

全品



教辅图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年创始人专注教育行业

全品学练考

AI智慧升级版

主编 肖德好

导学案

高中物理

选择性必修第二册 LK

本书为智慧教辅升级版

“讲课智能体”支持学生聊着学，扫码后哪里不会选哪里；随时随地想聊就聊，想问就问。



天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS

目录

导学案

01 第1章 安培力与洛伦兹力

PART ONE

第1节 安培力及其应用	107
习题课：安培力的应用	110
第2节 洛伦兹力	113
第1课时 洛伦兹力的理解	113
第2课时 带电粒子在匀强磁场中的运动	115
专题课：带电粒子在有界磁场中的运动	118
专题课：带电粒子在有界磁场中的临界问题与多解问题	120
第3节 洛伦兹力的应用	124
专题课：洛伦兹力与现代科技	127
专题课：带电粒子在组合场中的运动	131
专题课：带电粒子（带电体）在叠加场中的运动	134

02 第2章 电磁感应及其应用

PART TWO

第1节 科学探究：感应电流的方向	136
习题课：楞次定律的应用	139
第2节 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	148
专题课：电磁感应中的动力学和能量问题	151
专题课：电磁感应与动量的综合应用	154
第3节 自感现象与涡流	156

03 第3章 交变电流与远距离输电

PART THREE

第1节	交变电流的特点	160
第2节	交变电流的产生	162
第3节	科学探究：变压器	167
第1课时	探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	167
第2课时	理想变压器的规律及其动态分析	169
第4节	电能的远距离输送	172

04 第4章 电磁波

PART FOUR

第1节	电磁波的产生	175
第2节	电磁波的发射、传播和接收	178
第3节	电磁波谱	178

05 第5章 传感器及其应用

PART FIVE

第1节	常见传感器的工作原理	181
第2节	科学制作：简单的自动控制装置	185
第3节	大显身手的传感器	185

◆ 参考答案	189
--------	-----

第1章 安培力与洛伦兹力

第1节 安培力及其应用

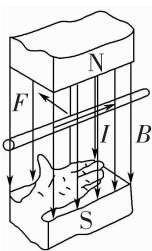
学习任务一 安培力的方向

【教材链接】阅读教材,完成下列填空:

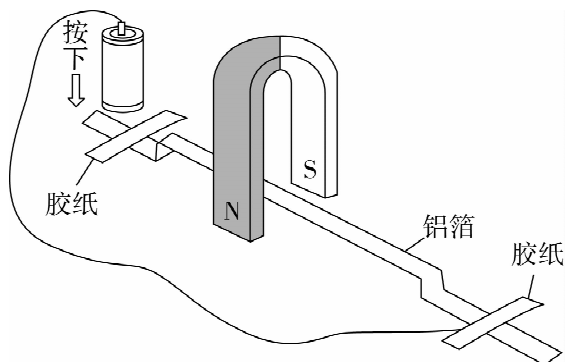
(1)安培力:物理学中,将_____对通电导线的作用力称为安培力.

(2)安培力的方向:用_____判断.

判断方法:伸开左手,拇指与其余四指_____,且都与手掌在同一个平面内,让磁感线垂直穿过_____,并使四指指向_____,此时_____所指的方向即为安培力的方向.



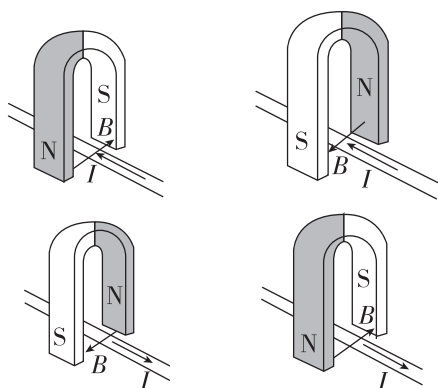
【科学探究】按照如图所示进行铝箔“天桥”实验.



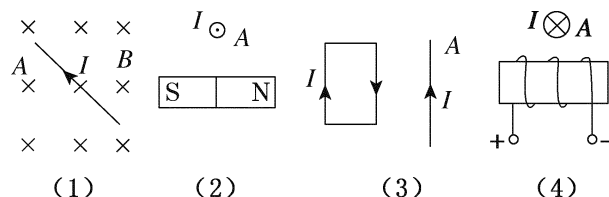
(1)左右交换磁铁磁极的位置_____ (选填“会”或“不会”)改变磁场方向,“天桥”受力的方向_____ (选填“会”或“不会”)改变.

(2)改变铝箔中电流的方向,“天桥”受力的方向_____ (选填“会”或“不会”)改变.

(3)仔细分析实验结果,结合课本,画出安培力的方向.



例1 画出图中通电直导线A受到的安培力的方向.



【反思感悟】

【要点总结】

安培力 F 、磁感应强度 B 、电流 I 三者方向的关系:

- (1) F 的方向与 B 的方向一定垂直;
- (2) F 的方向与 I 的方向一定垂直;
- (3) B 的方向与 I 的方向可以不垂直.

学习任务二 安培力的大小

【教材链接】阅读教材,完成下列填空:

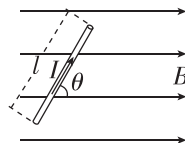
(1)安培力的大小:通电直线电流方向与磁场方向平行时,导线所受安培力为_____;在匀强磁场中,电流方向与磁场方向垂直时,通电导线受到的安培力 $F = IlB$.

(2)安培力的单位:_____,符号为_____.

(3)安培力的矢量性:安培力是矢量,当通电导线同时受到几个安培力时,合安培力为这几个安培力的矢量和.

【科学推理】长为 l 的一段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,当电流方

向与磁场方向夹角为 θ 时,通电导线受到的安培力是多少?此时用左手定则判断安培力的方向应注意什么问题?

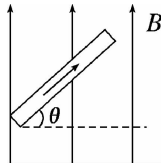


例 2 历史上,电流的单位“A”是利用电流间的相互作用力来定义的,定义方式为:真空中相距 1 m 的两根无限长的平行细直导线内通过相同大小的恒定电流,当两导线每米长度之间产生的力等于 2×10^{-7} N 时,则规定导线中通过的电流为 1 A. 考虑两根平行的高压输电线,假设其距离为 1 m,输电电流为 1000 A,已知电流产生的磁场正比于电流大小,空气对导线间作用力的影响可以忽略,则两根输电线每米长度之间的相互作用力大小约为 ()

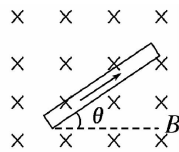
- A. 2×10^{-7} N B. 2×10^{-4} N
C. 4×10^{-4} N D. 2×10^{-1} N

[反思感悟]

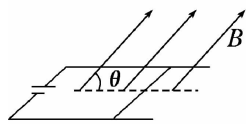
例 3 [2025 · 河南洛阳一中高二月考] 长度为 l 、电流为 I 的通电直导线放入一匀强磁场中,电流方向与磁场方向如图所示,已知磁感应强度为 B ,对于各图中导线所受安培力的大小计算正确的是 ()



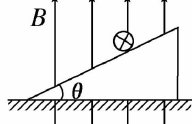
A. $F = IlB \cos \theta$



B. $F = IlB \cos \theta$



C. $F = IlB \sin \theta$

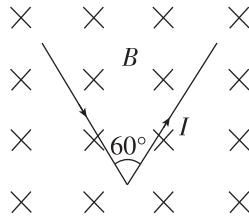


D. $F = IlB \sin \theta$

[反思感悟]

例 4 [2024 · 广东广州白云中学高二期末] 如图所示,将长为 $2l$ 的直导线折成边长相等、夹角为 60° 的 V 形导线,并置于与其所在平面垂直的匀强磁场中,磁感应强度为 B . 当在该导线中通以大小为 I 的电流时,该 V 形通电导线受到的安培力大小为 ()

- A. 0
B. $\frac{1}{2} IlB$
C. IlB
D. $2IlB$



[反思感悟]

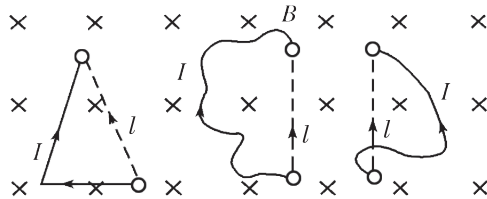
【要点总结】

1. 安培力通式为 $F = IlB \sin \theta$, 其中 θ 为电流方向与磁场方向的夹角.

