

2024 高考物理二轮复习 80 热点模型

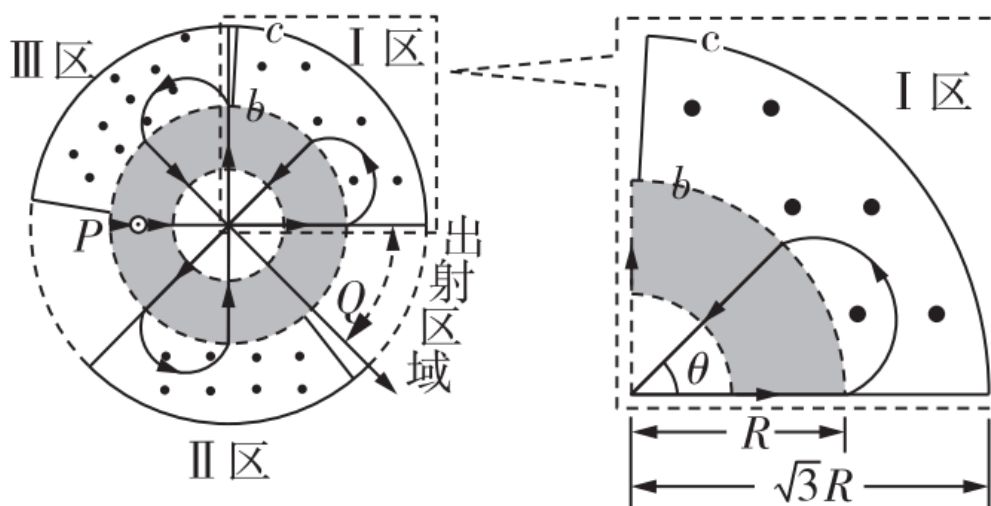
最新高考题模拟题专项训练

模型 53 回旋加速器模型

最新高考题

1. (15 分) (2021 年高考广东学业水平选择性测试) 图 11 是一种花瓣形电子加速器简化示意图. 空间有三个同心圆 a 、 b 、 c 围成的区域, 圆 a 内为无场区, 圆 a 与圆 b 之间存在辐射状电场, 圆 b 与圆 c 之间有三个圆心角均略小于 90° 的扇环形匀强磁场区 I、II 和 III. 各区磁感应强度恒定, 大小不同, 方向均垂直纸面对外, 电子以初动能 E_{k0} 从圆 b 上 P 点沿径向进入电场, 电场可以反向, 保证电子每次进入电场即被全程加速, 已知圆 a 与圆 b 之间电势差为 U , 圆 b 半径为 R , 圆 c 半径为 $\sqrt{3}R$, 电子质量为 m , 电荷量为 e . 忽视相对论效应. 取 $\tan 22.5^\circ = 0.4$.

- (1) 当 $E_{k0} = 0$ 时, 电子加速后均沿各磁场区边缘进入磁场, 且在电场内相邻运动轨迹的夹角 θ 均为 45° , 最终从 Q 点出射, 运动轨迹如图 11 中带箭头实线所示. 求 I 区的磁感应强度大小、电子在 I 区磁场中的运动时间及在 Q 点出射时的动能;
- (2) 已知电子只要不与 I 区磁场外边界相碰, 就能从出射区域出射. 当 $E_{k0} = keU$ 时, 要保证电子从出射区域出射, 求 k 的最大值.



【关键力量】 本题以花瓣式加速器装置为情景, 考查带电粒子在电场中加速, 在匀强磁场中偏转运动, 意在考查考生对动能定理、洛伦兹力、牛顿运动定律的机敏运用力量。

【学科素养】 本题考查的学科素养主要是物理观念中的运动和相互作用观念，功和能的观念，考生要能够分析带电粒子运动情景，能从物理学的运动和相互作用、能量的视角分析解决问题。

