



17.3 均匀磁场对载流线圈的作用

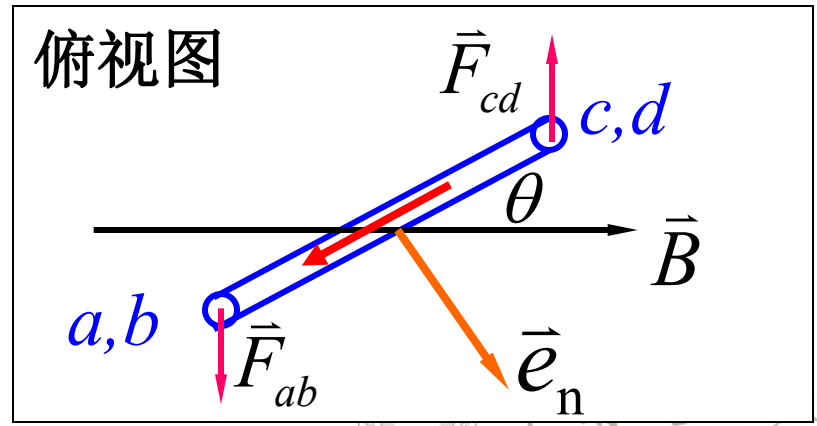
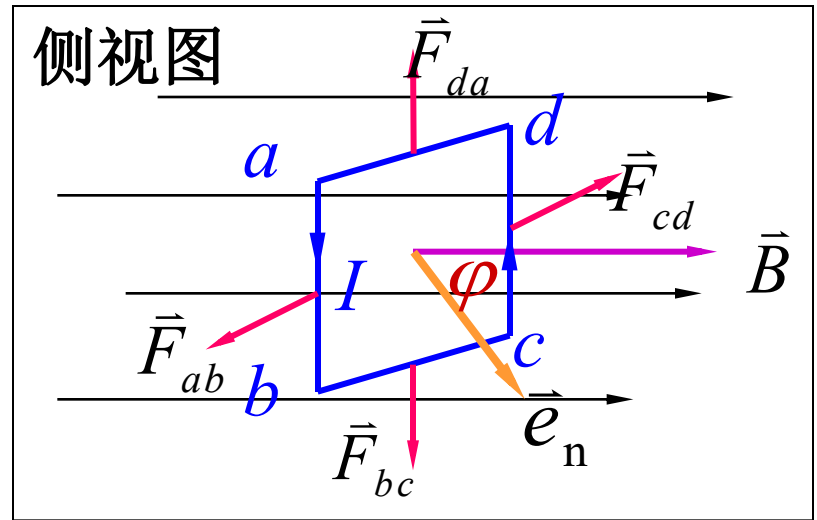
如图，均匀磁场中有一矩形载流线圈 $abcd$

$$ad = bc = l_1, ab = cd = l_2$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_{ab} &= BIl_2 \\ \vec{F}_{cd} &= -\vec{F}_{ab} \\ F_{da} &= BIl_1 \sin(\pi - \theta) \\ \vec{F}_{bc} &= -\vec{F}_{ad} \end{aligned} \right.$$

$$\vec{F}_{\text{合}} = 0$$

安培定律 : $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$



合力为零，力矩呢？

$$M_{\text{合}} = M_{ab} + M_{cd} = 2F_{ab} \cdot \frac{1}{2} ad \sin \varphi$$

$$= B l_2 l_1 \sin \varphi = \textcolor{red}{BIS} \sin \varphi \text{ 向上}$$

$$\vec{M} = IS \vec{e}_n \times \vec{B} = \textcolor{red}{\vec{p}_m} \times \vec{B}$$

