

دانش آموزان عزیز توجه کنید که مطالب آورده شده در این چند صفحه، کاملاً خلاصه شده است، بنا بر این توصیه می شود که بعد خواندن کتاب و حل مثالهای کافی، از مطالب این مجموعه برای مرور سریع کتاب و یاد آوری روابط استفاده نمایید.
 ** (پذیرای نظرات شما عزیزان هستیم) ** " آرزوی ما سرافرازی شماست " فرمانی

فصل اول « ترمودینامیک »

$PV = nRT$

** معادله حالت گاز کامل : «.....»

توضیح : در این رابطه (n) از تقسیم جرم گاز (m) به جرم مولکولی گاز (M) بدست می آید یعنی: $n = \frac{m}{M}$

$Q = nC_{mp}\Delta T$

** رابطه گرمای مبادله شده در فرآیند هم حجم ($\Delta V = 0$) : «.....»

$Q = nC_{mv}\Delta T$

** رابطه گرمای مبادله شده در فرآیند هم فشار ($\Delta P = 0$) : «.....»

_ جدول مقادیر ظرفیت گرمای مولی در حجم ثابت (C_{mv}) و فشار ثابت (C_{mp}) :

C_{mp}	C_{mv}	مثال برای نوع گاز
5/2 R	3/2 R	He , Ar برای گازهای تک اتمی
7/2 R	5/2 R	H ₂ , O ₂ برای گازهای دو اتمی
9/2 R	7/2 R	CO ₂ , NH ₃ برای گازهای سه اتمی

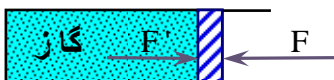
(توجه داشته باشید که تمام این مقادیر ثابت در برگه امتحانی داده می شود)

نام کمیت	نماد	واحدهای اندازه گیری (در SI)
فشار گاز	P	پاسکال (Pa)
حجم گاز	V	مترمکعب (m ³)
مقدار گاز بر حسب مول (mol)	n	مول (mol)
ثابت گازها	R	همیشه ثابت و (j/mol.oK) = ۸/۳۱۴ است
دمای گاز	T	در معادله حالت گاز (PV = nRT) حتماً باید به کلوین (oK) باشد
گرمای مبادله شده بین سیستم و محیط	Q	ژول (j)
ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت	C _{mv}	ژول برمول درجه کلوین (j/mol.oK)
ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت	C _{mp}	ژول برمول درجه کلوین (j/mol.oK)

$W = - P.\Delta V$

** محاسبه کار انجام شده بر روی سیستم در یک فرآیند هم فشار (p ثابت) : «.....»

تذکره : در شکل مقابل F نیروی محیط به سیستم و F' نیروی سیستم به محیط



است که از طریق پیستون ممتدک وارد می کند بنابراین اگر کار انجام شده

از محیط بر روی سیستم را با W و کار سیستم بر روی محیط با W' نشان دهیم

تعیین علامت آنها در تراکم و انبساط سیستم به شرح زیر است : } در تراکم گاز «.....» (+W) و (-W') است .

_ در انبساط گاز «.....» (-W) و (+W') است .

**** قانون اول ترمودینامیک :** یک سیستم به دو طریق با ممیط اطرافش تبادل انرژی داشته باشد ؛ یکی گرما (Q) و دیگری

$$\Delta U = Q + W$$

انجام کار (W) بنابر این در قانون اول ترمودینامیک آمده است :

« **تغییرات انرژی درونی یک سیستم برابر است با مجموع گرمای فاصل مبادله شده و کار انجام شده روی سیستم** »

نکته : دقت کنیم که در رابطه فوق Q فاصل مقدار گرمایی است که سیستم دریا فت می کند ؛ و برابر است با قدرمطلق تفاضل گرمای

گرفته شده از منبع گرم (Q_H) و گرمای داده شده به منبع سرد (Q_C) بدست می آید یعنی :

$$Q = |Q_H - Q_C|$$

**** رابطه قانون اول ترمودینامیک برای چرخه ی ماشین های گرمایی :**

$$|W| = Q_H - |Q_C|$$

این رابطه بیانگر آن است که ماشین گرمایی Q_H یعنی گرمایی را که از سوختن سوخت میگیرد

مقداری را بصورت کار (W) و مقداری دیگر را بصورت گرما به ممیط اطراف پس می دهد (Q_C) .

**** بازده ماشین گرمایی (η) :**

$$|W|$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H}$$

« **نسبت کار انجام شده به گرمایی که ماشین از منبع گرم می گیرد ، بازده ی ماشین نامیده می شود** »

تذکر : رابطه نشان می دهد که بازده ی ماشین گرمایی بهتر است که بتواند ، مقدار بیشتری از گرمای دریافتی

از منبع گرم (Q_H) را به کار مفید (W) تبدیل کند .

**** بیشترین مقدار بازده یک ماشین گرمای (رابطه سعدي کارنو) :** اگر یک ماشین گرمایی بین دو منبع گرم و سرد به ترتیب با دما

$$\eta_{MAX} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

های T_C و T_H کار کند ، حداکثر بازدهی که این ماشین می تواند داشته باشد از رابطه مقابل محاسبه

می شود (دقت کنید که دماها متما بر مسب درجه کلونین باید مقدار گذاری شود)

**** رابطه قانون اول ترمودینامیک برای یخچال :** این رابطه نشان می دهد که گرمایی که دستگاه فنک کننده به منبع گرم

$$|Q_H| = Q_C + W$$

می دهد (Q_H) برابر است با مجموع گرمایی که دستگاه از منبع سرد (Q_C) داخل یخچال (

گرفته و مقدار کاری که موتور دستگاه بر روی گاز برای تراکم و حرکت آن انجام می دهد .

