فصل سه: مغناطیس و القای الکترومغناطیس

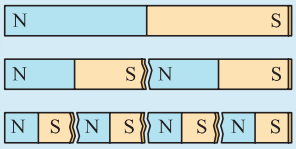
مغناطیس

۱- آهنربا و قطب‌های مغناطیسی

آهنربا: به موادی که خاصیت مغناطیسی دارند گفته می‌شود. (مانند مگنتیت Fe_3O_4)

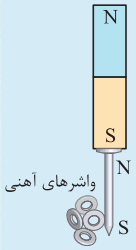
نکته

آهنربا دارای دو قطب N و S است و تک‌قطبی مغناطیسی نداریم.

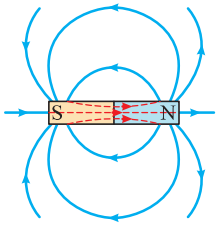


نکته

در پدیدهٔ القای مغناطیسی، همیشه جسم القاشونده (جسم آهنی) جذب جسم القاکننده (آهنربا) می‌شود.



۲- ویژگی خطوط میدان مغناطیسی

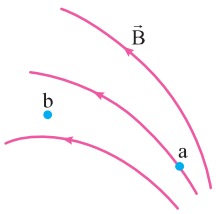


۱ در خارج آهنربا: از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند.

در داخل آهنربا: از قطب S به قطب N

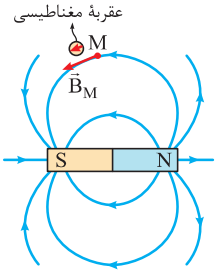
۲ هر یک از این خطوط یک حلقهٔ بسته را تشکیل می‌دهند.

۳ هر چه تراکم (میزان فشردگی) خطوط در یک ناحیه بیشتر ← اندازهٔ میدان در آن ناحیه بزرگ‌تر



$B_a > B_b$

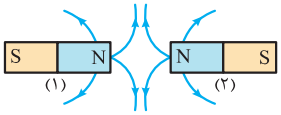
۴ بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه ← مماس بر خط میدان مغناطیسی عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با آن ← هم‌جهت با عقربهٔ مغناطیسی قرار گرفته در آن نقطه



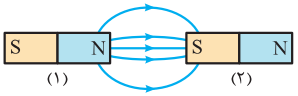
۵ هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند (از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد).

@DaneshSad

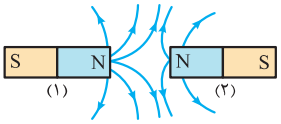
خطوط میدان مغناطیسی در اطراف دو آهنربای مجاور هم:



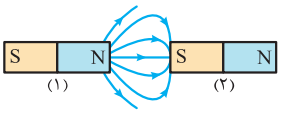
ب) دو آهنربای یکسان



الف) دو آهنربای یکسان

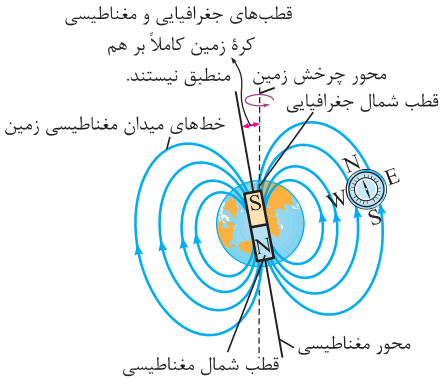


ت) آهنربای (۱) قوی‌تر از آهنربای (۲)



پ) آهنربای (۱) قوی‌تر از آهنربای (۲)

۳- میدان مغناطیسی زمین

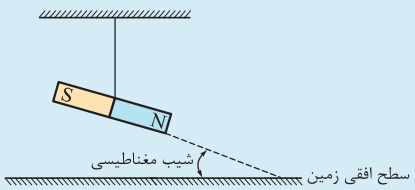


نکته

خطوط میدان مغناطیسی زمین از قطب جنوب جغرافیایی خارج و به قطب شمال جغرافیایی داخل می‌شوند.

نکته

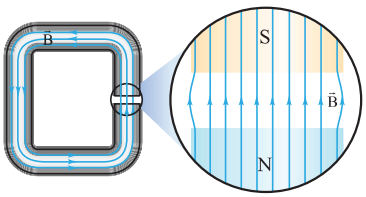
شیب مغناطیسی: زاویهٔ بین یک آهنربا آویزان از سقف با سطح افقی زمین.



