



## مدارهای مغناطیسی با شکاف هوایی

- مقاومت مغناطیسی فاصله هوایی و هسته با هم سری هستند چرا؟ (۴)

$$R_c = \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r A}$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_0 \mu_r A}$$

$\Rightarrow R_e$   
 $\rightarrow \mu_r \approx 1$

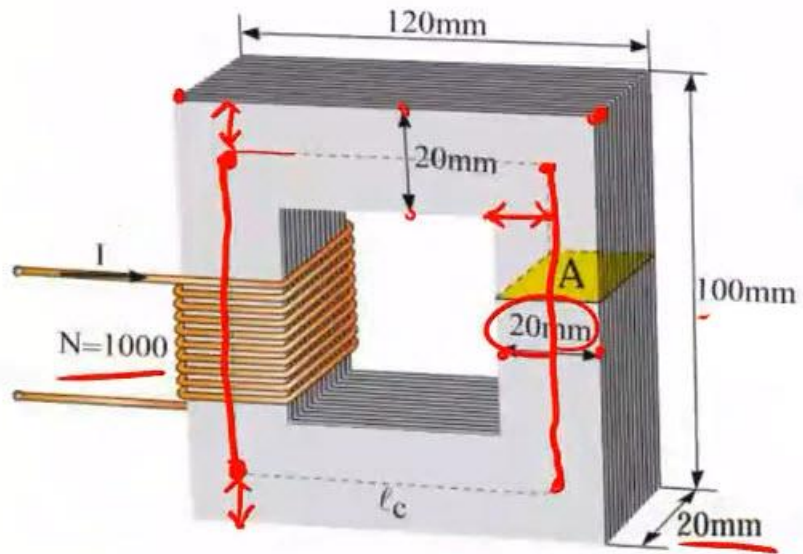
- قوانین سری و موازی شدن مقاومت‌های مغناطیسی مانند مقاومت‌های الکتریکی



## تمرین : حل به عهده دانشجو

• اگر شار مغناطیسی مدار زیر برابر ۴ میلی وبر باشد، جریان سیم پیچ را محاسبه کنید.

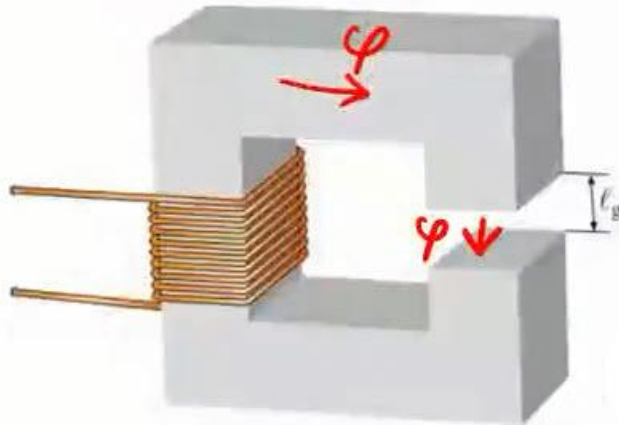
$$\mu_r = 4000$$



## تمرین : حل به عهده دانشجو

مبانی مهندسی برق ۲


- اگر در مثال قبل یک فاصله هوایی به اندازه  $0.48$  میلی متر ایجاد شود. با فرض ثابت ماندن سایر پارامترها، مسئله را دوباره حل کنید.



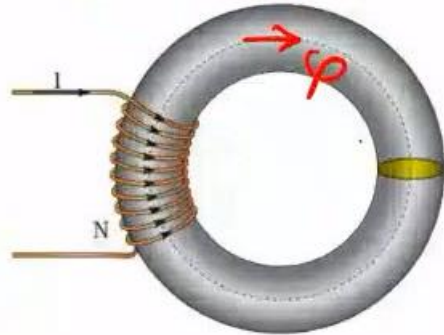
## قانون نیرو محرکه مغناطیسی (KVL)

• حاصل جمع جبری نیروهای محرکه مغناطیسی هسته، برابر نیروی محرکه

مغناطیسی سیم پیچ است.  $\theta = \mathcal{U}_{R_1} + \mathcal{U}_{R_2} + \mathcal{U}_{R_3}$



$$\theta = \sum_{i=1}^n H_i \cdot l_i = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n$$



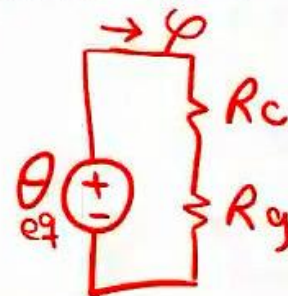
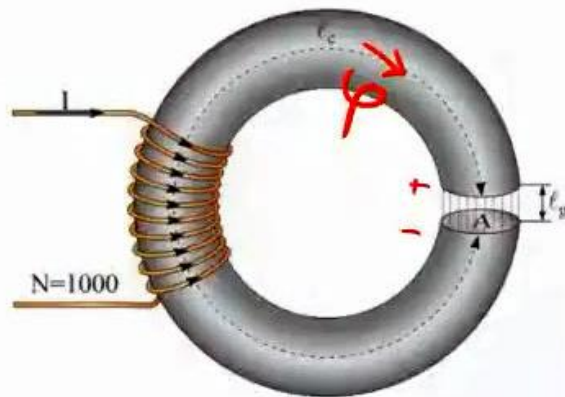
$$\theta = H_c \cdot l_c = N I$$

