

第九章 磁场

目录

1 磁场及其对电流的作用	3
1.1 考点 1 电流的磁场磁场的叠加	3
1.1.1 对磁感应强度的理解	3
1.1.2 磁感线的特点	3
1.1.3 安培定则的应用	3
1.1.4 2. 电流的磁场	3
1.1.5 磁场的叠加	3
1.2 考点 2 安培力的分析与计算	4
1.2.1 安培力的方向	4
1.2.2 安培力的大小	4
1.2.3 安培力作用下导体运动情况的判断方法	5
1.3 考点 3 安培力作用下的平衡和加速问题	6
1.3.1 分析问题的基本思路	6
1.3.2 视图转 \square	6
1.3.3 教考衔接	7
2 磁场对运动电荷（带电体）的作用	8
2.1 考点 1 洛伦兹力	8
2.1.1 洛伦兹力的大小	8
2.1.2 洛伦兹力的方向	8
2.1.3 洛伦兹力与安培力的联系和区别	9
2.2 考点 2 洛伦兹力作用下带电体的运动	10
2.3 考点 3 带电粒子在匀强磁场中的运动	10
2.3.1 洛伦兹力作用下带电粒子（不计重力）的运动形式	10
2.3.2 洛伦兹力作用下带电粒子（不计重力）做圆周运动的分析	10
2.3.3 常用公式	10
2.3.4 2. 圆心的确定	11
2.3.5 3. 半径的计算	11
2.3.6 4. 时间的计算	11
2.3.7 知识拓展圆周运动中的几种角度关系	12
2.4 提分关键 • 方法提升	13
2.4.1 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的解题思路	13
3 微专题 20 带电粒子在有界匀强磁场中的运动	14

3.1	题型 1 带电粒子在有界匀强磁场中的运动	14
3.1.1	直线边界 (进出磁场具有对称性, 如图所示)	14
3.1.2	平行边界 (存在临界条件, 如图所示)	14
3.1.3	圆形边界	15
3.1.4	多边形边界或角形边界	15
3.2	题型 2 带电粒子在有界匀强磁场中运动的多解问题	17
3.3	提分关键 • 规律总结	19
3.3.1	求解有界磁场中多解问题的技巧	19
4	微专题 21 磁场中的动态圆模型	19
4.1	题型 1 有界匀强磁场中的三类 "动态圆" 模型	19
4.1.1	"放缩圆" 模型的应用	19
4.1.2	"旋转圆" 模型的应用	19
4.1.3	"平移圆" 模型的应用	20
4.1.4	提分关键 • 规律总结	20
4.1.5	提分关键 • 方法提升	21
4.1.6	解决磁场中临界、极值问题的方法技巧	21
4.2	题型 2 磁聚焦和磁发散模型	22
4.2.1	"磁聚焦" 模型	22
4.2.2	"磁发散" 模型	23
5	微专题 22 洛伦兹力与现代科技	24
5.1	题型 1 带电粒子在现代科技中的四种应用	24
5.2	题型 2 回旋加速器	25
5.3	题型 3 质谱仪	26
5.3.1	1. 原理图 (如图所示)	26
5.3.2	2. 物理分析	26
6	微专题 23 带电粒子在组合场中的运动	27
6.1	题型 1 磁场与磁场的组合	28
6.2	题型 2 电场与磁场的组合	29
6.2.1	从电场进入磁场	29
6.2.2	从磁场进入电场	29
7	微专题 24 带电粒子在叠加场中的运动	30
7.1	题型带电粒子在叠加场中的运动	30
7.1.1	三种场的比较	30
7.1.2	带电粒子在叠加场中的运动形式	31
7.1.3	提升关键 • 方法提升	34
7.1.4	应用配速法的几种常见情况	35

1 磁场及其对电流的作用

1.1 考点 1 电流的磁场磁场的叠加

1.1.1 对磁感应强度的理解

1. 磁感应强度是矢量，其方向与通电导线所受磁场力的方向垂直。
2. 电流元必须垂直于磁场放置， $B = \frac{F}{Il}$ 才成立。
3. 磁场中某点的磁感应强度是由磁场本身决定的，与通电导线所受磁场力的大小及方向都无关。

1.1.2 磁感线的特点

1. 方向：磁感线上某点的切线方向就是该点的磁场方向。
2. 强弱：磁感线的疏密程度定性地表示磁场的强弱。
3. 闭合曲线：磁感线是闭合曲线，没有起点和终点。在磁体外部，由 N 极指向 S 极；在磁体内部，由 S 极指向 N 极。
4. 不相交：同一磁场的磁感线不中断、不相交、不相切。
5. 假想线：磁感线是假想的曲线，客观上并不存在。

1.1.3 安培定则的应用

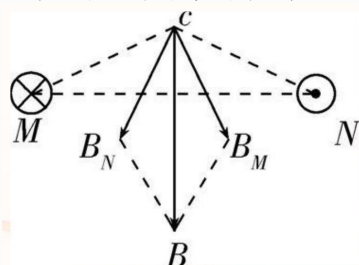
1. 在应用安培定则判定直线电流和环形电流的磁场时应分清“因”和“果”。

	原因（电流方向）	结果（磁场方向）
直线电流的磁场	大拇指	四指
环形电流的磁场	四指	大拇指

1.1.4 2. 电流的磁场

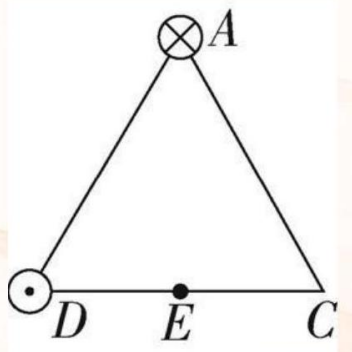
1.1.5 磁场的叠加

1. 确定磁场场源，例如通电直导线。
2. 定位空间中要求解磁场的点，利用安培定则判定各个场源在这一点上产生的磁感应强度的大小和方向。如图所示， B_M 和 B_N 分别为 M N 在 c 点产生的磁感应强度。



3. 应用平行四边形定则进行求解，图中的 B 为 c 点的合磁感应强度。

典例 1 如图所示，三角形 ACD 为一等边三角形，两根通有大小相等电流的长直导线分别垂直纸面置于 A D 两个顶点， A 处导线中的电流方向垂直纸面向里， D 处导线中的电流方向垂直纸面向外。已知通电长直导线在其周围某点处产生的磁感应强度大小 $B = \frac{kI}{r}$ ， k 为常量， r 为该点到通电直导线的距离。已知 C 处磁感应强度的大小为 B_0 ，则 CD 边中点 E 的磁感应强度的大小为 ()



- A. $\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$
- B. $\sqrt{3}B_0$
- C. $\frac{4\sqrt{3}}{3}B_0$
- D. $4B_0$

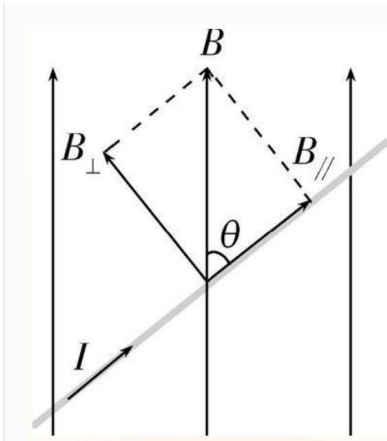
1.2 考点 2 安培力的分析与计算

1.2.1 安培力的方向

1. 用左手定则判定：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；让磁感线从掌心垂直进入，并使四指指向电流的方向，这时拇指所指的方向就是通电导线在磁场中所受安培力的方向。
2. 安培力方向的特点： $F \perp B, F \perp I$ ，即 F 垂直于 B 和 r 决定的平面。
3. 推论：两平行的通电直导线间的安培力——同向电流互相吸引，反向电流互相排斥。

1.2.2 安培力的大小

$F = BIl \sin \theta$ (其中 θ 为 B 与 I 之间的夹角，如图所示)。

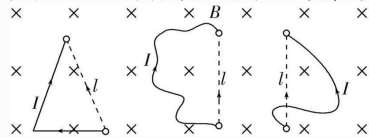


(1) 当磁场 B 的方向与电流 I 的方向垂直时: $F = BIl$ 。

(2) 当磁场 B 的方向与电流 I 的方向平行时: $F = 0$ 。

(3) l 是指有效长度

弯曲通电导线的有效长度 l 等于连接导线两端点的线段的长度, 相应的电流方向沿两端点连线由始端流向末端, 如图所示。

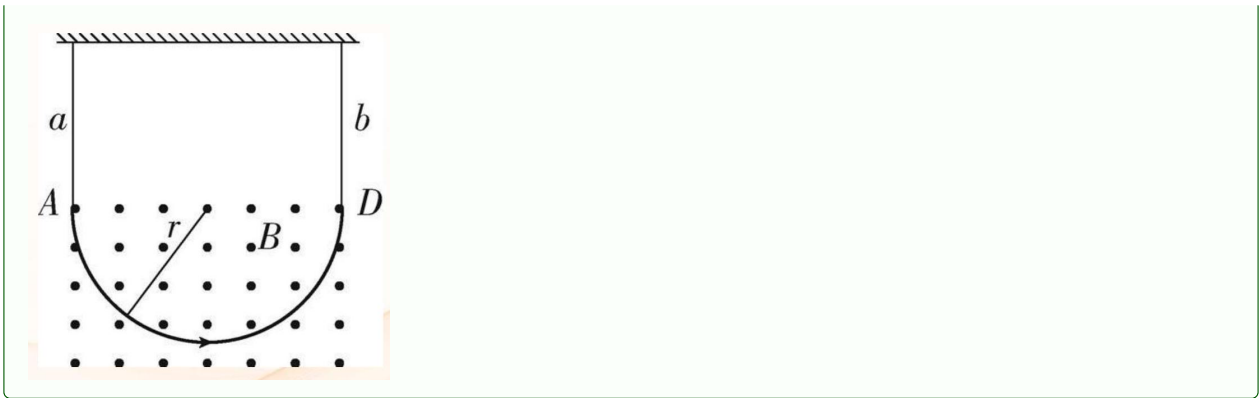


1.2.3 安培力作用下导体运动情况的判断方法

电流元法	分割为电流元 $\xrightarrow{\text{左手定则}}$ 安培力方向 \rightarrow 整段导体所受合力方向 \rightarrow 运动方向
特殊位置法	在特殊位置 \rightarrow 安培力方向 \rightarrow 运动方向
等效法	环形电流 \rightarrow 小磁针 通电螺线管 \rightarrow 条形磁体
结论法	两电流相互平行时无转动趋势, 同向电流互相吸引, 异向电流互相排斥; 两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	定性分析磁体在电流产生的磁场作用下的受力或运动的问题时, 可先分析电流在磁体产生的磁场中所受的安培力, 然后由牛顿第三定律, 确定磁体所受电流产生的磁场的作用力, 从而确定磁体所受合力及运动方向

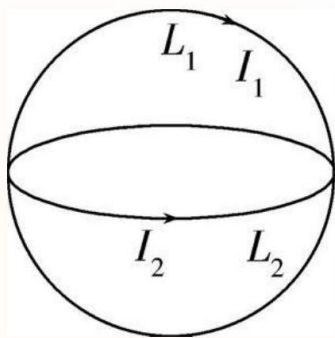
典例 2 (多选) 将半径为 r 的铜导线半圆环 AD 用两根不可伸长的绝缘线 ab 悬挂于天花板上, AD 置于方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中, 现给导线通以自 A 到 D 、大小为 I 的电流, 则 ()

