向 \_\_\_\_\_.
- (2) 电子运动轨迹附近的磁场方向 \_\_\_\_\_.
- 电子所受洛伦兹力与磁场方向、电子运动方向存在什么关系?

例 1 [2024·湖南长沙一中高二月考] 如图所示, 通电导线所受安培力或运动电荷所受洛伦兹力示意图正确的是 ( )



[反思感悟]

例 2 一束混合粒子流从一发射源射出后, 进入如图所示的磁场并分离为 1、2、3 三束粒子流, 不考虑粒子的重力及粒子间的相互作用, 则下列判断中不正确的是 ( )



- A. 1 带正电
- B. 1 带负电
- C. 2 不带电
- D. 3 带负电

[反思感悟]

[要点总结]

1. 决定洛伦兹力方向的三个因素: 电荷的正负、速度方向、磁感应强度的方向. 当电性一定时, 其他两个因素如果一个反向, 则洛伦兹力反向; 若两个因素都反向, 则洛伦兹力方向不变.
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确定的平面. 即  $F \perp B, F \perp v$ , 但  $B$  与  $v$  不一定垂直.
3. 由于洛伦兹力始终与速度方向垂直, 故洛伦兹力永不做功.
4. 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

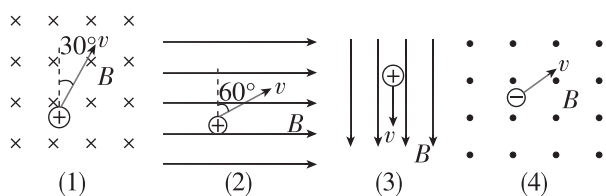
**[科学推理]** 安培力是洛伦兹力的宏观表现,一段静止在磁场中的通电导线受到的安培力等于该段导线内所有电荷定向移动的洛伦兹力的矢量和.

(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  $\times B \times$  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  $F_{\text{安}} = NF_{\text{洛}}$  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 3** 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 4** 某区域存在一竖直向上的匀强磁场,磁场的磁感应强度大小为  $1.2 \times 10^{-3} \text{ T}$ ;动能为  $5.3 \text{ MeV}$  的质子由南向北水平通过磁场区域,则质子受到的洛伦兹力的大小和方向如何?(质子质量为  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ,带电荷量为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,忽略地球磁场)

### 【要点总结】

#### 1. 洛伦兹力与安培力的关系

(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)洛伦兹力对电荷不做功,但安培力却可以对导体做功.

**2. 洛伦兹力的大小:**  $F = qvB \sin \theta$ ,  $\theta$  为电荷的运动方向与磁感应强度方向的夹角.

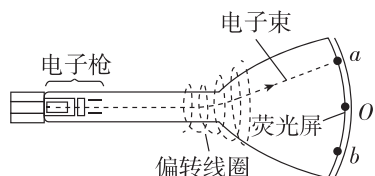
(1)当  $v \perp B$  时,  $F = qvB$ ,即运动方向与磁场方向垂直时,洛伦兹力最大.

(2)当  $v \parallel B$  时,  $F = 0$ ,即运动方向与磁场方向平行时,不受洛伦兹力.



### 学习任务三 电子束的磁偏转

**[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.



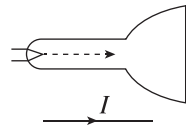
(1) 要使电子束偏离中心  $O$ , 打在荧光屏上的  $a$  点, 偏转磁场应该沿 \_\_\_\_\_ 方向.

(2) 要使电子束打在  $b$  点, 偏转磁场应该沿 \_\_\_\_\_ 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** 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, 导线中的电流方向向右, 在该电流的影响下, 关于示波器中电子束的说法正

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

**[反思感悟]** \_\_\_\_\_

**【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

**[科学论证]** 洛伦兹力对运动电荷运动的速度有什么影响? 洛伦兹力对运动电荷是否做功?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

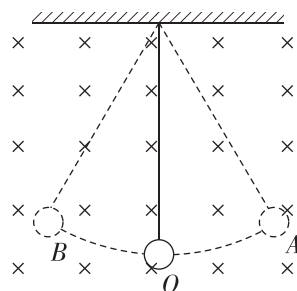
**例 6** 如图所示, 甲是带正电的物块, 乙是不带电的绝缘物块, 甲、乙叠放在一起, 置于粗糙的水平地板上, 地板上方空间有垂直纸面向里的匀强磁场, 现用一水平恒力  $F$  拉乙物块, 使甲、乙无相对滑动一起向左加速运动, 在加速运动阶段 ( )

- A. 甲、乙两物块间的摩擦力保持 不变
- B. 甲、乙两物块间的摩擦力不断增大
- C. 甲、乙两物块间的弹力不断增大
- D. 乙物块与地面之间的摩擦力不断减少