**** رابطه ضریب عملکرد یخچال (K) :**

« **نسبت گرمای گرفته شده از منبع سرد به کاری که موتور یخچال انجام می دهد ضریب عملکرد یخچال نامیده می شود** »

$$K = \frac{Q_C}{W}$$

تذکر : رابطه نشان می دهد اگر یخچالی بتواند با مصرف انرژی کمتر (W کم) بتواند

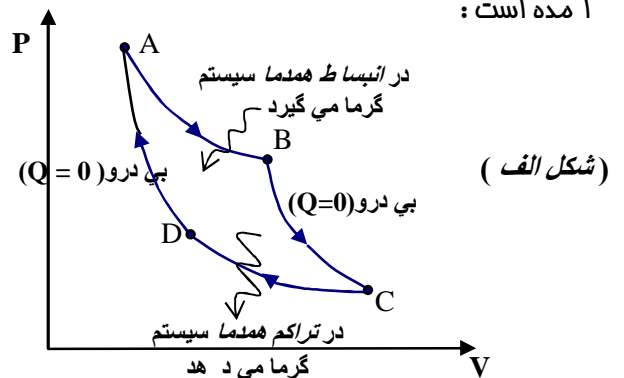
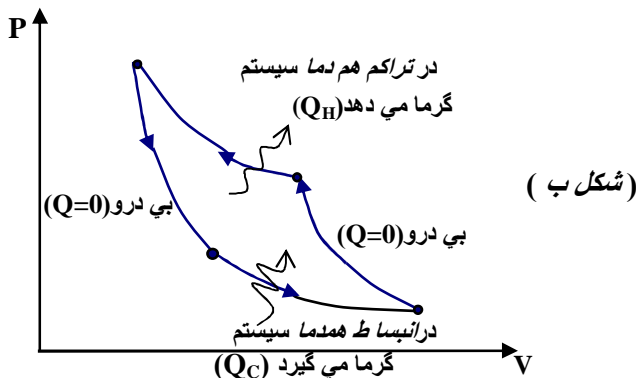
گرمای بیشتری را از درون یخچال (منبع سرد Q_C) بگیرد ، بازدهی بیشتری دارد .

نکات مهم و کلیدی برای حل مسائل :

- 1) در یک چرخه « $\Delta U = 0$ » تغییرات انرژی درونی سیستم است . (زیرا گاز دوباره به وضعیت اولیه خود بر می گردد)
 - 2) در فرآیند هم حجم « $W = 0$ » است . (زیرا در رابطه $W = -P\Delta V$ مقدار $\Delta V = 0$ می شود)
 - 3) در فرآیند هم دما « $\Delta U = 0$ » است . (زیرا $\Delta T = 0$) است و از طرفی انرژی درونی گاز فقط تابع دمای گاز است مثل فرآیندهای AB و CD در شکل الف)
 - 4) در فرآیندهای هم دما و هم فشار : } هنگام تراکم ، گاز گرما از دست می دهد و (Q منفی) است ، (مسیر CD شکل الف)
 هنگام انبساط ، گاز گرما می گیرد و (Q مثبت) است ، (مسیر AB شکل الف)
 - 5) در فرآیند بی دررو ($Q = 0$) « $\Delta U = W$ » است . (زیرا در رابطه قانون اول $\Delta U = Q + W$ مقدار $Q = 0$) می شود مثل فرآیندهای BC و DA در شکل الف)
 - 6) چرخه های ساعتگرد مربوط به ماشین گرمایی و چرخه های پاد ساعتگرد مربوط به یخچال (وسایل فنک کننده) هستند .
 (مثل شکل ب) که چرخه ی یک ماشین گرمایی و شکل (الف) که چرخه ی یخچال (نشان می دهد)
 - 7) در مقایسه با هم نمودار فرآیند همدمای ، شیب کمتر و نمودار فرآیند بی دررو ، شیب بیشتری دارد .
 - 8) سطح ممصور داخل چرخه های ترمودینامیکی برابر است با کار انجام شده . (سطح ممصور W)
- که در چرخه ی ماشین گرمایی علامت کار منفی است ($-W$) « (زیرا گاز بر روی محیط کار انجام می دهد)
 و در چرخه ی یخچالی علامت کار مثبت است ($+W$) « (زیرا محیط بر روی گاز کار انجام می دهد)

تعدادی از نکات فوق در چرخه ی ماشین گرمایی شکل زیر (چرخه کارنو) چگونگی تبادل گرما در چرخه ی یخچالی ، شکل زیر آمده است :

آ آمده است :



برفی از تبدیل واحد های مورد نیاز :

$\times 10^5$ (اتمسفر) \leftarrow (پاسکال pa)
 $\times 10^{-3}$ (لیتر lit) \leftarrow (متر مکعب m^3)
 $+273$ (درجه سلسیوس $^{\circ}C$) \leftarrow (درجه کلونین $^{\circ}K$)

فصل دوم « الکترواستاتیک ساکن »

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

**** قانون کولن :** « نیروی دافعه و جاذبه ی الکتریکی بین دو بار ، با حاصلضرب بارها نسبت مستقیم

و با مجذور فاصله ی دو بار نسبت معکوس دارد » 

تذکر (نیروهای F و F' عمل و عکس العمل هم هستند بنابراین مساوی و در خلاف جهت هم اثر می کنند یعنی : $F = - F'$)

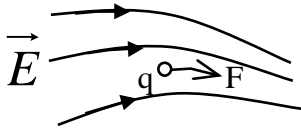
$$E = \frac{F}{q}$$

**** رابطه شدت میدان الکتریکی در یک نقطه از فضا (E) :** تعریف کمی میدان « مقدار نیروی وارد

بر واحد بار الکتریکی در هر نقطه از فضا ، شدت میدان الکتریکی در آن نقطه را نشان می دهد »

تذکر (در رابطه قبل میدان الکتریکی (E) توسط بار الکتریکی دیگری ایجاد شده و بزرگی میدان به

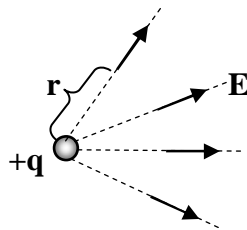
کمک اندازه گیری نیروی وارد بر بار (q) بدست می آید .



**** شدت میدان الکتریکی که بار (q) در فاصله (r) ایجاد می کند :**

(مهم) تعیین جهت میدان الکتریکی : « جهت میدان الکتریکی در هر

نقطه از فضا ؛ همجهت است با نیروی وارد بر بار مثبت آزمون »



$$E = k \frac{q}{r^2}$$

**** رابطه چگالی سطحی بار (σ) :** « مقدار بار الکتریکی موجود در واحد سطح (سائنا را چگالی سطحی بار می گویند »

توضیح : " در رابطه مقابل A مسامت جسم (سائنا) است ؛ و تبدیل واحد احتمالی مورد نیاز برای آن :

(سانتیمتر مربع cm^2) به $10^{-4} \times$ (مترمربع m^2) می باشد .

