本 章 小 结

习 题

一、几个基本概念

1. $\vec{\boldsymbol{v}} \perp \vec{\boldsymbol{B}}$ $R = \dfrac{mv}{qB}$ 2. 周期 $T = \dfrac{2\pi m}{qB}$

3.螺距h： $h = \dfrac{2\pi mv\cos\theta}{qB}$

4.霍尔电压 $V_H = R_H \dfrac{IB}{d}$ 霍尔系数 $R_H = \dfrac{1}{nq}$

5.磁矩 $\boldsymbol{P}_m = NIS\vec{\boldsymbol{n}}^0$

6.磁力矩 $\vec{\boldsymbol{M}} = \vec{\boldsymbol{P}}_m \times \vec{\boldsymbol{B}}$

二.安培定律

电流元 $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$

运动电荷 $\vec{f}_L = q\,\vec{v} \times \vec{B}$

三.介质中的安培环路定理

$$\oint \vec{\mathbf{H}} \cdot d\vec{\mathbf{l}} = \sum I \qquad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu_r}$$

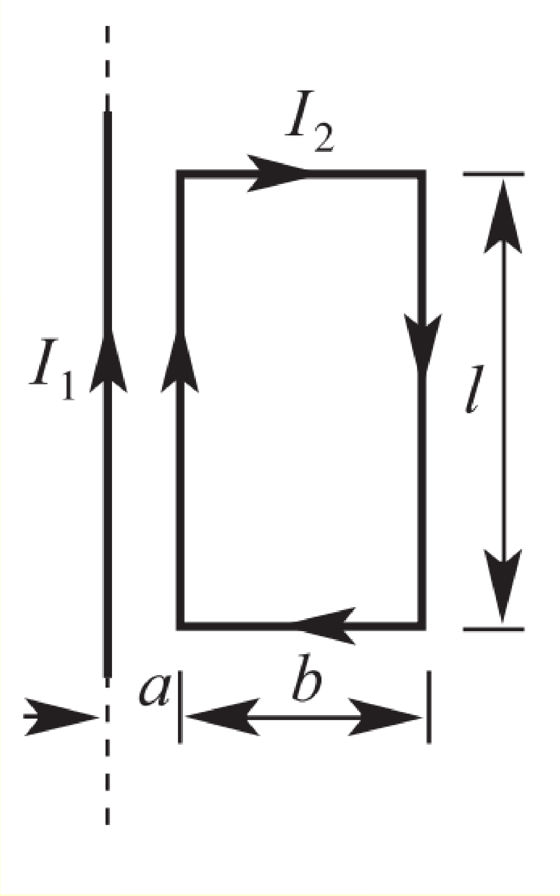
磁介质与电介质比较进行小结：

电介质		磁介质	
介质中电场	$$\frac{\vec{E}_0}{\vec{E}} = \varepsilon_r$$	介质中磁场	$$\frac{\vec{B}}{\vec{B}_0} = \mu_r$$
电位移矢量	$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$$ $$\oiint \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q_0$$	磁场强度	$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu_r}$$ $$\oint \vec{\mathbf{H}} \cdot d\vec{\mathbf{l}} = \sum I$$

习　　题

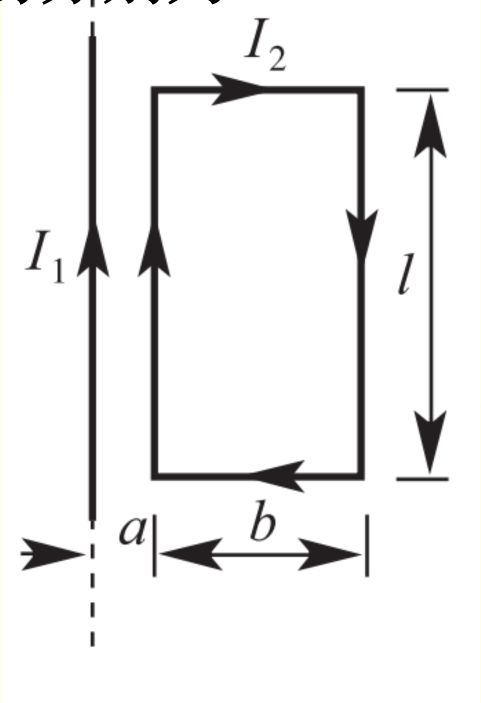
一　安培力的计算

习题3：如图所示，在长直导线旁有共面的矩形线圈，导线中通有电流I_1=20 A，线圈中通有电流I_2=10 A，求矩形线圈受到的合力。已知a=1 cm，b=9 cm，l=20 cm。