**[反思感悟]** \_\_\_\_\_

**例 7 (多选)** 如图所示, 用细线吊一个质量为  $m$  的带电绝缘小球, 小球处于匀强磁场中, 空气阻力不计.

小球分别从  $A$  点和  $B$  点向最低点  $O$  运动, 当小球两次经过  $O$  点时 ( )



- A. 小球的动能相同
- B. 细线所受的拉力相同
- C. 小球所受的洛伦兹力相同
- D. 小球的向心加速度大小相同

**[反思感悟]** \_\_\_\_\_

**【要点总结】**

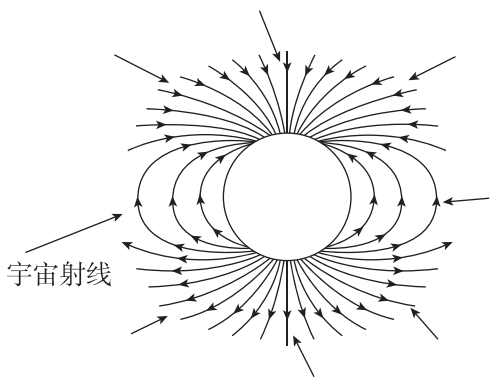
带电体受洛伦兹力动力学综合问题:

- (1) 以带电体为模型, 分析带电体的受力情况, 可能有重力、弹力、摩擦力、洛伦兹力等.
- (2) 带电体的运动可能为直线运动、圆周运动等, 其中洛伦兹力的大小和方向都可能随速度的变化而变化, 但洛伦兹力永远不做功.
- (3) 根据不同的运动情况可以选择平衡条件、牛顿第二定律、动能定理等列方程求解.

### 极光和地磁场

极光是在地球两极常见的一种自然现象. 地磁场向地球周围的太空延伸很远, 它对太阳射出的带电粒子(主要由质子、电子、 $\alpha$  粒子等组成)具有阻挡作用, 可使地球上的生物免受伤害. 但在接近两极的地区, 有些高能粒子能射向地球的表面. 它们通常以  $2000 \text{ km/s}$  的速度击穿大气层, 与大气中的原子和分子碰撞并激发, 产生光芒, 形成极光.

**示例** 宇宙射线中含有大量的高能带电粒子, 而地磁场可以有效抵御宇宙射线的侵入. 地磁场的磁感线分布如图所示, 可以认为两极处地磁场的方向垂直于地面, 赤道处地磁场的方向由地理南极指向地理北极.

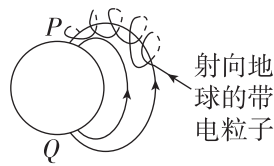


- (1) 对于垂直射向地面的宇宙射线, 赤道和两极相比, 哪个区域的地磁场阻挡效果更好?
- (2) 若赤道上空某处的磁感应强度大小为  $1.1 \times 10^{-4} \text{ T}$ , 有一速率为  $5.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ 、电荷量为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  的质子竖直向下运动穿过此处的地

磁场, 则该质子受到的洛伦兹力是多大? 向哪个方向偏转?

**变式** [2024·天津南开中学高二月考] 科学研究发现, 在地球的南极或北极所看到的美丽极光, 是由来自太阳的高能带电粒子受到地磁场的作用后与大气分子剧烈碰撞或摩擦所产生的结果, 如图所示. 下列关于地磁场的说法中正确的是 ( )

- A. 若不考虑磁偏角的因素, 则地理南极处的磁场方向竖直向下
- B. 若不考虑磁偏角的因素, 则地理北极处的磁场方向竖直向上
- C. 在地球赤道表面, 小磁针静止时南极指向北方
- D. 在地球赤道表面, 小磁针静止时南极指向南方

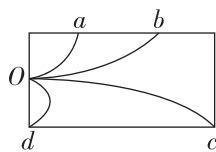


### // 随堂巩固 //

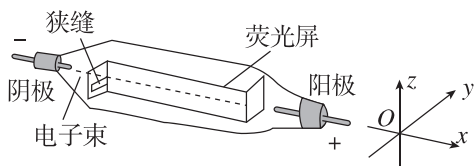
1. (洛伦兹力的理解) 关于洛伦兹力, 下列说法中正确的是 ( )
  - A. 洛伦兹力方向与磁场方向一定平行
  - B. 洛伦兹力方向与磁场方向一定垂直
  - C. 运动电荷在磁感应强度不为零的地方, 一定受洛伦兹力作用
  - D. 运动电荷在某处不受洛伦兹力作用, 该处的磁感应强度一定为零
2. (洛伦兹力的方向) 带电粒子(重力不计)穿过饱和蒸汽时, 在它走过的路径上饱和蒸汽便凝成小液滴, 从而显示粒子的径迹, 这是云室的原理. 如图所示是云室原理的示意图, 云室中加了垂直于纸面向外的匀