۴- میدان مغناطیسی یکنواخت

۱ اندازه و جهت میدان مغناطیسی در تمام نقاط یکسان

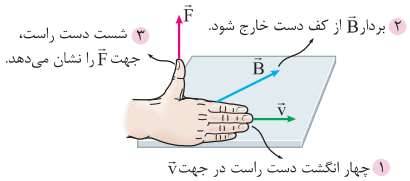
۲ خطوط میدان مغناطیسی مستقیم، موازی، هم‌جهت و هم‌فاصله



@DaneshSad

۵- جهت و اندازهٔ نیرو مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک

قاعدهٔ دست راست:



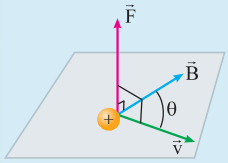
نکته

ذرهٔ باردار
- مثبت ← استفاده از دست راست
- منفی ← استفاده از دست چپ

نکته

۱ بردار $\vec{F}$ بر هر دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است.

۲ زاویهٔ بین $\vec{v}$ و $\vec{B}$ هر مقداری می‌تواند باشد.



رابطهٔ اندازهٔ نیرو مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک:

$$F = |q| v B \sin\theta$$

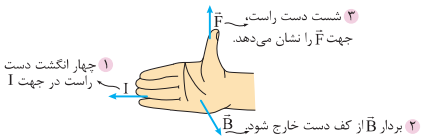
- F: اندازهٔ نیروی مغناطیسی (N)
- $|q|$: اندازهٔ بار الکتریکی (C)
- v: اندازهٔ سرعت ذره (m/s)
- B: اندازهٔ میدان مغناطیسی (T)
- θ: زاویهٔ بین بردارهای $\vec{v}$ و $\vec{B}$

نکته

$$1\,T = 10^{4}\,G$$

جهت و اندازهٔ نیرو مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

قاعدهٔ دست راست:



نکته

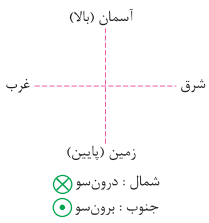
بردار $\vec{F}$ بر I و بردار $\vec{B}$ عمود است.

رابطهٔ اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان:

$$F = B I L \sin\theta$$

- F: اندازهٔ نیروی مغناطیسی (N)
- B: اندازهٔ میدان مغناطیسی (T)
- I: جریان الکتریکی (A)
- L: طول سیم (m)
- θ: زاویهٔ بین $\vec{B}$ و I

جهت‌های جغرافیایی

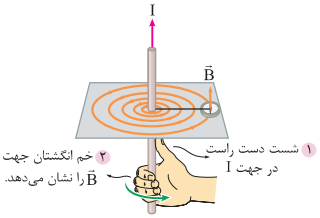


@DaneshSad

– میدان مغناطیسی ناشی از سیم مستقیم حامل جریان –

سیم حامل جریان اطراف خود میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که خطوط میدان به صورت دایره‌هایی هم‌مرکز است.

قاعدهٔ دست راست برای جهت میدان:

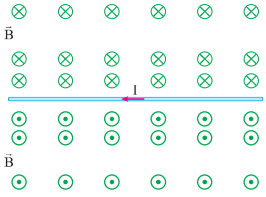
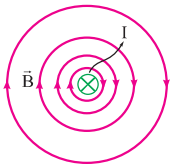


نکته

عوامل مؤثر بر اندازهٔ میدان
- اندازهٔ جریان الکتریکی (تأثیر مستقیم)
- فاصله از سیم (تأثیر معکوس)

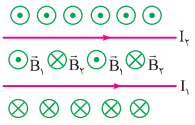
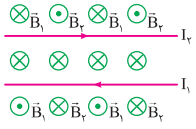
نکته

دو زاویهٔ دید متفاوت در این بخش وجود دارد.

سیم روی صفحه	سیم عمود بر صفحه
	

نکته

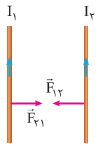
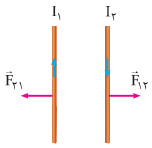
اگر دو سیم موازی حامل جریان کنار یکدیگر باشند:

جهت جریان سیم‌ها	
هم‌جهت	خلاف جهت
	

جریان هم‌جهت: میدان مغناطیسی در فاصلهٔ بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کم‌تر می‌تواند صفر باشد.

