二、稳恒电流的磁场

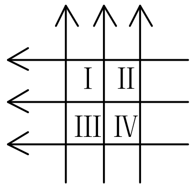
一、选择题

1. 图中，六根无限长导线互相绝缘，通过电流均为 I，区域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ均为相等的正方形，哪一个区域指向纸内的磁通量最大？

(A) Ⅰ区域．　　(B) Ⅱ区域．

(C) Ⅲ区域．　　(D) Ⅳ区域．

(E) 最大不止一个．

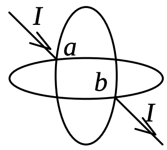


2. 如图两个半径为 R 的相同的金属环在 a、b 两点接触(ab 连线为环直径)，并相互垂直放置．电流 I 沿 ab 连线方向由 a 端流入，b 端流出，则环中心 O 点的磁感强度的大小为

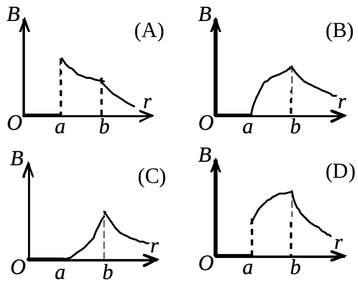
(A) 0．　　(B) $\frac{m_0 I}{4R}$．

(C) $\frac{\sqrt{2}m_0 I}{4R}$．　　(D) $\frac{m_0 I}{R}$．

(E) $\frac{\sqrt{2}m_0 I}{8R}$．



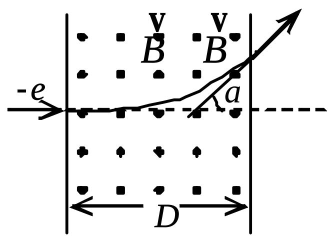
3. 无限长载流空心圆柱导体的内外半径分别为 a、b，电流在导体截面上均匀分布，则空间各处的 $\vec{B}$ 的大小与场点到圆柱中心轴线的距离 r 的关系定性地如图所示．正确的图是



4. 一个动量为 p 的电子，沿图示方向入射并能穿过一个宽度为 D、磁感强度为 $\vec{B}$ (方向垂直纸面向外)的均匀磁场区域，则该电子出射方向和入射方向间的夹角为

(A) $a = \cos^{-1}\frac{eBD}{p}$．　　(B) $a = \sin^{-1}\frac{eBD}{p}$．

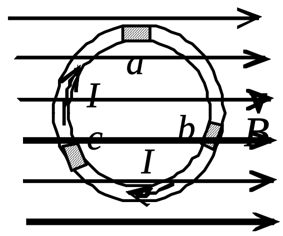
(C) $a = \sin^{-1}\frac{BD}{ep}$．　　(D) $a = \cos^{-1}\frac{BD}{ep}$．



5. 如图所示，在磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中，有一圆形载流导线，a、b、c 是其上三个长度相等的电流元，则它们所受安培力大小的关系为

(A) $F_a > F_b > F_c$．　　(B) $F_a < F_b < F_c$．

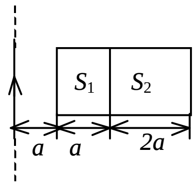
(C) $F_b > F_c > F_a$．　　(D) $F_a > F_c > F_b$．



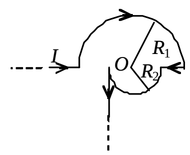
二、填空题

6. 一磁场的磁感强度为 $\vec{B} = a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}$ (SI)，则通过一半径为 R，开口向 z 轴正方向的半球壳表面的磁通量的大小为____________Wb．

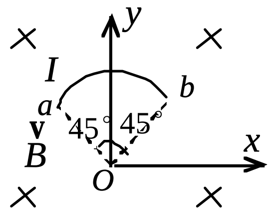
7. 如图，在无限长直载流导线的右侧有面积为 S_1 和 S_2 的两个矩形回路．两个回路与长直载流导线在同一平面，且矩形回路的一边与长直载流导线平行．则通过面积为 S_1 的矩形回路的磁通量与通过面积为 S_2 的矩形回路的磁通量之比为____________.



8. 一弯曲的载流导线在同一平面内，形状如图(O 点是半径为 R_1 和 R_2 的两个半圆弧的共同圆心，电流自无穷远来到无穷远去)，则 O 点磁感强度的大小是________________________.



9. 如图，一根载流导线被弯成半径为 R 的 1/4 圆弧，放在磁感强度为 B 的均匀磁场中，则载流导线 ab 所受磁场的作用力的大小为____________，方向_________________.



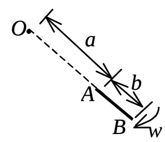
三、计算题

10. 均匀带电刚性细杆 AB，线电荷密度为 l，绕垂直于直线的轴 O 以 w 角速度匀速转动(O 点在细杆 AB 延长线上)．求：

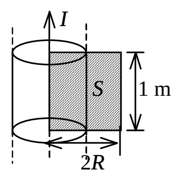
(1) O 点的磁感强度 $\vec{B}_0$；

(2) 系统的磁矩 $\vec{p}_m$；

(3) 若 $a >> b$，求 B_0 及 p_m.

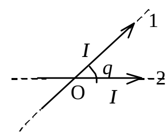


11 无限长圆柱形铜导体(磁导率 m_0)，半径为 R，通有均匀分布的电流 I. 今取一矩形平面 S (长为 1 m，宽为 2 R)，位置如右图中画斜线部分所示，求通过该矩形平面的磁通量.

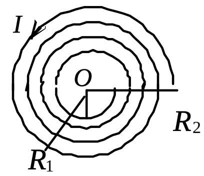


.

