

带电粒子在组合场中的运动

【教材分析】

本节内容属于带电粒子在组合场中的运动，介绍了带电粒子在组合场中运动的处理方法以及带电粒子在组合场中的运动：“磁偏转”和“电偏转”的区别。

【教学目标与核心素养】

物理观念：知道带电粒子在组合场中的运动，会解决带电粒子运动的相关问题。

科学思维：通过带电粒子在组合场中的运动分析，体会物理模型在探索自然规律中的作用。

科学探究：了解带电粒子在组合场中的运动，知道其工作原理，会解决带电粒子运动的相关问题。

科学态度与责任：通过带电粒子在组合场中的运动在实际生活中的应用，体会科学技术对社会发展的促进作用。

【教学重难点】

教学重点：带电粒子在组合场中运动的处理方法。

教学难点：“磁偏转”和“电偏转”的区别。

【教学设计】

考点一：带电粒子在叠加场中运动的处理方法

(1) 弄清叠加场的组成特点。

(2) 正确分析带电粒子的受力及运动特点。

(3) 画出粒子的运动轨迹，灵活选择不同的运动规律。

①若只有两个场，合力为零，则表现为匀速直线运动或静止状态。

②若受三种场力时，合力为零，粒子做匀速直线运动，其中洛伦兹力 $F=qvB$ 的方向与速度 v 的方向垂直。

③若三场共存时，粒子做匀速圆周运动时，则有 $mg=qE$ ，粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动，即 $qvB=m\frac{v^2}{r}$ 。

④当带电粒子做复杂的曲线运动或有约束的变速直线运动时，一般用动能定理或能量守恒定律求解。

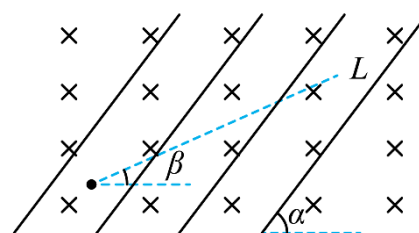
考点二：带电粒子在组合场中的运动：“磁偏转”和“电偏转”

	粒子垂直进入磁场 (磁偏转)	粒子垂直进入电场 (电偏转)
情景图		
受力	洛伦兹力 $F_B = qv_0B$, 大小不变、方向始终与 v_0 垂直	电场力 $F_E = qE$, 大小、方向不变, 为恒力
运动规律	匀速圆周运动 $r = \frac{mv_0}{qB}$, $T = \frac{2\pi m}{qB}$	类平抛运动 $v_x = v_0$, $v_y = \frac{qE}{m}t$ $x = v_0t$, $y = \frac{qE}{2m}t^2$, $\theta = \arctan \frac{v_y}{v_x} < \frac{\pi}{2}$
运动时间	$t = \frac{\theta}{2\pi}T = \frac{\theta m}{qB}$	$t = \frac{L}{v_0}$, 具有等时性
动能	洛伦兹力不做功, 粒子动能保持不变	电场力做正功, 粒子动能增加
处理方法	结合圆的几何关系及圆周运动规律	运动的合成与分解, 类平抛运动的规律

题型一：带电粒子在含磁场的复合场中做直线运动

1. 如图所示, 实线表示在竖直平面内的电场线, 电场线与水平方向成 α 角, 水平方向的匀强磁场与电场正交, 有一带电液滴沿虚线 L 斜向上做直线运动, L 与水平方向成 β 角, 且 $\alpha > \beta$, 则下列说法中正确的是 ()

- A. 液滴一定做匀减速直线运动
- B. 液滴一定做匀加速直线运动
- C. 电场方向一定斜向上
- D. 液滴一定带负电

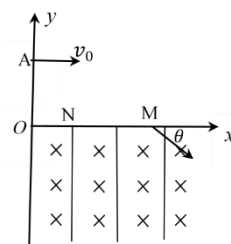


题型二：带电粒子在含磁场的复合场（电磁场和重力场）中做匀速圆周运动

2. 如图所示, 直角坐标系 xoy 位于竖直平面内, 在水平的 x 轴下方存在匀强磁场和匀强电场, 磁场的磁感应强度为 B , 方向垂直 xoy 平面向里, 电场线平行于 y 轴。一质量为 m 、电荷量为 q 的带负电荷的小球, 从 y 轴上的 A 点水平向右抛出。经 x 轴上的 M 点进入电场和磁场, 恰能做匀速圆周运动, 从 x 轴上的 N 点第一次离开电场和磁场, MN 之间的距离