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

چگونگی توزیع بار الکتریکی :
 - در جسم رسانا : بار الکتریکی روی سطح خارجی آن پخش می شود و تراکم بار در نقاط نوک تیز بیشتر است .
 - در جسم نارسانا : بار الکتریکی در محل ایجاد بار ساکن می ماند .

**** تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU) :** کار انجام شده برای جابه جایی جسم باردار در میدان الکتریکی باعث افزایش و یا

کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی بار می شود که مقدار این

$$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha \quad F = Eq \rightarrow \Delta U = E q d \cdot \cos \alpha$$

تغییرات از رابطه مقابل مناسبه می شود :

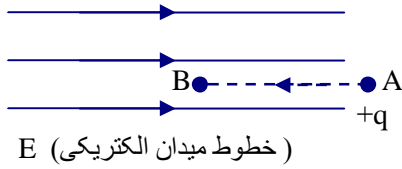
نکته : بطور کلی اگر بار الکتریکی در خلاف جهت نیرویی که میدان به آن وارد می کند جابه جا شود ، کار انجام شده (+) است و

انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می یابد ؛ بنابر این می توان نتیجه گرفت :

اگر بار مثبت (+) خلاف جهت میدان الکتریکی و یا بار منفی در جهت میدان الکتریکی حرکت کند ؛ انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش میابد .
 اگر بار مثبت (+) در جهت میدان الکتریکی و یا بار منفی خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کند ؛ انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش میابد .

$$\Delta V_{(A,B)} = \frac{\Delta U}{q}$$

**** رابطه اختلاف پتانسیل الکتریکی (ΔV) :** بنا به تعریف ، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از میدان الکتریکی، برابر است با تغییرات انرژی واحد بار الکتریکی مثبت ؛ هنگام جابه جایی آن بار از نقطه ی A تا B .



_ تذکر (واحد اندازه گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی ، ژول بر کولن است) $(\frac{J}{C})$ ؛
 که آنرا به افتضاح ولت (V) می نامند .

$$C = \frac{q}{V}$$

**** رابطه خازن :** « ظرفیت خازن برابر است با نسبت بار ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن »

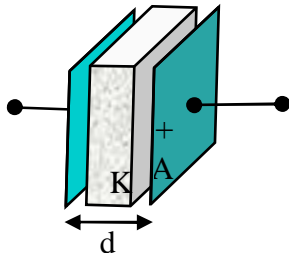
نکته مهم: در فارن تغییرات اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه فقط موجب افزایش و یا کاهش

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

بار خازن می شود و هیچ تاثیری بر ظرفیت خازن ندارد بنابراین وقتی از تغییرات اختلاف پتانسیل و یا تغییر بار خازن صحبت می شود بهتر است رابطه را به شکل روبرو استفاده کنیم : «.....»

**** عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن (C) :** ظرفیت خازن فقط به سه زیر عامل بستگی دارد و تغییر ولتاژ و یا تغییر بار هیچ تاثیری بر

$$C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$$



ظرفیت خازن ندارند. }
 (A) بزرگی سطح صفحات
 (d) فاصله بین صفحات }
 (k) دی الکتریک (عایق) بین صفحات

_ تذکر (در این رابطه (k) بزرگی دی الکتریک است و بستگی به جنس عایق بین دو صفحه دارد ؛ کمترین مقدار دی الکتریک مربوط به فلاء و هوا (k = 1) ، و بیشترین مقدار آن مربوط به دی الکتریک آب (k ≈ 82) می باشد و ϵ_0 مقداری ثابت است .

$$E = \frac{V}{d}$$

**** رابطه بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن :** اگر فاصله ی بین صفحاتش (d)

متر است به یک باتری به ولتاژ (V) متصل کنیم ، بزرگی میدان الکتریکی که بین صفحات آن ایجاد می شود از رابطه ی مقابل بدست می آید .

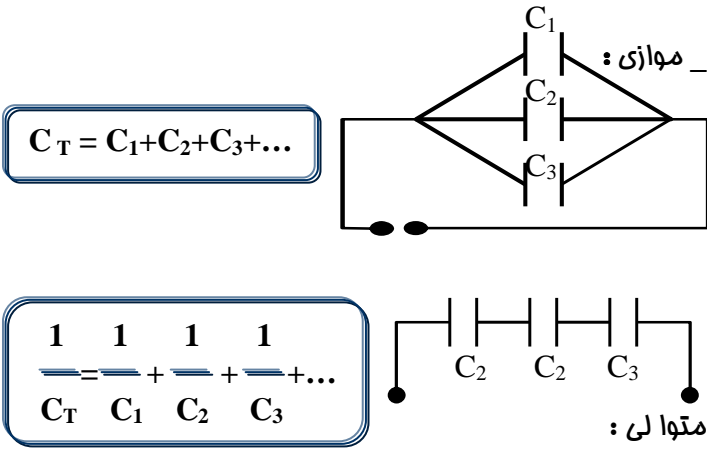
**** روابط انرژی ذخیره شده در خازنها (U) :** همانطور که می دانید خازن وسیله ای است برای ذخیره بار الکتریکی و ذخیره انرژی

$$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{q^2}{2C}$$

الکتریکی ؛ که می توانیم از روابط مقابل انرژی ذخیره شده در خازن ها را محاسبه کنیم .

_ تذکر : در این روابط باید ظرفیت خازن را بر مسب فاراد (F) و اختلاف پتانسیل را بر مسب

ولت (V) و بار خازن را بر مسب کولن (C) عدد گذاری کنیم تا اینکه انرژی ذخیره شده بر مسب ژول (J) محاسبه شود .



**** روابط محاسبه ظرفیت معادل (C_T) در مدارهای :**

**** تذکرات مهم :**

۱) در مدار موازی افتلاف پتانسیل (V) همه فازن ها

یکسان است ولی : $q_T = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$

۲) در مدار متوالی بار الکتریکی (q) همه فازن ها

یکسان است ولی : $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

**** چند رابطه مفید برای حل سریع تر مسائل :** ظرفیت معادل دو فازن متوالی از نسبت ، حاصلضرب

ظرفیت ها به حاصل جمع ظرفیت های دو فازن بدست می آید .

