

9-1 法拉第电磁感应定律

一 电磁感应现象1二 电磁感应定律2

当穿过闭合回路所围面积的磁通量发生变化时，回路中会产生感应电动势，且感应电动势正比于磁通量对时间变化率的负值。

$$\varepsilon = -k \frac{d\Phi}{dt}$$

国际单位制

 ε 

伏特

 Φ 

韦伯

 $k = 1$

讨论: 1) 闭合回路由 N 匝密绕线圈组成

$$\varepsilon = - \frac{d\psi}{dt} \quad \text{磁通匝数 (磁链)} \quad \psi = N\Phi$$

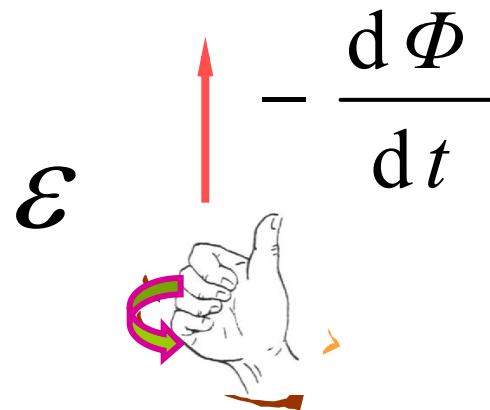
2) 若闭合回路的电阻为 R , 感应电流为 $I = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt}$

$\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内, 流过回路的电荷

$$q = \int_{t_1}^{t_2} I dt = -\frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = \frac{1}{R} (\Phi_1 - \Phi_2)$$

