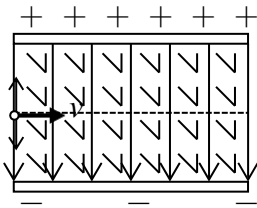


【重点知识梳理】

一、带电粒子在混合场中的运动

1. 速度选择器

正交的匀强磁场和匀强电场组成速度选择器。带电粒子必须以唯一确定的速度（包括大小、方向）才能匀速（或者说沿直线）通过速度选择器。否则将发生偏转。这个速度的大小可以由洛伦兹力和电场力的平衡得出： $qvB=Eq$ ， $v = \frac{E}{B}$ 。在本图中，速度方向必须向右。



(1) 这个结论与离子带何种电荷、电荷多少都无关。

(2) 若速度小于这一速度，电场力将大于洛伦兹力，带电粒子向电场力方向偏转，电场力做正功，动能将增大，洛伦兹力也将增大，粒子的轨迹既不是抛物线，也不是圆，而是一条复杂曲线；若大于这一速度，将向洛伦兹力方向偏转，电场力将做负功，动能将减小，洛伦兹力也将减小，轨迹是一条复杂曲线。

2. 回旋加速器

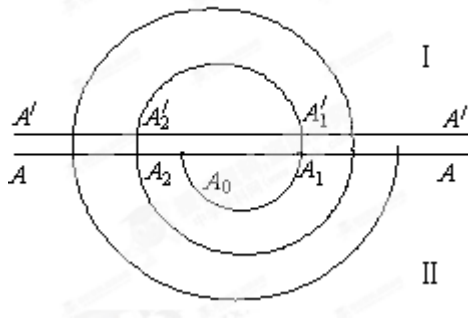
回旋加速器是高考考查的重点内容之一，但很多同学往往对这类问题似是而非，认识不深，甚至束手无策，因此在学习过程中，尤其是高三复习过程中应引起重视。

(1) 有关物理学史知识和回旋加速器的基本结构和原理

1932 年美国物理学家应用了带电粒子在磁场中运动的特点发明了回旋加速器，其原理如图所示。 A_0 处带正电的粒子源发出带正电的粒子以速度 v_0 垂直进入匀强磁场，在磁场中匀速转动半个周期，到达 A_1 时，在 $A_1 A_1'$ 处造成向上的电场，粒子被加速，速率由 v_0 增加到 v_1 ，然后粒子以 v_1 在磁场中匀速转动半个周期，到达 A_2 时，在 $A_2' A_2$ 处造成向下的电场，粒子又一次被加速，速率由 v_1 增加到 v_2 ，如此继续下去，每当粒子经过 $A A'$ 的交界面时都是它被加

速，从而速度不断地增加。带电粒子在磁场中作匀速圆周运动的周期为 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，为达到不断加速的目的，只要

在 $A A'$ 上加上周期也为 T 的交变电压就可以了。即 $T_{电} = \frac{2\pi m}{qB}$



实际应用中，回旋加速是用两个 D 形金属盒做外壳，两个 D 形金属盒分别充当交流电源的两极，同时金属盒对带电粒子可起到静电屏蔽作用，金属盒可以屏蔽外界电场，盒内电场很弱，这样才能保证粒子在盒内只受磁场力作用而做匀速圆周运动。

(2) 带电粒子在 D 形金属盒内运动的轨道半径是不等距分布的

设粒子的质量为 m ，电荷量为 q ，两 D 形金属盒间的加速电压为 U ，匀强磁场的磁感应强度为 B ，粒子第一次进入 D 形金属盒 II，被电场加速 1 次，以后每次进入 D 形金属盒 II 都要被电场加速 2 次。粒子第 n 次进入 D 形金属盒 II 时，已经被加速 $(2n-1)$ 次。

$$\text{由动能定理得 } (2n-1) qU = \frac{1}{2} Mv_n^2 \quad \dots\dots ①$$

$$\text{第 } n \text{ 次进入 D 形金属盒 II 后，由牛顿第二定律得 } qv_n B = m \frac{v_n^2}{r_n} \quad \dots\dots ②$$

$$\text{由①②两式得 } r_n = \frac{\sqrt{2(2n-1)qU_m}}{qB} \quad \dots\dots ③$$

$$\text{同理可得第 } n+1 \text{ 次进入 D 形金属盒 II 时的轨道半径 } r_{n+1} = \frac{\sqrt{2(2n+1)qU_m}}{qB} \quad \dots\dots ④$$

所以带电粒子在 D 形金属盒内任意两个相邻的圆形轨道半径之比为 $\frac{r_n}{r_{n+1}} = \frac{\sqrt{2n-1}}{\sqrt{2n+1}}$ ，可见带电粒子在 D 形金属盒内运动时，轨道是不等距分布的，越靠近 D 形金属盒的边缘，相邻两轨道的间距越小。