强磁场(未画出), 图中  $Oa$ 、 $Ob$ 、 $Oc$ 、 $Od$  是从  $O$  点发出的四种粒子的径迹, 下列说法中正确的是 ( )

- A. 四种粒子都带正电
- B. 四种粒子都带负电
- C. 打到  $a$ 、 $b$  点的粒子带正电
- D. 打到  $c$ 、 $d$  点的粒子带正电



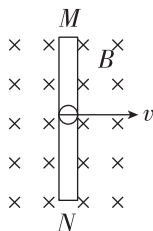
3. (洛伦兹力的方向) [2024·北京清华附中高二月考] 在利用电子射线管探究洛伦兹力方向的实验中, 接通电源后, 电子射线由阴极沿  $+x$  轴方向射出, 在荧光屏上会看到一条亮线. 现要使亮线往下偏, 所加磁场方向应沿 ( )



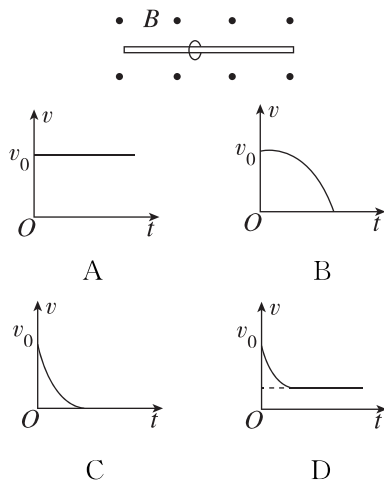
- A.  $-y$  轴                      B.  $+y$  轴  
C.  $+z$  轴                      D.  $-z$  轴

4. (洛伦兹力的大小) 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大小为  $B$ , 下列说法中正确的是 ( )

- 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  $euB$



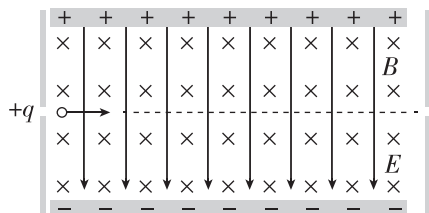
5. (带电体在洛伦兹力作用下的运动) 一个质量为  $m$ 、电荷量为  $-q$  的圆环套在水平且足够长的粗糙绝缘细杆上, 整个装置处于方向如图所示的磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中. 现给圆环向左的初速度  $v_0$ , 重力加速度为  $g$ , 在以后的运动过程中圆环运动的速度图像可能是 ( )



## 专题课：洛伦兹力与现代科技

### 专题强化一 速度选择器

[模型建构] 如图所示装置, 平行板器件中存在匀强电场和匀强磁场, 电场强度  $E$  和磁感应强度  $B$  相互垂直. 具有不同水平速度的带电粒子射入后发生偏转的情况不同, 这种装置能把具有某一特定速度的粒子选择出来, 所以叫作速度选择器.

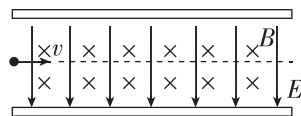


(1) 带电粒子能够沿直线匀速通过速度选择器的条件是 \_\_\_\_\_, 即  $v = \frac{E}{B}$ . 某粒子在速度选择器中匀速运动, 若只改变其电性、电荷量或质量, 粒子仍能匀速通过. 由  $v = \frac{E}{B}$  知速度选择器只对选择的粒子速度有要求, 而对粒子的电性、电荷量或质量无要求.  
(2) 若带电粒子不能沿直线通过速度选择器, 带电粒子将做非匀变速曲线运动.

① 当  $v > \frac{E}{B}$  时, 粒子向 \_\_\_\_\_ 方向偏转,  $F_{电}$  做 \_\_\_\_\_ 功, 粒子的动能 \_\_\_\_\_, 电势能 \_\_\_\_\_.

② 当  $v < \frac{E}{B}$  时, 粒子向 \_\_\_\_\_ 方向偏转,  $F_{电}$  做 \_\_\_\_\_ 功, 粒子的动能 \_\_\_\_\_, 电势能 \_\_\_\_\_.

例 1 [2024 · 天津南开中学高二月考] 如图所示的平行板器件中, 电场强度  $E$  和磁感应强度  $B$  相互垂直. 一带电粒子(重力不计)从左端以速度  $v$  沿虚线射入后做直线运动. 下列说法中正确的是 ( )

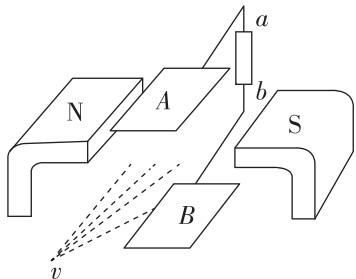


- A. 该粒子一定带正电  
B. 该粒子的速度  $v = \frac{E}{B}$   
C. 若该粒子的速度  $v > \frac{E}{B}$ , 则该粒子一定不能从板间射出  
D. 若该粒子从右端沿虚线方向进入, 则该粒子仍做直线运动

[反思感悟] \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 专题强化二 磁流体发电机

**[模型建构]** 磁流体发电机是利用电磁偏转作用发电的. 其装置如图所示,  $A$ 、 $B$  是两块在磁场中相互平行的金属板, 一束在高温下形成的等离子束(气体在高温下发生电离, 产生大量的带等量异种电荷的离子)射入磁场,  $A$ 、 $B$  两板间便产生电压. 如果把  $A$ 、 $B$  和用电器连接,  $A$ 、 $B$  就是一个直流电源的两个电极.