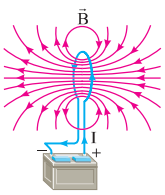
جریان خلاف جهت: میدان مغناطیسی در خارج از فاصلهٔ بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کم‌تر می‌تواند صفر باشد.

– نیرو مغناطیسی بین سیم‌های حامل جریان –

جریان هم‌جهت	جریان خلاف جهت
	

– میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقهٔ حامل جریان –

شکل روبه‌رو نشان‌دهندهٔ خطوط میدان اطراف حلقهٔ حامل جریان است.

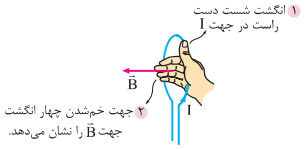


نکته

تراکم خطوط میدان مغناطیسی در ناحیهٔ داخل حلقه بیشتر از خارج آن است ← میدان داخل حلقه قوی‌تر است.

@DaneshSad

به دست آوردن جهت میدان حلقهٔ حامل جریان:
قاعدهٔ دست راست:



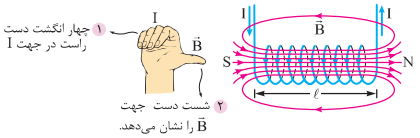
– میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله حامل جریان –

مطابق شکل صفحهٔ بعد داخل و اطراف سیم‌لوله حامل جریان، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

نکته

۱ خطوط میدان داخل سیم‌لوله متراکم از خارج آن است ← میدان داخل سیم‌لوله قوی‌تر است.
۲ میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله یکنواخت است.

به دست آوردن جهت میدان حاصل از سیم‌لولهٔ حامل جریان:
قاعدهٔ دست راست:



اندازهٔ میدان مغناطیسی داخل سیم‌لولهٔ حامل جریان:

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

اندازهٔ میدان مغناطیسی (T) ← B
ضریب تراوایی مغناطیسی خلأ $(4\pi \times 10^{-7}\ \frac{T.m}{A})$ ← μ_0
تعداد حلقه‌های سیم‌لوله ← N
جریان الکتریکی (A) ← I
طول سیم‌لوله (m) ← ℓ

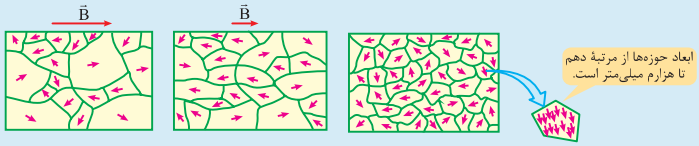
– ویژگی مغناطیسی مواد –

در داخل سیم‌لوله میدان تقریباً یکنواخت و قوی‌تر از خارج سیم‌لوله است.

نام	نمونه	دوقطبی مغناطیسی	حوزهٔ مغناطیسی	ویژگی
پارامغناطیس	اورانیوم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن	✓	×	● اتم‌ها ذاتاً خاصیت مغناطیسی دارند، اما در غیاب میدان مغناطیسی خارجی، جهت‌گیری کاتوره‌ای و نامنظم دارند و میدان مغناطیسی‌ای ایجاد نمی‌کنند. ● قرارگیری در میدان مغناطیسی قوی ← ایجاد خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت ● حذف میدان مغناطیسی ← به سرعت به صورت کاتوره‌ای پخش و از دست دادن خاصیت مغناطیسی
دیامغناطیس	مس، بیسموت، نقره و سرب	×	×	● اتم‌ها ذاتاً دارای خاصیت مغناطیسی نیستند. ● قرارگیری در میدان مغناطیسی قوی ← القا دوقطبی مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی
فرومغناطیس نرم	آهن خالص کبالت خالص نیکل خالص	✓	✓	● اتم‌ها ذاتاً خاصیت مغناطیسی دارند. ● در غیاب میدان مغناطیسی خارجی اتم‌های یک حوزه، هم‌سو هستند. ● قرارگیری در میدان مغناطیسی خارجی: حجم حوزه‌های هم‌سو با میدان رشد کرده و ماده به راحتی دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود. ● حذف میدان مغناطیسی خارجی: به آسانی خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند. کاربرد: ساخت آهنرباهای الکتریکی
فرومغناطیس سخت	فولاد و آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل	✓	✓	دقیقاً مانند ویژگی‌های فرومغناطیس نرم با دو تفاوت اصلی: ۱) سخت‌تر خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند. ۲) سخت‌تر خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند. کاربرد: ساخت آهنرباهای دائم

