



21. (8分) 选做题：本题包含 A、B 两题，其中 A 题较易，请选择一道作答。如两题都做，按 A 题计分。

A. 如图所示，在足够大的空间范围内，同时存在着竖直向上的匀强电场和垂直纸面向外的匀强磁场，电场强度为 E ，磁感应强度为 B ，足够长的斜面固定在水平面上，斜面倾角为 45° 。当带电小球 P 静止于斜面顶端 A 处时，恰好对斜面无压力。



若将小球从 A 点以初速度 v_0 水平向右抛出 (P 视为质点)，一段时间后，小球落在斜面上的 C 点。已知小球的运动轨迹在同一竖直平面内，重力加速度为 g ，求：

- (1) 带电小球的比荷。
- (2) 小球由 A 到 C 运动的时间 t 及由 A 到 C 发生的位移的 x 大小。

难度：★★★ 考点：复合场，带电粒子在磁场中的运动。

分析：(1) 小球在 A 点对斜面无压力即可求得比荷；

(2) 根据小球在洛伦兹力的作用下做圆周运动得出小球的偏转角，从而求得运动时间，利用几何关系求出位移。

解答：(1) 小球 P 静止于 A 处时对斜面无压力。则

$$qE = mg \quad \text{求得：} \frac{q}{m} = \frac{g}{E}$$

(2) 小球 P 获得水平初速度后做匀速圆周运动

$$\text{小球运动过程中：} T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{小球 } P \text{ 有 } A \text{ 到 } C \text{ 所需时间：} t = \frac{T}{4}, \text{ 解得：} t = \frac{\pi m}{2qB}$$

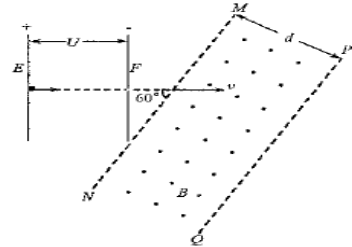
$$\text{由几何关系知：} x = \sqrt{2}R, \text{ 解得：} x = \frac{\sqrt{2}mv_0}{qB}$$

B. 如图所示，两平行金属板 E 、 F 之间电压为 U ，两足够长的平行边界 MN 、 PQ 区域内，有垂直纸



面向外的匀强磁场，磁感应强度为 B 。一质量为 m ，带电量为 $+q$ 的粒子（不计重力），由 E 板中央处由静止释放，经 F 板上的小孔射出后，与磁场边界 MN 成 60° 角垂直进入磁场，之后从边界 MN 离开磁场。求：

- (1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径 r ；
- (2) 两边界 MN 、 PQ 的最小距离 d ；
- (3) 粒子在磁场中运动的时间 t 。



工大教育

——做最感动客户的专业教育组织



难度：★★★★

考点：加速电场，带点粒子在磁场中的运动。

分析：(1) 根据动能定理以及洛伦兹力提供粒子做圆周运动的向心力即可求解；

(2) 利用几何关系即可求出最小距离；

(3) 根据粒子做圆周运动的圆心角以及周期求出运动时间。

解答：

(1) 设粒子离开电场时的速度为 v ,

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

粒子离开电场后，垂直进入磁场，由洛伦兹力提供向心力，

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

解得： $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ 。

(2) 最终粒子从边界 MN 离开磁场，需满足

$$d \geq r + r \cos 60^\circ$$

解得 $d \geq \frac{3}{2B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ；

两边界 MN、PQ 的最小距离为 $\frac{3}{2B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ 。

