



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

全品智能作业

QUANPIN ZHINENGZUOYE

攻略手册

主 编 肖德好

高中物理

选择性必修第二册 RJ

CONTENTS 目录

攻略手册

第一章 安培力与洛伦兹力	攻 01
要点攻略 1 安培力公式 $F = IlB\sin\theta$ 中有效长度的确定	攻 01
方法攻略 2 安培力作用下导体运动方向的判断方法	攻 02
方法攻略 3 降维思想在安培力作用下平衡问题中的应用	攻 04
模型攻略 4 电流天平	攻 05
模型攻略 5 磁电式电流表	攻 06
溯源攻略 6 由安培力表达式推导洛伦兹力表达式	攻 07
方法攻略 7 如何分析带电粒子在匀强磁场中的运动	攻 08
方法攻略 8 如何分析有界磁场问题	攻 10
方法攻略 9 磁场中临界问题的分析方法——动态圆法	攻 12
要点攻略 10 带电粒子在磁场中形成多解问题的原因	攻 14
模型攻略 11 速度选择器	攻 16
模型攻略 12 质谱仪	攻 17
模型攻略 13 回旋加速器	攻 18
模型攻略 14 磁流体发电机	攻 20
模型攻略 15 电磁流量计	攻 21
模型攻略 16 霍尔元件	攻 22
第二章 电磁感应	攻 24
要点攻略 17 用楞次定律判断感应电流的方向	攻 24
方法攻略 18 楞次定律的推广应用	攻 25
要点攻略 19 安培定则、左手定则、右手定则、楞次定律的对比	攻 26
溯源攻略 20 推导平动切割磁感线的动生电动势公式	攻 28

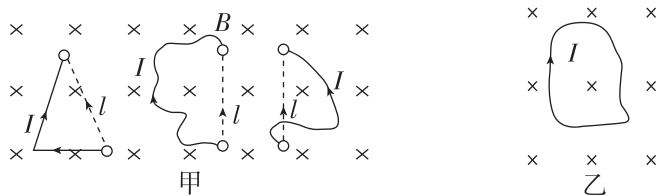
溯源攻略 21	推导转动切割磁感线的动生电动势公式	攻 29
要点攻略 22	感生电场和涡流的关系	攻 30
模型攻略 23	探雷器的工作原理	攻 31
方法攻略 24	电磁感应中电路问题的分析思路	攻 32
溯源攻略 25	推导电磁感应中电荷量的几个求解公式	攻 34
第三章 交变电流		攻 36
溯源攻略 26	推导矩形线框产生的正弦式交变电流瞬时值表达式	攻 36
要点攻略 27	中性面在交变电流分析中的重要作用	攻 37
方法攻略 28	电流有效值的计算方法	攻 38
要点攻略 29	交变电流四值的对比	攻 39
实验攻略 30	变压器探究实验中电压比和匝数比不相等的原因	攻 40
要点攻略 31	理想变压器中各物理量的制约关系	攻 41
方法攻略 32	含理想变压器电路的动态变化分析思路	攻 42
模型攻略 33	电压互感器和电流互感器	攻 43
模型攻略 34	自耦变压器	攻 44
方法攻略 35	远距离输电问题的分析思路	攻 45
第四章 电磁振荡与电磁波		攻 47
方法攻略 36	LC 振荡电路的振荡过程中分析	攻 47
要点攻略 37	通过电容和电感改变 LC 振荡电路的振荡周期	攻 49
要点攻略 38	无线电波的发射和接收过程中各个概念对比	攻 49
要点攻略 39	不同波长电磁波的对比和各自的实际应用	攻 51
第五章 传感器		攻 52
模型攻略 40	传感器的组成和工作原理	攻 52
要点攻略 41	热敏电阻和金属热电阻的对比	攻 53
模型攻略 42	电阻应变片和应变式力传感器	攻 53

要点攻略 1 安培力公式 $F = IlB \sin \theta$ 中有效长度的确定

通关攻略

要点1 安培力公式 $F = IlB \sin \theta$ 中有效长度的确定

(1) 当 $\theta = 0$ 时,即在导线平面垂直于磁场方向的情况下, l 对应弯曲导线的有效长度,是指连接导线两端的线段的长度(如图甲所示),相应的电流沿线段由始端流向末端。



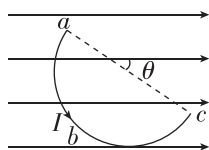
(2) 当 $\theta \neq 0$ 时,即在导线平面不垂直于磁场方向的情况下, $l \sin \theta$ 对应弯曲导线的“有效长度”,是指连接导线两端的线段在垂直于磁场方向的投影长度,相应的电流沿线段由始端流向末端。