(1) 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 磁场方向和电流方向垂直, 公式变成 $F = IlB$.

(2) 当 $\theta = 0^\circ$ 时, 磁场方向和电流方向平行, 公式变成 $F = 0$.

2. 安培力公式中 l 指的是“有效长度”. 根据安培力矢量叠加进行推导可知, 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 安培力的应用

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

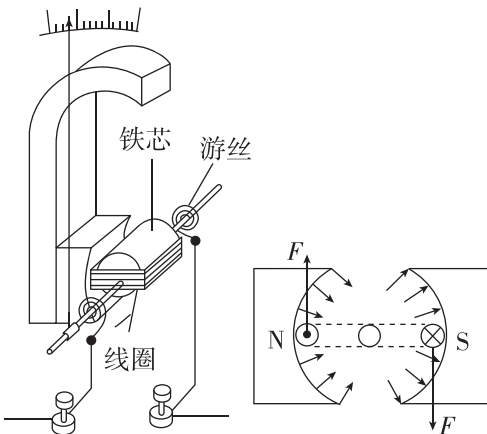
(1) 安培力的应用实例: 电风扇、吹风机、洗衣机、电钻、电动车等电器中的 _____ 和电流计当中的 _____.

(2) 磁电式电表

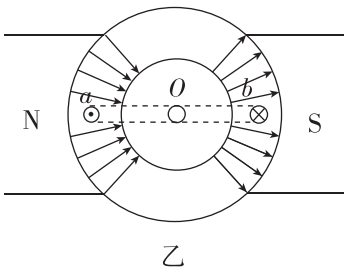
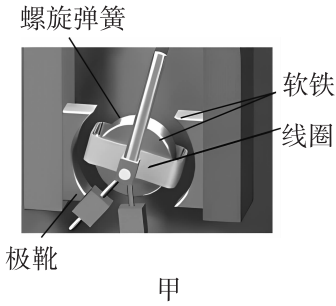
① 构造: 如图所示, 圆柱形铁芯固定于 _____ 间, 铁芯外面套有缠绕着线圈并可转动的铝框, 铝框的转轴上装有指针和游丝(又称螺旋弹簧).

② 原理: 当电流流入线圈时, 线圈受 _____ 作用而转动, 使游丝扭转形变, 从而对线圈的转动产生阻碍. 当 _____ 产生的转动与游丝形变产生的阻

碍达到平衡时, 指针便停留在某一刻度. 电流越大, _____ 就越大, _____ 就越大.



例 5 (多选) 如图甲所示为磁电式电流表的结构, 图乙为极靴和铁质圆柱间的磁场分布情况, 线圈的 a 、 b 两边通以图示方向电流, a 、 b 两边所在处的磁感应强度大小相等. 下列说法正确的是 ()

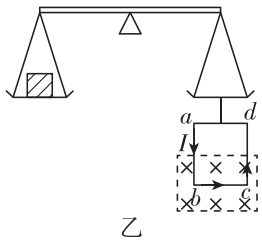
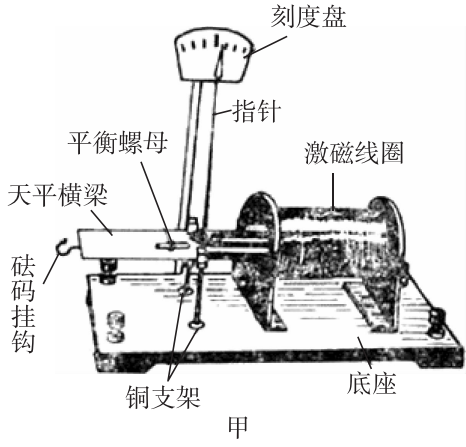


- A. 该磁场为匀强磁场
 - B. 线圈将顺时针转动
 - C. 线圈平面总与磁场方向垂直
 - D. 图示位置线圈的 b 边所受安培力方向竖直向下
- [反思感悟] _____

| 素养提升 |

电流天平的原理和应用

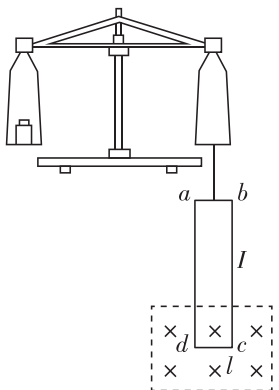
电流天平(如图甲所示)是根据等臂杠杆的原理制成的, 可以用来测量导线在磁场中受到的磁场力和磁感应强度. 如图乙是它的原理示意图, 天平左盘放砝码, 右盘下悬挂线框, 线框处于磁场中. 当线框没有通电时, 天平处于平衡状态.



线框通电后, ab 、 bc 、 cd 边均受到安培力的作用. 根据左手定则, 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 [鲁科版教材改编] 如图所示为电流天平, 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, 磁感应强度 B 的方向与线框平面垂直, 重力加速度为 g . 当线框中通过电流 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, 才能使两臂再达到新的平衡.

- (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 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, 磁感应强度是多少? (g 取 9.8 m/s^2)

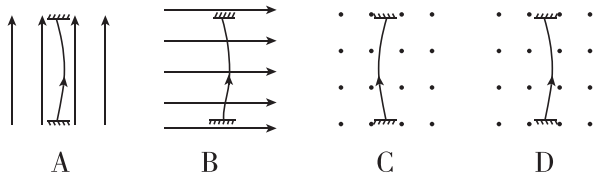


【要点总结】

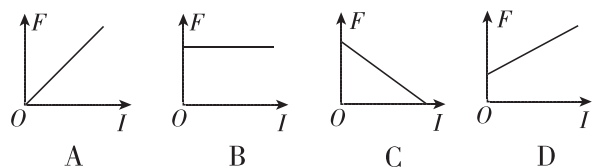
用电流天平测定磁感应强度的大小实质是利用物体的平衡条件, 分析解决问题的关键是要弄清因电流反向时安培力的变化.

// 随堂巩固 //

1. (安培力的方向)[2024·云南弥勒一中高二期中] 一根容易发生形变的弹性导线两端固定,导线中通有电流,方向竖直向上.当没有磁场时,导线呈直线状态;当分别加上方向竖直向上、水平向右和垂直于纸面向外的匀强磁场时,如图所示描述导线状态的四个图中正确的是 ()

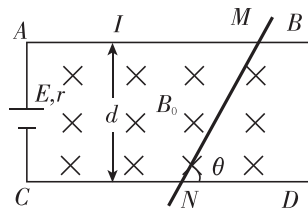


2. (安培力的大小)在匀强磁场中放置一条直导线,导线与磁场方向垂直,则描述导线受到的安培力 F 的大小与通过导线的电流 I 的关系图像正确的是图中的 ()

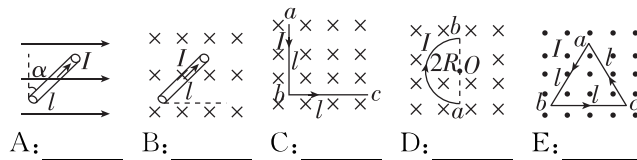


3. (安培力的大小)[2025·广西柳州高级中学高二月考] 如图所示,导体棒 MN 中电流为 I 且垂直于磁场放置,磁感应强度大小为 B_0 , AB 与 CD 平行,相距为 d ,则棒 MN 所受安培力大小为 ()

- A. IdB_0
B. $IdB_0 \sin \theta$
C. $\frac{IdB_0}{\sin \theta}$
D. $IdB_0 \cos \theta$



4. (安培力的大小)如图所示,在匀强磁场中放有下列各种形状的通电导线,电流均为 I ,磁感应强度均为 B ,求各导线所受到的安培力的大小.



