



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺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

浙江省

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

—全品AI学伴—
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

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	107
专题课:安培力作用下导体的运动和平衡问题	110
2 磁场对运动电荷的作用力	113
专题课:洛伦兹力与现代科技	117
3 带电粒子在匀强磁场中的运动	120
专题课:带电粒子在有界磁场中的运动	123
专题课:带电粒子在有界磁场中的临界与多解问题	125
4 质谱仪与回旋加速器	128
专题课:带电粒子在组合场中的运动	130
专题课:带电粒子(带电体)在叠加场中的运动	133

02 第二章 电磁感应

PART TWO

1 楞次定律	136
专题课:楞次定律的应用	139
2 法拉第电磁感应定律	141
专题课:电磁感应中的电路与电荷量问题	145
专题课:电磁感应中的图像问题	147
3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动	150

专题课:电磁感应中的动力学和能量问题	154
※专题课:电磁感应与动量的综合应用	157
4 互感和自感	160

03 第三章 交变电流

PART THREE

1 交变电流	163
2 交变电流的描述	167
3 变压器	170
专题课:理想变压器的综合问题	174
4 电能的输送	177

04 第四章 电磁振荡与电磁波

PART FOUR

1 电磁振荡	180
2 电磁场与电磁波	180
3 无线电波的发射和接收	183
4 电磁波谱	183

05 第五章 传感器

PART FIVE

1 认识传感器	187
2 常见传感器的工作原理及应用	187
3 利用传感器制作简单的自动控制装置	190

◆ 参考答案	193
--------------	-----

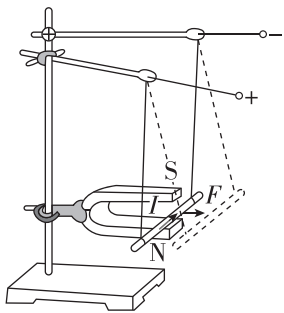


第一章 安培力与洛伦兹力

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] 用如图所示装置进行实验.



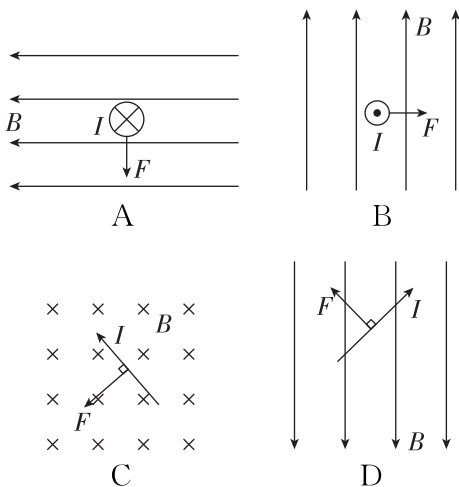
(1) 上下交换磁铁磁极的位置时_____改变磁场方向, 导体棒受力的方向_____改变. (均选填“会”或“不会”)

(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.

[教材链接] 阅读教材, 回答下列问题:

1. 安培力: _____ 在磁场中受的力.
2. 安培力的方向与 _____、_____ 都垂直.
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.

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 ()



[反思感悟]

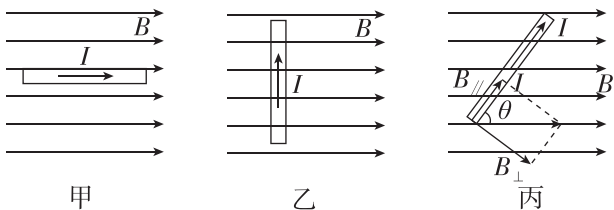
【要点总结】

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 安培力的大小

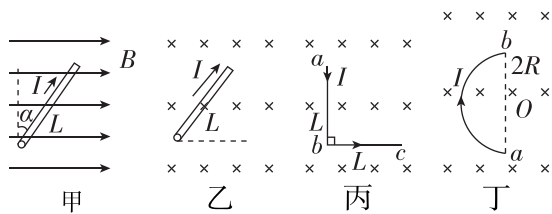
[科学探究]

长为 l 的一段直导线放在匀强磁场中, 通以大小为 I 的电流, 磁场的磁感应强度为 B .



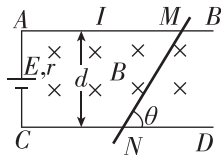
- (1) 如图甲所示, 导线和磁场平行放置时, $F_{\text{安}} =$ _____;
- (2) 如图乙所示, 导线和磁场垂直放置时, $F_{\text{安}} =$ _____;
- (3) 如图丙所示, 导线和磁场成 θ 角放置时, 把磁感应强度 B 分解为与导线垂直的分量 $B_{\perp} =$ _____ 和与导线平行的分量 $B_{\parallel} =$ _____. 导线所受的安培力是 _____ 产生的, $F =$ _____.

例 2 如图甲、乙、丙、丁所示,在各匀强磁场中放有下列各种形状的通电导线,电流大小均为 I ,磁感应强度大小均为 B ,求图甲、乙、丙、丁中各导线所受到的安培力大小.



变式 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 ()

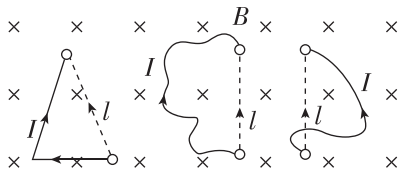
- A. IdB
- B. $IdB \sin \theta$
- C. $\frac{IdB}{\sin \theta}$
- D. $IdB \cos \theta$



[反思感悟]

【要点总结】

- (1) 安培力的大小: $F = IlB \sin \theta$, 其中 θ 为 B 与 I 方向的夹角, 当 $\theta = 0^\circ$, 即 $B \parallel I$ 时, $F = 0$; 当 $\theta = 90^\circ$, 即 $B \perp I$ 时, $F = IlB$.
- (2) 表达式 $F = IlB$ 中 l 指的是导线在磁场中的“有效长度”, 弯曲导线的有效长度 l 等于连接两端点的直线段的长度(如图中虚线所示), 相应的电流由始端流向末端.