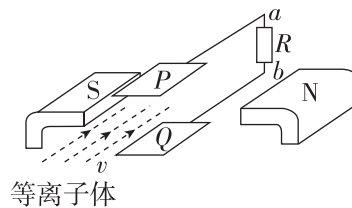
(1) 分析说明  $A$ 、 $B$  板哪一个是电源的正极.

(2) 若  $A$ 、 $B$  两板相距为  $d$ , 板间的磁场按匀强磁场处理, 磁感应强度为  $B$ , 等离子束以速度  $v$  沿垂直于  $B$  的方向射入磁场, 则这个发电机的电动势是多大?

(3) 若图中平行金属板  $A$ 、 $B$  的面积均为  $S$ , 磁场的磁感应强度为  $B$ , 两板间的垂直距离为  $d$ , 等离子体

的电阻率为  $\rho$ , 速度为  $v$ , 电路电阻为  $R$ , 则闭合开关后电路中电流多大?

**例 2** (多选) 如图所示是磁流体发电机的示意图, 两平行金属板  $P$ 、 $Q$  之间有一个很强的磁场, 一束等离子体(即高温下电离的气体, 含有大量正、负带电粒子, 不计重力)沿垂直于磁场的方向喷入磁场. 把  $P$ 、 $Q$  与电阻  $R$  相连接, 下列说法中正确的是 ( )



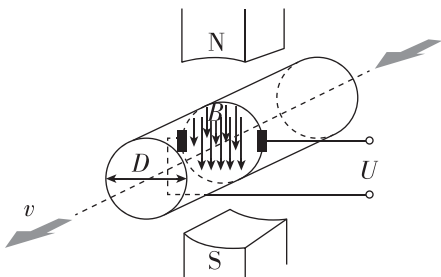
- A.  $Q$  板的电势高于  $P$  板的电势
- B.  $R$  中有由  $a$  向  $b$  方向的电流
- C. 若只增加等离子体中带电离子个数, 则  $R$  中电流增大
- D. 若只增大  $P$ 、 $Q$  间距离, 则  $R$  中电流增大

### 【要点总结】

磁流体发电机工作原理: 等离子体喷入磁场, 正、负离子在洛伦兹力作用下发生偏转, 聚集到两极板上, 产生电势差. 当等离子体匀速通过  $A$ 、 $B$  板间时,  $A$ 、 $B$  板上聚集的电荷最多, 板间电势差最大, 即为电源电动势, 此时离子受力平衡.

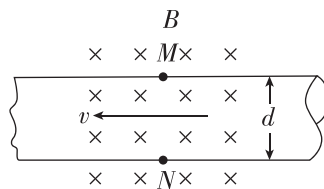
## 专题强化三 电磁流量计

**[模型建构]** 电磁流量计是测量导电液体流量的一种测量仪器. 如图所示, 当导电液体沿测量管运动时, 液体中的正、负离子在洛伦兹力作用下偏转, 左、右管壁电极间出现电势差. 当正、负离子所受静电力与洛伦兹力平衡时, 电势差就会保持稳定. 因此, 通过测量左、右管壁间的电势差, 就可以间接测量管中导电液体的流量(流量是单位时间内流经管道某横截面的流体体积).



已知匀强磁场的磁感应强度为  $B$ , 测量管的内径为  $D$ , 电势差为  $U$ , 请推导流量  $Q$  的表达式.

**例 3** [2024·湖北武汉一中高二月考] 某实验室中有一种污水流量计, 其原理可以简化为如图所示模型: 废液内含有大量正、负离子, 从直径为  $d$  的圆柱形容器右侧流入, 左侧流出. 流量值  $Q$  等于单位时间内通过横截面的液体体积. 空间有垂直于纸面向里的磁感应强度为  $B$  的匀强磁场, 下列说法中正确的是 ( )

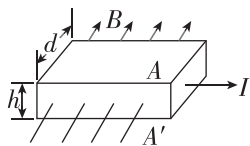


- A. 带电离子所受洛伦兹力方向由  $M$  指向  $N$
- B.  $M$  点的电势高于  $N$  点的电势
- C. 污水流量计也可以用于测量不带电的液体的流量
- D. 只需要测量  $M$ 、 $N$  两点间的电压就能够推算出废液的流量

[反思感悟]

## 专题强化四 霍尔元件

[模型建构] 如图所示, 高为  $h$ 、宽为  $d$  的金属导体(自由电荷是电子)置于磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中, 当电流通过金属导体时, 在金属导体的上表面  $A$  和下表面  $A'$  之间产生电势差, 这种现象称为霍尔效应, 此电压称为霍尔电势差或霍尔电压, 这个元件称为霍尔元件.



