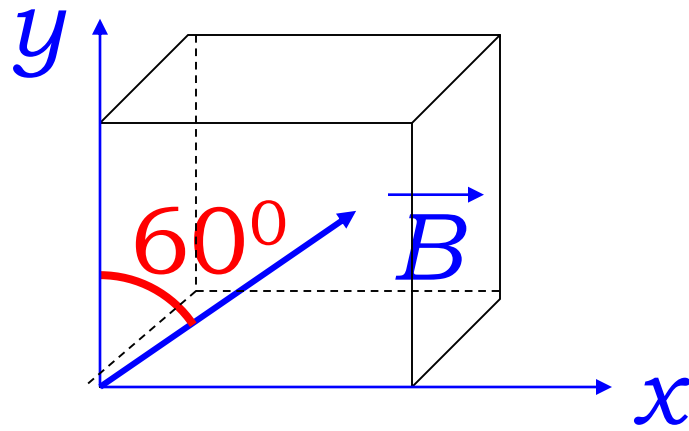


11-1 在地球北半球的某区域,磁感应强度的大小为 $4 \times 10^{-5} \text{ T}$,方向与铅直线成 60° 角求:

(1)穿过面积为 1 m^2 的水平面的磁通量;

(2)穿过面积为 1 m^2 的竖直平面的磁通量的最大值和最小值



已知: $B = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$ $\theta = 60^\circ$ $S = 1 \text{ m}^2$

求: Φ

解: (1) $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos 60^\circ$

$$= 4 \times 10^{-5} \times 1 \times 0.5$$
$$= 2 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

(2) $\Phi' = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos 30^\circ$

$$= 4 \times 10^{-5} \times 1 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$= 3.46 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\Phi'' = - 3.46 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

11-2 设一均匀磁场沿 x 轴正方向,其磁感应强度值 $B=1\text{ Wb/m}^2$ 。求:在下列情况下,穿过面积为 2m^2 的平面的磁通量。

(1) 面积与 $y\sim z$ 平面平行;

(2) 面积与 $x\sim z$ 平面平行;

(3) 面积与 y 轴平行又与 x 轴成 45° 角。

已知: $B = 1 \text{ Wb/m}^2$ $S = 2 \text{ m}^2$

求: Φ

解:

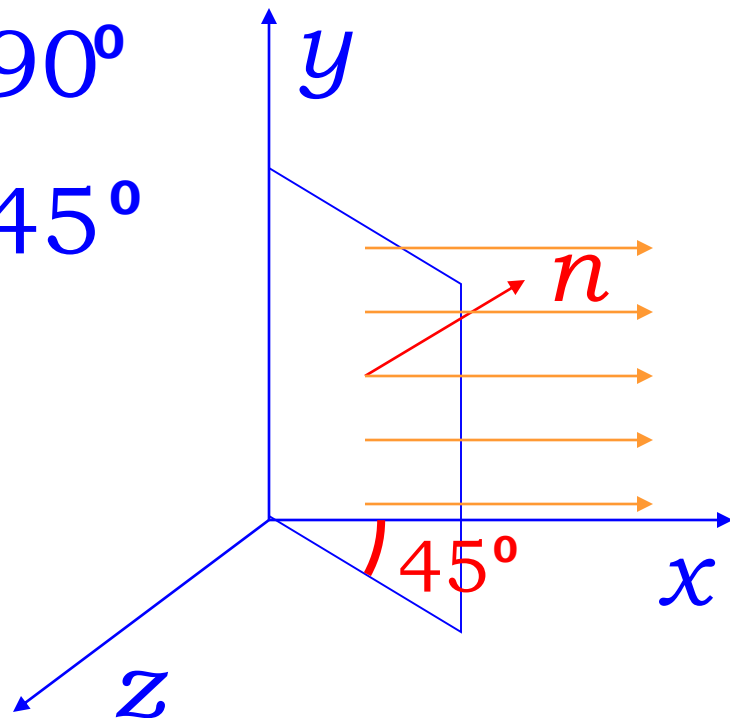
$$(1) \Phi_{yz} = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS = 1 \times 2 = 2 \text{ Wb}$$

$$(2) \Phi_{xz} = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos 90^\circ$$

$$(3) \Phi_y = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos 45^\circ$$

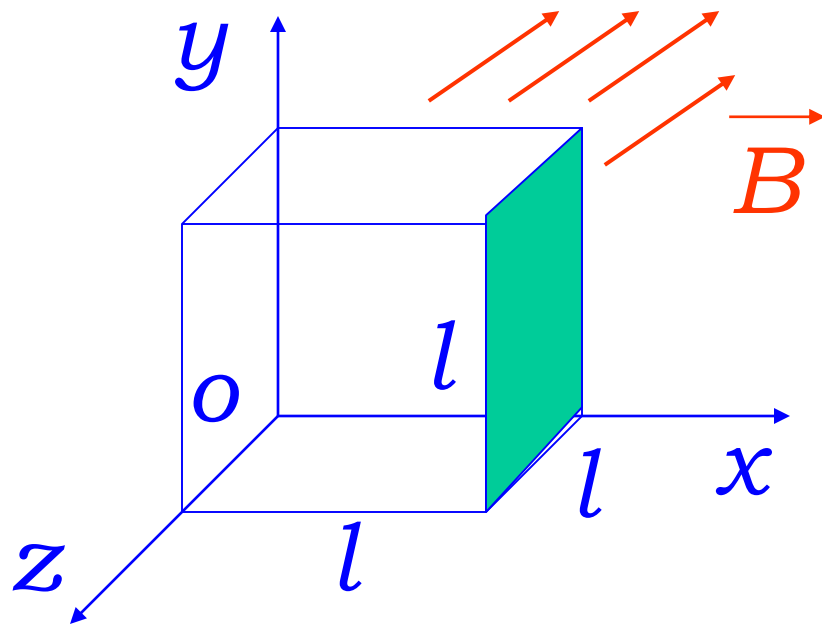
$$= 1 \times 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= 1.41 \text{ Wb}$$



11-3 一边长为 $l=0.15\text{m}$ 的立方体如图放置，有一均匀磁场 $\mathbf{B} = (6\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 1.5\mathbf{k}) \text{ T}$ 通过立方体所在区域，计算

- (1) 通过立方体上阴影面积的磁通量；
- (2) 通过立方体六面的总通量。



已知: $l=0.15\text{m}$ $\vec{B} = (6\vec{i}+3\vec{j}+1.5\vec{k}) \text{ T}$

求: Φ

解: (1) $\vec{B} = (6\vec{i}+3\vec{j}+1.5\vec{k})$

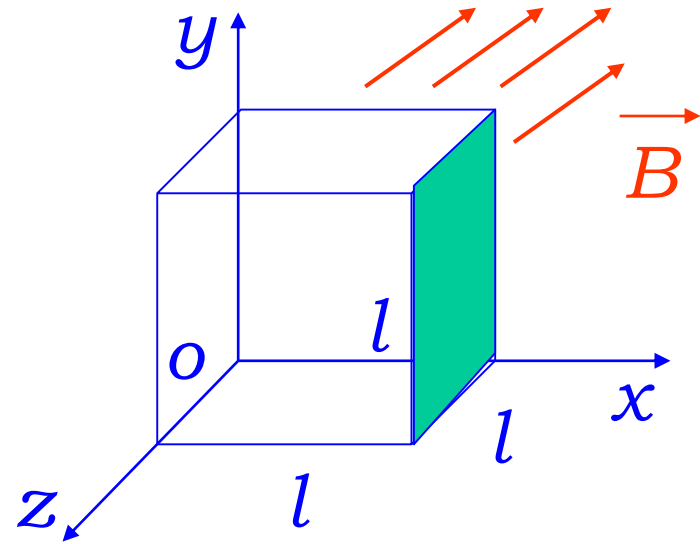
$$\vec{S} = l^2 \vec{i} = 0.15^2 \vec{i}$$

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

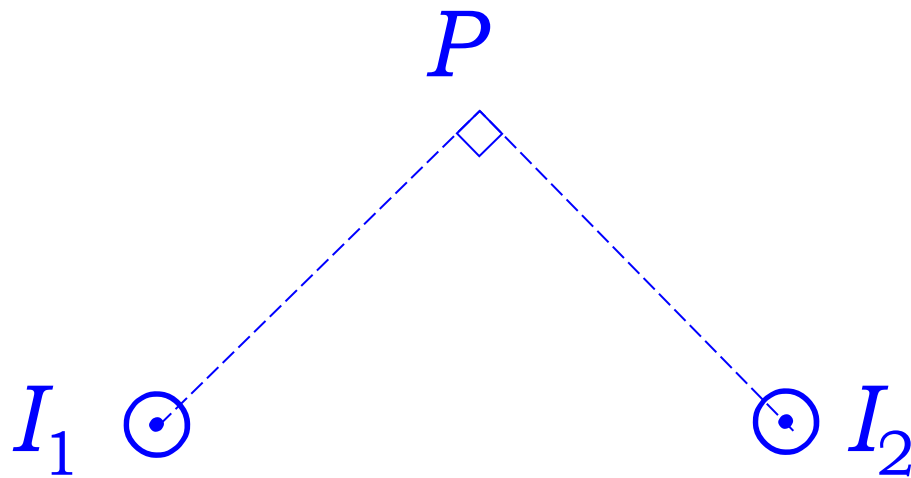
$$= (6\vec{i}+3\vec{j}+1.5\vec{k}) \cdot (0.15^2 \vec{i})$$

$$= 0.135 \text{ Wb}$$

$$(2) \Phi' = 0$$



11-4 两根长直导线互相平行地放置在真空中，如图所示，其中通以同向的电流 $I_1 = I_2 = 10\text{A}$ 。试求： P 点的磁感应强度。已知 $PI_1 = PI_2 = 0.5\text{m}$ ， PI_1 垂直于 PI_2 。

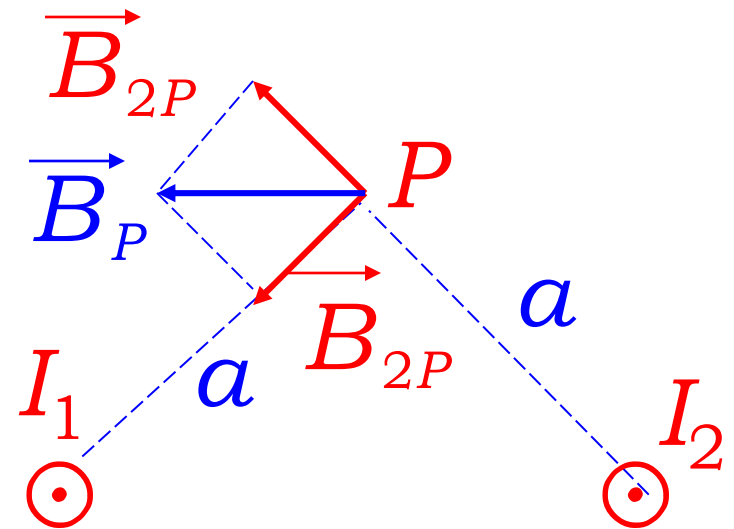


已知: $I_1 = I_2 = 10\text{A}$ $PI_1 \perp PI_2$ $a = 0.5\text{m}$

求: \vec{B}_P

解:

$$B_{1P} = B_{2P} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$$

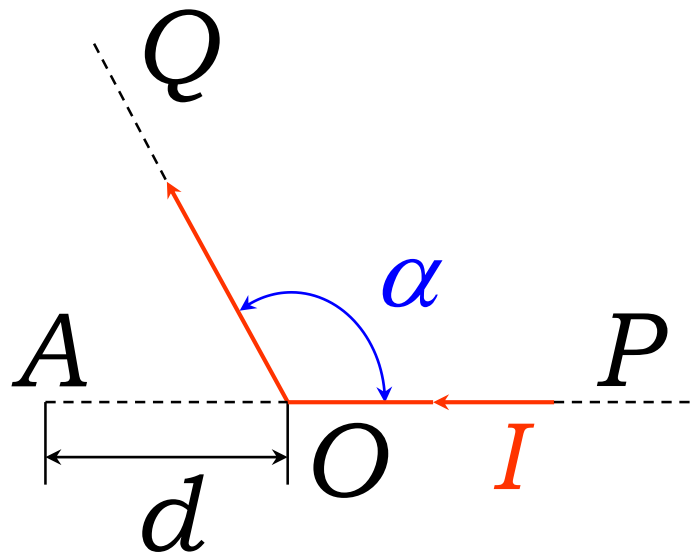


$$B_P = \sqrt{B_{1P}^2 + B_{2P}^2} = \sqrt{2} B_{1P}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0.50} = 5.66 \times 10^{-6} \text{ T}$$

$$\theta = \arctan \frac{B_{2P}}{B_{1P}} = 45^\circ$$

11-5 如图所示的被折成钝角的长导线中通有20A的电流。求：A点的磁感应强度。设 $d = 2\text{cm}$, $\alpha = 120^\circ$



已知: $I = 20\text{A}$ $d = 2\text{cm}$ $\alpha = 120^\circ$

求: \vec{B}_A

解:

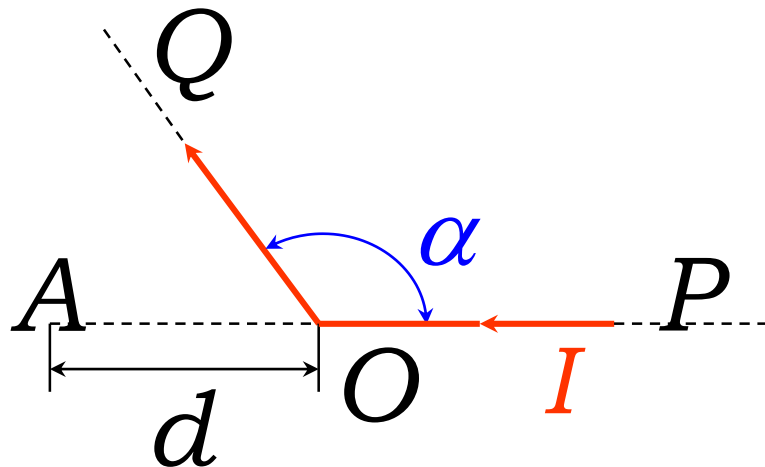
$$\vec{B}_A = \vec{B}_{OP} + \vec{B}_{OQ}$$

$$\vec{B}_{OP} = 0$$

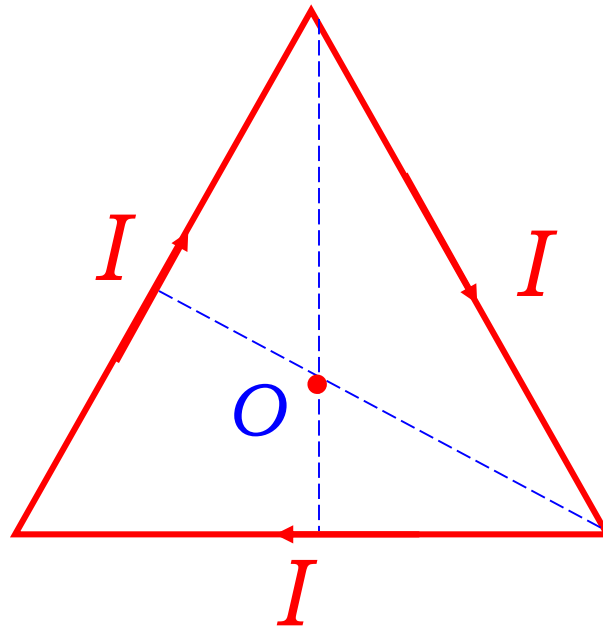
$$B_{OQ} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin\beta_2 - \sin\beta_1)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20}{4\pi \times 2.0 \times 10^{-2} \times 0.86} \left(1 - \frac{1}{2}\right)$$

$$= 1.73 \times 10^{-4} \text{ T}$$



11-6 高为 h 的等边三角形的回路载有电流 I , 试求: 该三角形的中心处的磁感应强度。



已知: I h

求: B_0

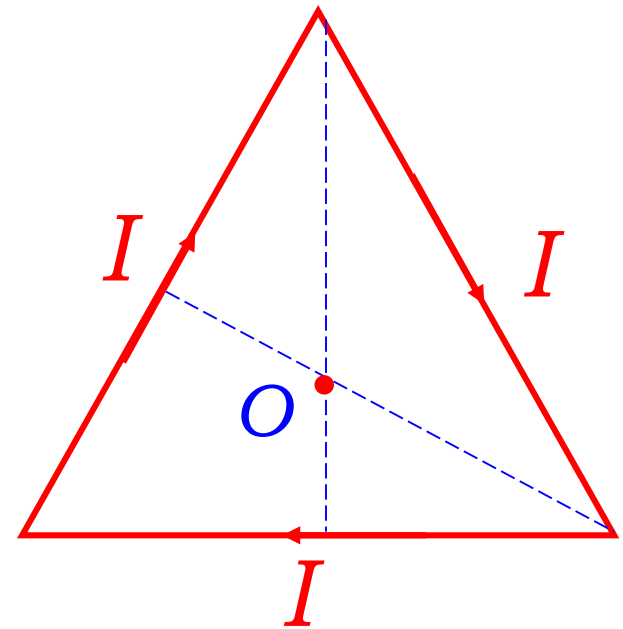
解:

$$r = \frac{h}{3}$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1)$$

$$B_1 = \frac{3\mu_0 I}{4\pi h} \left(\sin \frac{\pi}{3} + \sin \frac{\pi}{3} \right) = \frac{3\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi h}$$

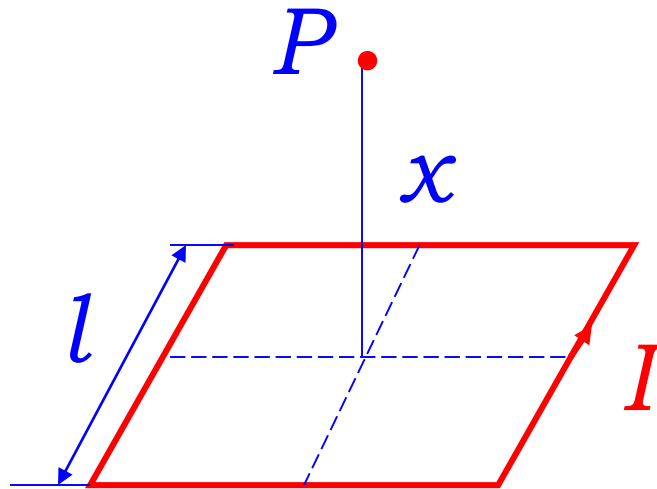
$$B_0 = 3B_1 = \frac{9\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi h}$$



11-7 一正方形的线圈边长为 l ，载有电流 I

(1) 求线圈轴线上离线圈中心为 x 处的磁感应强度；

(2) 如果 $l = 8.0\text{cm}$, $I = 5.0\text{A}$, $x = 10\text{cm}$, 则 B 值是多少？



已知: I, l, x 求: \vec{B}_P

解:

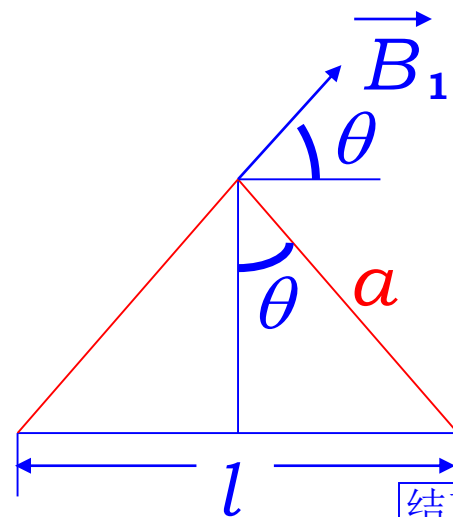
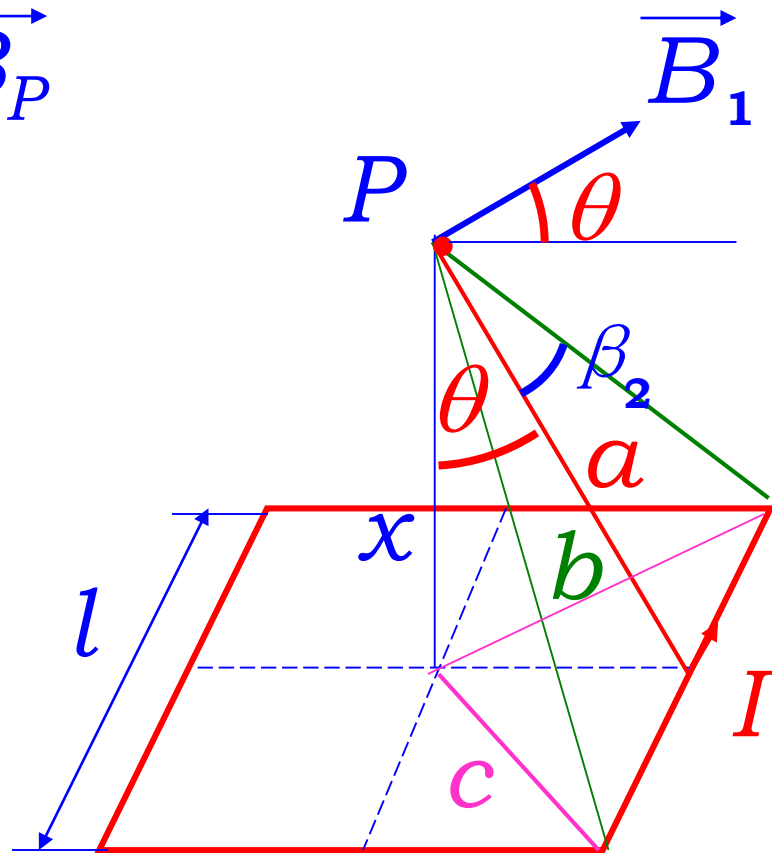
$$a = \sqrt{x^2 + l^2/4}$$

$$c = \sqrt{2} \cdot \frac{l}{2}$$

$$b = \sqrt{x^2 + c^2} = \sqrt{x^2 + l^2/2}$$

$$\sin \beta_2 = -\sin \beta_2$$

$$= \frac{l/2}{b} = \frac{l/2}{\sqrt{x^2 + l^2/2}}$$



结束

目录

由上面得到:

$$a = \sqrt{x^2 + l^2/4}$$

$$\sin \beta_2 = -\sin \beta_1 = \frac{l/2}{\sqrt{x^2 + l^2/2}}$$

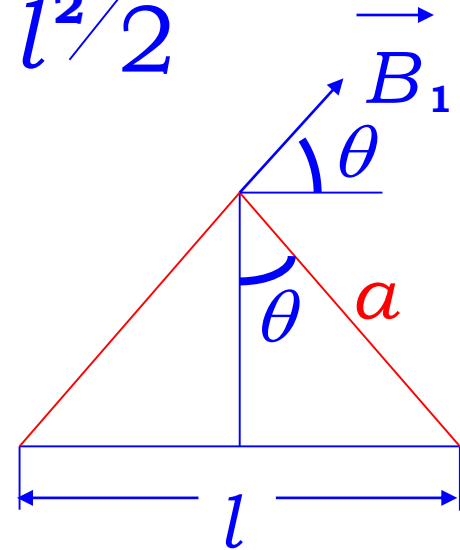
$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1)$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{1}{\sqrt{x^2 + l^2/4}} \times 2 \times \frac{l/2}{\sqrt{x^2 + l^2/2}}$$

$$= \frac{\mu_0 I l}{4\pi \sqrt{x^2 + l^2/4} \cdot \sqrt{x^2 + l^2/2}}$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I l}{4\pi \sqrt{x^2 + l^2/4} \cdot \sqrt{x^2 + l^2/2}}$$

$$\sin \theta = \frac{l/2}{a} = \frac{l/2}{\sqrt{x^2 + l^2/4}}$$



$$B = 4 B_1 \sin \theta$$

$$= 4 \times \frac{\mu_0 I l}{4\pi \sqrt{x^2 + l^2/4} \cdot \sqrt{x^2 + l^2/2}} \cdot \frac{l/2}{\sqrt{x^2 + l^2/4}}$$

$$= \frac{4\mu_0 I l^2}{\pi (4x^2 + l^2) \sqrt{4x^2 + 2l^2}}$$

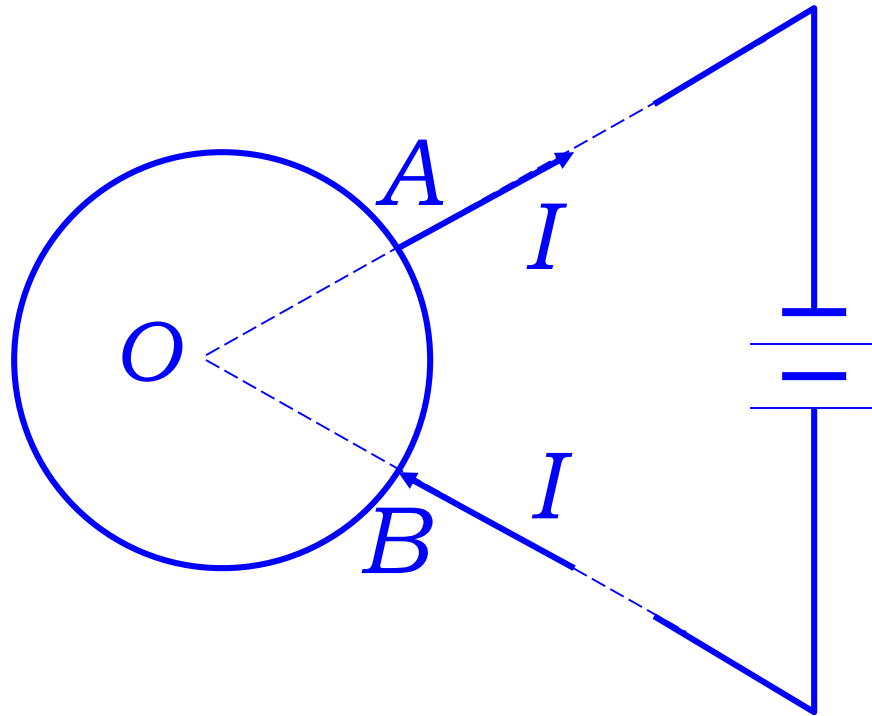
$$B = 4B_1 \sin\theta$$

$$= \frac{4\mu_0 I l^2}{\pi (4x^2 + l^2) \sqrt{4x^2 + 2l^2}}$$

$$= \frac{4 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times (8 \times 10^{-2})^2}{\pi (0.04 + 0.0064) (0.04 + 0.128)^{1/2}}$$

$$= 4.8 \times 10^{-6} \text{ T}$$

11-9 两根长直导线沿半径方向引到铁环上 A 、 B 两点，并与很远的电源相连，如图所示。求：环中心的磁感应强度。



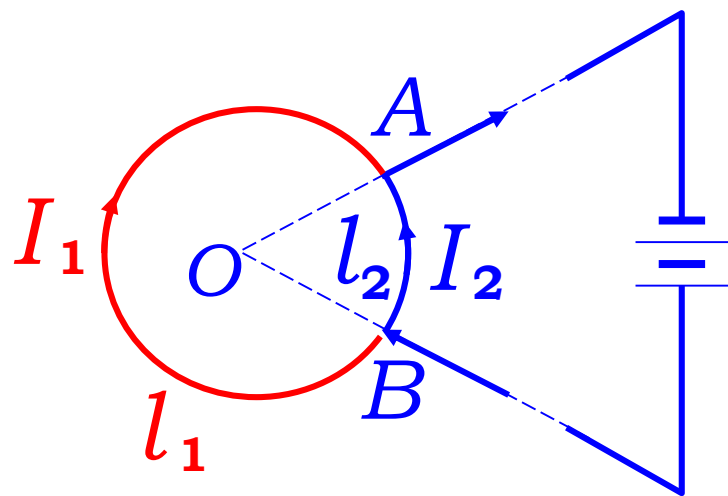
解:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi r^2} \int_0^{l_1} dl$$