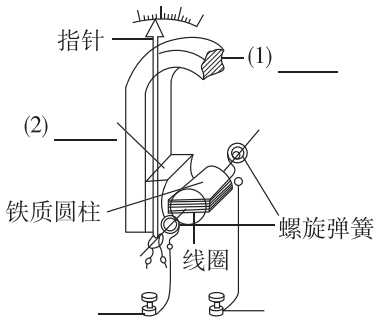


学习任务三 磁电式电流表的工作原理

[教材链接] 阅读教材,回答下列问题:

磁电式电流表

1. 基本构造: 磁体、线圈、螺旋弹簧、指针、极靴、铁质圆柱等.



2. 工作原理: 通电线圈因受安培力而转动.

(1) 被测电流越大, 指针偏转的角度越大. 螺旋弹簧变形, 反抗线圈的转动. 这两种转动的效果叠加在一起, 最终达到平衡, 指针停止偏转. 所以根据指针偏转角度的大小, 可以确定被测电流的大小.

(2) 当线圈中电流方向改变时, 指针的偏转方向也随着改变. 所以, 根据指针的偏转方向, 可以知道电流的方向.

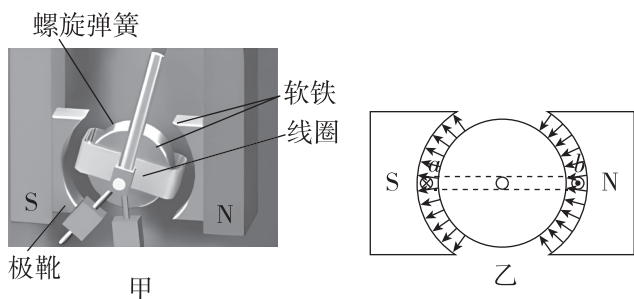
3. 特点:

- (1) 极靴和铁质圆柱之间是均匀辐向分布的磁场;
- (2) 线圈平面始终与磁感应强度垂直;
- (3) 表盘刻度均匀分布.

4. 优点: 灵敏度高, 可以测出很小的电流.

5. 缺点: 线圈的导线很细, 允许通过的电流很小.

例 3 [2025 · 台州高二期末] 如图甲所示为磁电式电流表的结构, 如图乙所示为极靴和铁质圆柱间的磁场分布, 线圈 a 、 b 两边通以如图乙所示方向电流, 线圈两边所在处的磁感应强度大小相等. 则下列选项正确的是 ()



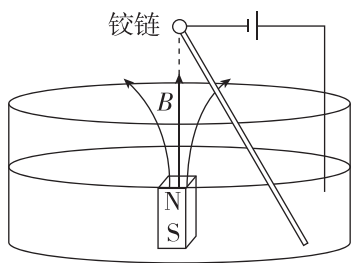
- A. 电流表中的磁场是匀强磁场
B. 用来做线圈骨架的铝框可以帮助指针快速稳定的停下来,方便读数

- C. 线圈无论转到什么角度,它所在的平面都跟磁感应强度的方向平行,所以线圈不受安培力
D. 运输时要用导线把电流表两接线柱连在一起,若适当换成更弱的磁场可更好地减小表针的摆动幅度

[反思感悟]

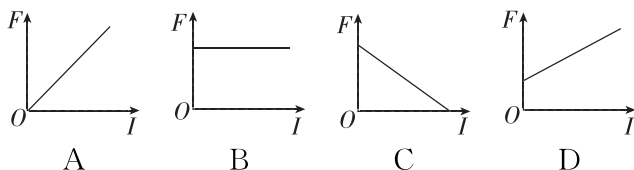
// 随堂巩固 //

1. (安培力的方向)[2025·绍兴高二期中] 法拉第电动机原理如图所示,条形磁体(N极在上)竖直固定在圆形水银槽中心,斜插在水银中的金属杆上端与固定在水银槽圆心正上方的铰链相连,电源负极与金属杆上端相连,与电源正极连接的导线插入水银中.此时从正面看,金属杆受到的安培力 ()



- A. 在纸面内斜向上 B. 在纸面内斜向下
C. 垂直纸面向里 D. 垂直纸面向外

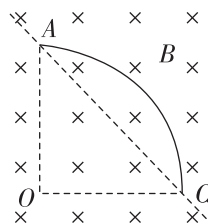
2. (安培力的大小)在匀强磁场中放置一条直导线,导线与磁场方向垂直,则导线受到的安培力 F 的大小与通过导线的电流 I 的关系图像正确的是 ()



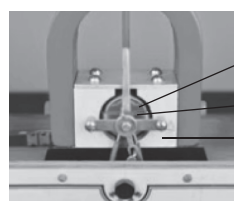
3. (安培力的大小和方向)(多选)如图所示, AC 是一个半径为 R 的四分之一圆弧,将其放置在与平面 AOC 垂直的磁感应强度为 B 的匀强磁场中.当该导线中通以由 A 到 C 、大小为 I 的

恒定电流时,该导线受到安培力的大小和方向是 ()

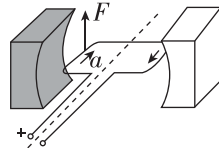
- A. 安培力大小为 IRB
B. 安培力大小为 $\sqrt{2}IRB$
C. 安培力方向为垂直于 AC 的连线指向左下方
D. 安培力方向为垂直于 AC 的连线指向右上方



