فیزیک ۳

فصل القای الکترومغناطیس

www.sahlamooz.ir

مؤلف: حجت نجفی

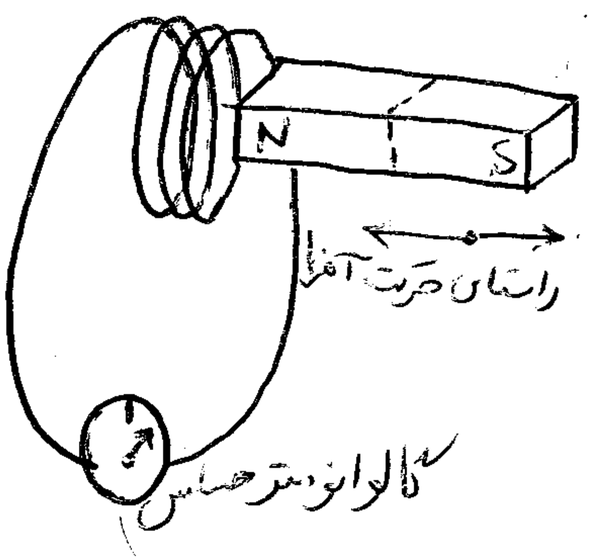
ارتباط با مؤلف: ۰۹۱۲۳۹۶۶۳۴۰

انواع القاء: ① القای الکتریکی: در این روش می‌توان اجسام رسانا را باردار کرد و بار الکتریکی در ماده‌ی رسانا پدیدار شود.

② القای مغناطیسی: در این روش می‌توان در اثر القا در ماده‌ی مزو مغناطیس خاصیت مغناطیسی ایجاد کرد.

✓ ③ القای الکترومغناطیس: در این روش می‌توان در یک رسانا (مدار بسته) ..... القا کرد.

آزمایش کتاب درسی: با ملزومی یک آزمایش خاصیت القای الکترومغناطیسی (فارادی) را نشان دهید.



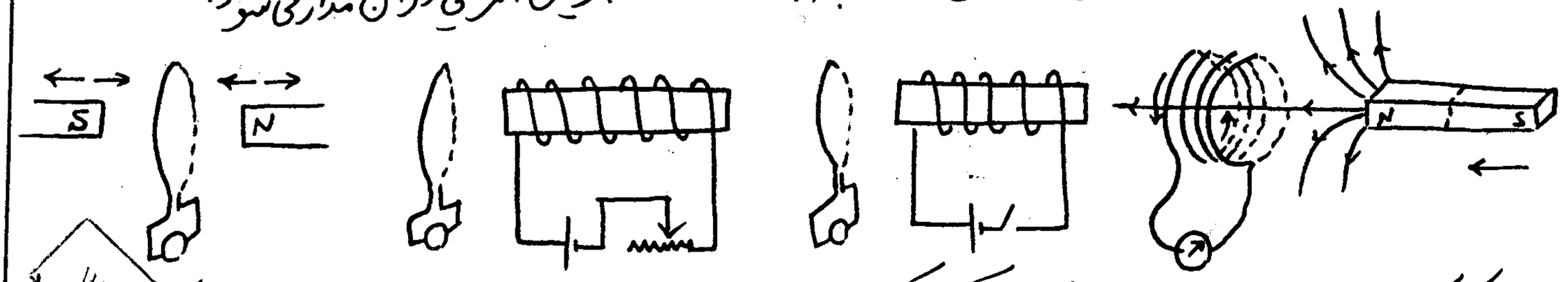
☑ مایکل فارادی (انگلیسی) و جوزف هانری (آمریکایی) با انجام آزمایش‌های مشابه دریافتند که دور و نزدیک کردن آهنربا به پیچه، عقربه‌ی میلی آمپرسنج را منحرف می‌کند و عبور جریان را از پیچه نشان می‌دهد ← درستی مانند وقتی که در مدار پیچه یک مولد وجود داشته باشد.

این پدیده را القای ..... و جریان تولید شده را جریان ..... می‌نامند.

☑ القای الکترومغناطیسی اساس کار مولد جریان متناوب (همین برق‌هایی که ما از آن استفاده می‌کنیم)، دینام، مبدل‌ها و ... می‌باشد.

☑ دور و نزدیک کردن آهنربا به پیچه باعث تغییر میدان مغناطیسی در محل پیچه می‌شود و همین امر جریان القایی را در پیچه ایجاد می‌کند.

نتیجه ← تغییر اندازه‌ی میدان مغناطیسی در محل یک مدار بسته باعث القای جریان الکتریکی در آن مدار می‌شود.



شکل کتاب درسی
ضمن رسم جهت جریان القایی.

بازوبسته کردن کلید مدار سیملوله باعث تغییر جریان سیملوله و در نتیجه تغییر میدان در محل پیچه می‌شود.

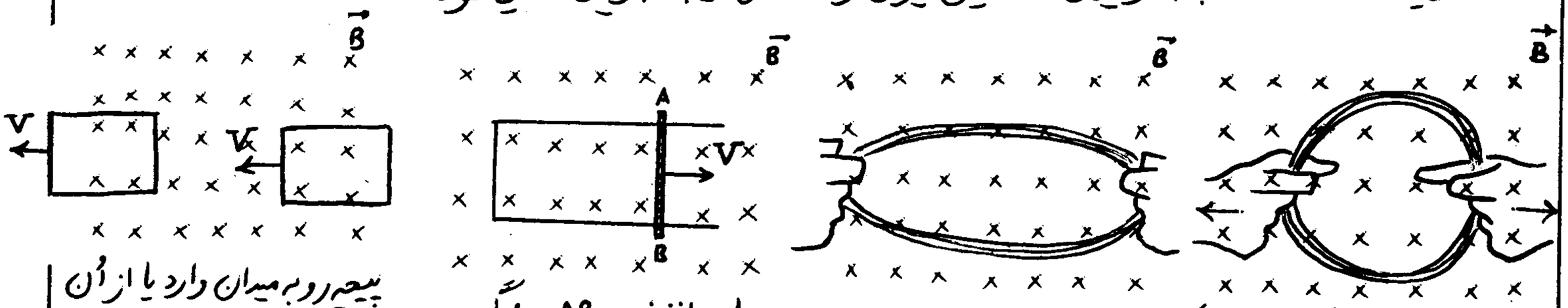
تغییر مقاومت رئوستا و در نتیجه تغییر جریان و میدان سیملوله که باعث تغییر میدان در محل پیچه می‌شود.

عقب، جلو کردن قطب‌های آهنربا جلوی پیچه باعث تغییر میدان در پیچه می‌شود.

هنگامی که تصمیم به عمل شدید، باید درهای تردید را کاملاً مسدود کنید. «پیچه»

☑ اگر پیچه از یک سیم انعطاف پذیر را در میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار دهیم، پس پیچه را تغییر شکل دهیم به گونه‌ای که مساحت حلقه‌ی پیچه تغییر کند، خواهیم دید که در حین این عمل جریان در پیچه القا می شود.

نتیجه ← تغییر مساحت مدار بسته در میدان مغناطیسی نیز می تواند عامل ایجاد جریان القایی شود.



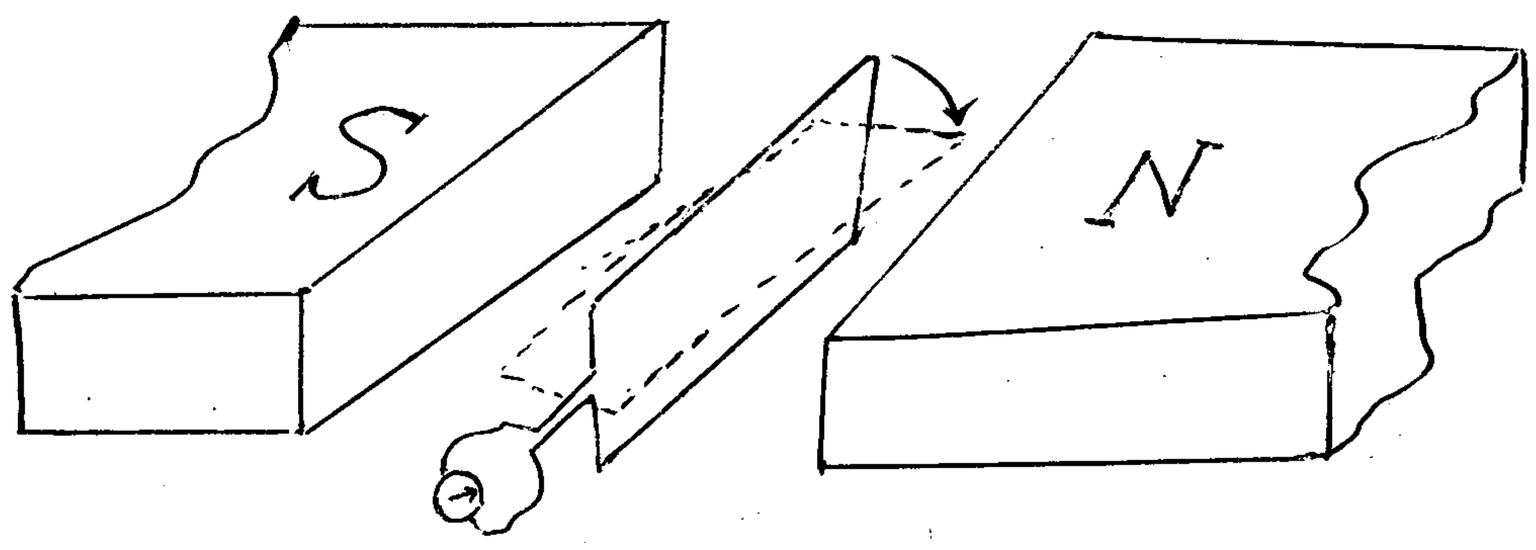
پیچه رو به میدان وارد یا از آن خارج می کنیم تا مساحتی که میدان از آن می گذرد تغییر کند!

میله‌ی لغزنده‌ی AB را می گذریم حرکت می دهیم تا مساحتی که میدان مغناطیسی از آن می گذرد تغییر کند!

پیچه را می کشیم تا به شکل بخمد درآید. آن مساحتی که میدان مغناطیسی از آن می گذرد کم می شود!

☑ با چرخاندن پیچه در میدان مغناطیسی یکنواخت (بزرگی میدان مغناطیسی و مساحت حلقه‌ی مدار تغییر نمی کند) ولی زاویه‌ی بین میدان مغناطیسی و سطح پیچه تغییر می کند. در این حالت نیز آزمایش نشان می دهد که گالوانومتر عبور جریان الکتریکی را نشان می دهد.

نتیجه ← تغییر زاویه‌ی بین حلقه و راستای میدان مغناطیسی نیز می تواند عامل برقراری جریان الکتریکی القایی شود.



شار مغناطیسی: دیدیم در اثر تغییر میدان مغناطیسی در حلقه، تغییر مساحت حلقه و یا تغییر زاویه‌ی بین سطح و میدان جریان الکتریکی در پیچه القا می شود. کمیتی به نام ..... ، این سه کمیت را در بر دارد و یک کمیت ..... است.