**** محاسبه ولتاژ بعد از تماس دو خازن :** اگر دو فازن به ظرفیتهای (C₁ و C₂) بطور جداگانه با ولتاژهای (V₁ و V₂) شارژ شوند ، و

$$V' = \frac{C_1 V_1 \pm C_2 V_2}{C_1 + C_2}$$

سپس صفحا تیشان را با هم تماس دهیم ، اتصال آنها از نوع موازی است و می توانیم

برای محاسبه افتلاف پتانسیل بین صفحات خازنها بعد از تماس که آنرا (V') مینامیم

از رابطه مقابل استفاده کنیم :

تذکر) اگر بعد از شارژ صفحات همنام خازنها ، به هم متصل شوند رابطه را با علامت (+) و اگر صفحات نامنم آنها را بهم

متصل کنیم رابطه را با علامت (-) به کار می بریم .

« یادآوری برقی از تبدیل واحدهای مورد نیاز و مقادیر بعضی از پیشوندها »

$$\left[\begin{array}{l} \text{میلی متر (mm)} \leftarrow 10^{-3} \text{ متر (m)} \\ \text{سانتیمتر مربع (Cm}^2 \text{)} \leftarrow 10^{-4} \text{ مترمربع (m}^2 \text{)} \end{array} \right] \text{ و } \left[\begin{array}{l} \text{نانو (n)} \leftarrow 10^{-9} \\ \text{پیکو (p)} \leftarrow 10^{-12} \end{array} \right]$$

(میکرو (μ) = 10⁻⁶) و (نانو (n) = 10⁻⁹) و (پیکو (p) = 10⁻¹²)

نام کمیت	نماد	واحد اندازه گیری در (SI)
شدت میدان الکتریکی	E	نیوتن بر کولن (N/C)
ضریب قانون کولن	k	ثابت و برابر = $9 \times 10^9 (N.m^2/C^2)$
چگالی سطحی بار	σ	کولن بر مترمربع (C/m ²)
مسامت صفحه رسانا	A	متر مربع (m ²)
ظرفیت فازن	C	فاراد (F)
ضریب تراوایی الکتریکی فلاء	ε₀	ثابت و برابر = $8.85 \times 10^{-12} (C^2/N.m^2)$

فصل سوم « جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم »

**** شدت جریان الکتریکی (I) :**

$$q = I.t$$

آهنگ عبور جریان الکتریکی از یک رسانا شدت جریان الکتریکی نامیده می شود . یعنی: $(I = \frac{q}{t})$ یا :

**** رابطه قانون اهم . برای محاسبه مقاومت الکتریکی (R) :**

$$V = RI$$

بنا به این قانون « نسبت افتلاف پتانسیل دو سر یک رسانا به شدت جریان عبوری از آن : مقداری است ثابت که به این مقدار ثابت مقاومت الکتریکی رسانا می گویند » یعنی: $(R = \frac{V}{I})$ یا :

**** عوامل موثر بر مقاومت الکتریکی رسانا :** مقاومت یک رسانا به سه عامل زیر بستگی دارد :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

(l) با طول رسانا (l) نسبت مستقیم
 (ρ) با مسامت سطح مقطع (A) نسبت معکوس
 (ρ) و با مقاومت ویژه رسانا (ρ) نسبت مستقیم دارد که مورد سوم بستگی به جنس رسانا دارد .

**** رابطه ای برای کد گذاری مقاومت ها :** به کمک نوارهای رنگی که روی مقاومت ها ثبت شده

$$R = ab \times 10^n$$

می توانیم بزرگی مقاومت را بدست آوریم به این صورت که هر رنگ معرف یک عدد است



و پس از خواندن آنها در رابطه بالا مقدار گذاری می کنیم :

رنگ اول ، معرف رقم دهگان (a)
 رنگ دوم ، معرف رقم یکان (b)
 رنگ سوم ، بزرگی توان 10^n است (n)
 رنگ چهارم ، معرف درصد خطا

تذکر ۱ عدد مربوط به هر رنگ در بر که احتمالی داده می شود .

تذکر ۲ دقت کنید که بین دو عدد a و b علامت ضرب نیست ، مثلاً اگر $(a = 4$ و $b = 3$ و $n = 2$) باشد مقدار R برابر است با :

$$R = 43 \times 10^2 = 4300 \Omega$$

**** اثر دما بر مقاومت الکتریکی و مقاومت ویژه رسانا :**

$$\rho_2 = \rho_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

مقاومت ویژه و مقاومت الکتریکی یک رسانا با تغییرات دما نسبت مستقیم دارد ،

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

یعنی هر چه دمای رسانا بیشتر شود ، مقاومت الکتریکی آن نیز افزایش می یابد :

**** روابط محاسبه انرژی الکتریکی (U) :** مقدار انرژی الکتریکی که در یک مقاومت

$$U = q.V \quad \text{و} \quad U = RI^2 t$$

الکتریکی و در زمان t مصرف می شود از رابطه مقابل محاسبه می شود :

**** روابط توان الکتریکی مصرفی (P) :** « آهنگ مصرف انرژی الکتریکی در یک وسیله ، توان الکتریکی مصرفی آن وسیله نام دارد »

$$(P = RI^2) \text{ و } (P = VI) \text{ و } (P = \frac{V^2}{R})$$

_ تذکر) واحد اندازه گیری توان ؛ ژول بر ثانیه $(\frac{J}{s})$ است ؛

که آن را به افتصاد وات (W) می نامند .

$$\varepsilon = \frac{U}{q}$$

**** رابطه نیروی محرکه مولد (ε) :** با توجه به تعریف « انرژی که مولد به واحد بار الکتریکی (یک کولن)

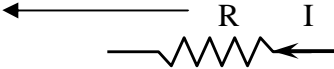
می دهد تا در مدار شارش کند **نیروی محرکه** مولد نامیده میشود « رابطه نیروی محرکه چنین است :

*** مهم ***

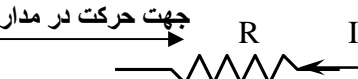
**** روش محاسبه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از مدار ****

برای اینکه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه فرضی A و B از یک مدار را بدست آوریم ، ولتاژ یک نقطه A یا B را در نظر می گیریم و بطرف نقطه دوم در مدار حرکت می کنیم و هنگام عبور از مقاومت ها و مولد ها ؛ مقدار پتانسیل الکتریکی را طبق دو دستور العمل زیر کم و یا زیاد می کنیم :

(الف) هرگاه روی مدار در جهت جریان از مقاومتی (R یا r) عبور کنیم ، بعلت اُفت پتانسیل باید از مقدار پتانسیل الکتریکی به اندازه ی (-IR) و یا (-Ir) کم کنیم :

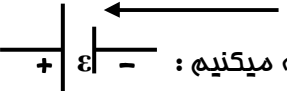


(ب) هرگاه روی مدار در خلاف جهت جریان از مقاومتی (R یا r) عبور کنیم باید از مقدار پتانسیل الکتریکی به اندازه ی (+IR) و یا (+Ir) کم کنیم .