4. (磁电式电流表)[2025·湖州高二期末] 如图甲所示为磁电式电流表的结构图.磁电式电流表最基本的组成部分是磁体和放在磁体两极间的线圈,两极间装有极靴,极靴与圆柱间的磁场都沿圆柱截面圆的半径方向,螺旋弹簧反抗线圈的转动.某时刻当线圈左边导线 a 的电流方向为垂直纸面向里时,它受到的安培力方向如图乙所示,下列说法正确的是 ()



甲



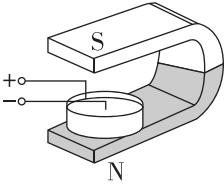
乙

- A. 图乙所示时刻导线 a 所处的磁场方向为水平向右
B. 圆柱内磁感线全部穿过圆心
C. 线圈中通入恒定的电流并转过一个小角度,导线受到的安培力不变
D. 不管线圈转到什么位置,导线所受的安培力总是与线圈平面垂直

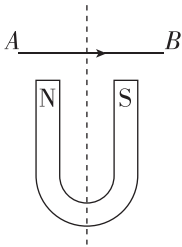
专题课：安培力作用下导体的运动和平衡问题

题型一 安培力作用下导体运动方向的判断

[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.



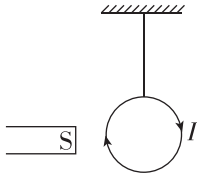
例 1 如图所示,把一重力不计的通电直导线 AB 水平放在蹄形磁铁磁极的正上方,导线可以在空间内自由运动.当导线通以图示方向电流 I 时,导线的运动情况是(从上往下看) ()



- 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 [2025·宁波高二期中] 如图所示,在条形磁铁 S 极附近悬挂一个线圈,线圈与水平磁铁位于同一平面内.当线圈中通以图示方向的电流时,将会出现的现象是 ()



- A. 线圈向左摆动
- B. 线圈向右摆动
- C. 从上往下看,线圈顺时针转动,同时向右摆动
- D. 从上往下看,线圈逆时针转动,同时向左摆动

[反思感悟] _____

【要点总结】

安培力作用下导体运动方向判断的方法

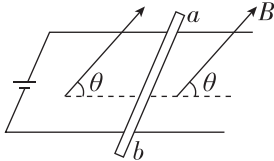
电流元法	每段电流元所受安培力方向→整段导体所受合力方向→运动方向
特殊位置法	在特殊位置→安培力方向→运动方向
等效法	(1) 环形电流→小磁针→条形磁铁 (2) 通电螺线管→多个环形电流

题型二 安培力作用下的平衡问题

例 3 如图所示,在水平面内固定有两平行金属导轨,导轨间距为 L ,两导轨间整个区域内分布有磁感应强度大小为 B 的匀强磁场,磁场方向与导轨平面成 θ 角并与金属杆 ab 垂直.垂直于两导轨放置的金属杆 ab 所受重力为 G ,通过的电流大小为 I ,处于静止状态,金属杆所受支持力和摩擦力的大小分别为 F_N 和 F_f .

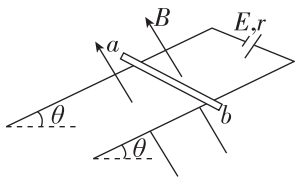
(1)画出金属杆 ab 的平面受力分析图;

(2)由平衡条件写出平衡方程.



例 4 [2026·温州高二期中] 如图所示,两平行金属导轨间的距离为 $l=0.40\text{ m}$,金属导轨所在的平面与水平面夹角为 $\theta=37^\circ$. 导轨所在平面内分布着磁感应强度 $B=0.50\text{ T}$ 、方向垂直于导轨所在平面的匀强磁场,金属导轨的上端接有电动势 $E=4.5\text{ V}$ 、内阻 $r=0.5\text{ }\Omega$ 的直流电源. 现把一个质量 $m=0.04\text{ kg}$ 的导体棒 ab 放在金属导轨上,导体棒恰好静止. 导体棒与金属导轨垂直且接触良好,导体棒与金属导轨接触的两点间的电阻 $R_0=2.5\text{ }\Omega$,金属导轨电阻不计, g 取 10 m/s^2 . 已知 $\sin 37^\circ=0.60$, $\cos 37^\circ=0.80$,求:

- (1)通过导体棒的电流;
- (2)导体棒受到的安培力;

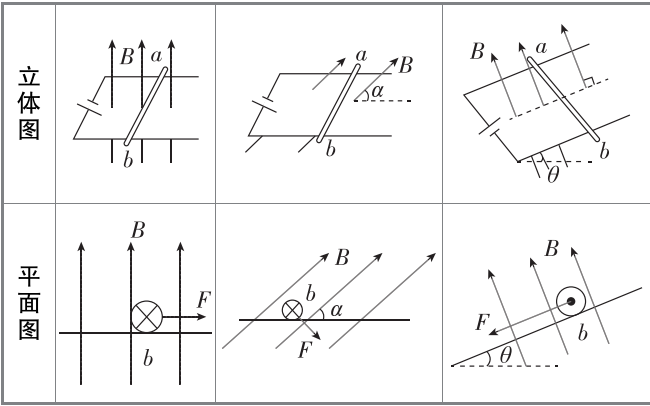


(3)导体棒受到的摩擦力.

【要点总结】

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.

