

## 第十二章 物质的磁性

### 一 选择题

1. 磁介质有三种, 用相对磁导率  $\mu_r$  表征它们各自的特征时, ( )

- A. 顺磁质  $\mu_r > 0$ , 抗磁质  $\mu_r < 0$ , 铁磁质  $\mu_r \gg 1$ 。
- B. 顺磁质  $\mu_r > 1$ , 抗磁质  $\mu_r = 1$ , 铁磁质  $\mu_r \gg 1$ 。
- C. 顺磁质  $\mu_r > 1$ , 抗磁质  $\mu_r < 1$ , 铁磁质  $\mu_r \gg 1$ 。
- D. 顺磁质  $\mu_r > 0$ , 抗磁质  $\mu_r < 0$ , 铁磁质  $\mu_r > 1$ 。

解: 选 (C)

2. 关于稳恒磁场的磁场强度  $H$  的下列几种说法中哪个是正确的? ( )

- A.  $H$  仅与传导电流有关。
- B. 若闭合曲线内没有包围传导电流, 则曲线上各点的  $H$  必为零。
- C. 由于闭合曲线上各点  $H$  均为零, 则该曲线所包围传导电流的代数和为零。
- D. 以闭合曲线  $L$  为边界的任意曲面的  $H$  通量均相等。

解: 由  $\oint_L H \cdot dl = \sum I_i$ ,  $H$  的环流仅与闭合曲线内的传导电流  $I$  有关, 而不是  $H$  仅与传导电流有关, 所以 A 不对。同样, 若闭合曲线内没有包围传导电流, 则  $H$  的环流为零, 而不是  $H$  为零, B 不对。 $H$  通量的正负与环路包围面积正方向向有关, 所以  $H$  通量并不相同, D 不对

所以选 (C)

### 二 填空题

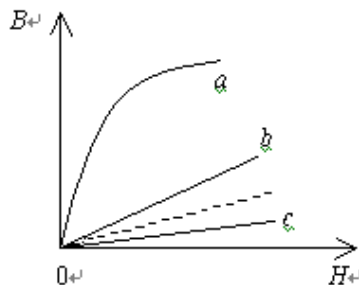
1. 一个单位长度上密绕有  $n$  匝线圈的长直螺线管, 每匝线圈中通有强度为  $I$  的电流, 管内充满相对磁导率为  $\mu_r$  的磁介质, 则管内中部附近磁感应强度  $B$  的大小=\_\_\_\_\_, 磁场强度  $H$  的大小=\_\_\_\_\_。

解:  $B = \mu_0 \mu_r nI$ ,  $H = nI$

2. 图示为三种不同的磁介质的  $B-H$  关系曲线, 其中虚线表示的是  $B = \mu_0 H$  的关系, 说明  $a$ 、 $b$ 、 $c$  各代表哪一类磁介质的  $B-H$  关系曲线:

$a$  代表\_\_\_\_\_的  $B-H$  关系曲线;

$b$  代表\_\_\_\_\_的  $B-H$  关系曲线;



填空题 2 图

$c$  代表\_\_\_\_\_的  $B-H$  关系曲线。

解：铁磁质、顺磁质、抗磁质

3. 长直电缆由一个圆柱导体和一共轴圆筒状导体组成, 两导体中有等值反向均匀电流  $I$  通过, 其间充满磁导率为  $\mu$  的均匀磁介质, 介质中离中心轴距为  $r$  的某点处的磁场强度的大小  $H$  = \_\_\_\_\_, 磁感应强度的大小  $B$  = \_\_\_\_\_。

解:  $H = I/(2\pi r)$ 、 $B = \mu H = \mu I/(2\pi r)$

4. 绕有 500 匝的平均周长 50cm 的细铁环, 载有 0.3A 电流, 铁芯的相对磁导率为 600。(1) 铁芯中的磁感应强度  $B$  为\_\_\_\_\_。(2) 铁芯中的磁场强度  $H$  为\_\_\_\_\_。

