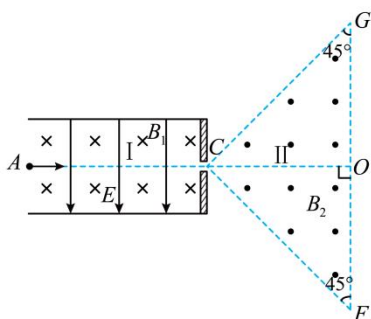


专题 45 带电粒子在有边界磁场运动

一、单选题

1. (2023·湖南·统考高考真题) 如图, 真空中有区域 I 和 II, 区域 I 中存在匀强电场和匀强磁场, 电场方向竖直向下 (与纸面平行), 磁场方向垂直纸面向里, 等腰直角三角形 CGF 区域 (区域 II) 内存在匀强磁场, 磁场方向垂直纸面向外。图中 A 、 C 、 O 三点在同一直线上, AO 与 GF 垂直, 且与电场和磁场方向均垂直。 A 点处的粒子源持续将比荷一定但速率不同的粒子射入区域 I 中, 只有沿直线 AC 运动的粒子才能进入区域 II。若区域 I 中电场强度大小为 E 、磁感应强度大小为 B_1 , 区域 II 中磁感应强度大小为 B_2 , 则粒子从 CF 的中点射出, 它们在区域 II 中运动的时间为 t_0 。若改变电场或磁场强弱, 能进入区域 II 中的粒子在区域 II 中运动的时间为 t , 不计粒子的重力及粒子之间的相互作用, 下列说法正确的是 ()



- A. 若仅将区域 I 中磁感应强度大小变为 $2B_1$, 则 $t > t_0$
- B. 若仅将区域 I 中电场强度大小变为 $2E$, 则 $t > t_0$
- C. 若仅将区域 II 中磁感应强度大小变为 $\frac{\sqrt{3}}{4}B_2$, 则 $t = \frac{t_0}{2}$
- D. 若仅将区域 II 中磁感应强度大小变为 $\frac{\sqrt{2}}{4}B_2$, 则 $t = \sqrt{2}t_0$

【答案】 D

【解析】 由题知粒子在 AC 做直线运动, 则有

$$qv_0B_1 = qE$$

区域 II 中磁感应强度大小为 B_2 , 则粒子从 CF 的中点射出, 则粒子转过的圆心角为 90° , 根据 $qvB = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$, 有

$$t_0 = \frac{\pi m}{2qB_2}$$

A. 若仅将区域 I 中磁感应强度大小变为 $2B_1$, 则粒子在 AC 做直线运动的速度, 有

$$qvA \cdot 2B_1 = qE$$

则

$$v_A = \frac{v_0}{2}$$

再根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，可知粒子半径减小，则粒子仍然从 CF 边射出，粒子转过的圆心角仍为 90° ，则 $t = t_0$ ，

A 错误；

B. 若仅将区域 I 中电场强度大小变为 $2E$ ，则粒子在 AC 做直线运动的速度，有

$$qvBB_1 = q \cdot 2E$$

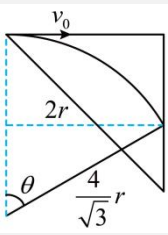
则

$$vB = 2v_0$$

再根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，可知粒子半径变为原来的 2 倍，则粒子 F 点射出，粒子转过的圆心角仍为 90° ，则 $t = t_0$ ，

B 错误；

C. 若仅将区域 II 中磁感应强度大小变为 $\frac{\sqrt{3}}{4} B_2$ ，则粒子在 AC 做直线运动的速度仍为 v_0 ，再根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，可知粒子半径变为原来的 $\frac{4}{\sqrt{3}} > 2$ ，则粒子从 OF 边射出，则画出粒子的运动轨迹如下图



根据

$$\sin \theta = \frac{2r}{\frac{4}{\sqrt{3}} r}$$

可知转过的圆心角 $\theta = 60^\circ$ ，根据 $qvB = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ，有

$$t = \frac{4\sqrt{3}\pi m}{9qB_2}$$

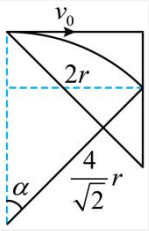
则

$$t = \frac{8\sqrt{3}t_0}{9}$$

C 错误；

D. 若仅将区域 II 中磁感应强度大小变为 $\frac{\sqrt{2}}{4} B_2$ ，则粒子在 AC 做直线运动的速度仍为 v_0 ，再根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，

可知粒子半径变为原来的 $\frac{4}{\sqrt{2}} > 2$ ，则粒子 OF 边射出，则画出粒子的运动轨迹如下图



根据

$$\sin \alpha = \frac{2r}{\frac{4}{\sqrt{2}}r}$$

可知转过的圆心角为 $\alpha = 45^\circ$ ，根据 $qvB = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ，有

$$t = \frac{\sqrt{2}\pi m}{2qB_2}$$

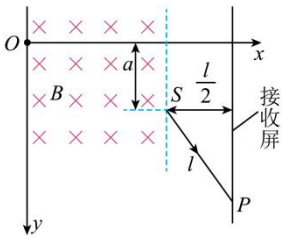
则

$$t = \sqrt{2}t_0$$

D 正确。

故选 D。

2. (2023·全国·统考高考真题) 如图，一磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，方向垂直于纸面 (xOy 平面) 向里，磁场右边界与 x 轴垂直。一带电粒子由 O 点沿 x 正向入射到磁场中，在磁场另一侧的 S 点射出，粒子离开磁场后，沿直线运动打在垂直于 x 轴接收屏上的 P 点； $SP = l$ ， S 与屏的距离为 $\frac{l}{2}$ ，与 x 轴的距离为 a 。如果保持所有条件不变，在磁场区域再加上电场强度大小为 E 的匀强电场，该粒子入射后则会沿 x 轴到达接收屏。该粒子的比荷为 ()



A. $\frac{E}{2aB^2}$

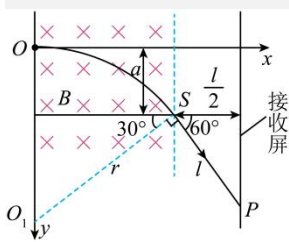
B. $\frac{E}{aB^2}$

C. $\frac{B}{2aE^2}$

D. $\frac{B}{aE^2}$

【答案】A

【解析】由题知，一带电粒子由 O 点沿 x 正向入射到磁场中，在磁场另一侧的 S 点射出，



则根据几何关系可知粒子出离磁场时速度方向与竖直方向夹角为 30° ，则

$$\sin 30^\circ = \frac{r - a}{r}$$

解得粒子做圆周运动的半径

$$r = 2a$$

则粒子做圆周运动有

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

则有

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{2a \cdot B}$$

如果保持所有条件不变，在磁场区域再加上电场强度大小为 E 的匀强电场，该粒子入射后则会沿 x 轴到达接收屏，则有

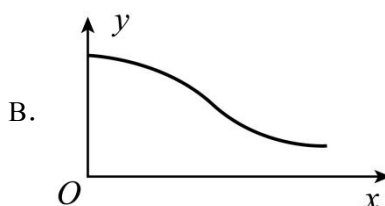
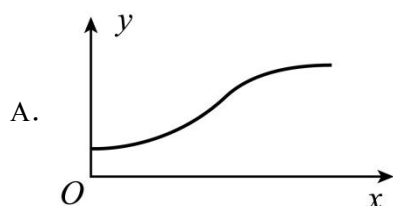
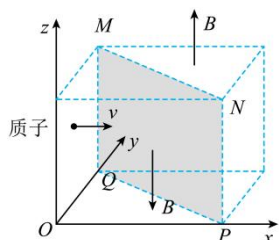
$$Eq = qvB$$