为 L ，小球过 M 点时的速度方向与 x 轴正方向夹角为 θ 。不计空气阻力，重力加速度为 g ，求：

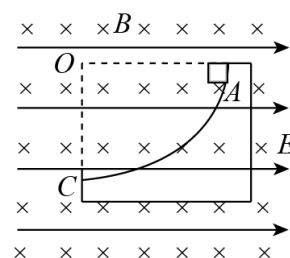
- (1) 电场强度 E 的大小和方向；
- (2) 小球从 A 点抛出时初速度 v_0 的大小；
- (3) A 点到 x 轴的高度 h 。



题型三：带电粒子在含磁场的复合场（电磁场和重力场）中做变速圆周运动

3. 如图所示，质量为 $m=2\text{ kg}$ 、电荷量为 $q=0.1\text{ C}$ 的带正电的小滑块，从半径为 $R=0.9\text{ m}$ 的光滑绝缘 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道上由静止自 A 端滑下。整个装置处在方向互相垂直的匀强电场与匀强磁场中。已知 $E=100\text{ V/m}$ ，方向水平向右， $B=10\text{ T}$ ，方向垂直纸面向里， $g=10\text{ m/s}^2$ 。求：

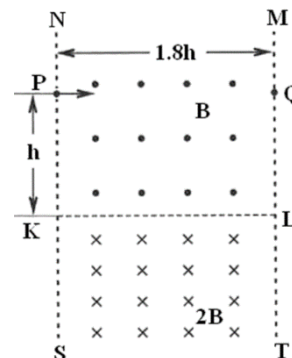
- (1) 滑块到达 C 点时的速度大小；
- (2) 在 C 点时轨道对滑块的作用力。



题型四：带电粒子在含磁场和电场的复合场中做旋进运动

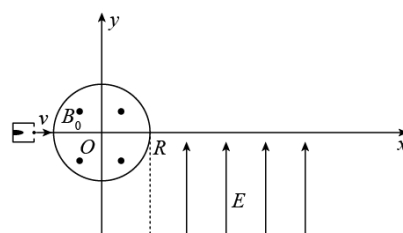
4. 如图所示，在无限长的竖直边界 NS 和 MT 间充满匀强电场，同时该区域上、下部分分别充满方向垂直于 $NSMT$ 平面向外和向内的匀强磁场，磁感应强度大小分别为 B 和 $2B$ ， KL 为上下磁场的水平分界线，在 NS 和 MT 边界上，距 KL 高 h 处分别有 P 、 Q 两点， NS 和 MT 间距为 $1.8h$ 。质量为 m 、带电量为 $+q$ 的粒子从 P 点垂直于 NS 边界射入该区域，在两边界之间做圆周运动，重力加速度为 g 。

- (1) 求该电场强度的大小和方向。
- (2) 要使粒子不从 NS 边界飞出，求粒子入射速度的最小值。



题型五：带电粒子在复合场中做曲线运动

5. 如图所示，半径为 R 的圆形区域，圆心位于平面直角坐标系原点 O ，其内充满垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场，磁感应强度大小为 B_0 ；在第四象限 $x \geq R$ 空间充满沿 y 轴正方向的匀强电场。位于 x 轴上的离子源以恒定速度射出电荷量为 q 、质量为 m 的正离子，离子沿 x 轴正方向进入磁场，经坐标点 $(4R, 0)$ 离开电场。已知离子离开磁场时速度方向与 x 轴正方向的夹角 $\theta = 60^\circ$ 。忽略离子间的相互作用，不计重力。



- (1) 求离子在圆形区域中运动时的速度的大小 v ;
- (2) 求电场强度的大小 E ;
- (3) 保持上述条件不变, 再把第四象限内 $x \geq R$ 空间分为左右两部分, 分别填充磁感应强度大小相等的匀强磁场, 左侧磁场沿 y 轴正方向, 右侧磁场沿 y 轴负方向; 离子垂直通过 x 轴另一坐标点离开第四象限, 求第四象限内所填充磁场的磁感应强度大小 B 。

【教学反思】

①作为带电粒子在匀强电场和磁场中运动的知识在现代科学技术找那个广泛应用的实例, 可以培养学生综合运用力学知识和电学知识的能力。

②可以先让学生讨论, 然后老师再提示, 先分别讨论电场和磁场中的运动, 再通过题型分析组合场中的先后问题。

