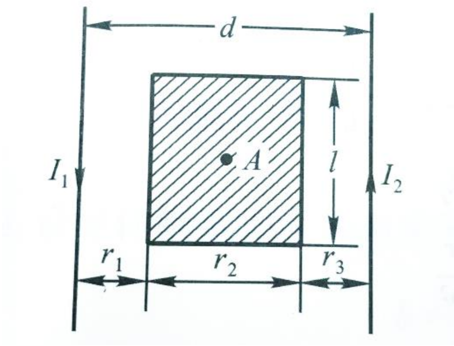
1、 两平行直导线相距 $d = 40cm$，每根导线载有电流 $I_1 = I_2 = 20A$，电流流向如图所示，

求：（1）两导线所在平面内与该两导线等距的一点 A 处的磁感应强度；

（2）通过图中斜线所示面积的磁通量？（$r_1 = r_3 = 10cm, l = 25cm$）



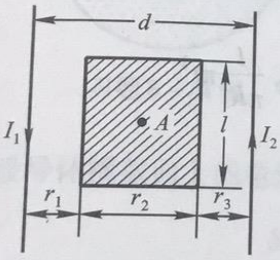
解:

8-22. 两平行长直导线相距 $d=40\ \mathrm{cm}$，每根导线载有电流 $I_1=I_2=20\ \mathrm{A}$，电流流向如图所示．求：

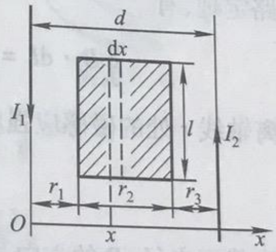
（1）两导线所在平面内与该两导线等距的一点 A 处的磁感应强度；

（2）通过图中斜线所示面积的磁通量（$r_1=r_3=10\ \mathrm{cm}$，$l=25\ \mathrm{cm}$）．

分析： 两平行电流反向，相对 A 对称分布，故在 A 处的磁感应强度等大同向．在两导线所在平面内的磁感应强度非均匀分布，须运用积分求得通过矩形面积的磁通量．



习题 8-22 图



解图 8-22

解： 如解图 8-22 所示，取坐标轴 Ox．设平面内场点 P 距 I_1 为 x，距 I_2 为 $(d-x)$，两电流在 P 点的磁感应强度为

$$B_P=B_{1P}+B_{2P}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}+\frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d-x)}$$

B_P 的方向垂直纸面向外．

（1）在离两导线等距离的点 A 处，$x=\frac{d}{2}$，因 $I_1=I_2$，得

$$B_A=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi}\left(\frac{1}{x}+\frac{1}{d-x}\right)=\frac{2\mu_0 I_1}{\pi d}=4.0\times10^{-5}\ \mathrm{T}$$

（2）取矩形面积的法线方向垂直纸面向外，处处与非均匀磁感应强度 $\boldsymbol{B}$ 的方向一致，通过面积元 $\mathrm{d}S=l\mathrm{d}x$ 的磁通量为

$$\mathrm{d}\Phi=\boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=B\mathrm{d}S\cos0^\circ=B\mathrm{d}S=Bl\mathrm{d}x$$

通过矩形面积的磁通量为

$$\Phi=\int\mathrm{d}\Phi=\int_S\boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\int_S Bl\mathrm{d}x=\int_{r_1}^{r_1+r_2}\left[\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}+\frac{\mu_0 I_2}{2\pi(d-x)}\right]l\mathrm{d}x$$

$$=\frac{\mu_0 I_1 l}{\pi}\ln\frac{r_1+r_2}{r_1}=2.2\times10^{-6}\ \mathrm{Wb}$$

2、有一根很长的同轴电缆，由一圆柱形导体和一同轴圆筒状导体组成，圆柱的半径为 R_1，圆筒的内外半径分别为 R_2 和 R_3，如图所示，在这两导体中，载有大小相等而方向相反

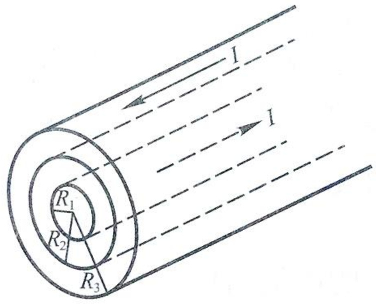
的电流I,电流均匀的分布在各导体的截面上，求

（1） 圆柱导体内各点（$r<R_1$）的磁感应强度;

（2） 两导体之间（$R_1<r<R_2$）的磁感应强度;

（3） 外圆筒导体内（$R_2<r<R_3$）的磁感应强度;

（4） 电缆外（$r>R_3$）各点的磁感应强度。



解 :

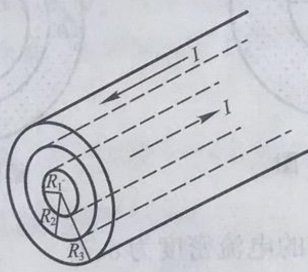
8-25. 有一根很长的同轴电缆，由一圆柱形导体和一同轴圆筒状导体组成，圆柱的半径为 R_1，圆筒的内外半径分别为 R_2 和 R_3，如图所示．在这两导体中，载有大小相等而方向相反的电流 I，电流均匀分布在各导体的截面上．求：

（1）圆柱导体内各点（$r<R_1$）的磁感应强度；

（2）两导体之间（$R_1<r<R_2$）的磁感应强度；

（3）外圆筒导体内（$R_2<r<R_3$）的磁感应强度；

（4）电缆外（$r>R_3$）各点的磁感应强度．



习题 8-25 图

分析： 无限长同轴电缆电流的磁感应强度具有轴对称性．运用安培环路定理求各处的磁感应强度．

解：（1）在圆柱导体内，以 r（$r<R_1$）为半径，作同轴的闭合回路 L_1，令 L_1 的绕行方向与圆柱内的电流成右手螺旋关系，运用安培环路定理，有

$$\oint_{L_1} \boldsymbol{B}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = B\cdot 2\pi r = \mu_0 I'$$