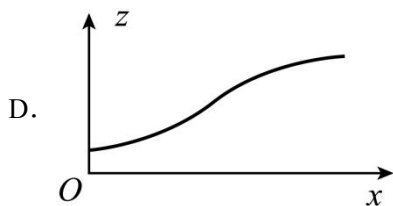
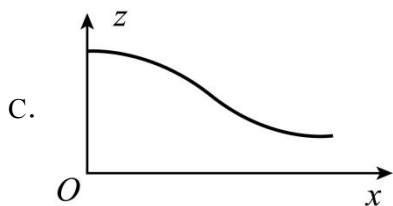
联立有

$$\frac{q}{m} = \frac{E}{2a \cdot B^2}$$

故选 A。

3. (2022·广东·高考真题) 如图所示，一个立方体空间被对角平面 $MNPQ$ 划分成两个区域，两区域分布有磁感应强度大小相等、方向相反且与 z 轴平行的匀强磁场。一质子以某一速度从立方体左侧垂直 Oyz 平面进入磁场，并穿过两个磁场区域。下列关于质子运动轨迹在不同坐标平面的投影中，可能正确的是 ()





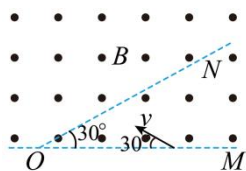
【答案】A

【解析】AB. 由题意知当质子射出后先在 MN 左侧运动，刚射出时根据左手定则可知在 MN 受到 y 轴正方向的洛伦兹力，即在 MN 左侧会向 y 轴正方向偏移，做匀速圆周运动，y 轴坐标增大；在 MN 右侧根据左手定则可知洛伦兹力反向，质子在 y 轴正方向上做减速运动，故 A 正确，B 错误；

CD. 根据左手定则可知质人在整个运动过程中都只受到平行于 xOy 平面的洛伦兹力作用，在 z 轴方向上没有运动，z 轴坐标不变，故 CD 错误。

故选 A。

4. (2016·全国·高考真题) 直线 OM 和直线 ON 之间的夹角为 30° ，如图所示，直线 OM 上方存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面向外。一带电粒子的质量为 m ，电荷量为 q ($q > 0$)。粒子沿纸面以大小为 v 的速度从 OM 上的某点向左上方射入磁场，速度与 OM 成 30° 角。已知该粒子在磁场中的运动轨迹与 ON 只有一个交点，并从 OM 上另一点射出磁场。不计重力。粒子离开磁场的出射点到两直线交点 O 的距离为 ()



A. $\frac{mv}{2qB}$

B. $\frac{\sqrt{3}mv}{qB}$

C. $\frac{2mv}{qB}$

D. $\frac{4mv}{qB}$

【答案】D

【解析】带电粒子在磁场中做圆周运动的轨迹半径为

$$r = \frac{mv}{qB}$$

轨迹与 ON 相切，画出粒子的运动轨迹如图所示，由几何知识得 CO'D 为一直线

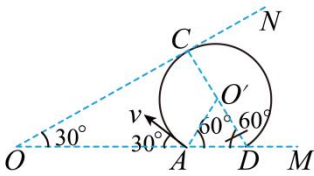
$$OD = \frac{CD}{\sin 30^\circ}$$

$$CD = 2r$$

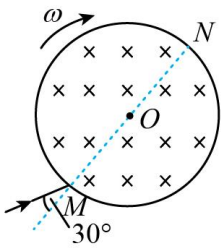
解得

$$OD = \frac{4mv}{qB}$$

故选 D。



5. (2016·全国·高考真题) 一圆筒处于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中, 磁场方向与筒的轴平行, 筒的横截面如图所示。图中直径 MN 的两端分别开有小孔, 筒绕其中心轴以角速度 ω 顺时针转动。在该截面内, 一带电粒子从小孔 M 射入筒内, 射入时的运动方向与 MN 成 30° 角。当筒转过 90° 时, 该粒子恰好从小孔 N 飞出圆筒, 不计重力。若粒子在筒内未与筒壁发生碰撞, 则带电粒子的比荷为 ()



A. $\frac{\omega}{3B}$

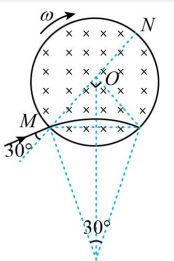
B. $\frac{\omega}{2B}$

C. $\frac{\omega}{B}$

D. $\frac{2\omega}{B}$

【答案】A

【解析】由题可知, 粒子在磁场中做圆周运动的轨迹如图所示



由几何关系可知, 粒子在磁场中做圆周运动的圆弧所对的圆心角为 30° , 因此粒子在磁场中运动的时间为

$$t = \frac{T}{12} = \frac{1}{12} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{6qB}$$

粒子在磁场中运动的时间与筒转过 90° 所用的时间相等, 即

$$\frac{\pi m}{6qB} = \frac{1}{4} \times \frac{2\pi}{\omega}$$

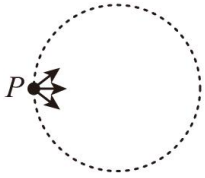
解得

$$\frac{q}{m} = \frac{\omega}{3B}$$

故选 A。

6. (2017·全国·高考真题) 如图, 虚线所示的圆形区域内存在一垂直于纸面的匀强磁场, P 为磁场边界上的

一点，大量相同的带电粒子以相同的速率经过 P 点，在纸面内沿不同方向射入磁场。若粒子射入速率为 v_1 ，这些粒子在磁场边界的出射点分布在六分之一圆周上；若粒子射入速率为 v_2 ，相应的出射点分布在三分之一圆周上。不计重力及带电粒子之间的相互作用。则 $v_2 : v_1$ 为 ()



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

【答案】C

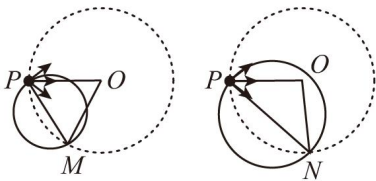
【解析】由于是相同的粒子，粒子进入磁场时的速度大小相同，由

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

可知

$$R = \frac{mv}{qB}$$

即粒子在磁场中做圆周运动的半径相同。



若粒子运动的速度大小为 v_1 ，如图所示，通过旋转圆可知，当粒子在磁场边界的出射点 M 离 P 点最远时，则

$$MP = 2R_1$$

同样，若粒子运动的速度大小为 v_2 ，粒子在磁场边界的出射点 N 离 P 点最远时，则

$$NP = 2R_2$$

由几何关系可知

$$R_1 = \frac{R}{2}$$

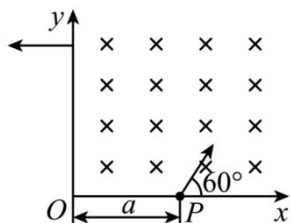
$$R_2 = R \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} R$$