نکته

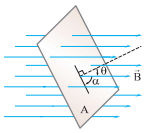
حوزه‌های مغناطیسی مواد فرومغناطیس:



@DaneshSad

القای الکترومغناطیسی

– شار مغناطیسی –



مفهوم: با تعداد خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از سطح متناسب است.

فرمول: $\Phi = BA\cos\theta$ ، θ: زاویهٔ بین بردار میدان مغناطیسی و نیم‌خط فرضی عمود بر سطح حلقه، α: زاویهٔ بین بردار میدان مغناطیسی و سطح حلقه $(\theta = 90 - \alpha)$

حالت خاص: هرگاه سطح حلقه بر میدان مغناطیسی عمود باشد $(\theta = 0$ یا $180^\circ)$، شار مغناطیسی عبوری از سطح حلقه بیشینه است.

حالت خاص: هرگاه سطح حلقه با میدان مغناطیسی موازی باشد $(\theta = 90^\circ)$، شار مغناطیسی عبوری از سطح حلقه صفر (کمینه) است.

دام: شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه با شار مغناطیسی گذرنده از یک پیچه با N حلقه، برابر است.

تغییرش مهمه: $\Delta\Phi = B\times A\times\Delta\cos\theta$ ، $\Delta\Phi = B\times\Delta A\times\cos\theta$ ، $\Delta\Phi = \Delta B\times A\times\cos\theta$

– قانون القای الکترومغناطیسی فاراده –

تعریف: هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از یک مدار بسته می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

نیروی محرکهٔ القایی متوسط: $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

- آهنگ تغییر میدان مغناطیسی: $\frac{\Delta B}{\Delta t}$: $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta B\times A\times\cos\theta}{\Delta t}$
- آهنگ تغییر مساحت سطح حلقه: $\frac{\Delta A}{\Delta t}$: $\bar{\varepsilon} = -N\frac{B\times\Delta A\times\cos\theta}{\Delta t}$
- $\bar{\varepsilon} = -N\frac{B\times A\times\Delta\cos\theta}{\Delta t}$

جریان الکتریکی القایی متوسط: $\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = -\frac{N}{R}\times\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

مقدار بار القایی: $|\Delta q| = |\bar{I}\times\Delta t| = |\frac{N}{R}\times\Delta\Phi|$

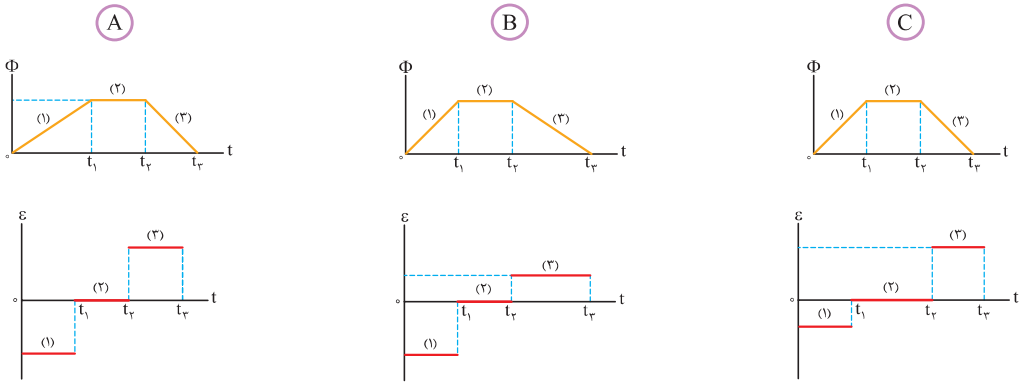
در کتاب درسی و در سطح کنکور سراسری، نمودار شار مغناطیسی برحسب زمان $(\Phi - t)$ خطی است؛ پس شیب آن در تمام لحظه‌ها و در تمام بازه‌های زمانی یکسان می‌شود.