3) 感应电动势的方向

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

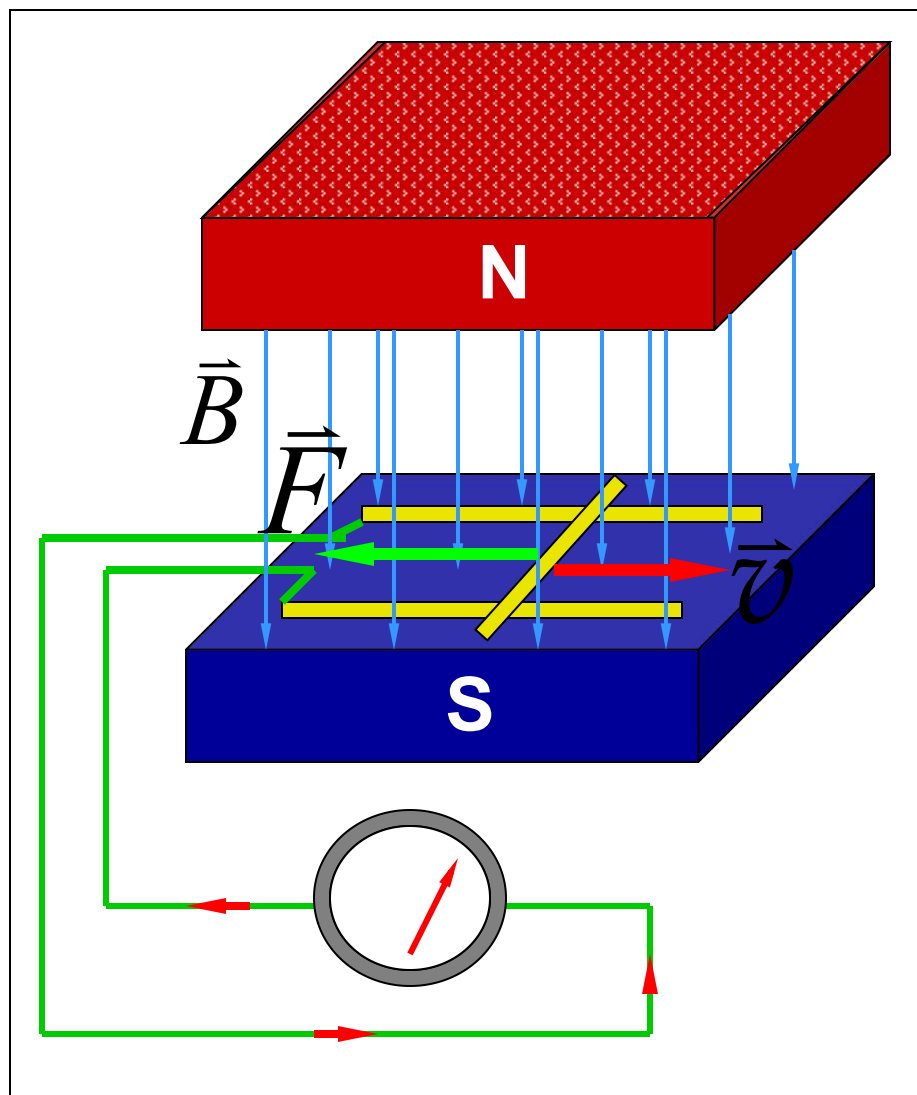


三 楞次定律