- A. 通电后两线拉力变小
- B. 通电后两线拉力变大
- C. 安培力大小为 $\pi B I r$
- D. 安培力大小为 $2 B I r$



典例 3 一个可以自由运动的绝缘线圈 L_1 和一个固定的绝缘线圈 L_2 互相垂直放置，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. 顺时针转动
- C. 逆时针转动
- D. 在纸面内平动



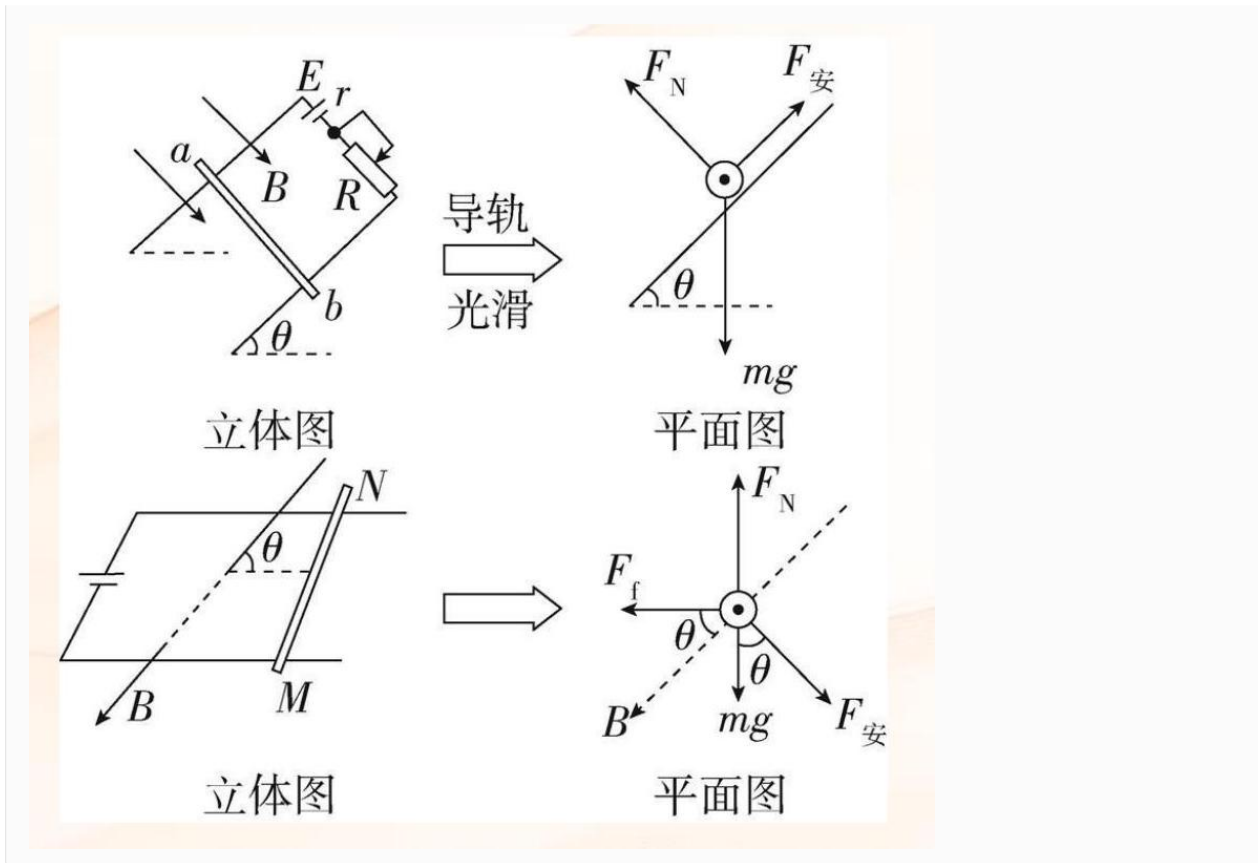
1.3 考点 3 安培力作用下的平衡和加速问题

1.3.1 分析问题的基本思路

1. 确定要研究的导体棒。
2. 按照重力 \rightarrow 已知力 \rightarrow 安培力 \rightarrow 弹力 \rightarrow 摩擦力的顺序，对导体棒受力分析。
3. 分析导体棒的运动情况。
4. 根据平衡条件或牛顿第二定律列式求解。

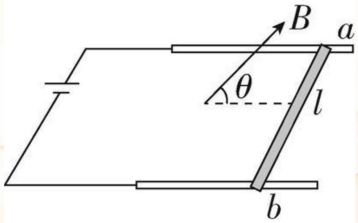
1.3.2 视图转图

对于安培力作用下的力学问题，对导体棒受力分析时往往需要分析分布在三维空间的不同方向上的物理量，这时应利用俯视图、剖面图或侧视图等，变立体图为二维平面图（如图所示）。

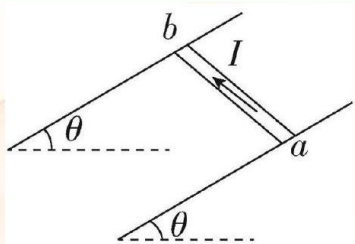


1.3.3 教考衔接

典例 4 (人教版选必二 P₂₂, B 组, T₁ 改编) 如图甲所示, 金属杆 ab 的质量为 m , 长为 l , 通过的电流为 I , 处在磁感应强度 $B = \frac{mg}{2I}$ 的匀强磁场中 (g 为重力加速度), 磁场方向与导轨平面夹角 $\theta = 37^\circ$ 斜向上, 且与 ab 杆垂直, 金属杆 ab 静止于水平导轨上。



- (1) (回归教材) 求金属杆 ab 所受的支持力和摩擦力。
- (2) (情境变式) 若将 θ 变为 53° , 其他条件不变, 金属杆 ab 刚好能够在导轨上静止, 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 求金属杆 ab 与导轨间的动摩擦因数 μ 。
- (3) (拓展变式) 如图乙所示, 若两根间距为 i 的光滑金属导轨平行放置, 导轨所在平面与水平面间的夹角 $\theta = 37^\circ$, 质量为 m 、长为 l 的金属杆 ab 垂直于导轨水平放置, 整个装置处于垂直 ab 方向的匀强磁场中。金属杆 ab 中通有从 a 到 b 的恒定电流 I 。
 - (1) 若磁感应强度方向竖直向上, 且金属杆 ab 保持静止, 求磁感应强度的大小;
 - (2) 若磁感应强度方向水平向左, 且金属杆 ab 保持静止, 求磁感应强度的大小;

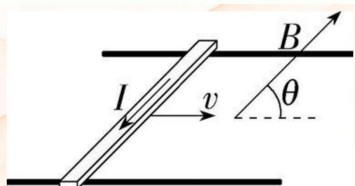


(3) 若磁感应强度方向平行于导轨向上或水平向右，判断金属杆 ab 能否静止在导轨上。

(4) (链接高考) (2022 湖北, 11,4 分) (多选) 如图所示，两平行导轨在同一水平面内。一导体棒垂直放在导轨上，棒与导轨间的动摩擦因数恒定。整个装置置于匀强磁场中，磁感应强度大小恒定，方向与金属棒垂直、与水平向右方向的夹角 θ 可调。导体棒沿导轨向右运动，现给导体棒通以图示方向的恒定电流，适当调整磁场方向，可以使导体棒沿导轨做匀加速运动或匀减速运动。已知导体棒加速时，加速度的最大值为 $\frac{\sqrt{3}}{3}g$ ；减速时，加速度的最大值为 $\sqrt{3}g$ ，其中 g 为重力加速度大小。下列说法正确的是 ()

A. 棒与导轨间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{6}$

B. 棒与导轨间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{3}$



C. 加速阶段加速度大小最大时，磁场方向斜向下， $\theta = 60^\circ$

D. 减速阶段加速度大小最大时，磁场方向斜向上， $\theta = 150^\circ$

2 磁场对运动电荷（带电体）的作用

2.1 考点 1 洛伦兹力

2.1.1 洛伦兹力的大小

1. 当 $v // B$ (或 $v = 0$) 时，洛伦兹力 $F = 0$ 。
2. 当 $v \perp B$ 时，洛伦兹力 $F = qvB$ 。
3. 当 v 与 B 的夹角为 θ 时， $F = qvB \sin \theta$ 。

2.1.2 洛伦兹力的方向

1. 判定方法：左手定则。
 - (1) 掌心磁感线垂直穿入掌心。
 - (2) 四指一指向正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向。
 - (3) 拇指一指向洛伦兹力的方向。
2. 方向特点： $F \perp B, F \perp v$ ，即 F 垂直于 B 和 v 决定的平面。

2.1.3 洛伦兹力与安培力的联系和区别

1. 安培力是洛伦兹力的宏观表现，洛伦兹力是安培力的微观实质。
2. 安培力可以做功（实质是洛伦兹力的一个分力在做功），而洛伦兹力对运动电荷不做功。

典例 1（2024 届东北三省四市教研联合体一模）图（a）中，在 x 轴上关于原点 O 对称的位置固定两个等量异种点电荷。图（b）中，在 x 轴上关于原点 O 对称的位置固定两根垂直于纸面的平行长直导线，两根导线中电流大小相等、方向相反。电子以一定的初速度从原点 O 垂直纸面向里运动，则关于两幅图中电子在原点 O 处受力的说法正确的是（ ）

- A. 图（a）中，电子所受静电力沿 x 轴正方向
- B. 图（a）中，电子所受静电力沿 y 轴正方向
- C. 图（b）中，电子所受洛伦兹力沿 y 轴正方向
- D. 图（b）中，电子所受洛伦兹力沿 x 轴正方向

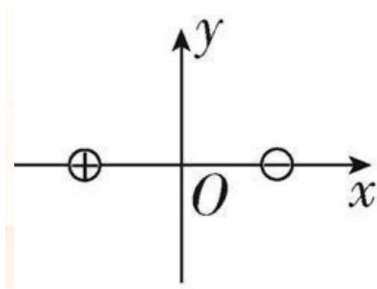


图 1: 图（a）

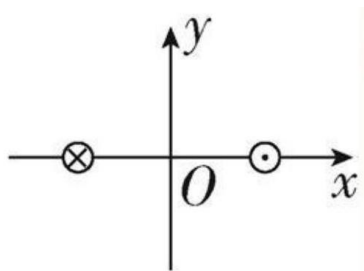


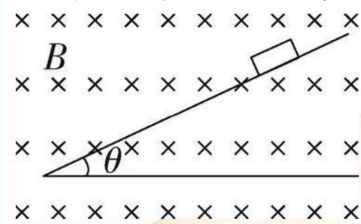
图 2: 图（b）

2.2 考点 2 洛伦兹力作用下带电体的运动

带电体做变速直线运动时，随着速度大小的变化，洛伦兹力的大小也会发生变化，与接触面间的弹力一般会随着变化（若接触面粗糙，摩擦力也跟着变化，从而加速度发生变化），弹力减小到 0 时，带电体离开接触面。

典例 2 质量为 m 、电荷量为 q 的小物块，从倾角为 θ 的粗糙绝缘固定斜面上由静止下滑，整个斜面置于方向垂直纸面向里的匀强磁场中，磁感应强度的大小为 B ，如图所示。若带电小物块下滑后某时刻对斜面的作用力恰好为 0，重力加速度的大小为 g ，下列说法正确的是（ ）

- A. 小物块一定带正电荷
B. 小物块在斜面上运动时做匀减速直线运动



- C. 小物块在斜面上运动时做加速度逐渐增大、速度也逐渐增大的变加速直线运动
D. 小物块在斜面上下滑过程中，当小物块对斜面的压力为 0 时的速率为 $\frac{mg \sin \theta}{Bq}$