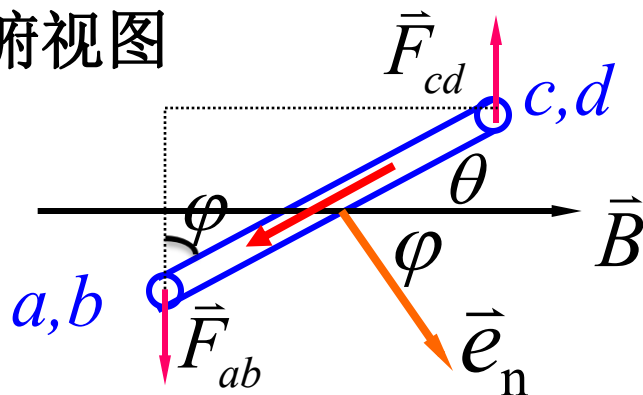
N匝线圈

$$\vec{M} = NIS \vec{e}_n \times \vec{B}$$

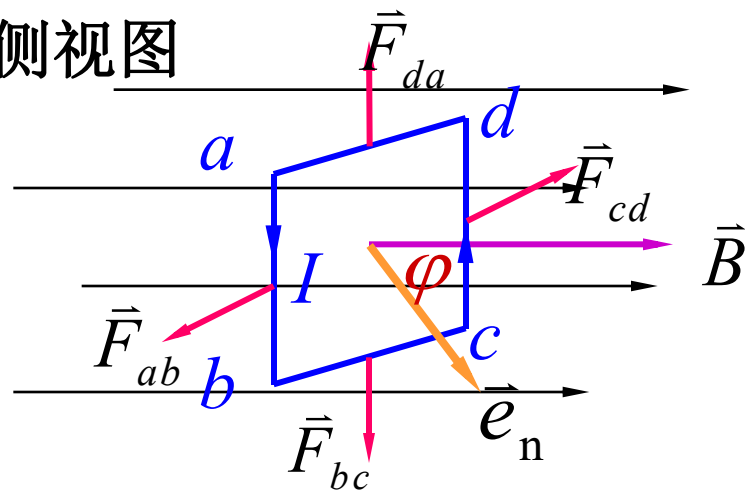
□ **结论：** 均匀磁场中，
任意形状刚性闭合平面
通电线圈所受的力和力
矩为 $\vec{F} = 0$, $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

磁矩 $\vec{p}_m = IS \vec{e}_n$

俯视图

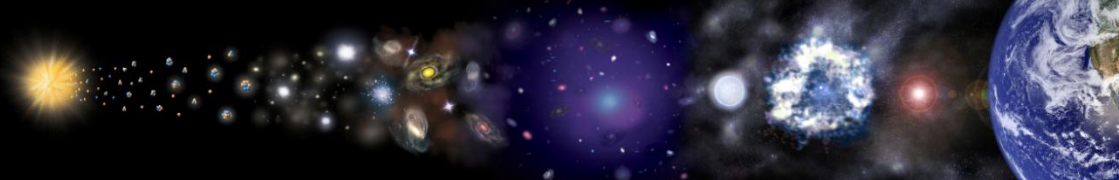


侧视图



华南理工大学

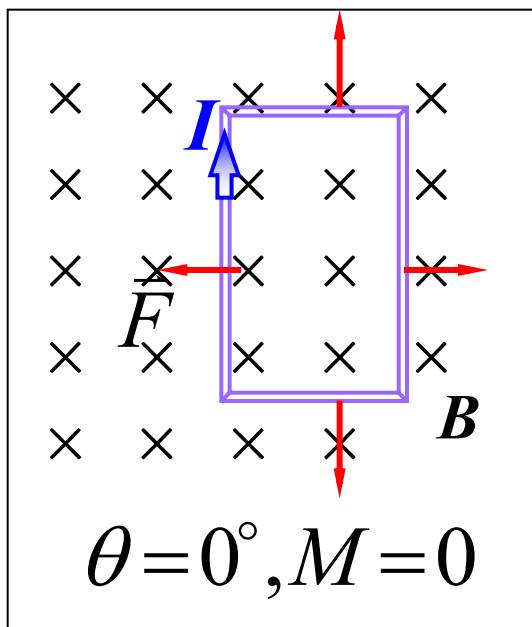
South China University of Technology



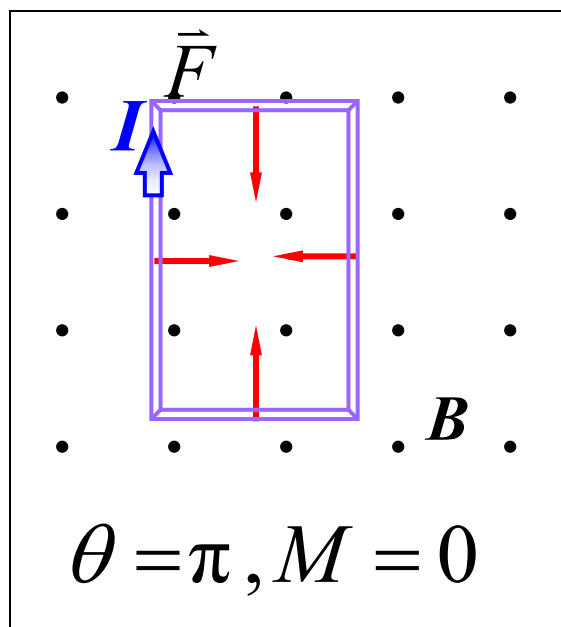
$$\vec{M} = IS\vec{e}_n \times \vec{B} = \vec{p}_m \times \vec{B} \quad \text{讨论:}$$