要点2 闭合回路在匀强磁场中所受的安培力为零

如图乙所示,在匀强磁场中,对任意形状的闭合线圈求所受的安培力时,由于线圈的有效长度为 $l = 0$,故通电后线圈在匀强磁场中所受安培力的矢量和一定为零。

典型示例

示例 1 [2026·江西赣县中学高二月考] 如图所示,半圆形导线 abc 通以恒定电流 I ,放置在匀强磁场中,已知磁场的磁感应强度大小为 B ,导线长为 πl ,直径 ac 与磁场方向夹角为 $\theta = 30^\circ$. 该导线受到的安培力大小为 ()



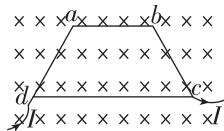
- A. $2BIl$ B. $\sqrt{3}BIl$ C. BIl D. $\frac{\sqrt{3}}{2}BIl$

【解析】 该导线有效长度为 ac 在垂直磁场方向的投影长度,受到的安培力为 $F = Il_{ac} B \sin \theta = IlB$.

【答案】 C

示例 2 如图所示,等腰梯形线框 $abcd$ 是由相同材料、相同横截面积的导线制成,梯形上底和腰的长度均为 L ,且腰与下底成 60° 角. 整个线

框处在与线框平面垂直的匀强磁场中. 现给线框通入图示电流,若下底 cd 受到的安培力为 F ,则上底 ab 受到的安培力大小为 _____,线框受到的安培力大小为 _____.



【解析】 梯形上底和腰的长度均为 L ,且腰与下底成 60° 角,由几何关系可知,梯形的下底 dc 长为 $2L$;由电阻的决定式 $R = \frac{\rho l}{S}$ 可知梯形的上底和两腰的电阻之和等于下底的电阻的 1.5 倍,两者为并联关系,设 dc 中的电流大小为 I ,根据欧姆定律,则 $dabc$ 中的电流为 $\frac{2}{3}I$;由已知条件可知 ab 边与 dc 边的电流方向相同,由题意

知 $F = BI \cdot 2L$, 所以 ab 边所受安培力为 $F' = B \cdot \frac{2}{3}I \cdot L = \frac{1}{3}F$, 方向与 dc 边所受安培力的方向相同; 线框受到的安培力为 $F'' = B \cdot$

$$\frac{2}{3}I \cdot 2L + F = \frac{5}{3}F.$$

[答案] $\frac{1}{3}F \quad \frac{5}{3}F$

备考攻略

攻略 1 画图辅助分析: 遇到弯曲导线时, 先在图中标出导线的起点和终点, 用虚线连接两点, 该虚线即为等效有效长度, 再结合磁场方向判断投影或直接长度计算.

攻略 2 利用结论快速秒杀: 匀强磁场中闭合回路所受的安培力为 0, 此结论可快速排除选择题中的干扰项, 或验证计算题结果.

攻略 3 有效长度与左手定则联动: 确定导线的有效长度后, 由导线中电流的起点指向终点方向即为电流的等效方向, 用左手定则判断安培力方向时, 四指需与有效长度对应的电流方向一致, 避免因导线弯曲误判电流方向.

方法攻略 2 安培力作用下导体运动方向的判断方法

通关攻略

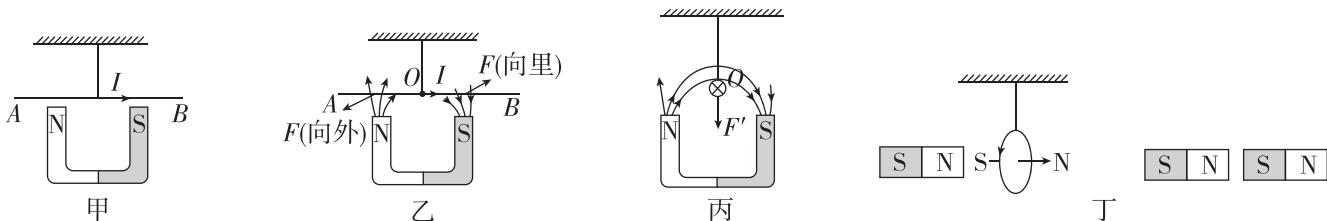
1. 方法解读

判断导体在磁场中运动情况的常规思路: 不管是电流还是磁体, 对通电导体的作用都是通过磁场来实现的, 因此首先必须要清楚导体所在位置的磁场分布情况; 然后结合左手定则准确判断导体所受安培力的方向; 最后由导体的受力情况判定导体的运动方向.