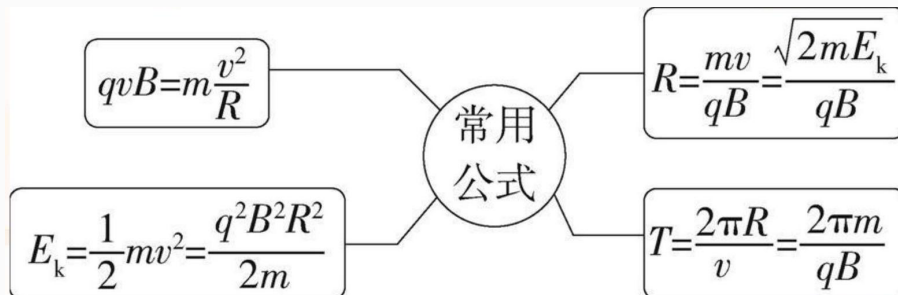
2.3 考点 3 带电粒子在匀强磁场中的运动

2.3.1 洛伦兹力作用下带电粒子（不计重力）的运动形式

1. 若 $v // B$ ，带电粒子以入射速度 v 做匀速直线运动。
2. 若 $v \perp B$ ，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。
3. 若 v 与 B 成 θ 角，在平行于磁场方向，以 $v \cos \theta$ 做匀速直线运动；在垂直于磁场方向，以 $v \sin \theta$ 做匀速圆周运动。

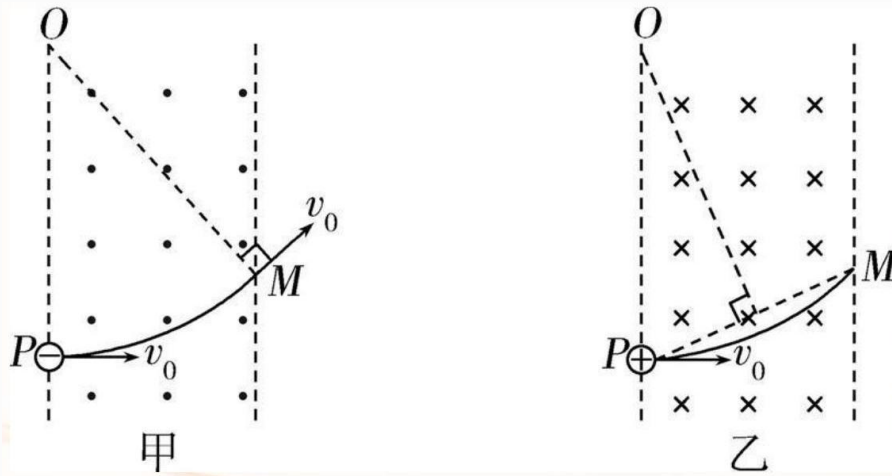
2.3.2 洛伦兹力作用下带电粒子（不计重力）做圆周运动的分析

2.3.3 常用公式



2.3.4 2. 圆心的确定

(1) 方法一：已知入射点、入射方向和出射点、出射方向时，可通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迹的圆心（如图甲所示）。



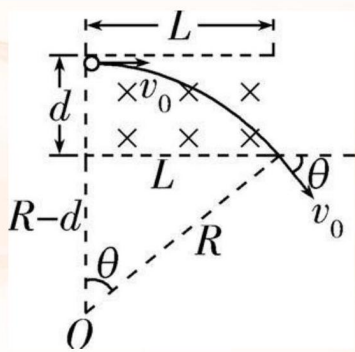
(2) 方法二：已知入射方向和入射点、出射点的位置时，可以通过入射点作入射方向的垂线，连接入射点和出射点，作其中垂线，这两条垂线的交点就是圆弧轨迹的圆心（如图乙所示）。

2.3.5 3. 半径的计算

(1) 利用动力学方程求半径：由 $qvB = m\frac{v^2}{R}$ 得 $R = \frac{mv}{qB}$ 。

(2) 利用平面几何知识求半径

若轨迹明确，一般由数学知识（勾股定理、三角函数、弦切角定理等）来确定半径。如图所示，已知匀强磁场区域的宽度为 d ，轨迹对应的水平长度为 L ，圆心角为 θ ，根据几何关系可得 $R = \frac{L}{\sin\theta}$ ，再根据 $R^2 = L^2 + (R - d)^2$ ，可得 $R = \frac{L^2 + d^2}{2d}$ 。



2.3.6 4. 时间的计算

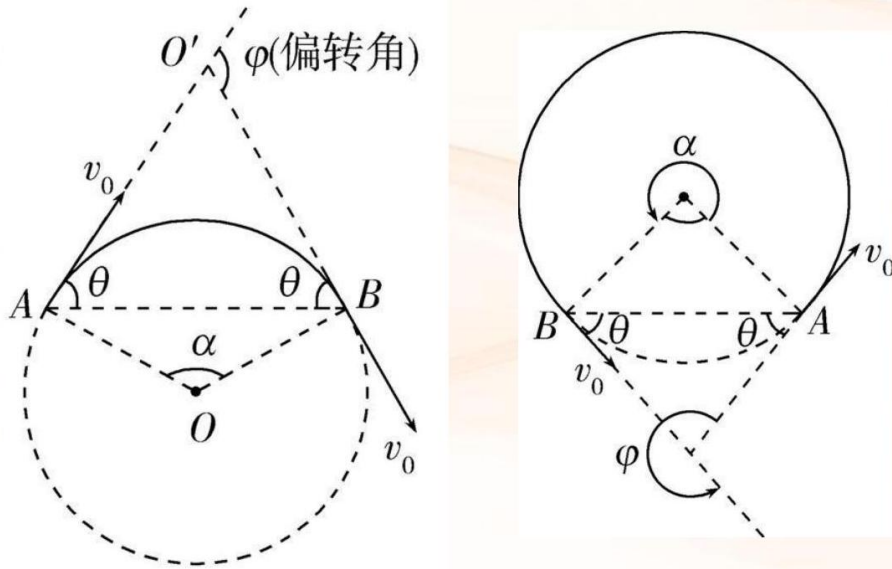
(1) 方法一：由圆心角求时间， $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ 。

(2) 方法二：由弧长求时间， $t = \frac{s}{v} = \frac{\theta r}{v}$ 。

2.3.7 知识拓展圆周运动中的几种角度关系

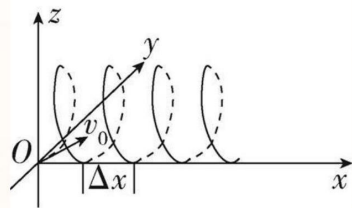
(1) 速度偏转角 φ 等于 \widehat{AB} 所对的圆心角 α 。

(2) 圆心角 α 与弦切角 θ 的关系: AB 为劣弧时, $\alpha = 2\theta$; AB 为优弧时, $\alpha = 360^\circ - 2\theta$ 。



典例 3 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。若带电的宇宙粒子射向北极, 北极地区的地磁场方向沿 x 轴正方向 (竖直向下), 越靠近北极地面, 磁场越强, 因为入射速度方向与地磁场方向不垂直, 故宇宙粒子的运动轨迹呈螺旋状, 相邻两个旋转圆之间的距离 Δx 称为螺距, 如图所示。不计空气阻力, 下列说法正确的是 ()

A. 越靠近北极地面, 粒子做圆周运动的半径越大



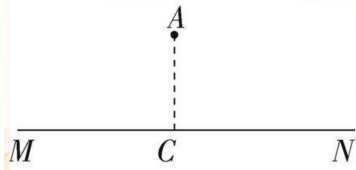
B. 若粒子带正电, 则在北极地区观察者看到的 "极光" 沿逆时针方向 (仰视) 旋转

C. 若宇宙粒子的速度方向与地磁场方向的夹角减小, 则旋转半径和螺距 Δx 均增大

D. 若宇宙粒子受空气阻力作用 (粒子所带的电荷量保持不变), 则旋转半径和螺距 Δx 均会越来越小

典例 4 (2025 届湖北宜荆荆恩 9 月起点考试) 如图所示, 与纸面垂直的接收屏 MN 上方空间存在匀强磁场, 磁场的磁感应强度大小为 B , 方向垂直纸面向外 (图中未画出)。在磁场中 A 点有一粒子源, 可沿纸面内各个方向不断地均匀发射质量为 m 、电荷量为 q 、速率相同的带正电粒子。粒子打到接收屏即被屏吸收, MN 足够长, $AC \perp MN$, C 点为垂足, $AC = d$, 不计粒子重力和粒子间的相互作用。求:

- (1) 若粒子的速度大小 $v_1 = \frac{qBd}{m}$ ，求粒子运动的轨道半径 r ；
 (2) 若粒子的速度大小 $v_1 = \frac{qBd}{m}$ ，求粒子运动到屏上的最短时间 t ；

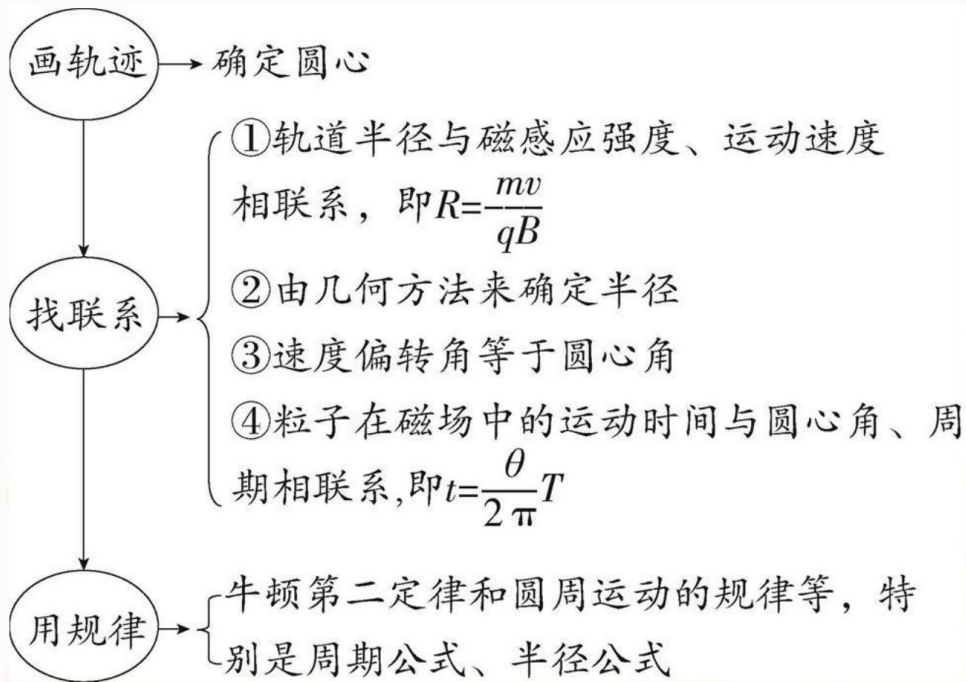


- (3) 若粒子的速度大小 $v_2 = \frac{2qBd}{3m}$ ，粒子打在屏上最左端的位置记为 P 点，最右端的位置记为 Q 点（图中均未画出），求 PC 的长度 x_1 和 QC 的长度 x_2 。

- (1) d
 (2) $\frac{\pi m}{3qB}$
 (3) $\frac{\sqrt{3}}{3}d$ 和 $\frac{\sqrt{7}}{3}d$