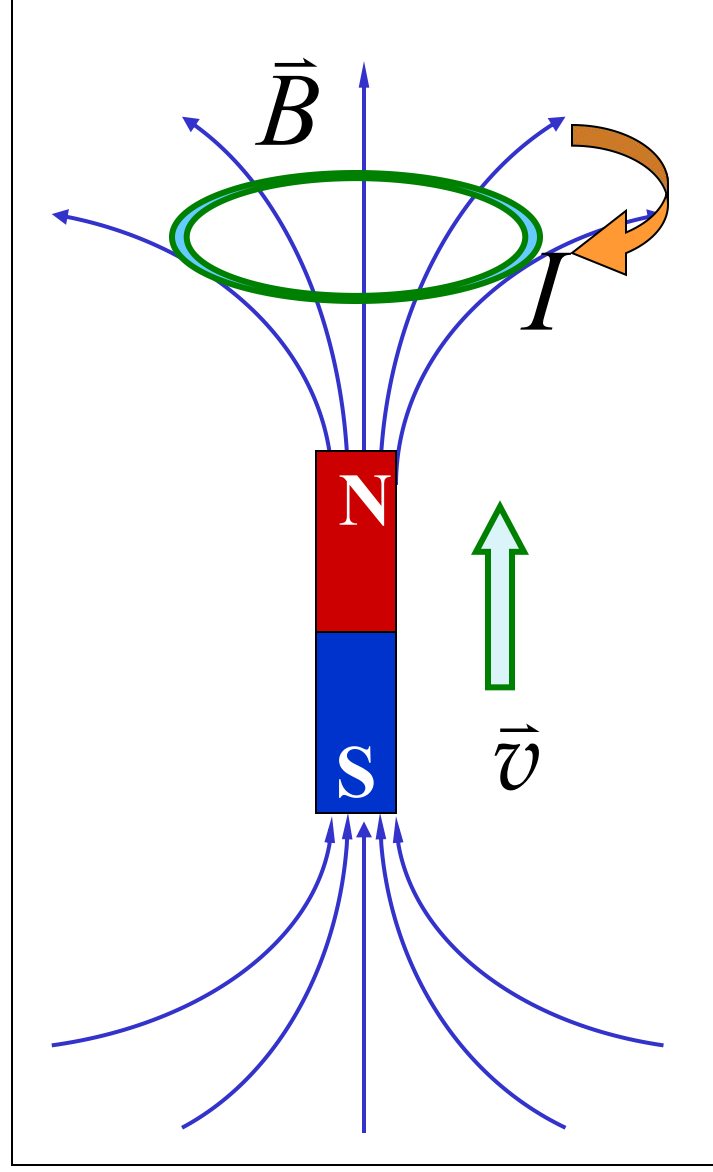
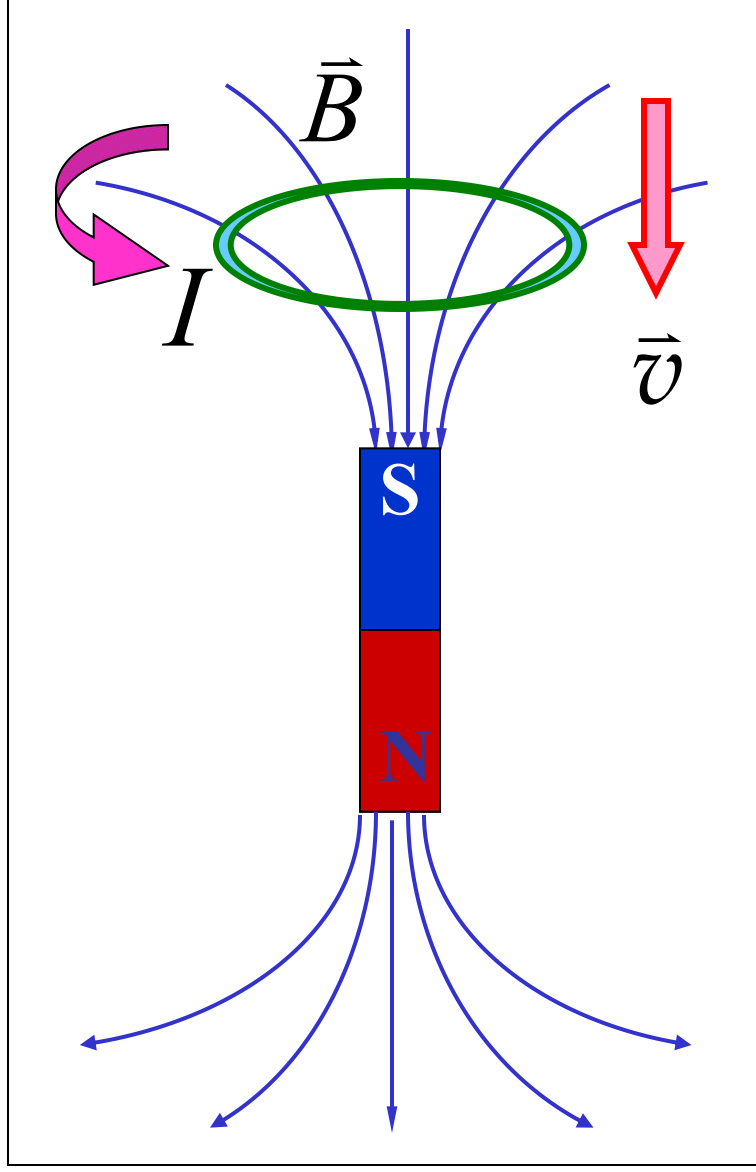
闭合的导线回路中所出现的感应电流，总是使它自己所激发的磁场反抗任何引发电磁感应的原因（反抗相对运动、磁场变化或线圈变形等）。