2. 方法应用

(1) 电流元法: 将整段导体分成几段电流元 \rightarrow 每段电流元所受安培力方向 \rightarrow 整段导体所受合力方向 \rightarrow 运动方向.

如图甲所示, 将通电直导线 AB 用弹性绳悬挂在蹄形磁体的正上方, 直导线可自由转动. 把直线电流等效为 AO 、 BO 两段电流元, 如图乙所示, 导线将沿逆时针方向转动(俯视).



(2) 特殊位置法: 将导线放在特殊位置 \rightarrow 安培力方向 \rightarrow 运动方向.

仍然分析甲图情况, 用导线沿逆时针(俯视)方向转过 90° 的特殊位置来分析, 如图丙所示, 进一步得知安培力方向向下, 故导线在沿逆时针方向转动的同时向下运动, 绳子拉力变大.

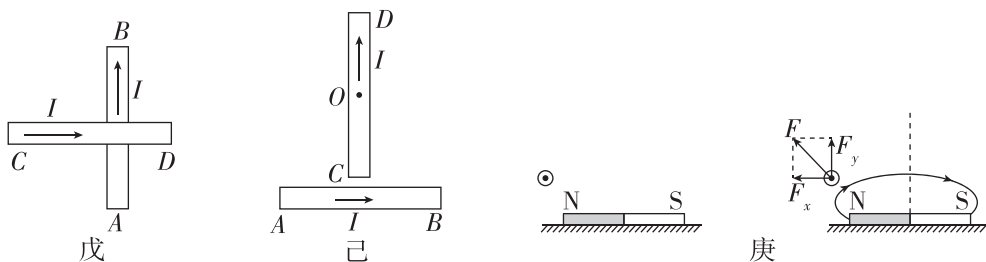
(3) 等效法: 通电螺线管等效成多个环形电流; 环形电流等效成小磁针, 进一步等效成条形磁铁.(正反方向都可等效)

如图丁所示, 把环形电流等效成条形磁体, 可见两条形磁体相互吸引, 则环形电流受到的安培力方向向左.

(4)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.

如图戊所示,两条有限长导线互相垂直,但相隔一小段距离,其中 AB 是固定的, CD 能自由活动,当直流电流按图示方向通过两条导线时,导线 CD 将(从纸外向纸内看)沿逆时针方向转动,同时靠近导线 AB .

延伸:在两直线电流被限制为有限运动不具有对称性的情况下,应按照实际情况利用左手定则进行分析.如图己所示,若 AB (固定)、 CD (可绕 O 点自由转动)放置,则由于导线 CD 在 O 点两侧的部分都受到向右的安培力,但 CO 段比 OD 段更靠近导线 AB ,故 CO 段受到的安培力更大,因此 CD 将逆时针转动.

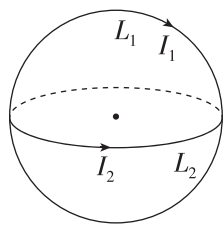


(5)转换研究对象法:分析磁体与电流在磁场作用下如何运动或运动趋势,可根据牛顿第三定律,通过分析一个物体的受力情况,确定另一个物体所受磁场的作用力.

如图庚所示,电流受到磁体的作用方向斜向左上,所以电流对磁体的作用力方向斜向右下,可知地面对磁体的摩擦力方向向左.磁体对桌面的压力大于其重力.

典型示例

示例 一个可以自由运动的线圈 L_1 和一个水平固定的线圈 L_2 互相绝缘垂直放置,且两个线圈的圆心重合,如图所示.当两线圈中通以图示方向的电流时,从左向右看,线圈 L_1 将 ()



- A. 不动
- B. 沿顺时针方向转动
- C. 沿逆时针的转动
- D. 向纸面里平动

【解析】方法一 电流元法:把线圈 L_1 沿 L_2 所在平面分成上下两部分,每一部分又可以看成无数段直线电流元,电流元处在 L_2 中电流产生的磁场中,根据安培定则可知各电流元所在处的磁场方向向上,由左手定则可得,上半部分电

流元所受安培力方向均指向纸外,下半部分电流元所受安培力方向均指向纸内,因此从左向右看线圈 L_1 将沿顺时针方向转动,故选项 B 正确.