习题课：安培力的应用

学习任务一 安培力作用下导体运动方向的判断

[科学思维]

判断安培力作用下导体运动方向的步骤:

画出磁感线方向

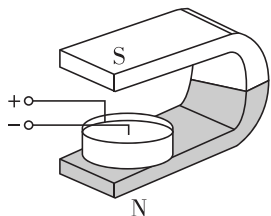


确定导体各部分受到的安培力方向



判断导体的运动方向

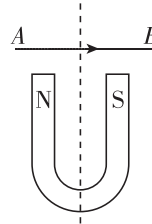
[科学探究] 在玻璃器皿的中心放一个圆柱形的电极,沿边缘内壁放一个圆环形电极,把它们分别与电池的两极相连,然后再在玻璃器皿中放入导电液体,例如盐水,若把玻璃器皿放在磁场中,如图所示,那么从上往下看液体沿 _____ (选填“顺时针”或“逆时针”)方向转动.



例1 [2024·河北石家庄辛集中学高二月考] 如图所示,把一重力不计的通电直导线 AB 水平放在蹄形磁

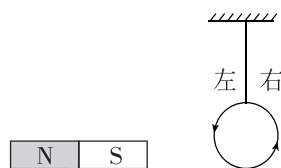
铁磁极的正上方,导线可以在空间自由运动.当导线通以图示方向电流 I 时,导线的运动情况是(从上往下看) ()

- 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·江苏无锡天一中学高二期末] 如图所示,在固定放置的条形磁铁 S 极附近悬挂一个金属线圈,线圈与水平磁铁位于同一竖直平面内.当在线圈中通入沿图示方向的电流时,将会看到 ()



- A. 线圈向左平移
B. 线圈向右平移
C. 从上往下看,线圈顺时针转动,同时靠近磁铁
D. 从上往下看,线圈逆时针转动,同时靠近磁铁

【要点总结】

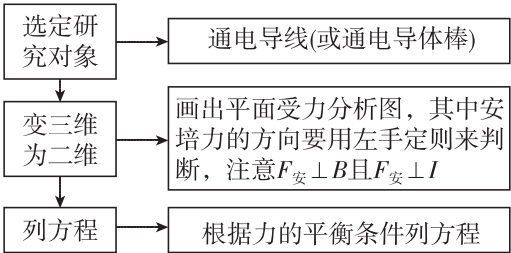
安培力作用下导体运动方向判断的方法

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	环形电流→小磁针→条形磁铁 通电螺线管→多个环形电流

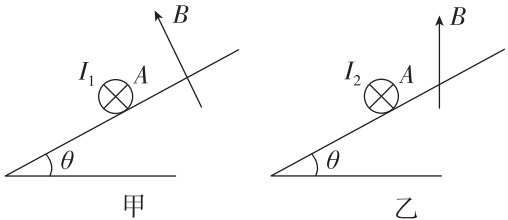
结论法	同向电流互相吸引,异向电流互相排斥;两个不平行的直线电流相互作用时,有转到平行且电流方向相同的趋势
转换研究对象法	分析磁体与电流磁场作用下如何运动或运动趋势,可根据牛顿第三定律,通过分析一个物体的受力情况,确定另一个物体所受磁场的作用力

学习任务二 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)[2024·黑龙江大庆铁人中学高二期末] 在倾角 $\theta=37^\circ$ 的光滑斜面上放一导体棒 A,如图甲、乙所示是两种情况的剖面图,所在空间均有磁感应强度大小相等的匀强磁场,但方向不同,一次垂直于斜面向上,另一次竖直向上,两次导体棒中通有方向相同的电流 I_1 和 I_2 ,都处于静止状态.已知 $\sin 37^\circ=0.6, \cos 37^\circ=0.8$,则 ()

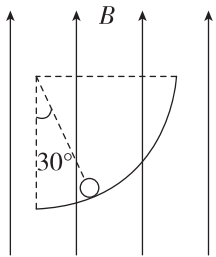


- A. $I_1 : I_2 = 3 : 5$
B. $I_1 : I_2 = 4 : 5$
C. 导体棒 A 所受安培力大小之比 $F_1 : F_2 = 4 : 5$
D. 斜面对导体棒 A 的弹力大小之比 $N_1 : N_2 = 3 : 4$

【反思感悟】

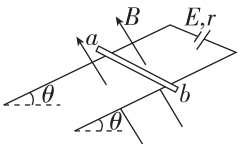
例 4 质量为 m 、长为 L 的直导体棒放置于四分之一光滑圆弧轨道上,整个装置处于竖直向上的磁感应强度为 B 的匀强磁场中,直导体棒中通有恒定电流,平衡时导体棒与圆弧圆心的连线与竖直方向成 30° 角,其截面图如图所示,重力加速度为 g ,则导体棒中电流方向、大小分别为 ()

- 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, $\frac{\sqrt{3}mg}{2BL}$



例 5 [2024·陕西西乡一中高二月考] 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 $r=0.5\ \Omega$ 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 $R_0=2.5\ \Omega$,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:

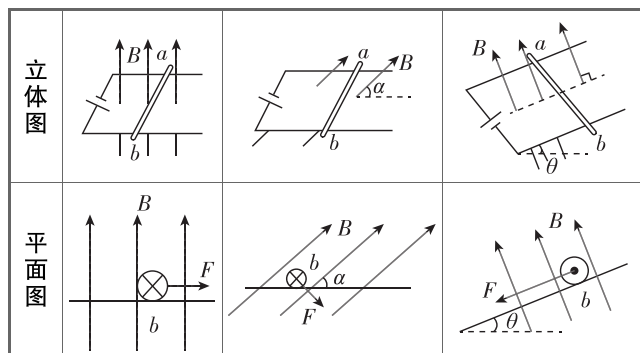
- (1)通过导体棒的电流;
(2)导体棒受到的安培力;
(3)导体棒受到的摩擦力.



【要点总结】

安培力作用下导体棒平衡问题的求解关键：

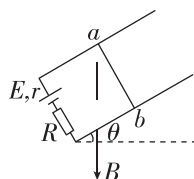
- (1) 电磁问题力学化，即把电磁问题通过受力分析，归结为力学问题。
- (2) 立体图形平面化，即找到与电流方向垂直的平面，把立体图形转化为平面图。



学习任务三 安培力作用下导体的加速问题

【科学思维】 求解安培力作用下导体的加速运动问题的思路与求解安培力作用下导体的平衡问题的思路基本相同，区别只是前者列牛顿第二定律方程取代平衡条件方程。

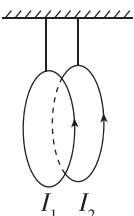
例 6 [2024·四川绵阳南山中学高二月考] 如图所示，光滑的平行导轨倾角为 θ 、间距为 l ，处在磁感应强度为 B 、方向竖直向下的匀强磁场中，导轨一端接入电动势为 E 、内阻为 r 的电源和阻值为 R 的定值电阻，其余电阻不计。将质量为 m 、电阻不计的导体棒置于导轨上并由静止释放，导体棒沿导轨向下运动，导体棒与导轨垂直且接触良好，求导体棒在释放瞬间的加速度大小。（重力加速度为 g ）



随堂巩固

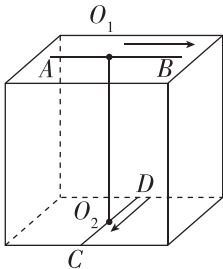
1. (安培力作用下导体运动方向的判断) 用两根绝缘细线把两个完全相同的圆形导线环悬挂起来，将二者等高平行放置，如图所示，当两导线环中通入方向相同的电流 I_1 、 I_2 时，两导线环 ()

- 相互吸引
- 相互排斥
- 无相互作用力
- 先吸引后排斥



2. (安培力作用下导体运动方向的判断) 一光滑绝缘的正方体固定在水平面内， AB 导体棒可绕过其中点的转轴在正方体的上表面内自由转动， CD 导体棒固定在正方体的下底面。开始时两棒相互垂直并静止，两棒中点 O_1O_2 连线在正方体的中轴线上。现对两棒同时通有图示 (A 到 B 、 D 到 C) 方向的电流。下列说法中正确的是 ()

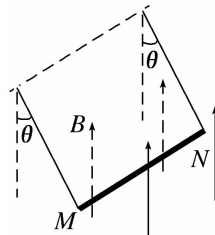
- 通电后 AB 棒仍将保持静止
- 通电后 AB 棒将要顺时针转动 (俯视)
- 通电后 AB 棒将要逆时针转动 (俯视)
- 通电瞬间线段 O_1O_2 上存在磁感应强度为零的位置



