第8.2节 磁场对运动电荷的作用

{INCLUDEPICTURE"第八章 2.tif"}

要点一 对洛伦兹力的理解

[典例] (多选)如图 8-2-1 所示,空间的某一区域存在着相互垂直的匀强电场和匀强磁场, 一个带电粒子以某一初速度由 A 点进入这个区域沿直线运动,从 C 点离开区域; 如果将磁 场撤去, 其他条件不变, 则粒子从 B 点离开场区; 如果将电场撤去, 其他条件不变, 则这 个粒子从 D 点离开场区。已知 BC=CD,设粒子在上述三种情况下,从 A 到 B、从 A 到 C和从 A 到 D 所用的时间分别是 t_1 、 t_2 和 t_3 ,离开三点时的动能分别是 E_{k1} 、 E_{k2} 、 E_{k3} ,粒子重 力忽略不计,以下关系正确的是()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-30.TIF"}

图 8-2-1

A. $t_1 = t_2 < t_3$

B. $t_1 < t_2 = t_3$

C. $E_{k1} > E_{k2} = E_{k3}$

D. $E_{k1} = E_{k2} < E_{k3}$

[针对训练]

1. 如图 8-2-2 所示,在竖直绝缘的平台上,一个带正电的小球以水平速度 v₀ 抛出,落 在地面上的A点,若加一垂直纸面向里的匀强磁场,则小球的落点(

{INCLUDEPICTURE"15WL8-31.TIF"}

图 8-2-2

A. 仍在A点

B. 在 A 点左侧

C. 在 A 点右侧

- D. 无法确定
- 2. (多选)如图 8-2-3 所示, ABC 为竖直平面内的光滑绝缘轨道, 其中 AB 为倾斜直轨道, BC 为与 AB 相切的圆形轨道,并且圆形轨道处在匀强磁场中,磁场方向垂直纸面向里。质 量相同的甲、乙、丙三个小球中,甲球带正电、乙球带负电、丙球不带电。现将三个小球在 轨道 AB 上分别从不同高度处由静止释放,都恰好通过圆形轨道的最高点,则()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-33.TIF"}

图 8-2-3

- A. 经过最高点时,三个小球的速度相等 B. 经过最高点时,甲球的速度最小
- C. 甲球的释放位置比乙球的高
- D. 运动过程中三个小球的机械能均保持不变

要点二 带电粒子在匀强磁场中的运动

[典例]如图 8-2-9 所示,虚线圆所围区域内有方向垂直纸面向里的匀强磁场,磁感应强 度为B。一束电子沿圆形区域的直径方向以速度v射入磁场,电子束经过磁场区后,其运动 方向与原入射方向成 θ 角。设电子质量为m,电荷量为e,不计电子之间相互作用力及所受 的重力,求:

$\{INCLUDEPICTURE"15WL8-38.TIF"\}$

- (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.{eq $\r(T)$ }B. T

C.{eq $\r(T^3)$ }

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. $\{eq \r(2)\}$ C. 1 D. $\{eq \r(2), 2\}$

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"}

- 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。

 $\{INCLUDEPICTURE"15WL8-41.TIF"\}$

[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"}

- A. 使粒子的速度 $v < \{eq \setminus \{Bql, 4m\}\}$ B. 使粒子的速度 $v > \{eq \setminus \{5Bql, 4m\}\}$
- C. 使粒子的速度 v>{eq \f(Bql,m)} D. 使粒子的速度 v 满足{eq \f(Bql,4m)}<v<{eq \f(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"}

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"}

(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 m,宽 ab=0.3 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 T。一群不计重力、质量 $m=3\times10^{-7}$ kg、电荷量 $q=+2\times10^{-3}$ C 的带电粒子以速度 $v=5\times10^2$ 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 $\{eq \ f(v,3)\}$,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.{eq $\backslash f(1,2)$ } Δt

B. $2\Delta t$

C.{eq \f(1,3)} Δt

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 $\{eq \setminus f(e,m)\}$ 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. $B > \{eq \ (2mv_0, ae)\}$

B. $B < \{eq \ \ (2mv_0, ae)\}$

 $C \cdot B > \{ eq \}$

 $\{f(r(3)mv_0,ae)\}$

D. $B < \{eq \ \ (r(3)mv_0, ae)\}$