则

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2}{R_1} = \sqrt{3}$$

故选 C。

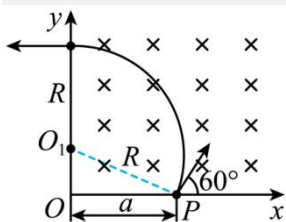
7. (2021·北京·高考真题) 如图所示, 在 xOy 坐标系的第一象限内存在匀强磁场。一带电粒子在 P 点以与 x 轴正方向成 60° 的方向垂直磁场射入, 并恰好垂直于 y 轴射出磁场。已知带电粒子质量为 m 、电荷量为 q , $OP = a$ 。不计重力。根据上述信息可以得出 ()



- A. 带电粒子在磁场中运动的轨迹方程
- B. 带电粒子在磁场中运动的速率
- C. 带电粒子在磁场中运动的时间
- D. 该匀强磁场的磁感应强度

【答案】 A

【解析】 粒子恰好垂直于 y 轴射出磁场, 做两速度的垂线交点为圆心 O_1 , 轨迹如图所示



A. 由几何关系可知

$$OO_1 = a \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} a$$

$$R = \frac{a}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} a$$

因圆心的坐标为 $(0, \frac{\sqrt{3}}{3} a)$, 则带电粒子在磁场中运动的轨迹方程为

$$x^2 + (y - \frac{\sqrt{3}}{3} a)^2 = \frac{4}{3} a^2$$

故 A 正确;

BD. 洛伦兹力提供向心力, 有

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

解得带电粒子在磁场中运动的速率为

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

因轨迹圆的半径 R 可求出，但磁感应强度 B 未知，则无法求出带电粒子在磁场中运动的速率，故 BD 错误；

C. 带电粒子圆周的圆心角为 $\frac{2}{3}\pi$ ，而周期为

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

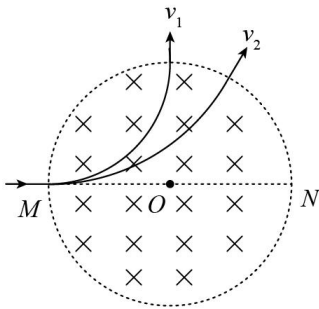
则带电粒子在磁场中运动的时间为

$$t = \frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi} T = \frac{2\pi m}{3qB}$$

因磁感应强度 B 未知，则运动时间无法求得，故 C 错误；

故选 A。

8. (2021·全国·高考真题) 如图，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. $\frac{1}{2}$

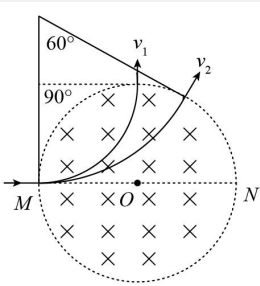
B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$

C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$

D. $\sqrt{3}$

【答案】B

【解析】 根据题意做出粒子的圆心如图所示



设圆形磁场区域的半径为 R ，根据几何关系有第一次的半径

$$r_1 = R$$

第二次的半径

$$r_2 = \sqrt{3}R$$

根据洛伦兹力提供向心力有

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

可得

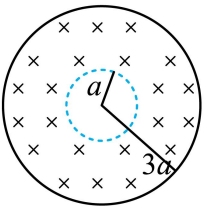
$$v = \frac{qrB}{m}$$

所以

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

故选 B。

9. (2020·全国·统考高考真题) 真空中有一匀强磁场, 磁场边界为两个半径分别为 a 和 $3a$ 的同轴圆柱面, 磁场的方向与圆柱轴线平行, 其横截面如图所示。一速率为 v 的电子从圆心沿半径方向进入磁场。已知电子质量为 m , 电荷量为 e , 忽略重力。为使该电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内, 磁场的磁感应强度最小为 ()



A. $\frac{3mv}{2ae}$

B. $\frac{mv}{ae}$

C. $\frac{3mv}{4ae}$

D. $\frac{3mv}{5ae}$

【答案】C

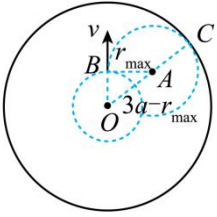
【解析】电子在磁场中做匀速圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力

$$eBv = m \frac{v^2}{r}$$

则磁感应强度与圆周运动轨迹关系为

$$B = \frac{mv}{er}$$

即运动轨迹半径越大, 磁场的磁感应强度越小。令电子运动轨迹最大的半径为 r_{\max} , 为了使电子的运动被限制在图中实线圆围成的区域内, 其最大半径的运动轨迹与实线圆相切, 如图所示



A 点为电子做圆周运动的圆心，电子从圆心沿半径方向进入磁场，由左手定则可得， $AB \perp OB$ ， $\triangle ABO$ 为直角三角形，则由几何关系可得

$$(3a - r_{\max})^2 = r_{\max}^2 + a^2$$

解得

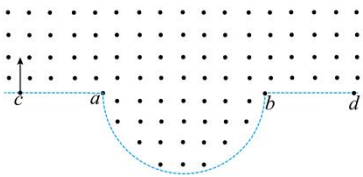
$$r_{\max} = \frac{4}{3}a$$

解得磁场的磁感应强度最小值

$$B_{\min} = \frac{mv}{er_{\max}} = \frac{3mv}{4ae}$$

故选 C。

10. (2020·全国·统考高考真题) 一匀强磁场的磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面向外，其边界如图中虚线所示， \widehat{ab} 为半圆， ac 、 bd 与直径 ab 共线， ac 间的距离等于半圆的半径。一束质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子，在纸面内从 c 点垂直于 ac 射入磁场，这些粒子具有各种速率。不计粒子之间的相互作用。在磁场中运动时间最长的粒子，其运动时间为 ()



- A. $\frac{7\pi m}{6qB}$ B. $\frac{5\pi m}{4qB}$ C. $\frac{4\pi m}{3qB}$ D. $\frac{3\pi m}{2qB}$

【答案】 C

【解析】 粒子在磁场中做匀速圆周运动

$$qBv = \frac{mv^2}{r}, \quad T = \frac{2\pi r}{v}$$

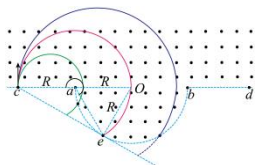
可得粒子在磁场中的周期

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

粒子在磁场中运动的时间

$$t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{\theta m}{qB}$$

则粒子在磁场中运动的时间与速度无关，轨迹对应的圆心角越大，运动时间越长；过 c 点做半圆的切线交于 e 点，如图所示



由图可知，粒子从 e 点离开时，轨迹对应的圆心角最大，在磁场中运动时间最长；由图中几何关系可知，此时轨迹对应的最大圆心角为

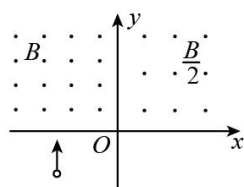
$$\theta_{\max} = 240^\circ$$

则粒子在磁场中运动的最长时间为

$$t_{\max} = \frac{240^\circ}{360^\circ} T = \frac{2}{3} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{4\pi m}{3qB}$$

故选 C。

11. (2019·全国·高考真题) 如图，在坐标系的第一和第二象限内存在磁感应强度大小分别为 $\frac{1}{2}B$ 和 B 、方向均垂直于纸面向外的匀强磁场。一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子垂直于 x 轴射入第二象限，随后垂直于 y 轴进入第一象限，最后经过 x 轴离开第一象限。粒子在磁场中运动的时间为