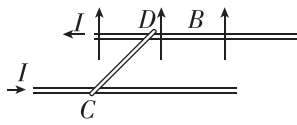


题型三 安培力作用下导体的加速问题

例 5 [2025·温州瑞安中学高二期中] 电磁炮是一种新式兵器,某科技小组设计了一个电磁炮模型,其主要原理图如图所示,水平面内有宽为 $d=5\text{ cm}$ 、长为 $L=80\text{ cm}$ 的水平金属轨道,内部有磁感应强度大小为 1 T 、方向竖直向上的匀强磁场,现将质量为 $m=5\text{ g}$ 、有效电阻为 $R=0.01\text{ }\Omega$ 的金属炮弹(简化为导体棒)垂直放置在水平轨道上. 某次发射测试中,通 $I=100\text{ A}$ 的恒定电流后,电磁炮由静止做匀加速直线运动,运动长为 L 的距离后,电磁炮离开轨道发射成功. 忽略一切阻力、不计轨道电阻,求:

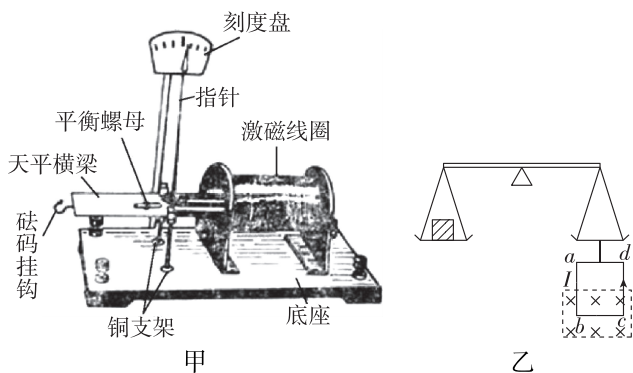
- (1)电磁炮刚发射时的加速度大小;

- (2)电磁炮做匀加速直线运动的时间;
- (3)该次发射消耗的电能.



电流天平的原理和应用

电流天平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. 如图乙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.

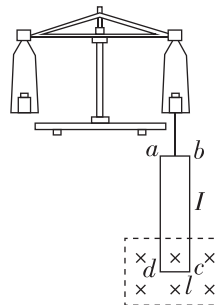


线框通方向如图乙所示电流后, ab 、 bc 、 cd 边均受到安培力的作用. 根据左手定则可知, ab 、 cd 边受到的安培力大小相等, 方向相反, 互相抵消, bc 边受到的安培力方向竖直向上, 从而使天平平衡被破坏. 通过在右盘中加砝码可使天平重新平衡, 根据所加砝码的质量可以推知线框所受安培力的大小 F . 再根据 $F = nIlB$, 由线框的匝数 n 、 bc 边长度 l 、电流 I 可求磁场的磁感应强度 B 的大小.

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 dc 边水平, 且长为 l , 处于匀强磁场内, 匀强磁场的磁感应强度

大小为 B , 方向垂直于线框平面向里. 当线框中通有大小为 I 的电流时, 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 m/s^2 .

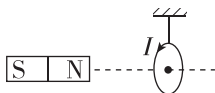
- (1) cd 边的电流在反向之后方向为 _____ (选填“向左”或“向右”).
- (2) 导出磁感应强度 B 的表达式 (用 n 、 m 、 l 、 I 、 g 表示);
- (3) 当 $n = 9$ 、 $l = 10.0 \text{ cm}$ 、 $I = 0.10 \text{ A}$ 、 $m = 8.78 \text{ g}$ 时, 磁感应强度是多大? (结果保留两位有效数字)



// 随堂巩固 //

1. (安培力作用下导体的运动情况) 如图所示, 把轻质导线圈用绝缘细线悬挂在磁体的 N 极附近, 磁体的轴线穿过线圈的圆心且垂直于线圈平面. 当线圈内通以图示方向的电流 (从右向左看沿逆时针方向) 后, 线圈的运动情况是 ()

- A. 线圈向左运动
- B. 线圈向右运动

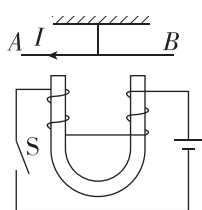


- C. 从上往下看顺时针转动
- D. 从上往下看逆时针转动

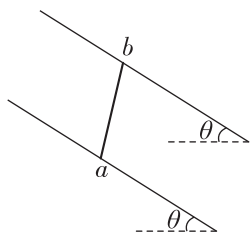
2. (安培力作用下导体的运动情况) [2026 · 丽水中学高二月考] 如图所示, 将通电直导线 AB 用悬线悬挂在电磁铁的正上方, 直导线可自由转动, 则接通开关后 ()

- A. A 端向纸外运动, B 端向纸内运动, 悬线张力变小

- B. A 端向纸外运动, B 端向纸内运动, 悬线张力变大
- C. A 端向纸内运动, B 端向纸外运动, 悬线张力变大
- D. A 端向纸内运动, B 端向纸外运动, 悬线张力变小



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 θ , 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 ()

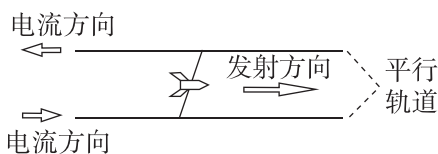


- A. 匀强磁场的方向竖直向下
- B. 导体棒所受的安培力方向竖直向上

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. (安培力作用下的加速问题) [2026 · 杭师大附中高二月考] 电磁炮是利用电磁发射技术制成的一种先进的杀伤武器. 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, 炮弹从轨道最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 1×10^3 T
- D. 炮弹的加速度大小为 3×10^5 m/s²

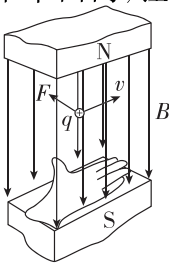
2 磁场对运动电荷的作用力

学习任务一 洛伦兹力的方向

[教材链接] 阅读教材, 回答下列问题:

1. 洛伦兹力: _____ 在 _____ 中受到的力.