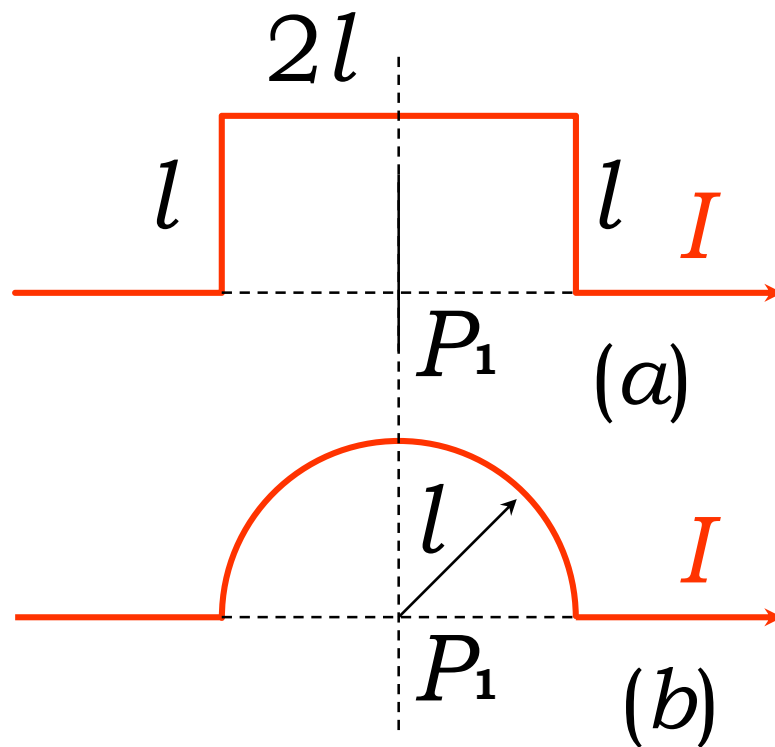
$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi r^2} \int_0^{l_2} dl$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1} \quad \longrightarrow \quad I_1 l_1 = I_2 l_2$$

$$B = B_1 - B_2 = 0$$



11-10 一段导线先弯成图 (a) 所示的形状，然后将同样长的导线再弯成图 (b) 所示的形状。当导线中通以电流 I 后，求： P_1 和 P_2 两点磁感应强度之比 B_1 / B_2 。



解: $B_1 = 4 \times \frac{\mu_0 I}{4\pi l} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1)$

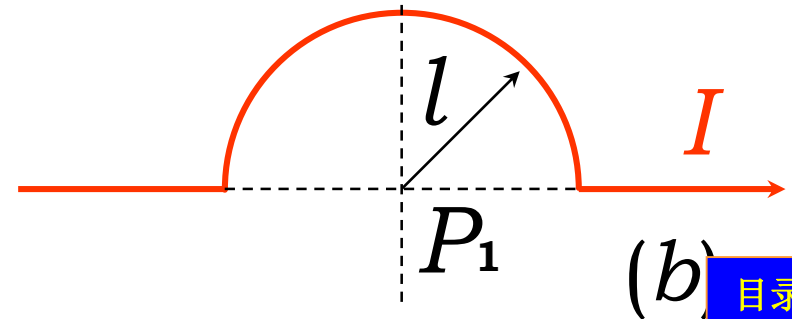
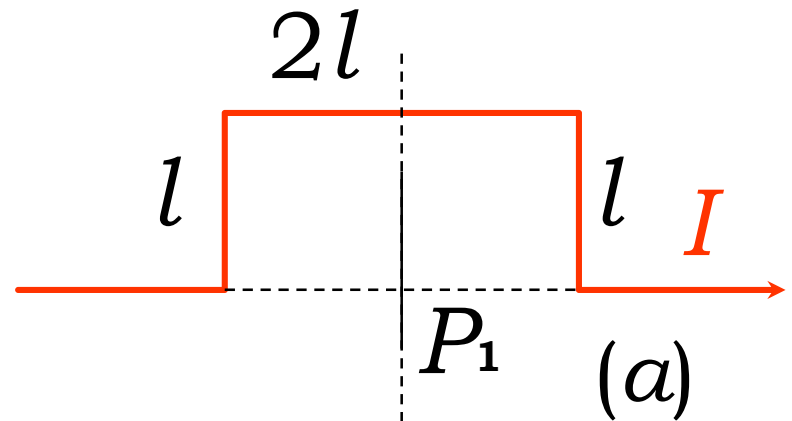
$$= \frac{\mu_0 I}{\pi l} \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2} \mu_0 I}{2 \pi l}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I dl \sin 90^\circ}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{\pi R} dl$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4 R}$$

$$\pi R = 4l \quad \longrightarrow \quad \frac{R}{l} = \frac{4}{\pi}$$

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{\sqrt{2} \mu_0 I}{2 \pi l} \times \frac{4 R}{\mu_0 I} = \frac{8 \sqrt{2}}{\pi^2}$$



11-11 一密绕的圆形线圈，直径是0.4 m，线圈中通有电流 2.5A 时，在线圈中心处的 $B = 1.26 \times 10^{-4}$ T。问线圈有多少匝？

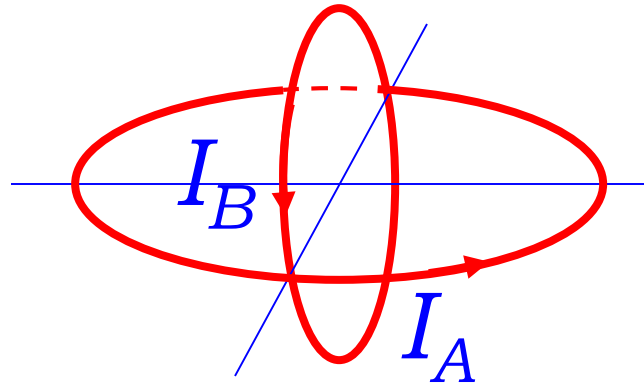
解：

$$B = \frac{N\mu_0 I}{2R}$$

$$N = \frac{2RB}{\mu_0 I}$$

$$= \frac{2 \times 0.2 \times 1.26 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} \times 2.5} = 16 \text{ 匝}$$

11-12 A 和 B 为两个正交放置的圆形线圈，其圆心相重合。 A 线圈半径 $R_A=0.2\text{m}$ ， $N_A=10$ 匝，通有电流 $I_A=10\text{A}$ 。 B 线圈半径为 $R_B=0.1\text{m}$ ， $N_B=20$ 匝。通有电流 $I_B=5\text{A}$ 。求两线圈公共中心处的磁感应强度。



解:

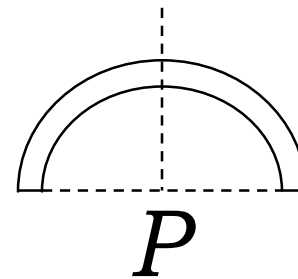
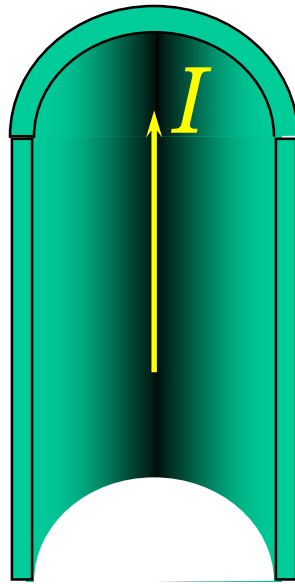
$$B_A = \frac{N_A \mu_0 I_A}{2 R_A} = \frac{10 \times 10 \times 4 \pi \times 10^{-7}}{2 \times 0.2}$$
$$= 31.4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_B = \frac{N_B \mu_0 I_B}{2 R_A} = \frac{20 \times 5 \times 4 \pi \times 10^{-7}}{2 \times 0.1}$$
$$= 6.28 \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B = \sqrt{B_A^2 + B_B^2} = 7.0 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$\theta = \arctan \frac{B_A}{B_B} = 26.6^\circ$$

11-14 在半径 $R=1\text{cm}$ 的“无限长”的半圆柱形金属薄片上，有电流 $I=5\text{A}$ 自下而上通过。如图所示。试求：圆柱轴线上一点 P 的磁感应强度。



解:

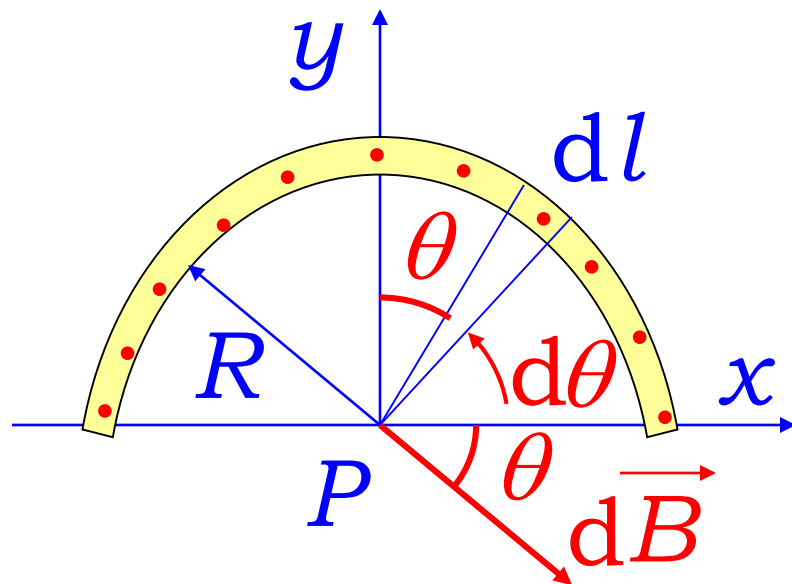
由对称性 $B_y = 0$

$$dI = \frac{d\theta}{\pi} I$$

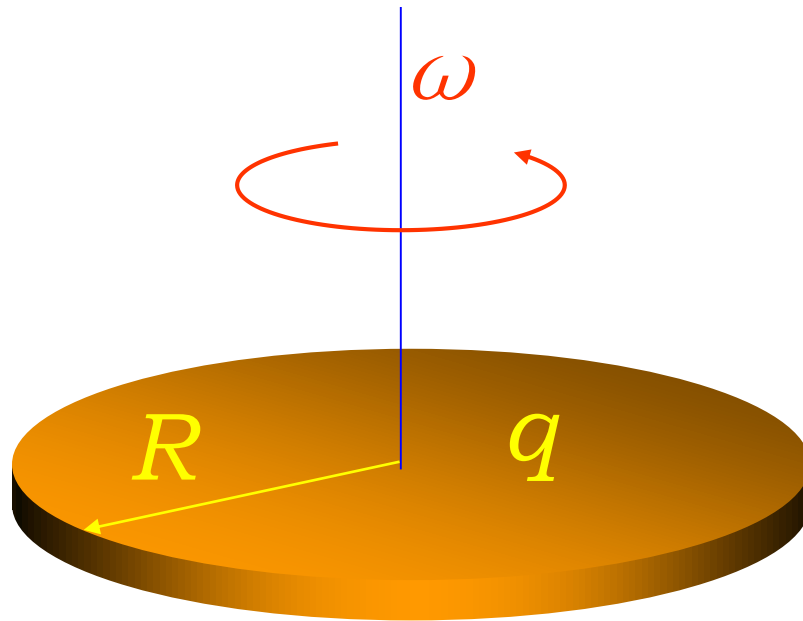
$$dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R} = \frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R} d\theta$$

$$B = B_x = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} dB \cos \theta$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos \theta d\theta = \frac{\mu_0 I}{\pi^2 R}$$



11-16 一个塑料圆盘，半径为 R ，电荷 q 均匀分布在表面，圆盘绕通过圆心垂直盘面的轴转动，角速度为 ω 。求：圆盘中心处的磁感应强度。



解:

$$n = \frac{\omega}{2\pi} \quad \sigma = \frac{q}{\pi R^2}$$

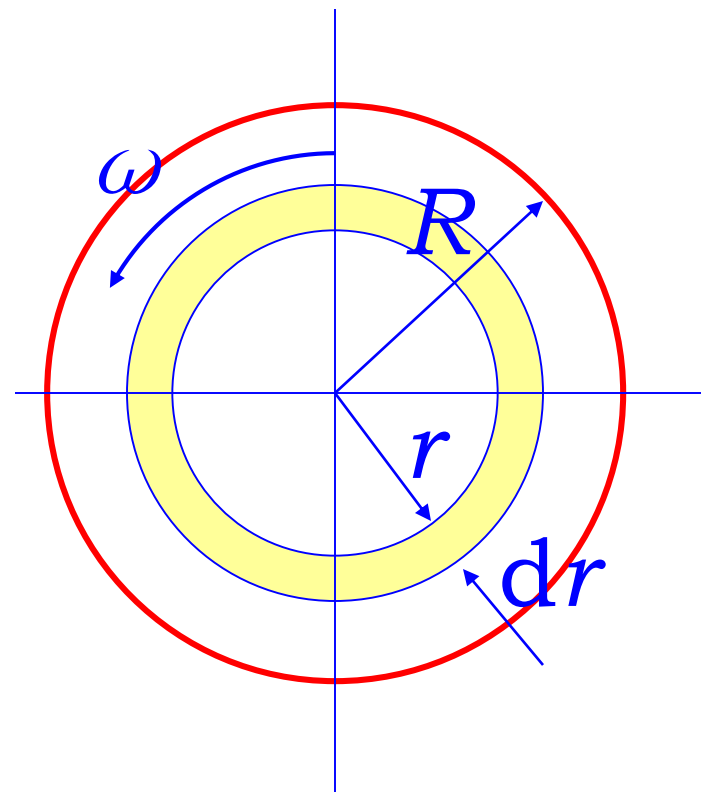
$$dq = \sigma 2\pi r dr$$

$$dI = n dq = n \sigma 2\pi r dr$$

$$dB = \frac{\mu_0 dI}{2r} = \mu_0 n \sigma \pi dr$$

$$B = \int_0^R \mu_0 n \sigma \pi dr = \mu_0 n \sigma \pi R$$

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

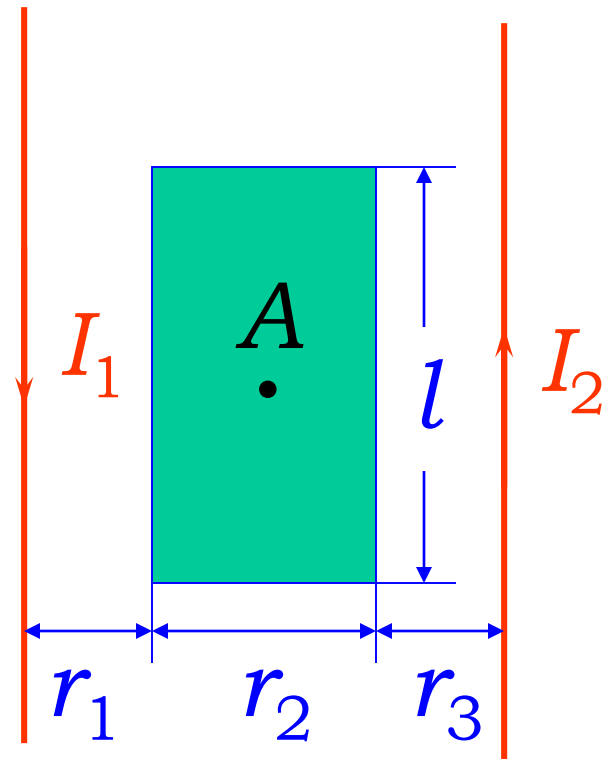


11-17 两平行直长导线相距 $d = 40 \text{ cm}$, 每根导线载有电流 $I_1 = I_2 = 20 \text{ A}$ 电流流向如图所示。求：