## قانون نیرو محرکه مغناطیسی

• حاصل جمع جبری نیروهای محرکه مغناطیسی هسته، برابر نیروی محرکه

مغناطیسی سیم پیچ است.

$$\theta = \sum_{i=1}^n H_i \cdot l_i = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n$$

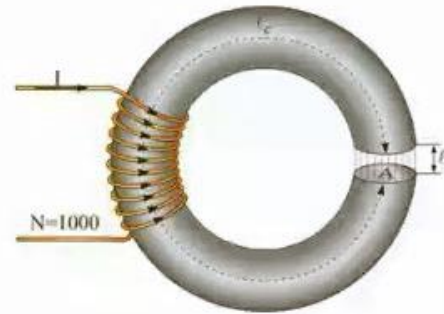
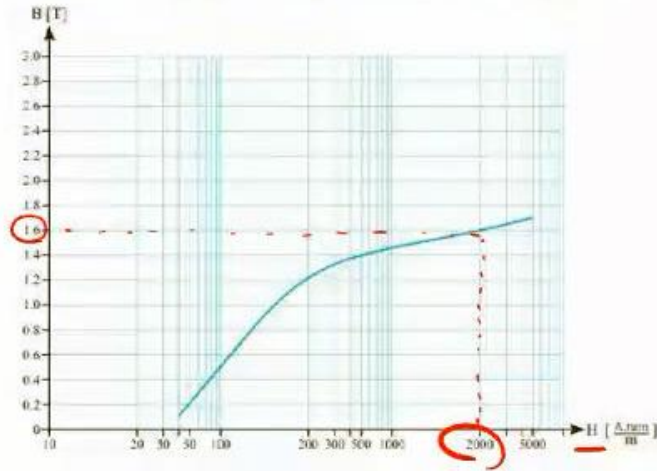


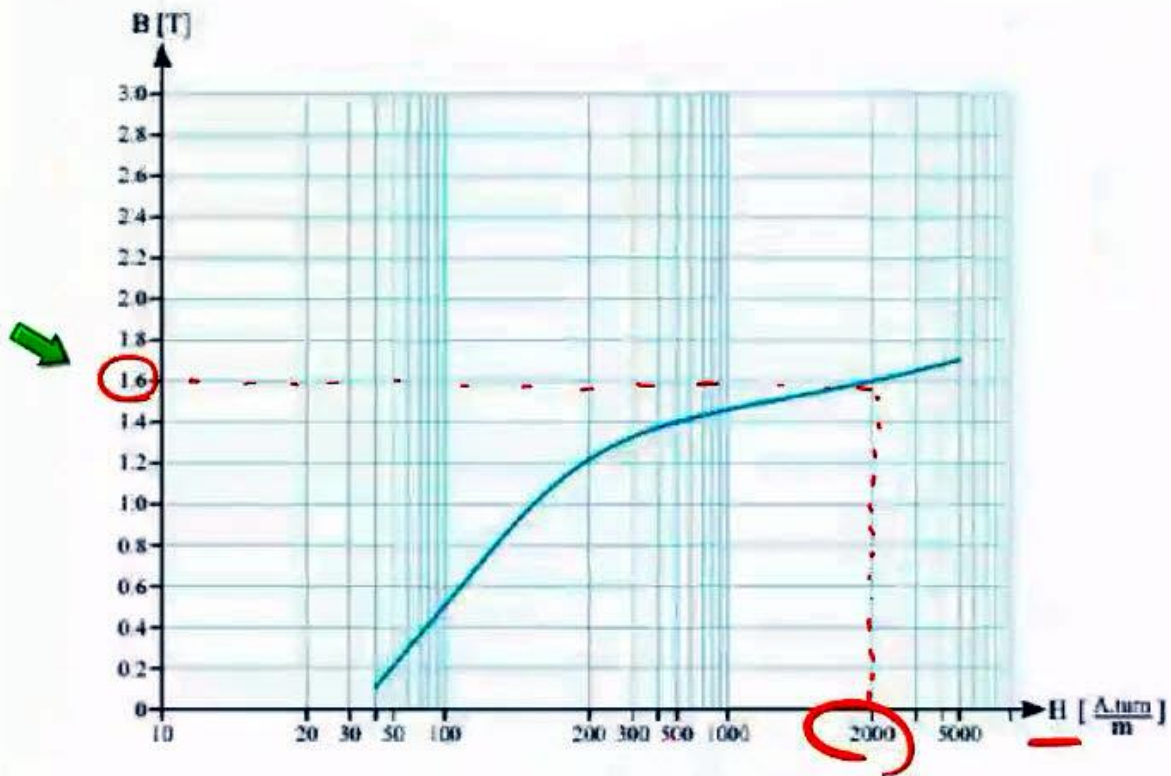
$$\theta_{eq} = H_g l_g + H_c l_c$$

$$\theta_{eq} = (R_c \varphi + R_g \varphi) = H_c l_c + H_g l_g$$

## مثال

- مدار مغناطیسی شکل زیر دارای هسته از جنس فولاد مورق به طول متوسط ۵۰ سانتی متر و سطح مقطع ۶۴ سانتی متر مربع و یک فاصله هوایی به طول ۱/۱ میلی متر است. اگر شار مغناطیسی هسته برابر ۱۰/۲۴ میلی وبر باشد، جریان سیم پیچ را به کمک قانون نیروی محرکه مغناطیسی بدست آورید.