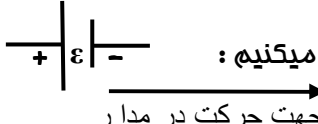


(پ) هنگام عبور از مولد (بدون توجه به جهت جریان) :

اگر از پایانه (-) به طرف پایانه (+) مولد در حرکت باشیم ؛ به اندازه (+ ε) به پتانسیل اضافه میکنیم :



اگر از پایانه (+) به طرف پایانه (-) مولد در حرکت باشیم ؛ به اندازه (- ε) از پتانسیل کم میکنیم :



**** محاسبه شدت جریان در مدار تک حلقه :**

$$I = \frac{\varepsilon_1 \pm \varepsilon_2 \pm \varepsilon_3 \pm \dots}{(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + r_1 + r_2 + r_3 + \dots)}$$

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{(\sum R + \sum r)}$$

در این رابطه علامت (+ یا -) نیروی محرکه ؛ در صورت کسر را می توانیم با توجه به دستور (پ) که در بالا ذکر شد ، تعیین کنیم .

**** روش محاسبه شدت جریان در مدار چند حلقه :**

اگر مداری شامل (n) حلقه باشد به کمک دو دستور العمل بالا ، ابتدا برای هر حلقه یک معادله بنویسیم و سپس با عدد گذاری مقادیر معلوم (R و r و E) در معادله ها و حل آنها مجهولات را که همان شدت جریان ها هستند بدست آوریم .

**** رابطه توان مفید و توان تلف شده :** بعلاوت وجود مقاومت درونی صفحات دافل مولدها ، هنگام خروج جریان الکتریکی از آنها

مقداری از توان تولید شده ی اولیه که (P = E I) است ، به صورت گرما در مقاومت درونی تلف می شود بنابراین چون

توان تلف شده (r I²) باشد می توان نوشت :

(توان تلف شده) - (توان تولید شده) = (توان مفید)

$$P = \epsilon I - r I^2$$

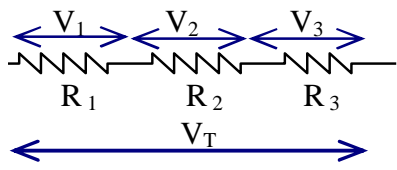
**** روشهای به هم بستن مقاومت ها :** مقاومت ها هم مثل خازنها به دو روش موازی و متوالی بهم متصل می شوند، اما روابط

مماسبه مقاومت معادل (R_T) از لحاظ شکل ظاهری عکس روابط خازنها است:

*** تذکرات مهم ***

1 _ در مدار متوالی شدت جریان عبوری از همه مقاومت ها یکسان است ؛ ولی ولتاژ معادل ، از جمع ولتاژ دو سر تک تک

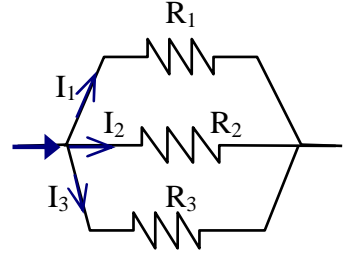
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



مقاومت ها بدست می آید:
 $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$

2 _ در مدار موازی (ا نشتعابی) اختلاف پتانسیل برای همه مقاومت ها یکسان است ولی مجموع شدت جریانهای عبوری از

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

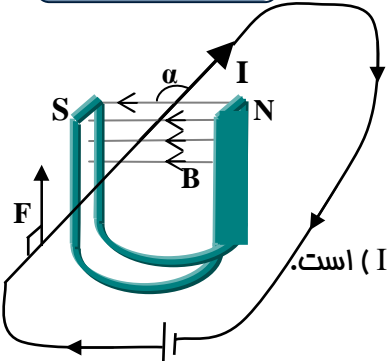


هر مقاومت ، برابر با شدت جریان معادل در شتافه اصلی می شود :
 $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

فصل چهارم « مغناطیس »

$$F = B I l \sin \alpha$$

**** رابطه محاسبه بزرگی نیروی وارد بر سیم حامل جریان (F) :**



اگر طول (l) متر از سیم حامل جریان (I) آمپر ؛ فطوط میدان مغناطیسی به بزرگی (B) تسلا را با زاویه ی (alpha) قطع کند ، از طرف میدان مغناطیسی نیرویی به بزرگی (F) نیوتن به آن وارد می شود ، مقدار این نیرو از رابطه مقابل مماسبه می شود :

تذکر 1 _ در این رابطه (alpha) زاویه بین راستای میدان مغناطیسی (B) و راستای جریان الکتریک (I) است.

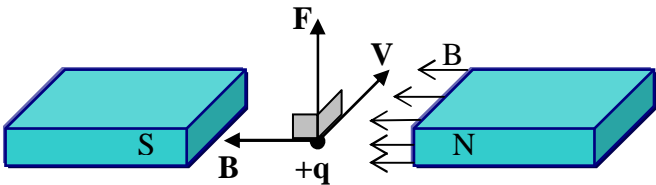
تذکر ۲) با توجه به فاصیبت تابع سینوس میتوان نتیجه گرفت :

- اگر سیم عمود بر راستای خطوط میدان باشد (یعنی $\alpha = 90^\circ$) ؛ نیرو وارد به سیم بیشینه مقدار و برابر با $(F_{\max} = BI l)$ است.
- اگر سیم در راستای خطوط میدان باشد (یعنی $\alpha = 0$ یا $\alpha = 180$) ؛ هیچ نیرویی به سیم وارد نمی شود $(F_{\min} = 0)$.