(علوی مغناطیس)

☑ شار مغناطیسی حامل از میدان مغناطیسی یکنواخت* B که از سطح حلقه‌ای به مساحت A می گذرد با ... نشان داده و در SI برحسب .... (...) بیان می شود:

$\Phi = A.B.\cos\theta$

↓ ... ↓ ..... ↓

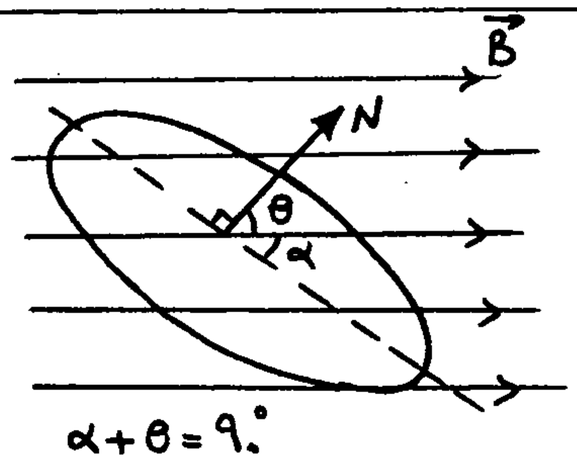
(ماکسول) Maxwell cm^2 G → 1 max = 1.^ wb

☑ شار مغناطیسی متناسب با ..... میدانی است که از درون حلقه می گذرد.

هر چه این خطوط عبوری از حلقه بیشتر باشد، .... بیشتر است.

www.sahandi22.ir

* اگر میدان مغناطیسی یکنواخت نباشد، رابطه‌ی شار پیچیده خواهد بود و فراتر از سطح کتاب می باشد.



☑ θ زاویه‌ی بین بردار عمود بر سطح و خطوط میدان است، که برابر است با: $\theta = |۹۰^\circ - \alpha|$

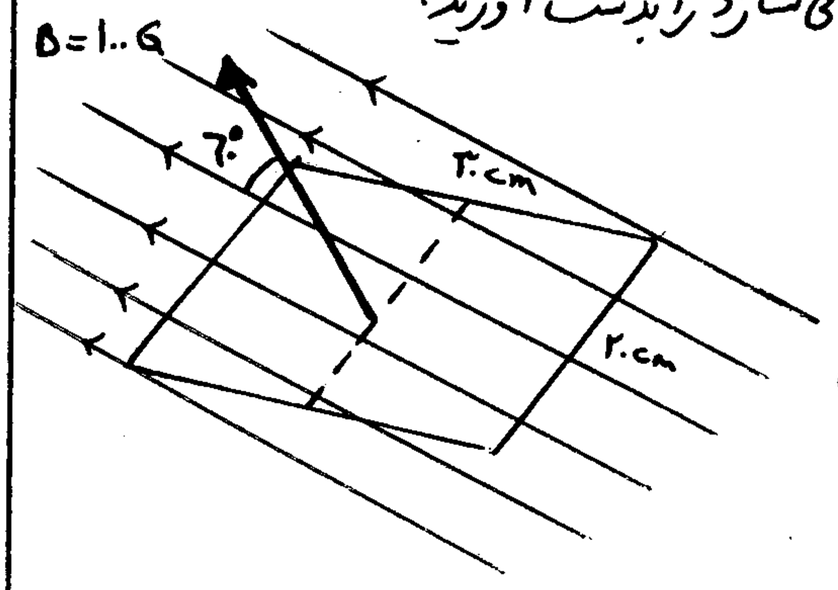
(α زاویه‌ی بین سطح با خطوط میدان است.)

☑ نیم‌خط عمود بر سطح حلقه را می‌توانید به طور دلخواه در هر یک از دو طرف حلقه‌ها در نظر بگیرید ولی پس از انتخاب، جهت آن را تا پایان حل سؤال عوض نکنید.

☑ وقتی سطح قاب (پیچه) عمود بر میدان مغناطیس است ($\alpha = ۹۰^\circ$)، شار مغناطیس Max می‌شود: $\theta = ۰ \rightarrow \Phi = AB$

☑ وقتی سطح قاب (پیچه) موازی میدان مغناطیس باشد ($\alpha = ۰^\circ$)، شار مغناطیس Min می‌شود: $\theta = ۹۰ \rightarrow \Phi = ۰$

مثال کتاب درسی: الف) شار مغناطیس عبوری از سطح یک قاب مستطیل شکل به ابعاد ۲۰cm×۳۰cm که خط عمود بر آن با میدان مغناطیس یکنواخت مدگاوس مطابق شکل زاویه‌ی ۶۰° می‌سازد را بدست آورید.



ب) اگر این قاب را بچرخانیم به طوری که زاویه‌ی خط عمود بر آن با خط‌های میدان مغناطیس از ۶۰° به ۳۰° برسد، شار مغناطیس چقدر تغییر می‌کند؟

تمرین کتاب درسی: حلقه‌ای به مساحت $۵۰cm^۲$ در یک میدان مغناطیس یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد. با فرض اینکه خط‌های میدان مغناطیس $\vec{B}$ عمود بر سطح حلقه باشند، اگر بزرگی میدان مغناطیس بدون تغییر جهت آن به اندازه‌ی ۰/۱۳ T افزایش یابد، شار مغناطیس که از سطح حلقه می‌گذرد، چقدر تغییر می‌کند؟

جمع‌بندی: برای ایجاد جریان القایی ← باید شار مغناطیس تغییر کند ← برای تغییر شار باید هر یک از کمیت‌های B و A و θ تغییر کنند.

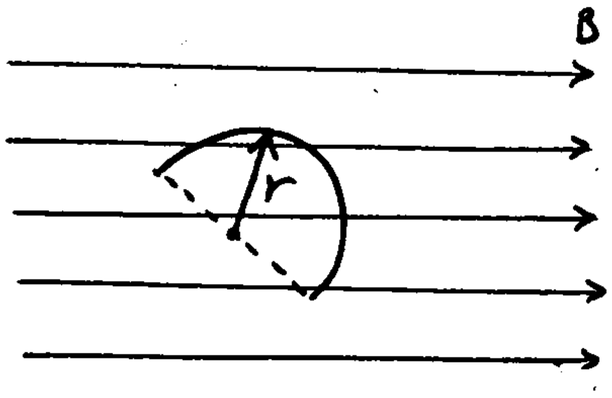
تغییر میدان $(\Delta B) \leftarrow \Delta\Phi = A(\Delta B)\cos\theta$. تغییر سطح $(\Delta A) \leftarrow \Delta\Phi = (\Delta A)B\cos\theta$ تغییر θ $(\Delta\cos\theta) \leftarrow \Delta\Phi = AB(\Delta\cos\theta)$

www.sahlanoz.ir

جریان القایی درست شبیه به وضعیتی است که یک مولد در مدار باشد و نیروی محرکه‌ی آن جریانی ایجاد کرده باشد.

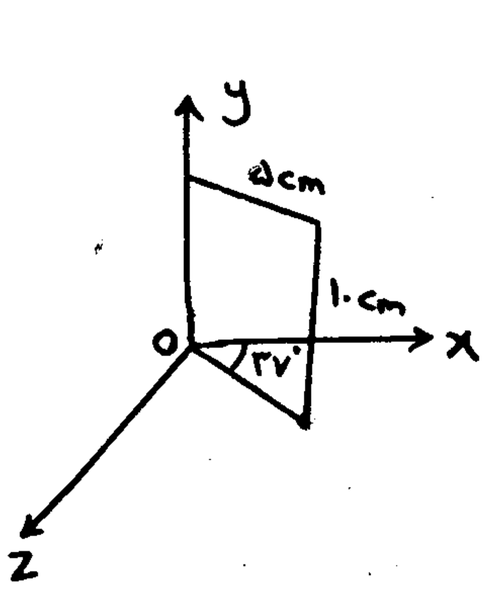
مثال : حلقه‌ای فلزی به شعاع ۲۰cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی ۱۰۰G قرار دارد و خطوط میدان موازی با سطح حلقه است. اگر حلقه حول یکی از قطرهایش که عمود بر خطوط میدان است به اندازه‌ی ۳۰ درجه دوران کند، شار مغناطیسی آن به اندازه‌ی چند ویبر تغییر می‌کند؟

تمرین : مطابق شکل، نیم‌کره‌ای به شعاع ۲ در یک میدان مغناطیسی به شدت B قرار گرفته است و سطح نیم‌کره با خطوط میدان زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد، شاری که از داخل قاب می‌گذرد چقدر است؟



تمرین : سطح حلقه‌ی دایره‌ای قابل انعطاف به شعاع ۱۰cm با میدان مغناطیسی یکنواخت ۴۰۰G زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد، اگر حلقه را از دو طرف بکشیم تا بدون اینکه زاویه‌ی سطح آن با میدان تغییر کند، مساحت آن نصف گردد، تغییر شار را حساب کنید. ($\sqrt{2}=1.4$)

تمرین : در شکل روبه‌رو، بزرگی میدان مغناطیسی ۰/۰۲ تسلا و در جهت محور x ها است.
اگر میدان مغناطیسی را تقویت کرده و به ۰/۰۴ تسلا برسانیم و این بار در جهت محور z ها قرار گیرد، شار مغناطیسی عبوری از آن چقدر تغییر خواهد کرد؟
ب) اگر میدان مغناطیسی در جهت محور y ها می‌بود، شار مغناطیسی عبور چقدری می‌شد؟



☑ آزمایش‌ها نشان می‌دهد که هرچه تغییر شار سریع‌تر اتفاق افتد، جریان القایی و نیروی محرکه‌ی القایی بزرگ‌تر خواهد بود. مثلاً در شکل‌های صفحه‌ی ۱ و ۲ هرچی حرکتی که باعث تغییر شار میشه! سریعتر انجام بشه، عقربه‌ی گالوانومتر بیشتر منحرف می‌شه و این نشون دهنده‌ی اینکه جریان بزرگتری به وجود اومده!

www.physicsplanet.ir

لنز فیزیکدان روسی تبار جهت جریان القایی و فارادی دانشمند انگلیسی مقدار جریان القایی رو فرمول‌بندی کردن!

قانون فارادی (برای تعیین مقدار جریان القایی) :

« هرگاه شار مغناطیس ای که از مدار بسته ای می گذرد تغییر کند، . . . . . در آن القا می شود که بزرگی آن با . . . . تغییر شار مغناطیس متناسب است. »

یعنی هرچی آهنگ تغییر شار مغناطیس بیشتر باشد، نیروی محرکه ی القایی و در نتیجه جریان ایجاد شده در مدار بیشتر خواهد بود.

$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt}$ نیروی محرکه ی القایی لحظه ای

$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ نیروی محرکه ی القایی متوسط

☑ هر پیچه را می توان به صورت چند حلقه که به طور متوالی به هم بسته شده اند در نظر گرفت، تغییر شار در هر حلقه ی پیچه نیروی محرکه ای القا می کند. نیروی محرکه ی القایی کل، برابر مجموع نیروی محرکه ی القا شده در حلقه هاست.

یعنی نیروی محرکه ی القایی کل هر پیچه با تعداد دورهای پیچه (N) رابطه ی . . . . دارد.

☑ $\frac{d\phi}{dt}$ را آهنگ تغییر شار مغناطیس (یعنی مشتق شار نسبت به زمان) گویند و واحد آن . . . . . $(\frac{\cdots}{\cdots})$ است.

سؤال : با این اوصاف واحد دیگر وبر (Wb) چه می شود؟

☑ علامت منفی هم نشان دهنده ی جهت نیروی محرکه ی القایی است که بیانگر همان قانون لنز است که راجع به آن هم صحبت خواهیم کرد.

☑ $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ را نیز آهنگ متوسط تغییر شار مغناطیس در بازه ی زمانی Δt می نامند

نکته : می دانیم برای تغییر شار حداقل باید یکی از ۳ کمیت A و B و θ تغییر کند و دو تای دیگر ثابت بماند.