$$B = \frac{\varphi}{A} = \frac{1.02 \text{ Wb} \times 10^{-4}}{4 \text{ Wb} \times 10^{-2}} = \frac{1.02 \text{ Wb}}{4 \text{ Wb}} = \underline{1.4 \text{ T}}$$

$$H_c = 2000 \text{ A turn/m}$$

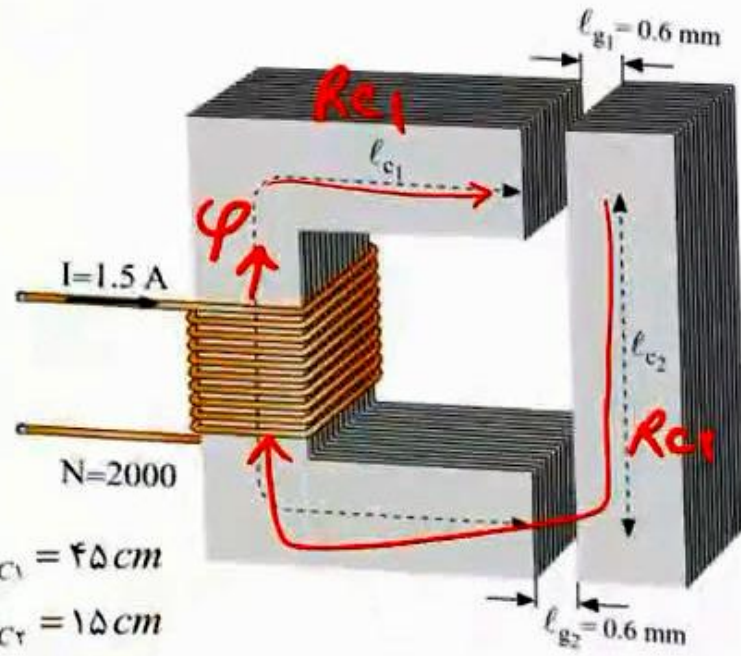
$$\oint H \cdot dl = H_c l_c + H_g l_g \Rightarrow 1000 I = 2000 \times 0.1 + \frac{B_g}{\mu_0} \times l_g$$

$$1000 I = 1000 + \frac{1.4}{4\pi \times 10^{-7}} \times 1.1 \times 10^{-2} = 1000 + \frac{1.4 \times 1.1 \times 10^5}{4\pi}$$

$$1000 I = 2801.2 \text{ V} \Rightarrow I = 2.8012 \text{ A}$$

# مثال

• در مدار مغناطیسی زیر اگر شار مغناطیسی ۱۲ میلی وبر باشد. مقاومت مغناطیسی کل و ضریب نفوذ نسبی هسته را بیابید.



$$\begin{cases} l_{c1} = 45 \text{ cm} \\ l_{c2} = 15 \text{ cm} \\ A = 5 \cdot \text{cm}^2 \\ \mu = 2 \end{cases}$$

$$\Phi = NI = 2000 \times 1.5 = 3000 \text{ A}\cdot\text{turn}$$

$$\Rightarrow \Phi = \frac{\Theta}{R_{eq}} \Rightarrow R_{eq} = \frac{\Theta}{\Phi}$$

$$R_{eq} = R_{c1} + R_{c2} + R_{g1} + R_{g2}$$

$$R_{eq} = \frac{2000}{12 \times 10^{-4}} = 0,167 \times 10^4 = 1,67 \times 10^3 \frac{\text{A} \cdot \text{turn}}{\text{wb}}$$

$$R_{c1} = \frac{l_{c1}}{\mu_r \mu_0 A} = \frac{1 \times 10^{-2}}{\mu \cdot 0,01 \times 10^{-4}} = \frac{10}{\mu}$$

$$R_{cr} = \frac{l_{cr}}{l_{c1}} \times R_{c1} = \frac{10}{10} \times \frac{10}{\mu} = \frac{10}{\mu}$$

$$R_{g1} = R_{g2} = \frac{4 \times 10^{-2}}{\mu_0 \times 0,01 \times 10^{-4}} = \frac{0,17}{\mu_0}$$

$$R_{eq} = \frac{170}{\mu} + \frac{0,17}{\mu_0} = \frac{170}{\mu_0 \mu_r} + \frac{0,17}{\mu_0} = 1,67 \times 10^3$$

$$\frac{1 \text{ } \mu\text{m}}{1 \text{ } \times 10^{-6} \text{ } \mu\text{m}} + \frac{2 \text{ } \times 10^{-2}}{1 \text{ } \times 10^{-6}} = 2 \text{ } \times 10^2$$

$$\frac{10^{\text{a}}}{\mu\text{m}} + 2 \times 10^{\text{a}} = 2 \times 10^{\text{a}}$$

$$\frac{10^{\text{a}}}{\mu\text{m}} = 2 \times 10^{\text{a}} = 2 \times 10^{\text{e}} \Rightarrow$$