方法二 等效法:将环形电流 I_1 等效为小磁针,该小磁针刚好处于环形电流 I_2 的圆心处.由安培定则知 I_2 产生的磁场方向沿其竖直轴线向上,而环形电流 I_1 等效成的小磁针在转动前,N 极指向纸内,因此小磁针的 N 极应由指向纸内转为竖直向上,所以从左向右看,线圈 L_1 将沿顺时针方向转动,故选项 B 正确.

方法三 结论法:环形电流 I_1 、 I_2 之间不平行,则必有相对转动,直到两环形电流同向平行为止,可知,从左向右看,线圈 L_1 将沿顺时针方向转动,故选项 B 正确.

【答案】 B

备考攻略

攻略 1 分割电流元时需关注磁场的强弱和方向变化,非匀强磁场中不同位置的电流元受力方向可能不同,不可盲目叠加.

攻略 2 特殊位置法需结合导体的转动轴位置,避免忽略力矩的作用效果.

攻略 3 转化研究对象的前提是两者存在相互作用的安培力,需明确磁场的来源(哪个导体产生磁场).

攻略 4 结论法需理解结论的推导过程,不可死记硬背,避免混淆适用条件(如“同向相吸”仅适用于平行直导线).

方法攻略 3 降维思想在安培力作用下平衡问题中的应用

通关攻略

1. 方法解读

涉及安培力的平衡问题也是利用平衡条件进行解决,只是由于安培力中电流方向、磁场方向和安培力的方向三者不在同一个平面中,而是在立体空间中,所以为了顺利分析此类问题,需要将此类问题拆分成分析磁场作用下的安培力和分析共点力作用下的平衡两个问题,并用降维思想将空间图画成平面图进行分析.

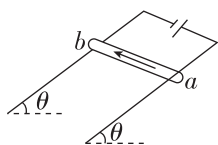
2. 方法应用

解决安培力作用下的平衡与解一般物体平衡方法类似,只是多画出一个安培力.一般解题步骤为:

- (1)明确研究对象.
- (2)先把立体图改画成平面图,并将题中的角度、电流的方向、磁场的方向标注在图上.
- (3)正确受力分析,然后根据平衡条件 $F_{\text{合}}=0$ 列方程求解.

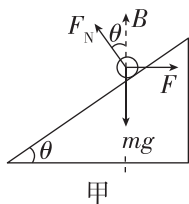
典型示例

示例 如图所示,通电直导线 ab 质量为 m ,水平地放置在倾角为 θ 的光滑导轨上,导轨宽度为 L ,通以图示方向的电流,电流大小为 I ,重力加速度为 g ,要求导线 ab 静止在斜面上.



- (1)若磁场的方向竖直向上,则磁感应强度为多大?
- (2)若要求磁感应强度最小,则磁感应强度的大小和方向如何?

【解析】 (1)若磁场方向竖直向上,从 a 向 b 观察,导线受力情况如图甲所示.



由平衡条件可得
在水平方向上有 $F - F_N \sin \theta = 0$

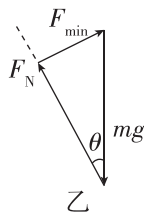
在竖直方向上有 $mg - F_N \cos \theta = 0$

其中 $F = BIL$, 联立可解得 $B = \frac{mg \tan \theta}{IL}$

(2)若要求磁感应强度最小,则一方面应使磁场方向与通电导线垂直,另一方面应调整磁场方向使与重力、支持力合力相平衡的安培力最小,如图乙所示,由力的矢量三角形定则讨论可知,当安培力方向与支持力方向垂直时,安培力最小,对应的磁感应强度最小,设其值为 B_{\min} , 则有 $B_{\min} IL = mg \sin \theta$

$$B_{\min} = \frac{mg \sin \theta}{IL}$$

根据左手定则可知,该磁场方向垂直斜面向上



【答案】 (1) $\frac{mg \tan \theta}{IL}$ (2) $\frac{mg \sin \theta}{IL}$ 方向垂直斜面向上

备考攻略

攻略 分析求解安培力时需要注意的问题

- (1) 首先画出通电导体所在处的磁感线的方向,再根据左手定则判断安培力方向.
- (2) 安培力大小与导体放置的角度有关,但一般情况下只要求导体与磁场垂直的情况,其中 L 为导体垂直于磁场方向的长度,为有效长度.

模型攻略 4 电流天平

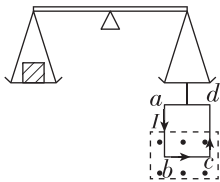
通关攻略

1. 模型建构

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.