۱) اگر شیب $\Phi - t$ ثابت و مثبت باشد، نیروی محرکهٔ القایی ثابت و منفی است.

۲) اگر شیب $\Phi - t$ ثابت و منفی باشد، نیروی محرکهٔ القایی ثابت و مثبت است.

۳) اگر شیب $\Phi - t$ صفر باشد، نیروی محرکهٔ القایی صفر است.

۴) هر چه اندازهٔ شیب نمودار $\Phi - t$ بیشتر (کم‌تر) باشد، اندازهٔ ε بیشتر (کم‌تر) است.



$0 < t < t_1$: شیب $\Phi - t$ ثابت و مثبت است ⟵ ε ثابت و منفی است.

$t_1 < t < t_2$: شیب $\Phi - t$ صفر است ⟵ ε صفر است.

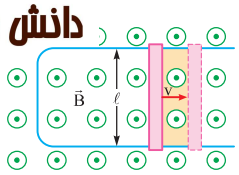
$t_2 < t < t_3$: شیب $\Phi - t$ ثابت و منفی است ⟵ ε ثابت و مثبت است.

در نمودار A اندازهٔ شیب خط ۱ و ۳ برابر است. بنابراین اندازهٔ ε در این دو قسمت (ارتفاع پله‌ها) یکسان است.

در نمودار B اندازهٔ شیب خط ۱ بیشتر از اندازهٔ شیب خط ۳ است؛ بنابراین اندازهٔ ε (ارتفاع پله) در قسمت ۱ بزرگ‌تر از اندازهٔ ε (ارتفاع پله) در قسمت ۳ است.

در نمودار C اندازهٔ شیب خط ۳ بیشتر از اندازهٔ شیب خط ۱ است؛ بنابراین اندازهٔ ε (ارتفاع پله) در قسمت ۳ بزرگ‌تر از اندازهٔ ε (ارتفاع پله) در قسمت ۱ است.

@DaneshSad



$|\bar{\varepsilon}| = B\ell v$

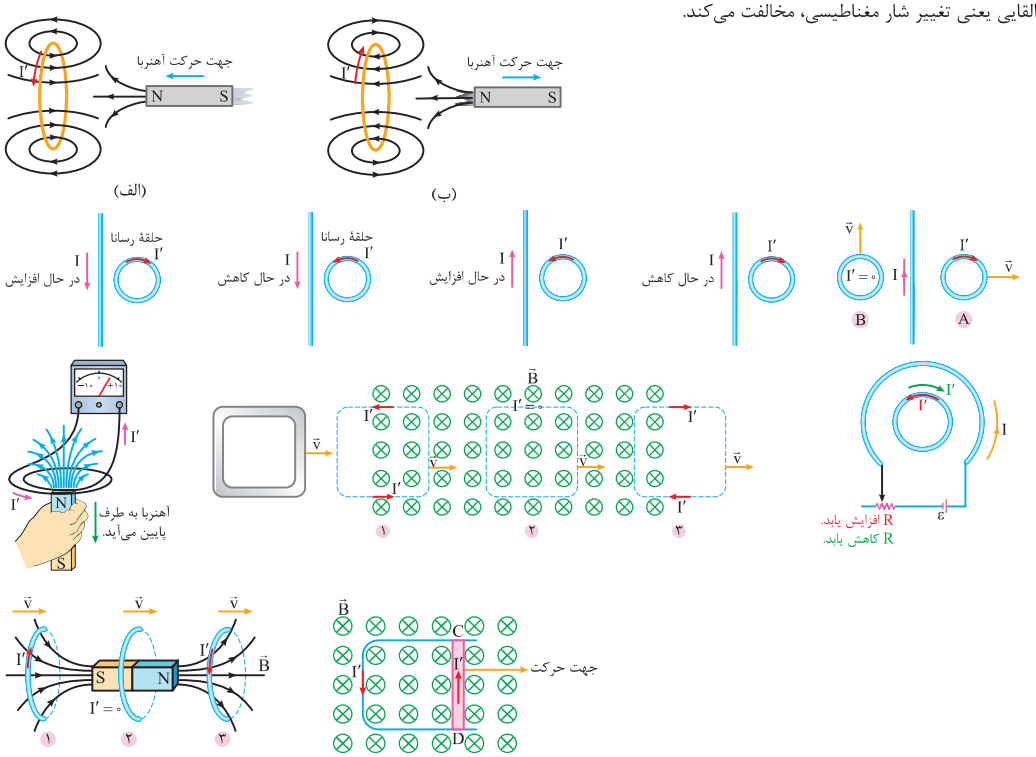
یک نمونهٔ معروف برای حالتی که عامل تغییر شار مغناطیسی، تغییر مساحت سطح حلقه باشد، حرکت میلهٔ رسانا به طول ℓ بر روی یک رسانای Uشکل با سرعت ثابت است.