2.4 提分关键 · 方法提升

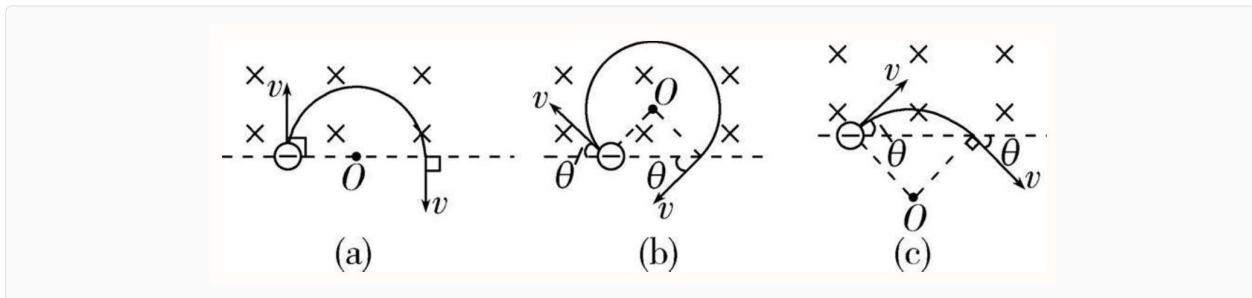
2.4.1 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的解题思路



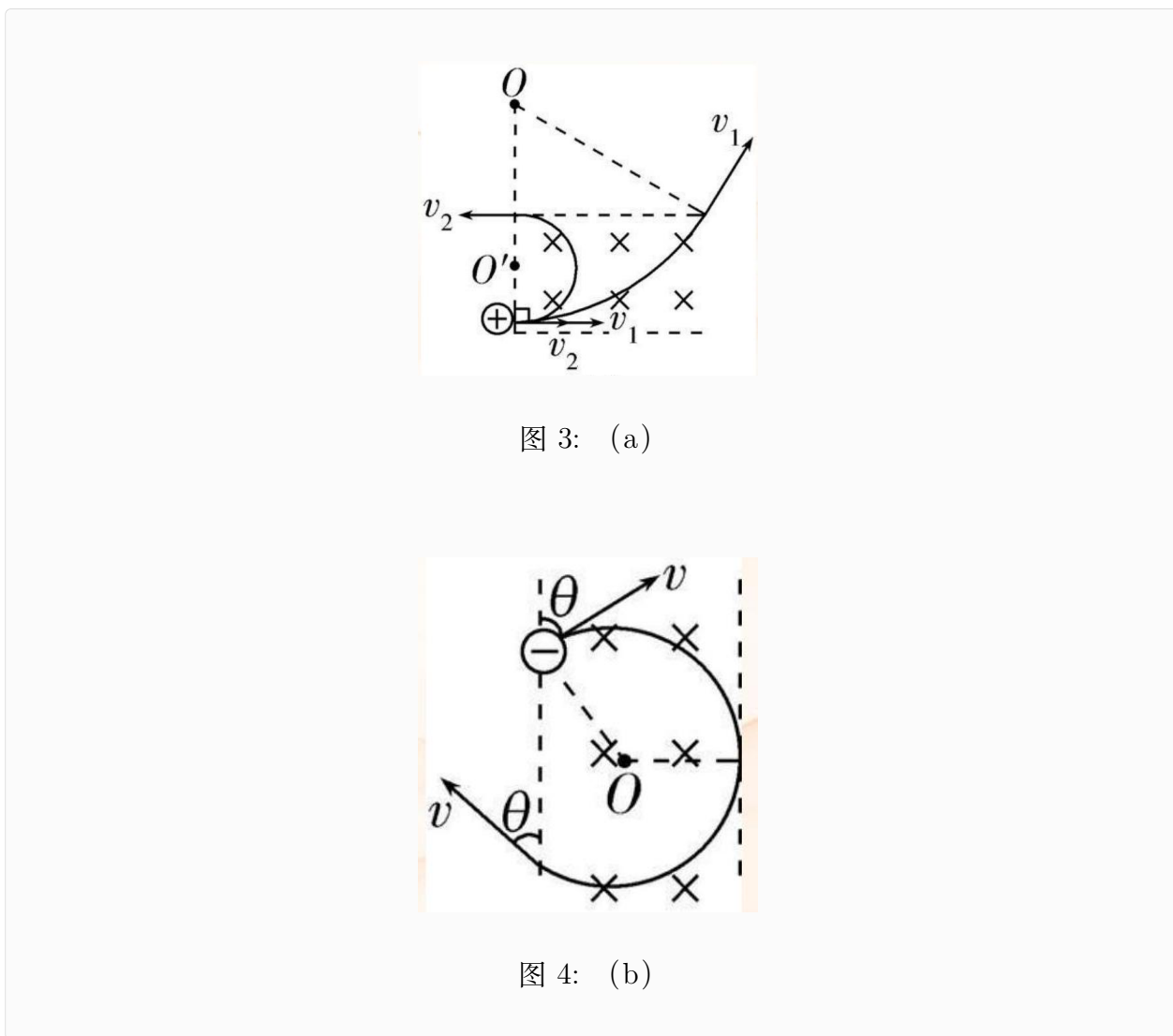
3 微专题 20 带电粒子在有界匀强磁场中的运动

3.1 题型 1 带电粒子在有界匀强磁场中的运动

3.1.1 直线边界 (进出磁场具有对称性, 如图所示)

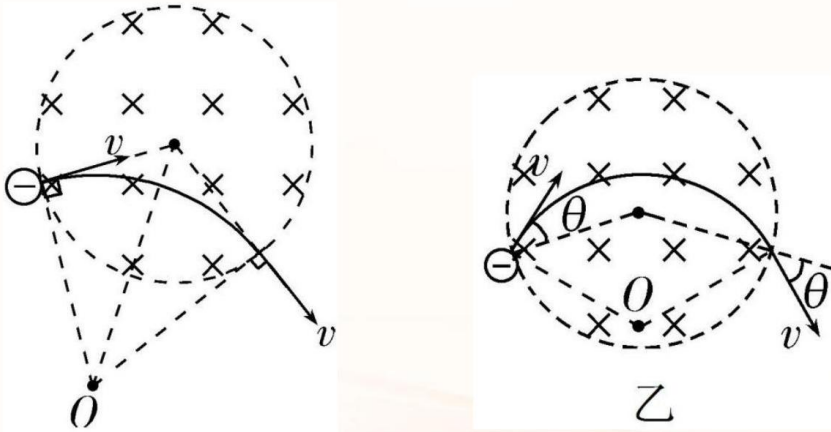


3.1.2 平行边界 (存在临界条件, 如图所示)



3.1.3 圆形边界

1. 沿径向射入必沿径向射出，如图甲所示。



甲

2. 等角进出：射入时粒子速度方向与圆形磁场半径的夹角为 θ ，射出磁场时速度方向与半径的夹角也为 θ ，如图乙所示。

3.1.4 多边形边界或角形边界

带电粒子在多边形边界或角形边界磁场中运动时，会有不同的临界情境，解答该类问题主要把握两点。

(1) 射入磁场的方式：(1) 从某顶点射入；(2) 从某边上某点以某角度射入。

(2) 射出点的判断：经常会判断是否会从某顶点射出。

(1) 当 $\alpha \leq \theta$ 时，可以过两磁场边界的交点，入射点到两磁场边界交点的距离 $d = 2R \sin \alpha$ ，如图甲所示。

(2) 当 $\alpha > \theta$ 时，不能通过两磁场边界的交点，粒子的运动轨迹会和另一个边界相切，如图乙所示。

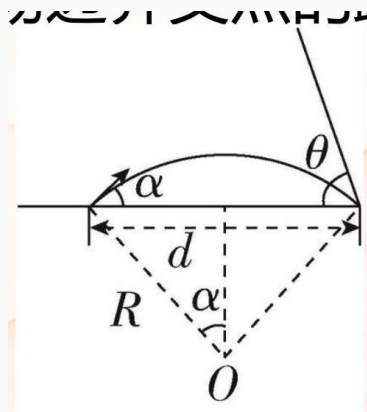


图 5: 甲

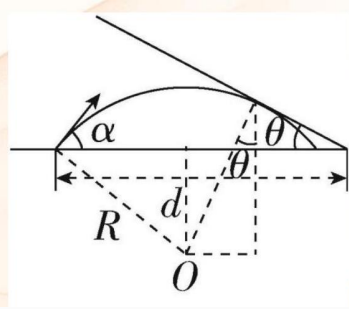
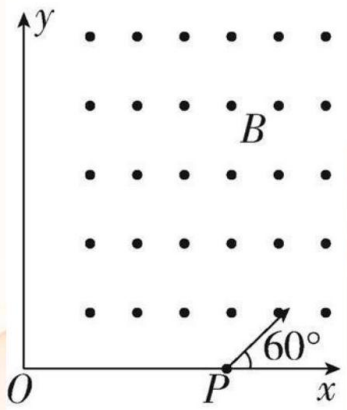


图 6: 乙

典例 1 (2024 届河南五市二模) 如图所示, 在第一象限内有垂直纸面向外的匀强磁场 (坐标轴上无磁场), 位于 x 轴上的 P 点有一粒子发射器, 沿与 x 轴正半轴成 60° 角方向发射不同速率的电子, 已知当速度为 v_0 时, 电子恰好从 O 点沿 y 轴负方向离开坐标系。下列说法正确的是 ()

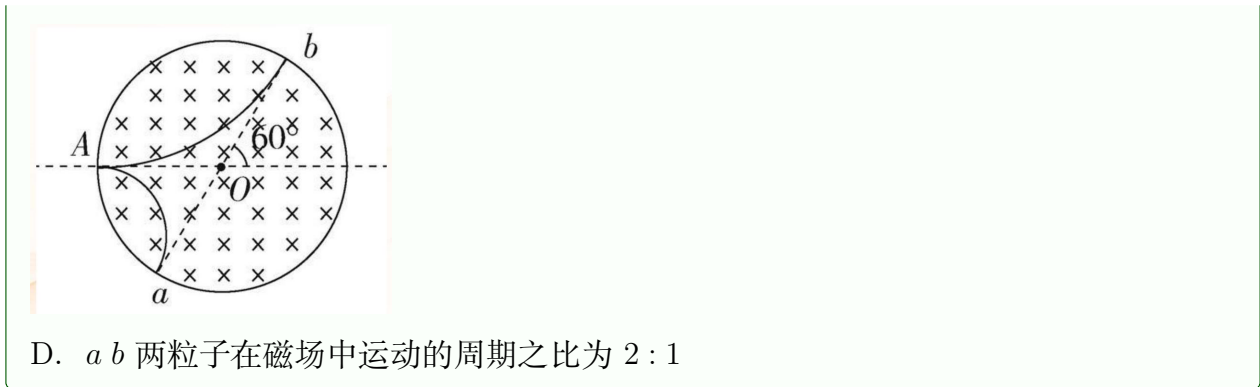
- A. 如果 $v > v_0$, 则电子速度越大, 在磁场中运动的时间越长
- B. 如果 $v > v_0$, 则电子速度越大, 在磁场中运动的时间越短
- C. 如果 $v < v_0$, 则电子速度越大, 在磁场中运动的时间越长



- D. 如果 $v < v_0$, 则电子速度越大, 在磁场中运动的时间越短

典例 2 (多选) 两个质量相同的带电粒子 a b , 从圆上 A 点沿 AO 方向进入垂直于纸面向里的圆形匀强磁场, O 点为圆心, 其运动轨迹如图所示, 两粒子离开磁场区域的出射点连线过圆心 O , 且与 AO 方向的夹角为 60° , 两粒子在磁场中运动的时间相等。不计粒子的重力, 则 ()