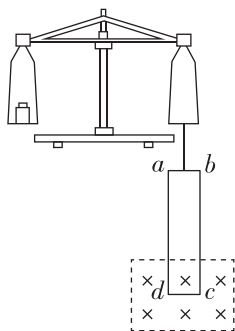
2. 模型分析

如图所示是电流天平的原理示意图,天平左盘放砝码,右盘下悬挂线框,线框处于磁场中.当线框没有通电时,天平处于平衡状态.线框通电后, ab 、 bc 、 cd 边均受到安培力的作用.根据左手定则可知, ab 、 cd 边受到的安培力等大反向,互相抵消, bc 边受到的安培力方向竖直向下,从而使天平平衡被破坏.通过在左盘中加砝码可使天平重新平衡,根据所加砝码的质量可以推知线框所受安培力的大小 F .再根据 $F = nIlB$,由线框的匝数 n 、 bc 边长度 l 、电流 I 可求出磁场的磁感应强度 B 的大小.



典型示例

示例 如图所示为电流天平示意图,其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 ,并处于匀强磁场内,磁感应强度 B 的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 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 表示的磁感应强度 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? (结果保留两位有效数字)

【解析】 (1) 电流反向后,要在天平左盘加质量为 m 的砝码,天平才能平衡,故开始时 cd 边所受安培力的方向竖直向上,电流反向后,安培力的方向竖直向下,根据左手定则可知, cd 边的电流在反向之后其方向为向左.

(2) 开始时 cd 边所受的安培力方向竖直向上,电流反向后,安培力的方向变为竖直向下,则

有 $mg = 2F$

即 $mg = 2nIlB$

解得 $B = \frac{mg}{2nIl}$

(3) 根据 $mg = 2nIlB$

解得 $B \approx 0.48 \text{ T}$

[答案] (1) 向左 (2) $B = \frac{mg}{2nIl}$ (3) 0.48 T

备考攻略

攻略 1 容易遗漏线圈匝数 N , 把多匝线圈当成单匝.

攻略 2 有效长度判断错误, 将线圈的总长度当作有效长度. 实际上有效长度是处于磁场中的那一段导线长度, 与线圈其他部分无关.

攻略 3 安培力方向与天平受力关系混淆, 判断安培力方向后, 搞不清天平需要“加砝码”还是“减砝码”. 判断依据是: 安培力向下 \rightarrow 线圈对天平拉力增大 \rightarrow 需加砝码; 安培力向上 \rightarrow 拉力减小 \rightarrow 需减砝码.

模型攻略 5 磁电式电流表

通关攻略

1. 模型建构

磁电式电流表的工作原理是利用通电线圈在磁场中受到安培力发生转动, 通电线圈的转动带动指针转动, 从而在表盘上显示读数.

2. 模型分析

(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

① 通电线圈在磁场中受安培力作用发生转动, 螺旋弹簧变形, 以反抗线圈的转动, 这两种转动的效果叠加在一起, 造成指针发生偏转, 最终达到平衡, 指针停止偏转.

② 被测电流越大, 线圈偏转的角度越大, 所以根据指针偏转角度的大小, 可以确定被测电流的大小.

③ 当线圈中电流方向改变时, 安培力的方向随之改变, 指针的偏转方向也随着改变, 所以根据指针的偏转方向, 可以知道被测电流的方向.

(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线平行;

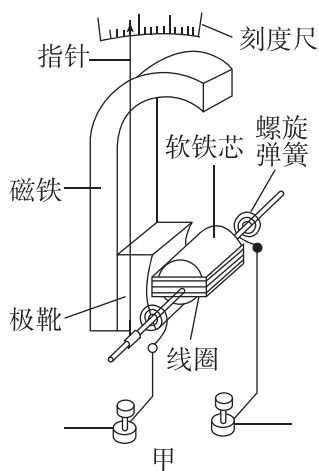
③ 表盘刻度均匀分布.

(4) 优缺点: 磁电式电流表的优点是灵敏度高, 很弱的电流也可以测量出来; 缺点是线圈的导线很细, 允许通过的电流很弱, 如果要用它测量较大的电流, 就要通过改装扩大量程.