پس در حالت خاص داریم :

$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \cdot B \cdot \cos\theta$ ← آهنگ تغییر سطح در بازه ی Δt

$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \cos\theta$ ← آهنگ تغییر میدان در بازه ی Δt

$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = A \cdot B \cdot \frac{\Delta \cos\theta}{\Delta t}$ ← آهنگ تغییر زاویه در بازه ی Δt

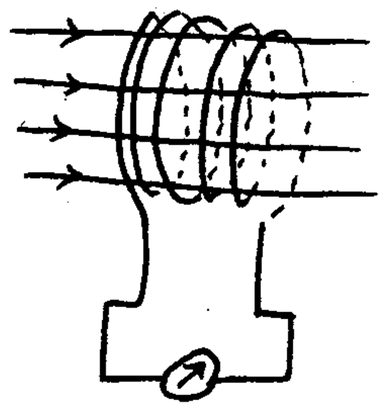
www.sahlamooz.ir

☑ اگر مقاومت پیچه برابر R باشد، جریان القا شده در آن از رابطه ی زیر بدست می آید:

$I = \frac{\varepsilon}{R}$ ← $\bar{I} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ جریان القایی متوسط و $I = -\frac{N}{R}\frac{d\phi}{dt}$ جریان القایی لحظه ای

☑ مقدار الکتریسیته (یا بارالکتریکی) القایی [q]: $q = I \cdot \Delta t \rightarrow q = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\cdot\Delta t \rightarrow \boxed{q = -\frac{N}{R}\Delta\phi}$

مثال کتاب درسی: پیچه‌ای شامل ۲۰۰ دور سیم با مساحت سطح مقطع ۲ سانتی‌متر مربع مطابق شکل در میدان مغناطیسی یکنواختی



قرار گرفته است؛ به‌گونه‌ای که خط‌های میدان بر سطح آن عمود است. بزرگی میدان مغناطیسی در بازه‌ی زمانی ۳/۲ میلی ثانیه و بدون تغییر جهت از ۰/۱۸T به ۰/۲۲T می‌رسد. اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط چقدر است؟

تمرین کتاب درسی: میدان مغناطیسی عمود بر یک قاب دایره‌ای شکل به قطر ۲۰ سانتی‌متر با زمان تغییر می‌کند و در مدت ۰/۵s از ۰/۲۸+ تسلا به ۰/۱۲- تسلا می‌رسد (تغییر علامت نشان دهنده‌ی وارون شدن جهت میدان است.) نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در حلقه را حساب کنید.

مثال کتاب درسی: سیملوله‌ای با ۵۰۰ دور و مقاومت الکتریکی ۱۰Ω و مساحت سطح مقطع ۲۵cm² در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارند. برای اینکه جریانی برشدت ۱mA در سیملوله القا شود، میدان مغناطیسی با چه آهنگی باید تغییر کند؟ فرض کنید سطح مقطع سیملوله بر میدان مغناطیسی عمود است.

تمرین کتاب درسی: اگر شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌ای مطابق رابطه‌ی زیر (در SI) تغییر کند: $\Phi = (4t^2+3t-1)\times10^{-3}$

الف) بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی در حلقه در لحظه‌ی $t=2s$ چقدر است؟

ب) بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی در پیچه‌ای از همین حلقه‌ها با تعداد دور ۵۰، در ۲ ثانیه‌ی سوم چقدر است؟

www.sahlamooz.ir

تمرین کتاب درسی : پیچه‌ای با سطح مقطع $30\,cm^2$ دارای ۱۰۰۰ حلقه است و در ابتدا بر میدان مغناطیسی زمین عمود است. اگر در مدت $0.02\,s$ پیچه بصورخد و موازی میدان مغناطیسی زمین قرار بگیرد، نیروی محرکه‌ی متوسط القایی در آن چقدر است؟ (اندازه‌ی میدان زمین را $0.5\,G$ در نظر بگیرید)

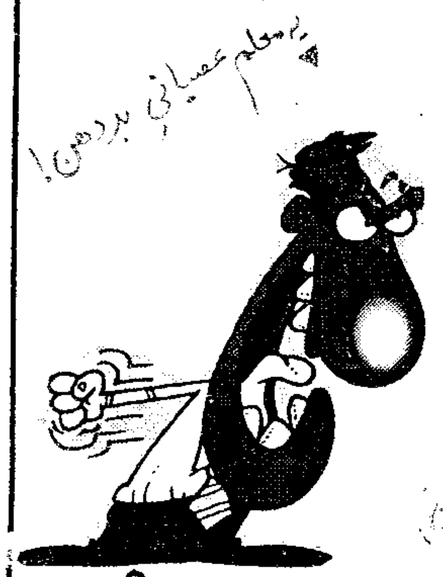
مثال: از سیمی به طول ۶۲/۸ متر، پیچه‌ی سطحی به شعاع $5\,cm$ ساخته‌ایم، این پیچه بطور عمود بر یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار گرفته است، بزرگی میدان باچه آهنگی تغییر کند تا شدت جریان القایی ۵ میلی آمپر شود؟ (مقاومت پیچه ۳۱/۴ اُهم است)

مثال: قابی به مقاومت 2 اُهم از ۵۰ حلقه هریک به سطح $100\,cm^2$ تشکیل شده است. این قاب عمود بر خطوط میدان به شدت 2 تسلا قرار دارد. اگر قاب را حول محور قائم به اندازه‌ی 180° درجه بچرخانیم، مقدار الکتریسیته القاء شده در قاب برابر خواهد بود با؟ (برحسب کولن)

مثال: کدام یک از موارد زیر باعث القای میدان الکتریکی می‌شود؟ (کنکور ۲ـ ۸۳)

۱) یک آهنربای ثابت ۲) آهنربایی که به یک سیملوله نزدیک می‌شود.

۳) عبور جریان الکتریکی ثابت از یک سیم رسانای ساکن ۴) عبور جریان الکتریکی ثابت از یک سیملوله‌ی ساکن



عزیزان من! دلبندان من! اگر گوشه‌های نازنین! بار الکتریکی را به راه می‌انداخت و شروع به حرکت می‌کرد؟ نفی حرفم! تربیتون نرم، من که ۱۰۰ بار گفتم! وقتی توی یه میدان الکتریکی قرار بگیره... حواست بود؟ خب حتماً خوب حواستو جمع نمی‌کنی. پس وقتی توی یه سیم جریان بوجود می‌آد (یعنی بارها الکتریکی راه می‌افتن) حتماً توی سیم میدان الکتریکی وجود داره.

توی کتابهای داده شده ادعا شده باعث القای میدان الکتریکی می‌شه که بتونه جریان القایی ایجاد کنه. خب کدوم کتابه؟ تو این روهم نمی‌دونی؟ تو اصلاً چی می‌دونی؟ اصلاً به درس توجه داری؟ زیر نیم‌نمود آورد بچه! از این به بعد جریان القایی وجود می‌آد که شار تغییر کنه. شار چیه؟ نمی‌دونی؟ برو بمیر! برو ترک تحصیل کن! تو رو چه به درس و مشق؟ مگه این مملکت حمال نمی‌خواد؟ سوپر نمی‌خواد؟ کوپن فروش نمی‌خواد؟ مگه قراره همه دکتر و مهندس بشن؟

بچه پررو دهن آدم و باز می‌کنه! اون چه وضع سوئیه که تو داری؟ چرا قدرت این قدر کوتاهه؟ چرا پرسنت این قدر سفیده؟ چرا آب تو تلمبه است؟ چرا گوش کوب تلمبه‌ست؟ چرا خورشیدی تابه؟ چرا می‌چرخه زمین؟

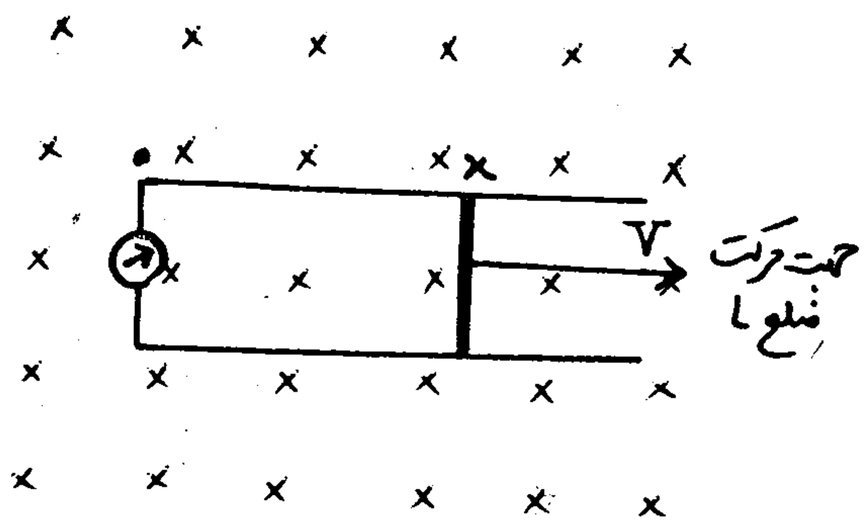
www.KetabFarsi.com

سؤال : آمپر× وبر از جنس چه نوع کمیتی است ؟

تمرین: سیملولهای با ۴۰۰ دور و مقاومت ۱.۵Ω و مساحت سطح مقطع ۲.۰cm²، عمود بر میدان مغناطیس متغیری است که آهنگ تغییر آن $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 5 \times 10^{-3} \frac{T}{s}$ می‌باشد. شدت جریان القایی در سیملوله چند آمپر است ؟ (آزاد تجربی - ۸۵)

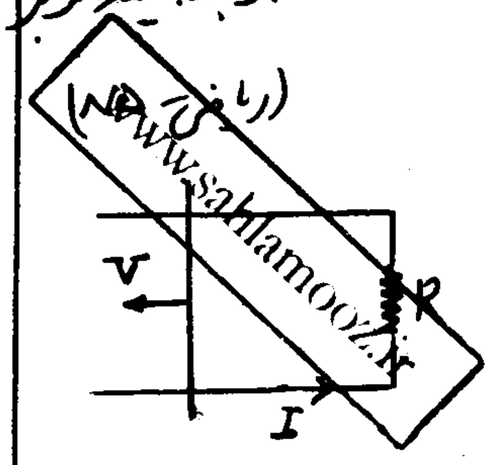
تمرین: پیچه‌ای دارای ۵۰ حلقه است و شار مغناطیس ۰.۰۴ Wb از آن می‌گذرد. این شار مغناطیس به طور منظم کاهش پیدا کرده و در مدت ۵t به صفر می‌رسد. اگر مقاومت الکتریکی این مدار ۵Ω باشد، چند کولن الکتریسیته القایی در این مدت شارش پیدا می‌کند ؟ (تجربی - ۸۴)

مثال کتاب درسی (معم) : قاب مستطیلی شکلی که از سیم بدون روکش ساخته شده است، مطابق شکل در میدان مغناطیس یکنواخت و ثابت با بزرگی ۰/۱۸T قرار گرفته است. سطح حلقه بر میدان مغناطیس عمود است. اگر ضلع L=۲۰cm با سرعت $V=20 \frac{m}{s}$ در جهتی که در شکل نشان داده شده است، حرکت کند بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی را محاسبه کنید.