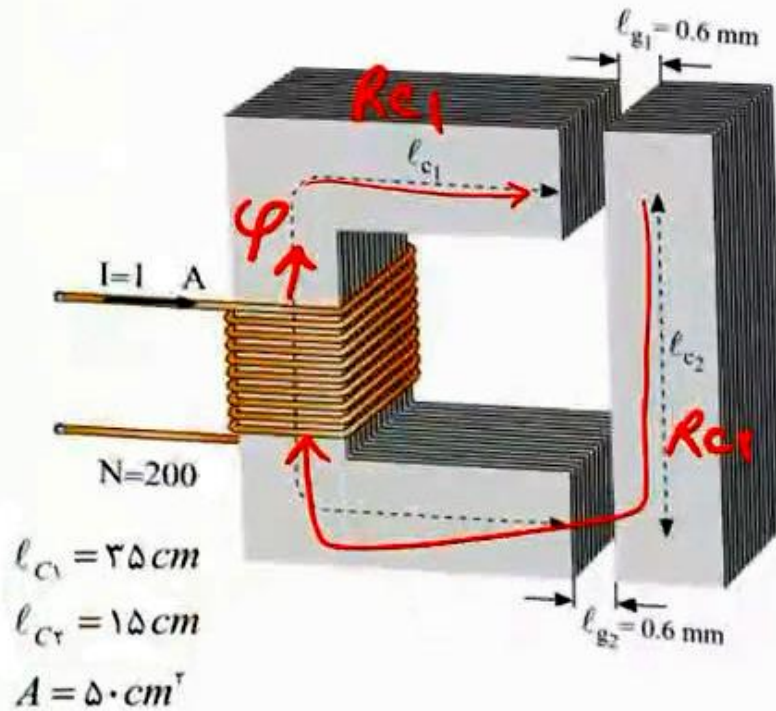
$$\mu\text{m} = \frac{10^{\text{e}}}{2 \times 10^{\text{e}}}$$

$$\mu\text{m} = 1000$$

## تمرین : حل به عهده دانشجو

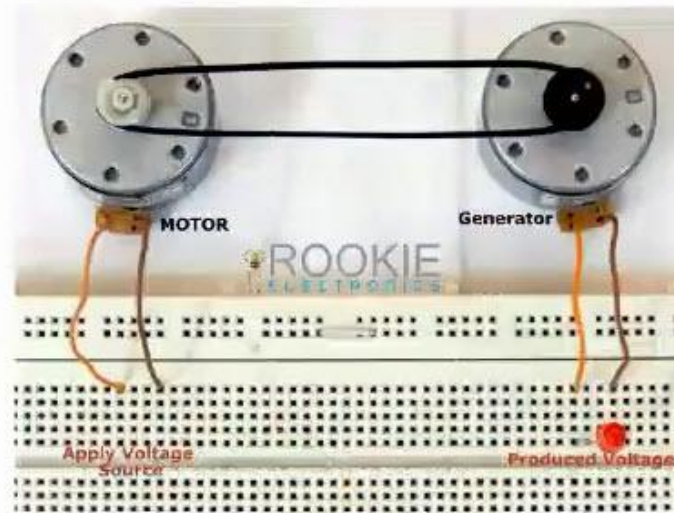
• در مدار مغناطیسی زیر اگر شار مغناطیسی 20 میلی وبر باشد. مقاومت مغناطیسی کل و

ضریب نفوذ سبی هسته را بیابید.



## فصل دوم

### مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم



## مقدمه

• انرژی الکتریکی و انرژی مکانیکی دو شکل انرژی رایج در زندگی روزمره هستند.



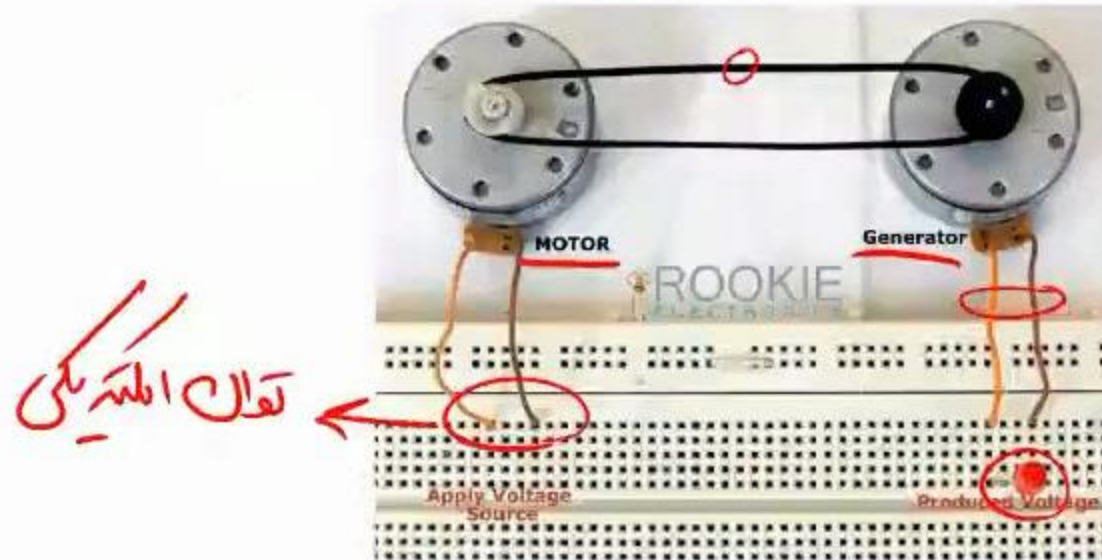
## مقدمه

- انرژی الکتریکی و انرژی مکانیکی قابل تبدیل به یکدیگر هستند.
- فرآیند تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس آن را تبدیل انرژی الکترومکانیکی می‌گویند.
- ماشین‌های الکتریکی واسط بین انرژی الکتریکی و مکانیکی هستند.
- ماشین‌های الکتریکی بر مبنای میدان الکترومغناطیسی تبدیل انرژی را انجام می‌دهند.