解：电流I_1在矩形线圈左、右边位置处产生的磁场分别为

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \qquad B_2 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi(a+b)}$$



电流I_2左边受力为 $f_1 = B_1 l I_2 = \dfrac{l\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$ 方向向左

电流 I_2右边受力为 $f_2 = B_2 l I_2 = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi(a+b)}$

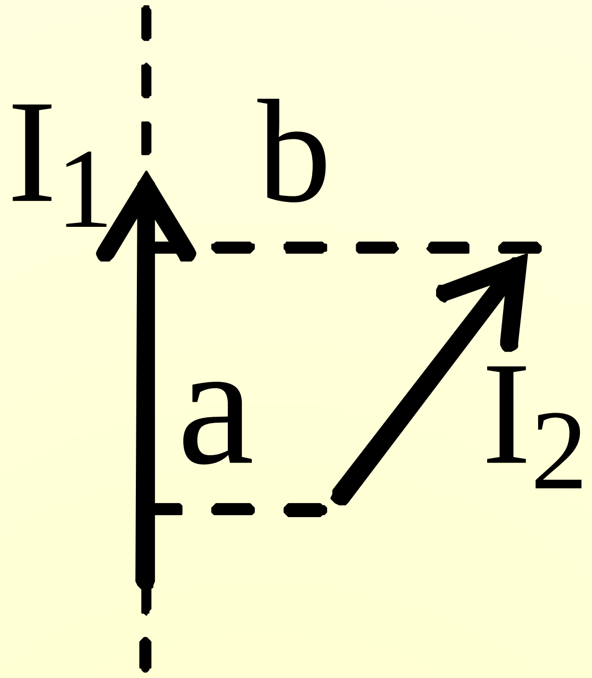
方向向右

电流I_2上边也受力向上，下边也受力向下，且大小相等，互相抵消

故矩形线圈受到的合力为

$$f = f_1 - f_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+b}\right) = 7.2\times10^{-4}\ \text{N}$$ 方向向左

练习:一段长ℓ的载流直导线I_2，放在长直电流I_1附近，两者共面如图，I_2两端到I_1的距离分别为a和b，求导线I_2受的安培力。



习题4

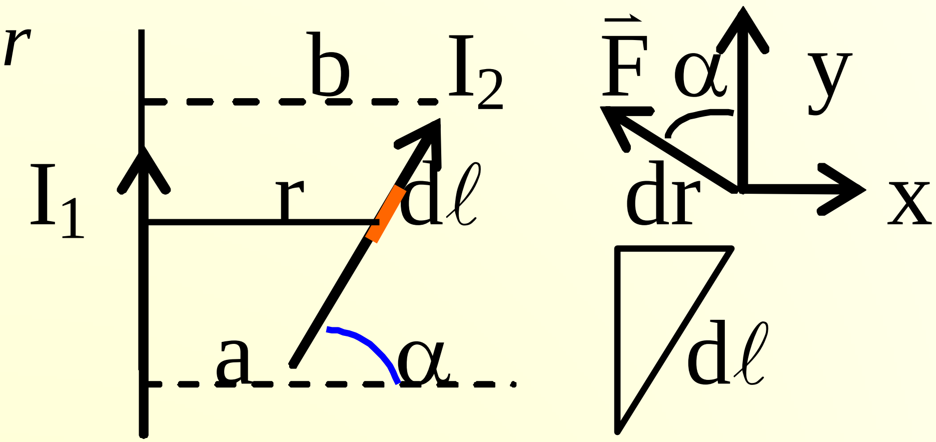
解: $d\ell = \dfrac{dr}{\cos\alpha}$ $\quad \cos\alpha = \dfrac{b-a}{\ell}$ $\quad \sin\alpha = \dfrac{\sqrt{\ell^2 - (b-a)^2}}{\ell}$