(3) 带电粒子在回旋加速器内运动，决定其最终能量的因素

由于 D 形金属盒的大小一定，所以不管粒子的大小及带电量如何，粒子最终从加速器内射出时应具有相同的旋

$$\text{转半径。由牛顿第二定律得 } qv_n B = m \frac{v_n^2}{r_n} \quad \dots\dots ①$$

$$\text{和动量大小存在定量关系 } m v_n = \sqrt{2mE_{kn}} \quad \dots\dots ②$$

$$\text{由①②两式得 } E_{kn} = \frac{q^2 B^2 r_n^2}{2m} \quad \dots\dots ③$$

可见，粒子获得的能量与回旋加速器的直径有关，直径越大，粒子获得的能量就越大。

(4) 决定带电粒子在回旋加速器内运动时间长短的因素

带电粒子在回旋加速器内运动时间长短，与带电粒子做匀速圆周运动的周期有关，同时还与带电粒在磁场中转动圈数有关。设带电粒子在磁场中转动圈数为 n ，加速电压为 U 。因每加速一次粒子获得能量为 qU ，每圈有两次加速。结合 $E_{kn} = \frac{q^2 B^2 r_n^2}{2m}$ 知， $2nqU = \frac{q^2 B^2 r_n^2}{2m}$ ，因此 $r = \frac{qB^2 r_n^2}{4mU}$ 。所以带电粒子在回旋加速器内运动时间 $t = nT = \frac{qB^2 r_n^2}{4mU} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi B r_n^2}{2U}$ 。

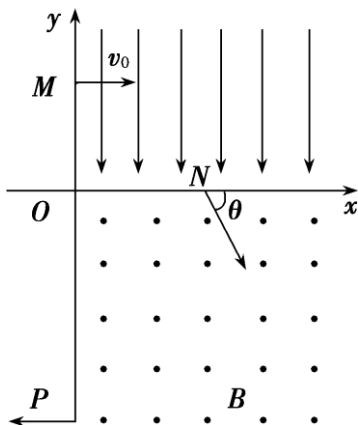
3. 带电微粒在重力、电场力、磁场力共同作用下的运动

(1) 带电微粒在三个场共同作用下做匀速圆周运动。必然是电场力和重力平衡，而洛伦兹力充当向心力。

【高频考点突破】

考点一、带电粒子在分离的电场、磁场中的运动

例 1、在平面直角坐标 xOy 中，第 I 象限存在沿 y 轴负方向的匀强电场，第 IV 象限存在垂直于坐标平面向外的匀强磁场，磁感应强度为 B 。一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电的粒子从 y 轴正半轴上的 M 点以速度 v_0 垂直于 y 轴射入电场，经 x 轴上的 N 点与 x 轴正方向成 $\theta = 60^\circ$ 角射入磁场，最后从 y 轴负半轴上的 P 点垂直于 y 轴射出磁场，如图所示。不计粒子重力，求：



- (1) M 、 N 两点间的电势差 U_M ；
- (2) 粒子在磁场中运动的轨道半径 r ；
- (3) 粒子从 M 点运动到 P 点的总时间 t 。

【解析】

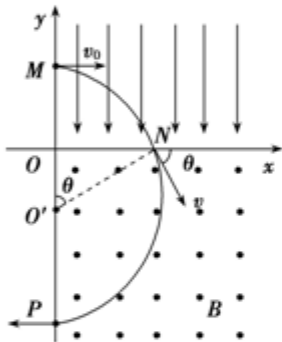
(1) 设粒子过 N 点时的速度大小为 v , 有 $\frac{v_0}{v} = \cos \theta$

$$v = 2v_0$$

粒子从 M 点运动到 N 点的过程, 有 $qu_{MN} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,

$$u_{MN} = \frac{3mv_0^2}{2q}$$

(2) 粒子在磁场中以 O' 为圆心做匀速运动, 半径为 $O'N$ 有 $qvB = \frac{mv^2}{r}$, $r = \frac{2mv_0}{qB}$.



(3) 由几何关系得 $ON = r \sin \theta$

设粒子在电场中运动的时间为 t_1 , 有 $ON = v_0 t_1$

$$t_1 = \frac{\sqrt{3}m}{qB}$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

设粒子在磁场中运动的时间为 t_2 , 有

$$t_2 = \frac{\pi - \theta}{2\pi} T, \text{ 故 } t_2 = \frac{2\pi m}{3qB}$$

$$t = t_1 + t_2, \quad t = \frac{3\sqrt{3} + 2\pi m}{3qB}$$

【答案】 (1) $\frac{3mv_0^2}{2q}$ (2) $\frac{2mv_0}{qB}$ (3) $\frac{3\sqrt{3} + 2\pi m}{3qB}$

【变式探究】 如图所示, 匀强电场区域和匀强磁场区域是紧邻的, 且宽度相等均为 d , 电场方向在纸平面内竖直向下, 而磁场方向垂直于纸面向里, 一带正电的粒子从 O 点以速度 v_0 沿垂直电场方向进入电场, 从 A 点射出电场进入磁场, 离开电场时带电粒子在电场方向的偏转位移为电场宽度的一半, 当粒子从磁场右边界上 C 点穿出磁场时速度方向与进入电场 O 点时的速度方向一致, 已知 d 、 v_0 (带电粒子重力不计), 求:

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/538133127070006027>