(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。

($r_1 = r_3 = 10 \text{ cm}$, $l = 25 \text{ cm}$)



解(1):

$$B_A = B_{1A} + B_{2A}$$

$$B_A = \frac{2\mu_0 I_1}{2\pi(d/2)} = \frac{2\mu_0 I_1}{\pi d}$$

$$= \frac{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 20}{\pi \times 40 \times 10^{-2}}$$

$$= 4.0 \times 10^{-5} \text{ T}$$

解(2):

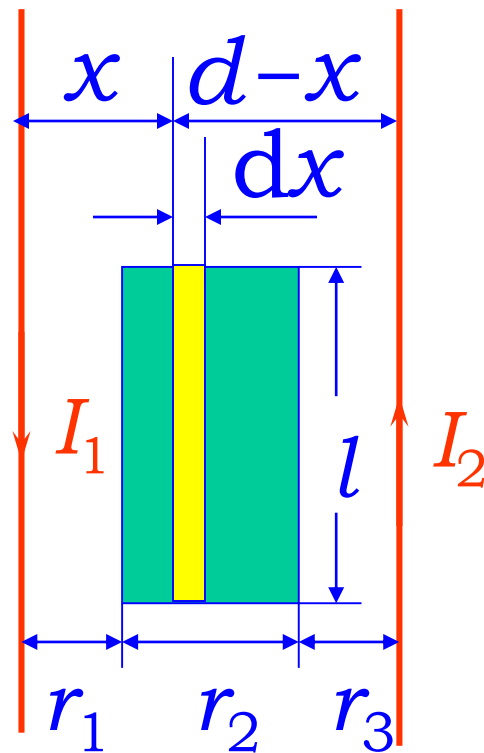
$$\Phi = \oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$= \int_{r_1}^{r_1+r_2} \left(\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi (d-x)} \right) l dx$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 l}{\pi} \ln \left(\frac{d-r_1}{r_1} \right)$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 25 \times 10^{-2}}{\pi} \ln \frac{30 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-2}}$$

$$= 2.2 \times 10^{-6} \text{Wb}$$

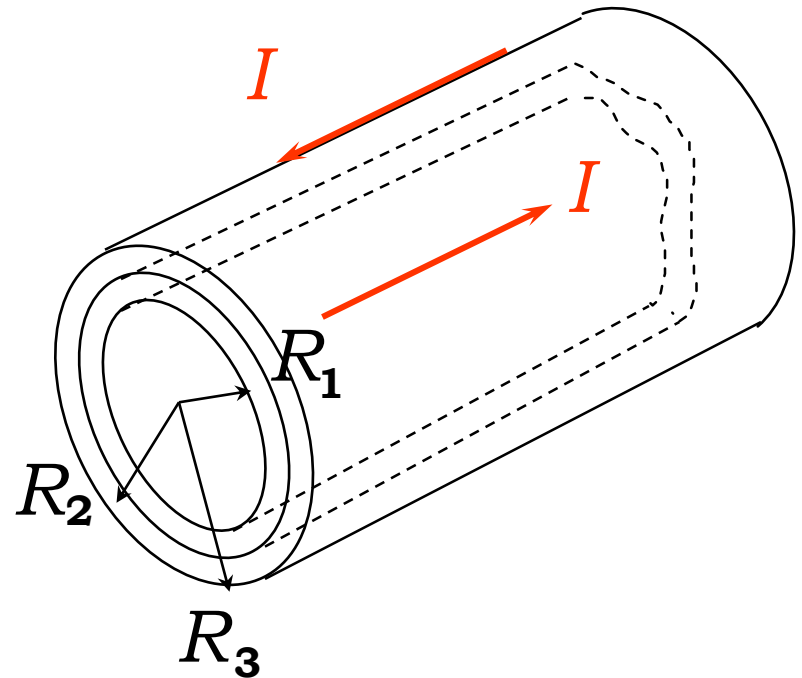


11-20 有一根很长的同轴电缆，由一圆柱形导体和一同轴圆筒状导体组成，圆柱的半径为 R_1 ，圆筒的内外半径分别为 R_1 和 R_2 ，如图所示。在这两导体中，载有大小相等而方向相反的电流 I ，电流均匀分布在各导体的截面上。

(1)求圆柱导体内各点($r < R_1$)的磁感应强度;

(2)求两导体之间($R_1 < r < R_2$)的 \mathbf{B} ;

(3)求电缆外($r > R_2$)各点的 \mathbf{B} 。



解: $r < R_1$

$$B_1 2\pi r = \frac{\mu_0 I}{\pi R_1^2} \pi r^2 \quad B_1 = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2}$$

$$R_1 < r < R_2$$

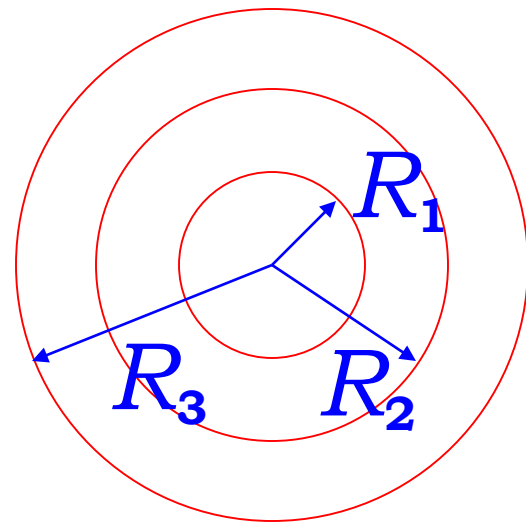
$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$R_2 < r < R_3$$

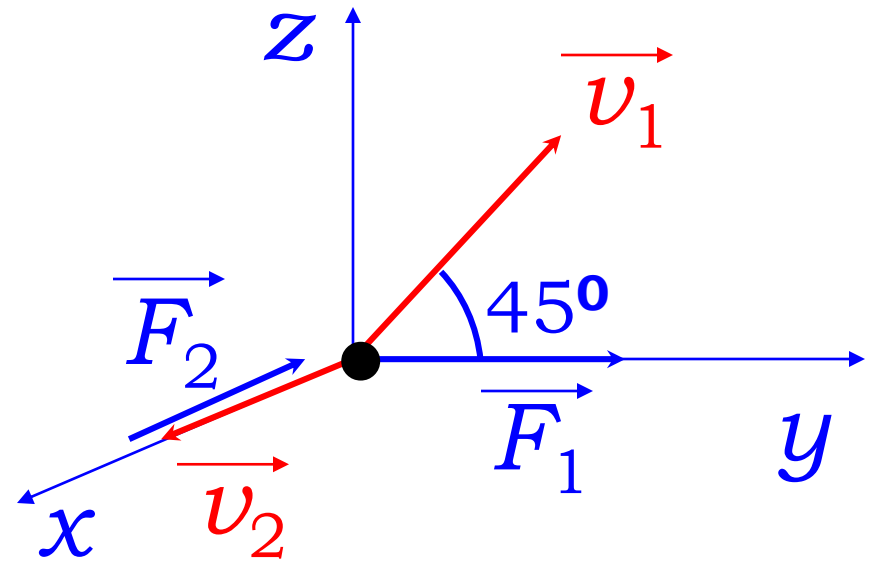
$$B_3 2\pi r = \mu_0 \left[I - \frac{I(\pi r^2 - \pi R_2^2)}{\pi(R_3^2 - R_2^2)} \right]$$

$$B_3 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \left[1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \right]$$

$$r > R_3 \quad B_4 = 0$$



11-22 一帶有電荷量為 $4.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的粒子，在 $y \sim z$ 平面內沿着和 y 軸成 45° 角的方向以速度 $v_1 = 3 \times 10^6 \text{ m/s}$ 運動，它受到均勻磁場的作用力 F_1 逆 x 軸方向；當這個粒子沿 x 軸方向以速度 $v_2 = 2 \times 10^6 \text{ m/s}$ 運動時，它受到沿 y 軸方向的作用力 $F_2 = 4 \times 10^2 \text{ N}$ 。求磁感應強度的大小和方向。



已知: $\vec{v}_1 = 2 \times 10^6 \vec{i} \text{ m/s}$ $q = 4 \times 10^{-9} \text{ C}$
 $\vec{F}_2 = 4 \times 10^2 \vec{j} \text{ N}$

求: **B**

解: $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ \vec{B} 沿 x 轴负方向

$$F = qvB$$

$$B = \frac{F}{qv}$$

$$= \frac{4 \times 10^2}{4 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^6}$$

$$= 0.5 \times 10^5 \text{ T}$$

11-23 一个电子射入 $\mathbf{B} = (0.2 \mathbf{i} + 0.5 \mathbf{j}) \text{T}$ 的非均匀磁场中，当电子速度为 $\mathbf{v} = 5 \times 10^6 \mathbf{j} \text{ m/s}$ 时，求电子所受的磁力。

已知: $\vec{v} = 5 \times 10^6 \vec{j} \text{ m/s}$

$$\vec{B} = (0.2 \vec{i} + 0.5 \vec{j}) \text{ T}$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

求: \vec{F}

解:
$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$= q (0.2 \vec{i} + 0.5 \vec{j}) \times (5 \times 10^6 \vec{j})$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0.2 & 0.5 & 0 \\ 0 & 5 \times 10^6 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= 1.6 \times 10^{-13} \vec{k} \text{ N}$$

11-24 在一个电视显象管的电子束中，电子能量为 12000eV ，这个显象管的取向使电子水平地由南向北运动，该处地球磁场的垂直分量向下，大小为 $B = 5.5 \times 10^{-5} \text{ T}$ 。问

(1) 电子束受地磁场的影响将偏向什么方向？

(2) 电子的加速度是多少？

(3) 电子束在显象管内在南北方向上通过 20cm 时将偏转多远？

已知: $E = 12000\text{eV}$ $B = 5.5 \times 10^{-5} \text{ T}$

解: (1) 电子束向东偏转

$$(2) \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1200 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} \\ = 6.49 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$F = qvB$$

$$a_n = \frac{F}{m} = \frac{qvB}{m} \\ = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 6.49 \times 10^7 \times 5.5 \times 10^{-5}}{9.1 \times 10^{-31}} \\ = 6.2 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

(3) 电子的轨迹为一圆周

$$R = \frac{mv}{qB}$$

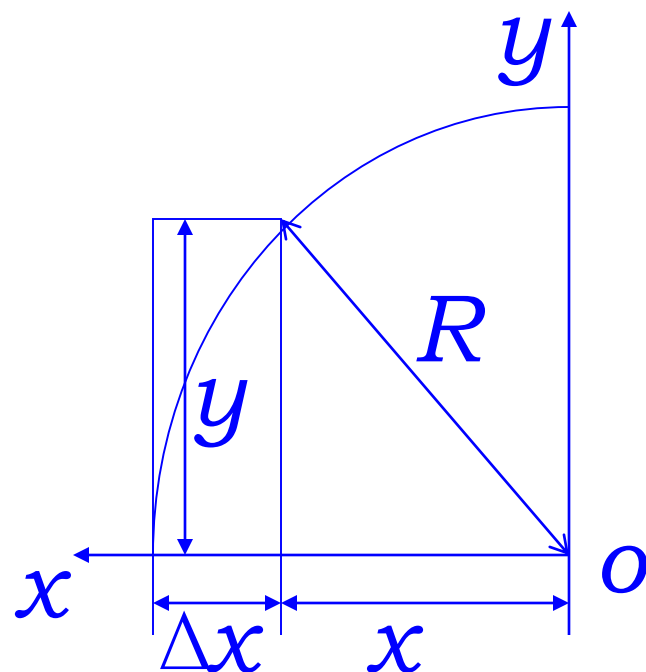
$$= \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 6.49 \times 10^7}{1.6 \times 10^{-19} \times 5.5 \times 10^{-5}} = 6.7 \text{ m}$$

偏转量为:

$$\Delta x = R - x = R - \sqrt{R^2 - y^2}$$

$$= R - R \left(1 - \left(\frac{y}{R} \right)^2 \right)^{1/2}$$

$$= \frac{y^2}{2R} = 3.0 \times 10^{-3} \text{ m}$$



11-25 一电子以 $1.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ 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。

已知: $v = 1.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ $R = 0.1 \text{ m}$ $\vec{v} \perp \vec{B}$