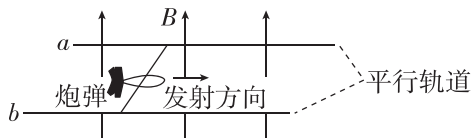
3. (安培力作用下导体的平衡问题) [2024·福州十四中高二月考] 如图所示，金属棒 MN 两端由等长的轻质绝缘细线水平悬挂，处于竖直向上的匀强磁场

中，棒中通以由 M 向 N 方向的电流，平衡时两悬线与竖直方向的夹角均为 θ 。如果仅改变下列某一个条件，则 θ 角的相应变化情况正确的是 ()

- 棒中的电流变大时， θ 角变大
- 两悬线等长变短时， θ 角变小
- 金属棒质量变大时， θ 角变大
- 磁感应强度变大时， θ 角变小



4. (安培力作用下导体的加速问题) (多选) 如图所示为某科技爱好者设计的电磁炮模型示意图，水平发射轨道宽为 1 m ，轨道间有磁感应强度为 $1 \times 10^3\text{ T}$ 、方向竖直向上的匀强磁场，炮弹 (含相关附件) 总质量为 0.5 kg ，当电路中通 20 A 的恒定电流时，炮弹从轨道左端开始加速，然后从轨道右端发射出去。忽略一切阻力，下列说法正确的是 ()



- 电流从 a 端流入， b 端流出
- 电流从 b 端流入， a 端流出
- 刚通电流时，炮弹的加速度大小为 $1 \times 10^4\text{ m/s}^2$
- 刚通电流时，炮弹的加速度大小为 $4 \times 10^4\text{ m/s}^2$

第2节 洛伦兹力

第1课时 洛伦兹力的理解

学习任务一 洛伦兹力的方向

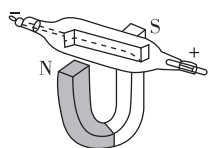
[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)洛伦兹力:在物理学中,把磁场对_____的作用力称为洛伦兹力.

(2)洛伦兹力的方向:用_____判断.

判断方法:伸出左手,拇指与其余四指垂直,且都与手掌处于同一平面内,让磁感线穿过手心,四指指向正电荷运动的方向,那么拇指所指的方向就是正电荷所受洛伦兹力的方向.

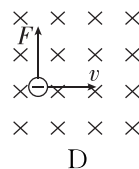
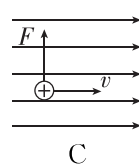
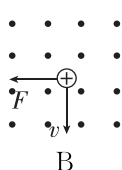
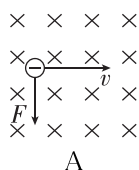
[科学探究] 如图所示,电子由阴极向阳极运动(向右运动)过程中向下偏转.



(1)_____力使电子向下偏转,该力的方向_____.

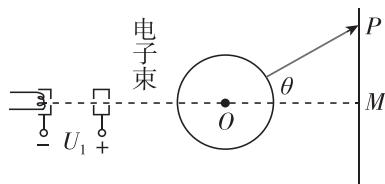
(2)电子运动轨迹附近的磁场方向_____.
电子所受洛伦兹力与磁场方向、电子运动方向之间的关系是_____.

例1 (多选)一带电粒子(重力不计,图中已标明粒子所带电荷的正负)进入磁场中,下列关于磁场方向、速度方向及带电粒子所受的洛伦兹力方向的标示正确的是 ()



[反思感悟] _____

例2 如图所示,电子枪发射电子经加速后沿虚线方向进入匀强磁场区域(图中圆内),沿图中实线方向射出磁场,最后打在屏上P点,则磁场的方向为 ()



- A. 垂直于纸面向外
- B. 垂直于纸面向内
- C. 平行于纸面向上
- D. 平行于纸面向右

[反思感悟] _____

【要点总结】

1. 洛伦兹力 f 、磁感应强度 B 、电荷运动速度 v 三者方向的关系:

- (1) f 的方向一定与 B 的方向垂直;
- (2) f 的方向一定与 v 的方向垂直;
- (3) B 的方向与 v 的方向可以不垂直.

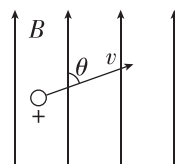
2. 用左手定则判断负电荷在磁场中运动所受的洛伦兹力方向时,应将四指指向负电荷运动的反方向.

学习任务二 洛伦兹力的大小

[科学推理] 电荷的速度方向与磁场方向平行时,所受到的洛伦兹力为0;电荷的速度方向与磁场方向垂直时,电荷量为 q 、速度为 v 的运动电荷在磁感应强度为 B 的磁场中受到的洛伦兹力为 $f = qvB$. 根据以上两种特殊情况,对电荷量为 q 的运动电荷的速度 v 的方向与磁感应强度 B 的方向的夹角为 θ 时所受到的洛伦兹力通式推导如下:

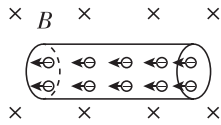
如图所示,可以把速度分解为两个分量:与磁感应强度方向平行的分量 $v_1 =$ _____,与磁感应强度

方向垂直的分量 $v_2 =$ _____. 由于电荷的速度方向与磁场方向_____时受到的洛伦兹力为零,因此电荷受到的洛伦兹力 f 等于电荷以_____磁场方向的速度 v_2 运动时受到的力,即 $f = qv_2B$,由此可得 $f =$ _____.



[科学论证] 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 的匀强磁场中,若导线中的电流为 I ,则该导线所受的安培力 F 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 ,定向运动速度都是 v ,根据电流的定义式推导电流的表达式.

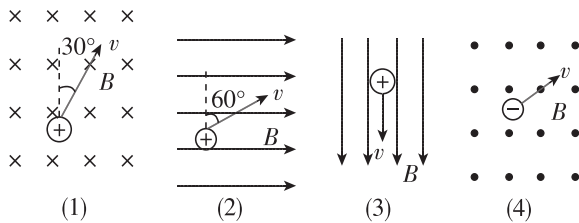
(3)根据 $F = Nf$ (N 为导线中所含的自由电子数)推导每个电荷受到的洛伦兹力 f 的大小,并说明推导结果的适用条件.

例 3 一电子以速率 $v = 3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ 沿着与磁场方向垂直的方向射入磁感应强度大小为 $B = 0.10 \text{ T}$ 的匀强磁场中.已知电子质量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$,电荷量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 .

(1)电子受到的洛伦兹力为多大?

(2)分析说明在解决电子在磁场中运动时忽略电子所受重力的原因.

例 4 如图所示,各图中的匀强磁场的磁感应强度均为 B ,带电粒子的速率均为 v ,带电荷量均为 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.



【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: $F = qvB \sin \theta$, θ 为电荷运动的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 洛伦兹力的特点

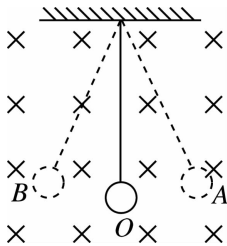
[科学论证] 洛伦兹力对运动电荷运动的速度有什么影响?洛伦兹力对运动电荷是否做功?

例 5 (多选) [2024 · 山东临沂十九中高二月考] 如图所示,用绝缘细线吊一个质量为 m 的带电小球,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

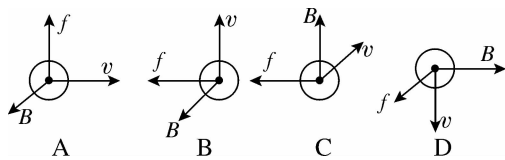


【要点总结】

洛伦兹力的方向始终与运动电荷的速度方向垂直,只改变速度的方向,不改变速度的大小,洛伦兹力不做功.