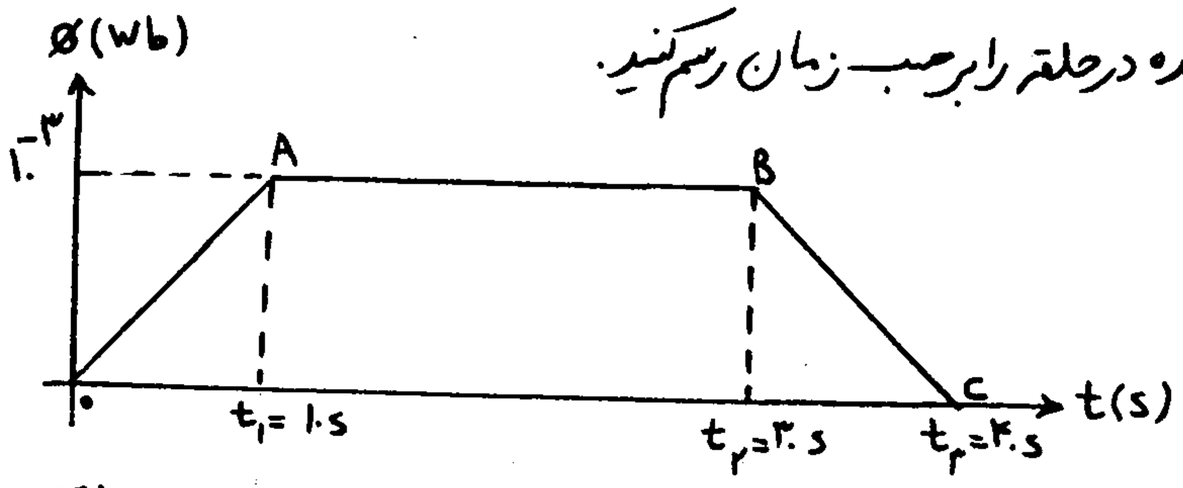
نکته : اگر میله‌ی رسانایی به طول L در امتداد عمود بر میدان مغناطیس یکنواخت B با سرعت V در امتداد عمود بر میدان مغناطیس حرکت کند، نیروی محرکه‌ی القا شده در دو سر آن برابر است با: $\mathcal{E} = BLV$

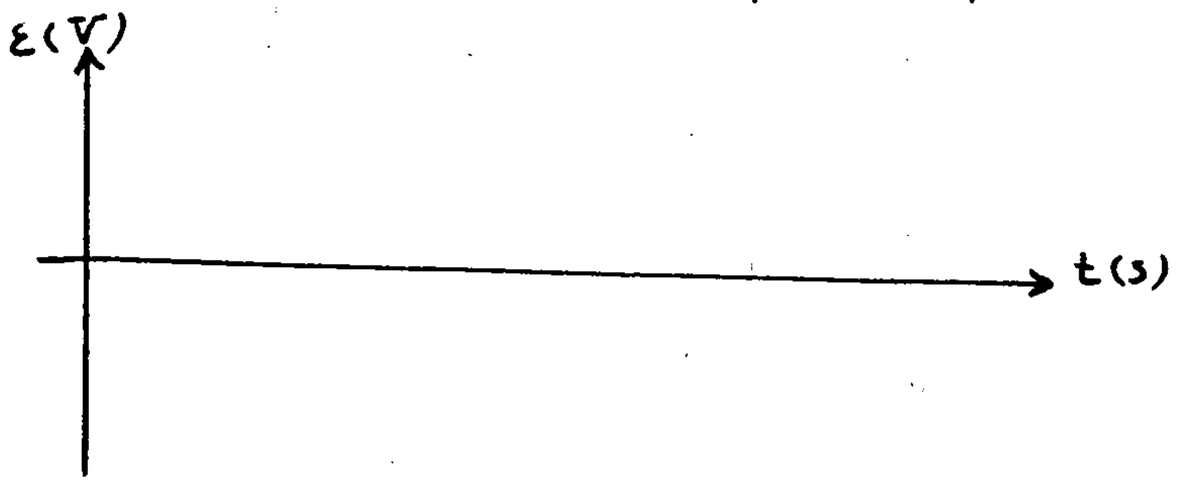
تمرین : در شکل روبه‌رو اگر R=۰.۱۴Ω و B=۰.۱۵T و I=۰.۵A و L=۰.۱۲m باشد، سرعت انتقال میله (V) برابر با چند متر بر ثانیه است ؟ (L طول میله)



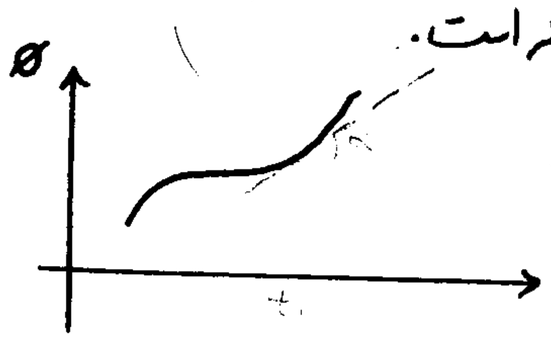
من آموختم که هنوز خیلی چیزها است که باید یاد بگیرم. (مهاتما گاندی)

مثال کتاب درسی : نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد برحسب زمان در منحنی شکل داده شده است.
نمودار تغییرات نیروی محرکه‌ی القا شده در حلقه را برحسب زمان رسم کنید.



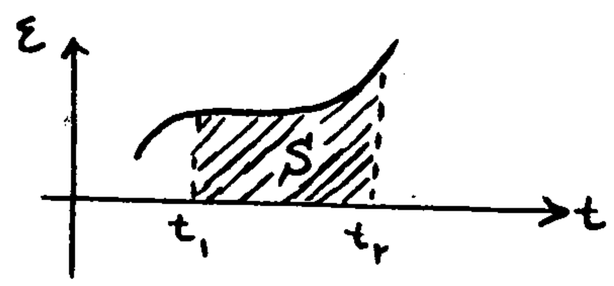


نکته‌ی ۱ : شیب خط مماس بر منحنی (Φ - t) در هر لحظه متناسب با نیروی محرکه‌ی القایی در آن لحظه است.



$$\varepsilon = -N\frac{d\alpha}{dt} \rightarrow tg\alpha = -\frac{\varepsilon}{N}$$

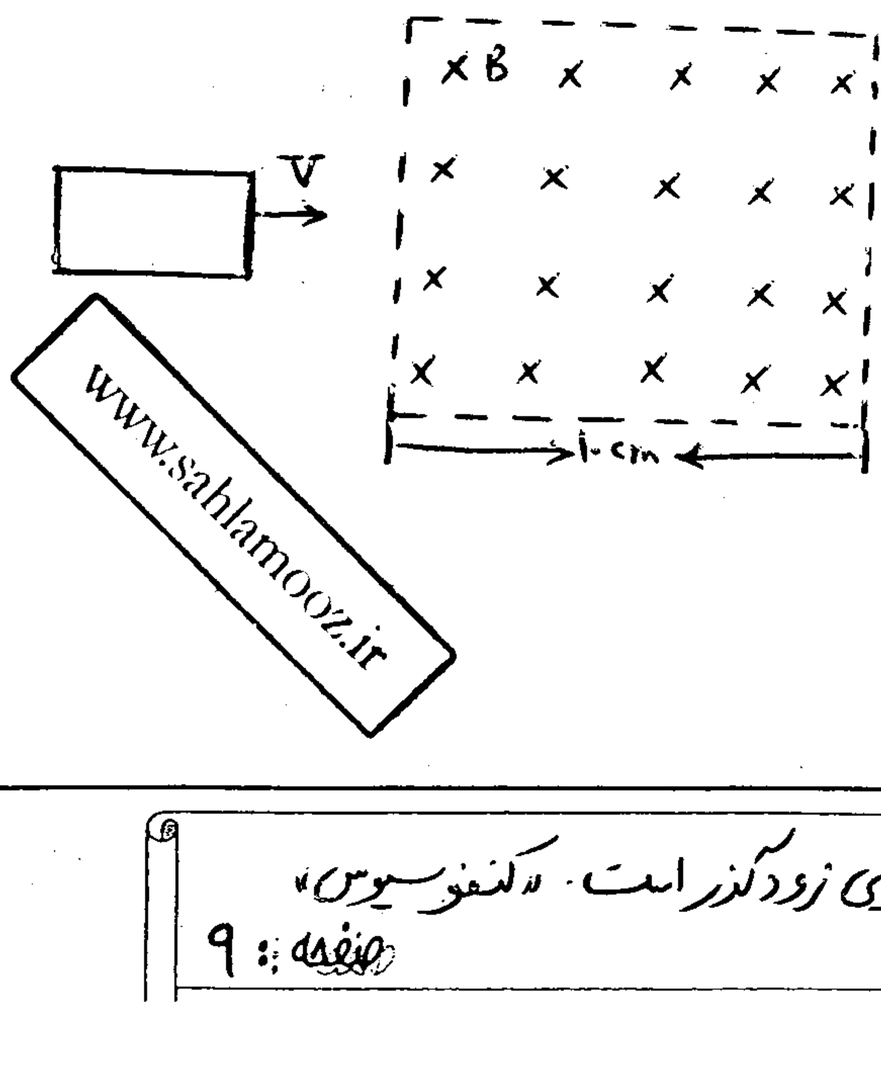
نکته‌ی ۲ : مساحت زیر نمودار (ε-t) متناسب است با تغییر شار (ΔΦ).



$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \varepsilon\,\Delta t = -N\,\Delta\Phi \rightarrow S = -N\,\Delta\Phi$$

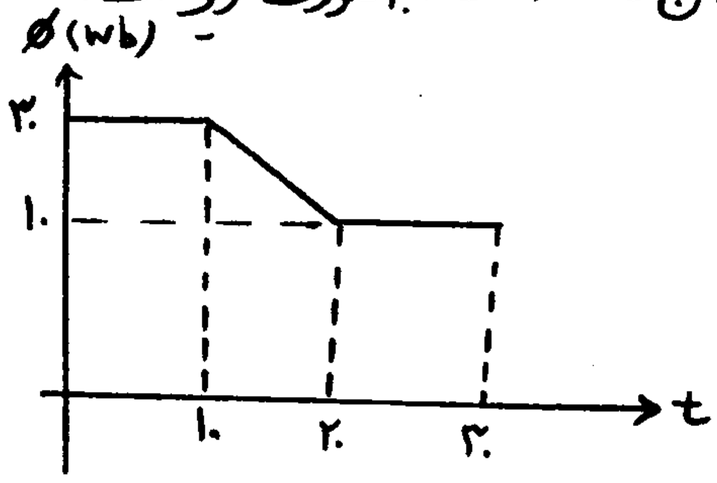
مساحت زیر سطح (ε-t)

تمرین کتاب درسی : حلقه‌ی فلزی مستطیلی شکل به ابعاد ۳cm×۵cm مطابق شکل با سرعت ثابت ۲ $\frac{m}{s}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت ۰.۲T می‌شود و از طرف دیگر آن خارج می‌شود. نمودار تغییرات شاری که از حلقه می‌گذرد و نیروی محرکه‌ی القا شده در آن را برحسب زمان رسم کنید.