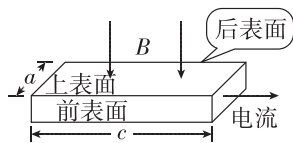
(1) 金属导体中的电流  $I$  向右时, 上表面  $A$  和下表面  $A'$  谁的电势高? 若霍尔元件中自由电荷是正电荷, 则上表面  $A$  和下表面  $A'$  谁的电势高?

(2) 设电子电荷量为  $e$ , 金属导体单位体积内的自由电子数目为  $n$ , 电流大小为  $I$ , 请推导  $A$ 、 $A'$  间的霍尔电压  $U$  的表达式.

**例 4** 笔记本电脑机身和显示屏对应部位分别有磁体和霍尔元件. 当显示屏开启时, 磁体远离霍尔元件, 电脑正常工作; 当显示屏闭合时, 磁体靠近霍尔元件, 屏幕熄灭, 电脑进入休眠状态. 如图所示, 有一块宽为  $a$ 、长为  $c$  的矩形半导体霍尔元件, 元件内的导电粒子是电荷量为  $e$  的自由电子, 通入方向向右的电流时, 电子的定向移动速度为  $v$ . 当显示屏闭合时, 元件处于垂直于上表面向下的匀强磁场中, 于是元件的前、后表面间出现电压  $U$ , 以此控制屏幕的熄灭. 由此可知 ( )

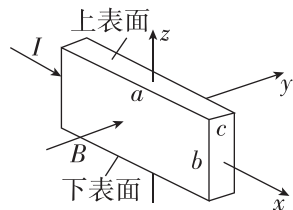
### 【要点总结】

导电液体中的正、负离子在洛伦兹力作用下偏转, 管壁两侧电极间出现电势差. 当正、负离子所受静电力与洛伦兹力平衡时, 电势差就会保持稳定. 由  $qvB = qE = q \frac{U}{D}$ , 可得  $v = \frac{U}{BD}$ , 则流量  $Q = Sv = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{U}{BD} = \frac{\pi DU}{4B}$ , 即  $Q \propto U$ , 将电压表表盘相应地换成流量计表盘即可直接测流量, 从公式可以看出电磁流量计的表盘刻度是均匀的.



- A. 元件前表面的电势比后表面的电势低
- B. 元件前、后表面间的电压  $U$  与  $v$  无关
- C. 元件前、后表面间的电压  $U$  与  $c$  成正比
- D. 元件中自由电子受到的洛伦兹力大小为  $\frac{eU}{a}$

**例 5** [2024 · 福建三明一中高二月考] 半导体内导电的粒子“载流子”有两种: 自由电子和空穴(空穴可视为能自由移动的带正电粒子). 以自由电子导电为主的半导体叫 N 型半导体, 以空穴导电为主的半导体叫 P 型半导体. 如图所示为检验半导体材料的类型和对材料性能进行测试的原理图, 图中一块长为  $a$ 、宽为  $c$ 、高为  $b$  的半导体样品板放在沿  $y$  轴正方向的匀强磁场中, 磁感应强度大小为  $B$ . 当有大小为  $I$ 、沿  $x$  轴正方向的恒定电流通过样品板时, 会在与  $z$  轴垂直的上、下表面之间产生霍尔电势差  $U$ . 若样品板单位体积内的载流子数目为  $n$ , 每个载流子所带电荷量的绝对值为  $e$ , 载流子重力不计, 下列说法中正确的是 ( )



- A. 若上表面电势高, 则该半导体为 N 型半导体
- B. 只增大磁感应强度  $B$  时, 霍尔电势差  $U$  减小
- C. 只增大样品板上、下表面间的距离  $b$  时, 霍尔电势差  $U$  减小
- D. 只增大样品板单位体积内的载流子数目  $n$  时, 霍尔电势差  $U$  减小