// 随堂巩固 //

1. (洛伦兹力的方向) 下列各图是表示磁场磁感应强度 B 、负电荷运动速度 v 和磁场对电荷的洛伦兹力 f 相互关系的立体示意图, 其中不正确的是 (B 、 v 、 f 两两垂直) ()



2. (洛伦兹力的方向) 宇宙的射线中含有大量带正、负电荷的粒子, 若在赤道的上空, 一束宇宙射线垂直射向地球表面, 则这些粒子在进入地球周围的空间时, 下列说法正确的是 ()

- A. 带正电的粒子将向南偏
- B. 带负电的粒子将向北偏
- C. 带正电的粒子将向东偏
- D. 带负电的粒子将向东偏

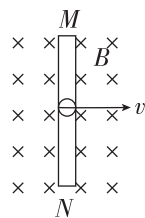
3. (洛伦兹力的大小) 如图所示, 金属棒 MN 中的自由电荷为电子, 电子随着金属棒以速度 v 向右匀速运动, 同时在沿棒方向的洛伦兹力作用下, 电子某时刻沿着金属棒的速度为 u , 匀强磁场的磁感应强度为 B , 则此时 ()

A. 电子受到的洛伦兹力为 evB

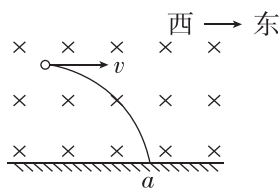
B. 电子受到的洛伦兹力为 euB

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



4. (洛伦兹力的特点) [2024·陕西蓝田城关中学高二期中] 如图所示, 在赤道处, 将一小球向东水平抛出, 落地点为 a , 给小球带上电荷后, 仍以原来的速度抛出, 考虑地磁场的影响, 下列说法正确的是 ()



- A. 无论小球带何种电荷, 小球落地时的速度大小都不变
- B. 无论小球带何种电荷, 小球在运动过程中机械能都不守恒
- C. 若小球带负电荷, 则小球会落在 a 点的右侧
- D. 若小球带正电荷, 则小球仍会落在 a 点

第2课时 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

[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?

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

[反思感悟] _____

【要点总结】

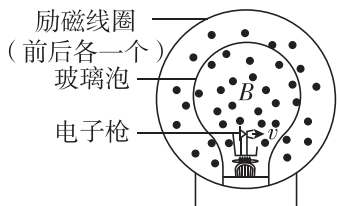
1. 若 $v \parallel B$, 则带电粒子以速度 v 做匀速直线运动。(此情况下洛伦兹力 $F=0$)

2. 若 $v \perp B$, 则带电粒子在垂直于磁感线的平面内以入射速度 v 做匀速圆周运动。

例1 一质子在匀强磁场中运动, 不考虑其他场力(重力)作用, 下列说法中正确的是 ()

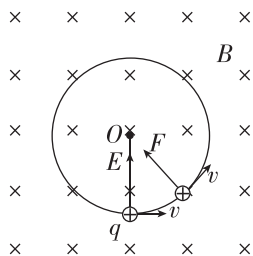
学习任务二 带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的半径和周期

[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,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 ,推导匀速圆周运动的轨道半径公式和周期如下:



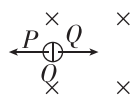
- (1) 带电粒子受到的洛伦兹力 $f = qvB$,由洛伦兹力提供向心力得 $f = m \frac{v^2}{r}$,联立得匀速圆周运动的轨道半径 $r = \frac{mv}{qB}$.

- (2) 带电粒子做匀速圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi r}{v}$,与求出的轨道半径公式 $r = \frac{mv}{qB}$ 联立得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$.

例 2 如图所示,空间中分布有垂直纸面向里的匀强磁场,磁感应强度为 B ,有一质量为 M 、电荷量为 q

($q > 0$) 的粒子静止在 O 点.某时刻,该粒子炸裂成 P 、 Q 两部分, P 粒子质量为 $\frac{M}{3}$ 、电荷量为 $\frac{q}{3}$, Q 粒子质量为 $\frac{2M}{3}$ 、电荷量为 $\frac{2q}{3}$.不计粒子重力,则 P 粒子与 Q 粒子做圆周运动的 ()

- A. 轨道半径之比 $r_1 : r_2 = 2 : 1$ ×
- B. 轨道半径之比 $r_1 : r_2 = 1 : 2$ ×
- C. 周期之比 $T_1 : T_2 = 2 : 1$ ×
- D. 周期之比 $T_1 : T_2 = 1 : 2$ ×



[反思感悟]

例 3 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,轨道半径减半
- 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,轨道半径变为原来的 2 倍

【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. 根据轨道半径公式 $r = \frac{mv}{qB}$,可知同一粒子在同一匀强磁场中运动时,轨道半径 r 与速度 v 成正比.
3. 根据周期公式 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$,可知同一粒子在同一匀强磁场中运动时,运动周期 T 与速度 v 无关,与轨道半径 r 无关.

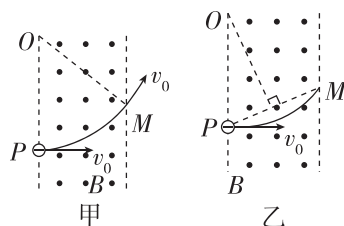
学习任务三 带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路

[科学思维]

1. 圆心的确定

(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).

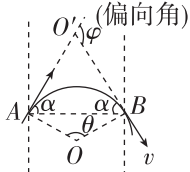


2. 半径的确定

- (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 $t = \frac{s}{v} = \frac{\theta R}{v}$.

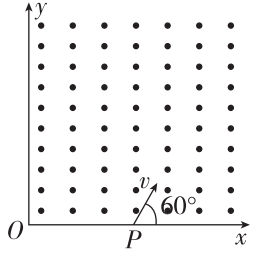
例 4 [2025 · 江苏无锡玉祁高级中学高二月考] 如图所示, 一质量为 m 、带电荷量为 $-q$ 、不计重力的粒子, 从 x 轴上的 $P(a, 0)$ 点以速度大小为 v , 沿与 x 轴正方向成 60° 角的方向射入第一象限内的匀强磁场中, 并恰好垂直于 y 轴射出第一象限.

(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;

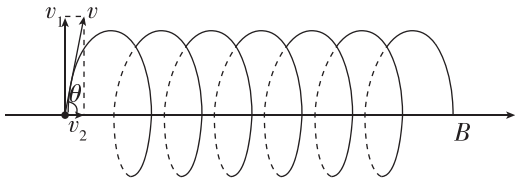
(4) 求带电粒子穿过第一象限所用的时间 t .



素养提升

带电粒子斜射入匀强磁场时的运动情况

带电粒子以某一角度 θ 斜射入匀强磁场时, 在垂直于磁场的方向上以分速度 v_1 做匀速圆周运动, 在平行于磁场的方向上以分速度 v_2 做匀速直线运动, 因此带电粒子沿着磁感线方向做螺旋形运动.

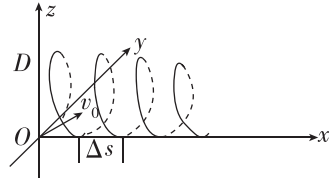


分析带电粒子做螺旋形运动示意图

示例 1 如图所示, 质子以初速度 v 进入磁感应强度为 B 且足够大的匀强磁场中, 速度方向与磁场方向的夹角为 θ . 已知质子的质量为 m , 电荷量为 e . 重力不计, 则 ()

- A. 质子运动的轨迹为螺旋线, 螺旋线的中轴线方向垂直于纸面向里
- B. 质子做螺旋线运动的半径为 $\frac{mv \cos \theta}{eB}$
- C. 质子做螺旋线运动的周期为 $\frac{2\pi m}{eB \sin \theta}$
- D. 一个周期内, 质子沿着螺旋线轴线方向运动的距离 (即螺距) 为 $\frac{2\pi m v \cos \theta}{eB}$

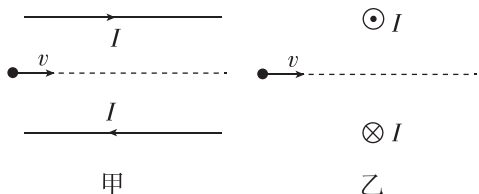
示例 2 [2024 · 安溪一中高二期中] 我国最北的城市漠河地处高纬度地区, 在晴朗的夏夜偶尔会出现美丽的彩色“极光”. 极光是宇宙中高速运动的带电粒子受地球磁场影响, 与空气分子作用的发光现象, 若宇宙粒子带正电, 因入射速度与地磁方向不垂直, 故其轨迹偶成螺旋状, 如图所示 (相邻两个旋转圆之间的距离称为螺距 Δs). 下列说法正确的是 ()