(1) \vec{e}_n 与 \vec{B} 同向 (2) 方向相反 (3) 方向垂直

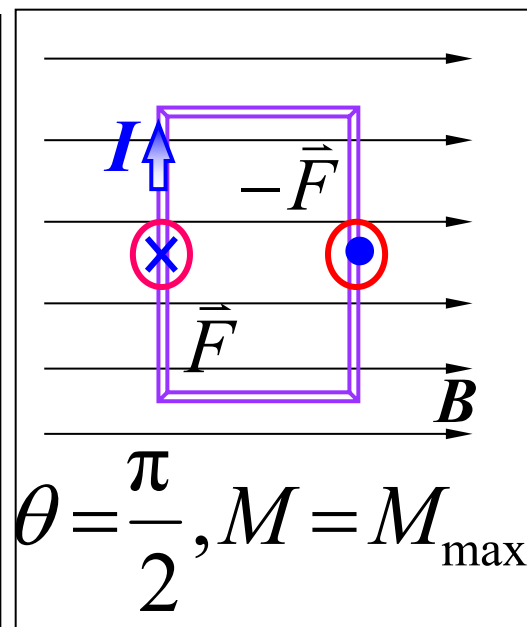
稳定平衡



不稳定平衡



力矩最大



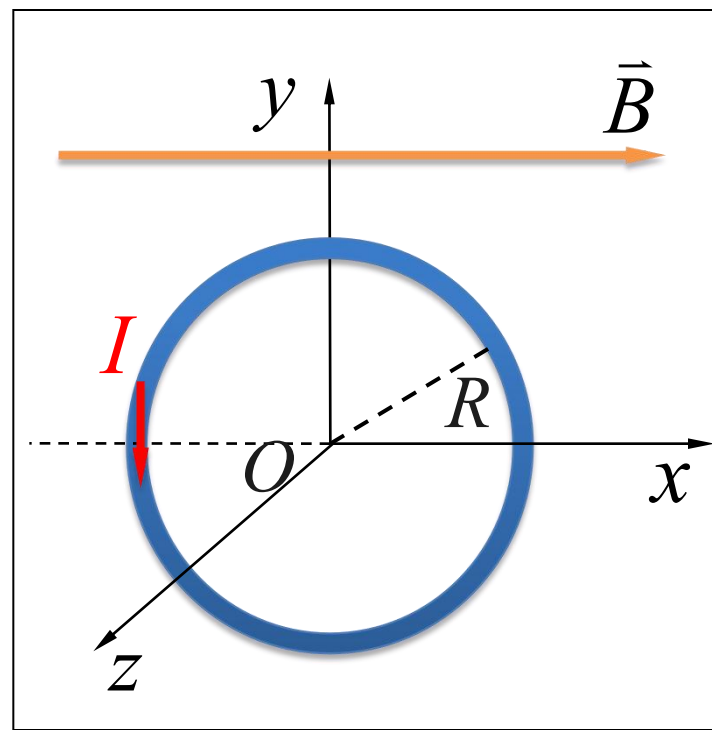
例题 1

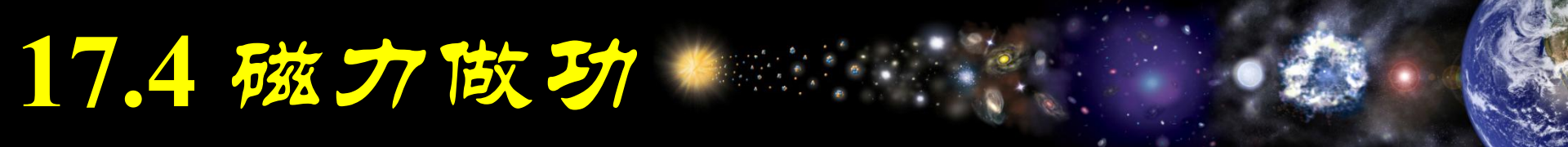
如图半径为 R ，电流为 I ，可绕轴旋转的圆形载流线圈放在均匀磁场中，磁感应强度为 B ，方向沿 x 轴正向。问线圈所受的磁力矩为多少？