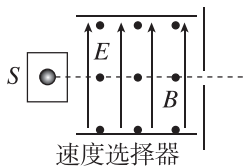
### 【技法点拨】

分析两侧面产生电势高低时应特别注意霍尔元件的材料,若霍尔元件的材料是金属,则参与定向移动形成电流

的是电子,偏转的也是电子;若霍尔元件的材料是半导体,则参与定向移动形成电流的可能是正“载流子”,此时偏转的是正电荷。

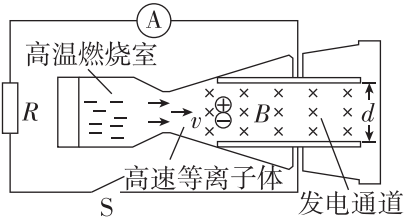
## // 随堂巩固 //

1. (速度选择器)(多选)[2024·北京八中高二月考] 芯片制造中的重要工序之一是离子注入,速度选择器是离子注入机的重要组成部分.如图所示,从离子源  $S$  发射出速度不同的各种离子,仅有部分离子沿平行于纸面的水平直线穿过速度选择器右侧挡板上小孔,已知速度选择器中匀强电场的电场强度大小为  $E$ 、方向竖直向上,匀强磁场的方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为  $B$ ,速度选择器置于真空中,不计离子受到的重力与离子间的相互作用.下列说法中正确的是 ( )



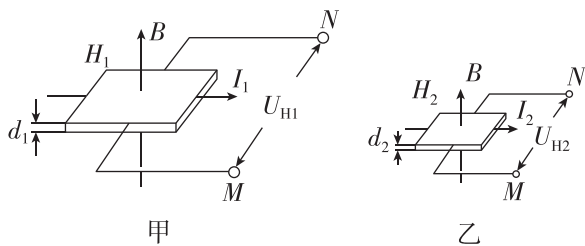
- A. 穿过小孔的离子一定带正电荷  
 B. 穿过小孔的离子的速度大小一定为  $\frac{E}{B}$   
 C. 穿过小孔的离子的比荷一定相同  
 D. 若离子受到的重力不能忽略,则从小孔穿过的负离子的速度大于正离子的速度

2. (磁流体发电机)[2024·上海中学高二月考] 如图所示为等离子体发电机的示意图.高温燃烧室产生的大量的正、负离子被加速后垂直于磁场方向喷入发电通道的磁场中.在发电通道中有两块相距为  $d$  的平行金属板,两金属板外接电阻  $R$ .若磁场的磁感应强度为  $B$ ,等离子体进入磁场时的速度为  $v$ ,系统稳定时发电通道的电阻为  $r$ ,则下列表述中正确的是 ( )



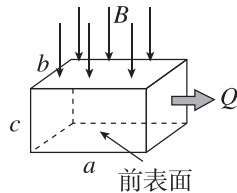
- A. 上金属板为发电机的负极,电路中电流为  $\frac{Bdv}{R}$   
 B. 下金属板为发电机的正极,电路中电流为  $\frac{Bdv}{R+r}$   
 C. 上金属板为发电机的正极,电路中电流为  $\frac{Bdv}{R+r}$   
 D. 下金属板为发电机的负极,电路中电流为  $\frac{Bdv}{R}$

3. (霍尔元件)(多选)[2024·宁夏银川一中高二月考] 如图所示,  $H_1$ 、 $H_2$  是同种金属材料(自由电荷为电子)、上下表面为正方形的两个霍尔元件,  $H_1$  的边长和厚度均为  $H_2$  边长和厚度的 2 倍.将两个霍尔元件放置在同一匀强磁场中,磁场方向垂直于两元件的正方形表面.在两元件上加相同的电压,形成图示方向的电流,  $M$ 、 $N$  两端形成霍尔电压.下列说法中正确的是 ( )



- A.  $H_1$  中的电流是  $H_2$  中电流的 2 倍  
 B.  $H_1$  中的电流和  $H_2$  中的电流相等  
 C.  $H_1$ 、 $H_2$  上  $M$  端的电势高于  $N$  端的电势  
 D.  $H_1$ 、 $H_2$  上  $M$  端的电势低于  $N$  端的电势

4. (电磁流量计)[2024·浙江镇海中学高二月考] 为了测量某化工厂的污水排放量,技术人员在该厂的排污管末端安装了如图所示的流量计,该装置由绝缘材料制成,长、宽、高分别为  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ,左右两端开口,在垂直上、下底面方向加磁感应强度为  $B$  的匀强磁场,在前、后两个面的内侧固定有金属板作为电极,污水从左向右流经该装置时,电压表将显示两个电极间的电压  $U$ .若用  $Q$  表示污水流量(单位时间内流出的污水体积),下列说法中不正确的是 ( )



- A. 污水中离子浓度越高,电压表的示数将越大  
 B. 若污水中正离子较多,则前表面电势比后表面电势低  
 C. 若污水中负离子较多,则前表面电势比后表面电势低  
 D. 污水流量  $Q$  与  $U$  成正比,与  $a$ 、 $b$  无关

### 3 带电粒子在匀强磁场中的运动

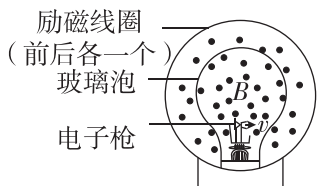
#### 学习任务一 带电粒子在匀强磁场中的运动规律

**[物理观念]** 如果沿着与磁场垂直的方向发射一带电粒子(带电粒子的重力忽略不计),则:

(1)粒子\_\_\_\_\_ (选填“一定”或“不一定”)在与磁场垂直的平面内运动.

