

稳恒磁场

一、选择题

12. 1. 1.

答: C

12. 1. 6.

答: D

12. 1. 11.

答案: A

12. 1. 2.

答: B

12. 1. 7.

答: C

12. 1. 12.

答: C

12. 1. 3

答: A

12. 1. 8.

答: B

12. 1. 13.

答: C

12. 1. 4.

答: C

12. 1. 9.

答: B

12. 1. 14.

答: B

12. 1. 5

答: B

12. 1. 10.

答: D

12. 1. 15.

答: B

二 填空题

12. 2. 1.

答: 垂直向里, $B = \frac{(3\pi + 2)\mu_0 I}{8\pi R}$

12. 2. 2.

答: $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \hat{n}$, 垂直向里

12. 2. 3.

答: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{\sqrt{2}\pi}{8}$

12. 2. 4.

答: $B = 8 \times 10^{-5} T$

12. 2. 5.

答: $B = \frac{\mu_0 I}{6R} + \frac{\mu_0 I}{2\pi R} (2 - \sqrt{3})$, 方向垂直纸面向里

12. 2. 6.

答: $B = \frac{\mu_0 \omega q}{2\pi R}$

12. 2. 7.

答: $\Phi_m = \pi R^2 B \cos \alpha$

12. 2. 8.

答: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r$, $B = \frac{\mu_0}{2\pi r} I$

12. 2. 9.

答: $F = \frac{\mu_0 q v I}{2\pi d}$, 方向与电流方向相反; $F = \frac{\mu_0 q v I}{2\pi d}$, 方向与电流方向相同。

12. 2. 10.

答: $\vec{F} = 0$

12. 2. 11.

答: $M = \frac{\mu_0 \pi R_1^2 I_1 I_2}{2R_2}$, 方向向右

12. 2. 12.

答: $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4} \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \vec{n}$, $\vec{m} = \frac{\pi I}{2} (R_2^2 - R_1^2) \vec{n}$

12. 2. 13.

答: 有关; 不一定; 一定; 不一定

12. 2. 14.

答: 铁磁质; 顺磁质; 抗磁质。

12. 2. 15.

答: 剩磁; 矫顽力。

12. 2. 16.

答: 小; 磁化; 退磁; 大; 剩磁; 永久。

12. 2. 17.

答: 不变

12. 2. 18.

答: 越大; 大; 不变; 越大。

12. 2. 19.

答: $B = \mu_0 \mu_r n I = \mu n I$, $w_m = \frac{1}{2V} L I^2 = \frac{1}{2} \mu n^2 I^2$

12. 2. 20.

答: $w = \frac{1}{2\mu_0} B^2$, $\rho = \frac{1}{2\mu_0 c^2} B^2$

三 计算题

12. 3. 1.

$$\vec{B}_A = -\hat{j} \frac{2\mu_0 I}{3\pi a}$$

$$\vec{B}_B = -\hat{j} \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$$

$$\vec{B}_C = 0$$

12. 3. 2.

圆心 O 处的磁感应强度 (方向垂直向里)

$$B = \frac{\mu_0 I}{8R}$$

12. 3. 3.

圆心 O 处的磁感应强度 (方向垂直向里)

$$B = \frac{\mu_0 I}{8} \frac{R_1 + 3R_2}{R_1 R_2}$$

12. 3. 4.

$$\theta = 2$$

12. 3. 5.

图 a 中 $B_0 = -\frac{\mu_0 I}{4R} i - \frac{\mu_0 I}{2\pi R} k$

图 b 中 $B_0 = -\frac{\mu_0 I}{4R} \left(\frac{1}{\pi} + 1\right) i - \frac{\mu_0 I}{4\pi R} k$

12. 3. 6.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R} (-2 \vec{i}) = -\frac{\mu_0 I}{\pi^2 R} \vec{i} = -3.82 \times 10^{-5} \vec{i} \text{ (T)}$$

12. 3. 7.

P 点磁感应强度为 (方向垂直向里)

$$B = \int dB = \int_0^b \frac{\mu_0 I dx}{2\pi b(b+r-x)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{b+r}{r}$$

12. 3. 8.

导电平面两侧磁感应强度的大小为

$$B = \frac{\mu_0 j}{2}$$

磁感应强度 B 的方向刻有右手螺旋法则确定。

12. 3. 9.

$$B = \int dB = \int_0^R \frac{\mu_0 NI(R^2 - r^2)}{2R^4} dr = \frac{\mu_0 NI}{3R}$$

或 $B = \int_0^{\frac{\pi}{2}} dB = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\mu_0 NI(\sin\theta)^2}{\pi R} d\theta = \frac{\mu_0 NI}{4R}$

12. 3. 10.

磁感应强度分布为

$$B = 0 \quad (r < a); \quad B = \frac{\mu_0 I(r^2 - a^2)}{2\pi r(b^2 - a^2)} \quad (a \leq r \leq b); \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (r > b)$$

$B-r$ 曲线略。

12. 3. 11.

对于 $r < R_1$ 区域 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1^2} r$

对于 $R_1 < r < R_2$ 区域 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

对于 $R_2 < r < R_3$ 区域 $B = \mu_0 \frac{R_3^2 - r^2}{2\pi r(R_3^2 - R_2^2)} I$

对于 $r > R_3$ 区域 $B = 0$

$B-r$ 曲线略。

12. 3. 12.