因为所有电流元受力方向相同，积分可得电流I_2受的安培力大小为

$$F = \int_L I_2 d\ell B_1 \sin\frac{\pi}{2} = \int I_2 d\ell \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \cos^{-1}\alpha \int_a^b \frac{1}{r} dr$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \frac{\ell}{b-a} \ln\frac{b}{a}$$



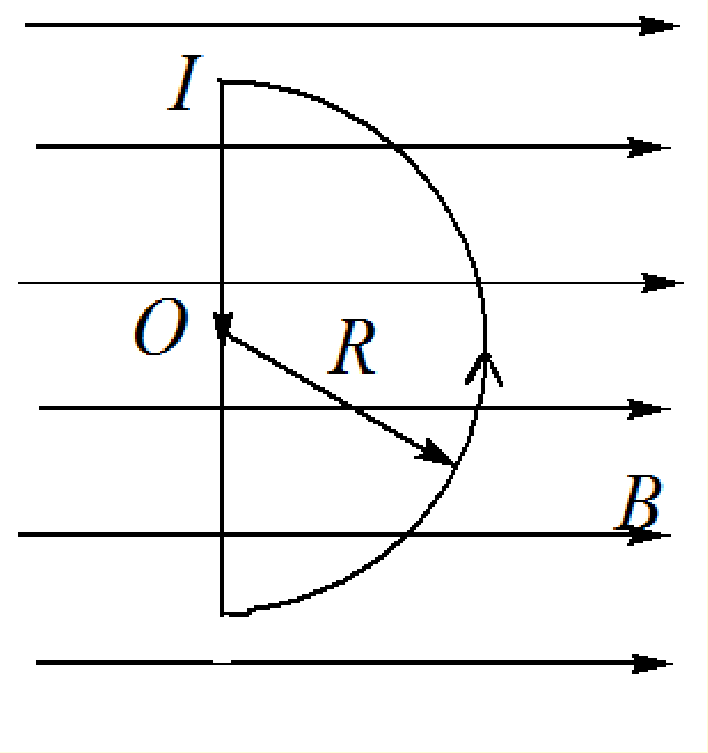
则有 $\quad F_y = F\cos\alpha = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln\dfrac{b}{a}$

$$F_x = -F\sin\alpha = -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \frac{\sqrt{\ell^2 - (b-a)^2}}{b-a} \ln\frac{b}{a}$$

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

二　磁矩的计算

习题8：一半径为R= 0.10 m的半圆形闭合线圈，载有电流I= 7.0 A，放在B= 0.20 T的均匀磁场中，B的方向与线圈平面平行，如6-8题图所示。求线圈所受磁力矩的大小和方向。