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

// 随堂巩固 //

1. (带电粒子在匀强磁场中的运动) 如图所示, 平行放置的长直导线分别通以等大反向的电流 I . 一带正电的粒子以一定速度从两导线的正中间射入, 第一次速度平行于导线方向, 第二次速度垂直于导线方向. 不计粒子重力, 下列说法正确的是 ()

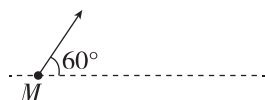


- A. 第一次粒子做匀速直线运动
B. 第二次粒子做匀速圆周运动
C. 第一次粒子将向上偏转, 且速度大小保持不变
D. 第二次粒子做直线运动, 且速度先增大后减小
2. (带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的半径和周期) 质子和 α 粒子以相同的速率在同一匀强磁场中做匀速圆周运动, 轨迹半径分别为 R_1 和 R_2 , 周期分别为 T_1 和 T_2 , 则 ()
- A. $R_1 : R_2 = 1 : 2, T_1 : T_2 = 1 : 2$
B. $R_1 : R_2 = 1 : 1, T_1 : T_2 = 1 : 1$
C. $R_1 : R_2 = 1 : 1, T_1 : T_2 = 1 : 2$
D. $R_1 : R_2 = 1 : 2, T_1 : T_2 = 1 : 1$
3. (带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的半径和周期) 某带电粒子以速度 v 垂直射入匀强磁场中, 粒子做半

径为 R 的匀速圆周运动; 若粒子的速度变为 $2v$, 则下列说法正确的是 ()

- A. 粒子运动的周期变为原来的 $\frac{1}{2}$
B. 粒子运动的半径仍为 R
C. 粒子运动的加速度变为原来的 4 倍
D. 粒子运动轨迹所包围的磁通量变为原来的 4 倍

4. (带电粒子在匀强磁场中运动的基本分析思路) [2024 · 四川自贡一中高二月考] 如图所示, 虚线上方存在垂直纸面的匀强磁场 (具体方向未知), 磁感应强度大小为 B , 一比荷为 k 的带负电粒子由虚线上的 M 点垂直磁场射入, 经过一段时间该粒子经过 N 点 (图中未画出), 速度方向与虚线平行向右, 忽略粒子的重力. 则下列说法正确的是 ()



- A. 磁场的方向垂直纸面向外
B. 粒子由 M 运动到 N 的时间为 $\frac{\pi}{6kB}$
C. 若 N 点到虚线的距离为 L , 则粒子在磁场中圆周运动半径为 $2L$
D. 若 N 点到虚线的距离为 L , 则粒子射入磁场的速度大小为 kBL

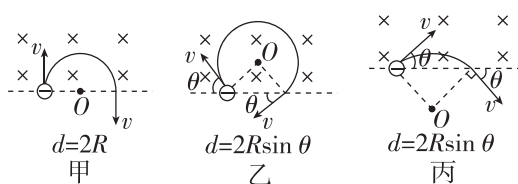
专题课：带电粒子在有界磁场中的运动

学习任务一 带电粒子在直线有界匀强磁场中的运动

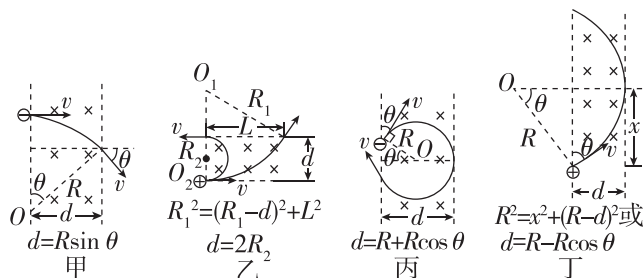
[模型建构]

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.

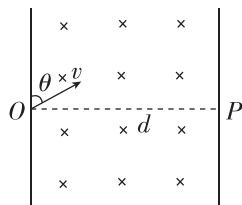


2. 平行边界 (存在临界条件, 如图所示).



- 例 1 (多选) 如图所示, 带电粒子从 O 点以速度 v 射入宽度为 d 的有界匀强磁场, 粒子的入射方向垂直于磁场方向且与磁场边界的夹角为 θ , 并垂直于磁场的右边界离开. 已知粒子仅受磁场力作用. 下列说法正确的是 ()

- A. 可以求出粒子在磁场中运动的轨迹半径
B. 可以求出粒子带的电荷量
C. 可以求出粒子在磁场中运动的时间
D. 可以求出粒子的比荷



[反思感悟]

例 2 (多选) 如图所示, 虚线 MN 右侧有垂直于纸面向外的匀强磁场, 两个带同种电荷的带电粒子从虚线上同一点 A 分别以速度 v_1 、 v_2 与 MN 成相同角度 θ 垂直磁场方向射入匀强磁场, 结果两粒子在边界上 B 点相遇. 不考虑粒子间的相互作用力, 不计两粒子的重力. 则 ()

A. 若两粒子的比荷相等, 则 $v_1 = v_2$

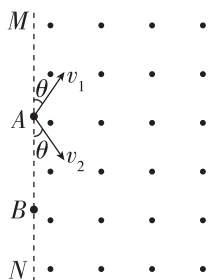
B. 若两粒子的比荷相等, 则 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\pi - \theta}{\theta}$

C. 若两粒子同时从 A 点射入, M 点

$$\text{则 } \frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = \frac{\pi - \theta}{\theta}$$

D. 若两粒子同时从 A 点射入,

$$\text{则} \frac{q_1}{m_1} : \frac{q_2}{m_2} = 1$$

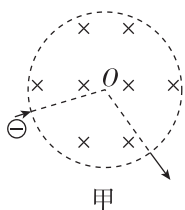


〔反思感悟〕

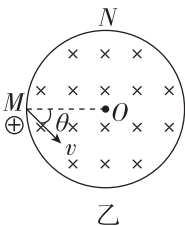
学习任务二 带电粒子在圆弧有界匀强磁场中的运动

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

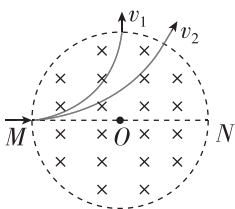
(1)如图甲所示,电子沿径向以一定速度垂直于磁场方向射入圆形匀强磁场区并穿出磁场.



(2)如图乙所示,带正电粒子射入时粒子速度方向与半径的夹角为 θ ,以一定速度垂直于磁场方向射入圆形匀强磁场区并穿出磁场.



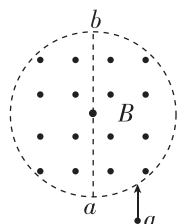
例 3 [2024·泉州七中高二月考] 如图所示, 圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场, 质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的带电粒子从圆周上的 M 点沿直径 MON 方向射入磁场. 若粒子射入磁场时的速度大小为 v_1 , 则离开磁场时速度方向偏转 90° ; 若粒子射入磁场时的速度大小为 v_2 , 则离开磁场时速度方向偏转 60° . 不计重力, 则 $\frac{v_1}{v_2}$ 为 ()



A. $\frac{1}{2}$ B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$ C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$ D. $\sqrt{3}$

〔反思感悟〕

例 4 [2025 · 安徽合肥一中高二月考] 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° , 则粒子的速率为



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

「反思感悟」

【要点总结】

1. 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.

2. 半径的确定和计算

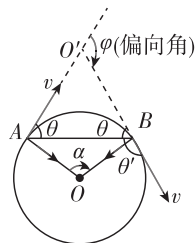
一般利用几何关系,通过解三角形的办法求半径.求解时注意:

(1) 如图所示, 粒子速度的偏向角 φ 等于圆心角 α , 并且等于 AB 弦与切线的夹角 θ 的 2 倍, 即 $\varphi = \alpha = 2\theta$.