12 如图所示，两根相互绝缘的无限长直导线 1 和 2 绞接于 O 点，两导线间夹角为 q，通有相同的电流 I．试求单位长度的导线所受磁力对 O 点的力矩



13. 如图所示，有一密绕平面螺旋线圈，其上通有电流 I，总匝数为 N，它被限制在半径为 R_1 和 R_2 的两个圆周之间．求此螺旋线中心 O 处的磁感强度．



参考答案

一、选择题

B A B B C

二、填空题

6. $\pi R^2 c$

7. 1∶1

8. $B_0 = \dfrac{m_0 I}{4R_1} + \dfrac{m_0 I}{4R_2} - \dfrac{m_0 I}{4\pi R_2}$

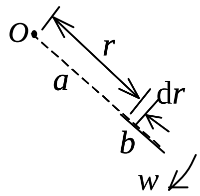
9. $\sqrt{2}BIR$　沿 y 轴正向

三、计算题

10. 解：(1) 对 r～r+dr 段，电荷　dq = l dr，旋转形成圆电流．则

$$\mathrm{d}I = \frac{dqw}{2\pi} = \frac{l w}{2\pi}\mathrm{d}r$$

它在 O 点的磁感强度



$$\mathrm{d}B_0 = \frac{m_0\,\mathrm{d}I}{2r} = \frac{l w m_0}{4\pi}\frac{\mathrm{d}r}{r}$$

$$B_0 = \int \mathrm{d}B_0 = \frac{l w m_0}{4\pi}\int_a^{a+b}\frac{\mathrm{d}r}{r} = \frac{l w m_0}{4\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$

方向垂直纸面向内．

(2)
$$\mathrm{d}p_m = \pi r^2\,\mathrm{d}I = \frac{1}{2}l w r^2\,\mathrm{d}r$$

$$p_m = \int \mathrm{d}p_m = \int_a^{a+b}\frac{1}{2}l w r^2\,\mathrm{d}r = l w[(a+b)^3 - a^3]/6$$

方向垂直纸面向内．

(3)　若 $a >> b$，则 $\ln\dfrac{a+b}{a} \approx \dfrac{b}{a}$，

$$B_0 = \frac{m_0 w}{4\pi}\frac{l b}{a} = \frac{w m_0 q}{4\pi a}$$

过渡到点电荷的情况．

同理在 $a >> b$ 时，　$(a+b)^3 \approx a^3(1+3b/a)$，则

$$p_m = \frac{l w}{6}a^3\cdot\frac{3b}{a} = \frac{1}{2}qwa^2$$

也与点电荷运动时的磁矩相同．

11. 解：在圆柱体内部与导体中心轴线相距为 r 处的磁感强度的大小，由安培环路定律可得：
$$B = \frac{m_0 I}{2\pi R^2}r \qquad (r \le R)$$

因而，穿过导体内画斜线部分平面的磁通F_1为

$$F_1 = \int \check{B}\cdot\mathrm{d}\check{S} = \int B\,\mathrm{d}S = \int_0^R \frac{m_0 I}{2\pi R^2}r\,\mathrm{d}r = \frac{m_0 I}{4\pi}$$

在圆形导体外，与导体中心轴线相距 r 处的磁感强度大小为

$$B = \frac{m_0 I}{2\pi r} \qquad (r > R)$$

因而，穿过导体外画斜线部分平面的磁通F_2为

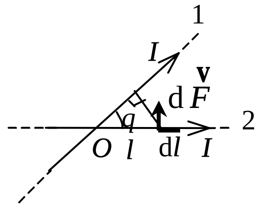
$$F_2 = \int \check{B}\cdot\mathrm{d}\check{S} = \int_R^{2R}\frac{m_0 I}{2\pi r}\mathrm{d}r = \frac{m_0 I}{2\pi}\ln 2$$

穿过整个矩形平面的磁通量　$F = F_1 + F_2 = \dfrac{m_0 I}{4\pi} + \dfrac{m_0 I}{2\pi}\ln 2$

12. 解：在任一根导线上(例如导线 2)取一线元 dl，该线元距 O 点为 l．该处的磁感强度为

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi l\sin\theta}$$

方向垂直于纸面向里．



电流元 Idl 受到的磁力为　$\mathrm{d}\vec{F}=I\,\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}$

其大小　$$\mathrm{d}F=IB\,\mathrm{d}l=\frac{\mu_0 I^2\,\mathrm{d}l}{2\pi l\sin\theta}$$

方向垂直于导线 2，如图所示．该力对 O 点的力矩为

$$\mathrm{d}M=l\,\mathrm{d}F=\frac{\mu_0 I^2\,\mathrm{d}l}{2\pi\sin\theta}$$

任一段单位长度导线所受磁力对 O 点的力矩

$$M=\int\mathrm{d}M=\frac{\mu_0 I^2}{2\pi\sin\theta}\int_l^{l+1}\mathrm{d}l=\frac{\mu_0 I^2}{2\pi\sin\theta}$$

导线 2 所受力矩方向垂直图面向上，导线 1 所受力矩方向与此相反．

13. 解：以 O 为圆心，在线圈所在处作一半径为 r 的圆．则在 r 到 r + dr 的圈数为

$$\frac{N}{R_2-R_1}\mathrm{d}r$$　2 分

由圆电流公式得　$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0 NI\,\mathrm{d}r}{2r(R_2-R_1)}$$　2 分

$$B=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mu_0 NI\,\mathrm{d}r}{2r(R_2-R_1)}=\frac{\mu_0 NI}{2(R_2-R_1)}\ln\frac{R_2}{R_1}$$　3 分

方向⊙