式中 I' 是环路 L_1 所围电流， $I' = \dfrac{I\pi r^2}{\pi R_1^2} = \dfrac{Ir^2}{R_1^2}$

得圆柱内各点（$r<R_1$）的磁感应强度 $\boldsymbol{B}$ 的大小为

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

（2）在两导体之间，以 r（$R_1<r<R_2$）为半径，作同轴的闭合回路 L_2，使 L_2 的绕行方向与圆柱电流 I 成右手螺旋关系，运用安培环路定理，有

$$\oint_{L_2} \boldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

得
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (R_1 < r < R_2)$$

(3) 在外圆筒导体内，以 $r(R_2 < r < R_3)$ 为半径，作同轴的闭合回路 L_3，使 L_3 的绕行方向与圆柱电流 I 成右手螺旋关系，运用安培环路定理，有

$$\oint_{L_3} \boldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 (I - I')$$

式中 I' 是环路 L_3 所围外圆筒导体内的电流，与圆柱电流 I 的流向相反.

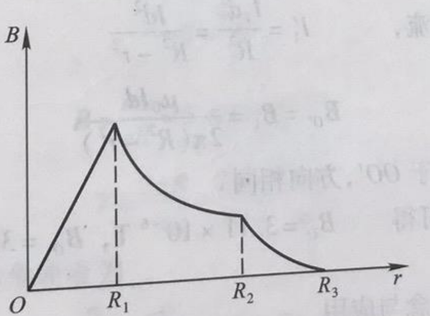
$$I' = I \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2}$$

所以，有
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2}\right) \quad (R_2 < r < R_3)$$

(4) 电缆外各点，以 $r(r > R_3)$ 为半径，作同轴的闭合回路，并运用安培环路定理可以发现，环路所围电流的代数和为0. 所以，有

$$B = 0 \quad (r > R_3)$$

根据以上(1)~(4)的计算结果，作 $B - r$ 曲线如解图 8－25 所示.



解图 8－25

3、一电子以 $1.0\times10^{6}\,m/s$ 的速度进入一均匀磁场，速度方向与磁场方向垂直，已知电子在磁场中做半径 $0.1m$ 的圆周运动，求磁感应强度的大小和电子的旋转角速度。

解：

8－29. 一电子以 1.0×10^{6} m/s 的速度进入一均匀磁场，速度方向与磁场方向垂直．已知电子在磁场中作半径为 0.1 m 的圆周运动，求磁感应强度的大小和电子的旋转角速度．

解： 根据 $\boldsymbol{F}=q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$ 可知，当 $\boldsymbol{v}$ 与 $\boldsymbol{B}$ 相垂直时，电子受磁场力 $\boldsymbol{F}$ 最大．$\boldsymbol{F}$ 使电子在垂直于 $\boldsymbol{B}$ 的平面内作圆周运动，即有

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

得 B 的大小为

$$B=\frac{mv}{eR}=5.69\times10^{-5}\ \mathrm{T}$$

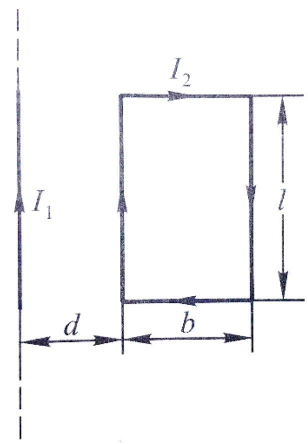
由

$$T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi m}{eB}$$

可得电子作圆周运动的角速度为

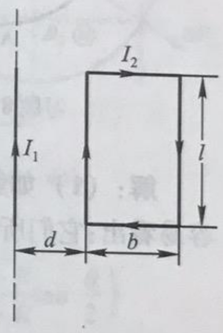
$$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{eB}{m}=1.0\times10^{7}\ \mathrm{rad/s}$$

4、如图所示，在长直导线旁有一矩形线圈，导线中通有电流 $I_1=20A$，线圈中通有电流 $I_2=10A$，已知 $d=1cm, b=9cm, l=20cm$，求矩形线圈上受到的合力是多少？



解:

8-39. 如图所示，在长直导线旁有一矩形线圈，导线中通有电流 $I_1=20\ \mathrm{A}$，线圈中通有电流 $I_2=10\ \mathrm{A}$. 已知 $d=1\ \mathrm{cm}$，$b=9\ \mathrm{cm}$，$l=20\ \mathrm{cm}$，求矩形线圈上受到的合力是多少？



习题 8-39 图

分析： 矩形线圈与无限长直电流 I_1 共面，I_1 的磁感应强度 B_1 垂直于纸面向里，随距离的增大而减小. 因此，线圈的左右两条边所受磁场力的方向相反，大小不同，上下两条边所受磁场力的方向相反，大小相同. 所以，线圈所受合力在图示平面内向左.

解： 线圈左段导线受力大小为

$$F_{左}=I_2B_1l=\frac{\mu_0I_1I_2l}{2\pi d}$$

方向向左. 右段导线受力大小为

$$F_{右}=I_2B_1'l=\frac{\mu_0I_1I_2l}{2\pi(d+b)}$$

方向向右. 线圈所受合力的大小为

$$F=F_{左}-F_{右}=\frac{\mu_0I_1I_2}{2\pi}l\left[\frac{1}{d}-\frac{1}{(d+b)}\right]=7.2\times10^{-4}\ \mathrm{N}$$

合力 $\boldsymbol{F}$ 的方向向左.