

第 8.4 节 带电粒子在叠加场中的运动

要点一 带电粒子在叠加场中运动的实例分析

| 装置 | 原理图 | 规律 |
|--------|---------------------------------|---|
| 速度选择器 | {INCLUDEPICTURE"15wl8-109.TIF"} | 若 $qv_0B = Eq$ ，即 $v_0 = \{eq \f(E,B)\}$ ，粒子做匀速直线运动 |
| 磁流体发电机 | {INCLUDEPICTURE"15wl8-110.TIF"} | 等离子体射入，受洛伦兹力偏转，使两极板带正、负电，两极电压为 U 时稳定， $q\{eq \f(U,d)\} = qv_0B$ ， $U = v_0Bd$ |
| 电磁流量计 | {INCLUDEPICTURE"15wl8-111.TIF"} | $\{eq \f(U,D)\}q = qvB$ 所以 $v = \{eq \f(U,DB)\}$ 所以 $Q = vS = \{eq \f(\pi DU,4B)\}$ |
| 霍尔元件 | {INCLUDEPICTURE"15wl8-112.TIF"} | 当磁场方向与电流方向垂直时，导体在与磁场、电流方向都垂直的方向上出现电势差 |

[典例] (多选)如图 8-4-1 所示，导电物质为电子的霍尔元件位于两串联线圈之间，线圈中电流为 I ，线圈间产生匀强磁场，磁感应强度大小 B 与 I 成正比，方向垂直于霍尔元件的两侧面，此时通过霍尔元件的电流为 I_H ，与其前后表面相连的电压表测出的霍尔电压 U_H 满足： $U_H = k\{eq \f(I_H B, d)\}$ ，式中 k 为霍尔系数， d 为霍尔元件两侧面间的距离。电阻 R 远大于 R_L ，霍尔元件的电阻可以忽略，则()



图 8-4-1

- A. 霍尔元件前表面的电势低于后表面
- B. 若电源的正负极对调，电压表将反偏
- C. I_H 与 I 成正比
- D. 电压表的示数与 R_L 消耗的电功率成正比

[针对训练]

1.如图 8-4-2 所示,一段长方体形导电材料,左右两端面的边长都为 a 和 b ,内有带电荷量为 q 的某种自由运动电荷。导电材料置于方向垂直于其前表面向里的匀强磁场中,内部磁感应强度大小为 B 。当通以从左到右的稳恒电流 I 时,测得导电材料上、下表面之间的电压为 U ,且上表面的电势比下表面的低。由此可得该导电材料单位体积内自由运动电荷数及自由运动电荷的正负分别为()

{INCLUDEPICTURE"15WL8-113.TIF"}

图 8-4-2

- A. $\frac{IB}{q|aU|}$, 负 B. $\frac{IB}{q|aU|}$, 正
C. $\frac{IB}{q|bU|}$, 负 D. $\frac{IB}{q|bU|}$, 正

2.如图 8-4-3,某一新型发电装置的发电管是横截面为矩形的水平管道,管道的长为 L 、宽为 d 、高为 h ,上下两面是绝缘板,前后两侧面 M 、 N 是电阻可忽略的导体板,两导体板与开关 S 和定值电阻 R 相连。整个管道置于磁感应强度大小为 B ,方向沿 z 轴正方向的匀强磁场中。管道内始终充满电阻率为 ρ 的导电液体(有大量的正、负离子),且开关闭合前后,液体在管道进、出口两端压强差的作用下,均以恒定速率 v_0 沿 x 轴正向流动,液体所受的摩擦阻力不变。

- (1)求开关闭合前, M 、 N 两板间的电势差大小 U_0 ;
(2)求开关闭合前后,管道两端压强差的变化 Δp ;
(3)调整矩形管道的宽和高,但保持其他量和矩形管道的横截面积 $S=dh$ 不变,求电阻 R 可获得的最大功率 P_m 及相应的宽高比 d/h 的值。

{INCLUDEPICTURE"14LZFJ12.TIF"}

图 8-4-3

要点二 带电粒子在叠加场中的运动

(一)磁场与重力场共存

[典例 1] (多选)如图 8-4-4 所示为一个质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的圆环，可在水平放置的足够长的粗糙细杆上滑动，细杆处于磁感应强度为 B 的匀强磁场中，不计空气阻力，现给圆环向右的初速度 v_0 ，在以后的运动过程中，圆环运动的速度图像可能是图 8-4-5 中的 ()

{INCLUDEPICTURE"15Wl8-152.tif"}

图 8-4-4

{INCLUDEPICTURE"15Wl8-116.tif"}

图 8-4-5

(二)电场与磁场共存

[典例 2] 如图 8-4-6 甲所示，空间存在一范围足够大的垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。让质量为 m ，电量为 $q(q>0)$ 的粒子从坐标原点 O 沿 xOy 平面以不同的初速度大小和方向入射到该磁场中。不计重力和粒子间的影响。

{INCLUDEPICTURE"15WL8-117.TIF"}

图 8-4-6

- (1)若粒子以初速度 v_1 沿 y 轴正向入射，恰好能经过 x 轴上的 $A(a,0)$ 点，求 v_1 的大小。
- (2)已知一粒子的初速度大小为 $v(v>v_1)$ ，为使该粒子能经过 $A(a,0)$ 点，其入射角 θ (粒子初速度与 x 轴正向的夹角)有几个？并求出对应的 $\sin \theta$ 值。
- (3)如图乙所示，若在此空间再加入沿 y 轴正向、大小为 E 的匀强电场，一粒子从 O 点以初速度 v_0 沿 y 轴正向发射。研究表明：粒子在 xOy 平面内做周期性运动，且在任一时刻，粒子速度的 x 分量 v_x 与其所在位置的 y 坐标成正比，比例系数与场强大小 E 无关。求该粒子运动过程中的最大速度值 v_m 。

(三)电场、磁场与重力场共存

[典例 3] 如图 8-4-7 甲所示, 宽度为 d 的竖直狭长区域内(边界为 L_1 、 L_2), 存在垂直纸面向里的匀强磁场和竖直方向上的周期性变化的电场(如图乙所示), 电场强度的大小为 E_0 , $E>0$ 表示电场方向竖直向上。 $t=0$ 时, 一带正电、质量为 m 的微粒从左边界上的 N_1 点以水平速度 v 射入该区域, 沿直线运动到 Q 点后, 做一次完整的圆周运动, 再沿直线运动到右边界上的 N_2 点。 Q 点为线段 N_1N_2 的中点, 重力加速度为 g 。上述 d 、 E_0 、 m 、 v 、 g 为已知量。

{INCLUDEPICTURE"15WL8-119.TIF"}

图 8-4-7

- (1)求微粒所带电荷量 q 和磁感应强度 B 的大小;
- (2)求电场变化的周期 T ;
- (3)改变宽度 d , 使微粒仍能按上述运动过程通过相应宽度的区域, 求 T 的最小值。