求: (1) B , (2) ω

解:
$$e v B = m \frac{v^2}{R}$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{m v}{e R} \\ &= \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 1.0 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.1} \\ &= 5.69 \times 10^{-5} \text{ T} \end{aligned}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{e B}{m} = 10^7 \text{ s}^{-1}$$

11-26 一质子以 $1.0 \times 10^7 \text{ m/s}$ 的速度射入磁感应强度 $B = 1.5 \text{ T}$ 的均匀磁场中，其速度方向与磁场方向成 30° 角。计算

- (1) 质子作螺旋运动的半径；
- (2) 螺距；
- (3) 旋转频率。

已知: $B = 1.5 \text{ T}$ $v = 1.0 \times 10^7 \text{ m/s}$

$$\theta = 30^\circ$$

求: 半径 R 螺距 h 旋转频率 ν

解:

$$\begin{aligned} R &= \frac{m v_{\perp}}{eB} = \frac{m v \sin \theta}{eB} \\ &= \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 1.0 \times 10^7 \times 0.5}{1.6 \times 10^{-19} \times 1.5} = 3.5 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= v_{\parallel} T = v \cos \theta \frac{2\pi m}{eB} \\ &= \frac{1.0 \times 10^7 \times 0.866 \times 2 \times 3.14 \times 1.67 \times 10^{-27}}{1.6 \times 10^{-19} \times 1.5} \\ &= 0.38 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \nu &= \frac{1}{T} = \frac{eB}{2\pi m} \\
 &= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.5}{2 \times 3.14 \times 1.67 \times 10^{-27}} \\
 &= 2.29 \times 10^7 \text{ s}^{-1}
 \end{aligned}$$

11-27 一电子在 $B = 2.0 \times 10^{-3} \text{ T}$ 的均匀磁场中作半径 $R = 20 \text{ cm}$ 的螺旋线运动，螺距 $h = 50 \text{ cm}$ ，已知电子的荷质比为 $e/m_e = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ 。求这个电子的速度。

已知: $e/m_e = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ $h = 50 \text{ cm}$
 $R = 20 \text{ cm}$ $B = 2.0 \times 10^{-3} \text{ T}$

求: v

解:

$$R = \frac{m v_{\perp}}{eB}$$

$$v_{\perp} = \frac{e}{m} B R$$

$$= 20 \times 10^{-2} \times 1.76 \times 10^{11} \times 2 \times 10^{-3}$$

$$= 7.0 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$h = v_{\parallel} T = v_{\parallel} \frac{2\pi}{\frac{e}{m} B}$$

$$h = v_{//} T = v_{//} \frac{2\pi}{\frac{e}{m}B}$$

$$v_{//} = \frac{\frac{e}{m}Bh}{2\pi}$$

$$= \frac{1.76 \times 10^{11} \times 2.0 \times 10^{-3} \times 50}{2 \times 3.14}$$

$$= 2.8 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{v_{\perp}^2 + v_{//}^2} = 7.5 \times 10^7 \text{ m/s}$$

11-28 一束单价铜离子以 1.0×10^5 m/s 的速度进入质谱仪的均匀磁场，转过 180° 后各离子打在照相底片上，如磁感应强度为 0.50 T。试计算质量为 63u 和 65u 的两个同位素分开的距离 ($1\text{u} = 1.66 \times 10^{-27}\text{kg}$)。

已知: $B=0.50\text{ T}$ $v=1.0\times 10^5\text{m/s}$

$$m_1=65\text{u} \quad m_2=63\text{u}$$

$$1\text{u}=1.66\times 10^{-27}\text{kg}$$

求: Δx

解:

$$\Delta x = 2(R_1 - R_2) = 2\left(\frac{m_1 v}{qB} - \frac{m_2 v}{qB}\right)$$

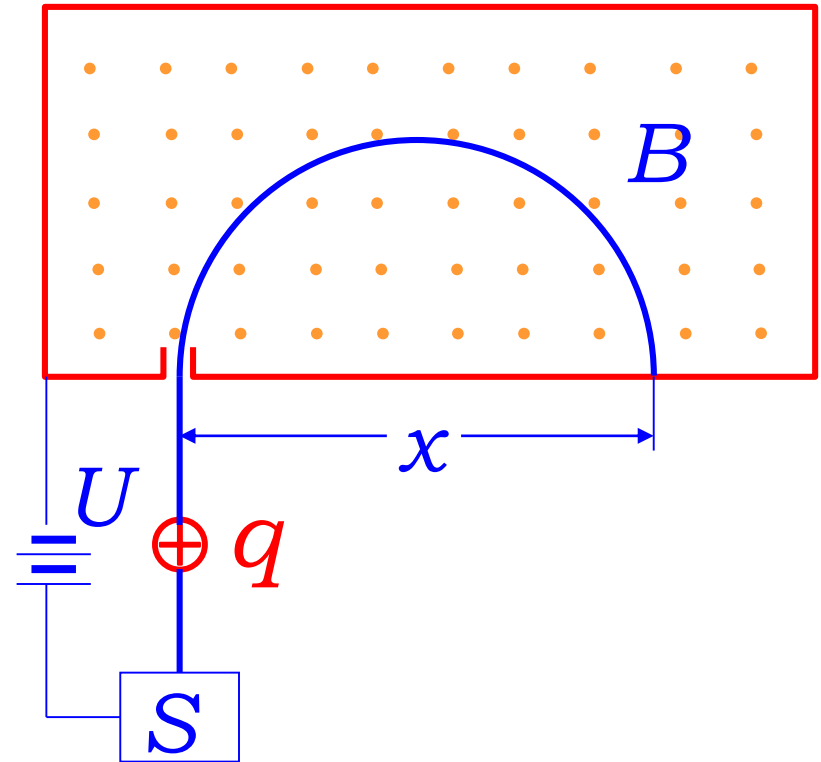
$$= \frac{2v}{qB}(m_1 - m_2)$$

$$= \frac{2 \times 1.0 \times 10^5}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.50} \times (65 - 63) \times 1.66 \times 10^{-27}$$

$$= 8.4 \times 10^{-3} \text{m}$$

11-29 图示为测定离子质量所用的装置。离子源S产生一质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的离子。离子从源出来时的速度很小，可以看作是静止的。离子经电势差 U 加速后进入磁感应强度为 B 的均匀磁场，在这磁场中，离子沿一半圆周运动后射到离入口缝隙 x 远处的感光底片上，并予以记录。试证明离子的质量 m 为

$$m = \frac{B^2 q}{8U} x^2$$



证明: $m = \frac{B^2 q}{8U} x^2$

证: 设离子进入磁场时的速度为 v

$$qU = \frac{1}{2}mv^2 \quad v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \frac{x}{2}$$

$$\therefore m = \frac{B^2 q}{8U} x^2$$

11-30 一回旋加速器 D 形电极圆壳的最大半径为 $R = 60\text{cm}$, 用它来加速质量为 $1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$ 、电荷量为 $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ 的质子, 要把它从静止加速到 4.0MeV 的能量。

(1) 求所需的磁感应强度;

(2) 设两 D 形电极间的距离为 1.0cm 电压为 $2.0 \times 10^4\text{V}$ 极间的电场是均匀的。求加速到上述能量所需的时间。

已知: $E = 4.0 \text{ MeV}$

$$U = 2.0 \times 10^4 \text{ V}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$R = 60 \text{ cm}$$

$$m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

求: (1) B , (2) t

解: (1)

$$E = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$$

$$B = \sqrt{\frac{2mE}{q^2 R^2}} = 0.48 \text{ T}$$

(2) 质子每旋转一周增加能量为 $2U\text{eV}$
提高到最大能量所需的旋转次数为 $\frac{E_k}{2U}$

旋转周期为: $T = \frac{2\pi m}{qB}$

所需的时间为:

$$\begin{aligned} t &= \frac{E_k}{2U} \frac{2\pi m}{qB} \\ &= \frac{4.0 \times 10^6}{2 \times 2.0 \times 10^4} \cdot \frac{2\pi \times 1.67 \times 10^{-27}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.48} \\ &= 1.37 \times 10^{-7} \text{s} \end{aligned}$$

11-31 设电子质量为 m_e ，电荷量为 e 以角速度 ω 绕带正电的质子作圆周运动，当加上外磁场 \mathbf{B} (\mathbf{B} 的方向与电子轨道平面垂直)时，设电子轨道半径不变，而角速度则变为 ω' .证明：电子角速度的变化近似等于

$$\Delta\omega = \omega' - \omega \approx \pm \frac{1}{2} \frac{e}{m_e} B$$

求证: $\Delta\omega = \omega' - \omega \approx \pm \frac{1}{2} \frac{e}{m_e} B$

证明: 设在静电力作用下核作圆周运动的角速度为 ω

$$F_E = m a_n = m r \omega^2$$

加上外磁场后, 其角速度为 ω'

$$F_B = e v B = e \omega' r B$$

$$F_n = F_E \pm F_B$$

$$F_n = m a_n = m r \omega'^2$$

$$m r \omega^2 \pm e \omega' r B = m r \omega'^2$$

$$m r \omega^2 \pm e \omega' r B = m r \omega'^2$$

$$\omega'^2 \mp \left(\frac{eB}{m}\right) \omega' - \omega^2 = 0$$

一般情况下有： $F_B \ll F_E$ ， ω 与 ω' 相差无几

$$\omega' = \omega + \Delta\omega \quad (\Delta\omega \ll \omega)$$

$$2\omega\Delta\omega = \pm \left(\frac{eB}{m}\right)(\omega + \Delta\omega)$$

$$\approx \pm \left(\frac{eB}{m}\right)\omega$$

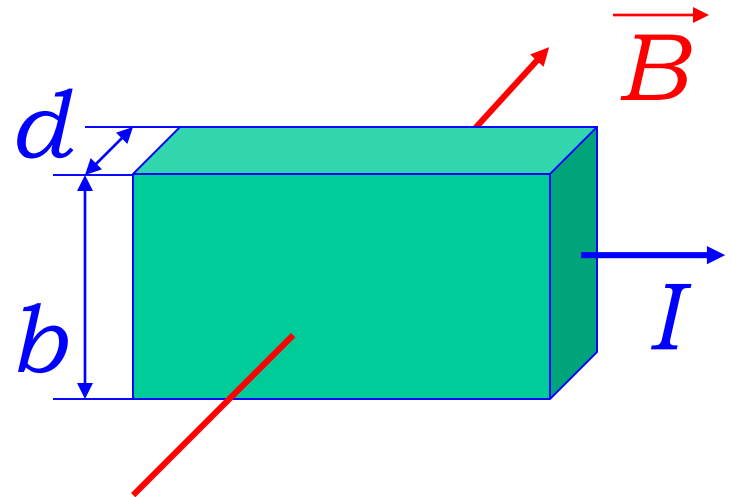
\therefore

$$\Delta\omega = \pm \left(\frac{eB}{2m}\right)$$

11-32 在霍尔效应的实验中，宽1.0 cm、长4.0cm、厚 $1.0\times 10^{-3}\text{cm}$ 的导体沿长度方向载有3.0A的电流，当磁感应强度 $B=1.5\text{ T}$ 的磁场垂直地通过该薄导体时，产生 $1.0\times 10^{-5}\text{V}$ 的霍尔电压(在宽度两端)。试由这些数据求；

(1)载流子的漂移速度；
(2)每立方厘米的载流子数；

(3)假设载流子是电子，试就一给定的电流和磁场方向在图上画出霍尔电压的极性。



已知: $b = 1.0 \times 10^{-2} \text{ cm}$ $U = 1.0 \times 10^{-5} \text{ V}$
 $d = 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $B = 3.0 \text{ T}$ $I = 3.0 \text{ A}$

求: (1) \bar{v} , (2) n

解:

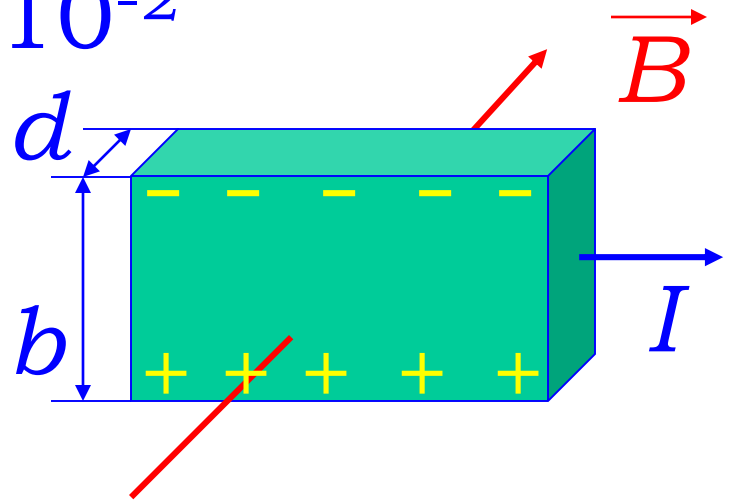
$$(1) \quad \bar{v} = \frac{U}{Bb} = \frac{1.0 \times 10^{-5}}{1.5 \times 1.0 \times 10^{-2}}$$

$$= 6.7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$(2) \quad n = \frac{IB}{Uqd}$$

$$= \frac{3 \times 1.5}{1.0 \times 10^{-5} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.0 \times 10^{-5}}$$

$$= 2.8 \times 10^{29} \text{ m}^{-3}$$

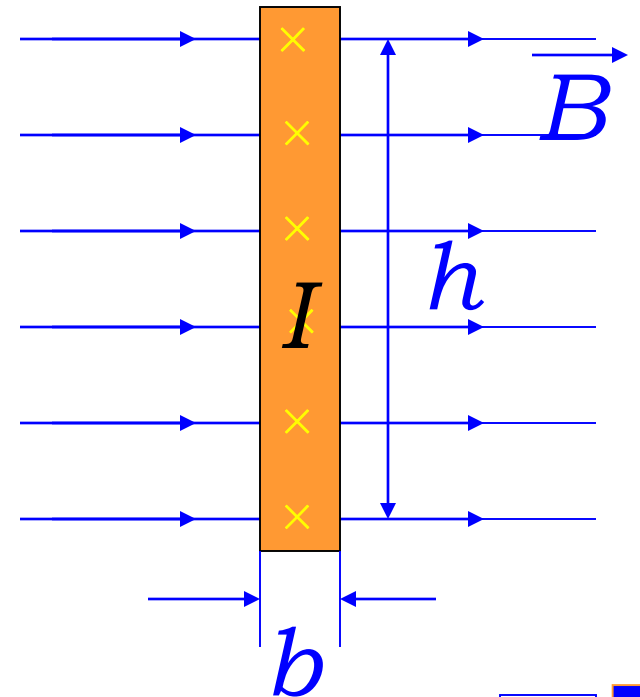


11-33 高 h 宽 b 的铜条内有电流(电流方向在图中以 \times 表示)在这铜片的垂直方向上施加磁感应强度为 B 的均匀磁场。

(1) 试计算铜片中电子的漂移速率 v_d 。

(2) 作用在电子磁力 \mathbf{F} 的大小和方向如何?