(3) 粒子在磁场中做圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

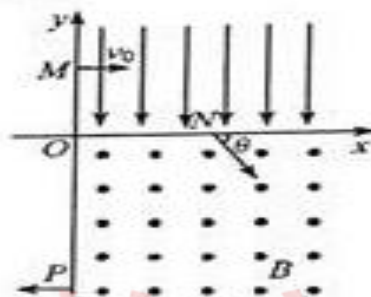
粒子在磁场中运动的时间： $t = \frac{4\pi m}{3qB}$ 。



22. (9分) 选做题, 本题包含 A、B 两题。其中 A 题较易, 请选择一道作答。如两题都做, 按 A 题计分。

A. 在平面直角坐标系 xOy 中, 第 I 象限存在沿 Y 轴负方向的匀强电场; 第四象限存在垂直于坐标平面向外的匀强磁场, 磁感应强度为 B 。一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电的粒子从 y 轴正半轴上的 M 点以速度 v_0 垂直于 y 轴射入电场, 经 x 轴上的 N 点与 x 轴正方向成 $\theta = 60^\circ$ 角射入磁场, 最后从 y 轴负半轴上的 P 点垂直于 y 轴射出磁场, 如图所示。不计粒子重力, 求:

- (1) M 、 N 两点间的电势差 U_{MN} ;
- (2) 粒子在磁场中运动的轨道半径 r ;
- (3) 粒子从 M 点运动到 P 点的总时间 t 。



考点: 带电粒子在磁场中的运动

难度: ☆ (1) 设粒子过 N 点时速度为 v , 有 ☆

解析:

$$\frac{v_0}{v} = \cos \theta$$

粒子从 M 点运动到 N 点的过程, 有

$$qU_{MN} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$U_{MN} = \frac{3mv_0^2}{2q}$$

(2) 粒子在磁场中以 O' 为圆心做匀速圆周运动, 半径为 $O'N$, 有

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

$$r = \frac{2mv_0}{qB}$$



(3)

设粒子在电场中的运动时间为 t_1 ,由几何关系得:

$$r \sin \theta = v_0 t_1$$

$$t_1 = \frac{\sqrt{3}m}{qB}$$

设粒子在磁场中的运动时间为 t_2 , 有

$$t_2 = \frac{\pi - \theta}{2\pi} T = \frac{2\pi m}{3qB}$$

粒子从M点运动到P点的总时间

$$t = t_1 + t_2 = \frac{(3\sqrt{3} + 2\pi)m}{3qB}$$

B.在如图所示的 xOy 坐标系中, x 轴的上方充满平行于 y 轴的匀强电场, x

轴的下方充满有垂直纸面向里的匀强磁场。有一重力可忽略不计的带电粒子

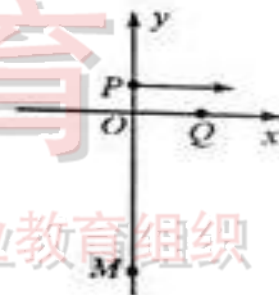
从 y 轴上的 P 点以速度 v_0 平行于 x 轴射入第一象限, 在 x 轴上的 Q 点处进

入第四象限, 经过 y 轴负半轴上的 M 点后到达坐标原点 O , 已知 P 点的坐

标为 $(0,1)$, Q 点的坐标为 $(2\sqrt{3}, 0)$, 求:

(1) M 点的坐标;

(2) 电场强度与磁场强度的大小之比。





考点：带电粒子在磁场中的运动

难度：☆☆☆☆

解析：(1)

带电粒子在电场中做类平抛运动

$$\text{在y轴负方向: } y_p = \frac{1}{2}at^2, v_y = at$$

$$\text{在x轴正方向: } x_Q = v_0t$$

$$\text{带电粒子到达Q点时: } \tan\theta = \frac{v_y}{v_0}$$

代入数据: $\theta = 30^\circ$

$$\text{由几何关系可知: } y_{MO} = \frac{x_Q}{\tan\theta} = 6m$$

即M点的坐标为 $(0, -6m)$

$$\text{在Q点时的速度为: } v = \frac{v_0}{\cos\theta}$$

$$\text{在磁场中运动时: } qvB = \frac{mv^2}{R}$$

因为M、O、Q点在圆周上, $\angle MOQ = 90^\circ$, 所以MQ为直径。

$$\text{所以: } R = \frac{1}{2} \frac{x_Q}{\tan\theta}$$

$$\text{可以解得: } \frac{E}{B} = \frac{1}{2}v_0$$

工大教育

——做最感动客户的专业教育组织