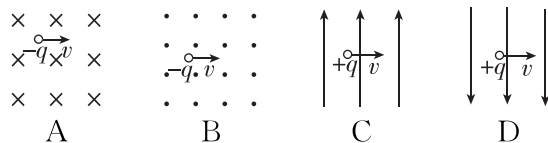
2. 左手定则: 伸开左手, 使拇指与其余四个手指 _____, 并且都与手掌在同一个平面内; 让磁感线从 _____ 垂直进入, 并使 _____ 指向 _____ 运动的方向, 这时 _____ 所指的方向就是运动的正电荷在磁场中所受洛伦兹力的方向.



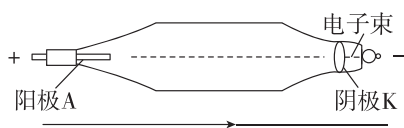
【辨别明理】

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 下列各图中的带电粒子刚进入磁场时所受的洛伦兹力的方向垂直于纸面向里的是 ()



变式 [2026 · 杭州高二期中] 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】

1. 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.
2. 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.

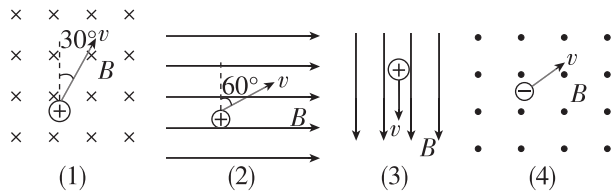
(1)如图所示,设有一段长度为 l 的通电导线垂直放入磁感应强度为 B 的匀强磁场中,若导线中的电流为 I ,则该导线所受的安培力的大小为_____.

(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.

【教材链接】阅读教材,回答下列问题:
洛伦兹力的大小: $F =$ _____, θ 为电荷的运动方向与磁场的方向的夹角.
(1)当 $v \perp B$ 时, $F = qvB$,即电荷的运动方向与磁场方向垂直时,电荷所受洛伦兹力最大.
(2)当 $v // B$ 时, $F = 0$,即电荷的运动方向与磁场方向平行时,电荷不受洛伦兹力.

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 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 T 的匀强磁场,重力加速度 g 取 9.8 m/s^2 .求粒子所受的重力和洛伦兹力的大小之比.

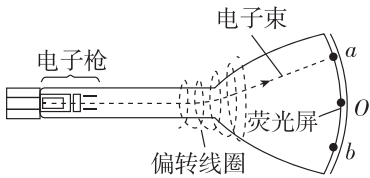
学习任务三 电子束的磁偏转

【教材链接】阅读教材,回答下列问题:
1. 显像管构造: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_____,因此电子束打在荧光屏上的光点不断移动,这在

显示技术中叫作扫描. 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.

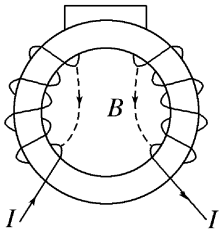
[科学探究] 如图所示为电视机显像管原理示意图. 没有磁场时, 电子束打在荧光屏正中的 O 点. 为使电子束偏转, 由安装在管颈的偏转线圈产生偏转磁场.



- (1) 要使电子束偏离中心 O , 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 4 如图所示为电视机显像管偏转线圈的示意图, 当线圈中通以图示方向的直流电流时, 形成的磁场如图所示, 一束沿着管径轴线射向纸内的电子将 ()



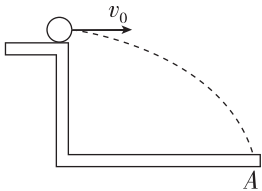
- A. 向上偏转
- B. 向下偏转
- C. 向左偏转
- D. 向右偏转

【要点总结】

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

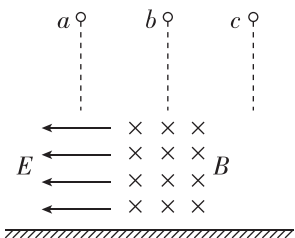
例 5 如图所示, 在竖直绝缘的平台上, 一个带少量正电荷的小球以水平速度 v_0 抛出, 落在地面上的 A 点. 若加一垂直于纸面向里的匀强磁场, 则小球的落点 ()



- A. 仍在 A 点
- B. 在 A 点左侧
- C. 在 A 点右侧
- D. 无法确定

[反思感悟] _____

例 6 [2026 · 杭州高二期中] 三个完全相同的小球 a 、 b 、 c 带有相同电荷量的正电荷, 从同一高度由静止开始下落, 下落 h_1 高度后 a 球进入水平向左的匀强电场, b 球进入垂直纸面向里的匀强磁场, 如图所示, 它们到达水平面上的速度大小分别用 v_a 、 v_b 、 v_c 表示, 它们的关系是 ()



- A. $v_a > v_b = v_c$
- B. $v_a = v_b = v_c$
- C. $v_a > v_b > v_c$
- D. $v_a = v_b > v_c$