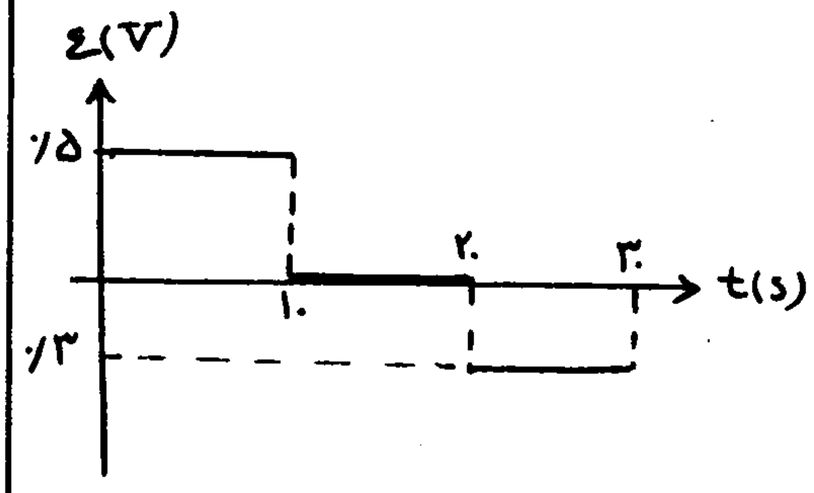


www.sahlamooz.ir

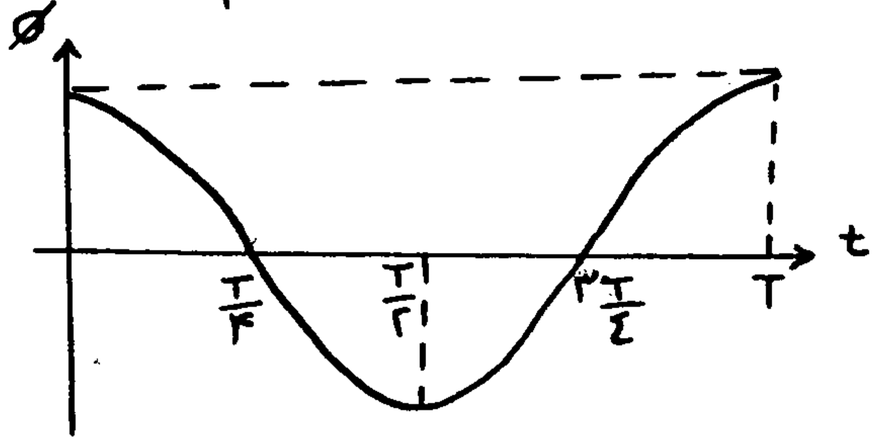
تمرین : نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از حلقه‌ای با ۱ اهم می‌گذرد و مقاومت آن ۲Ω است، به صورت زیر است.
نمودار نیروی محرکه‌ی القایی را رسم نمائید.

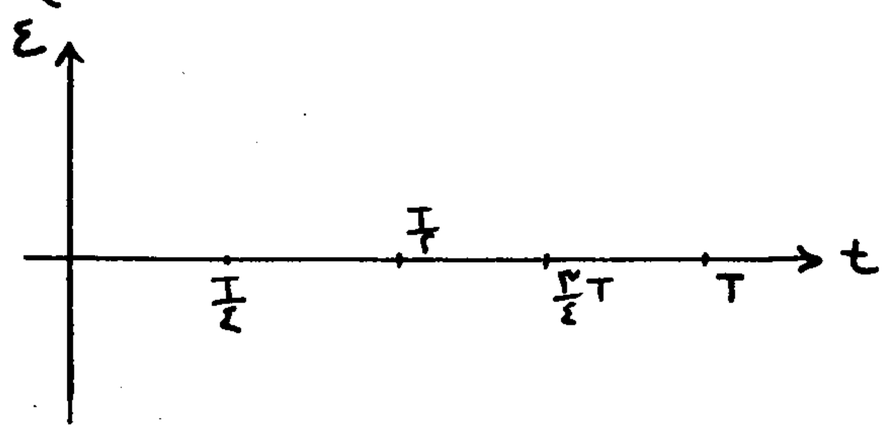


مثال : نمودار تغییرات نیروی محرکه - زمان در حلقه‌ای به صورت مقابل است.
اگر شار اولیه‌ی گذرنده‌ی از این حلقه برابر ۲- وبر باشد. شار گذرنده از آن در لحظه‌ی $t=25s$ چند وبر است؟ ($N=1$)



مثال : نمودار شار مغناطیسی که از مداری می‌گذرد. مطابق شکل تابع کسینوسی است. نمودار نیروی محرکه‌ی القایی را رسم کنید.

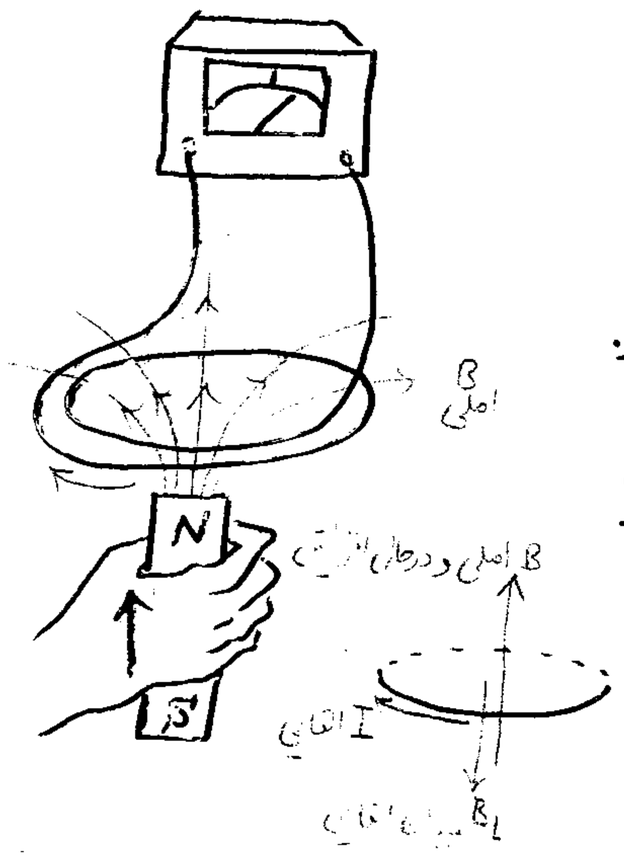




www.sahlamooz.ir

قانون لنز (برای تعیین جهت جریان القایی):

«جریان القایی در مدار در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل بوجود آورنده‌ی جریان القایی (یعنی تغییر شار مغناطیسی) مخالفت می‌کند.»



علامت منفی رابطه های قبل، نشاندهنده‌ی همین مخالفت است.

به‌عنوان مثال (کتاب درسی)، اگر قطب N یک آهنربای میله‌ای را به یک پیچه نزدیک کنیم، شار عبوری از پیچه، به دلیل قوی‌تر شدن میدان در محل پیچه، افزایش می‌یابد. جهت جریان القایی در پیچه در جهتی خواهد بود که میدان مغناطیسی حاصل از آن در خلاف جهت میدان آهنربای میله‌ای باشد، تا با افزایش شار مغناطیسی که از پیچه می‌گذرد مخالفت کند ← یعنی قطب N آهنربا را به عقب براند.

تمرین کتاب درسی: در شکل فوق قطب N آهنربا را از پیچه دور کنید و با استفاده از قانون لنز جهت جریان القایی را در پیچه تعیین کنید.

تمرین خودم: قطب S یک آهنربا را به یک حلقه (یا پیچه) دور و نزدیک کنید و در هر حالت جهت جریان القایی را طبق قانون لنز بدست آورید و توضیح دهید.

نحوه‌ی استفاده از قانون لنز: وقتی شار مغناطیسی به هر دلیلی تغییر کند، جریان القایی بوجود می‌آید. جریان القا شده، در اطراف حلقه‌ی خود، میدان مغناطیسی بوجود می‌آورد که آن را میدان القایی (B_L) می‌نامیم.

← اگر شار افزایش یابد، حلقه با ایجاد میدان القایی (B_L) در خلاف جهت میدان اصلی (B)، با افزایش آن مخالفت می‌کند.

طبق این قانون

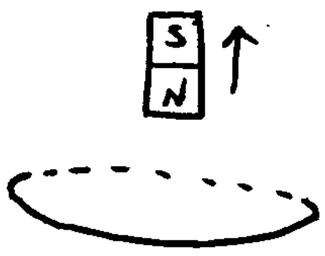
← اگر شار کاهش یابد با ایجاد میدان القایی (B_L) در جهت میدان اصلی (B) با کاهش شار مخالفت می‌کند.

www.sabzlearn.ir

قطب آهنربا به حلقه نزدیک می‌شود ← مساحت حلقه افزایش یابد ← شدت جریان در مدار (اگر) مولد افزایش یابد ← $\Phi \uparrow$ ← B_L در خلاف جهت B

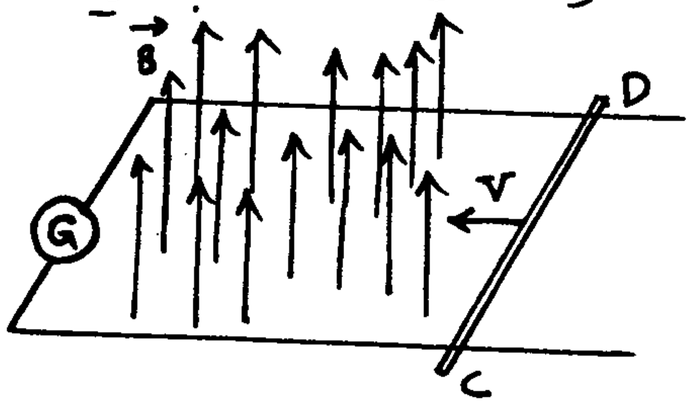
قطب آهنربا دور شود ← مساحت حلقه کاهش یابد ← شدت جریان در مدار (اگر) مولد کاهش یابد ← $\Phi \downarrow$ ← B_L در جهت B

تمرین کتاب درسی : قطب شمال یک آهنربا، مطابق شکل از یک حلقه‌ی فلزی دوری شود. جهت جریان القایی را در حلقه مشخص کنید.

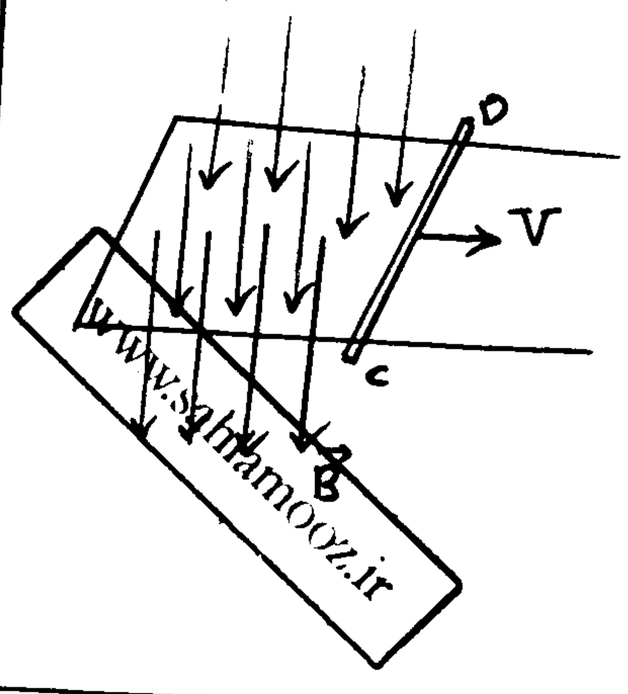


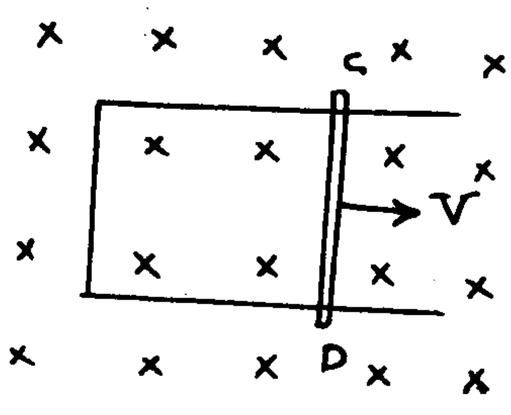
تمرین کتاب درسی : یک آهنربای میله‌ای را به طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک زمین رها می‌کنیم. اگر سطح زمین در مسیر حرکت آهنربا با آن نرم باشد آهنربا در زمین فرو می‌رود. اگر این آزمایش را بار دیگر در وضعیتی تکرار کنیم که آهنربا در حین سقوط از درون حلقه‌های یک پیچه بگذرد، عقربه‌ی گالوانومتر در زمانی که آهنربا در زمین است چه تغییری خواهد کرد؟ چرا؟ (از اثر مغناطیس زمین بر روی آهن ربا چشم پوشی کنید.)