【解题思路】 (1) 依据题述情景，由动能定理，电子在 I 区运动动能， $E_{k1}=2eU$ ，

$$\text{运动速度 } v_1 = 2\sqrt{\frac{eU}{m}}$$

$$\text{轨迹所对圆心角为 } \theta = 22.5^\circ = \frac{5\pi}{4},$$

由 $\tan 22.5^\circ = r_1/R$ ，解得轨迹半径 $r_1=0.4R$ 。

带电粒子在匀强磁场中运动，由洛伦兹力供应向心力， $ev_1B=m\frac{v_1^2}{r_1}$ ，解得 $B=\frac{5}{R}\sqrt{\frac{mU}{e}}$ 。

$$\text{电子在 I 区运动时间 } t = \frac{\theta r_1}{v_1} = \frac{\pi R}{4} \sqrt{\frac{m}{eU}}$$

电子经过 8 次加速，由动能定理， $8eU=E_k$ ，

解得电子在 Q 点出射时的动能 $E_k=8eU$ 。

(2) 电子运动轨迹不与 I 区磁场外边界相切，其轨迹所对的圆心角最大为 $\pi/2$ ，

由 $\tan 45^\circ = r_2/R$ ，解得 $r_2=R$ 。

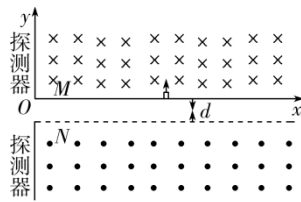
带电粒子在匀强磁场中运动，由洛伦兹力供应向心力， $ev_2B=m\frac{v_2^2}{r_2}$ ，

$$\text{解得 } v_2 = 5\sqrt{\frac{eU}{m}}$$

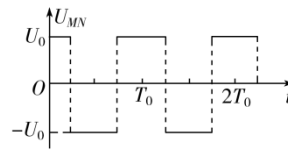
由动能定理， $2eU = \frac{1}{2}mv_2^2 - E_{k0}$ ，

即： $2eU=12.5eU-keU$ ，解得 k 最大值为 10.5。

2. (2018·11 月浙江选考) 小明受回旋加速器的启发，设计了如图(a)所示的“回旋变速装置”。两相距为 d 的平行金属栅极板 M 、 N ，板 M 位于 x 轴上，板 N 在它的正下方。两板间加上如图(b)所示的幅值为 U_0 的交变电压，周期 $T_0 = \frac{2\pi m}{qB}$ ，板 M 上方和板 N 下方有磁感应强度大小均为 B 、方向相反的匀强磁场。粒子探测器位于 y 轴处，仅能探测到垂直射入的带电粒子，有一沿 x 轴可移动、粒子出射初动能可调整的粒子放射源，沿 y 轴正方向射出质量为 m 、电荷量为 $q(q>0)$ 的粒子。 $t=0$ 时刻，放射源在 $(x, 0)$ 位置放射一带电粒子。忽视粒子的重力和其他阻力，粒子在电场中运动的时间不计。



图(a)



图(b)

(1)若粒子只经磁场偏转并在 $y=y_0$ 处被探测到, 求放射源的位置和粒子的初动能;

(2)若粒子两次进出电场区域后被探测到, 求粒子放射源的位置 x 与被探测到的位置 y 之间的关系.

【名师解析】: (1)放射源的位置 $x_0=y_0$

$$\text{粒子的初动能 } E_{k0} = \frac{(qBy_0)^2}{2m}.$$

(2)分下面三种状况争辩

①见图甲, $E_{k0} > 2qU_0$

$$\text{由 } y = \frac{mv^2}{qB}, R_0 = \frac{mv^2}{qB}, R_1 = \frac{mv^2}{qB}$$

$$\text{和 } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 - qU_0,$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 - qU_0 \text{ 及 } x = y + 2(R_0 + R_1)$$

$$\text{得 } x = y + \frac{2}{qB} \sqrt{(yqB)^2 + 2mqU_0} +$$

$$\frac{2}{qB} \sqrt{(yqB)^2 + 4mqU_0}$$

②见图乙, $qU_0 < E_{k0} < 2qU_0$

$$\text{由 } -y - d = \frac{mv^2}{qB}, R_0 = \frac{mv^2}{qB}$$

$$\text{和 } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 + qU_0$$

$$\text{及 } x = 3(-y - d) + 2R_0$$

$$\text{得 } x = -3(y + d) +$$

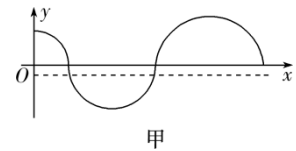
$$\frac{2}{qB} \sqrt{(y+d)^2 q^2 B^2 + 2mqU_0}$$