同类习题7、10、12

解：线圈的磁矩大小为

$$P_m = IS = \frac{1}{2} I\pi R^2$$

线圈所受的磁力矩

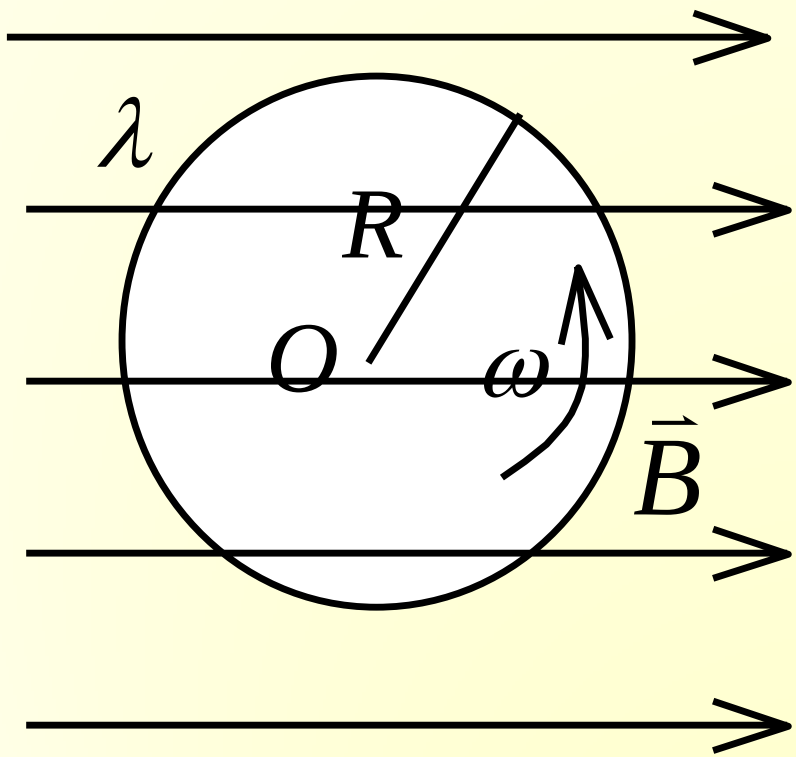
$$M = P_m B \sin 90^\circ$$

$$= \frac{1}{2} I\pi R^2 B = \frac{1}{2} \times 7 \times 3.14 \times 0.1^2 \times 0.20 \mathrm{N \cdot m}$$

$$= 2.2 \times 10^{-2} \mathrm{N \cdot m}$$

方向平行纸面向上

练习1:如图，均匀磁场中放一均匀带正电荷的圆环，其线电荷密度为*l*，圆环可绕通过环心*O*与环面垂直的转轴旋转．当圆环以角速度*w* 转动时，圆环受到的磁力矩为$\underline{\pi R^3\lambda\omega B}$，其方向<u> 向上   </u>.



$$I=\frac{dq}{dt}=\frac{\lambda 2\pi R}{T}=\frac{\lambda 2\pi R}{\frac{2\pi}{\omega}}=\lambda R\omega$$

$$\vec{P}_m=IS\vec{n}$$

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

练习2:一质点带有电荷q =8.0×10^{-10} C，以速度v =3.0×10^{5} m s^{-1}在半径为R =6.00×10^{-3} m的圆周上，作匀速圆周运动. 该带电质点在轨道中心所产生的磁感强度B =$\underline{\dfrac{\mu_0 qv}{4\pi R^2}}$，该带电质点轨道运动的磁矩$p_m$ =$\underline{\dfrac{qvR}{2}}$.

$$I=\frac{dq}{dt}=\frac{q}{T} \qquad T=\frac{2\pi R}{v} \qquad \therefore I=\frac{qv}{2\pi R} \qquad B=\frac{\mu_0 I}{2R}$$

$$\vec{P}_m = IS\vec{n}$$

练习3：通有电流 I 的单匝环型线圈，将其弯成 $N=2$ 的两匝环型线圈，导线长度和电流不变，问：线圈中心 o 点的磁感应强度 B 和磁矩 P_m 是原来的多少倍？

（A）4倍，1/4倍

（B）4倍，1/2倍

（C）2倍，1/4倍

（D）2倍，1/2倍

答案：[B]