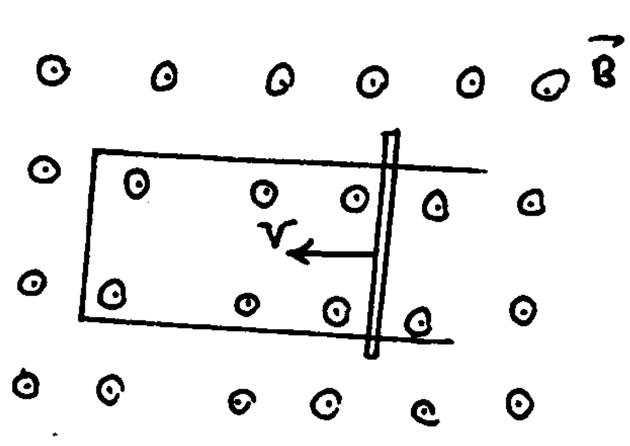
تمرین کتاب درسی : دو میله‌ی رسانای موازی در صفحه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارند. این میله‌ها توسط گالوانومتری مطابق شکل به یکدیگر بسته شده‌اند. میله‌ی رسانای CD می‌تواند روی دو میله‌ی موازی بلغزد. اگر میله‌ی CD در جهت نشان داده شده در شکل به حرکت درآید، جهت جریان القایی در مدار در چه سویی است؟



سؤال مشابه بالا : در هر یک از شکل های زیر جهت جریان القایی را تعیین کنید:



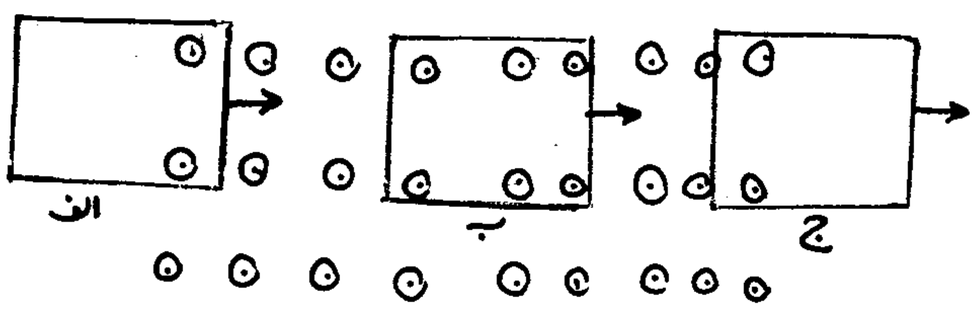




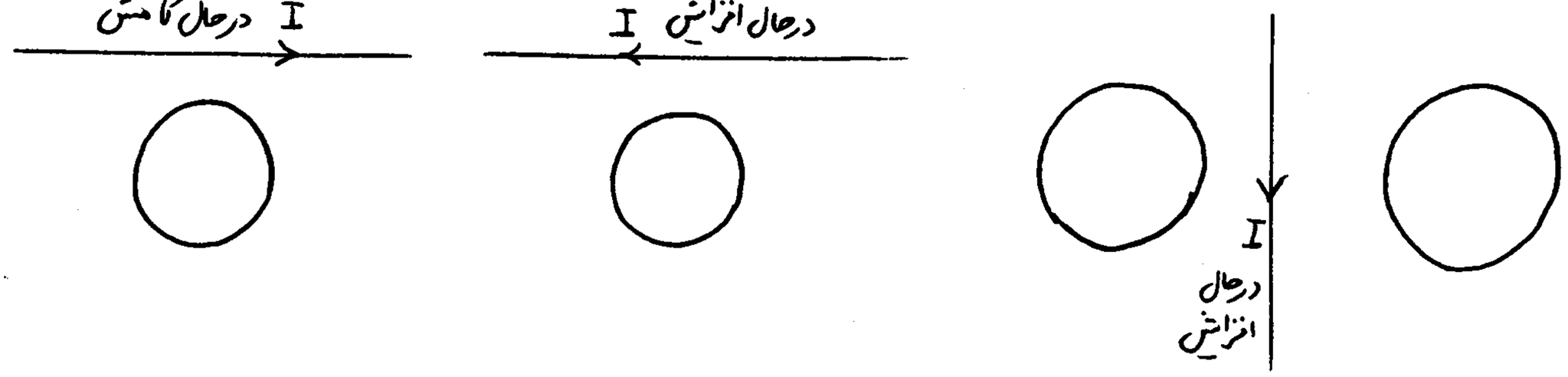
www.sahamooz.ir

تمرین کتاب درسی : پیچه ی مستطیلی را مطابق شکل به طرف راست می کشیم و از میدان مغناطیس برون سو خارج می کنیم. جهت جریان القایی در پیچه را در ۳ حالت زیر تعیین کنید:

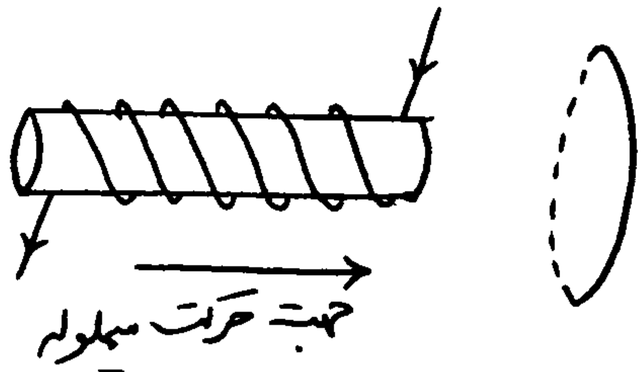
الف) موقع ورود به داخل میدان. ب) وقتی کاملاً در میدان قرار گرفته است. ج) موقع خروج از میدان.



تمرین کتاب درسی : جهت جریان القایی در هریک از حلقه های دایره ای نشان داده شده در شکل در چه سوئی است؟



تمرین کتاب درسی : در شکل زیر، اگر سیملوله را در جهت نشان داده شده در شکل به حلقه نزدیک کنیم، جریان القایی در حلقه در چه جهتی است؟

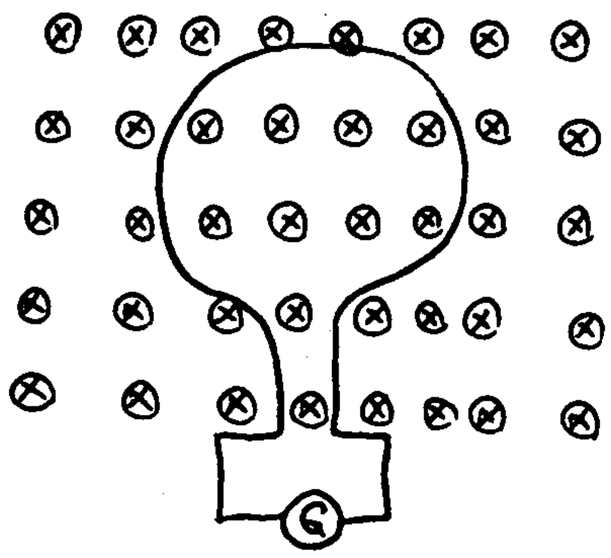


سوال خودم: تو شکل بالایی اگر می گفت جهت جریان القایی حلقه ساعتگرد، جهت حرکت سیملوله چی می شد؟ (این جوری ایده ی خوبی برای تست میشه!)

www.physicamooz.ir

اغلب آنهایی پیروز و موفق می شوند که کمتر تئوری و تعجید شنیده باشند. «زولا»

تمرین کتاب درسی: حلقه‌ای مطابق شکل درون یک میدان مغناطیس یکنواخت قرار دارد. اگر اندازه‌ی میدان افزایش یابد، جهت جریان القایی را در حلقه مشخص کنید:

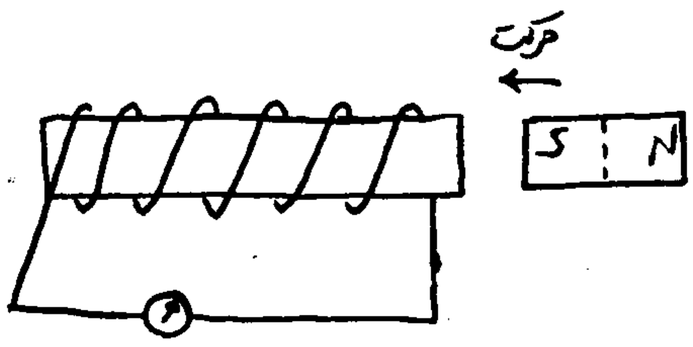


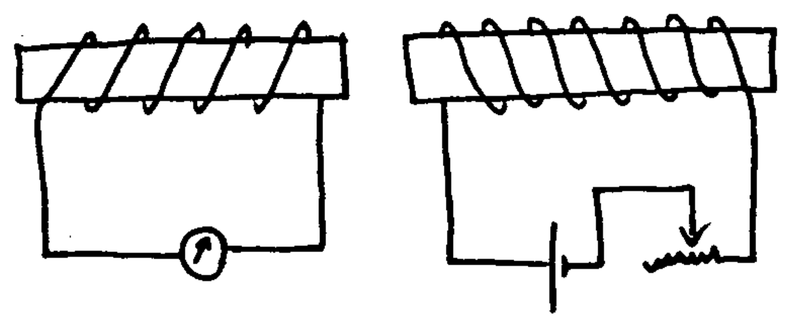
تمرین کتاب درسی: پیچه‌ای که دارای ۱۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیس یکنواختی که اندازه‌ی آن 0.4T و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیس در مدت 0.1s تغییر کرده و به 0.4T در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر سطح هر حلقه‌ی پیچه $50cm^2$ باشد،

الف) اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در پیچه را بدست آورید.

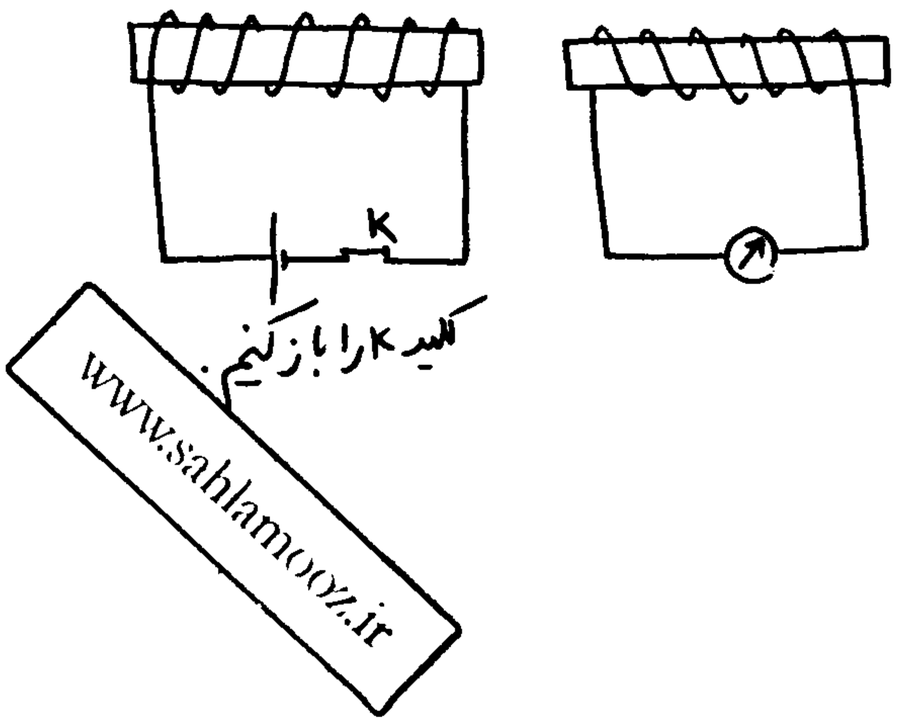
ب) جهت جریان القایی را تعیین کنید.