## مقدمه

- مدار الکتریکی یک مسیر حلقه بسته است که از اتصال چند قطعه الکتریکی ایجاد می شود.

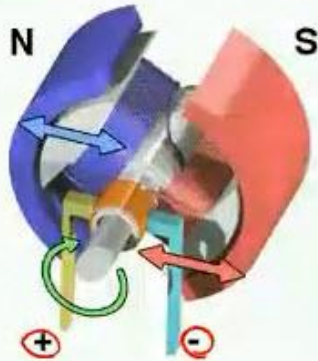


## طبقه‌بندی ماشین‌های الکتریکی

• بر اساس نوع تبدیل انرژی

• موتور الکتریکی؛ تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی

• ژنراتور الکتریکی؛ تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی

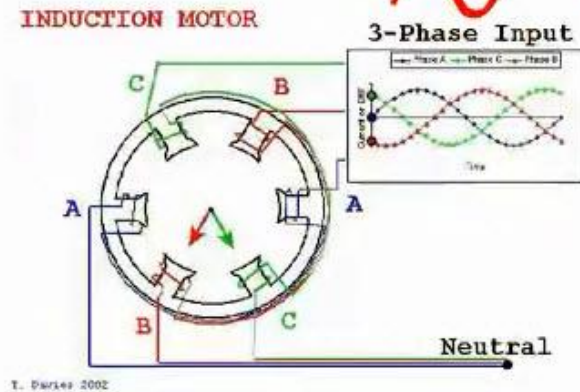


## طبقه‌بندی ماشین‌های الکتریکی

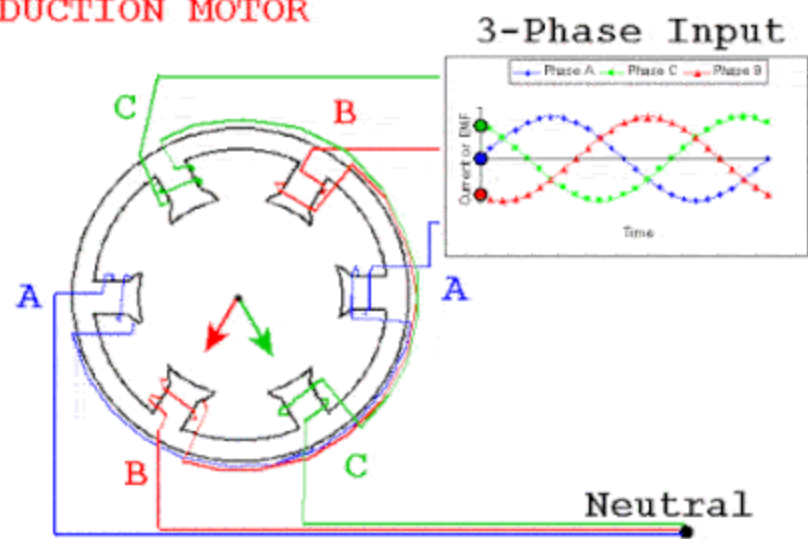
• بر اساس نوع جریان موتور

• ماشین DC؛ جریان موتور از نوع DC است. —

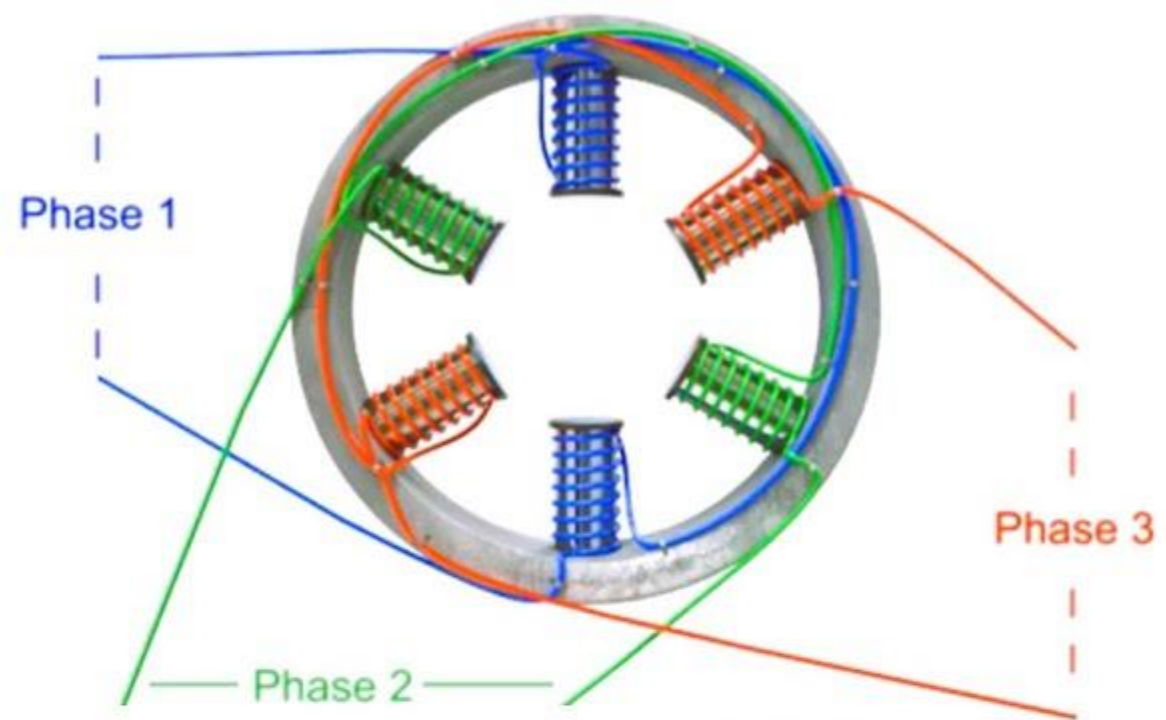
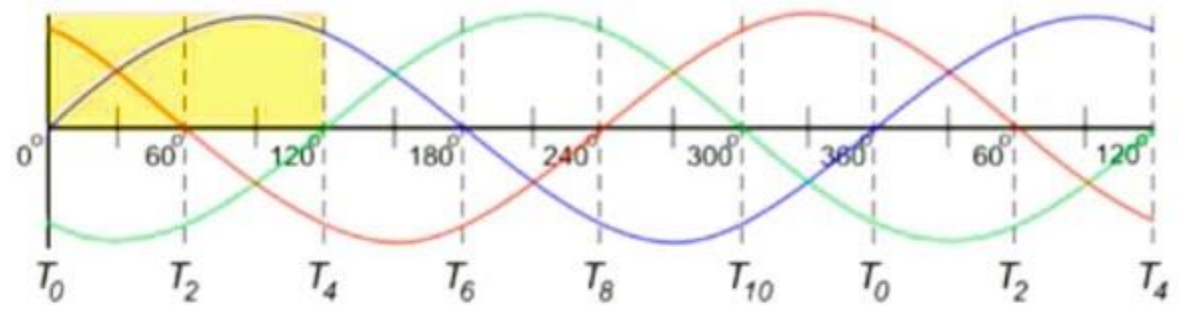
• ماشین AC؛ جریان موتور از نوع AC است. ~