③见图丙, $E_{k0} < qU_0$

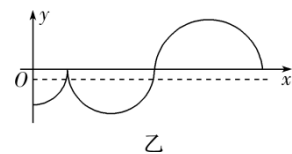
$$\text{由 } -y - d = \frac{mv^2}{qB}, R_0 = \frac{mv^2}{qB}$$

$$\text{和 } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 - qU_0$$

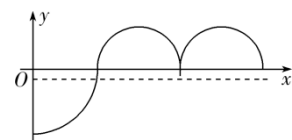
$$\text{及 } x = -y - d + 4R_0$$



甲



乙



丙

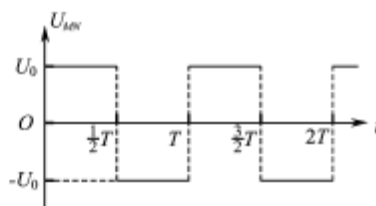
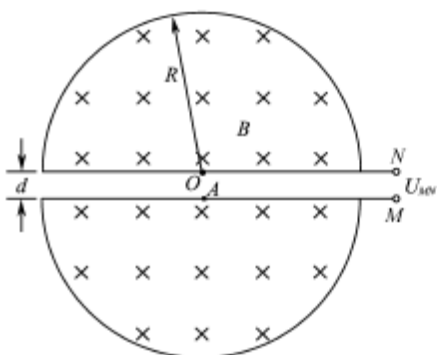
得 $x = -y - d +$

$$\frac{4}{qB} \sqrt{(y+d)^2 q^2 B^2 - 2mqU_0}$$

3. (16分) (2016江苏高考物理)回旋加速器的工作原理如题 15-1 图所示, 置于真空中的 D 形金属盒半径为 R , 两盒间狭缝的间距为 d , 磁感应强度为 B 的匀强磁场与盒面垂直, 被加速粒子的质量为 m , 电荷量为 $+q$, 加在狭缝间的交变电压如题 15-2 图所示, 电压值的大小为 U_0 。周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 。一束该粒子在 $t=0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内从 A 处均匀地飘入狭缝, 其初速度视为零。现考虑粒子在狭缝中的运动时间, 假设能够出射的粒子每次经过狭缝均做加速运动, 不考虑粒子间的相互作用。求:

速度视为零。现考虑粒子在狭缝中的运动时间, 假设能够出射的粒子每次经过狭缝均做加速运动, 不考虑粒子间的相互作用。求:

- (1) 出射粒子的动能 E_k ;
- (2) 粒子从飘入狭缝至动能达到 E_k 所需的总时间 $t_{\text{总}}$;
- (3) 要使飘入狭缝的粒子中有超过 99% 能射出, d 应满足的条件。



【名师解析】

(1) 粒子运动半径为 R 时有 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 且 $E_m = \frac{1}{2} m v^2$ 解得 $E_m = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$