(2)粒子在磁场中做\_\_\_\_\_运动,判断的依据是什么?

**[科学探究]** 如图所示,可用洛伦兹力演示仪观察带电粒子在匀强磁场中的运动轨迹.



(1)不加磁场时,电子束的运动轨迹为\_\_\_\_\_.

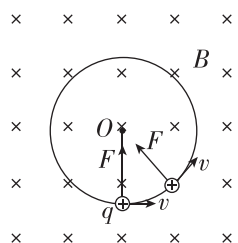
(2)加上磁场时,电子束的运动轨迹为\_\_\_\_\_.

(3)如果保持出射电子的速度不变,增大磁感应强度,轨迹圆的半径将\_\_\_\_\_;如果保持磁感应强度不变,增大出射电子的速度,轨迹圆的半径将\_\_\_\_\_.

**[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)带电粒子受到的洛伦兹力  $F = qvB$ ,由洛伦兹力提供向心力得  $F = m \frac{v^2}{r}$ ,联立得匀速圆周运动的轨道半径  $r = \frac{mv}{qB}$ .

带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的轨道半径与它的质量、速度成正比,与电荷量、磁感应强度成反比.



(2)匀速圆周运动的轨道半径  $r = \frac{mv}{qB}$ ,周期  $T = \frac{2\pi r}{v}$ ,

联立得  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ .从公式可以看出周期由磁感应强度和粒子的比荷决定,而与粒子的速度和轨道半径无关.

**例 1** [2024·北京四中高二月考] 一质子在匀强磁场中运动,不考虑重力作用,下列说法中正确的是 ( )

- A. 可能做匀变速直线运动
- B. 可能做匀变速曲线运动
- C. 可能做匀速直线运动
- D. 只能做匀速圆周运动

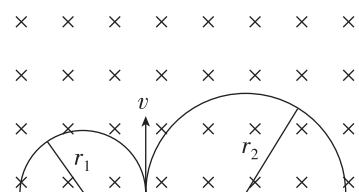
**【要点总结】**

1. 若  $v \parallel B$ ,则带电粒子以速度  $v$  做匀速直线运动.(此情况下洛伦兹力  $F=0$ )
2. 若  $v \perp B$ ,则带电粒子在垂直于磁感线的平面内做匀速圆周运动.

**例 2** 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中,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 3** 一束带电粒子以同一速度  $v$  从同一位置进入匀强磁场,在磁场中它们的轨迹如图所示.若粒子 A 的轨迹半径为  $r_1$ ,粒子 B 的轨迹半径为  $r_2$ ,且  $r_2 = 2r_1$ , $q_1$ 、 $q_2$  分别是它们带的电荷量, $m_1$ 、 $m_2$  分别是它们的质量,则下列分析正确的是 ( )



- A. A 带负电、B 带正电,比荷之比为  $\frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 1 : 1$
- B. A 带正电、B 带负电,比荷之比为  $\frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 1 : 1$
- C. A 带正电、B 带负电,比荷之比为  $\frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 2 : 1$
- D. A 带负电、B 带正电,比荷之比为  $\frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 2 : 1$

## 【要点总结】

1. 分析带电粒子在磁场中的匀速圆周运动,要紧抓洛伦兹力提供向心力,即  $qvB = m \frac{v^2}{r}$ .

2. 轨迹半径:  $r = \frac{mv}{qB}$ . 同一粒子在同一磁场中,  $r$  与  $v$  成正比.

3. 周期:  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ .  $T$  与速度  $v$  无关,与半径  $r$  无关.

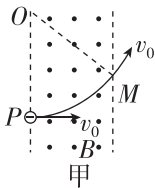
## 学习任务二 带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路

### [科学思维]

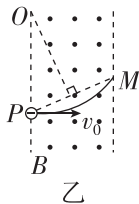
#### 1. 圆心的确定

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、出射点的位置和出射方向时,可以过入射点和出射点作垂直于入射方向和出射方向的直线,两条直线的交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垂线,连接入射点和出射点,作连线的中垂线,这两条垂线的交点就是圆弧轨道的圆心(如图乙所示,  $P$  为入射点,  $M$  为出射点).



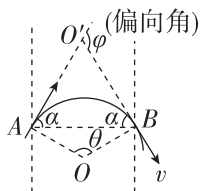
#### 2. 半径的确定

(1) 由半径公式  $r = \frac{mv}{qB}$  确定;

(2) 由几何关系确定.