# INDUCTION MOTOR



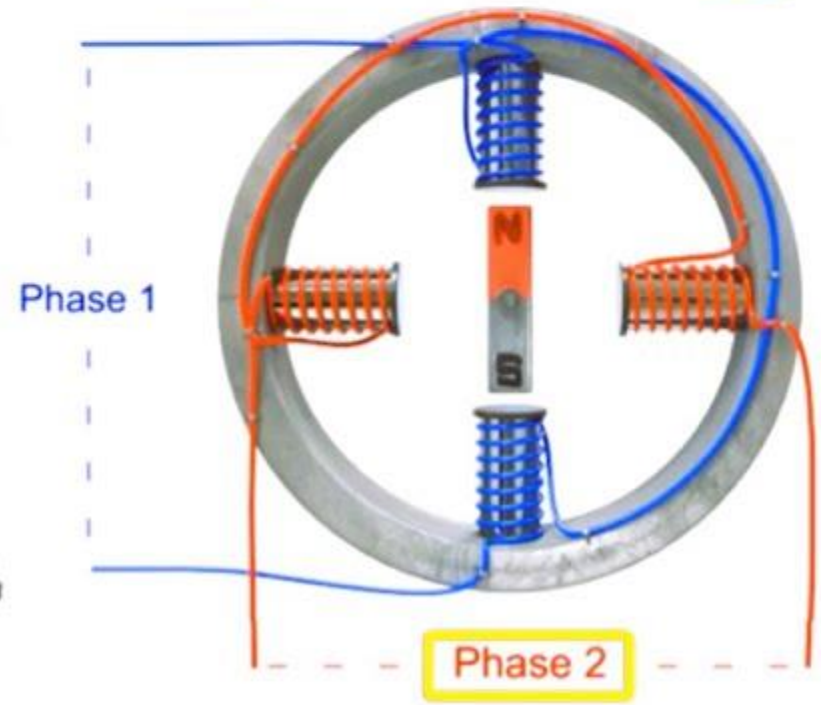
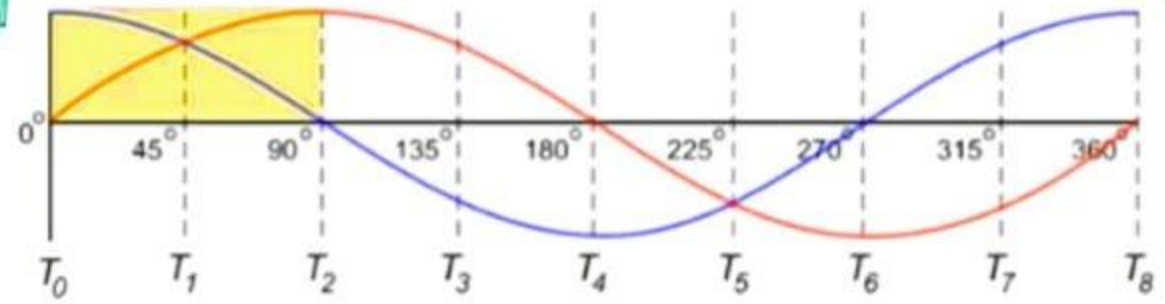
# 3 Phase Motor



