

{INCLUDEPICTURE"15WL8-38.TIF"}

图 8-2-9

- (1)电子在磁场中运动轨迹的半径 R ;
- (2)电子在磁场中运动的时间 t ;
- (3)圆形磁场区域的半径 r 。

[针对训练]

1. “人造小太阳”托卡马克装置使用强磁场约束高温等离子体,使其中的带电粒子被尽可能限制在装置内部,而不与装置器壁碰撞。已知等离子体中带电粒子的平均动能与等离子体的温度 T 成正比,为约束更高温度的等离子体,则需要更强的磁场,以使带电粒子在磁场中的运动半径不变。由此可判断所需的磁感应强度 B 正比于()

- A. \sqrt{T} B. T C. $\sqrt{T^3}$ D. T^2

2. 如图 8-2-10, 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 点穿越铝板后到达 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()

{INCLUDEPICTURE"GKJXKB1-4.TIF"}

图 8-2-10

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

3. (多选)如图 8-2-11 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()

{INCLUDEPICTURE"14gKl-6a.TIF"}

图 8-2-11

- A. 电子与正电子的偏转方向一定不同
B. 电子与正电子在磁场中运动轨迹的半径一定相同
C. 仅依据粒子运动轨迹无法判断该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

要点三 带电粒子在磁场中运动的多解问题

[典例 1]如图 8-2-12 所示，宽度为 d 的有界匀强磁场，磁感应强度为 B ， MM' 和 NN' 是它的两条边界。现有质量为 m ，电荷量为 q 的带电粒子沿图示方向垂直磁场射入。要使粒子不能从边界 NN' 射出，则粒子入射速率 v 的最大值可能是多少。

{INCLUDEPICTURE"15WL8-41.TIF"}

图 8-2-12

[典例 2] (多选)在 M 、 N 两条长直导线所在的平面内,一带电粒子的运动轨迹示意图如图 8-2-13 所示。已知两条导线 M 、 N 中只有一条导线中通有恒定电流,另一条导线中无电流,关于电流方向和粒子带电情况及运动的方向,可能是()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-43.TIF"}

图 8-2-13

- A. M 中通有自上而下的恒定电流,带负电的粒子从 a 点向 b 点运动
- B. M 中通有自上而下的恒定电流,带正电的粒子从 b 点向 a 点运动
- C. N 中通有自下而上的恒定电流,带正电的粒子从 b 点向 a 点运动
- D. N 中通有自下而上的恒定电流,带负电的粒子从 a 点向 b 点运动

3. 临界状态不唯一形成多解

[典例 3] (多选)长为 l 的水平极板间有垂直纸面向里的匀强磁场,如图 8-2-15 所示,磁感应强度为 B ,板间距离也为 l ,板不带电,现有质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子(不计重力),从左边极板间中点处垂直磁感线以速度 v 水平射入磁场,欲使粒子不打在极板上,可采用的办法是()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-45+.TIF"}

图 8-2-15

- A. 使粒子的速度 $v < \sqrt{\frac{Bql}{4m}}$
- B. 使粒子的速度 $v > \sqrt{\frac{5Bql}{4m}}$
- C. 使粒子的速度 $v > \sqrt{\frac{Bql}{m}}$
- D. 使粒子的速度 v 满足 $\sqrt{\frac{Bql}{4m}} < v < \sqrt{\frac{5Bql}{4m}}$

4. 运动的往复性形成多解

[典例 4] 某装置用磁场控制带电粒子的运动,工作原理如图 8-2-16 所示。装置的长为 L , 上下两个相同的矩形区域内存在匀强磁场,磁感应强度大小均为 B 、方向与纸面垂直且相反,两磁场的间距为 d 。装置右端有一收集板, M 、 N 、 P 为板上的三点, M 位于轴线 OO' 上, N 、 P 分别位于下方磁场的上、下边界上。在纸面内, 质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的粒子以某一速度从装置左端的中点射入, 方向与轴线成 30° 角, 经过上方的磁场区域一次, 恰好到达 P 点。改变粒子入射速度的大小, 可以控制粒子到达收集板上的位置。不计粒子的重力。

- (1)求磁场区域的宽度 h ;
- (2)欲使粒子到达收集板的位置从 P 点移到 N 点, 求粒子入射速度的最小变化量 Δv ;
- (3)欲使粒子到达 M 点, 求粒子入射速度大小的可能值。

{INCLUDEPICTURE"14GW-16.TIF"}

图 8-2-16

要点四 带电粒子在有界磁场中的临界极值问题

(一)半无界磁场

[典例 1] (多选)如图 8-2-17 所示, MN 是磁感应强度为 B 的匀强磁场的边界。一质量为 m 、电荷量为 q 的粒子在纸面内从 O 点射入磁场。若粒子速度为 v_0 , 最远可落在边界上的 A 点。下列说法中正确的有()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-49.TIF"}