(2) 粒子被加速 n 次达到的动能 E_m , 则 $E_m = nqU_0$

粒子在狭缝间做匀加速运动, 设 n 次经过狭缝的总时间为 Δt , 加速度 $a = \frac{qU_0}{md}$

匀加速直线运动 $nd = \frac{1}{2} a(\Delta t)^2$

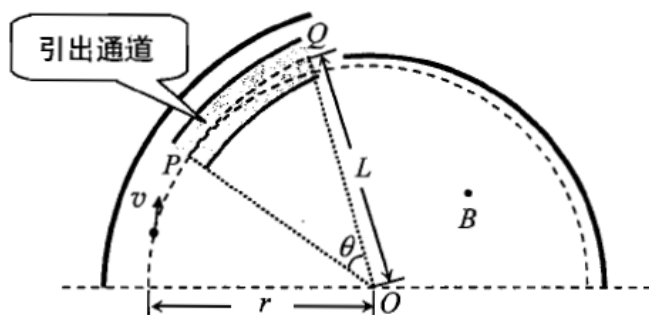
由 $t_0 = (n-1) \cdot \frac{T}{2} + \Delta t$, 解得 $t_0 = \frac{\pi BR^2 + 2BRd}{2U_0} - \frac{\pi m}{qB}$

(3) 只有在 $0 \sim (\frac{T}{2} - \Delta t)$ 时间内飘入的粒子才能每次均被加速,

则所占的比例为 $\eta = \frac{\frac{T}{2} - \Delta t}{\frac{T}{2}}$,

由 $\eta > 99\%$, 解得 $d < \frac{\pi m U_0}{100 q B^2 R}$

4.(2015·浙江)使用回旋加速器的试验需要把离子束从加速器中引出, 离子束引出的方法有磁屏蔽通道法和静电偏转法等。质量为 m , 速度为 v 的离子在回旋加速器内旋转, 旋转轨道时半径为 r 的圆, 圆心在 O 点, 轨道在垂直纸面对外的匀强磁场中, 磁感应强度为 B 。为引出离子束, 使用磁屏蔽通道法设计引出器。引出器原理如图所示, 一堆圆弧形金属板组成弧形引出通道, 通道的圆心位于 O' 点 (O' 点图中未画出)。引出离子时, 令引出通道内磁场的磁感应强度降低, 从而使离子从 P 点进入通道, 沿通道中心线从 Q 点射出。已知 OQ 长度为 L 。 OQ 与 OP 的夹角为 θ 。



- (1) 求离子的电荷量 q , 并推断其正负;
- (2) 离子从 P 点进入, Q 点射出, 通道内匀强磁场的磁感应强度应降为 B' , 求 B' ;
- (3) 换用静电偏转法引出离子束, 维持通道内的原有磁感应强度 B 不变, 在内外金属板间加直流电压, 两板间产生径向电场, 忽视边缘效应。为使离子仍从 P 点进入, Q 点射出, 求通道内引出轨迹处电场强度 E 的方向和大小。

【解析】: (1) 离子做圆周运动, $qvB = m \frac{v^2}{r}$,

解得: $q = \frac{mv}{Br}$ 。

由左手定则可推断出离子带正电荷。

(2) 如图所示, $O'Q=R$, $OQ=L$, $O'O=R-r$,

引出轨迹为圆弧, $qvB'=m\frac{v^2}{R}$,

解得: $R=\frac{mv}{qB'}$ 。

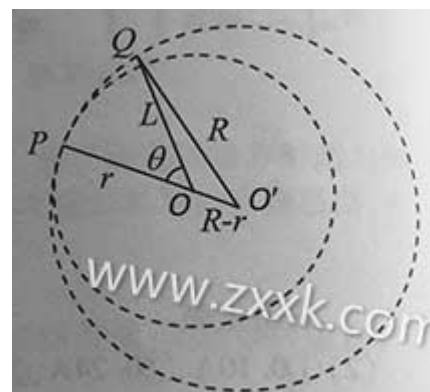
依据几何关系得, $R=\frac{r^2+L^2-2rL\cos\theta}{2(r-L\cos\theta)}$

解得 $B'=\frac{mv}{qR}=\frac{mv(2r-2L\cos\theta)}{q(r^2+L^2-2rL\cos\theta)}$;