- A. a 粒子带负电, b 粒子带正电
- B. a b 两粒子在磁场中运动的速度大小之比为 $2:3$
- C. a b 两粒子的电荷量之比为 $1:3$

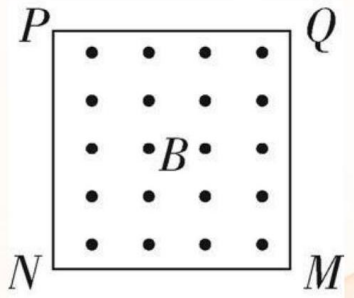


3.2 题型 2 带电粒子在有界匀强磁场中运动的多解问题

	图例	结论
带电粒子电性不确定		带电粒子以速度 v 垂直射入匀强磁场。如带正电，其轨迹为 a ；如带负电，其轨迹为 b
磁场方向不确定		带正电粒子以速度 v 垂直射入匀强磁场。若磁场方向垂直纸面向里，其轨迹为 a ；若磁场方向垂直纸面向外，其轨迹为 b
临界状态不一		粒子恰好从下极板左侧飞出，其轨迹为 a ；粒子恰好从下极板右侧飞出，其轨迹为 b
运动具有周期性		带电粒子在电场、磁场相接的空间运动时，往往具有周期性，因而形成多解

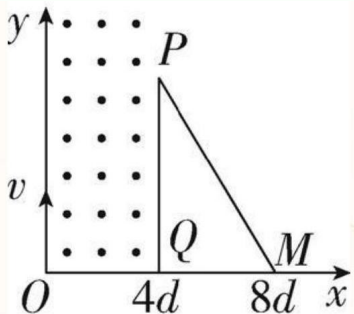
典例 3 (多选) 如图所示, 在边长为 L 的正方形 $PQMN$ 区域内存在垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场, 在 MN 边界放一刚性挡板, 粒子碰到挡板则能够以原速率弹回。一质量为 m 、带电荷量为 q 的粒子以某一速度垂直于磁场方向从 P 点射入磁场, 恰好从 Q 点射出。下列说法正确的是 ()

- A. 带电粒子一定带负电荷
 B. 带电粒子的速度最小值为 $\frac{qBL}{4m}$



- C. 若带电粒子与挡板碰撞, 则受到挡板作用力的冲量大小可能为 $\frac{5qBL}{2}$
 D. 带电粒子在磁场中运动时间可能为 $\frac{\pi m}{3qB}$

典例 4 如图所示, 在 xOy 平面内的第一象限内 $x = 4d$ 处竖直放置一长度 $L = 4\sqrt{3}d$ 的粒子吸收板 PQ , 在 PQ 板与 y 轴之间存在方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。在原点 O 处有一粒子源, 可以发射质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的带电粒子, 不计粒子的重力及粒子间的相互作用。



- (1) 若粒子源仅沿 y 轴正方向发射出大量不同速率的粒子, 求恰好击中 Q 点的粒子速率 v_{10}
 (2) 若粒子源仅沿 y 轴正方向发射出大量不同速率的粒子, 求能被吸收板 PQ 吸收的粒子速率 v 的范围。
 (3) 若在点 $M(8d, 0)$ 处放置一粒子回收器, 为回收恰好从 P 点进入 PQ 右侧区间的粒子, 在 PM 右侧加一方向垂直纸面向外的矩形匀强磁场 (图中未画出, 矩形边界处有磁场, 粒子一直在磁场中运动)。求此矩形磁场区域的最小面积 S_{\min} 和此类粒子从 O 点发射到进入回收器所用的时间 t 。

3.3 提分关键 · 规律总结

3.3.1 求解有界磁场中多解问题的技巧

- (1) 分析题目特点, 确定题目多解性形成的原因。
- (2) 作出粒子运动轨迹示意图 (全面考虑多种可能性)。
- (3) 若为周期性的多解问题, 寻找通项式; 若是出现几种周期性解的可能性, 注意每种解出现的条件。

4 微专题 21 磁场中的动态圆模型

4.1 题型 1 有界匀强磁场中的三类 " 动态圆 " 模型

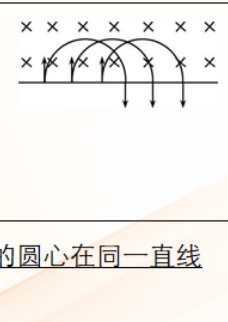
4.1.1 " 放缩圆 " 模型的应用

适用条件	速度方向一定, 大小不同	<p>粒子源发射速度方向一定、大小不同的带电粒子进入匀强磁场时, 这些带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹半径随速度大小的变化而变化。如图所示(图中只画出粒子带正电的情境), 速度 v 越大, 运动半径也越大</p> <p>轨迹圆的圆心共线: 可以发现这些带电粒子射入磁场后, 它们运动轨迹的圆心在垂直于初速度方向的直线 PP' 上</p>	
应用方法	以入射点 P 为定点, 圆心位于直线 PP' 上, 将半径放缩作轨迹圆, 从而探索出临界条件		

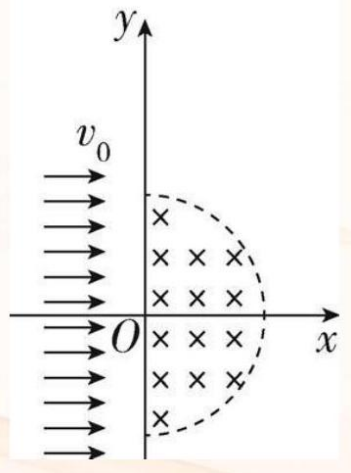
4.1.2 " 旋转圆 " 模型的应用

适用条件	速度大小一定, 方向不同	<p>粒子源发射速度大小一定、方向不同的带电粒子进入匀强磁场时, 它们在磁场中做匀速圆周运动的半径相同。若初速度为 v_0, 则轨迹半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$。如图所示(粒子带负电)</p> <p>轨迹圆的圆心共圆: 带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的圆心在以入射点 P 为圆心、半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$ 的圆上</p>	
应用方法	将一半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$ 的圆以入射点为圆心进行旋转, 从而探索粒子运动的临界条件		

4.1.3 "平移圆"模型的应用

适用条件	速度大小一定,方向一定,入射点在同一直线上	粒子源发射速度大小、方向一定,入射点不同,但在同一直线上的带电粒子进入匀强磁场时,它们做匀速圆周运动的半径相同,若入射速度大小为 v_0 ,则半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$,如图所示(粒子带负电)	
应用方法	将半径为 $R = \frac{mv_0}{qB}$ 的圆进行平移,从而探索粒子运动的临界条件		

典例 1 如图所示,在 xOy 平面的第 I、IV 象限内有一圆心为 O 、半径为 R 的半圆形匀强磁场,线状粒子源从 y 轴左侧平行于 x 轴正方向不断射出质量为 m 、电荷量为 q 、速度大小为 v_0 的带正电粒子。磁场的磁感应强度大小为 $\frac{mv_0}{2qR}$ 、方向垂直平面 xOy 向里。不考虑粒子间的相互作用,不计粒子受到的重力。所有从不同位置进入磁场的粒子中,在磁场中运动的时间最长为 ()



- A. $\frac{\pi R}{6v_0}$
 B. $\frac{\pi R}{4v_0}$
 C. $\frac{\pi R}{3v_0}$
 D. $\frac{\pi R}{2v_0}$

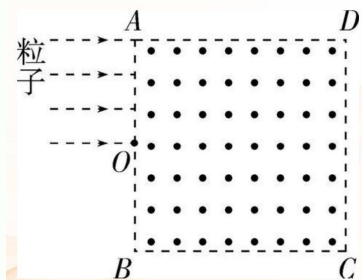
4.1.4 提分关键 • 规律总结

平移圆的适用条件:同源、同速率、同向、异点

此类粒子源能在同一平面内沿某一方向发射速率相同的同种带电粒子,圆周运动的轨迹相同,"多中找一",认真规范作出一个轨迹圆,移动该圆来寻找解题思路。

典例 2 (多选) 如图所示, 正方形 $ABCD$ 是匀强磁场的理想边界, 磁场的磁感应强度为 B , 正方形的边长为 L , O 是 AB 的中点, 在 AO 之间有水平向右的大量带正电的粒子进入磁场, 粒子进入磁场的速度范围为 $v_0 \leq v \leq 2v_0$, 粒子的比荷 $\frac{q}{m} = \frac{2v_0}{BL}$, 下列说法正确的有 (不计粒子间相互作用及粒子重力) ()

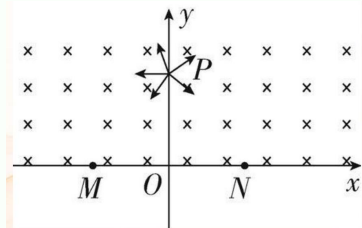
- A. 所有粒子全部从 BC 边射出
 B. 速度较大的粒子有可能从 CD 两点间射出
 C. 所有粒子在磁场中运动的最长时间是 $\frac{\pi L}{v_0}$



- D. 所有粒子在磁场中运动的最短时间是 $\frac{\pi L}{6v_0}$

典例 3 (2024 届河北邯郸三模) (多选) 如图所示, 在 x 轴上方存在磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向里的匀强磁场。 x 轴上放置一无限长挡板, 挡板上 MN 两点的坐标分别为 $(-\frac{l}{2}, 0)$ 和 $(\frac{l}{2}, 0)$, 坐标为 $(0, \frac{\sqrt{3}l}{2})$ 的 P 点存在一粒子源, 可以在 xOy 平面内向各个方向均匀发射速率为 v 、比荷为 $\frac{q}{m}$ 的带正电粒子, 不计粒子重力及粒子间相互作用。下列说法正确的是 ()

- A. 带电粒子在磁场中顺时针运动
 B. 若 $v = \frac{\sqrt{3}qBl}{2m}$, 则打在挡板上的粒子数占总数的 $\frac{1}{2}$
 C. 若 $v = \frac{\sqrt{3}qBl}{2m}$, 则挡板上有粒子打到的线段长度为 $\frac{(3+\sqrt{3})l}{2}$



- D. 若 $v = \frac{qBl}{2m}$, 将挡板撤去, 则 MN 之间各处均有粒子通过

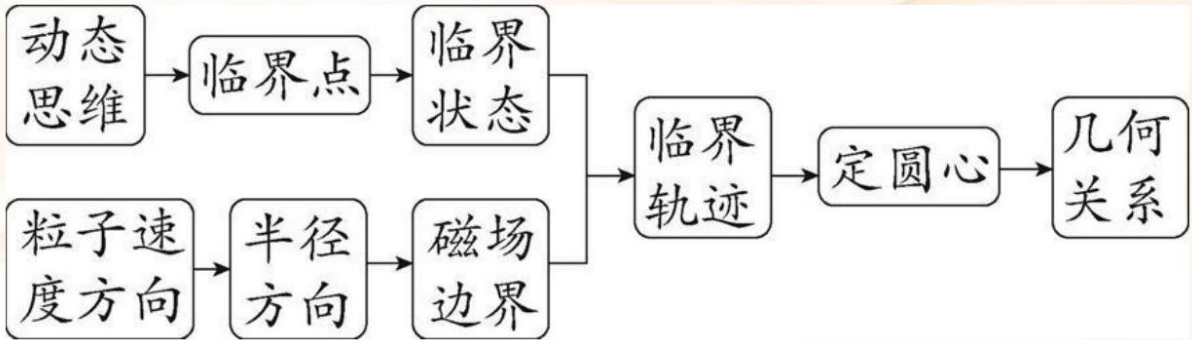
4.1.5 提分关键 · 方法提升

4.1.6 解决磁场中临界、极值问题的方法技巧

(1) 数学方法和物理方法结合。例如, "旋转圆"模型中粒子速度大小不变, 求粒子在磁场中运动的最短时间, 可以转换为求最小的弧长, 在轨迹为劣弧的情况下, 弧长越小则弦长越短, 进一步转换为确定最小弦长; "放缩圆"模型中粒子速度方向不变, 求粒子在磁场中运动的最短时间, 可以转换为求最小的圆心角, 圆心角等于弦切角的两倍,