【要点总结】

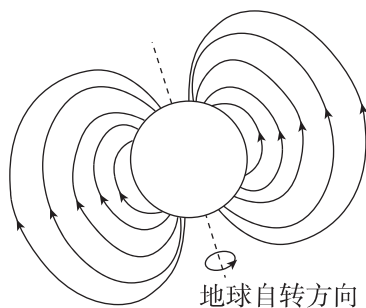
洛伦兹力与静电力的比较

	洛伦兹力	静电力
力的来源	磁场(仅作用于运动电荷且 v 不与 B 平行)	静电场(作用于任何电荷)
力的大小	$F_{\text{洛}} = qvB \sin \theta$ (θ 为 v 与 B 的夹角)	$F_{\text{电}} = qE$
力的方向	$F_{\text{洛}} \perp B, F_{\text{洛}} \perp v$, 即 $F_{\text{洛}}$ 垂直于 B 与 v 决定的平面	正电荷受力方向与电场方向相同, 负电荷受力方向与电场方向相反
是否做功	永不做功(始终与瞬时速度垂直)	可以做功(正功、负功、不做功均可)
核心作用	只改变速度方向, 不改变速率和动能	改变速度大小和动能, 实现电势能与动能的转化
能量角色	不直接参与能量转化, 是“转向力”或“约束力”	能量转化的直接媒介(电场力做功等于电势能减少量)

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流(主要由质子、电子、 α 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 km/s 的速度击穿大气层, 与大气中的原子和分子碰撞, 产生光芒, 形成极光.

示例 [2025 · 温州高二期中] 地球本身是一个大磁体, 其磁场分布如图所示. 目前学术界对于地磁场的形成机制尚无共识. 一种理论认为地磁场主要源于地表电荷随地球自转产生的环形电流. 基于此理论, 下列判断正确的是 ()



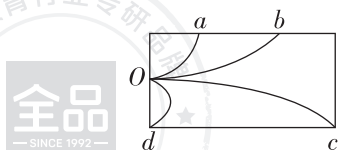
- A. 地表电荷为正电荷
- B. 由外太空垂直射向赤道的带正电的粒子将向西偏转
- C. 若地球自转角速度减小, 则地表上任一位置的磁感应强度均减小
- D. 赤道处和两极表面的磁感应强度相同

// 随堂巩固 //

1. (洛伦兹力的理解) 关于洛伦兹力, 下列说法正确的是 ()

- 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 ()

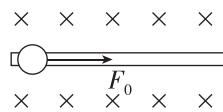


- A. 四种粒子都带正电
- B. 四种粒子都带负电

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. (带电体在洛伦兹力作用下的运动) [2026 · 绍兴高二期中] 如图所示, 在垂直纸面向里、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中, 质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的小球穿在足够长的水平固定绝缘的直杆上并处于静止状态, 已知小球与杆间的动摩擦因数为 μ , 重力加速度为 g . 现对小球施加水平向右的恒力 F_0 , 在小球从静止开始至速度最大的过程中, 下列说法中正确的是 ()

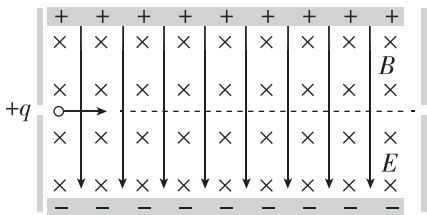


- A. 直杆对小球的弹力方向不变
- B. 直杆对小球的摩擦力一直减小
- C. 小球运动的最大加速度为 $\frac{F_0}{m}$
- D. 小球的最大速度为 $\frac{F_0 + mg}{\mu q B}$

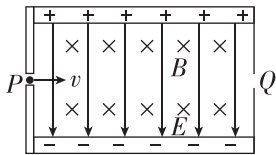
专题课：洛伦兹力与现代科技

题型一 速度选择器

[模型建构] 如图所示,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. 试证明:只有带电粒子的速度 $v = \frac{E}{B}$ 时,才能沿着图示虚线路径通过这个速度选择器.(粒子重力忽略不计)



例 1 [2025·余杭中学高二期中] 如图所示,两水平金属板构成的器件中,存在着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. 一带正电荷的粒子以某一水平速度 v 从 P 点射入,恰好能沿直线运动,最后从 Q 点射出,不计带电粒子的重力. 下列说法正确的是 ()



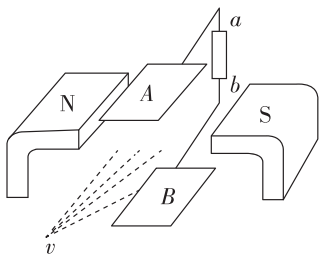
- A. 粒子的速度大小满足 $v = \frac{B}{E}$
- B. 若只增加粒子电荷量,粒子将向上偏
- C. 若只增加粒子速率,粒子将向上偏
- D. 若粒子以速度 v 从 Q 点水平向左射入,能沿直线运动

【要点总结】

速度选择器的特点: v 的大小等于 E 与 B 的比值,即 $v = \frac{E}{B}$. 可知速度选择器只对选择的粒子的速度有要求,而对粒子的质量、电荷量大小及带电正负均无要求.

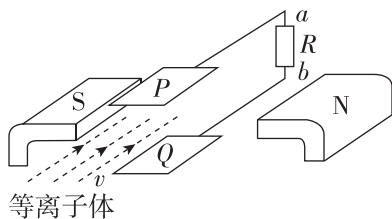
题型二 磁流体发电机

[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 和用电器相连接, 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 ,板间的磁场可视为匀强磁场,磁感应强度大小为 B ,等离子束以速度 v 沿垂直于磁感应强度的方向射入磁场,则这个发电机的电动势是多大?