典型示例

示例 [2026·江西乐平中学高二期中] 实验室经常使用的电流表是磁电式电流表. 这种电流表的构造如图甲所示. 极靴和铁芯间的磁场

是均匀辐向分布的. 当线圈通以如图乙所示的电流, 下列说法不正确的是 ()



- A. 线圈转动时,在电流确定的情况下,它所受的安培力大小不变
- B. 线圈转动时,螺旋弹簧被扭动,阻碍线圈转动
- C. 当线圈在如图乙所示的位置时, b 端受到的

安培力方向向上

- D. 当线圈在如图乙所示的位置时,安培力的作用使线圈沿顺时针方向转动

【解析】 磁场是均匀辐向分布的,所以线圈转动时,在电流确定的情况下,根据左手定则,它两边所受的安培力大小均为 $F = BIL$ 、方向相反,所以所受的安培力大小不变,故 A 正确;线圈转动时,螺旋弹簧被扭动产生弹力,弹力方向与扭动方向相反,阻碍线圈转动,故 B 正确;当线圈在如图乙所示的位置时,根据左手定则, b 端受到的安培力方向向下, a 端受到的安培力方向向上,安培力的作用使线圈沿顺时针方向转动,故 C 错误,D 正确.

【答案】 C

备考攻略

攻略 1 磁电式电流表核心是安培力力矩与弹簧弹力力矩平衡.辐向匀强磁场让线圈转动时安培力力臂不变,满足 $NBIS = k\theta$,因此指针偏转角度 θ 与电流 I 成正比,刻度均匀.

攻略 2 结构上,永磁体提供辐向磁场,弹簧既传电流又提供反向力矩.增大匝数 N 、磁感应强度 B 、线圈面积 S ,或减小弹簧劲度系数 k ,可提高灵敏度.

溯源攻略 6 由安培力表达式推导洛伦兹力表达式

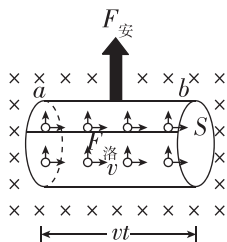
通关攻略

1. 公式内容

洛伦兹力公式为 $F_{\text{洛}} = qvB$.

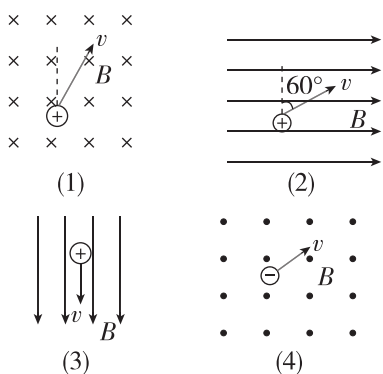
2. 推导过程

如图所示,匀强磁场的磁感应强度为 B .设磁场中有一段长度为 L 的通电导线,横截面积为 S ,单位体积中含有的自由电荷数为 n ,每个自由电荷的电荷量均为 q ,且定向运动的速率都是 v .导线中的电流是 $I = nqvS$,导线在磁场中所受的安培力为 $F_{\text{安}} = nqvSLB$,导线中自由电荷数为 $N = nSL$,则每个自由电荷受到的洛伦兹力大小为 $F_{\text{洛}} = qvB$.



典型示例

示例 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 .试求出各图中带电粒子所受洛伦兹力的大小 F ,并指出洛伦兹力的方向.



【解析】 (1)因 v 与 B 垂直,所以 $F = qvB$,方向垂直 v 指向左上方.

(2) v 与 B 的夹角为 30° ,所以 $F = qvB \sin 30^\circ = \frac{1}{2}qvB$,方向垂直纸面向里.

(3)由于 v 与 B 平行,所以带电粒子不受洛伦兹力.

(4) v 与 B 垂直, $F = qvB$,方向垂直 v 指向左上方.

【答案】 见解析

备考攻略

攻略 1 当运动电荷的速度方向与磁场方向既不垂直也不平行时,洛伦兹力的公式可以写成 $F_{\text{洛}} = qvB \sin \theta$,其中 θ 为运动电荷的速度方向与磁场方向的夹角,这是洛伦兹力的通式.有以下几种特殊表现:

- ①当 $\theta = 90^\circ$ 时, $v \perp B$, $\sin \theta = 1$, $F_{\text{洛}} = qvB$,即运动方向与磁场垂直时,洛伦兹力最大;
- ②当 $v \parallel B$ 时, $\theta = 0^\circ$, $\sin \theta = 0$, $F_{\text{洛}} = 0$,即运动方向与磁场平行时,不受洛伦兹力;
- ③当 $v = 0$ 时, $F_{\text{洛}} = 0$,即相对磁场静止的电荷不受洛伦兹力作用.