**** تعیین جهت نیروی وارد بر سیم :** به کمک قاعده ی دست راست می توانیم جهت نیروی وارد بر سیم را تعیین کنیم ؛ به این

ترتیب که ؛ ابتدا چهار انگشت دست راست را در جهت جریان داخل سیم طوری قرار می دهیم که هنگام خم شدن آنها در جهت خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرند ، در این وضعیت انگشت شست جهت نیروی وارد به سیم را نشان می دهد .

$$F = qVB \sin \alpha$$



**** نیروی وارد بر ذره ی باردار متحرک (q) در میدان مغناطیسی :**

اگر بار الکتریکی (q) ؛ با سرعت (V) خطوط میدان مغناطیسی (B) را قطع کند ، از طرف میدان نیرویی به بزرگی (F) به ذره وارد می شود که مقدار آن از رابطه مقابل بدست می آید .

تذکر ۱) زاویه بین جهت حرکت بار الکتریکی و خطوط میدان الکتریکی است . (یعنی زاویه بین بردار های V و B)

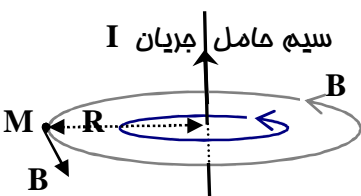
- وقتی بار الکتریکی عمود بر خطوط میدان حرکت می کند ؛ بیشترین مقدار نیرو به آن وارد می شود . $(F_{\max} = qVB)$
- وقتی بار الکتریکی در راستای خطوط میدان حرکت می کند ؛ نیرویی به آن وارد نمی شود . $(F_{\min} = 0)$

**** تعیین جهت نیروی وارد بر بار (+) :** به همان روش تعیین جهت نیروی وارد بر سیم می توان جهت نیروی وارد بر بار (+ q) را نیز

مشخص نمود ؛ با این تفاوت که ابتدا چهار انگشت دست راست را در جهت حرکت بار (V) قرار می دهیم ، و ادامه توضیحات داده شده و اگر بار منفی (- q) باشد ، آنرا مثبت در نظر گرفته و جهت تعیین شده برای بار مثبت را عکس می کنیم .

**** میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم راست :** بزرگی میدان مغناطیسی در نقطه M به فاصله (R) از سیم حامل جریان (I) از

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



رابطه مقابل مناسبه می شود .

تذکر ۱) خطوط میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم حامل جریان به شکل دایره های

هم مرکز است که تراکم خطوط با دور شدن از سیم کم می شود.

تذکر ۲) تعیین جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان به این صورت است

که ؛ اگر سیم حامل جریان را در دست راست بگیریم که انگشت شست در

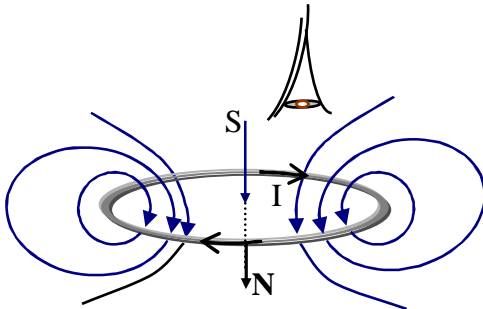
جهت جریان قرار گیرد ، در این حالت جهت فم شدن چهار انگشت ، جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان می دهند.

تذکر ۳) μ_0 که در رابطه قبل آمده ، تراوای مغناطیسی فلاء نام دارد و مقدار آن برابر است با : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{Tm}{A} \right)$

**** میدان مغناطیسی ناشی از پیچه در مرکز آن :** پیچه ، از تعدادی ملقه های هم مرکز که روی هم پیچیده می شوند تشکیل شده

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

است . اگر از یک پیچه به شعاع (R) متر که شامل (N) دور سیم پیچ است جریان الکتریکی (I) آمپر عبور دهیم میدان مغناطیسی به بزرگی (B) تسلا در مرکز آن ایجاد می شود . (رابطه مقابل)



تذکر) برای تعیین جهت میدان در پیچه می توانیم قطعه ای از آنرا به صورت سیم راست در نظر بگیریم و از همان روش تعیین جهت میدان در اطراف سیم ؛ برای مشخص کردن جهت میدان مغناطیسی پیچه نیز استفاده کنیم. و یا به روش زیر عمل می کنیم :

اگر ناظری جهت جریان در پیچه را ساعتگرد ببیند ؛ میدان مغناطیسی از زاویه ی نگاه او درونسو \otimes است ،
و اگر ناظر جهت جریان در پیچه پاد ساعتگرد ببیند ؛ میدان مغناطیسی از دید او برون سو \odot خواهد بود .

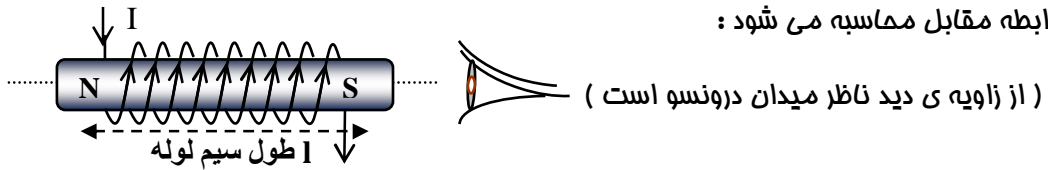
**** میدان مغناطیسی سیم لوله :** سیم لوله از تعدادی سیم پیچ تشکیل میشود که شبیه یک فنر در طول هسته ای (I) پیچیده شده

باشند . اگر سیم لوله ، (N) ملقه ای را بدور هسته ای بطول (I) پیچیده باشیم و جریان الکتریکی (I) آمپر از آن عبور دهیم ؛

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$

میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می شود که بزرگی میدان ایجاد شده روی محور سیم لوله

از رابطه مقابل مناسبه می شود :



تذکر ۱) میدان مغناطیسی سیم لوله شبیه ترین میدان به میدان مغناطیسی آهن ربای تیغه ای است .

تذکر ۲) میدان مغناطیسی در نزدیکی محور سیم لوله یکنواخت است ؛ زیرا خطوط میدان در داخل آن متراکم و موازی می باشد .