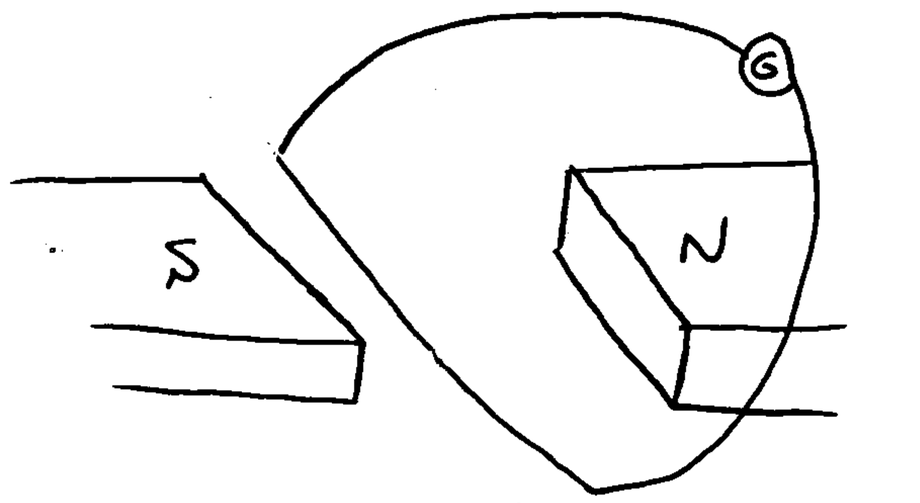
مثال: در شکل‌های زیر جهت جریان القایی را در مدارهای بدون مولد تعیین کنید:





رئوستا به سمت چپ می‌رود.





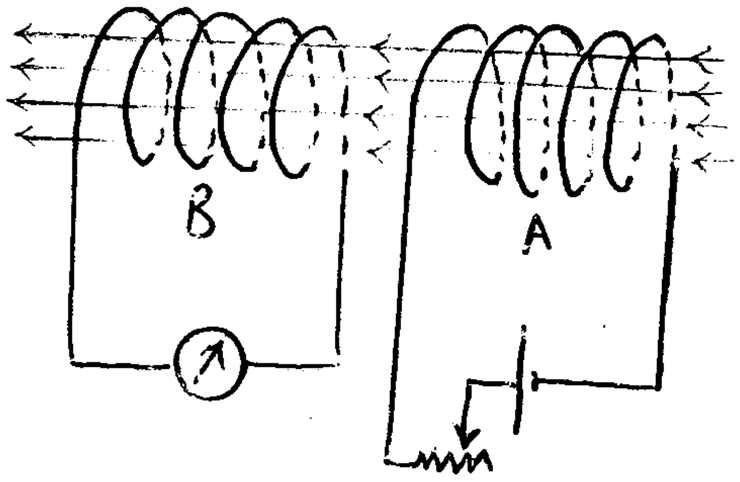
سیم ab از پائین به بالا حرکت می‌کند.

www.sahlamooz.ir

خودالقایی :

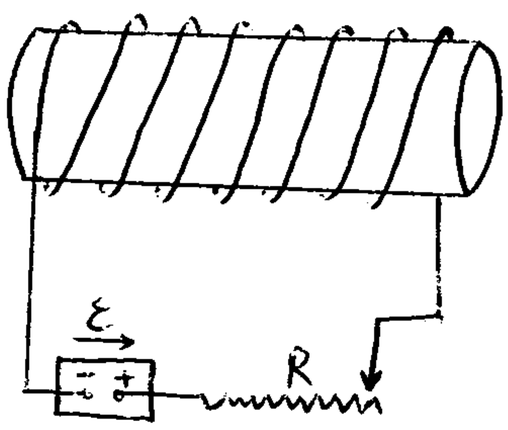
« هرگاه جریانی که از یک سیملوله (یا یک پیچه) می گذرد، تغییر کند، در آن نیروی محرکه ای به وجود می آید که با عامل تغییر جریان مخالفت می کند و به آن نیروی محرکه ی خودالقایی گفته می شود. این پدیده را ..... می نامند. »

☑ تا قبل از این همیشه یه عامل خارجی (مثل آهن ربا یا سیم و سیملوله ی حامل جریان) باعث تغییر شار و در نتیجه القای نیروی محرکه و جریان الکتریکی در مدار می شد.



مثلاً تو شکل جلو، تغییر جریان مدار A باعث تغییر شار تو سیملوله ی B و ایجاد نیروی محرکه و جریان القایی توی اُن می شه!

☑ حالا سؤالی که اینجا مطرح میشه، اینکه، تغییر جریان تو یه مدار تو خودش نیروی محرکه القایی نمی کنه؟ چرا نمی کنه، مگه خودش سیملوله نیست! دل نداره! جیگر نداره! معلومه که این تغییر جریان باید تو خودشم نیروی محرکه القایی کنه.



مثلاً تو شکل جلو، فرض کن رئوستا با بیشترین مقاومتش تو مدار باشه و جریان ثابتی از مدار بگذره، اُن وقت شار ثابتی ام از سیملوله می گذره.

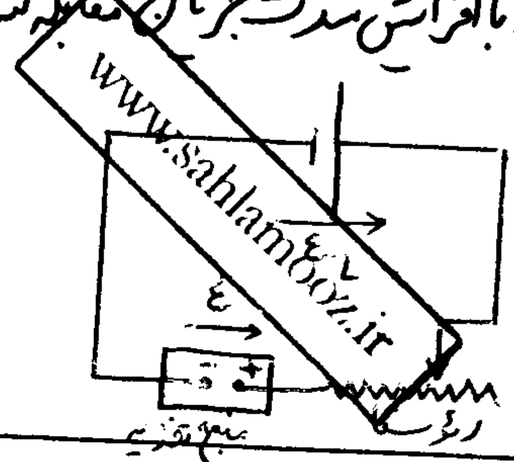
همین که مقاومت رئوستا رو به تدریج کم کنی، جریان سیملوله زیاد میشه، با این حرکت شاری که از سیملوله می گذره، افزایش پیدا می کنه. بنا به قانون فارادی این تغییر شار باعث ایجاد نیروی محرکه ی القایی تو خود مدار می شه!

⟵ این پدیده که تغییر جریان تو یه مدار باعث ایجاد نیروی محرکه ی القایی تو خود همون مدار میشه، ..... می گن!

☑ جهت این نیروی محرکه ی القایی چنان که می خواد مانع افزایش شار مغناطیسی ای بشه که منبع تغذیه ایجادی کنه.

افزایش شار ⟵ به خاطر افزایش جریان مداره ⟵ نیروی محرکه ی القایی در جهتی قرار می گیره که با افزایش شدت جریان مقابله کنه

⟵ تو این حالت، نیروی محرکه ی القایی معادل نیروی محرکه ی باتری ای عمل می کنه که در جهت مخالف منبع تغذیه تو مدار قرار بگیره!



فعالیت کتاب درسی : نتیجه‌ی آزمایش مشابه موضوع قبل، با این تفاوت که به جای کاهش مقاومت مدار، آن را افزایش بدید، رو بیان کنید و دلیل وجود نیروی محرکه‌ی القایی و جهت آن رو به بحث بنشینید!

ضریب خودالقایی (یا القایندگی) :

طبق قانون فاراده‌ی اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی خودالقایی با آهنگ تغییر ... متناسب است.

$\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$ نیروی محرکه‌ی خودالقایی لحظه‌ای $\bar{\varepsilon}_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ نیروی محرکه‌ی خودالقایی متوسط

مشتق چیان نسبت به زمان

ضریب خودالقایی یا القایندگی سیملوله (L) از مشخصات ساختمانی سیملوله است که خواهیم گفت به چه عواملی چه جوری بستگی داره! آما یکسی خودالقایی «..... » نام دارد، که آن را با نماد ... نمایش می دهند.

«یک هانری، ضریب خودالقایی سیملوله‌ای است که هرگاه جریانی که از آن عبور می‌کند با آهنگ یک آمپر بر ثانیه تغییر کند، نیروی محرکه‌ای برابر یک ولت در آن القا شود.»

☑ به هر دستگاهی از یک مدار که خاصیت خودالقایی داشته باشد، ..... می‌گویند .... و .... در مداری با جریان .... القاگر نند

☑ محاسبه‌ی ضریب خودالقایی سیملوله :

← تو فعل گفتیم، میدان مغناطیسی سیملوله‌ای به طول L که N تا حلقه داره و جریان I ازش می‌گذره در داخل سیملوله یکنواخت و موازی با محور سیملوله است. اگر سیملوله هسته هم داشت، میدان مغناطیسی تقویت می شد. هر هسته به ضریبی به نام k هم داشت که به جنس اون بستگی داشت و بهش ..... مغناطیسی هسته می گفتن.

← مقدار این میدان برابر بود با : $B = k\mu_0 \frac{N}{L} I$

← شار مغناطیسی که از سیملوله می گذره برابر با : $\cos\theta = 1 \rightarrow \Phi = AB \rightarrow \Phi = k\mu_0 \frac{NA}{L} I$

www.sahlamooz.ir

← نیروی محرکه‌ی خودالقایی هم برابر با $\left(\varepsilon_L = -N\frac{d\Phi}{dt}\right)$ پس با قرار دادن رابطه‌ی قبل داریم: $\varepsilon_L = -N\frac{d}{dt}\left(k\mu_0\frac{NA}{L}I\right)$

← چون ویژگی های ساختاری سیملوله ثابت و جریان فقط تغییر می‌کند، داریم: $\varepsilon_L = -k\mu_0\frac{N^2A}{L}\frac{dI}{dt}$

← این رابطه نشون می‌ده: ضریب خودالقایی از مشخصه های ساختاری القاگر و به جریان متغیری که از القاگر می‌گذره بستگی ..... ← یه شعرم دارم که چون رابطه طولانی بد سنیت یادبگیرید: $L = k\mu_0\frac{N^2A}{L}$

لما نذر عالم !!!

* فقط تو این رابطه این دوتا L رو کامل نکنید؛

اُن گندهِ تو صورت، ضریب خودالقایی برحسب (H) و اُن کوچیکولو تو مخرج طول سیملوله است برحسب (m)

خلاصه: ضریب خودالقایی سیملوله به عوامل زیر بستگی داره: ۱) جنس هسته $L \propto k$ ۲) سطح مقطع $L \propto A$

۳) مجذور تعداد حلقه‌ها $L \propto N^2$ ۴) عکس طول سیملوله $L \propto \frac{1}{L}$

* در سیملوله‌ی بدون هسته $k=1$ است و اگر هسته ای را در سیملوله فرو ببریم، ضریب خودالقایی آن افزایش می‌یابد $(k>1)$

انرژی ذخیره شده در القاگر:

هنگامی که در دو سر القاگر اختلاف پتانسیل برقرار شود، از طرف مولد به القاگر انرژی داده می‌شود، بخشی از این انرژی در مقاومت R تلف می‌شود و بقیه‌ی آن در میدان مغناطیسی سیملوله ذخیره می‌شود، این انرژی برابر: $U = \frac{1}{2}LI^2$

یعنی این انرژی با ..... و ..... القاگر، رابطه‌ی مستقیم دارد.