攻略 2 洛伦兹力是指单个运动的带电粒子所受到的磁场力,而安培力是指通电导线(即大量带电粒子)所受到的磁场力,即安培力是洛伦兹力的宏观表现,洛伦兹力是安培力的微观解释;洛伦兹力永不做功,而安培力可以做功;洛伦兹力和安培力的方向均可以用左手定则进行判断.

方法攻略 7 如何分析带电粒子在匀强磁场中的运动

通关攻略

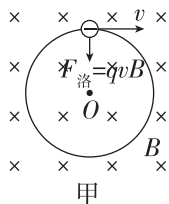
1. 方法解读

带电粒子进入匀强磁场中运动时,先根据粒子速度方向与磁场方向的关系确定粒子的运动形式,再利用相应运动规律进行分析.

2. 方法应用

(1)当 $v \parallel B$ 时, $F_{\text{洛}} = 0$,带电粒子将以入射速度 v 做匀速直线运动.

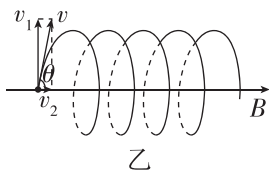
(2)当 $v \perp B$ 时, $F_{\text{洛}} = qvB$,由于洛伦兹力始终与粒子运动方向垂直,因此不改变粒子速度的大小,只改变粒子速度的方向,洛伦兹力对粒子起到了向心力作用,粒子做匀速圆周运动,如图甲所示.



注意:带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动,由洛伦兹力提供向心力,即 $qvB = \frac{mv^2}{r}$,故轨道半径

为 $r = \frac{mv}{qB}$;周期为 $T = \frac{2\pi r}{v}$,由 $r = \frac{mv}{qB}$ 可得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$.由此可知,轨道半径 r 与速度成正比,周期 T 与速度无关,与轨道半径 r 无关.

(3)当 v 与 B 间有夹角时,将速度 v 分解为 v_1 和 v_2 ,则 $v_1 = v \sin \theta$, $v_2 = v \cos \theta$,带电粒子在垂直于磁场的方向以分速度 v_1 做匀速圆周运动,洛伦兹力提供向心力;在平行于磁场的方向以分速度 v_2 做匀速直线运动,合运动为螺旋形运动(旋进运动),如图乙所示.



乙

典型示例

示例 1 (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

【解析】 设电子的质量为 m ,速率为 v ,电荷量为 q , $B_2 = B$, $B_1 = kB$,由洛伦兹力提供向心力得

$$qvB = m \frac{v^2}{R}, T = \frac{2\pi R}{v}, \text{解得 } R = \frac{mv}{qB}, T = \frac{2\pi m}{qB},$$

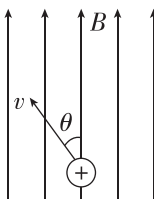
所以 $\frac{R_2}{R_1} = k, \frac{T_2}{T_1} = k$; 根据 $a = \frac{v^2}{R}, \omega = \frac{v}{R}$, 可知

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{k}, \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1}{k}, \text{选项 A、C 正确, B、D 错误.}$$

【答案】 AC

示例 2 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 $\frac{2\pi m v \cos \theta}{eB}$



【解析】 将质子的初速度分解为垂直于磁场方向的速度 $v_1 = v \sin \theta$ 和沿磁场方向的速度 $v_2 = v \cos \theta$, 质子沿垂直磁场方向做匀速圆周运动, 沿磁场方向做匀速直线运动, 则质子运动的轨迹为螺旋线, 螺旋线的中轴线方向平行磁场方向, 选项 A 错误; 质子做螺旋线运动的半径为 $r = \frac{mv_1}{eB} = \frac{mv \sin \theta}{eB}$, 选项 B 错误; 质子做螺旋线运动的周期为 $T = \frac{2\pi r}{v_1} = \frac{2\pi m}{eB}$, 选项 C 错误; 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 $x = v_2 T = \frac{2\pi m v \cos \theta}{eB}$, 选项 D 正确.

【答案】 D

备考攻略

攻略 1 用左手定则判断负电荷受到的洛伦兹力方向时,四指应指向速度的反方向,再按左手定则步骤操作.

攻略 2 根据 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 可知,带电粒子在磁场中做圆周运动的周期 T 与速度 v 无关,速度增大只会使轨道半径变大.

方法攻略 8 如何分析有界磁场问题

通关攻略

1. 方法解读

带电粒子在有界磁场中运动的问题中,可按照程序进行逐步分析,即定圆心→定半径→定偏转角→求时间.