(1) 圆柱体轴线上 B 的大小为

$$B = \frac{\mu_0 R_2^2 I}{2\pi a(R_1^2 - R_2^2)}$$

(2) 对于空腔轴线上 B 的大小为

$$B = \frac{\mu_0 a I}{2\pi(R_1^2 - R_2^2)}$$

12. 3. 13.

$$\Phi_m = \int d\Phi_m = \int_{d_1}^{d_2} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$M = \frac{\Phi_m}{I} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

12. 3. 14.

(1)

ab 段受到的安培力为

$$\vec{F}_1 = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{l}{d} \hat{i} - \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{l}{d} \hat{j}$$

bc 段受到的安培力为

$$\vec{F}_2 = -\frac{\sqrt{3}\mu_0 I_1 I_2 (l-d)}{2\pi l} \hat{i}$$

cd 段受到的安培力为

$$\vec{F}_3 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{l}{d} \hat{j}$$

(2) 互感系数为

$$M = \frac{\sqrt{3}\mu_0}{2\pi} (l-d) - \frac{\sqrt{3}\mu_0}{2\pi} d \ln \frac{l}{d}$$

12. 3. 15.

(1) $F_{ad} = F_{cb} = 0$

cd 段受到的安培力方向垂直向外、ab 段受到的安培力方向垂直向里

$$F_{cd} = F_{ab} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} dr = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

(2) 磁力矩沿 $\frac{\theta}{2}$ 位置的径向

$$M = 2 \sin \frac{\theta}{2} \int_{R_1}^{R_2} r \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} dr = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{\pi} (R_2 - R_1) \sin \frac{\theta}{2}$$

12.3.16.

$$m = \frac{1}{6} \lambda \omega [(d+l)^3 - d^3]$$

12.3.17.

(1) $H = 300 \text{ (A/m)}, B_0 = 3.77 \times 10^{-4} \text{ T}$

(2) $H = 300 \text{ (A/m)}, B = 1.51 \text{ T}$

(3) $B_0 = 3.77 \times 10^{-4} \text{ T}, B' \approx 1.51 \text{ T}$

(4) $w_m = 226.5 \text{ J} \cdot \text{m}^3$

12.3.18.

(1) 空间各区域内的磁场强度

对于 $r < R_1$ 的区间 $H_1 = \frac{I}{2\pi R_1^2} r$

对于 $R_1 < r < R_2$ 的区间 $H_2 = \frac{I}{2\pi r}$

对于 $R_2 < r < R_3$ 的区间 $H_3 = \frac{R_3^2 - r^2}{2\pi r(R_3^2 - R_2^2)} I$

对于 $r > R_3$ 的区间 $H_4 = 0$

(2) 由磁场强度, 得到磁感应强度

$$B_1 = \mu_0 H_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1^2} r \quad (r < R_1)$$

$$B_2 = \mu_0 \mu_r H_2 = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r} \quad (R_1 < r < R_2)$$

$$B_3 = \mu_0 H_3 = \mu_0 \frac{R_3^2 - r^2}{2\pi r(R_3^2 - R_2^2)} I \quad (R_2 < r < R_3)$$

$$B_4 = \mu_0 H_4 = 0 \quad (r > R_3)$$

(3) 各向同性磁介质, 磁化强度也沿切向

$$M_1 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} B_1 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1^2} r = 0 \quad (r < R_1)$$

$$M_2 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} B_2 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r} = \frac{\mu_r - 1}{2\pi r} I \quad (R_1 < r < R_2)$$

$$M_3 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} B_3 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} \mu_0 \frac{R_3^2 - r^2}{2\pi r(R_3^2 - R_2^2)} I = 0 \quad (R_2 < r < R_3)$$

$$M_4 = \frac{\mu_r - 1}{\mu_0 \mu_r} B_4 = 0 \quad (r > R_3)$$

(4) 束缚电流只存在于磁介质的表面 (两个介质表面的束缚电流方向相反)

$$|j'_1| = |\mathbf{M} \times \mathbf{e}_n| = |M_2(R_1)| = \frac{1 - \mu_r}{2\pi R_1} I$$

$$|j'_2| = |\mathbf{M} \times \mathbf{e}_n| = |M_2(R_2)| = \frac{1 - \mu_r}{2\pi R_2} I$$

(5) 磁场存在与 3 个区域,

$r < R_1$ 的区间单位长度同轴电缆储存的磁场能量

$$W_1 = \int_0^{R_1} \frac{1}{2} B_1 H_1 2\pi r dr = \pi \int_0^{R_1} \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1^2} r \frac{I}{2\pi R_1^2} r r dr = \frac{\mu_0 I^2}{16\pi}$$

$R_1 < r < R_2$ 的区间单位长度同轴电缆储存的磁场能量

$$W_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} B_2 H_2 2\pi r dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r} \frac{I}{2\pi r} 2\pi r dr = \frac{\mu_0 \mu_r I^2}{4\pi r} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$R_2 < r < R_3$ 的区间单位长度同轴电缆储存的磁场能量

$$W_3 = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi(R_3^2 - R_2^2)^2} (R_3^4 \ln \frac{R_3}{R_2} - \frac{3}{4} R_3^4 + R_2^2 R_3^2 - \frac{1}{4} R_2^4)$$