(3) 电场强度方向沿径向向外。

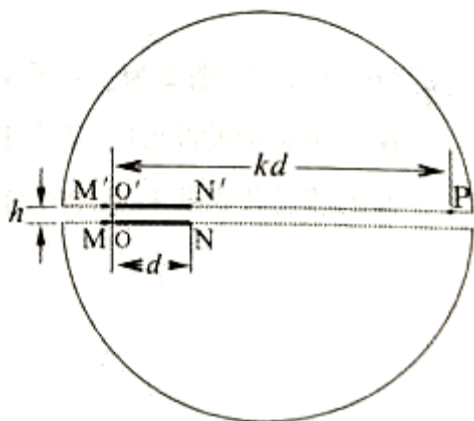
引出轨迹为圆弧, $qvB-qE=m\frac{v^2}{R}$

解得: $E=Bv-\frac{mv^2(2r-2L\cos\theta)}{q(r^2+L^2-2rL\cos\theta)}$ 。



5. (2015·重庆) (18分) 题9图 为某种离子加速器的设计方案. 两个半圆形金属盒内存在相同的垂直于纸面对外的匀强磁场. 其中 MN 和 $M'N'$ 是间距为 h 的两平行极板, 其上分别有正对的两个小孔 O 和 O' , $O'N'=ON=d$, P 为靶点, $O'P=kd$ (k 为大于 1 的整数). 极板间存在方向向上的匀强电场, 两极板间电压为 U . 质量为 m 、带电量为 q 的正离子从 O 点由静止开头加速, 经 O' 进入磁场区域. 当离子打到极板上 $O'N'$ 区域 (含 N' 点) 或外壳上时将会被吸取. 两虚线之间的区域无电场和磁场存在, 离子可匀速穿过. 忽视相对论效应和离子所受的重力. 求:

- (1) 离子经过电场仅加速一次后能打到 P 点所需的磁感应强度大小;
- (2) 能使离子打到 P 点的磁感应强度的全部可能值;
- (3) 打到 P 点的能量最大的离子在磁场汇总运动的时间和在电场中运动的时间.



【名师解析】. (18分)

(1) 电场加速一次, 由动能定理, $qU = \frac{1}{2}mv^2$,

$$qvB = m \frac{v^2}{r}, \quad 2r = kd,$$

联立解得磁感应强度大小: $B = \frac{2\sqrt{2Uqm}}{qkd}$ 。

(2) 电场加速 n 次, 由动能定理, $nqU = \frac{1}{2}mv_n^2$,

$$qv_n B = m \frac{v_n^2}{r}, \quad 2r = kd, \quad \text{且 } r > d/2.$$

联立解得: $B = \frac{2\sqrt{2nUqm}}{qkd}$ 。

磁感应强度取最大值时, 电场加速一次, 由动能定理, $qU = \frac{1}{2}mv^2$,

$$qvB = m \frac{v^2}{r}, \quad 2r = d,$$

解得:

磁感应强度的全部可能值: $B = \frac{2\sqrt{2nUqm}}{qkd}$, ($n=1,2,3, \dots, (k^2-1)$)。磁感应强度

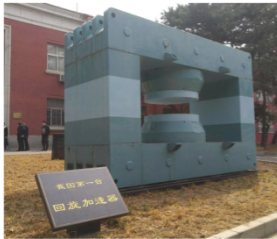
$$\frac{2\sqrt{2nUqm}}{qkd}, (n=1,2,3, \dots, k^2-1)$$

(3) 在磁场中运动的时间: $\frac{(2k^2-3)\pi mkd}{2\sqrt{2Uqm}(k^2-1)}$

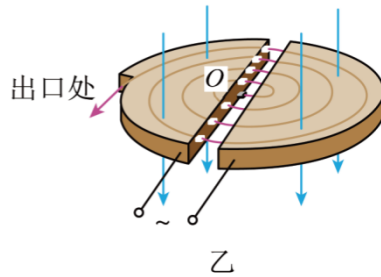
在电场中运动的时间： $t = h \sqrt{\frac{2(k^2 - 1)m}{Uq}}$ 。