A. $\frac{5\pi m}{6qB}$

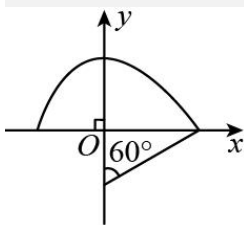
B. $\frac{7\pi m}{6qB}$

C. $\frac{11\pi m}{6qB}$

D. $\frac{13\pi m}{6qB}$

【答案】B

【解析】运动轨迹如图：



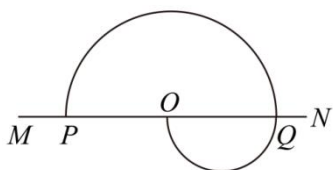
即运动由两部分组成，第一部分是 $\frac{1}{4}$ 个周期，第二部分是 $\frac{1}{6}$ 个周期，粒子在第二象限运动转过的角度为 90° ，则

运动的时间为 $t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{2qB}$ ；粒子在第一象限转过的角度为 60° ，则运动的时间为

$$t_1 = \frac{T_1}{6} = \frac{1}{6} \cdot \frac{2\pi m}{q \frac{B}{2}} = \frac{2\pi m}{3qB}; \text{ 则粒子在磁场中运动的时间为: } t = t_1 + t_2 = \frac{2\pi m}{3qB} + \frac{\pi m}{2qB} = \frac{7\pi m}{6qB}, \text{ 故 B 正确, ACD}$$

错误.

12. (2014·全国·高考真题) 如图, MN 为铝质薄平板, 铝板上方和下方分别有垂直于图平面的匀强磁场 (未画出). 一带电粒子从紧贴铝板上表面的 P 点垂直于铝板向上射出, 从 Q 点穿过铝板后到达 PQ 的中点 O , 已知粒子穿越铝板时, 其动能损失一半, 速度方向和电荷量不变, 不计重力. 铝板上方和下方的磁感应强度大小之比为



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

【答案】D

【分析】带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力, 从而求出磁感应强度的表达式. 结合动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 最终得到关于磁感应强度 B 与动能 E_k 的关系式, 从关系式及题设条件--带电粒子在穿越铝板时减半, 就能求出上下磁感应强度之比.

【解析】由动能公式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动洛伦兹力提供向心力得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 联立可得

$$B = \frac{mv}{qr} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qr},$$

上下磁场磁感应强度之比为

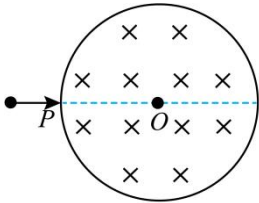
$$\frac{B_{\text{上}}}{B_{\text{下}}} = \frac{\sqrt{E_{\text{上}}}}{\sqrt{E_{\text{下}}}} \times \frac{r_{\text{下}}}{r_{\text{上}}} = \frac{\sqrt{2}}{1} \times \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2},$$

D 正确.

二、多选题

13. (2023·全国·统考高考真题) 光滑刚性绝缘圆筒内存在着平行于轴的匀强磁场, 筒上 P 点开有一个小孔, 过 P 的横截面是以 O 为圆心的圆, 如图所示. 一带电粒子从 P 点沿 PO 射入, 然后与筒壁发生碰撞. 假设

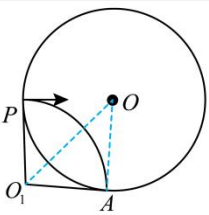
粒子在每次碰撞前、后瞬间，速度沿圆上碰撞点的切线方向的分量大小不变，沿法线方向的分量大小不变、方向相反；电荷量不变。不计重力。下列说法正确的是（ ）



- A. 粒子的运动轨迹可能通过圆心 O
- B. 最少经 2 次碰撞，粒子就可能从小孔射出
- C. 射入小孔时粒子的速度越大，在圆内运动时间越短
- D. 每次碰撞后瞬间，粒子速度方向一定平行于碰撞点与圆心 O 的连线

【答案】BD

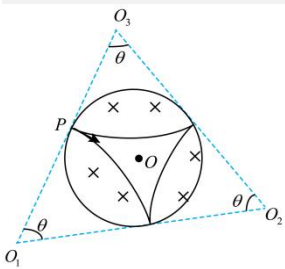
【解析】D. 假设粒子带负电，第一次从 A 点和筒壁发生碰撞如图， O_1 为圆周运动的圆心



由几何关系可知 $\angle O_1AO$ 为直角，即粒子此时的速度方向为 OA ，说明粒子在和筒壁碰撞时速度会反向，由圆的对称性在其它点撞击同理，D 正确；

A. 假设粒子运动过程过 O 点，则过 P 点的速度的垂线和 OP 连线的中垂线是平行的不能交于一点确定圆心，由圆形对称性撞击筒壁以后的 A 点的速度垂线和 AO 连线的中垂线依旧平行不能确定圆心，则粒子不可能过 O 点，A 错误；

B. 由题意可知粒子射出磁场以后的圆心组成的多边形应为以筒壁的内接圆的多边形，最少应为三角形如图所示

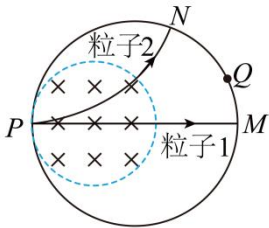


即撞击两次，B 正确；

C. 速度越大粒子做圆周运动的半径越大，碰撞次数可能会增多，粒子运动时间不一定减少，C 错误。

故选 BD。

14. (2022·辽宁·高考真题) 粒子物理研究中使用的—种球状探测装置横截面的简化模型如图所示。内圆区域有垂直纸面向里的匀强磁场, 外圆是探测器。两个粒子先后从 P 点沿径向射入磁场, 粒子 1 沿直线通过磁场区域后打在探测器上的 M 点。粒子 2 经磁场偏转后打在探测器上的 N 点。装置内部为真空状态, 忽略粒子重力及粒子间相互作用力。下列说法正确的是 ()



- A. 粒子 1 可能为中子
- B. 粒子 2 可能为电子
- C. 若增大磁感应强度, 粒子 1 可能打在探测器上的 Q 点
- D. 若增大粒子入射速度, 粒子 2 可能打在探测器上的 Q 点

【答案】AD

【解析】AB. 由题图可看出粒子 1 没有偏转, 说明粒子 1 不带电, 则粒子 1 可能为中子; 粒子 2 向上偏转, 根据左手定则可知粒子 2 应该带正电, A 正确、B 错误;

C. 由以上分析可知粒子 1 为中子, 则无论如何增大磁感应强度, 粒子 1 都不会偏转, C 错误;

D. 粒子 2 在磁场中洛伦兹力提供向心力有

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

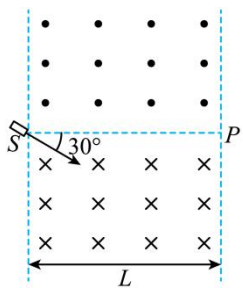
解得

$$r = \frac{mv}{qB}$$

可知若增大粒子入射速度, 则粒子 2 的半径增大, 粒子 2 可能打在探测器上的 Q 点, D 正确。

故选 AD。

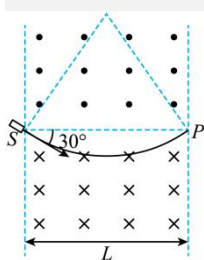
15. (2022·湖北·统考高考真题) 在如图所示的平面内, 分界线 SP 将宽度为 L 的矩形区域分成两部分, 一部分充满方向垂直于纸面向外的匀强磁场, 另一部分充满方向垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小均为 B , SP 与磁场左右边界垂直。离子源从 S 处射入速度大小不同的正离子, 离子入射方向与磁场方向垂直且与 SP 成 30° 角。已知离子比荷为 k , 不计重力。若离子从 P 点射出, 设出射方向与入射方向的夹角为 θ , 则离子的入射速度和对应 θ 角的可能组合为 ()