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

3. 运动时间的确定

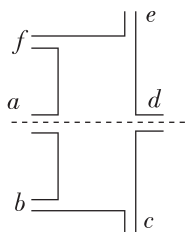
粒子在磁场中运动一周的时间为 T , 当粒子运动的轨迹所对应的圆心角为 α 时, 其运动时间可以由下式表示: $t = \frac{\alpha}{360^\circ} T$, $t = \frac{\alpha}{2\pi} T$ 或 $t = \frac{l}{v}$ (l 为弧长).



// 随堂巩固 //

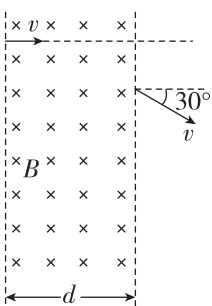
1. (直线有界匀强磁场)(多选)如图所示的区域共有六处开口,各相邻开口之间的距离都相等,匀强磁场垂直于纸面,不同速度的粒子从开口 a 进入该区域,可能从 $b、c、d、e、f$ 五个开口离开,粒子就如同进入“迷宫”一样,可以称作“粒子迷宫”.以下说法正确的是 ()

- A. 从 d 口离开的粒子不带电
B. 从 $e、f$ 口离开的粒子带有异种电荷
C. 从 $b、c$ 口离开的粒子运动时间相等
D. 从 c 口离开的粒子速度是从 b 口离开的粒子速度的 2 倍



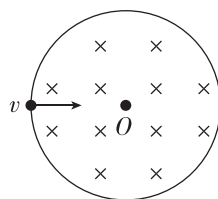
2. (直线有界匀强磁场)[2025·山东淄博七中高二月考] 如图所示,一质量为 m 、带电荷量为 q 的粒子以速度 v 垂直射入一有界匀强磁场区域内,速度方向跟磁场左边界垂直,从右边界离开磁场时速度方向偏转角 $\theta = 30^\circ$,磁场区域的宽度为 d ,则下列说法正确的是 ()

- A. 该粒子带正电
B. 磁感应强度 $B = \frac{\sqrt{3}mv}{2dq}$
C. 粒子在磁场中做圆周运动的半径 $R = \frac{2\sqrt{3}}{3}d$
D. 粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{\pi d}{3v}$



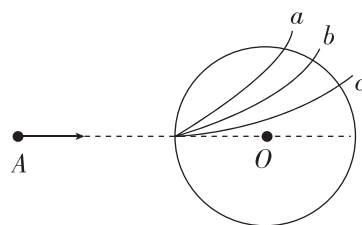
3. (圆弧有界匀强磁场)[2024·黑龙江齐齐哈尔八中高二期中考] 如图所示,半径为 R 的圆形区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场.重力不计、电荷量一定的带电粒子以速度 v 正对着圆心 O 射入磁场,若粒子射入、射出磁场点间的距离为 R ,则粒子在磁场中的运动时间为 ()

- A. $\frac{2\sqrt{3}\pi R}{9v}$ B. $\frac{2\pi R}{3v}$
C. $\frac{2\sqrt{3}\pi R}{3v}$ D. $\frac{\pi R}{3v}$



4. (圆弧有界匀强磁场) 如图所示,圆形区域内有垂直于纸面的匀强磁场,三个质量和电荷量相同的带电粒子 $a、b、c$ 以不同的速率对准圆心 O 沿着 AO 方向射入磁场,其运动轨迹如图所示.若带电粒子只受磁场力的作用,则下列说法正确的是 ()

- A. a 粒子的动能最大
B. c 粒子的速率最大
C. b 粒子在磁场中运动的时间最长
D. 它们做圆周运动的周期 $T_a < T_b < T_c$



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.

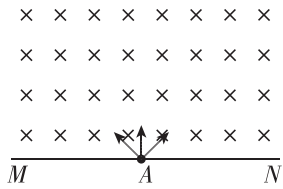
(2) 当粒子的入射速度大小确定而方向不确定时,轨迹圆大小不变,只是位置绕入射点发生了旋转,可从确定圆的动态旋转中发现临界点.

[模型建构] 质量为 m 、电荷量为 $+q$ (重力不计) 的带电粒子从 A 点垂直射入匀强磁场,磁场的磁感应强度大小为 B ,方向垂直于纸面向里, MN 是一块足够大的挡板.

(1) 如图所示,若发射粒子的速度方向不变、大小变化,试着画出几条不同速率下粒子运动的轨迹,这些运动轨迹的圆心有何联系?

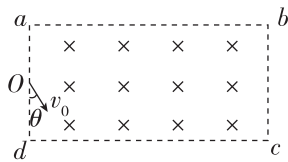


(2) 如图所示,若可从 A 点向挡板上方任意方向发射粒子,但速度大小 v 不变,试通过画图判断粒子能射到挡板上的范围. 不同入射方向的粒子运动轨迹的圆心有何特点?



例 1 如图所示,一矩形区域 $abcd$ 内存在方向垂直于纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场,在 ad 边中点 O 处垂直于磁场方向射入一速度方向跟 ad 边夹角为 $\theta=30^\circ$ 的带正电粒子,已知粒子质量为 m ,电荷量为 q , ad 边长为 L , ab 边足够长,粒子重力不计.

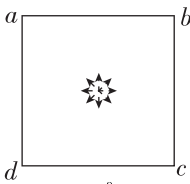
- (1) 若粒子恰好不能从磁场下边界射出,求粒子的入射速度大小 v_{01} .
- (2) 若粒子恰好沿磁场上边界射出,求粒子的入射速度大小 v_{02} .
- (3) 若带电粒子的入射速度 v_0 的大小可取任意值,求粒子在磁场中运动的最长时间.



例 2 (多选) 在半导体芯片制造过程中,通过注入离子改变材料的导电性能,它是芯片制造中一道重要的工序. 为了精准注入离子,需要在有限的特定空间内加以电磁场,对离子的运动进行调控. 如图为其中一个模型,一边长为 0.64 m 的正方形 $abcd$ 内存在

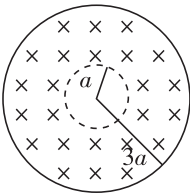
一垂直纸面的匀强磁场,在正方形的正中心有一离子发射源,可向纸面内任何方向发射初速度为 $8 \times 10^4\text{ m/s}$,比荷为 $1 \times 10^8\text{ C/kg}$ 的正离子,改变磁场的大小和方向,可使离子到达相应的位置. 关于离子在磁场中的运动说法正确的是 ()

- 为使这些正离子都不能穿出该磁场,则该磁场的磁感应强度 $B \geq 5 \times 10^{-3}\text{ T}$
- 为使这些正离子都不能穿出该磁场,则该磁场的磁感应强度 $B \geq 3 \times 10^{-3}\text{ T}$
- 若磁感应强度为 $2.5 \times 10^{-3}\text{ T}$,离子在磁场运动的最短时间为 $\frac{4\pi}{3} \times 10^{-6}\text{ s}$
- 若磁感应强度垂直纸面向里且大小为 $4 \times 10^{-3}\text{ T}$, bc 边有离子射出的宽度为 0.24 m



[反思感悟]

例 3 [2024 · 连城一中高二月考] 真空中有一匀强磁场,磁场边界为两个半径分别为 a 和 $3a$ 的同轴圆柱面,磁场的方向与圆柱轴线平行,其横截面如图所示. 一速率为 v 的电子从圆心沿半径方向进入磁场. 已知电子质量为 m ,电荷量为 e ,忽略重力. 为使该电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内,磁场的磁感应强度最小为 ()

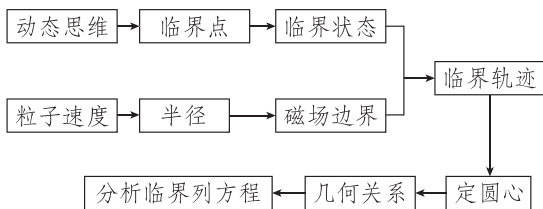


- $\frac{3mv}{2ae}$
- $\frac{mv}{ae}$
- $\frac{3mv}{4ae}$
- $\frac{3mv}{5ae}$

[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) 当运动速度 v 不变时,弧长(或弦长)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 变化时,圆心角越大,则运动时间越长.
2. 解决带电粒子的临界问题的技巧方法



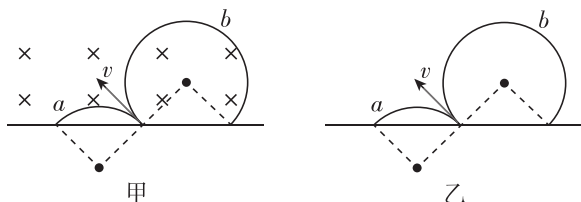
学习任务二 带电粒子在有界匀强磁场中运动的多解问题

[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.