InstrumentationTools.com



# 2 Phase Motor



## قانون القای الکترومغناطیس فاراده

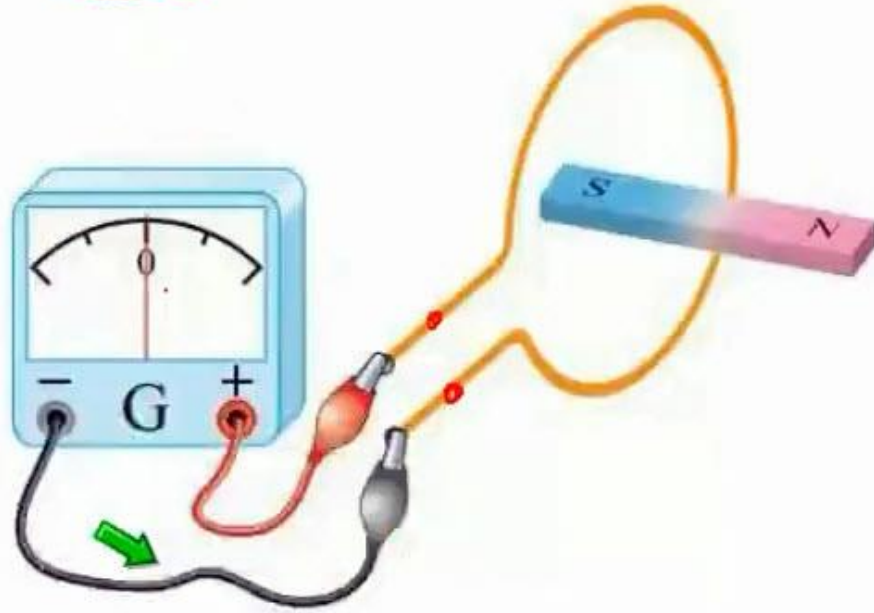
- مبناي کار بسياري از ماشين‌هاي الكتريكي، قانون القای فاراده است.
- يکي از اساسي‌ترين قوانين الکترومغناطيس در علوم فزيک است.
- بر اساس اين قانون، تغيير شار مغناطيسي منجر به ايجاد نيرو محرکه القايي مي‌شود.

😊 مقدار نيروي محرکه القايي با آهنگ تغييرات شار مغناطيسي متناسب است 😊

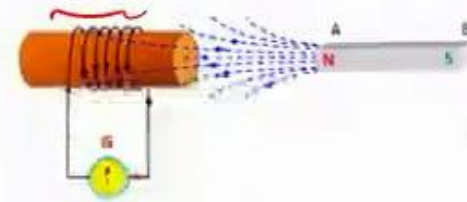
$$e \propto \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \quad e \propto \frac{d\varphi}{dt} \quad e = N \frac{d\varphi}{dt}$$

## قانون القای الکترومغناطیس فاراده

$$N=1$$

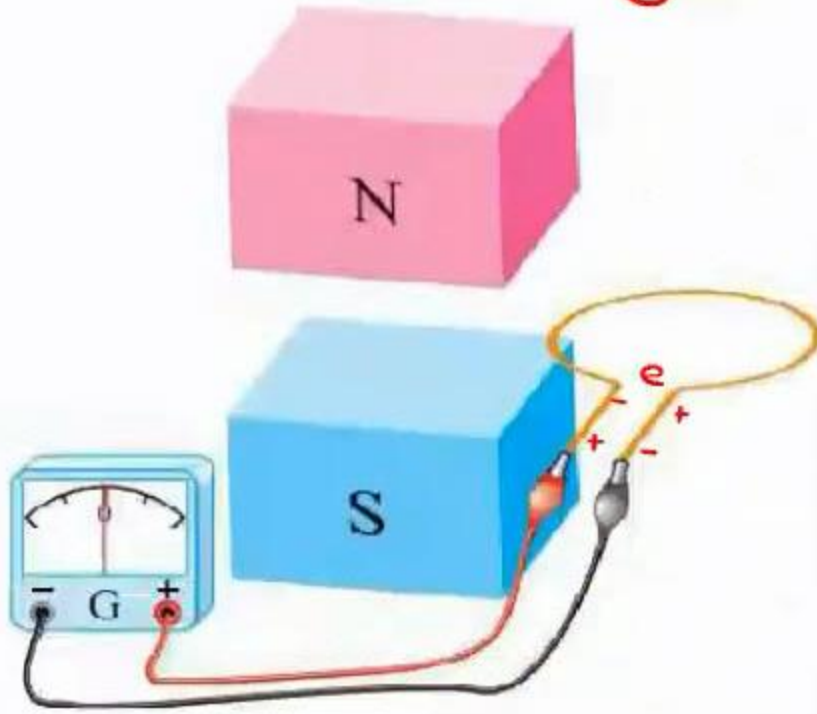


• آزمایش ۱



## قانون القای الکترومغناطیس فاراده

ساکن



• آزمایش ۲

$$e = N \frac{d\phi}{dt}$$



## قانون لنز

- در قانون القای فاراده جهت پلاریته ولتاژ القایی مشخص نیست.
- جهت ولتاژ القایی توسط قانون لنز تعیین می شود.