- A. $\frac{1}{3}kBL, 0^\circ$ B. $\frac{1}{2}kBL, 0^\circ$ C. $kBL, 60^\circ$ D. $2kBL, 60^\circ$

【答案】BC

【解析】若粒子通过下部分磁场直接到达 P 点，如图



根据几何关系则有

$$R = L$$

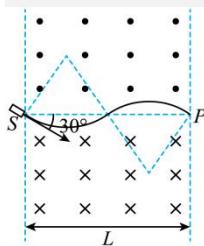
$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

可得

$$v = \frac{qBL}{m} = kBL$$

根据对称性可知出射速度与 SP 成 30° 角向上，故出射方向与入射方向的夹角为 $\theta = 60^\circ$ 。

当粒子上下均经历一次时，如图



因为上下磁感应强度均为 B，则根据对称性有

$$R = \frac{1}{2}L$$

根据洛伦兹力提供向心力有

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

可得

$$v = \frac{qBL}{2m} = \frac{1}{2}kBL$$

此时出射方向与入射方向相同，即出射方向与入射方向的夹角为 $\theta=0^\circ$ 。

通过以上分析可知当粒子从下部分磁场射出时，需满足

$$v = \frac{qBL}{(2n-1)m} = \frac{1}{2n-1}kBL \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

此时出射方向与入射方向的夹角为 $\theta=60^\circ$ ；

当粒子从上部分磁场射出时，需满足

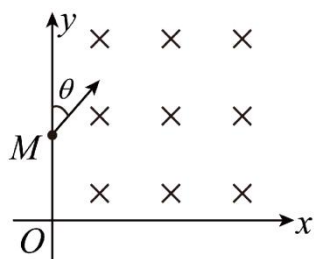
$$v = \frac{qBL}{2nm} = \frac{1}{2n}kBL \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

此时出射方向与入射方向的夹角为 $\theta=0^\circ$ 。

故可知 BC 正确，AD 错误。

故选 BC。

16. (2020·天津·统考高考真题) 如图所示，在 Oxy 平面的第一象限内存在方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。一带电粒子从 y 轴上的 M 点射入磁场，速度方向与 y 轴正方向的夹角 $\theta = 45^\circ$ 。粒子经过磁场偏转后在 N 点（图中未画出）垂直穿过 x 轴。已知 $OM = a$ ，粒子电荷量为 q ，质量为 m ，重力不计。则（ ）

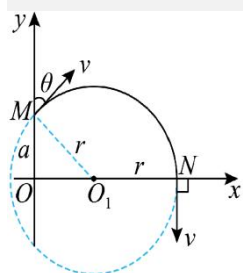


- A. 粒子带负电荷
 B. 粒子速度大小为 $\frac{qBa}{m}$
 C. 粒子在磁场中运动的轨道半径为 a
 D. N 与 O 点相距 $(\sqrt{2}+1)a$

【答案】AD

【解析】A. 粒子向下偏转，根据左手定则判断洛伦兹力，可知粒子带负电，A 正确；

BC. 粒子运动的轨迹如图



由于速度方向与 y 轴正方向的夹角 $\theta = 45^\circ$ ，根据几何关系可知

$$\angle OMO_1 = \angle OO_1M = 45^\circ, \quad OM = OO_1 = a$$

则粒子运动的轨道半径为

$$r = O_1M = \sqrt{2}a$$

洛伦兹力提供向心力

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

解得

$$v = \frac{\sqrt{2}qBa}{m}$$

BC 错误；

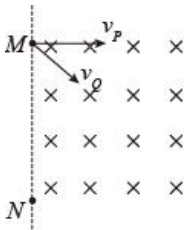
D. N 与 O 点的距离为

$$NO = OO_1 + r = (\sqrt{2} + 1)a$$

D 正确。

故选 AD。

17. (2019·海南·高考真题) 如图，虚线 MN 的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场，两电荷量相同的粒子 P 、 Q 从磁场边界的 M 点先后射入磁场，在纸面内运动。射入磁场时， P 的速度 v_P 垂直于磁场边界， Q 的速度 v_Q 与磁场边界的夹角为 45° 。已知两粒子均从 N 点射出磁场，且在磁场中运动的时间相同，则 ()



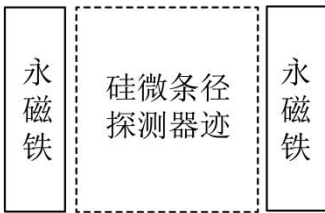
- A. P 和 Q 的质量之比为 1:2 B. P 和 Q 的质量之比为 $\sqrt{2}:1$
 C. P 和 Q 速度大小之比为 $\sqrt{2}:1$ D. P 和 Q 速度大小之比为 2:1

【答案】AC

【解析】 设 $MN=2R$ ，则对粒子 P 的半径为 R ，有： $R = \frac{m_P v_P}{Bq}$ ；对粒子 Q 的半径为 $\sqrt{2}R$ ，有： $\sqrt{2}R = \frac{m_Q v_Q}{Bq}$ ；又两粒子的运动时间相同，则 $t_P = \frac{\pi m_P}{Bq}$ ， $t_Q = \frac{1}{4}T_Q = \frac{\pi m_Q}{2Bq}$ ，即 $\frac{\pi m_P}{Bq} = \frac{\pi m_Q}{2Bq}$ ，解得 $m_Q = 2m_P$ ， $v_P = \sqrt{2}v_Q$ ，故 AC 正确，BD 错误。

18. (2014·全国·高考真题) 如图为某磁谱仪部分构件的示意图。图中，永磁铁提供匀强磁场，硅微条径迹

探测器可以探测粒子在其中运动的轨迹。宇宙射线中有大量的电子、正电子和质子。当这些粒子从上部垂直进入磁场时，下列说法正确的是

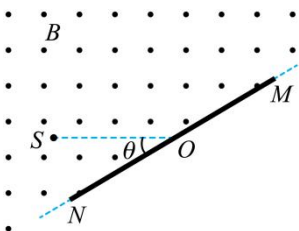


- A. 电子与正电子的偏转方向一定不同
- B. 电子和正电子在磁场中的运动轨迹一定相同
- C. 仅依据粒子的运动轨迹无法判断此粒子是质子还是正电子
- D. 粒子的动能越大，它在磁场中运动轨迹的半径越小

【答案】AC

【解析】由于电子和正电子带电性相反，若入射速度方向相同时，受力方向相反，则偏转方向一定相反，选项 A 正确；由于电子和正电子的入射速度大小未知，根据 $r = \frac{mv}{qB}$ 可知，运动半径不一定相同，选项 B 错误；虽然质子和正电子带电量及电性相同，但是两者的动量大小未知，根据 $r = \frac{mv}{qB}$ ，则根据运动轨迹无法判断粒子是质子还是正电子，选项 C 正确；由 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ，则 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$ ，可知粒子的动能越大，它在磁场中运动轨迹的半径越大，选项 D 错误。