تذکر ۳) جهت میدان مغناطیسی در بیرون سیم لوله مثل آهنربای میله ای ؛ از N به S است ، ولی جهت میدان در داخل سیم لوله

بالعکس و از S به N است .

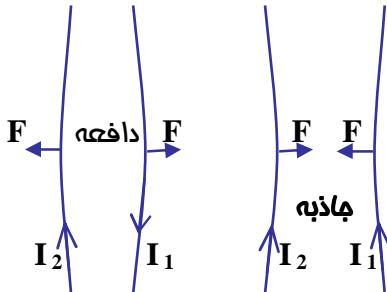
تذکر ۴) رابطه بالا نشان می دهد که بزرگی میدان سیم لوله با (l) رابطه معکوس دارد ؛ به این معنی که اگر تعداد N دور ملقه را

متراکم تر و در طول کمتری بپیچیم میدان مغناطیسی قوی تری ایجاد می کند .

**** نیروی بین سیم های حامل جریان :**

$$B = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2 \pi R}$$

چون دو سیم حامل جریان در طرف فوق میدان مغناطیسی ایجاد می کنند ، در هنگام نزدیک شدن دو سیم به هم میدان به هم تا اثر گذاشته و باعث وارد آمدن نیرو از طرف هر سیم به سیم دیگر می شود ؛ بزرگی این نیرو ها از رابطه مقابل بدست می آید :



تذکر ۱ در رابطه فوق R فاصله دو سیم از یکدیگر ، و (I) طولی از سیمها است ؛ که نیرو به آن اثر می کند.

تذکر ۲ وقتی شدت جریانها در دو سیم هم جهت باشند ؛ نیروی جاذبه بین سیمها ایجاد می شود و هنگامی که شدت جریانها در دو سیم خلاف جهت هم شوند نیروی ایجاد شده بین سیمها از نوع دافعه خواهد شد .

**** حوزه های مغناطیسی :** بخشهای کوچکی از مواد مغناطیسی که تمام دو قطبی ها در آن بخش ها، کاملاً همجهت باشند را حوزه مغناطیسی می نامند .

« انواع مواد مغناطیسی »

۱) مواد دیا مغناطیسی : اینگونه مواد به هیچ عنوان و در هیچ شرایطی فاصیبت مغناطیسی پیدا نمی کنند مثل : چوب ، پلاستیک ... و

۲) مواد پارا مغناطیسی : این مواد در حالت عادی فاصیبت مغناطیسی ندارند ولی اگر در میدان مغناطیسی قوی قرار گیرند؛ بعلت هم جهت شدن تعدادی از دو قطبی هایشان با خطوط میدان ، کمی فاصیبت مغناطیسی از خود نشان می دهند مثل : آلومینیم ، منگنز ، پلاتین و ...

۳) مواد فرو مغناطیسی : این نوع از مواد مغناطیسی که از بخشهای کوچکی به نام حوزه های مغناطیسی تشکیل شده اند نسبت به دو نوع قبلی ذکر شده از فاصیبت مغناطیسی شدیدتری برخوردارند ؛ مواد فرومغناطیس خود به دو دسته (نرم و سخت) تقسیم می شود :

الف) فرو مغناطیس نرم : حوزه های مغناطیسی در این نوع مواد هنگام قرار گرفتن در میدان مغناطیسی به سرعت و به راحتی در کنار هم پرفش نموده و هم جهت با خطوط میدان می شوند، و پس از خروج از میدان مغناطیسی نیز به سرعت به حالت اولیه خود برمیگردند بطور فاصله می توان گفت این مواد ؛ به سرعت آهنربا می شوند و به سرعت نیز این فاصیبت را از دست می دهند مثل : آهن ، نیکل ، کبالت (فالص)

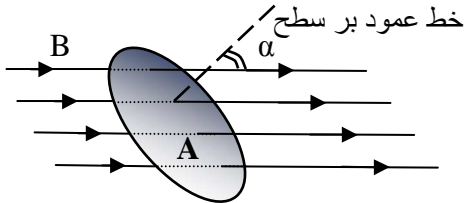
ب) فرو مغناطیس سخت : حوزه های مغناطیسی در این نوع مواد هنگام قرار گرفتن در میدان مغناطیسی به سختی در مجاورت هم پرفش می کنند و به کندی با خطوط میدان همجهت می شوند یعنی اینکه مواد فرومغناطیس سخت دیرآهنربا شده و دیرهم این فاصیبت را از دست می دهند مثل آلیاژهایی از آهن ، نیکل و کبالت مثلاً فولاد که ترکیب آهن و کربن است.

فصل پنجم « القای الکترومغناطیس »

**** رابطه شار مغناطیسی (ϕ) :** شار مغناطیسی کمیتی نرده ای است بر مسب (وبر Wb) که بزرگی آن نشان دهنده ی مقدار (

فطوط میدان مغناطیسی عبوری از سطح (A) می باشد و از رابطه مقابل مناسبه می شود :

$$\phi = BA \cos(\alpha)$$



تذکر ۱) شار مغناطیسی به سه عامل زیر بستگی دارد :

- ۱) بزرگی میدان (B) بر مسب تسلا .
- ۲) بزرگی مسامت پیچه (A) بر مسب متر مربع .
- ۳) زاویه ی (α) : زاویه ای که فط عمود بر سطح پیچه با راستای فطوط میدان مغناطیسی می سازد .

تذکر ۲) اگر سطح A عمود بر فطوط میدان باشد (یعنی $\alpha = 0$ و $\cos \alpha = 1$) شار عبوری از سطح بیشترین مقدار است ؛ یعنی :

$$(\phi_{\max} = BA)$$

اگر سطح A موازی فطوط میدا ن باشد (یعنی $\alpha = 90$ و $\cos \alpha = 0$) هیچ شاری از سطح عبور نمی کند ($\phi = 0$)

**** رابطه قانون فارادی :**

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

بنا به این قانون : « هنگامی که شار عبوری از مدار بسته ای تغییر کند ، نیروی محرکه ی (\mathcal{E}) در آن

القا می شود ؛ که بزرگی این نیروی محرکه با آهنگ تغییرات شار متناسب است »

تذکر ۱) در این رابطه (\mathcal{E}) بزرگی نیروی محرکه القایی بر مسب ولت ، (N) تعداد ملقه های مدار بسته و (Δt) زمان تغییرات

انجام شده بر مسب ثانیه است .