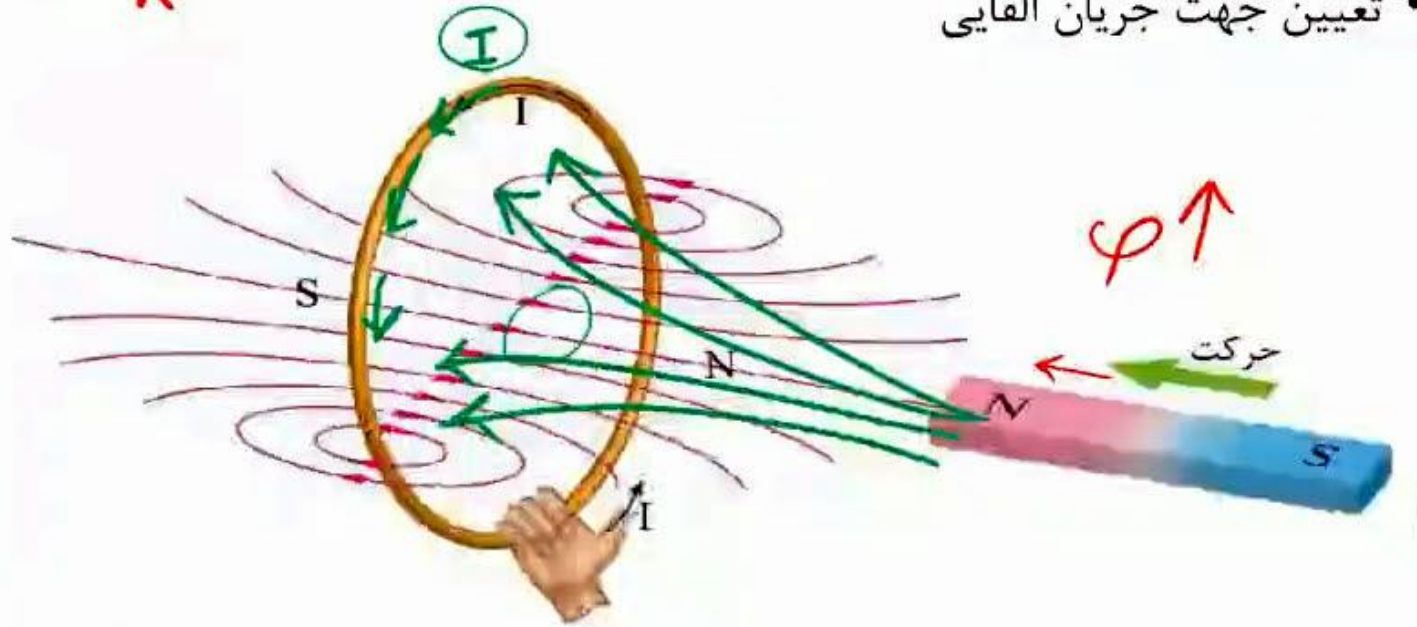
😊 جهت نیروی محرکه القایی بصورتی است که

با عامل بوجود آورنده خود، مخالفت کند 😊

## قانون لنز

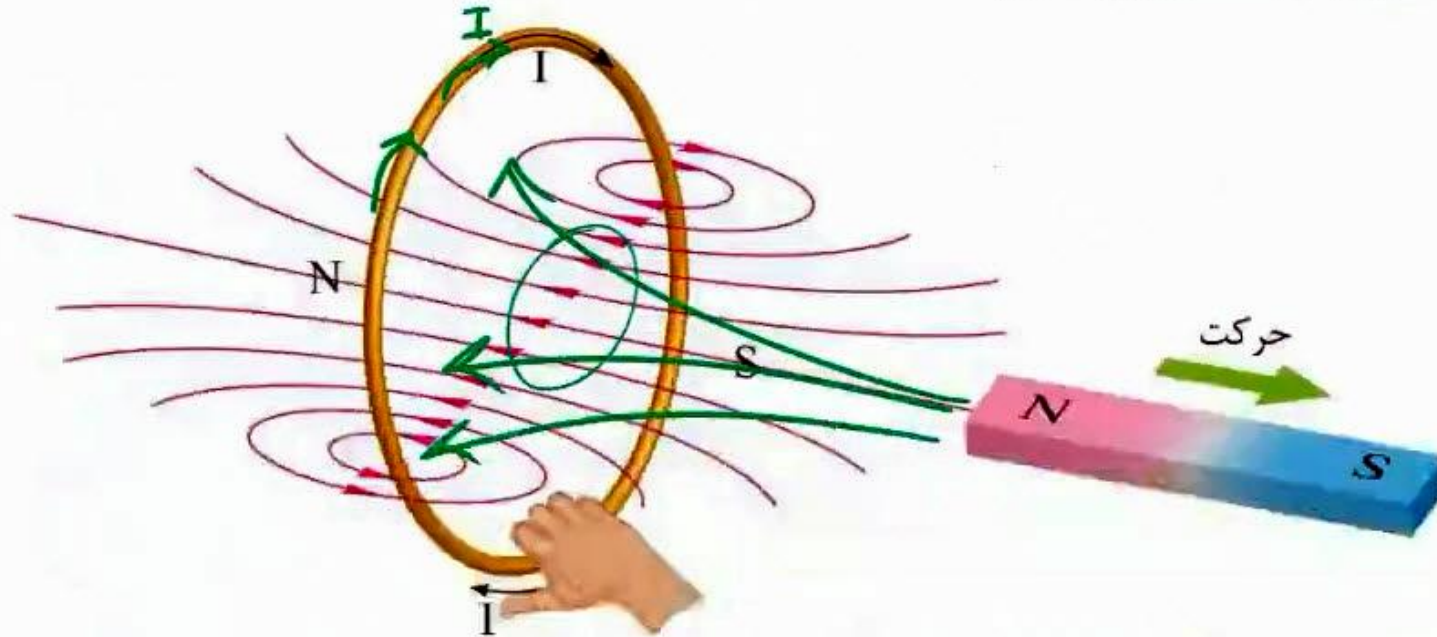
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

• تعیین جهت جریان القا



## قانون لنز

- تعیین جهت جریان القایی



## قانون دست راست

• تعیین جهت جریان القا