19. (2015·四川·高考真题) 如图所示，S 处有一电子源，可向纸面内任意方向发射电子，平板 MN 垂直于纸面，在纸面内的长度 $L=9.1\text{cm}$ ，中点 O 与 S 间的距离 $d=4.55\text{cm}$ ，MN 与 SO 直线的夹角为 θ ，板所在平面有电子源的一侧区域有方向垂直于纸面向外的匀强磁场，磁感应强度 $B=2.0 \times 10^{-4}\text{T}$ ，电子质量 $m=9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ ，电荷量 $e=-1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ ，不计电子重力。电子源发射速度 $v=1.6 \times 10^6\text{m/s}$ 的一个电子，该电子打在板上可能位置的区域的长度为 l ，则



- A. $\theta=90^\circ$ 时， $l=9.1\text{cm}$
- B. $\theta=60^\circ$ 时， $l=9.1\text{cm}$
- C. $\theta=45^\circ$ 时， $l=4.55\text{cm}$
- D. $\theta=30^\circ$ 时， $l=4.55\text{cm}$

【答案】AD

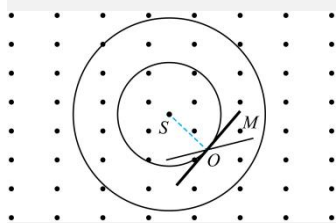
【解析】解：由洛仑兹力充当向心力可得：

$$Bqv = m \frac{v^2}{R}$$

$$\text{解得：} R = \frac{mv}{Bq} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^6}{2 \times 10^{-4} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 0.0455 \text{m} = 4.55 \text{cm};$$

所有粒子的圆心组成以 S 为圆心，R 为半径的圆；电子出现的区域为以 S 为圆心，以 9.1cm 半径的圆形区域内，如图中大圆所示；

故当 $\theta = 90^\circ$ 时，纸板 MN 均在该区域内，故 $l = 9.1 \text{cm}$ ；当 $\theta = 30^\circ$ 时， $l = 4.55 \text{cm}$ ；故 AD 正确，BC 错误；
故选 AD.

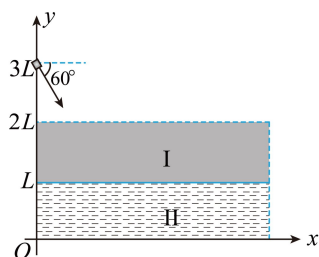


【点评】本题考查带电粒子充当向心力的运动规律，解题的关键问题在于明确粒子运动的圆心和半径，进而明确所有粒子可能出现的空间。

三、解答题

20. (2023·浙江·统考高考真题) 利用磁场实现离子偏转是科学仪器中广泛应用的技术。如图所示， Oxy 平面（纸面）的第一象限内有足够长且宽度均为 L 、边界均平行 x 轴的区域 I 和 II，其中区域存在磁感应强度大小为 B_1 的匀强磁场，区域 II 存在磁感应强度大小为 B_2 的匀强磁场，方向均垂直纸面向里，区域 II 的下边界与 x 轴重合。位于 $(0, 3L)$ 处的离子源能释放出质量为 m 、电荷量为 q 、速度方向与 x 轴夹角为 60° 的正离子束，沿纸面射向磁场区域。不计离子的重力及离子间的相互作用，并忽略磁场的边界效应。

- (1) 求离子不进入区域 II 的最大速度 v_1 及其在磁场中的运动时间 t ；
- (2) 若 $B_2 = 2B_1$ ，求能到达 $y = \frac{L}{2}$ 处的离子的最小速度 v_2 ；
- (3) 若 $B_2 = \frac{B_1}{L} y$ ，且离子源射出的离子数按速度大小均匀地分布在 $\frac{B_1 q L}{m} \sim \frac{6 B_1 q L}{m}$ 范围，求进入第四象限的离子数与总离子数之比 η 。



【答案】(1) $v_1 = \frac{2B_1qL}{m}$; $t = \frac{2\pi m}{3qB_1}$ (2) $v_2 = \frac{4B_1qL}{m}$ (3) 60%

【解析】(1) 当离子不进入磁场 II 速度最大时, 轨迹与边界相切, 则由几何关系

$$r_1 \cos 60^\circ = r_1 - L$$

解得

$$r_1 = 2L$$

根据

$$qv_1B_1 = m \frac{v_1^2}{r_1}$$

解得

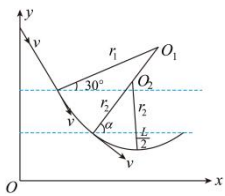
$$v_1 = \frac{2B_1qL}{m}$$

在磁场中运动的周期

$$T = \frac{2\pi m}{qB_1}$$

运动时间

$$t = \frac{2 \times 60^\circ}{360^\circ} T = \frac{2\pi m}{3qB_1}$$



(2) 若 $B_2 = 2B_1$, 根据

$$r = \frac{mv}{qB}$$

可知

$$r_1 = 2r_2$$

粒子在磁场中运动轨迹如图, 设 O_1O_2 与磁场边界夹角为 α , 由几何关系

$$r_1 \sin \alpha - r_1 \sin 30^\circ = L$$

$$r_2 - r_2 \sin \alpha = \frac{L}{2}$$

解得

$$r_2=2L$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{4}$$

根据

$$qv_2B_2 = m \frac{v_2^2}{r_2}$$

解得

$$v_2 = \frac{4B_1qL}{m}$$

(3) 当最终进入区域 II 的粒子若刚好到达 x 轴，则由动量定理

$$B_2qv_y\Delta t = m\Delta v_x$$

即

$$\frac{B_1}{L} yq\Delta y = m\Delta v_x$$

求和可得

$$\sum \frac{B_1}{L} yq\Delta y = \sum m\Delta v_x$$

粒子从区域 I 到区域 II 最终到 x 轴上的过程中

$$m(v - v \cos 60^\circ) = B_1qL + \frac{B_1}{L} \cdot \frac{0+L}{2} qL$$

解得

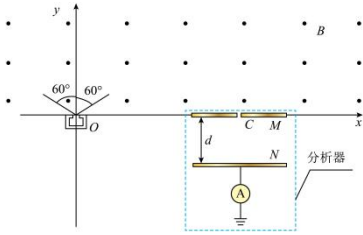
$$v = \frac{3B_1qL}{m}$$

则速度在 $\frac{3B_1qL}{m} \sim \frac{6B_1qL}{m}$ 之间的粒子才能进入第四象限；因离子源射出粒子的速度范围在 $\frac{B_1qL}{m} \sim \frac{6B_1qL}{m}$ ，又粒子源射出的粒子个数按速度大小均匀分布，可知能进入第四象限的粒子占粒子总数的比例为

$$\eta=60\%$$

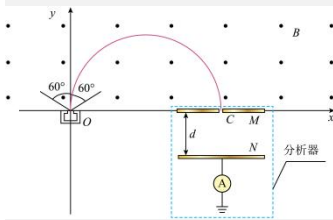
21. (2023·浙江·高考真题) 探究离子源发射速度大小和方向分布的原理如图所示。 x 轴上方存在垂直 xOy 平面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。 x 轴下方的分析器由两块相距为 d 、长度足够的平行金属薄板 M 和 N 组成，其中位于 x 轴的 M 板中心有一小孔 C (孔径忽略不计)， N 板连接电流表后接地。位于坐标原点 O 的离子源能发射质量为 m 、电荷量为 q 的正离子，其速度方向与 y 轴夹角最大值为 60° ；且各个方向均有速度大小连续分布在 $\frac{1}{2}v_0$ 和 $\sqrt{2}v_0$ 之间的离子射出。已知速度大小为 v_0 、沿 y 轴正方向射出的离子经磁场偏转后恰好垂直 x 轴射入孔 C 。未能射入孔 C 的其它离子被分析器的接地外罩屏蔽 (图中没有画出)。不计离子的重力及相互作用，不考虑离子间的碰撞。