楞次定律是能量守恒定律的一种表现

机械能 \Rightarrow 焦耳热



用楞次定律判断感应电流方向



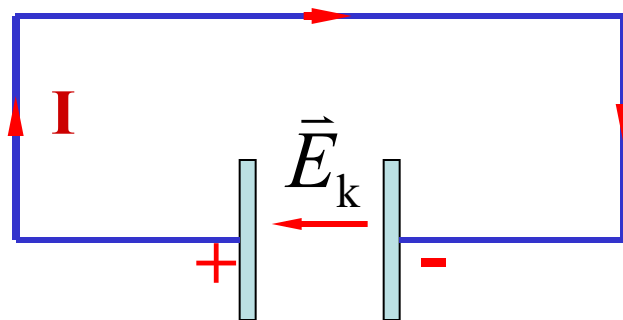
12-2 动生电动势和感生电动势

引起磁通量变化的原因

1) 稳恒磁场中的导体运动，或者回路面积变化、取向变化等 \longrightarrow 动生电动势

2) 导体不动，磁场变化 \longrightarrow 感生电动势

◆ 电动势



$$\mathcal{E} = \int_{-}^{+} \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$

\vec{E}_k : 非静电的电场强度.

◆ 闭合电路的总电动势

$$\mathcal{E} = \oint_l \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$

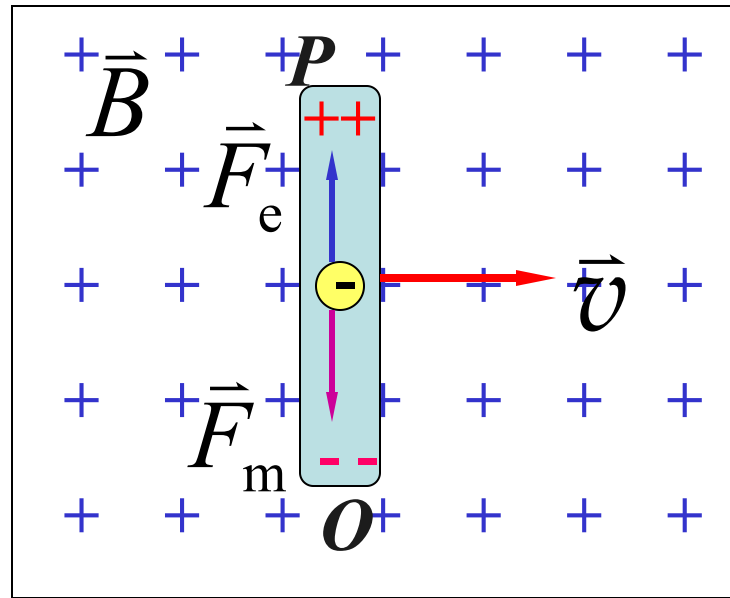
一 动生电动势

动生电动势的**非**静电力场来源 \Longrightarrow 洛伦兹力

$$\vec{F}_m = (-e)\vec{v} \times \vec{B}$$

平衡时 $\vec{F}_m = -\vec{F}_e = -e\vec{E}_k$

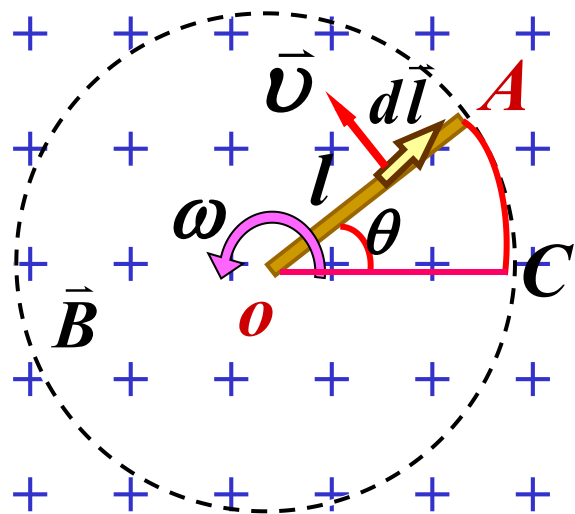
$$\vec{E}_k = \frac{\vec{F}_m}{-e} = \vec{v} \times \vec{B}$$



$$\varepsilon = \int_{OP} \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = \int_{OP} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

设杆长为 l $\varepsilon_1 = \int_0^l v B dl = vBl$ $\left\{ \begin{array}{ll} > 0: & U_P > U_O \\ < 0: & U_O > U_P \end{array} \right.$

例1. 金属棒 L 在均匀磁场中绕 O 点转动, 求 $\varepsilon = ?$



解法一: 积分沿 $O \rightarrow A$

$$d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = -v B dl$$

$$= -\omega l B dl$$

$$\varepsilon = \int d\varepsilon = -\int_0^L \omega B l dl = -\frac{1}{2} \omega B L^2 < 0$$

$$A \rightarrow O, U_0 > U_A \text{ 或 } U_{OA} = \frac{1}{2} B \omega L^2$$

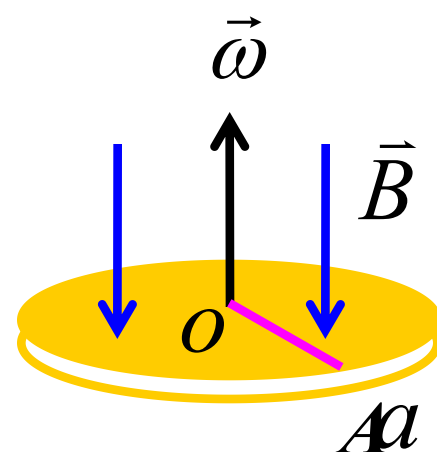
解法二: 取 $OCAO$ 扇形回路

$$\text{棒转过 } \theta \text{ 时, } \Phi = BS = B\left(\frac{1}{2} L^2 \theta\right)$$

$$\varepsilon = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \frac{1}{2} B L^2 \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{2} B \omega L^2 = \varepsilon_{\text{回}}$$

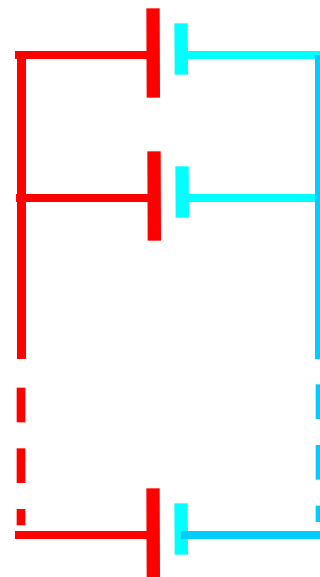
$\therefore OC$ 和 CA 不动, $\therefore \varepsilon_{OA} = \varepsilon_{\text{回}}$ 由楞次定理得: $A \rightarrow O$

扩展：如果金属棒改为半径为L的金属圆盘 转动，盘中心和边缘之间的电势差。



可视为无数一端在圆心，另一端在圆周上的铜棒的并联，因此其电动势类似于—根铜棒绕其一端旋转产生的电动势。

$$U_0 - U_A = \frac{1}{2} B L^2 \omega \quad \text{——法拉第电机}$$



动生电动势计算方法:

一 由 $\varepsilon = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$ 求 $\varepsilon > 0, a \rightarrow b, U_b > U_a$
 $\varepsilon < 0, b \rightarrow a, U_a > U_b$

当 \vec{v} 、 \vec{B} 、 $d\vec{l}$ 相互垂直 $\varepsilon = \int v B dl$

若 v 、 B 均为常数 $\varepsilon = vBl$

二 由 $\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt}$ 求

1 先求出任意时刻(位置)的 Φ , 对一段导线, 需假想回路

2 求 $\left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$, 其中描述位置的量是时间的函数

3 由楞次定律判方向