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)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 中电流保持不变
D. 若只增大 P 、 Q 间距离, 则 R 中电流增大

【要点总结】

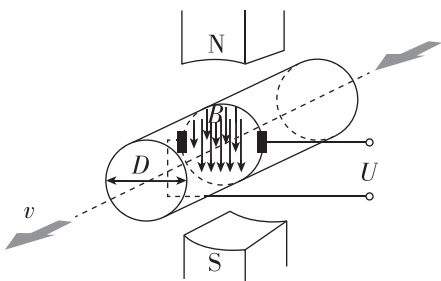
1. 磁流体发电机工作原理: 等离子体喷入磁场, 正、负离子在洛伦兹力作用下发生偏转, 聚集到两极板上, 产生电势差. 当等离子体匀速通过 A 、 B 板间时, A 、 B 板上聚集的电荷最多, 板间电势差最大, 即为电源电动势, 此时离子受平衡力.

2. 设 A 、 B 平行金属板的面积为 S , 相距为 d , 喷入气体的速度为 v , 板间磁感应强度为 B , 板外电阻为 R , 等离子体的电阻率为 ρ . 根据 $E_{\text{场}} q = qvB$, 可得 $E_{\text{场}} = Bv$, 则电动势 $E = E_{\text{场}} d = Bdv$, 而电源内阻 $r = \rho \frac{d}{S}$, 所以回路中电

$$\text{流 } I = \frac{E}{R+r} = \frac{BdvS}{RS+\rho d}.$$

题型三 电磁流量计

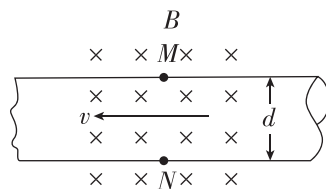
[模型建构] 电磁流量计是测量导电液体流量的一种测量仪器. 如图所示, 当导电液体沿测量管运动时, 液体中的正、负离子在洛伦兹力作用下偏转, 左、右管壁电极间出现电势差. 当正、负离子所受静电力与洛伦兹力平衡时, 电势差就会保持稳定. 因此, 通过测量左、右管壁间的电势差, 就可以间接测量管中导电液体的流量(流量是单位时间内流经管道某横截面液体的体积).



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 [2026 · 嘉善一中高二期中] 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 等于单位时间通过横截面的液体的体积. 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

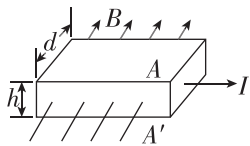
【要点总结】

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.

题型四 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.

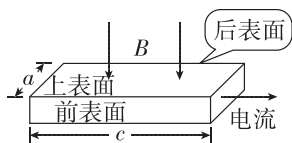


(1)金属导体中的电流 I 向右时,上表面 A 和下表面 A' 谁的电势高?

(2)设电子电荷量为 e ,金属导体单位体积中的自由电子数为 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 [2026·台州高二期中] 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 ()



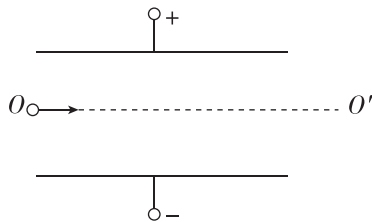
- A. 元件前表面的电势比后表面的电势低
- B. 元件前、后表面间的电压 U 与 v 无关
- C. 元件前、后表面间的电压 U 与 c 成正比
- D. 元件中自由电子受到的洛伦兹力大小为 $\frac{eU}{a}$

【技法点拨】

分析两侧面产生电势的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.

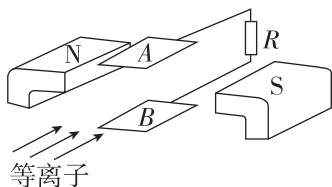
// 随堂巩固 //

1. (速度选择器) (多选) [2026·衢州二中高二期中] 如图所示是一个速度选择器,它由两块平行金属板构成,两板间距为 d ,工作时在两板上加一定电压 U ,使两板间形成匀强电场,同时还需要在两板间垂直于电场方向上加一匀强磁场,磁感应强度大小为 B .当质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的粒子从 O 点以速度 v_0 进入速度选择器时,恰好可以沿中线 OO' 做匀速直线运动,粒子重力可忽略不计.下列判断正确的是 ()



- A. 匀强磁场的方向垂直于纸面向里
- B. $v_0 = \frac{U}{Bd}$
- C. 当粒子质量不变,带电荷量加倍时,粒子会向上偏转
- D. 当粒子质量不变,带电荷量变为 $-q$ 时,粒子会向下偏转

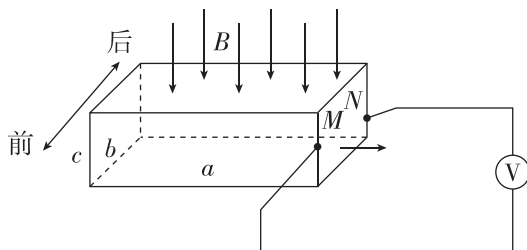
2. (磁流体发电机)[2026·湖州高二期中] 一种发电装置如图所示,一对水平放置的平行金属板 A、B 之间有很强的磁场,将一束等离子体(含有大量带正、负电荷的粒子)以速度 v 沿垂直于磁场的方向射入磁场,把 A、B 和电阻 R 连接,A、B 就是一个直流电源的两个电极.下列判断正确的是 ()



- A. 带负电的离子在两板间受到的洛伦兹力方向向下
- B. A 板是电源的正极、B 板是电源的负极
- C. 只减小等离子体的射入速度 v , 电源的电动势减小
- D. 只增大 A、B 两板间的距离, 电源的电动势减小