最新模拟题

1. (2023 石家庄三模) 如图甲所示为我国建筑的第一台回旋加速器，该加速器存放于中国原子能科学争辩院，其工作原理如图乙所示：其核心部分是两个 D 形盒，粒子源 O 置于 D 形盒的圆心四周，能不断释放出带电粒子，忽视粒子在电场中运动的时间，不考虑加速过程中引起的粒子质量变化。现用该回旋加速器对 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ 粒子分别进行加速，下列说法正确的是 ()



甲



乙

- A. 两种粒子在回旋加速器中运动的时间相等
- B. 两种粒子在回旋加速器中运动的时间不相等
- C. 两种粒子离开出口处的动能相等
- D. 两种粒子离开出口处的动能不相等

【参考答案】AD

【名师解析】

粒子在磁场中飞出的最大轨道半径为 D 形盒的半径，对应速度也最大，则有

$$qv_{\max}B = m \frac{v_{\max}^2}{R}$$

最大动能为

$$E_{k\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$$

在电场中加速因此，在磁场中回旋半周，令加速的次数为 n ，则有

$$E_{k\max} = nqU$$

解得

$$n = \frac{qR^2 B^2}{2mU}$$

则粒子运动的时间

$$t = n \frac{T}{2}$$

其中

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

解得

$$t = \frac{\pi BR^2}{2U}$$

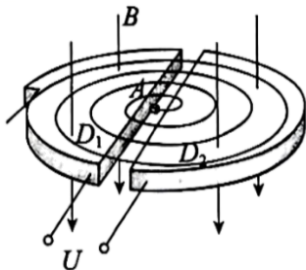
可知，两种粒子在回旋加速器中运动的时间相等，A 正确，B 错误；

CD. 粒子离开出口处的动能最大，依据上述解得

$$E_{k\max} = \frac{q^2 R^2 B^2}{2m}$$

${}^2_1\text{H}$ 粒子的质量数为 2，电荷数为 1， ${}^4_2\text{He}$ 粒子的质量数为 4，电荷数为 2，可知 ${}^4_2\text{He}$ 粒子的出口处的动能为 ${}^2_1\text{H}$ 粒子的两倍，即两种粒子离开出口处的动能不相等，C 错误，D 正确。

2. (2023 北京东城二模) 回旋加速器的工作原理如图所示， D_1 和 D_2 是两个中空的半圆金属盒，它们之间有电势差。两个半圆盒处于与盒面垂直的匀强磁场中。中心 A 处的粒子源可以产生粒子，粒子在两盒之间被电场加速，进入磁场后做匀速圆周运动。粒子离开 A 处时的速度、在电场中的加速时间以及粒子的重力均可忽视不计。不考虑粒子间的相互作用及相对论效应。下列说法正确的是 ()



接交流电源

- A. 电势差肯定时，磁感应强度越大，粒子离开加速器时的动能越小
- B. 电势差肯定时，磁感应强度越大，粒子在加速器中的运动时间越长

- C. 磁感应强度肯定时，电势差越大，粒子离开加速器时的动能越大
D. 磁感应强度肯定时，电势差越大，粒子在加速器中的运动时间越长

【参考答案】B

【名师解析】

由于回旋加速器中粒子在电场中加速的时间可以忽视，则由牛顿其次定律有

$$Bqv = \frac{mv^2}{R}$$

化简得

$$v = \frac{BqR}{m}$$

粒子离开加速器时的动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{B^2q^2R^2}{2m}$$

故电势差肯定时，磁感应强度越大，粒子离开加速器时的动能越大，故 A 错误；

B. 由于回旋加速器中粒子在电场中加速的时间可以忽视，则有

$$Bqv = m \frac{2\pi}{T} v$$

化简可得粒子在磁场中的周期为

$$T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

又由于电势差肯定，粒子在电场中每次加速电场力做功相同，若忽视第一次加速的能量转化大小，则设一共加速了 n 次粒子恰好离开回旋加速器，则有

$$nUq = \frac{1}{2}mv^2$$

又由牛顿其次定律有

$$Bqv = \frac{mv^2}{R}$$

粒子在回旋加速器运动的时间为

$$t = \frac{nT}{2}$$

由以上各式解得

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/735104140312011311>