(3) 为了抵消磁场的效应, 铜片中应加均匀电场 \mathbf{E} 的大小和方向如何?



(4)为了产生此电场 \mathbf{E} ，那铜片导体两侧之间的电压应为多少？电压应加于导体的哪两边？

(5)如果外界不施加电场，则有些电子将被推到铜片的一边，因而在铜片的高度方向上将产生一均匀电场 E_H 直到这个静电场 E_H 的力与在(2)中磁力达到平衡为止， E_H 这个电场的大小和方向如何？设单位体积内传导电子的数目 $n = 1.1 \times 10^{29} \text{m}^{-3}$ ， $b = 0.1 \text{cm}$ ， $I = 50 \text{A}$ ， $B = 2 \text{T}$ 。

已知: h 、 b 、 I 、 n 、 B

求: (1) v , (2) F , (3) E , (4) U , (5) E_H

解:(1) $I = neS \bar{v} = nehb \bar{v}$

$$\begin{aligned}\bar{v} &= \frac{I}{nehb} \\ &= \frac{50}{1.1 \times 10^{29} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.02 \times 0.001} \\ &= 1.4 \times 10^{-4} \text{ m/s}\end{aligned}$$

(2) $F = qvB$

$$\begin{aligned}&= 1.6 \times 10^{-19} \times 1.4 \times 10^{-4} \times 2.0 \\ &= 4.5 \times 10^{-23} \text{ N}\end{aligned}$$

$$(3) \quad E = \frac{F}{q} = \frac{4.5 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.8 \times 10^{-4} \text{V/m}$$

$$(4) \quad U = Eh = 2.8 \times 10^{-4} \times 0.02 = 5.6 \times 10^{-6} \text{V}$$

$$(5) \quad E_H = \overline{v} B = 1.4 \times 10^{-4} \times 2 = 2.8 \times 10^{-4} \text{V/m}$$

11-34 彼此相距10cm的三根平行的长直导线中各通有10A同方向的电流，试求各导线上每1cm上的作用力的大和方向。

已知: $d=10\text{cm}$, $I=10\text{A}$, $l=1\text{cm}$

求: \mathbf{F}

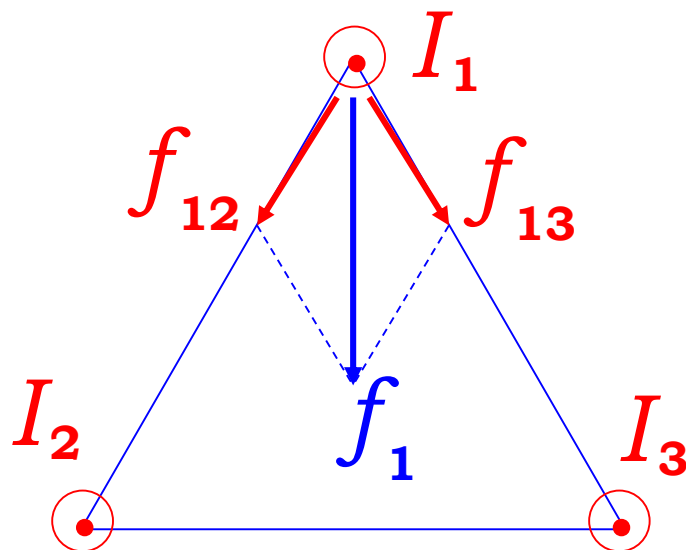
解: 导线1给导线2单位长度的作用力为:

$$f_{12} = f_{13} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}$$

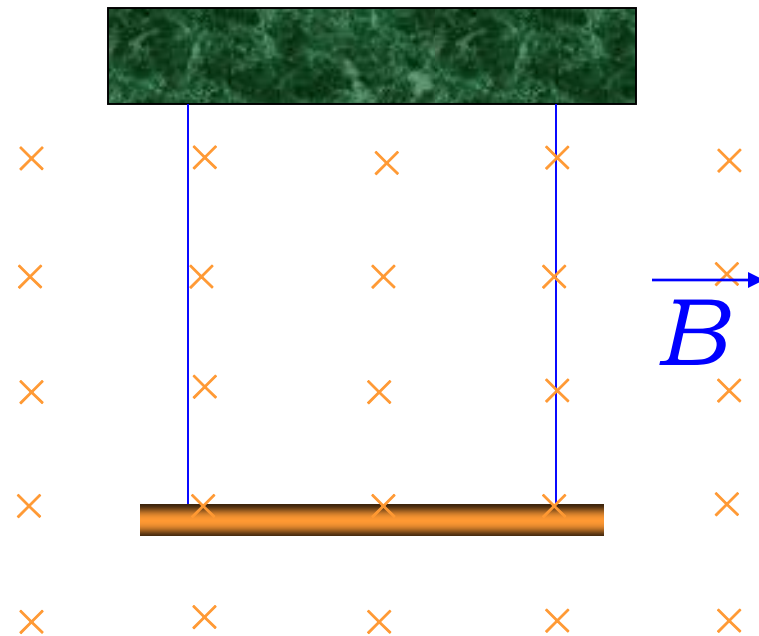
$$f_1 = 2f_{13} \cos 30^\circ = \frac{\mu_0 I^2}{\pi d} \cos 30^\circ$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^2 \times 0.866}{\pi \times 10 \times 10^{-2}}$$

$$= 3.46 \times 10^{-4} \text{ N/m}$$



11-35 有一根长为50cm，质量为10g的直导线，用细线平挂在磁感应强度为1T的均匀磁场中，如图所示。问：在导线中通以多大电流、流向如何才能使线中张的力为零？



已知： $l = 50\text{cm}$, $m = 10\text{g}$, $B = 1\text{T}$

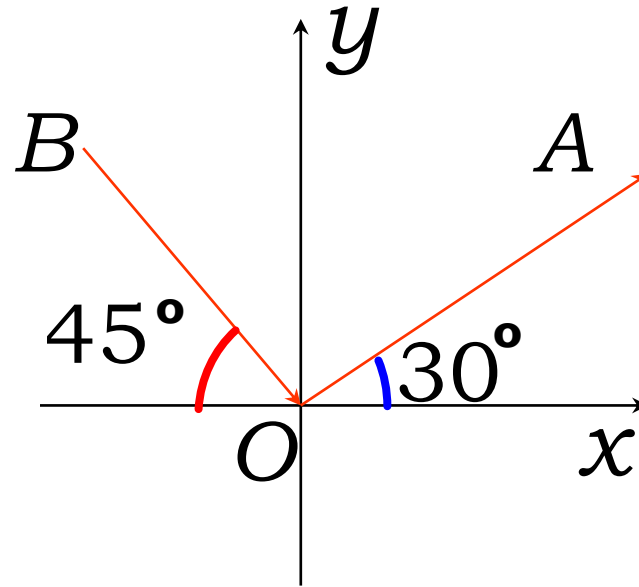
求： I

解：

$$IBl = mg$$

$$I = \frac{mg}{Bl} = \frac{10 \times 10^{-3} \times 10}{1 \times 50 \times 10^{-2}} = 0.2\text{A}$$

11-36 如图，载流导线段 $AO = 0.75\text{m}$ ， $OB = 1.5\text{m}$ ，其中通有电流 $I = 0.5\text{A}$ 。已知导线段所在区域的均匀磁场为 $\mathbf{B} = 0.4\mathbf{i} \text{ T}$ 。求载流导线段所受的安培力。



已知: $\overline{AO}=0.75\text{m}$, $\overline{OB}=1.5\text{m}$, $I=0.5\text{A}$
 $\mathbf{B}=0.4\mathbf{i}\text{ T}$

求: \mathbf{F}

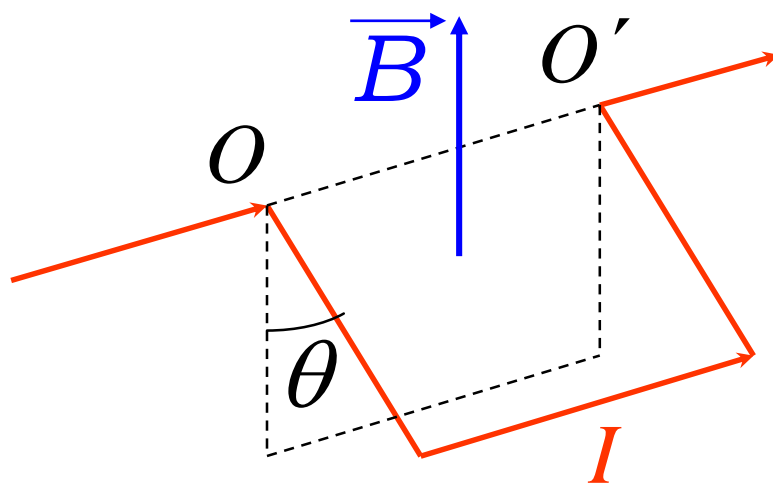
解:

$$F=IB(\overline{OB}\sin 30^{\circ}-\overline{AO}\sin 45^{\circ})$$

$$=0.044\text{N}$$

$$=0.5\times 0.4(1.5\times 0.5-0.75\times 1.414)$$

11-38 截面积为 S 、密度为 ρ 的铜导线被弯成正方形的三边，可以绕水平轴转动，如图所示。导线放在方向为竖直向上的匀强磁场中，当导线中的电流为 I 时，导线离开原来的竖直位置偏转一角度 θ 而平衡。求磁感应强度。如 $S = 2 \text{ mm}^2$, $\rho = 8.9 \text{ g/cm}^3$, $\theta = 15^\circ$, $I = 10 \text{ A}$, 磁感应强度 B 应为多少？

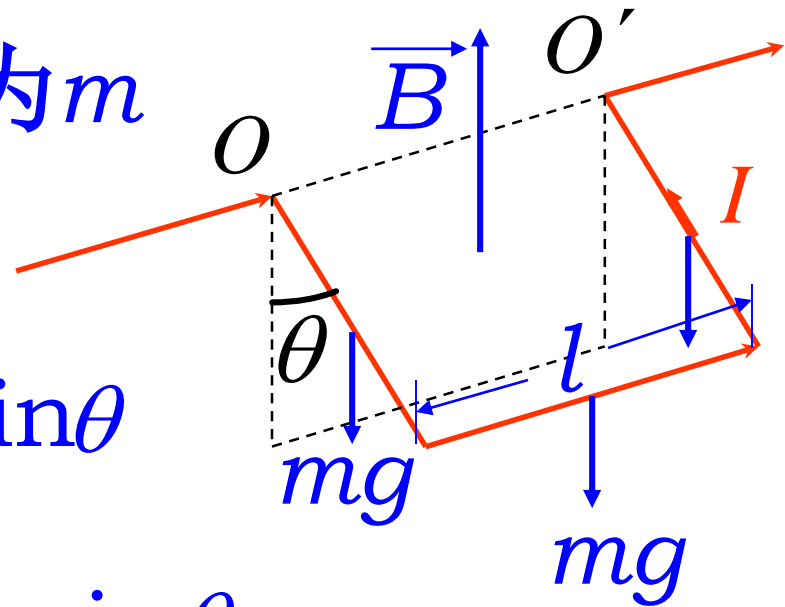


已知: $S = 2\text{mm}^2$, $\rho = 8.9\text{g/cm}^3$, $\theta = 15^\circ$:

求: **B**

解: 设正方形每一边质量为 m
重力力矩为 M

$$\begin{aligned} M &= 2mg \frac{l}{2} \sin\theta + mgl \sin\theta \\ &= 2mgl \sin\theta = 2lS\rho l g \sin\theta \\ &= 2l^2 S \rho g \sin\theta \end{aligned}$$



磁力矩为 M'

$$M' = BIl \cdot l \cos\theta$$

在平衡时重力力矩与磁力力矩相等

$$M' = M$$

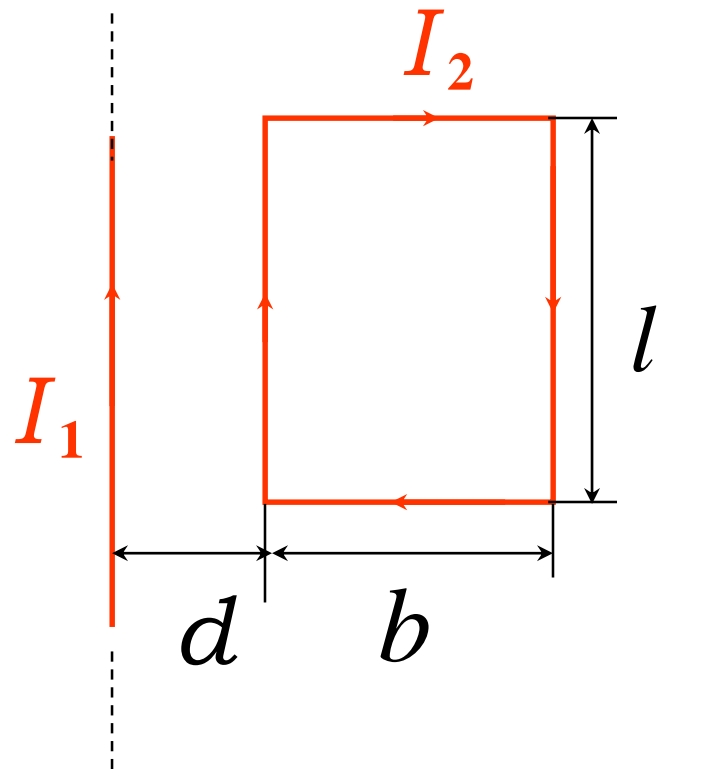
$$2 l^2 S \rho g \sin \theta = B I l \cdot l \cos \theta$$

$$B = \frac{2 S \rho g \tan \theta}{I}$$

$$= \frac{2 \times 2.0 \times 10^{-6} \times 8.9 \times 10^3 \times 9.8}{10} \tan 15^\circ$$

$$= 9.35 \times 10^{-3} \text{ T}$$

11-39 如图所示，在长直导线旁有一矩形线圈，导线中通有电流 $I_1=20\text{A}$ 线圈中通有电流 $I_2=10\text{A}$ 。已知 $d=1\text{cm}$, $b=9\text{cm}$, $l=20\text{cm}$ 。求矩形线圈受到的合力是多少？