解： $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$ ， $P_{m0} = I\pi R^2$

$r = R/2,$ $N = 2$

$$B = \frac{2\mu_0 I}{2r} = \frac{2\mu_0 I}{2(R/2)} = 4B_0$$

$$P_m = NIS = 2I\pi r^2 = 2I\pi(R/2)^2$$

$$= \frac{I\pi R^2}{2} = \frac{P_{m0}}{2}$$

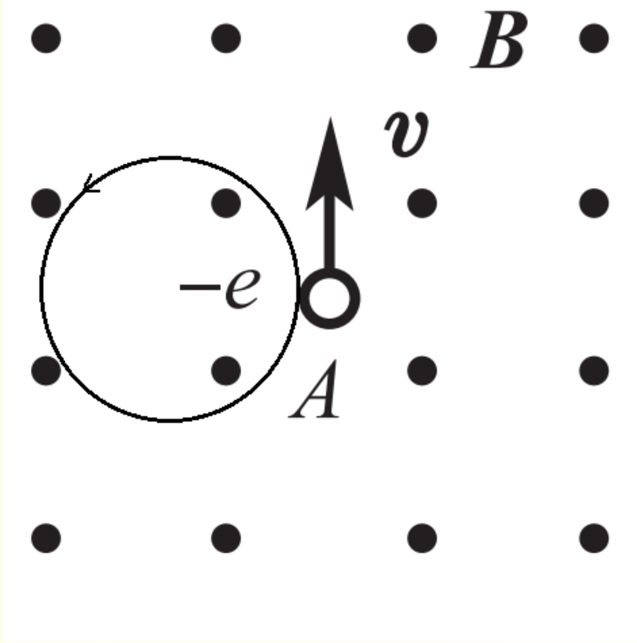
三 磁场中的运动电荷

习题15： 一电子在B=2.0×10^{-3} T的均匀磁场中作圆周运动，圆周半径r =5.0×10^{-2} m，已知B的方向垂直纸面向外，某时刻电子在A点的速度v的方向向上，如图所示。

(1)试画出该电子的运动轨迹；

(2)求该电子的速度v的大小；

(3)求该电子的动能。



(2)由 $evB = m\dfrac{v^2}{R}$

求得 $v = \dfrac{eBR}{m} = \dfrac{1.6\times10^{-19}\times2.0\times10^{-3}\times5.0\times10^{-2}}{9.1\times10^{-31}} m\cdot s^{-1}$

$= 1.76\times10^{7} m\cdot s^{-1}$

（**3**）电子动能为 $E_k = \dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{1}{2}\times9.1\times10^{-31}\times1.76^2\times10^{14} J$

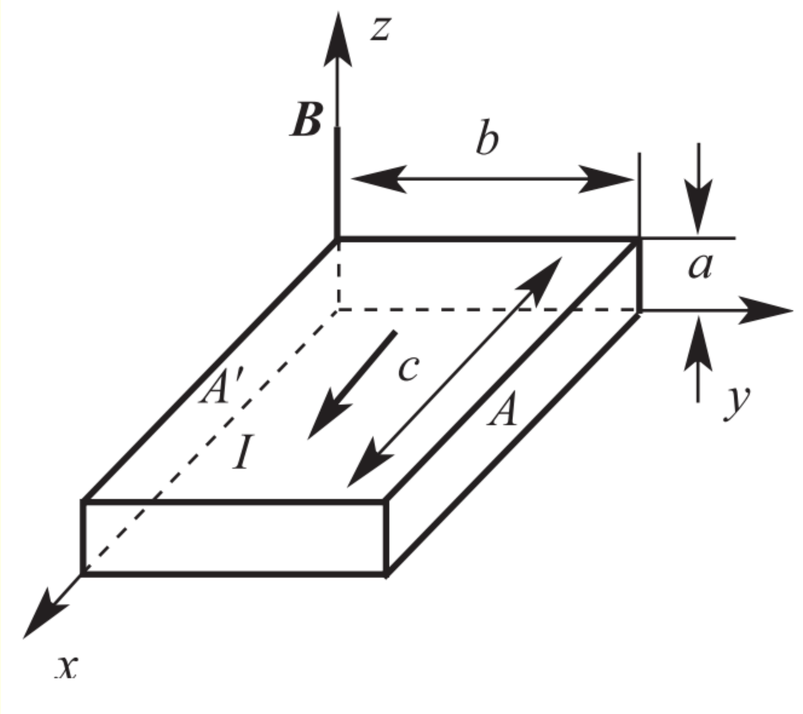
$= 1.41\times10^{-16} J$

（同类习题**13**、**14**、**21**）

习题19： 一块半导体样品的体积a×b×c，如6-19题图所示，沿x轴方向通有电流*I*，在*z*轴方向加有均匀磁场*B*。这时实验测得的数据为：*a*=0.2 cm，*b*=0.35 cm，*c*=1.0 cm，*I*=2.0×10-3 A，*B*=0.5 T，样品两侧的电势*B*差$U_{AA'}$=10.0×10-3 V。