受洛伦兹力作用的带电粒子, 由于电性不同, 当速度相同时, 正、负粒子在磁场中运动轨迹不同, 形成多解.

如图甲所示, 带电粒子以速率 v 垂直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 .



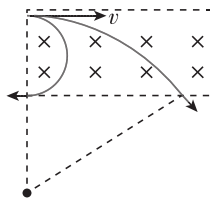
(2) 磁场方向不确定形成多解.

有些题目只知道磁感应强度的大小, 而不知道其方向, 此时必须要考虑磁感应强度方向不确定而形成的多解.

如图乙所示, 带正电粒子以速率 v 垂直进入匀强磁场, 若 B 垂直于纸面向里, 则其轨迹为 a ; 若 B 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.

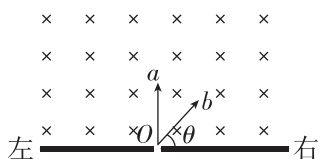
带电粒子在洛伦兹力作用下飞越有界磁场时, 由于粒子运动轨迹是圆弧状, 因此, 它可能穿过去, 也可能转过 180° 从入射界面这边反向飞出, 从而形成多解, 如图所示.



(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 4 (多选) 如图所示, 水平放置的挡板上方有垂直纸面向里的匀强磁场, 一带电粒子 a 垂直于挡板从板上的小孔 O 射入磁场, 另一带电粒子 b 垂直于磁场且与挡板成 θ 角射入磁场, a 、 b 两粒子初速度大小相等, 两粒子恰好都打在挡板上同一点 P (图中未标出). 不计重力, 下列说法正确的是 ()



A. a 、 b 的电性不相同

B. a 、 b 的比荷之比为 $\frac{1}{\sin \theta}$

C. 若 P 在 O 点左侧, 则 a 在磁场中运动时间比 b 长

D. 若 P 在 O 点右侧, 则 a 在磁场中运动路程比 b 长

[反思感悟]

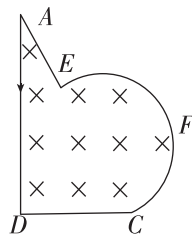
例 5 (多选) 如图所示, $AEFCD$ 区域内有一方向垂直于纸面向里、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场, $\angle A = 30^\circ$, $AE = L$, 弧 EFC 是直径为 $2L$ 的半圆, AEC 在一条直线上. 在 A 点有一个粒子源, 可以沿 AD 方向发射速度大小不同的带正电的粒子, 均打到弧 EFC 上. 已知粒子的比荷均为 k , 不计粒子间相互作用及重力, 则粒子磁场中运动的时间可能是 ()

A. $\frac{5\pi}{6Bk}$

B. $\frac{2\pi}{3Bk}$

C. $\frac{5\pi}{8Bk}$

D. $\frac{2\pi}{9Bk}$



[反思感悟]

例 6 (多选) 如图所示, 匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 方向垂直于 xOy 平面向外. 某时刻一个质子从点 $(L_0, 0)$ 处沿 y 轴负方向进入磁场; 一个 α 粒子同时从点 $(-L_0, 0)$ 进入磁场, 速度方向在 xOy 平面内. 设质子的质量为 m , 电荷量为 e , 不计质子与 α 粒子的重力和它们之间的相互作用. 若 α 粒子第一次到达原点时恰能与质子相遇, 已知质子和 α 粒子都带正电, 且 α 粒子的质量是质子质量的 4 倍, α 粒子带的电荷量是质子的 2 倍, 则 ()

A. 质子的速度大小

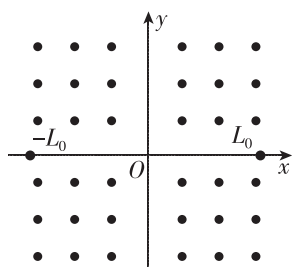
$$\text{为 } \frac{2eBL_0}{m}$$

B. 质子的速度大小为 $\frac{eBL_0}{2m}$

C. 两粒子相遇时, α 粒子运

$$\text{动的时间可能是 } \frac{3\pi m}{eB}$$

D. 两粒子相遇时, α 粒子运动的时间可能是 $\frac{5\pi m}{2eB}$



[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. (磁场中运动的临界问题) 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

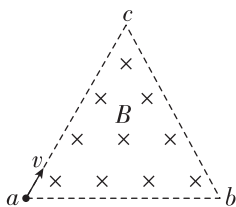
B. 粒子在磁场中运动的最长

$$\text{时间为 } \frac{\pi m}{3qB}$$

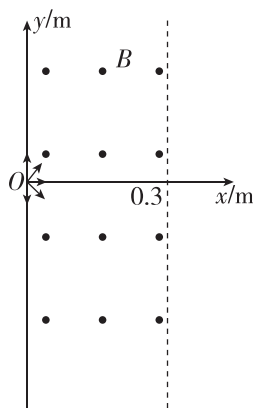
C. 从 b 点飞出的粒子的轨迹

$$\text{半径为 } \frac{\sqrt{3}}{3}L$$

D. 从 bc 边飞出的粒子的飞出点越靠近 c , 则在磁场中运动的时间越长



2. (磁场中运动的临界问题) 如图所示, 在 $0 \leq x \leq 0.3 \text{ m}$ 区域内存在与 xOy 平面垂直的匀强磁场, 磁感应强度的大小 $B = 0.2 \text{ T}$, 方向垂直于纸面向外. 一位于坐标原点的粒子源在 xOy 平面内发射出大量同种带正电粒子, 所有粒子的初速度大小均为 $2 \times 10^4 \text{ m/s}$, 方向与 y 轴正方向的夹角分布在 $0 \sim 180^\circ$ 范围内. 已知粒子的电荷量为 $2 \times 10^{-4} \text{ C}$, 质量为 $4 \times 10^{-10} \text{ kg}$, 则这些粒子在磁场中运动的最长时间为 ()



$$\text{A. } \frac{\pi}{2} \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$\text{B. } \frac{2\pi}{3} \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$\text{C. } \pi \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$\text{D. } \frac{4\pi}{3} \times 10^{-5} \text{ s}$$

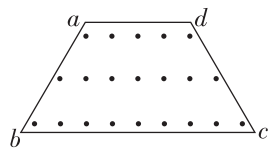
3. (磁场中运动的多解问题) (多选) [2025 · 四川南充白塔中学高二月考] 如图所示, 空间中有一个底角均为 60° 的梯形, 上底与腰长相等, 约为 L , 梯形处于磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向外的匀强磁场中. c 点存在一个粒子源, 可以源源不断射出速度方向沿 cd 、大小可变的电子, 电子的比荷为 k . 为使电子能从 ab 边射出, 速度大小可能为 ()

$$\text{A. } \frac{\sqrt{3}kBL}{2}$$

$$\text{B. } \frac{3\sqrt{3}kBL}{4}$$

$$\text{C. } \frac{5\sqrt{3}kBL}{6}$$

$$\text{D. } \frac{4\sqrt{3}kBL}{3}$$



4. (磁场中运动的多解问题) (多选) 如图所示, 直线 ab 与水平面成 30° 角, ab 的右上方存在垂直于纸面向外的匀强磁场, 左下方存在垂直于纸面向里的匀强磁场, 两磁场的磁感应强度大小均为 B . 一粒子源位于 a 点, 能水平向右发射不同速率、比荷为 k 的带正电粒子. 已知 a 、 b 两点间的距离为 L , 不计带电粒子受到的重力, 若所有带电粒子均能通过 b 点, 则粒子的速度可能为 ()

$$\text{A. } \frac{\sqrt{2}BkL}{6}$$

$$\text{B. } \frac{BkL}{5}$$

$$\text{C. } \frac{BkL}{4}$$

$$\text{D. } \frac{\sqrt{3}BkL}{3}$$