所以确定最小的圆心角可以进一步转换为确定最小的弦切角。

(2) 一个 " 解题流程 " 突破临界问题



(3) 从关键词寻找突破口：题干中常用 " 恰好 " " 最大 " " 至少 " " 不相撞 " " 不脱离 " 等词语对临界状态给予暗示，审题时，一定要抓住这些特定的词语，挖掘其隐含的规律，找出临界条件。

4.2 题型 2 磁聚焦和磁发散模型

4.2.1 " 磁聚焦 " 模型

1. 现象：如图甲所示，大量的同种带正电的粒子，速度大小相同，平行入射到圆形磁场区域，如果轨迹圆半径与磁场圆半径相等，则所有的带电粒子将从磁场圆的最低点 B 射出。
2. 条件：轨迹圆半径等于磁场圆半径。
3. 证明：四边形 $OAO'B$ 为菱形，必是平行四边形，对边平行， OB 必平行于 AO' （即竖直方向），可知从 A 点进入磁场的带电粒子必然经过 B 点。

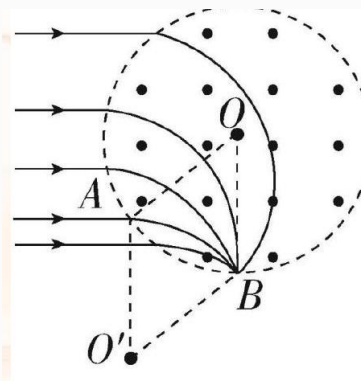


图 7: 甲

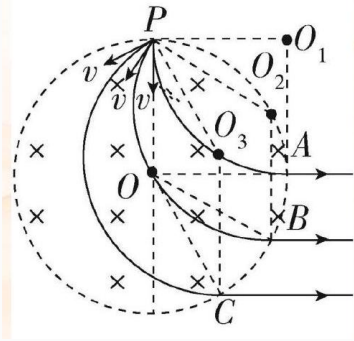
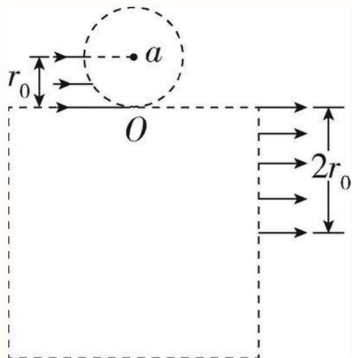


图 8: 乙

4.2.2 "磁发散"模型

1. 现象：如图乙所示，大量的同种带正电的粒子，从 P 点以大小相等的速度沿不同方向射入有界磁场，如果轨迹圆半径与磁场圆半径相等，则所有粒子射出磁场时的速度方向平行。
2. 条件：轨迹圆半径等于磁场圆半径。
3. 证明：所有粒子运动轨迹的圆心与磁场圆的圆心 O 、入射点、出射点的连线均为菱形，也是平行四边形， $O_1A O_2B O_3C$ 均平行于 PO ，即出射速度方向相同（水平方向）。

典例 4（多选）利用磁聚焦和磁控束可以改变一束平行带电粒子的宽度，人们把此原理运用到薄膜材料制备上，使芯片技术得到飞速发展。如图所示，宽度为 r_0 的带正电粒子流水平向右射入半径为 r_0 的圆形匀强磁场区域，磁感应强度大小为 B_0 ，这些带电粒子都将从磁场圆上 O 点进入正方形区域，正方形过 O 点的一边与半径为 r_0 的磁场圆相切。在正方形区域内存在一个面积最小的匀强磁场区域，使会聚到 O 点的粒子经过该磁场区域后宽度变为 $2r_0$ ，且粒子仍沿水平向右射出，不考虑粒子间的相互作用及粒子的重力。下列说法正确的是（ ）



- A. 正方形区域中匀强磁场的磁感应强度大小为 $2B_0$ ，方向垂直纸面向里
- B. 正方形区域中匀强磁场的磁感应强度大小为 $\frac{1}{2}B_0$ ，方向垂直纸面向里
- C. 正方形区域中匀强磁场的最小面积为 $2(\pi - 2)r_0^2$
- D. 正方形区域中匀强磁场的最小面积为 $\frac{\pi - 2}{2}r_0^2$

5 微专题 22 洛伦兹力与现代科技

5.1 题型 1 带电粒子在现代科技中的四种应用

	原理图	规律
速度选择器		若 $qv_0B = Eq$, 即 $v_0 = \frac{E}{B}$, 粒子做匀速直线运动
磁流体发电机		等离子体射入, 受洛伦兹力偏转, 使两极板分别带正、负电, 两极板间电压为 U 时稳定, $q \frac{U}{d} = qv_0B$, $U = v_0Bd$
电磁流量计		当 $q \frac{U}{d} = qvB$ 时, 有 $v = \frac{U}{Bd}$, 流量 $Q = Sv$ $= \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \frac{U}{Bd} = \frac{\pi dU}{4B}$
霍尔元件		在匀强磁场中放置一个矩形截面的载流导体, 当磁场方向与电流方向垂直时, 导体在与磁场、电流方向都垂直的方向上出现了电势差。这个现象称为霍尔效应

典例 1 如图为磁流体发电机的示意图, 间距为 d 的平行金属板 AB 之间的磁场可看成匀强磁场, 磁感应强度大小为 B , 板 AB 和电阻 R 连接, 将一束等离子体以速度 v 沿垂直于磁场的方向喷入磁场, 已知金属板 AB 的正对面积为 S , AB 及其板间的等离子体的等效电阻率为 ρ , 下列说法正确的是 ()

- A. 金属板 A 为正极
- B. 电阻 R 两端的电压为 $\frac{BdvSR}{\rho d + RS}$
- C. 电阻 R 两端的电压为 Bdv

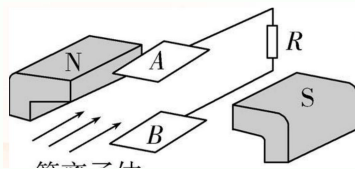


图 9: 等离子体

D. 流过电阻 R 的电流大小为 $\frac{Bdv}{R}$

典例 2 利用霍尔效应制作的霍尔元件，广泛应用于测量和自动控制等领域。图 1 是霍尔元件的工作原理示意图，当通入图 1 所示方向的电流 I ，在 CD 两侧面就会出现电势差，称为霍尔电压。自行车的速度计的工作原理主要依靠的就是安装在自行车前轮上的一块磁铁，如图 2 所示，当磁铁靠近霍尔传感器（装有霍尔元件）最近时，通过传感器的磁场可视为匀强磁场。车轮每转一圈，磁铁就靠近霍尔传感器一次，传感器就会输出一个脉冲电压。霍尔传感器的供电电源使其保持恒定电流。若自行车前轮的半径为 R 、磁铁到轴的距离为 r ，下列说法正确的是 ()

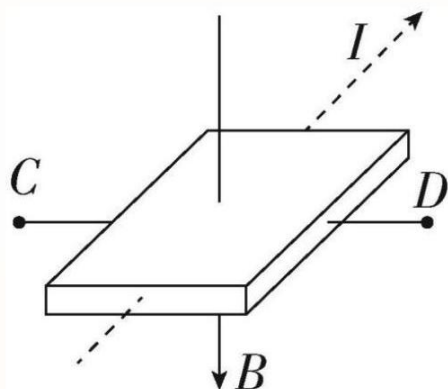


图 1

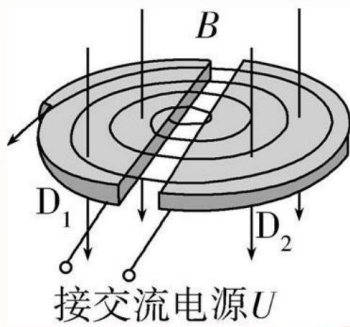


图 2

- A. 车速越大，霍尔电压越大
- B. 当磁铁逐渐靠近霍尔传感器时，霍尔电压逐渐变小
- C. 若前轮顺时针转动时 $\varphi_C > \varphi_D$ ，则前轮逆时针转动时 $\varphi_C < \varphi_D$
- D. 若骑行过程中单位时间测得的脉冲数为 N ，此时的骑行速度为 $2\pi NR$

5.2 题型 2 回旋加速器

1. 构造：如图所示， $D_1 D_2$ 是半圆金属盒， $D_1 D_2$ 处于匀强磁场中，缝隙处接交流电源。
2. 原理：交流电源的周期和粒子做圆周运动的周期相等，使粒子每经过一次 D 形盒之间的缝隙，均被加速一次。
3. 最大动能：由 $qv_m B = \frac{mv_m^2}{R}$ $E_{km} = \frac{1}{2}mv_m^2$ 得 $E_{km} = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$ ，粒子获得的



最大动能由磁感应强度 B 和 D 形盒的半径 R 决定，与加速电压无关。

4. 总时间：粒子在磁场中运动一个周期，被电场加速两次，每次增加动能 qU ，加速次数 $n = \frac{E_{km}}{qU}$ ，粒子在磁场中运动的总时间 $t = \frac{n}{2}T = \frac{E_{km}}{2qU} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi BR^2}{2U}$ （忽略粒子在缝隙中运动的时间）。

典例 3（多选）回旋加速器的原理图如图所示，由两个半径均为 R 的 D 形盒组成，D 形盒间缝隙处加周期性变化的电压，电压有效值为 U ，D 形盒所在处有垂直于盒面向下的磁场，磁感应强度的大小为 B 。一个质量为 m 、电荷量为 q 的粒子在加速器中被加速，则（ ）

- A. 粒子每次经过 D 形盒之间缝隙动能增加 qU
- B. 粒子每次经过 D 形盒之间缝隙速度增大 $\frac{qU}{m}$
- C. 粒子以速度 v 在 D 形盒内运动半圈后动能增加 $2qvBR$
- D. 粒子离开 D 形盒时的动能为 $\frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$

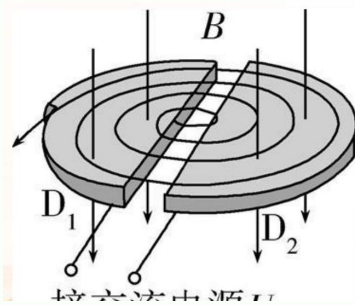


图 10: 接交流电源 U

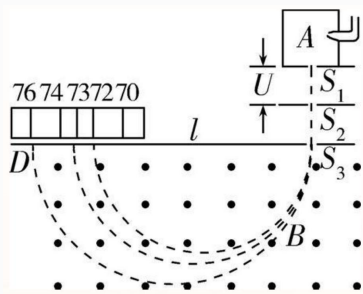
5.3 题型 3 质谱仪

5.3.1 1. 原理图（如图所示）

5.3.2 2. 物理分析

- (1) 加速电场： $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 。
- (2) 偏转磁场： $qvB = \frac{mv^2}{r}$, $l = 2r$ 。

(3) 由 (1) (2) 可得 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$, $m = \frac{qr^2 B^2}{2U}$, $\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$ 。