- (1) 求孔 C 所处位置的坐标 x_0 ；
- (2) 求离子打在 N 板上区域的长度 L ；
- (3) 若在 N 与 M 板之间加载电压，调节其大小，求电流表示数刚为 0 时的电压 U_0 ；
- (4) 若将分析器沿着 x 轴平移，调节加载在 N 与 M 板之间的电压，求电流表示数刚为 0 时的电压 U_x 与孔 C 位置坐标 x 之间关系式。



【答案】 (1) $\frac{2mv_0}{qB}$ ；(2) $2d$ ；(3) $\frac{mv_0^2}{2q}$ ；(4) 当 $\frac{mv_0}{2qB} \leq x \leq \frac{2\sqrt{2}mv_0}{qB}$ 时， $U_x = \frac{qB^2x^2}{8m}$

【解析】 (1) 速度大小为 v_0 、沿 y 轴正方向射出的离子经磁场偏转后轨迹如图



由洛伦兹力提供向心力

$$Bqv_0 = m \frac{v_0^2}{R}$$

解得半径

$$R = \frac{mv_0}{Bq}$$

孔 C 所处位置的坐标 x_0

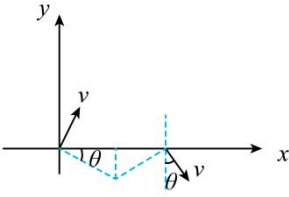
$$x_0 = 2R = \frac{2mv_0}{Bq}$$

(2) 速度大小为 v 的离子进入磁场后，由洛伦兹力提供向心力

$$Bqv = m \frac{v^2}{R'}$$

解得半径

$$R' = \frac{mv}{Bq}$$



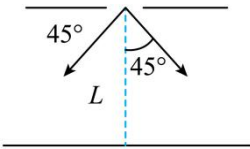
若要能在 C 点入射，则由几何关系可得

$$2R' \cos \theta = 2R$$

解得

$$\cos \theta = \frac{v_0}{v} \in \left[\frac{\sqrt{2}}{2}, 1 \right]$$

如图



由几何关系可得

$$L = 2d$$

(3) 不管从何角度发射

$$v_y = v \cos \theta$$

由 (2) 可得

$$v_y = v_0$$

根据动力学公式可得

$$a = \frac{qU_0}{md}, \quad v_y^2 = 2ad$$

联立解得

$$U_0 = \frac{mv_0^2}{2q}$$

(4) 孔 C 位置坐标 x

$$x = 2r \cos \theta$$

其中

$$r = \frac{mv'}{Bq} = R \frac{v'}{v_0}$$

联立可得

$$x = 2R \frac{v'}{v_0} \cos \theta, \quad \cos \theta \in \left[\frac{1}{2}, 1 \right]$$

解得

$$\frac{1}{2}R \leq x \leq 2\sqrt{2}R$$

在此范围内，和（3）相同，只与 v_y 相关，可得

$$Bqv_y = m \frac{v'^2}{\frac{x}{2}}$$

解得

$$v_y = \frac{Bqx}{2m}$$

根据动力学公式可得

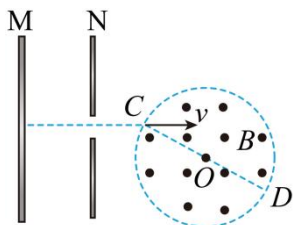
$$a = \frac{qU_x}{md}, \quad v_y^2 = 2ad$$

解得

$$U_x = \frac{B^2qx^2}{8m}$$

22. (2022·天津·高考真题) 如图所示，M 和 N 为平行金属板，质量为 m ，电荷量为 q 的带电粒子从 M 由静止开始被两板间的电场加速后，从 N 上的小孔穿出，以速度 v 由 C 点射入圆形匀强磁场区域，经 D 点穿出磁场，CD 为圆形区域的直径。已知磁场的磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向外，粒子速度方向与磁场方向垂直，重力略不计。

- (1) 判断粒子的电性，并求 M、N 间的电压 U ；
- (2) 求粒子在磁场中做圆周运动的轨道半径 r ；
- (3) 若粒子的轨道半径与磁场区域的直径相等，求粒子在磁场中运动的时间 t 。



【答案】 (1) 正电， $U = \frac{mv^2}{2q}$ ；(2) $r = \frac{mv}{qB}$ ；(3) $t = \frac{\pi m}{3qB}$

【解析】 (1) 带电粒子在磁场中运动，根据左手定则可知粒子带正电。粒子在电场中运动由动能定理可知

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

解得

$$U = \frac{mv^2}{2q}$$

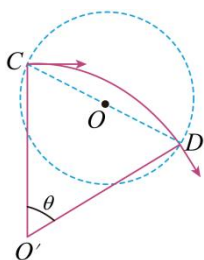
(2) 粒子在磁场中做匀速圆周运动，所受洛伦兹力提供向心力，有

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

解得

$$r = \frac{mv}{qB}$$

(3) 设粒子运动轨道圆弧对应的圆心角为 θ ，如图



依题意粒子的轨道半径与磁场区域的直径相等，由几何关系，得

$$\theta = \frac{\pi}{3}$$

设粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期为 T ，有

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

带电粒子在磁场中运动的时间

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T$$

联立各式解得

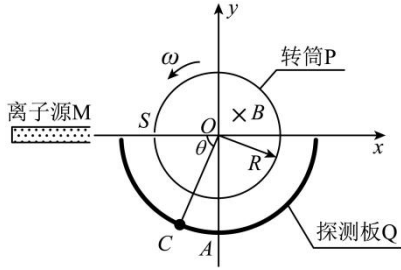
$$t = \frac{\pi m}{3qB}$$

23. (2022·浙江·统考高考真题) 离子速度分析器截面图如图所示。半径为 R 的空心转筒 P ，可绕过 O 点、垂直 xOy 平面（纸面）的中心轴逆时针匀速转动（角速度大小可调），其上有一小孔 S 。整个转筒内部存在方向垂直纸面向里的匀强磁场。转筒下方有一与其共轴的半圆柱面探测板 Q ，板 Q 与 y 轴交于 A 点。离子源 M 能沿着 x 轴射出质量为 m 、电荷量为 $-q$ ($q > 0$)、速度大小不同的离子，其中速度大小为 v_0 的离子进入转筒，经磁场偏转后恰好沿 y 轴负方向离开磁场。落在接地的筒壁或探测板上的离子被吸收且失去所带电荷，不计离子的重力和离子间的相互作用。

- (1) ①求磁感应强度 B 的大小；
- ②若速度大小为 v_0 的离子能打在板 Q 的 A 处，求转筒 P 角速度 ω 的大小；
- (2) 较长时间后，转筒 P 每转一周有 N 个离子打在板 Q 的 C 处， OC 与 x 轴负方向的夹角为 θ ，求转筒转

动一周的时间内，C处受到平均冲力F的大小；

(3) 若转筒P的角速度小于 $\frac{6v_0}{R}$ ，且A处探测到离子，求板Q上能探测到离子的其他 θ' 的值(θ' 为探测点位置和O点连线与x轴负方向的夹角)。