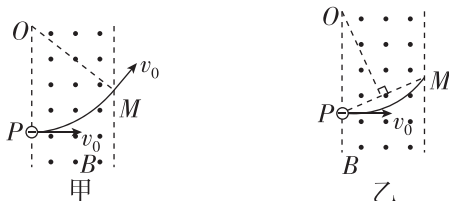
2. 方法应用

(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 点为入射点, M 点为出射点).

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 点为入射点, M 点为出射点).



(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.

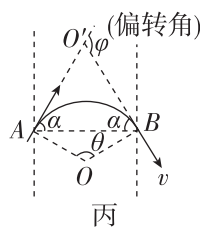
(3) 粒子速度偏转角的确定

速度的偏转角 $\varphi =$ 圆弧所对的圆心角(回旋角) $\theta =$ 弦切角 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: $t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{m}{qB} \theta$;

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



典型示例

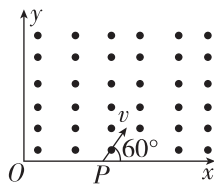
示例 1 如图所示,一质量为 m 、带电荷量为 $-q$ 、不计重力的粒子从 x 轴上的 $P(a, 0)$ 点以大小为 v 的速度沿与 x 轴正方向成 60° 角的方向射入第一象限内的匀强磁场中,并恰好垂直于 y 轴射出第一象限.

(1) 找圆心,画出带电粒子运动的轨迹.

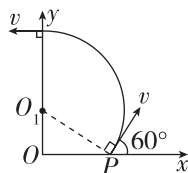
(2) 求轨迹圆的几何半径.

(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.



【解析】 (1) 分别作初、末速度的垂线,相交于 y 轴上的 O_1 点,即为轨迹圆心,如图所示



(2) 由几何关系可知, 粒子运动的轨迹圆半径

$$\text{为 } r = \frac{a}{\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}a$$

(3) 由洛伦兹力提供向心力可得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$

$$\text{解得 } B = \frac{\sqrt{3}mv}{2qa}$$

(4) 带电粒子做匀速圆周运动的周期为 $T =$

$$\frac{2\pi r}{v} = \frac{4\sqrt{3}\pi a}{3v}$$

带电粒子穿过第一象限所用的时间为 $t =$

$$\frac{120^\circ}{360^\circ}T = \frac{T}{3} = \frac{4\sqrt{3}\pi a}{9v}$$

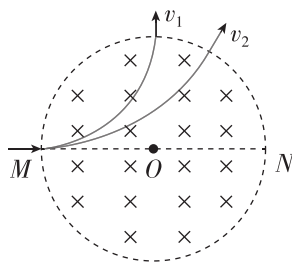
【答案】 (1) 见解析图 (2) $\frac{2\sqrt{3}}{3}a$ (3) $\frac{\sqrt{3}mv}{2qa}$

$$(4) \frac{4\sqrt{3}\pi a}{9v}$$

示例 2 [2026·河北石家庄一中高二月考] 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 , 离开磁场时速度方向偏转 90° ; 若射入磁场时的速度大小为 v_2 , 离开磁场时速度方向偏转 60° . 不计重力, 则

$\frac{v_1}{v_2}$ 为

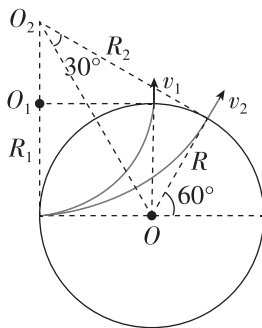
()



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

【解析】 如图所示, 粒子以速度 v_1 、 v_2 进入磁场, 做匀速圆周运动的圆心分别为 O_1 和 O_2 , 半径分别为 R_1 和 R_2 , 速度偏转角度分别为 90° 和 60° , 由几何关系得 $R_1 = R = \frac{mv_1}{qB}$, $R_2 =$

$\frac{R}{\tan 30^\circ} = \frac{mv_2}{qB}$, 所以有 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, B 正确.



【答案】 B

备考攻略

攻略 1 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的解题方法: (1) 画出轨迹, 确定圆心和半径. (2) 找联系: ① 轨迹半径与磁感应强度、运动速度的联系; ② 速度偏转角和轨迹圆心角的联系; ③ 运动时间与周期、轨迹圆心角的联系. (3) 运用牛顿第二定律和圆周运动的规律求解.

攻略 2 有界磁场的边界形状有: 直线边界、平行边界、圆形边界. 从角度关系、长度关系等几何关系以及对称性对有界磁场问题进行分析是常规手段.