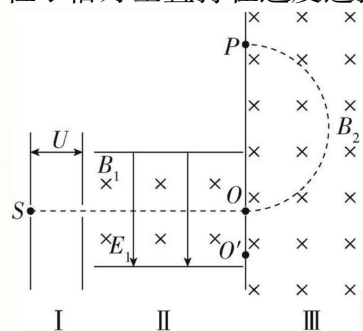


典例 4 (2024 甘肃, 15,17 分) 质谱仪是科学研究中的重要仪器, 其原理如图所示。I 为粒子加速器, 加速电压为 U ; II 为速度选择器, 匀强电场的电场强度大小为 E_1 , 方向沿纸面向下, 匀强磁场的磁感应强度大小为 B_1 , 方向垂直纸面向里; III 为偏转分离器, 匀强磁场的磁感应强度大小为 B_2 , 方向垂直纸面向里。从 S 点释放初速度为零的带电粒子 (不计重力), 加速后进入速度选择器做直线运动, 再由 O 点进入分离器做圆周运动, 最后打到照相底片的 P 点处, 运动轨迹如图中虚线所示。

(1) 粒子带正电还是负电? 求粒子的比荷。

(2) 求 O 点到 P 点的距离。

(3) 若速度选择器 II 中匀强电场的电场强度大小变为 E_2 (E_2 略大于 E_1), 方向不变, 粒子恰好垂直打在速度选择器右挡板的 O' 点上。求粒子打在 O' 点的速度大小。

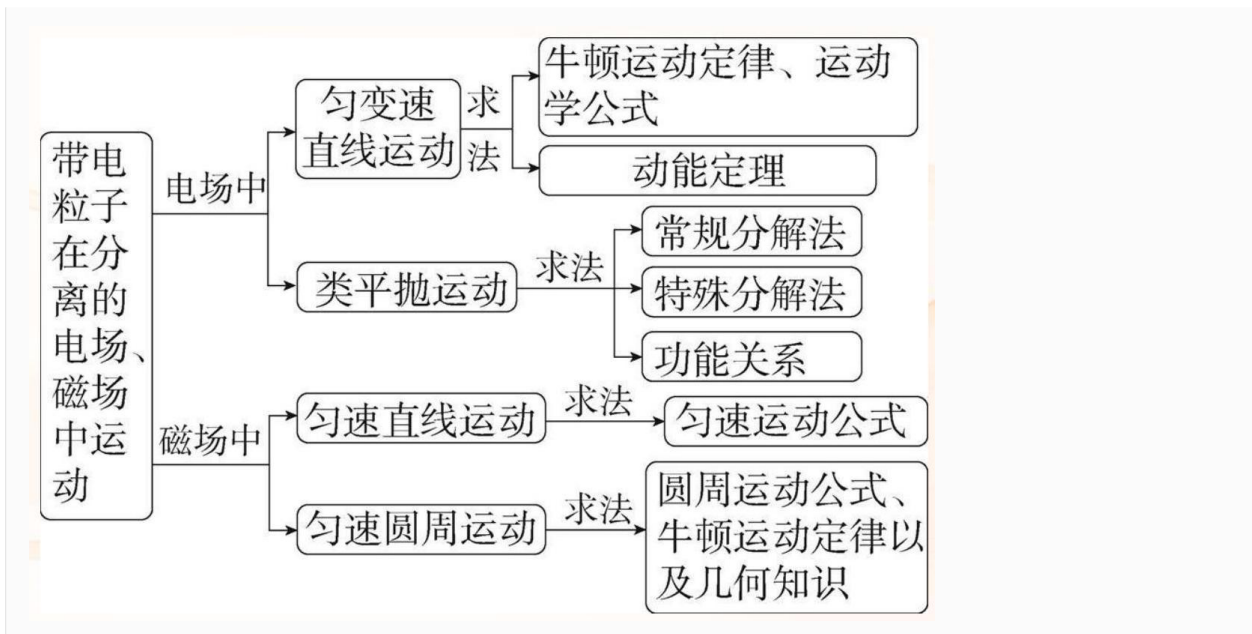


6 微专题 23 带电粒子在组合场中的运动

1. 组合场: 电场与磁场各位于一定的区域内, 并不重叠, 或在同一区域, 电场、磁场交替出现。

2. 带电粒子在组合场中运动的分析思路 (1) 粒子按照时间顺序进入不同的区域可分成几个不同的阶段。

(2) 受力分析和运动分析, 主要涉及两种典型运动, 具体运动形式和应用的物理规律如下。

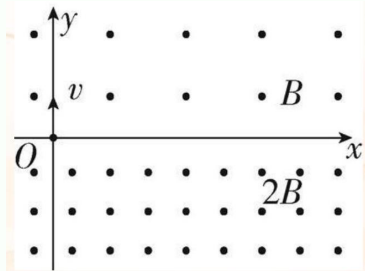


6.1 题型 1 磁场与磁场的组合

磁场与磁场的组合问题实质就是带电粒子在两个有界磁场中做圆周运动的问题，带电粒子在两个磁场中运动的速度大小相同，但轨迹半径和运动周期往往不同。解题时要充分利用两段圆弧轨迹的衔接点与两圆心共线的特点，进一步寻找边角关系。

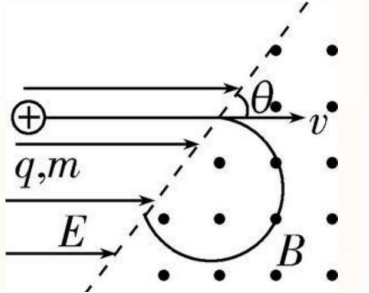
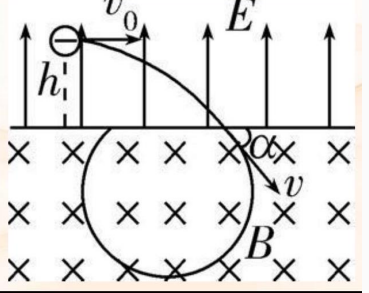
典例 1 (2024 届重庆三模) 如图所示，整个空间存在两个垂直 Oxy 平面向外的匀强磁场， x 轴为两磁场的边界，磁感应强度大小分别为 B $2B$ 。甲、乙两带正电粒子同时从坐标原点 O 沿 y 轴正方向射入磁场，速度大小均为 v 。已知甲、乙两粒子的质量分别为 m 、 $2m$ ，电荷量均为 q ，不考虑粒子间的相互作用和粒子重力影响。求：

- (1) 甲粒子从 O 点射入磁场至到达 x 轴上 $x = \frac{mv}{qB}$ 处的平均速度大小；
- (2) 甲、乙两粒子从 O 点射入磁场至第一次相遇所经过的时间。

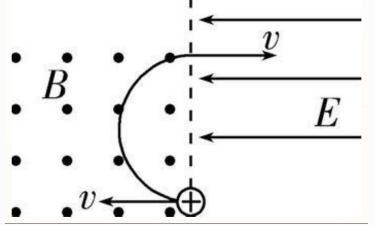
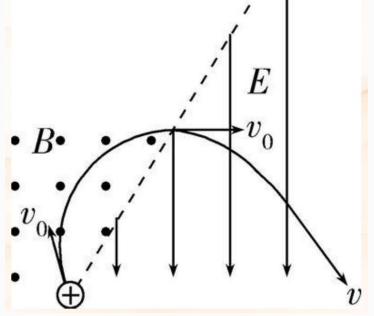


6.2 题型 2 电场与磁场的组合

6.2.1 从电场进入磁场

<p>电场中：匀变速直线运动 ↓ 磁场中：匀速圆周运动</p>	
<p>电场中：类平抛运动 ↓ 磁场中：匀速圆周运动</p>	

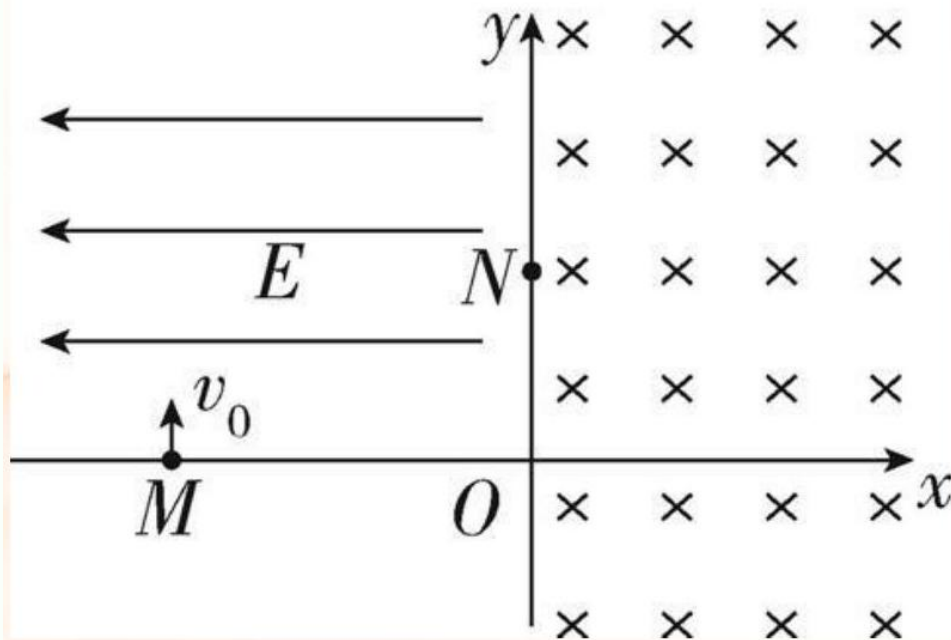
6.2.2 从磁场进入电场

<p>磁场中：匀速圆周运动 ↓ v 与 E 同向或反向 电场中：匀变速直线运动</p>	
<p>磁场中：匀速圆周运动 ↓ v_0 与 E 垂直 电场中：类平抛运动</p>	

典例 2 (2025 届河北邢台邢襄联盟开学考) 如图所示, 在平面直角坐标系 Oxy 内, 第 II 象限中存在沿 x 轴负方向的匀强电场, 第 I、IV 象限存在垂直坐标平面向里的匀强磁场。一个质量为 m 、电荷量为 $-q(q > 0)$ 的带电粒子从 x 轴上的 M 点沿 y 轴正方向以初速度 v_0 射入电场后, 第一次从 y 轴上的 N 点离开电场, 经过磁场偏转一次后恰

好通过坐标原点 O 。 M 点的坐标为 $(-2l, 0)$, N 点的坐标为 $(0, l)$, 粒子所受重力不计。

- (1) 求匀强电场的电场强度大小 E ;
- (2) 求匀强磁场的磁感应强度大小 B ;
- (3) 若带电粒子从 x 轴上的任意一点 K 射入电场, 射入的速度大小、



方向均不变, 试证

明粒子第二次经过 y 轴时均通过坐标原点 O 。

7 微专题 24 带电粒子在叠加场中的运动

7.1 题型带电粒子在叠加场中的运动

叠加场: 重力场、电场、磁场并存, 或其中两场并存于同一区域内。

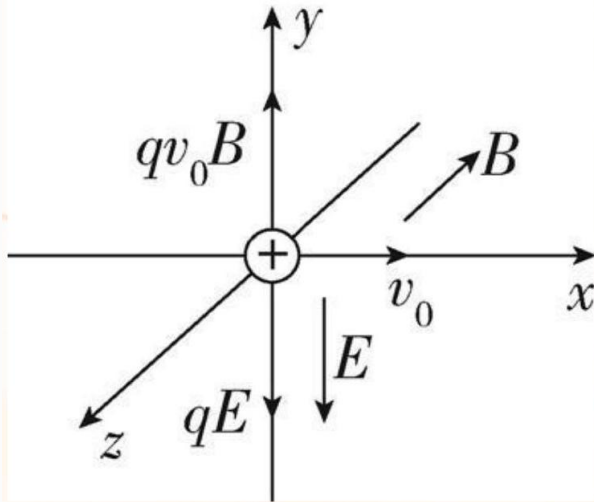
7.1.1 三种场的比较

	力的特点	功和能的特点
重力场	大小: $G=mg$ 方向: 竖直向下	重力做功与路径无关 重力做功改变物体的重力势能
电场	大小: $F=qE$ 方向: 正(负)电荷受力方向与场强方向相同(相反)	静电力做功与路径无关 $W=qU$ 静电力做功改变带电物体的电势能
磁场	大小: $F=qvB(v \perp B)$ 方向: 可用左手定则判断	洛伦兹力不做功, 不改变带电粒子的动能