图 8-2-17

- A. 若粒子落在 A 点的左侧, 其速度一定小于 v_0
- B. 若粒子落在 A 点的右侧, 其速度一定大于 v_0
- C. 若粒子落在 A 点左右两侧 d 的范围内, 其速度不可能小于 $v_0 - qBd/2m$
- D. 若粒子落在 A 点左右两侧 d 的范围内, 其速度不可能大于 $v_0 + qBd/2m$

(二)四分之一平面磁场

[典例 2] 如图 8-2-18 所示, 一个质量为 m 电荷量为 q 的带电粒子从 x 轴上的 $P(a,0)$ 点以速度 v , 沿与 x 轴正方向成 60° 角的方向射入第一象限内的匀强磁场中, 并恰好垂直于 y 轴射出第一象限。求匀强磁场的磁感应强度 B 和射出点的坐标。

{INCLUDEPICTURE"15WL8-50.TIF"}

图 8-2-18

(三)矩形磁场

[典例 3] (多选)如图 8-2-19 所示,在一矩形区域内,不加磁场时,不计重力的带电粒子以某一初速度垂直左边界射入,穿过此区域的时间为 t 。若加上磁感应强度为 B 、垂直纸面向外的匀强磁场,带电粒子仍以原来的初速度入射,粒子飞出磁场时偏离原方向 60° ,利用以上数据可求出下列物理量中的()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-51.TIF"}

图 8-2-19

- A. 带电粒子的比荷
- B. 带电粒子在磁场中运动的周期
- C. 带电粒子的初速度
- D. 带电粒子在磁场中运动的半径

(四)正方形磁场

[典例 4] (多选)空间存在方向垂直于纸面向里的匀强磁场,图 8-2-20 中的正方形为其边界。一细束由两种粒子组成的粒子流沿垂直于磁场的方向从 O 点入射。这两种粒子带同种电荷,它们的电荷量、质量均不同,但其比荷相同,且都包含不同速率的粒子。不计重力。下列说法中正确的是()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-52.TIF"}

图 8-2-20

- A. 入射速度不同的粒子在磁场中的运动时间一定不同
- B. 入射速度相同的粒子在磁场中的运动轨迹一定相同
- C. 在磁场中运动时间相同的粒子,其运动轨迹一定相同
- D. 在磁场中运动时间越长的粒子,其轨迹所对的圆心角一定越大

(五)半圆形磁场

[典例 5] 如图 8-2-21 所示,长方形 $abcd$ 长 $ad=0.6\text{ m}$,宽 $ab=0.3\text{ m}$, O 、 e 分别是 ad 、 bc 的中点,以 ad 为直径的半圆内有垂直纸面向里的匀强磁场(边界上无磁场),磁感应强度 $B=0.25\text{ T}$ 。一群不计重力、质量 $m=3\times 10^{-7}\text{ kg}$ 、电荷量 $q=+2\times 10^{-3}\text{ C}$ 的带电粒子以速度 $v=5\times 10^2\text{ m/s}$ 沿垂直 ad 方向且垂直于磁场射入磁场区域,则()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-53.TIF"}

图 8-2-21

- A. 从 Od 边射入的粒子,出射点全部分布在 Oa 边
- B. 从 aO 边射入的粒子,出射点全部分布在 ab 边
- C. 从 Od 边射入的粒子,出射点分布在 Oa 边和 ab 边
- D. 从 aO 边射入的粒子,出射点分布在 ab 边和 bc 边

(六)圆形磁场

[典例 6] 如图 8-2-22 所示, 圆形区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场, 一个带负电粒子以速度 v 从 A 点沿直径 AOB 方向射入磁场, 经过 Δt 时间从 C 点射出磁场, OC 与 OB 成 60° 角。现将带电粒子的速度变为 $\sqrt{v/3}$, 仍从 A 点沿原方向射入磁场, 不计重力, 则粒子在磁场中的运动时间变为()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-54.TIF"}

图 8-2-22

A. $\sqrt{1/2}\Delta t$

B. $2\Delta t$

C. $\sqrt{1/3}\Delta t$

D. $3\Delta t$

(七)三角形磁场

[典例 7] 如图 8-2-23 所示, $\triangle ABC$ 为与匀强磁场垂直的边长为 a 的等边三角形, 比荷为 e/m 的电子以速度 v_0 从 A 点沿 AB 边入射, 欲使电子经过 BC 边, 磁感应强度 B 的取值为()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-56.TIF"}

图 8-2-23

A. $B > \frac{2mv_0}{ae}$

B. $B < \frac{2mv_0}{ae}$

C. $B > \frac{\sqrt{3}mv_0}{ae}$

D. $B < \frac{\sqrt{3}mv_0}{ae}$