【答案】(1) ① $B = \frac{mv_0}{qR}$ ，② $\omega = (4k+1)\frac{v_0}{R}$ ， $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ ；(2) $F = \frac{(2n\pi + \theta)N}{2(\pi - \theta)\pi} \frac{mv_0^2}{R} \tan \frac{\theta}{2}$ ， $n = 0, 1, 2, \dots$ ；(3) $\theta' = \frac{5}{6}\pi$ ， $\frac{1}{6}\pi$ ， $\frac{\pi}{2}$

【解析】(1) ①离子在磁场中做圆周运动有

$$qv_0B = \frac{mv_0^2}{R}$$

则

$$B = \frac{mv_0}{qR}$$

②离子在磁场中的运动时间

$$t = \frac{\pi R}{2v_0}$$

转筒的转动角度

$$\omega t = 2k\pi + \frac{\pi}{2}$$

$$\omega = (4k+1)\frac{v_0}{R}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

(2) 设速度大小为v的离子在磁场中圆周运动半径为R'，有

$$R' = R \tan \frac{\theta}{2}$$

$$v = v_0 \tan \frac{\theta}{2}$$

离子在磁场中的运动时间

$$t' = (\pi - \theta) \frac{R'}{v}$$

转筒的转动角度

$$\omega' t' = 2n\pi + \theta$$

转筒的转动角速度

$$\omega' = \frac{(2n\pi + \theta)v_0}{(\pi - \theta)R}, n = 0, 1, 2, \dots$$

动量定理

$$F \frac{2\pi}{\omega'} = Nmv$$

$$F = \frac{(2n\pi + \theta)N}{2(\pi - \theta)\pi} \frac{mv_0^2}{R} \tan \frac{\theta}{2}, n = 0, 1, 2, \dots$$

(3) 转筒的转动角速度

$$\frac{(4k+1)v_0}{R} = \frac{(2n\pi + \theta')v_0}{(\pi - \theta')R} < \frac{6v_0}{R}$$

其中

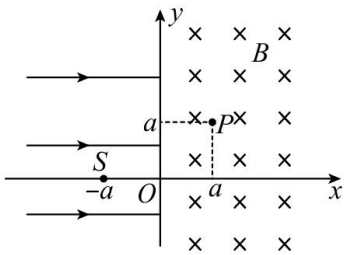
$$k = 1, \theta' = \frac{5-2n}{6}\pi, n = 0, 2 \text{ 或者 } k = 0, n = 0, \theta' = \frac{\pi}{2}$$

可得

$$\theta' = \frac{5}{6}\pi, \frac{1}{6}\pi, \frac{\pi}{2}$$

24. (2021·辽宁·统考高考真题) 如图所示, 在 $x > 0$ 区域内存在垂直纸面向里、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场; 在 $x < 0$ 区域内存在沿 x 轴正方向的匀强电场。质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子甲从点 $S(-a, 0)$ 由静止释放, 进入磁场区域后, 与静止在点 $P(a, a)$ 、质量为 $\frac{m}{3}$ 的中性粒子乙发生弹性正碰, 且有一半电量转移给粒子乙。(不计粒子重力及碰撞后粒子间的相互作用, 忽略电场、磁场变化引起的效应)

- (1) 求电场强度的大小 E ;
- (2) 若两粒子碰撞后, 立即撤去电场, 同时在 $x \leq 0$ 区域内加上与 $x > 0$ 区域内相同的磁场, 求从两粒子碰撞到下次相遇的时间 Δt ;
- (3) 若两粒子碰撞后, 粒子乙首次离开第一象限时, 撤去电场和磁场, 经一段时间后, 在全部区域内加上与原 $x > 0$ 区域相同的磁场, 此后两粒子的轨迹恰好不相交, 求这段时间内粒子甲运动的距离 L 。



【答案】 (1) $E = \frac{qB^2 a}{2m}$; (2) $\Delta t = \frac{2\pi m}{qB}$; (3) $L = \frac{2a}{\sqrt{7}}$

【解析】 (1) 粒子甲匀速圆周运动过 P 点, 则在磁场中运动轨迹半径

$$R=a$$

则

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

则

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

粒子从 S 到 O ，有动能定理可得

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

可得

$$E = \frac{qB^2a}{2m}$$

(2) 甲乙粒子在 P 点发生弹性碰撞，设碰后速度为 v_1 、 v_2 ，取向上为正，则有

$$mv = mv_1 + \frac{1}{3}mv_2$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{3}mv_2^2$$

计算可得

$$v_1 = \frac{1}{2}v = \frac{qBa}{2m}$$
$$v_2 = \frac{3}{2}v = \frac{3qBa}{2m}$$

两粒子碰后在磁场中运动

$$\frac{1}{2}qBv_1 = \frac{mv_1^2}{R_1}$$

$$\frac{1}{2}qBv_2 = \frac{mv_2^2}{3R_2}$$

解得

$$R_1 = a$$

$$R_2 = a$$

两粒子在磁场中一直做轨迹相同的匀速圆周运动，周期分别为

$$T_1 = \frac{2\pi R_1}{v_1} = \frac{4\pi m}{qB}$$

$$T_2 = \frac{2\pi R_2}{v_2} = \frac{4\pi m}{3qB}$$

则两粒子碰后再次相遇

$$\frac{2\pi}{T_2} \Delta t = \frac{2\pi}{T_1} \Delta t + 2\pi$$

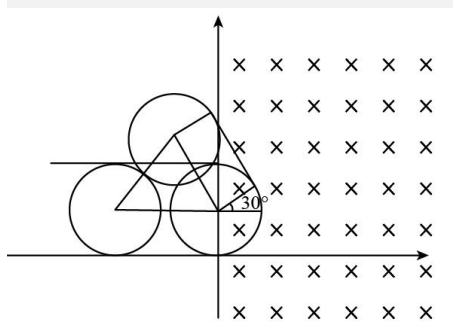
解得再次相遇时间

$$\Delta t = \frac{2\pi m}{qB}$$

(3) 乙出第一象限时甲在磁场中偏转角度为

$$\theta = \frac{2\pi}{T_1} \cdot \frac{T_2}{4} = \frac{\pi}{6}$$

撤去电场磁场后，两粒子做匀速直线运动，乙粒子运动一段时间后，再整个区域加上相同的磁场，粒子在磁场中仍做半径为 a 的匀速圆周运动，要求轨迹恰好不相切，则如图所示



设撤销电场、磁场到加磁场乙运动了 t' ，由余弦定理可得

$$\cos 60^\circ = \frac{(v_1 t')^2 + (v_2 t')^2 - (2a)^2}{2 \times v_1 t' \times v_2 t'}$$

$$v_1 t' = \frac{1}{3} v_2 t'$$

则从撤销电场、磁场到加磁场乙运动的位移

$$L = v_1 t' = \frac{2a}{\sqrt{7}}$$

25. (2021·河北·高考真题) 如图，一对长平行栅极板水平放置，极板外存在方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，极板与可调电源相连，正极板上 O 点处的粒子源垂直极板向上发射速度为 v_0 、带正电的粒子束，单个粒子的质量为 m 、电荷量为 q ，一足够长的挡板 OM 与正极板成 37° 倾斜放置，用于吸收打在其上的粒子， C 、 P 是负极板上的两点， C 点位于 O 点的正上方， P 点处放置一粒子靶（忽略靶的大小），用于接收从上方打入的粒子， CP 长度为 L_0 ，忽略栅极的电场边缘效应、粒子间的相互作用及粒子所受重力。 $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ 。

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/807013011004006146>