چون میله با سرعت ثابت حرکت می‌کند، نیروی محرکهٔ القایی ثابت است. در این حالت رسانای Uشکل به همراه میلهٔ رسانای لغزنده، یک مولد جریان مستقیم است.

قانون لنز

تعریف: جریان حاصل از نیروی محرکهٔ القایی در یک مدار یا پیچه (I') در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن $(\vec{B}_{\text{القایی}})$، با عامل به‌وجودآورندهٔ جریان القایی یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می‌کند.

نمونه‌ها:



اساس کار کارت‌های اعتباری و دستگاه‌های کارت‌خوان، سامانهٔ تنظیم حد تندی خودرو و تندی‌سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای جریان الکتریکی القایی است.

القاگر (پیچه یا سیم‌لوله)

می‌توان از القاگرها برای تولید میدان مغناطیسی دلخواه و ذخیرهٔ انرژی در این میدان استفاده کرد.

تغییر جریان مدار ← تغییر میدان مغناطیسی القاگر ← تغییر شار مغناطیسی ← نیروی محرکهٔ القایی که با تغییر جریان عبوری مخالفت می‌کند.

اثر خودالقاوی

چطوری تغییر می‌کنه؟

جریان مدار افزایش یابد. ← القاگر شبیه مولد در حال شارژ رفتار می‌کند. ← انرژی در القاگر ذخیره می‌شود.

جریان مدار کاهش یابد. ← القاگر شبیه مولد محرک رفتار می‌کند. ← انرژی در القاگر آزاد می‌شود.

هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی (مقاومت صفر)، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.

ضریب القاوری: به عواملی همچون تعداد دور، طول و سطح مقطع القاگر و جنس هسته‌ای که داخل آن قرار می‌گیرد، بستگی دارد.

انرژی ذخیره‌شده در القاگر: $U = \frac{1}{2}LI^2$

@DaneshSad

DaneshSad
دانش صد

– جریان متناوب (AC) –

تعریف: مدت‌زمان یک دور چرخش کامل پیچه را دوره یا زمان تناوب می‌نامند و یکای آن در SI ثانیه (s) است.

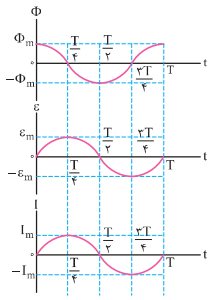
تعریف: به تعداد چرخش‌های کامل پیچه در مدت یک ثانیه بسامد یا فرکانس می‌گویند و یکای آن در SI بر ثانیه $(\frac{1}{s})$ یا هرتز (Hz) است.

$$\frac{2\pi}{\theta}=\frac{T}{t} \Leftarrow \theta=\frac{2\pi}{T}t$$

$$\Phi_m = BA \ , \ \Phi=\Phi_m\cos(\frac{2\pi}{T}t)$$

$$\varepsilon=\varepsilon_m\sin(\frac{2\pi}{T}t)$$

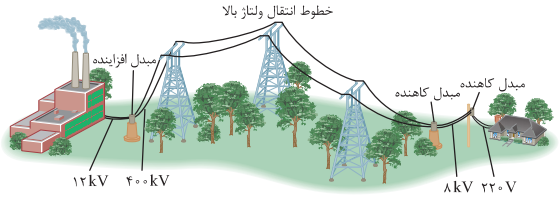
$$I_m=\frac{\varepsilon_m}{R} : I=I_m\sin(\frac{2\pi}{T}t)$$



– مبدل‌ها –

مفهوم: افزایش و کاهش ولتاژ AC بسیار آسان‌تر از DC است.

کاربرد: برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، تا جای ممکن از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده می‌کنند.



@DaneshSad