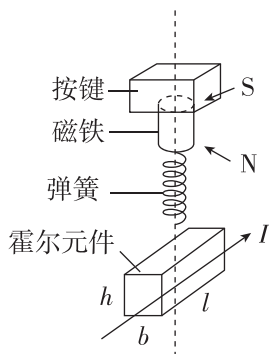
3. (电磁流量计)(多选)[2026·舟山中学高二月考] 为监测某化工厂的污水排放量,技术人员在该厂的排污管末端安装了如图所示的流量计.该装置由绝缘材料制成,长、宽、高分别为 a 、 b 、 c ,左、右两端开口.在垂直于上、下表面方向加磁感应强度大小为 B 的匀强磁场,在前、后两个内侧面分别固定有金属板作为电极.污水充满管口从左向右流经该装置时,接在 M、N 两端的电压表将显示两极间的电压 U .用 Q 表示污水流量(单位时间内排出的污水体积),下列说法中正确的是 ()

- A. N 端的电势比 M 端的电势高
- B. 若污水中正、负离子数相同,则流量计前、后表面间的电势差为零
- C. 电压表的示数 U 跟 a 和 b 都成正比,跟 c 无关
- D. 电压表的示数 U 跟污水的流量 Q 成正比



4. (霍尔元件)[2025·温州中学高二期末] 磁轴键盘是一种新型的机械键盘结构,磁轴包括轴心、磁铁、霍尔元件和弹簧,其结构简图如图所示.轴心可保证按键和弹簧只在竖直方向运动,永磁铁(N 极在下、S 极在上)固定在按键上,长、宽、高分别为 l 、 b 、 h 的霍尔元件通有由前向后的恒定电流(载流子为电子),电流大小为 I .当按键被按下时,开始输入信号.当松开按键时,输入信号停止.下列说法正确的是 ()

- A. 按下按键后,霍尔元件的左表面的电势比右表面的电势高
- B. 按下按键的速度越快,霍尔电压越大
- C. 要使该磁轴键盘更加灵敏,可以减小 h
- D. 要使该磁轴键盘更加灵敏,可以增加 b



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

[教材链接] 阅读教材,回答下列问题:

1. 若 $v \parallel B$,带电粒子(不计重力)所受洛伦兹力为 $F =$ _____, 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) 洛伦兹力的方向与粒子的运动方向 _____, 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.

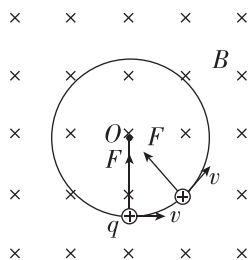
例 1 一质子在匀强磁场中运动,只考虑磁场力,不考虑其他力的作用,下列说法正确的是 ()

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

学习任务二 带电粒子在磁场中做圆周运动的半径和周期

[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.

【辨别明理】

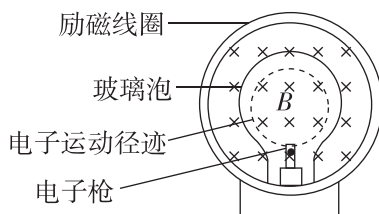
1. 运动电荷进入磁场后(无其他场)可能做类平抛运动. ()
2. 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动时,轨道半径跟粒子的速率成正比. ()
3. 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期与轨道半径成正比. ()
4. 带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的周期随速度的增大而减小. ()

例 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,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

【反思感悟】

例 3 [2025 · 杭州高二期末] 如图所示为洛伦兹力演示仪的示意图.电子枪发出的电子经电场加速后形成电子束,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,励磁线圈能够产生垂直纸面向里的匀强磁场.下列说法正确的是 ()



- A. 仅增大励磁线圈中的电流,运动径迹的半径变小
B. 仅增大励磁线圈中的电流,电子运动的周期将变大
C. 仅升高电子枪加速电场的电压,运动径迹的半径变小
D. 仅升高电子枪加速电场的电压,电子运动的周期将变大

【反思感悟】

学习任务三 带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路

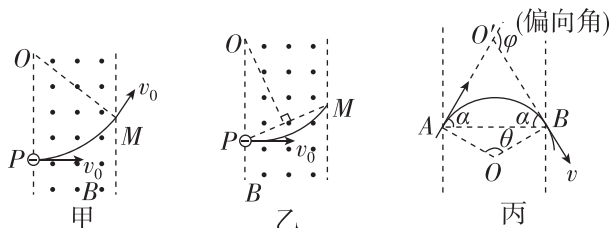
[科学思维]

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 φ = 圆弧所对的圆心角(回旋角) θ = 弦切角 α 的 2 倍.(如图丙所示)

4. 粒子在匀强磁场中运动时间的确定

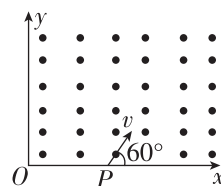
(1) 周期一定时,由圆心角求: $t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T$;

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

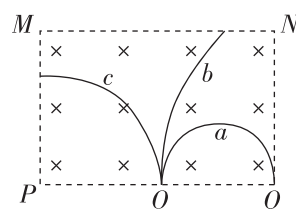
例 4 如图所示,一质量为 m 、带电荷量为 $-q$ 、不计重力的粒子从 x 轴上的 $P(a, 0)$ 点以大小为 v 的速度沿与 x 轴正方向成 60° 角的方向射入第一象限内的匀强磁场中,并恰好垂直于 y 轴射出第一象限.

- (1) 找圆心,画出带电粒子运动的轨迹.
- (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.



例 5 [2026 · 台州高二期中] 如图所示,在 $MNQP$ 中有一垂直于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,不计粒子的重力.下列说法中正确的是 ()



- A. 粒子 c 带负电,粒子 a 、 b 带正电
- B. 射入磁场时,粒子 b 的速率最小
- C. 粒子 a 在磁场中运动的时间最长
- D. 若匀强磁场的磁感应强度增大,其他条件不变,则粒子 a 在磁场中运动的时间不变

【要点总结】

带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的解题方法