已知: $I_1 = 20\text{A}$, $I_2 = 10\text{A}$, $d = 1\text{cm}$,
 $b = 9\text{cm}$, $l = 20\text{cm}$

求: \mathbf{F}

解:

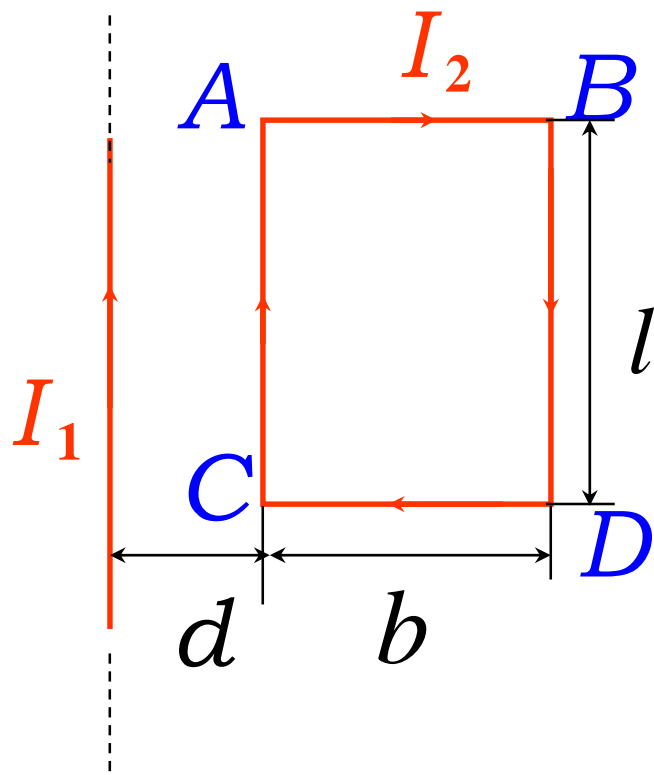
$$F_{AB} - F_{CD} = 0$$

$$F = F_{AC} - F_{BD}$$

$$= B_C I_2 l - B_D I_2 l$$

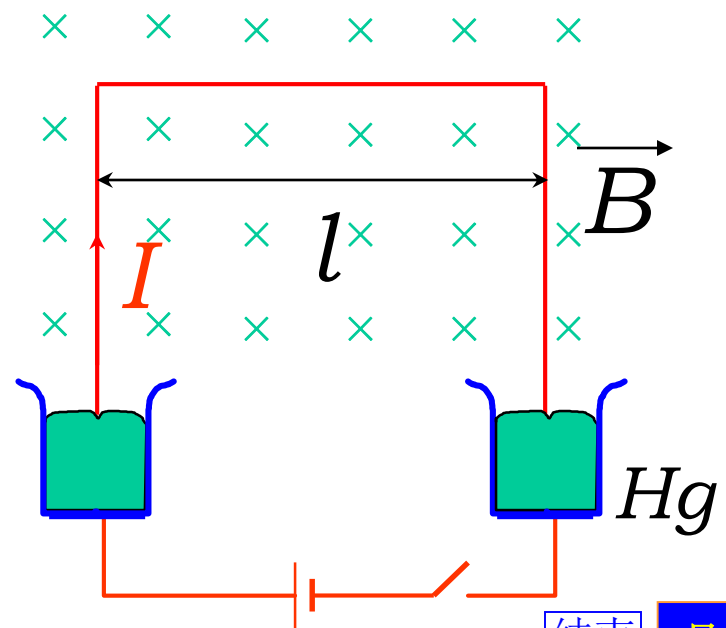
$$= \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} I_2 l - \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(d+b)} I_2 l$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d+b} \right)$$



$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d+b} \right) \\
 &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 20 \times 10 \times 0.2}{2\pi} \\
 &\quad \times \left(\frac{1}{1.0 \times 10^{-2}} - \frac{1}{1.0 \times 10^{-2} + 9.0 \times 10^{-2}} \right) \\
 &= 7.0 \times 10^{-4} \text{ N}
 \end{aligned}$$

11-41 有一根U形导线，质量为 m ，两端浸没在水银槽中，导线的上段长 l ，处在磁感应强度为 \mathbf{B} 的均匀磁场中，如图所示。当接通电源时，这导线就会从水银槽中跳起来。假定电流脉冲的时间同导线上升的时间相比非常小。(1)试由导线跳起所达到的高度 h 计算电流脉冲的电荷量 q ；(2)如 $B = 0.1\text{T}$ ， $m = 10\text{g}$ ， $h = 0.3\text{m}$ 。计算 q 的值（提示利用动量原理，找出 $\int I \, dt$ 与 $\int F \, dt$ 的关系）



已知: $B=0.1\text{T}$, $m=10\text{g}$, $l=20\text{cm}$, $h=0.3\text{m}$

求: q

解:
$$\int_0^t f \, dt = \int_0^t iBl \, dt = Bl \int_0^t i \, dt = Blq$$

由动量原理:

$$\int_0^t f \, dt = mv - mv_0 \quad (v_0=0)$$

$$\therefore mv = Blq$$

上跳过程机械能守恒

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \longrightarrow v = \sqrt{2gh}$$

$$q = \frac{m}{Bl} \sqrt{2gh}$$

11-42 一永磁式电表中的线圈面积为 6.0cm^2 共50匝，线圈摆动区域中的 B 值为 0.01T ，并沿径向分布。设游丝的扭转常量为 $0.01 \times 10^{-7}\text{N}\cdot\text{m}/(^{\circ})$ ，若线圈中通以 1mA 的电流。求线圈的偏转角。

已知: $S = 6.02\text{cm}^2$, $N = 50$, $B = 0.01\text{T}$
 $k = 0.1 \times 10^{-7} \text{ N.m/}^\circ$, $I = 1\text{mA}$

求: θ

解:

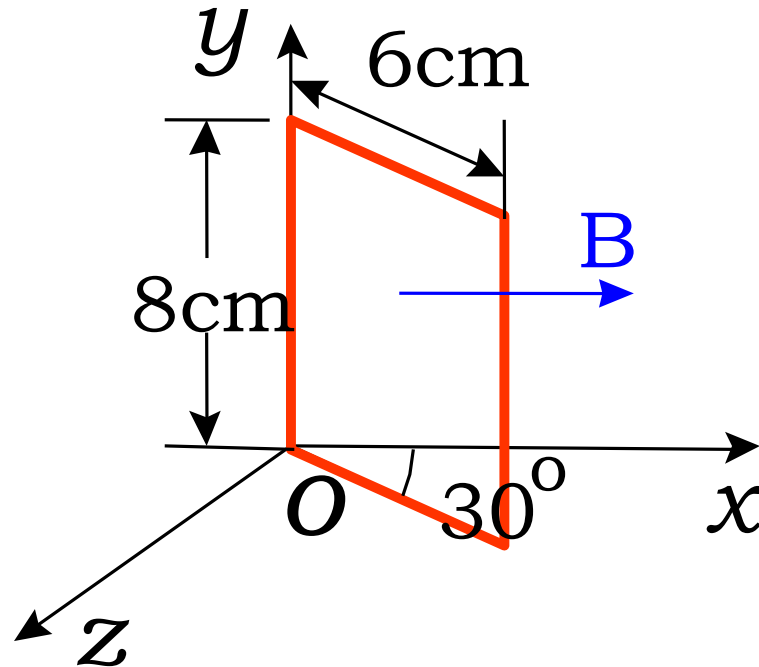
$$I = \frac{k\theta}{NBS}$$

$$\theta = \frac{I N B S}{k}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 50 \times 0.01 \times 6.02 \times 10^{-4}}{0.1 \times 10^{-7}}$$

$$= 30^\circ$$

11-43 如图所示，一矩形线圈可绕 y 轴转动，线圈中载有电流 0.10A ，放在磁感应强度为 $B = 0.50\text{T}$ 的均匀磁场中， \mathbf{B} 的方向平行于 x 轴。求维持线圈在图示位置时的力矩。



已知： $I=0.1\text{A}$, $B=0.5\text{T}$, $\theta=60^\circ$

求： 磁力矩 M

解：

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

$$M = p_m B \sin 60^\circ$$

$$= I S B \sin 60^\circ$$

$$= 0.1 \times 0.5 \times 6 \times 10^{-2} \times 8 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 2.08 \times 10^{-4} \text{ N.m}$$

11-44 一螺线管长为 30cm, 直径为 15mm, 由绝缘的细导线密绕而成, 每厘米绕有 100 匝, 当导线中通以 2.0A 的电流后, 把这螺线管放到 $B = 4.0\text{T}$ 的均匀磁场中。求

(1) 螺线管的磁矩;

(2) 螺线管所受力矩的最大值。

已知: $l = 30\text{cm}$, $D = 15\text{mm}$, $n = 100/\text{cm}$,
 $I = 2.0\text{A}$, $B = 4.0\text{T}$

求: (1) p_m , (2) M_{\max}

解:

$$p_m = NIS$$

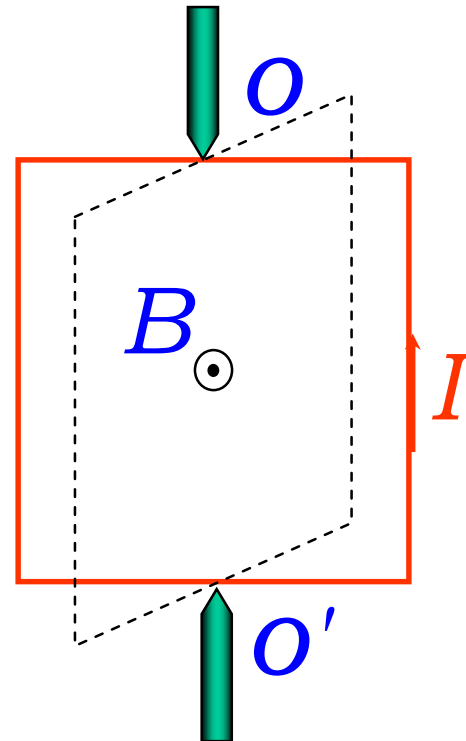
$$= 30 \times 10^{-2} \times 100 \times \pi \left(\frac{15 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \times 2$$

$$= 1.06 \text{ A.m}$$

$$M_{\max} = p_m B \sin \frac{\pi}{2} = p_m B$$

$$= 0.11 \times 4 = 0.44 \text{ N.m}$$

11-45 一边长为 l 的正方形线圈载有电流 I ，处在均匀外磁场 \mathbf{B} 中， \mathbf{B} 垂直图面向外，线圈可以绕通过中心的竖直轴 OO' 转动（见图），其转动惯量为 J 。求线圈在平衡位置附近作微小振动的周期 T 。



已知: l, I, B, J

求: T

解: 设磁力矩为 M'

$$M' = p_m B \sin \theta = I S B \sin \theta$$

$$= I l^2 B \sin \theta \approx I l^2 B \theta$$

由转动定律:

$$M = J \frac{d^2 \theta}{dt^2} \quad \Rightarrow \quad -I l^2 B \theta = J \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

式中的负号是因为磁力矩和 θ 角符号相反

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{I l^2 B}{J} \theta = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{d^2 \theta}{dt^2} + \omega^2 \theta = 0$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{I l^2 B}{J} \theta = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2 \theta = 0$$

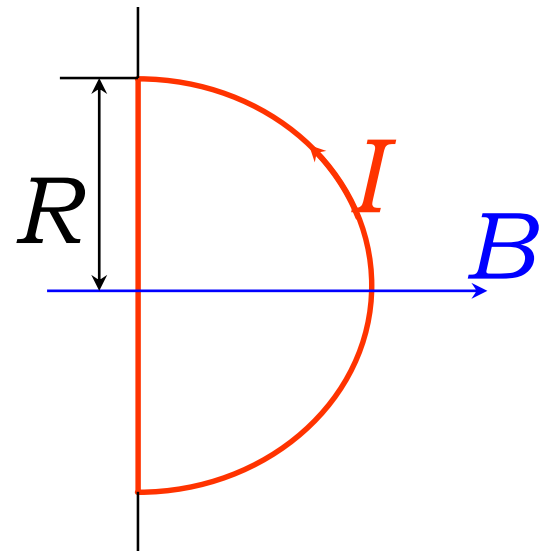
$$\omega^2 = \frac{I l^2 B}{J} \quad \longrightarrow \quad \omega = l \sqrt{\frac{IB}{J}}$$

$$T = \frac{2\pi}{l} \sqrt{\frac{J}{IB}}$$

11-46 一半径为 $R = 0.1\text{m}$ 的半圆形闭线圈，载有电流 $I = 10\text{A}$ ，放在均匀磁场中，磁场方向与线圈面平行，如图所示。已知 $B = 0.5\text{T}$ 。求