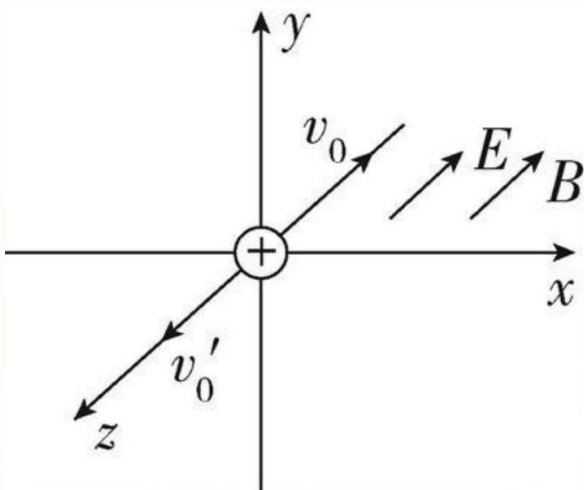
7.1.2 带电粒子在叠加场中的运动形式

直线运动、匀速圆周运动、类平抛运动（匀变速曲线运动）、摆线运动和螺旋线运动等。

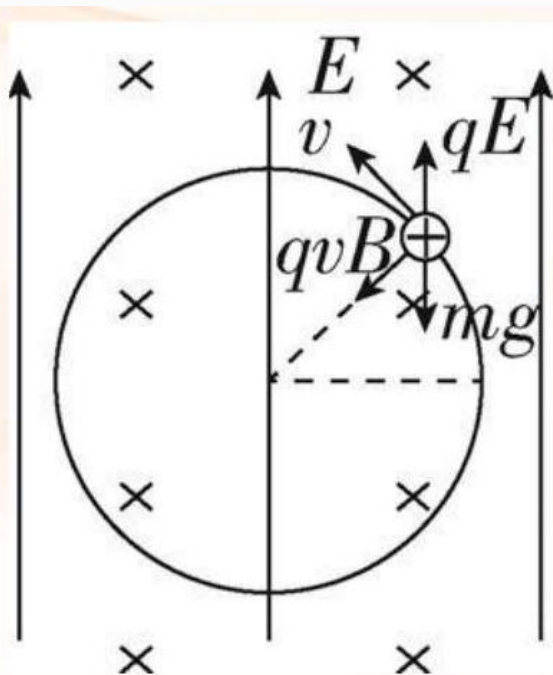
1. 匀速直线运动：不计重力，当静电力与洛伦兹力平衡时，粒子做匀速直线运动（即速度选择器模型），如图所示。



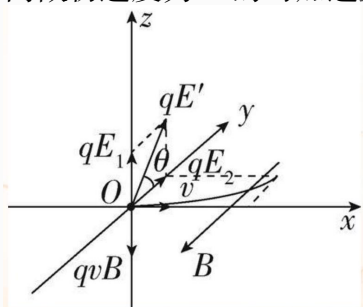
2. 匀变速直线运动：不计重力，当电场方向、磁场方向、初速度方向均共线，即 $v_0 // E // B$ 时，粒子做匀变速直线运动，如图所示。



3. 匀速圆周运动：当静电力与重力平衡时，粒子所受合力等于洛伦兹力，则粒子做匀速圆周运动。

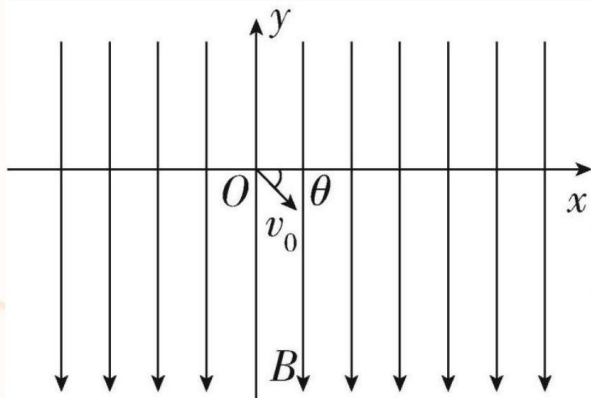


4. 类平抛运动：如图所示，磁场平行于 y 轴方向，将电场场强分解为沿 z 轴方向的分量 E_1 和沿 y 轴方向的分量 E_2 ，带电荷量为 $+q$ 的粒子初速度 v 沿 x 轴正方向，不计粒子的重力，当满足 $qvB = qE_1$ 时，粒子在 x 轴方向做匀速直线运动，同时在 y 轴方向做初速度为 0 的匀加速直线运动，则其合运动为类平抛运动（匀变速曲线运动）。



5. 等距螺旋线运动

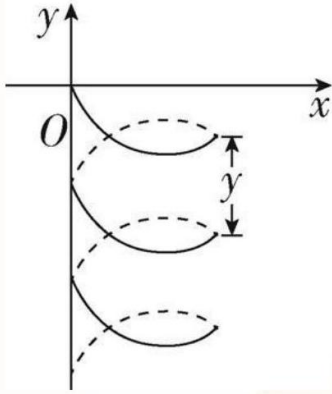
如图 1 所示，一电荷量为 $+q$ 、质量为 m 的带电粒子（不计重力）静置于直角坐标系 xOy 坐标原点 O 处，整个空间处于竖直向下、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中。现给粒子一在 xOy 平面与 x 轴夹角为 θ 斜向下的初速度 v_0 ，



因为粒子的速度与磁场方向不垂直，所以将初速度 v_0 分别沿平行于磁场和垂直于磁场的方向进行分解，带电粒子在垂直于磁场方向上的分速度大小 $v_x = v_0 \cos \theta$ 带电粒子所受洛伦兹力的大小

$$F_{洛} = qv_x B$$

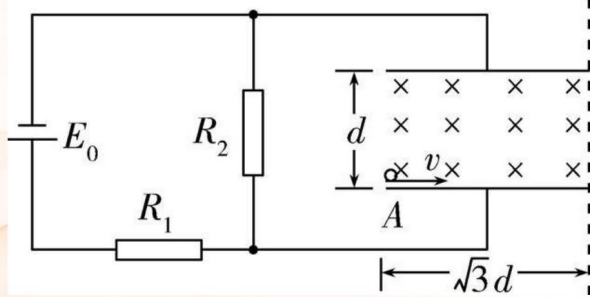
该力提供粒子在水平面内做匀速圆周运动的向心力，即 $qv_x B = m \frac{v_x^2}{R}$



粒子的合运动为等距螺旋线运动，如图 2 所示，粒子在磁场中回转一圈所前进的距离即螺距， $y = v_y T = \frac{2\pi m v_0 \sin \theta}{qB}$ 。

典例 1 如图，两个定值电阻的阻值分别为 R_1 和 R_2 ，直流电源的内阻不计，平行板电容器两极板水平放置，板间距离为 d ，板长为 d ，极板间存在方向水平向里的匀强磁场。质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的小球以初速度 v_0 沿水平方向从电容器下极板左侧边缘 A 点进入电容器，做匀速圆周运动，恰从电容器上极板右侧边缘离开电容器。此过程中，小球未与极板发生碰撞，重力加速度大小为 g ，忽略空气阻力。

- (1) 求直流电源的电动势 E_0 ；
- (2) 求两极板间磁场的磁感应强度大小 B ；
- (3) 在图中虚线的右侧设计一匀强电场，使小球离开电容器后沿直线运动，求电场强度的最小值 E' 。



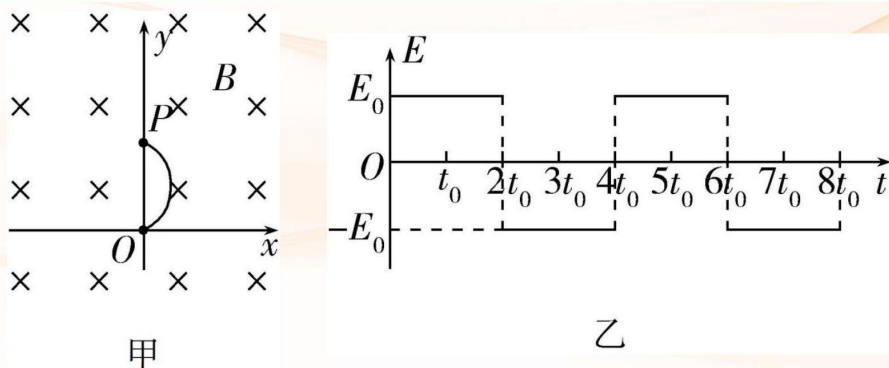
器后沿直线运动，求电场强度的最小值 E' 。

典例 2 如图甲所示，空间存在匀强磁场和匀强电场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于 Oxy 平面向里，电场强度大小 E 随时间 t 周期性变化的规律如图乙所示 (E_0 未知)，方向平行于 Oxy 平面 (图中未画出)。 $t = 0$ 时刻，一电荷量为 $+q$ 、质量为 m 的粒子 M ，从 O 点由静止释放进入第一象限，运动到离 y 轴的最远距离为 x_0 时，加速度大

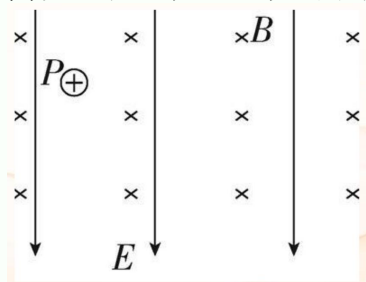
小 $a = \frac{q^2 B^2 x_0}{2m^2}$ ， t_0 时刻粒子运动到 y 轴上 P 点，速度恰好为 0，不计粒子重力。

(1) 求粒子从 O 点运动到 P 点的过程中电场力做的功 W ，并判断 $0 \sim 2t_0$ 时间内电场的方向；

(2) 求粒子离 y 轴最远时的速度大小 v 及粒子经过 P 点的时刻。



典例 3 如图所示，存在一叠加场，包含方向垂直纸面向里的匀强磁场（磁感应强度大小为 B ）和方向竖直向下的匀强电场（电场强度大小为 E ），有一质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的粒子（不计重力）由 P 点无初速度释放，求粒子运动轨迹的最低点与 P 点的高度差以及粒子运动到最低点时的速度大小。



7.1.3 提升关键 • 方法提升

7.1.4 应用配速法的几种常见情况

常见情况	处理方法
<p>初速度为0,有重力</p>	<p>把初速度0分解为v_1和v_2,v_1和v_2大小相等,且满足$qv_2B = mg$,则粒子的运动可看作以v_2做匀速直线运动和以v_1做匀速圆周运动的合运动</p>
<p>初速度为0,不计重力</p>	<p>把初速度0分解为v_1和v_2,v_1和v_2大小相等,且满足$qv_2B = qE$,则粒子的运动可看作以v_2做匀速直线运动和以v_1做匀速圆周运动的合运动</p>
<p>初速度为0,有重力</p>	<p>把初速度0分解为v_1和v_2,v_1和v_2大小相等,且满足qv_1B与重力及静电力的合力平衡,则粒子的运动可看作以v_1做匀速直线运动和以v_2做匀速圆周运动的合运动</p>