#### 3. 粒子速度偏向角的确定

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



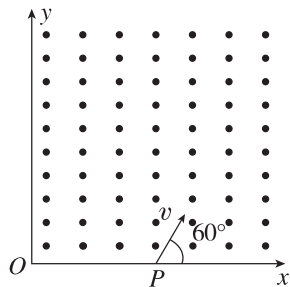
#### 4. 粒子在匀强磁场中运动时间的确定

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

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

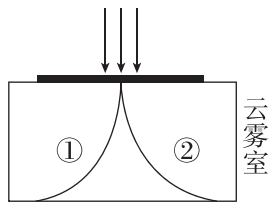
**例 4** 如图所示,一质量为  $m$ 、带电荷量为  $-q$ 、不计重力的粒子,从  $x$  轴上的  $P(a,0)$  点以速度大小为  $v$ 、沿与  $x$  轴正方向成  $60^\circ$  角的方向射入第一象限内的匀强磁场中,并恰好垂直于  $y$  轴射出第一象限.

- (1) 画出带电粒子运动的轨迹并标出圆心;
- (2) 求轨迹圆的几何半径;
- (3) 求匀强磁场的磁感应强度  $B$  的大小;
- (4) 求带电粒子穿过第一象限所用的时间  $t$ .



## // 随堂巩固 //

1. (带电粒子在匀强磁场中的运动规律)[2024·福建泉州高二期中] 云雾室也称云室,是一种早期的核辐射探测器,也是最早的带电粒子径迹探测器.因发明者为英国物理学家威尔逊,一般称为威尔逊云室.如图所示,将大量正、负带电粒子以大小相同的速度喷入云雾室里,观察到有两个粒子的径迹弯曲程度相同,但弯曲方向相反.已知云雾室中匀强磁场方向垂直纸面向里(图中未画出),只考虑带电粒子在匀强磁场中受到的洛伦兹力.则下列说法中正确的是( )

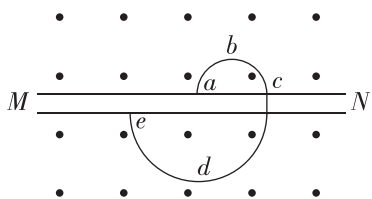


- A. 粒子①受到的洛伦兹力不变且提供向心力
- B. 粒子②一定带负电
- C. 粒子①和②的质量一定相等
- D. 粒子①和②的比荷一定相等

2. (带电粒子在匀强磁场中的运动规律)(多选)有两个匀强磁场区域 I 和 II, I 中的磁感应强度大小是 II 中磁感应强度大小的  $k$  倍.两个速率相同的电子分别在两磁场区域中做圆周运动.与 I 中运动的电子相比, II 中的电子 ( )

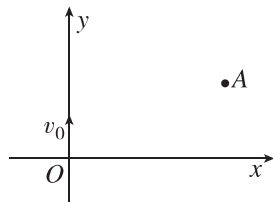
- A. 运动轨迹的半径是 I 中的  $k$  倍
- B. 加速度的大小是 I 中的  $k$  倍
- C. 做圆周运动的周期是 I 中的  $k$  倍
- D. 做圆周运动的角速度与 I 中的相等

3. (带电粒子在匀强磁场中的运动规律)[2024·湖北武汉高二期末]  $MN$  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,则下列说法中正确的是 ( )



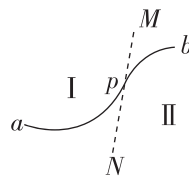
- A. 粒子带正电
- B. 粒子的运动方向是  $edcba$
- C. 粒子的运动方向是  $abcde$
- D. 粒子通过上半周所用时间比下半周所用时间短

4. (带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路)如图所示,空间存在范围足够大、垂直  $xOy$  平面向外的匀强磁场(图中未画出),一质量为  $m$ 、带电荷量为  $+q$  的带电粒子从坐标原点  $O$  沿  $y$  轴正方向以速度  $v_0$  射出,带电粒子恰好经过点  $A(x_0, \frac{\sqrt{3}}{3}x_0)$ ,不计粒子受到的重力及空气阻力.匀强磁场的磁感应强度大小为 ( )



- A.  $\frac{3mv_0}{2qx_0}$
- B.  $\frac{\sqrt{3}mv_0}{2qx_0}$
- C.  $\frac{2mv_0}{3qx_0}$
- D.  $\frac{\sqrt{3}mv_0}{3qx_0}$

5. (带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路)如图所示,  $MN$  为区域 I、II 的分界线,在区域 I 和区域 II 内分别存在着与纸面垂直的匀强磁场,一带电粒子沿着弧线  $apb$  由区域 I 运动到区域 II. 已知圆弧  $ap$  与圆弧  $pb$  的弧长之比为  $2:1$ ,不计粒子重力,下列说法中正确的是 ( )



- A. 粒子在区域 I 和区域 II 中运动的速率之比为  $2:1$
- B. 粒子通过圆弧  $ap$ 、 $pb$  的时间之比为  $1:2$
- C. 圆弧  $ap$  与圆弧  $pb$  对应的圆心角之比为  $2:1$
- D. 区域 I 和区域 II 的磁场方向相反