

第十八章

18.4 估算地球磁场对电视机显像管中电子束的影响。假设加速电势差为 $2.0 \times 10^4 \text{ V}$, 如电子枪到屏的距离为 0.2 m , 试计算电子束在大小为 $0.5 \times 10^{-4} \text{ T}$ 的横向地磁场作用下约偏转多少? 假定没有其他偏转磁场, 这偏转是否显著?

解:
$$V = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^4}{9.1 \times 10^{-31}}} = 8.4 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$R = \frac{mv}{eB} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 8.4 \times 10^7}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.5 \times 10^{-4}} = 9.6 \text{ m}$$

偏转距离 $\Delta x = R - \sqrt{R^2 - l^2} \approx \frac{l^2}{2R} = \frac{0.2^2}{2 \times 9.6} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

18.10 质谱仪的基本构造如图 18.22 所示。质量 m 待测的、带电 q 的离子束经过速度选择器(其中有相互垂直的电场 E 和磁场 B)后进入均匀磁场 B' 区域发生偏转而返回, 打到胶片上被记录下来。

(1) 证明偏转距离为 l 的离子的质量为

$$m = \frac{qBB'l}{2E}$$

(2) 在一次实验中 ^{16}O 离子的偏转距离为 29.20 cm , 另一种氧的同位素离子的偏转距离为 32.86 cm 。已知 ^{16}O 离子的质量为 16.00 u , 另一种同位素离子的质量是多少?

解: (1) $qVB = qE \Rightarrow V = \frac{E}{B}$

进入磁场半径 $R = \frac{l}{2} = \frac{mv}{qB'} \Rightarrow m = \frac{qB'l}{2V} = \frac{qB'B'l}{2E}$

(2) 由(1)知, $m \propto l$, 故 $m_{16} = \frac{l_{16}'}{l_{16}} \cdot m_{16} = \frac{32.86}{29.2} \times 16 \text{ u} = 18.0 \text{ u}$

18.18 一正方形线圈由外皮绝缘的细导线绕成, 共绕有 200 匝, 每边长为 150 mm , 放在 $B = 4.0 \text{ T}$ 的外磁场中, 当导线中通有 $I = 8.0 \text{ A}$ 的电流时, 求:

(1) 线圈磁矩 m 的大小;

(2) 作用在线圈上的力矩的最大值。

(1) $m = NIS = 200 \times 8 \times (0.15)^2 = 36 \text{ A} \cdot \text{m}^2$

(2) $M_{\max} = mB = 36 \times 4 = 144 \text{ N} \cdot \text{m}$

18.22 如图 18.29 所示, 在长直流电流近旁放一矩形线圈与其共面, 线圈各边分别平行和垂直于长直导线。线圈长度为 l , 宽为 b , 近边距长直导线距离为 a , 长直导线中通有电流 I_1 。当矩形线圈中通有电流 I_2 时, 它受的磁力的大小和方向各如何? 它又受到多大的磁力矩?

解: 左侧受力 $F_1 = B_1 I_2 l = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \cdot I_2 l$, 方向向左

右侧受力 $F_2 = B_2 I_2 l = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+b)} \cdot I_2 l$, 方向向右

$F = F_1 - F_2 = \frac{\mu_0 I_1 b I_2 l}{2\pi a(a+b)}$, 方向向左

线圈各边受力共面, 故 $m = 0$

18.25 两条无限长平行直导线相距 5.0 cm, 各通以 30 A 的电流。求一条导线上每单位长度受的磁力多大? 如果导线中没有正离子, 只有电子在定向运动, 那么电流都是 30 A 的一条导线的每单位长度受另一条导线的电力多大? 电子的定向运动速度为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ 。

解: 导线单位长度受磁力 $F_m = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 30}{2\pi \times 0.05} = 3.6 \times 10^{-3} \text{ N/m}$

没有正离子时, 电力 $F_e = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2\pi \epsilon_0 d} = \frac{\mu_0 C^2}{2\pi d} \cdot \frac{I_1}{v_1} \cdot \frac{I_2}{v_2} = \frac{C^2}{v^2} \cdot F_m = \frac{(3 \times 10^8)^2}{(10^{-3})^2} \times 3.6 \times 10^{-3} = 3.2 \times 10^{20} \text{ N/m}$