(1)问该半导体是正电荷导电(*P*型)还是负电荷导电(*N*型)？

(2)求载流子浓度*n*(单位体积内参加导电的带电粒子数)。



解：(1) 判断为负电荷导电。

（2）由

$$U_{AA'} = \frac{IB}{nqd}$$

$$n = \frac{IB}{U_{AA'}qd} = \frac{2.0\times10^{-3}\times0.5}{1.0\times10^{-2}\times1.6\times10^{-19}\times0.2\times10^{-2}}\,m^{-3}$$

$$= 3.12\times10^{20}\,m^{-3}$$

四 介质中安培环路定理的应用

练习1:如图所示的一细螺绕环，它由表面绝缘的导线在铁环上密绕而成，每厘米绕 10 匝。当导线中的电流 I 为 2.0A 时，测得铁环内的磁感应强度的大小 B 为 1.0T ,则可求得铁环的相对磁导率 μ_r 为（ ）

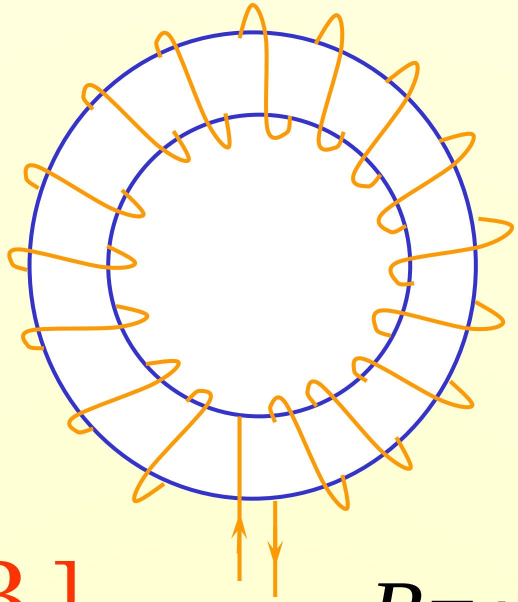
(真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{T \cdot m \cdot A^{-1}}$)

(A) 7.96×10^2

(B) 3.98×10^2

(C) 1.99×10^2

(D) 63.3



[B]

$$B=\mu_0\mu_r nI = \mu_0\mu_r \frac{N}{L} I$$

练习2：关于稳恒电流磁场的磁场强度，下列几种说法中哪个是正确的？　（　　　　）

（A）H仅与传导电流有关。

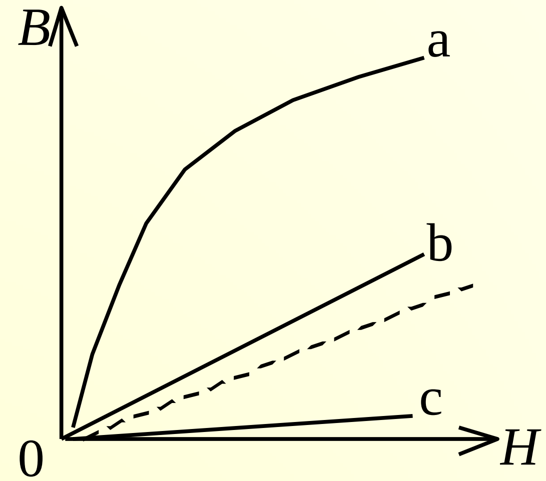
(B) 若闭合曲线内没有包围传导电流，则曲线上各点的H必为零。

(C) 若闭合曲线上各点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为边缘的任意曲面的H通量均相等。

[C]

练习3：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$B = m_0H$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＿＿铁磁质＿＿的B~H关系曲线．

b代表＿＿顺磁质＿＿的B~H关系曲线．

c代表＿＿抗磁质＿＿的B~H关系曲线．