(1) 线圈所受力矩的大小和方向（以直径为转轴）；

(2) 若线圈受力矩的作用转到线圈平面与磁场垂直的位置，则力矩做功多少？



已知: $R=0.1\text{m}$, $I=10\text{A}$, $B=0.5\text{T}$

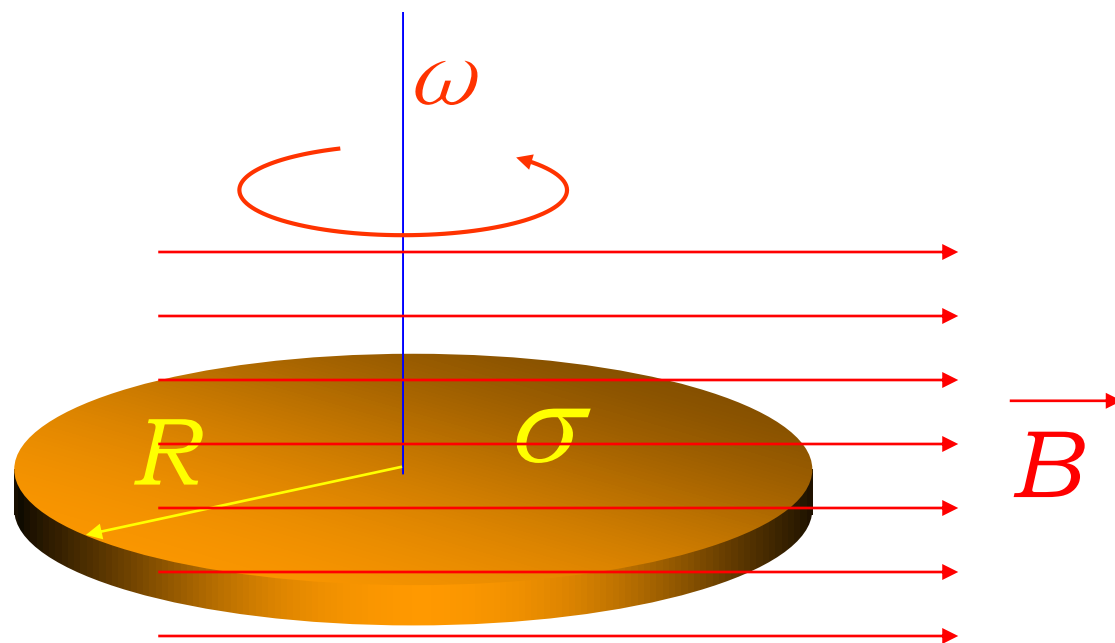
求: (1) M , (2) A

解:

$$\begin{aligned}(1) \quad M &= p_m B = \frac{1}{2} \pi R^2 I B \\ &= \frac{\pi}{2} (0.1)^2 \times 10 \times 0.5 \\ &= 7.85 \times 10^{-2} \text{ N.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(2) \quad A &= I \Delta \Phi = I \frac{1}{2} \pi R^2 B \\ &= 7.85 \times 10^{-2} \text{ J}\end{aligned}$$

51 在一磁感应强度为 B 的水平均匀磁场中，有一水平放置的均匀带电的圆盘，电荷面密度为 σ ，半径为 R 。它围绕其铅直轴以角速度 ω 旋转。求它所受到的磁力矩。



已知: B, R, σ, ω

求: M

解:

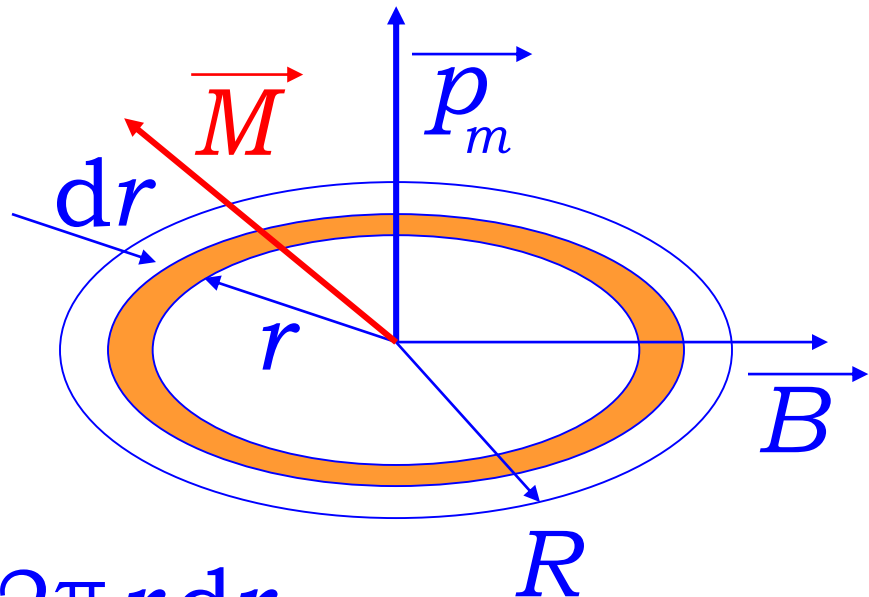
$$dq = \sigma 2\pi r dr$$

$$\begin{aligned} dI &= n dq = \frac{\omega}{2\pi} \sigma 2\pi r dr \\ &= \omega \sigma r dr \end{aligned}$$

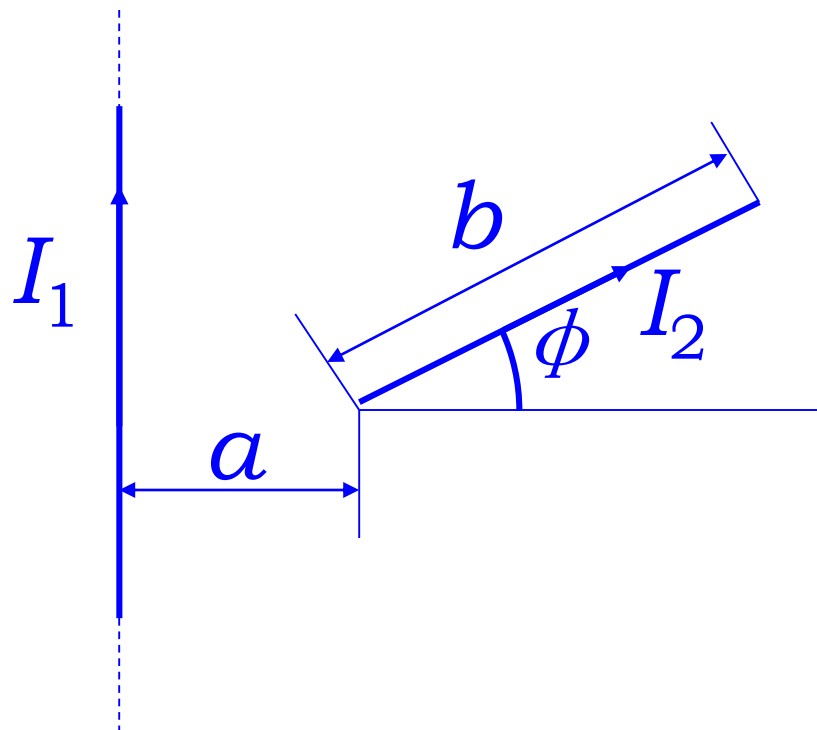
$$dp_m = dI \pi r^2 = \omega \sigma r dr \pi r^2$$

$$p_m = \omega \sigma \pi \int_0^R r^3 dr = \omega \sigma \pi \frac{R^4}{4}$$

$$|\vec{M}| = p_m B \sin 90^\circ = \frac{1}{4} \omega \sigma \pi R^4 B$$



52 在同一平面上有一条无限长载流直导线和一有限长载流直导线，它们分别通有电流 I_1 及 I_2 。尺寸及位置如图所示。求有限长导线所受的安培力。



已知: I_1, I_2, a, b, ϕ

求: F_{12}

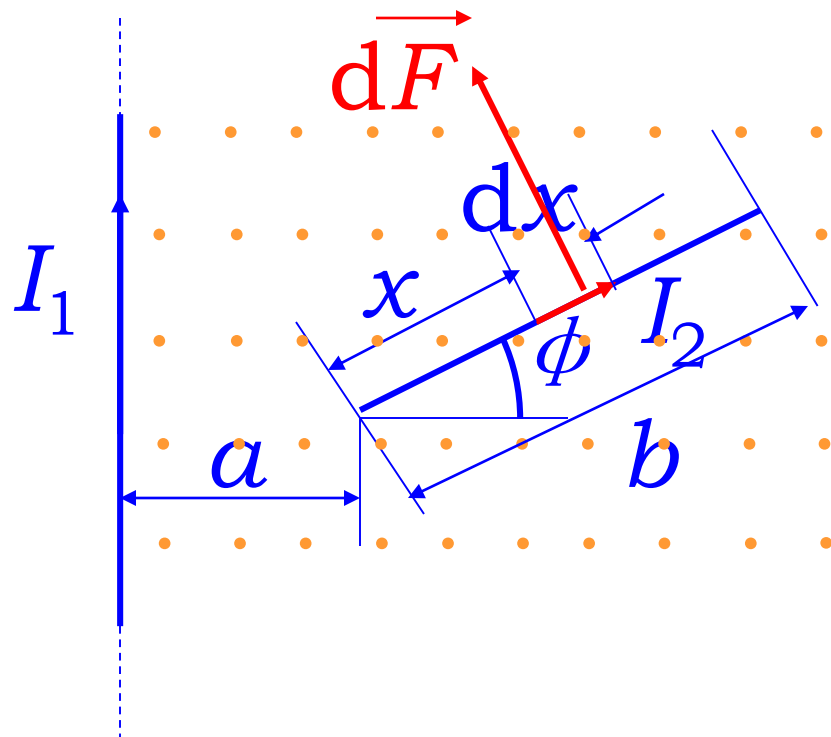
解:

$$dF = I_2 dx B_1 \sin 90^\circ$$

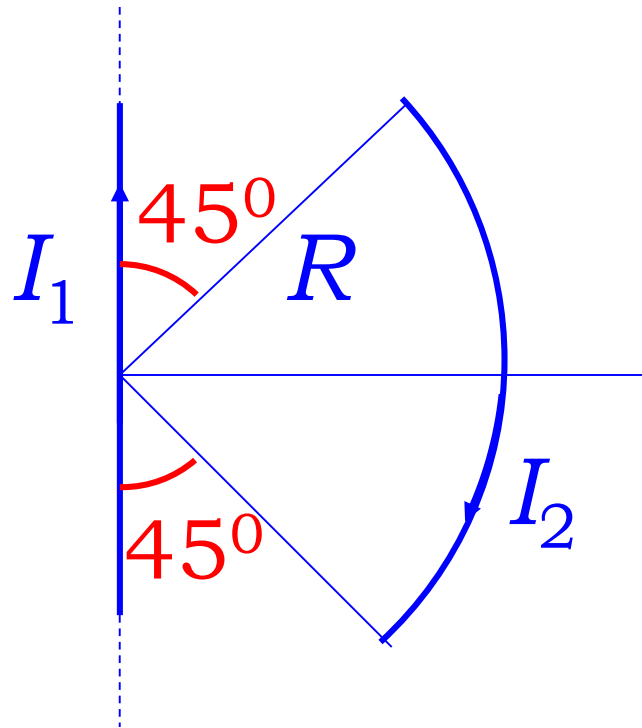
$$= I_2 dx \frac{\mu_0 I_1}{(a + x \cos \phi)}$$

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int_0^b \frac{dx}{(a + x \cos \phi)}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \cos \phi} \ln \frac{(a + b \cos \phi)}{a}$$



53 在同一平面上有一条无限长载流直导线和一四分之一圆周载流导线，它们分别通有电流 I_1 及 I_2 。尺寸及位置如图所示。求圆形导线所受的安培力。



已知: $I_1, I_2, R, 45^\circ$

求: F_{12}

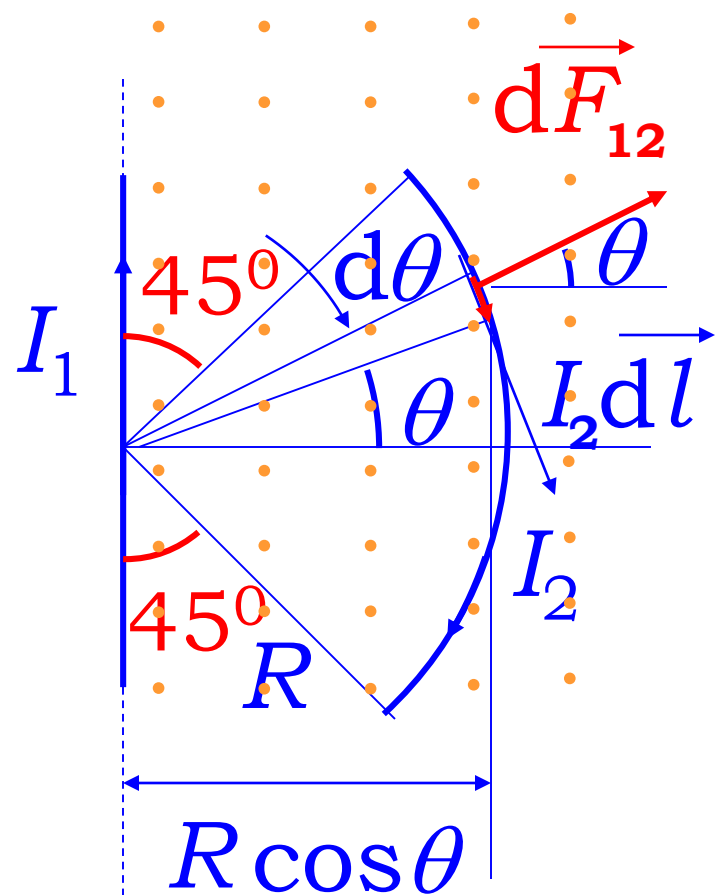
解:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R \cos \theta}$$

$$dF_{12} = I_2 dl B_1 \sin 90^\circ$$

$$= I_2 R d\theta \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R \cos \theta}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \cos \theta} d\theta$$



$$dF_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \cos \theta} d\theta$$

由对称性 $F_y = 0$

$$F_{12} = F_x = \int dF_{12} \cos \theta$$

$$= \int \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi \cos \theta} \cos \theta d\theta$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} d\theta = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4}$$