تذکر ۲) منفی جلو رابطه ی فارادی ، مربوط به جهت نیروی محرکه القا شده در مدار است ؛ که تعیین جهت نیروی محرکه القایی نیز

به کمک قانون لنز انجام می شود.

قانون لنز : بنا به این قانون : « جریان القا یی یا نیروی محرکه القایی در هر مدار بسته بگونه ای ایجاد می شود که با عامل بوجود

آورنده مخالفت می کند "

تذکر ۳) با توجه به رابطه میتوان گفت هر عاملی که باعث ایجاد تغییرات در شار مغناطیسی عبوری از مدار بسته ای شود موجب

ایجاد نیروی محرکه در مدار می شود مثل سه حالت زیر :

$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta(BA \cos(\alpha))}{\Delta t}$	$\left. \begin{array}{l} 1) \\ 2) \\ 3) \end{array} \right\}$	وقتی میدان مغناطیسی تغییر کند ($\Delta B \neq 0$) ولی سطح ثابت و بدون چرخش باشد یعنی : ($\Delta A = 0$) و ($\Delta \alpha = 0$)	$\mathcal{E} = -N.A \frac{\Delta B \cos(\alpha)}{\Delta t}$
		وقتی مسامت پیچه تغییر کند ($\Delta A \neq 0$) و لی بزرگی میدان ثابت بماند و پیچه بدون چرخش بماند ($\Delta B = 0$ و $\Delta \alpha = 0$)	$\mathcal{E} = -N.B \frac{\Delta A \cos(\alpha)}{\Delta t}$
		وقتی پیچه در میدان چرخش میکند یعنی ($\Delta \alpha \neq 0$) و بزرگی میدان و مسامت پیچه ثابت بمانند ($\Delta B = 0$ و $\Delta A = 0$)	$\mathcal{E} = -N.B.A \frac{\Delta \cos(\alpha)}{\Delta t}$

**** محاسبه جریان القایی :**

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{N}{R} \frac{d\phi}{dt}$$

اگر نیروی محرکه ی (ε) در مدار بسته ای به مقاومت الکتریکی R اهم ایجاد شود از رابطه قانون اهم به راحتی می توانیم شدت جریان القایی را نیز بدست آوریم .

**** رابطه نیروی محرکه خود القایی (ε_L) :**

در مداری که شامل سیم لوله باشد تغییرات جریان بطور ناگهانی روی نمی دهد مثلاً در هنگام وصل کلید مدت زمانی کوتاه لازم است تا جریان به بیشینه مقدار خود برسد و همینطور هنگام قطع کلید، در زمان کوتاهی جریان الکتریکی به صفر میرسد. علت این پدیده : هنگام تغییر مقدار جریان عبوری از یک سیملوله (یا پیچه) شار مغناطیسی ایجاد شده نیز تغییر می کند و باعث ایجاد نیروی محرکه ای در خود سیملوله می شود که به آن نیروی محرکه خود القایی می گویند «

$$\varepsilon_L = - L \frac{dI}{dt}$$

تذکر ۱) بزرگی نیرو محرکه ی خود القایی (ε_L) با آهنگ تغییرات جریان و ضریب خودا لقای پیچه (L) متناسب است (رابطه مقابل) :

تذکر ۲) اگر شدت جریان بصورت تابعی از زمان داده شده باشد (مثلاً : $I = 3t^2 - 2t$) می توانیم با مشتق گرفتن از (I) نسبت به زمان ، تابع نیروی محرکه القای را به این صورت بدست می آید : $\varepsilon_L = -L(6t - 2)$

**** ضریب خود القایی پیچه (L) :**

$$L = k \mu_0 \frac{N^2 A}{l}$$

در رابطه روبرو نشان می دهد که این کمیت کاملاً بستگی به شکل و نوع پیچه دارد ؛
تذکر) در این رابطه (N) تعداد ملقه های پیچه ، (A) بزرگی سطح مقطع پیچه بر مسب متر مربع ، (l) طول پیچه بر مسب متر ، و (k) ضریب تراوایی نسبی مغناطیسی هسته است که به جنس هسته پیچه بستگی دارد مثلاً برای پیچه ای بدون هسته باید مقدار آنرا ($k = 1$ فلاء) قرار دهیم و μ_0 از مقادیر ثابت است ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$) .

$$U = \frac{1}{2} L I^2$$

**** رابطه انرژی ذخیره شده در القاگر (U) :** بخشی از انرژی مولد در میدان مغناطیسی سیملوله ذخیره می شود و از رابطه مقابل مقدار آن محاسبه می شود :

**** روابط نیروی محرکه و شدت جریان متناوب :** در مولدهای صنعتی که جریان متناوب تولید می کنند پیچه ای با مسامت (A) ثابت در میدان مغناطیسی یکنواخت (B) پرفش می کند ($\Delta \alpha \neq 0$) یعنی از سه عامل مؤثر بر شار مغناطیسی و زاویه ی قاب پیچه با فطوط میدان مرتباً در حال تغییر است بنابر این می توان نوشت :

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = AB \cos(\alpha) \\ \alpha = \omega t \text{ (سرعت زاویه ای گردش قاب بدور خود)} \end{array} \right\} \varphi = AB \cos(\omega t) \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = -N \frac{d\varphi}{dt} = -N \cdot B \cdot A \frac{d(\cos \omega t)}{dt} \end{array} \right.$$

با مشتق گرفتن از تابع ($\cos(\omega t)$) نسبت به زمان ، می بینیم که تابع نیروی محرکه ی القایی بصورت تابعی سینوسی در می آید ؛ یعنی ($\varepsilon = N B A \omega \sin \omega t$) بنابر این بیشترین مقدار نیروی محرکه زمانی است که $\sin \omega t = 1$ پس نتیجه میگیریم :

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon = N B A \omega \sin \omega t \\ \varepsilon_m \text{ (ماکزیمم مقدار نیرو محرکه)} \end{array} \right\} \varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad \text{و} \quad I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \omega t \quad I = I_m \sin \omega t$$

« موفق باشید » فرمائی