解： $\vec{p}_m = IS\vec{k} = I\pi R^2\vec{k}$

$$\vec{B} = B\vec{i}$$

$$\begin{aligned}\vec{M} &= \vec{p}_m \times \vec{B} \\ &= I\pi R^2 B\vec{k} \times \vec{i} \\ &= I\pi R^2 B\vec{j}\end{aligned}$$





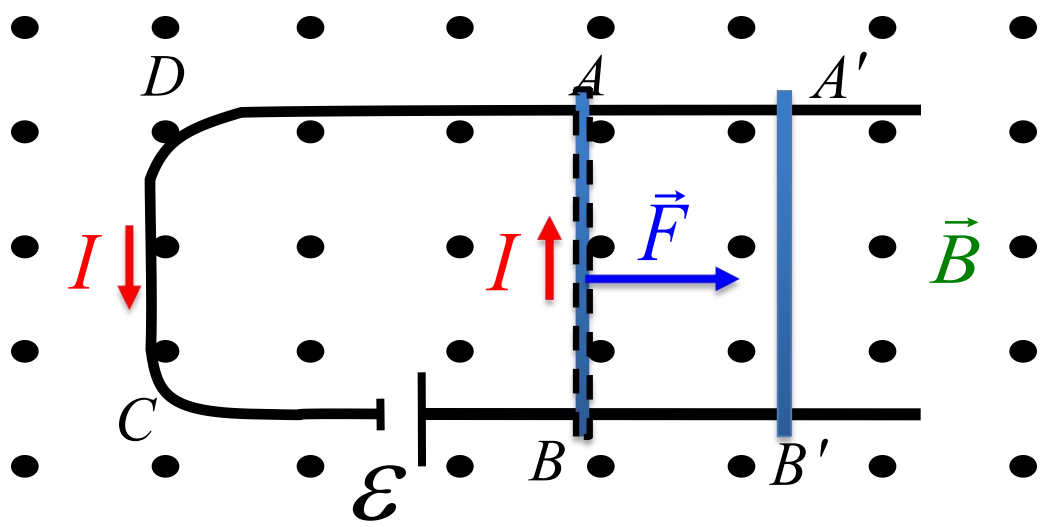
17.4 磁力做功

➤ 载流导线在磁场中运动时磁力所作的功

$$A = F \cdot AA' = BIlAA'$$

闭合电路
的磁通量

$$\begin{cases} \Phi_0 = B \cdot lDA \\ \Phi_t = B \cdot lDA' \end{cases}$$



$$\Delta\Phi = \Phi_t - \Phi_0 = B l D A' - B l D A = B l A A'$$

磁力所作的功: $A = I \Delta\Phi$

如果**电流保持不变**，磁力所作的功等于电流乘以通过回路所环绕的面积内**磁通量的增量**。

磁力做功

➤ 载流线圈在磁场中转动时磁场力的功 (从虚线到实线)

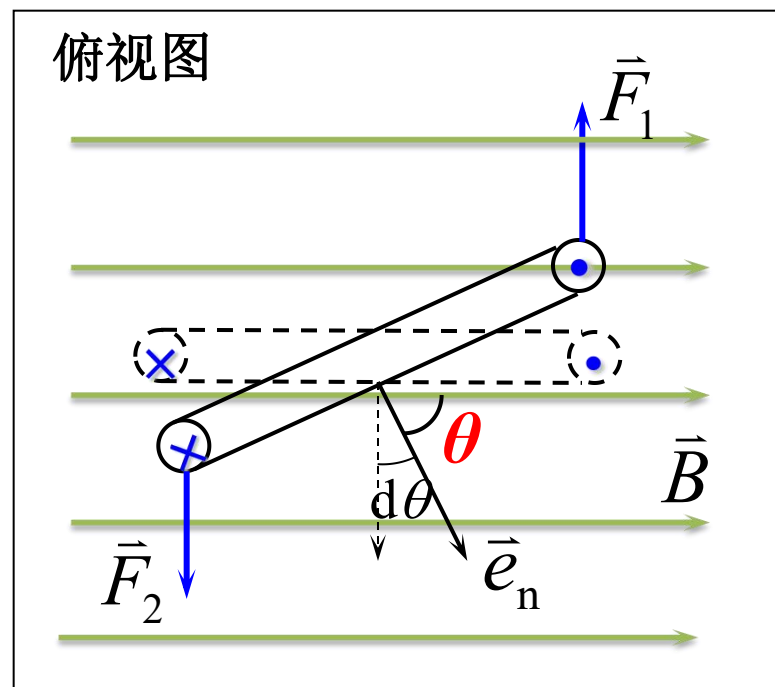
力矩的功: $A = \int -M d\theta$

磁力矩: $M = BIS \sin \theta$

$$A = \int -BIS \sin \theta d\theta$$

$$= I \int d(BS \cos \theta)$$

$$= I \int d\Phi = I\Delta\Phi$$



在均匀磁场中，对任一形状的闭合电流回路（电流不变），不论是形状改变还是位置改变，磁力或磁力矩作的功都等于电流与磁通增量的乘积 $A = I\Delta\Phi$ 。