解:  $B = \mu_0 \mu_r n I = 4\pi \times 10^{-7} \cdot 600 \cdot \frac{500}{0.5} \cdot 0.3 = 0.226\text{T}$

$$H = \frac{B}{\mu_0 \mu_r} = n I = 300\text{A/m}$$

### 三 计算题

1. 一沿棒长方向均匀磁化的圆柱形介质棒, 直径为 2.5cm, 长为 7.5cm, 其总磁矩为  $1.2 \times 10^4 \text{A} \cdot \text{m}^2$ , 求棒中的磁化强度  $M$  和棒的圆柱表面上的磁化电流线密度  $\alpha'$ 。

$$\text{解: } M = \frac{\sum p_m}{V} = \frac{1.2 \times 10^4}{\pi \times (\frac{0.025}{2})^2 \cdot 0.075} = 3.25 \times 10^8 \text{A/m}$$

$$\alpha' = M = 3.25 \times 10^8 \text{A/m}$$

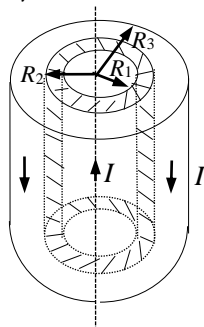
2. 一根同轴电缆线由半径为  $R_1$  的长导线和套在它外面的内半径为  $R_2$ , 外半径为  $R_3$  的同轴导体圆筒组成, 中间充满磁导率为  $\mu$  的各同性均匀非铁磁质, 如图, 传导电流  $I$  沿导线向上流去, 由圆筒向下流回, 在它们的截面上电流都是均匀分布的, 求同轴线内外的磁感应强度大小  $B$  的分布。(导体内  $\mu_r \approx 1$ )

解: 由安培环路定理:  $\oint_L \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I_i$

$$0 < r < R_1 \text{ 区域: } 2\pi r H = \frac{I \pi r^2}{\pi R_1^2} = \frac{I r^2}{R_1^2}$$

$$H = \frac{I r}{2\pi R_1^2}, \quad B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2}$$

$$R_1 < r < R_2 \text{ 区域: } H = \frac{I}{2\pi r}, \quad B = \frac{\mu I}{2\pi r}$$



计算题 2 图

$$R_2 < r < R_3 \text{ 区域: } 2\pi rH = I - \frac{I\pi^2(r^2 - R_2^2)}{\pi^2(R_3^2 - R_2^2)}$$

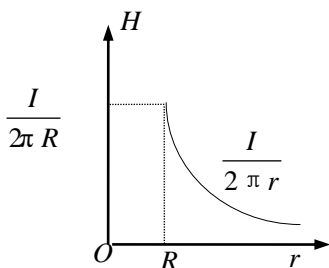
$$H = \frac{I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2}\right)$$

$$B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2}\right)$$

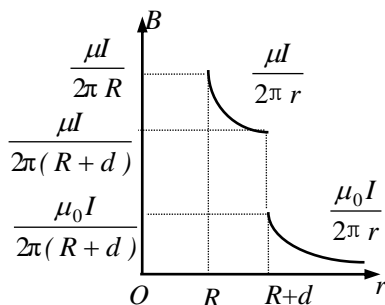
$r > R_3$  区域:  $H = 0, B = 0$

3. 一半径为  $R$  圆筒形的导体, 筒壁很薄, 可视为无限长, 通以电流  $I$ , 筒外有一层厚为  $d$ , 磁导率为  $\mu$  的均匀磁性介质, 介质外为真空, 画出此磁场的  $H-r$  图及  $B-r$  图。(要求: 在图上标明各曲线端点的坐标及所代表的函数值, 不必写出计算过程)。

解: 答案见图



$H-r$  曲线



$B-r$  曲线

4. 一铁环中心线周长为 30cm, 截面积为  $1\text{cm}^2$ , 环上密绕线圈 300 匝, 当导线中通有电流 32mA, 通过环的磁通量为  $2.0 \times 10^{-6}\text{Wb}$ 。试求: (1) 环内的  $B$  和  $H$  的大小; (2) 铁环的磁导率  $\mu$  和磁化率  $\chi_m$ ; (3) 铁环的磁化强度  $M$ 。

解: (1)  $B = \Phi / S = 0.02\text{T}$

$$H = NI / l = 32.0\text{A/m}$$

$$(2) \mu = B / H = 6.25 \times 10^{-4} \text{H/m}$$

$$\chi_m = \mu_r - 1 = \mu / \mu_0 - 1 = 496.6$$

$$(3) M = j' = \frac{B - \mu_0 H}{\mu_0} = 1.59 \times 10^4 \text{A/m} \quad \text{方向与 } B \text{ 相同}$$