例题 2

有一半径为 R 的闭合载流线圈，通过电流 I 。今把它放在均匀磁场中，磁感应强度为 B ，其方向与线圈平面平行。求(1) 以直径为转轴，线圈所受磁力矩的大小和方向；(2) 在磁力矩作用下，线圈转过 90° ，磁力矩做了多少功？

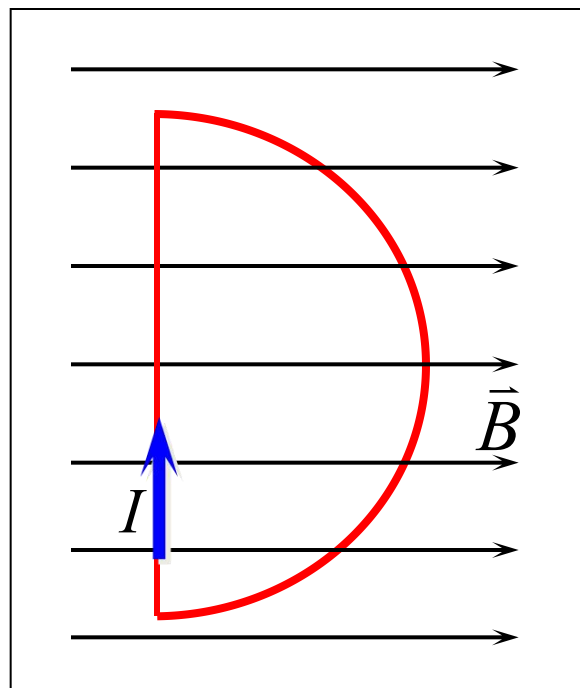
解：(1) $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

$$M = p_m B \sin \theta$$

$$\because \theta = 90^\circ \quad p_m = I \cdot \frac{\pi R^2}{2}$$

$$\therefore M = \frac{1}{2} \pi I B R^2$$

方向：向下



华南理工大学

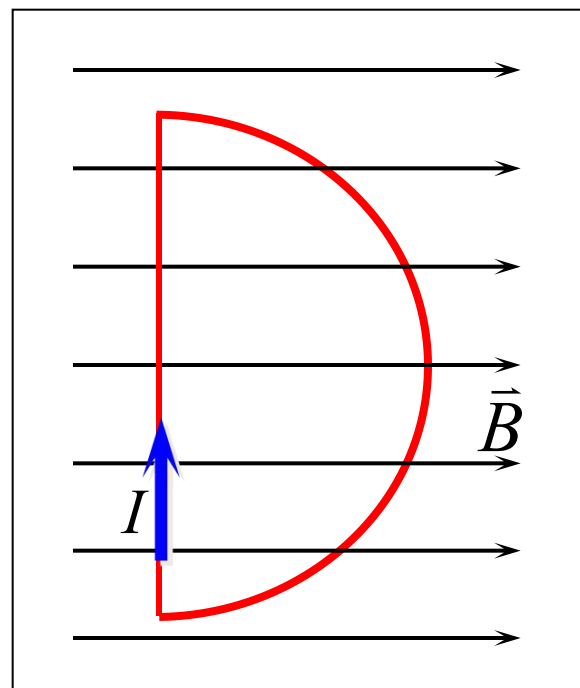
South China University of Technology

(2) 在磁力矩作用下，线圈转过90°，磁力矩做了多少功？

线圈转过90°时，磁通量的增量为

$$\Delta\Phi = \frac{\pi R^2}{2} B - 0 = \frac{\pi R^2}{2} B$$

$$A = I\Delta\Phi = \frac{\pi R^2}{2} BI$$



注意：计算磁通量时面元的方向与电流方向满足右手螺旋。





本章作业

新教材P132~135习题
1, 4, 7, 11, 15 (共5题)

注意

□ 本章作业和第18章作业一起交