سؤال کتاب درسی: رابطه ای برای انرژی ذخیره شده در یک سیملوله ی بدون هسته برحسب ویژگی های سیملوله بدست آورید

*واحدهای ضریب خودالقایی رو بگید؟

www.sahlamooz.ir

مثال کتاب درسی: از سیملوله‌ای به ضریب خودالقایی 0/4 H، جریان متغیری می‌گذرد که با زمان به صورت $I=4t-3$ تغییر کند (I برحسب آمپر و t برحسب ثانیه است). بزرگی نیروی محرکه‌ی القاشده را محاسبه کنید.

مثال: از سیم‌لوله‌ای به ضریب خودالقایی 0/5 H جریان $I=0/2\sin 500t$ می‌گذرد. بیشینه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن چند ولت است؟ (سنجش-۸۴)

مثال: در سیملوله‌ای در مدت 0/2 ثانیه، شدت جریان از 6A به 10A می‌رسد و نیروی محرکه‌ای برابر 4 ولت در آن تولید می‌شود، ضریب خودالقایی چند هانری است؟

مثال: اگر ضریب خودالقایی یک القاگر 4 mH بوده، و تعداد حلقه‌های آن 1000 عدد باشد، در مدتی که جریان از 4A به 4/05A می‌رسد، شار مغناطیسی عبوری از آن چند وبر تغییر می‌نماید.

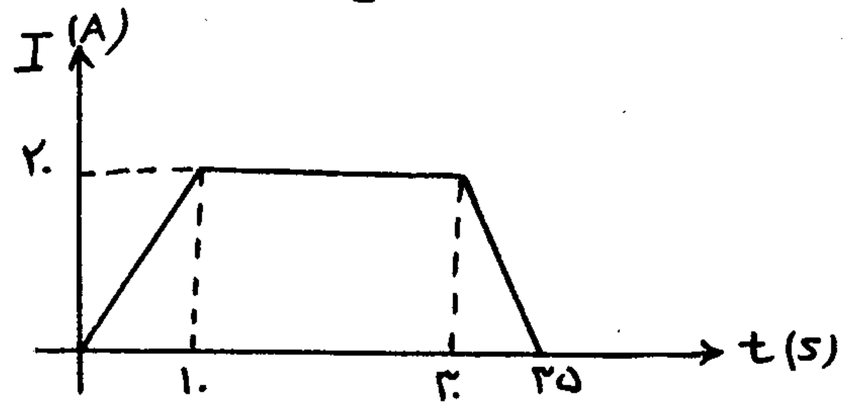
نوره مثال: معادله‌ی بار الکتریکی عبوری از مقطعی از سیملوله‌ای به ضریب خودالقایی 0/2 H به صورت $q=t^2+\frac{4}{3}t^{\frac{3}{2}}$ داده شده است. اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی خودالقایی در سیملوله در لحظه‌ی $t=4s$ چند ولت است؟

تمرین: در مثال فوق اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی خودالقایی متوسط را در بازه‌ی زمانی بین دو لحظه‌ی $t_1=9s$ تا $t_2=16s$ محاسبه کنید.

www.sahlamooz.ir

مثال : از سیملوله ای به ضریب خودالقایی 0.5H جریان I می گذرد و نیروی محرکه ی القایی به اندازه ی 1.2V در آن برقرار می شود. معادله ی شدت جریان برحسب زمان چگونه است؟

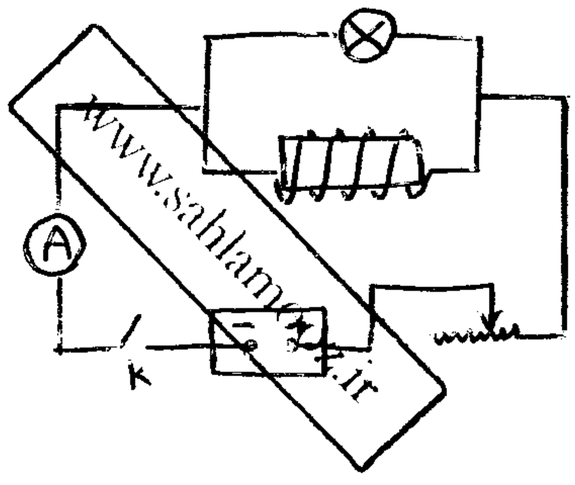
مثال : از القاگری به ضریب خودالقایی 2H جریان متغیری عبور می کند که نمودار آن به صورت زیر است ، نمودار نیروی محرکه ی خودالقایی را رسم کنید:



مثال کتاب درسی : سیملوله ای بدون هسته ، با سطح مقطع $10\ cm^2$ و طول 50 cm در نظر بگیرید. اگر تعداد حلقه های این سیملوله برابر ۲۰۰۰ باشد، ضریب خودالقایی آن را حساب کنید.

تمرین کتاب درسی : دو سیملوله با سطح مقطع و تعداد دور یکسان در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیملوله ها دو برابر دیگری باشد، نسبت ضریب خودالقایی آن ها را محاسبه کنید.

مثال کتاب درسی : سیملوله ای با ضریب خودالقایی 0.4H و مقاومت $100\ \Omega$ مفروض است. سیملوله را مطابق شکل به یک باتری 6V ولتی وصل می کنیم. چه مقدار انرژی در سیملوله ذخیره می شود؟



مثال : اگر تعداد دور سیم یک سیم پیچ بدون هسته را نصف کرده و در آن از هسته ای فلزی با $k=2$ استفاده کنیم، با ثابت ماندن طول و بقیه ی مشخصه ها، ضریب خودالقایی سیم پیچ چند برابر می شود؟ ($k_{هوا}=1$) (آزمون ۲-۸۳)

تمرین : ضریب خودالقایی دو سیملوله ی بدون هسته، با هم برابر است، اگر قطر سطح مقطع و طول اولی به ترتیب ۲ برابر قطر سطح مقطع و طول دومی باشد. نسبت تعداد دورهای سیملوله ی اول چند برابر تعداد دورهای سیملوله ی دوم است؟

تمرین : از سیملوله ای به طول $3/14cm$ که ۵۰ حلقه دارد، جریان ۲A می گذرد، داخل سیملوله هسته ای به ضریب ۴۰۰ قرار دارد. شار مغناطیس گذرنده از سیملوله چقدر است؟ (سطح هر حلقه $4cm^2$ است.)

نکته : $\Phi = L.I$

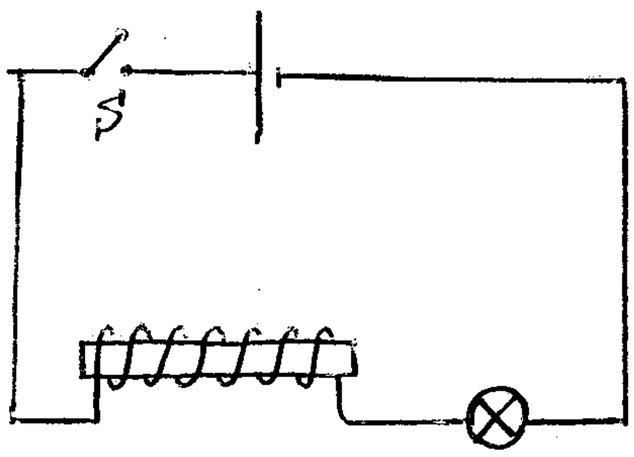
مثال : از سیملوله ای جریان مستقیم ۲A عبور می دهیم، انرژی ذخیره شده در میدان سیملوله $0/4j$ می شود، اگر از همین سیملوله جریانی با معادله ی $I=2/5t+7$ بگذرد. نیروی محرکه ی خودالقایی در دو سر آن چند ولت می شود؟

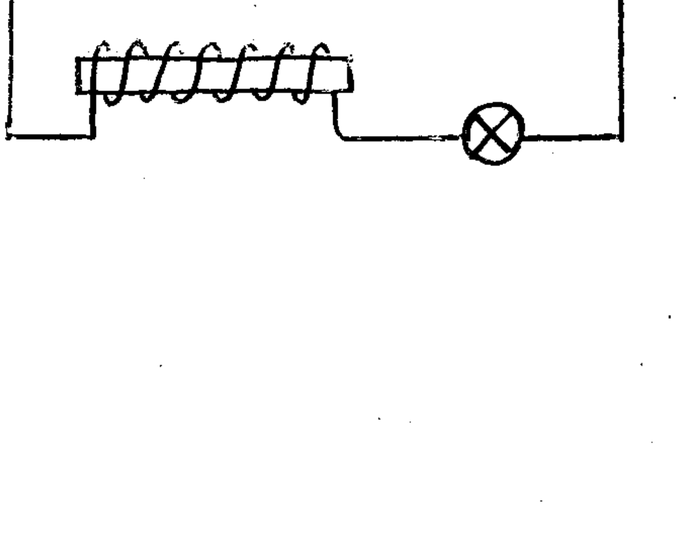
تمرین : سیملوله ای به شعاع مقطع $2cm$ و طول $20cm$ شامل ۲۵۰ حلقه می باشد و از آن جریان ۲A عبور می نماید. انرژی موجود در فضای درونی سیملوله چند ژول است؟ ($\pi^2=10$)

www.sahlamooz.ir

مثال مهم: در هریک از شکل های زیر لامپ های یکسان داده شده را به هنگام وصل کردن و قطع کردن کلید در دو حالت زیر بررسی کنید: الف) زمانی که مقاومت سیملوله ناچیز است. ب) زمانی که مقاومت سیملوله با چیز است.

بعداً نمودار تقریبی شدت جریان برحسب زمان را رسم کنید:





www.sahlam007.ir

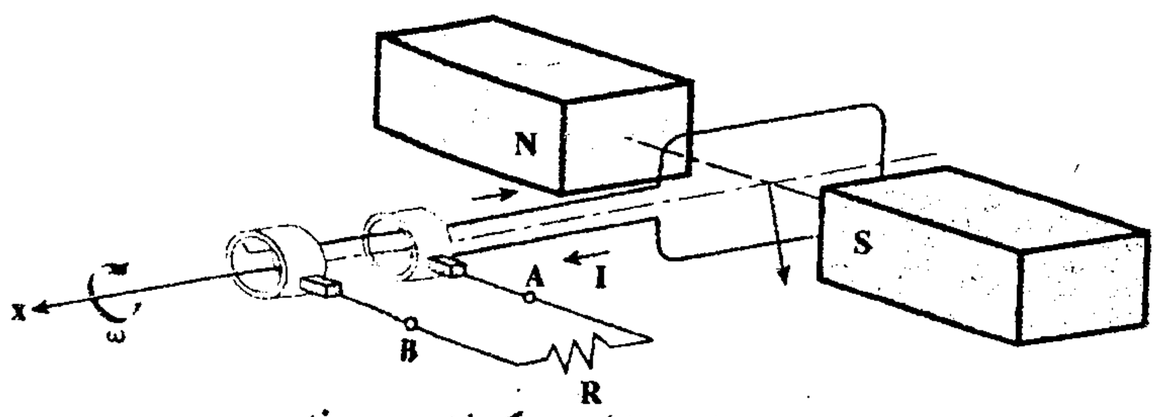
جریان متناوب :

☑ یکی از کاربردهای مهم القای الکترومغناطیس ، تولید ..... است.

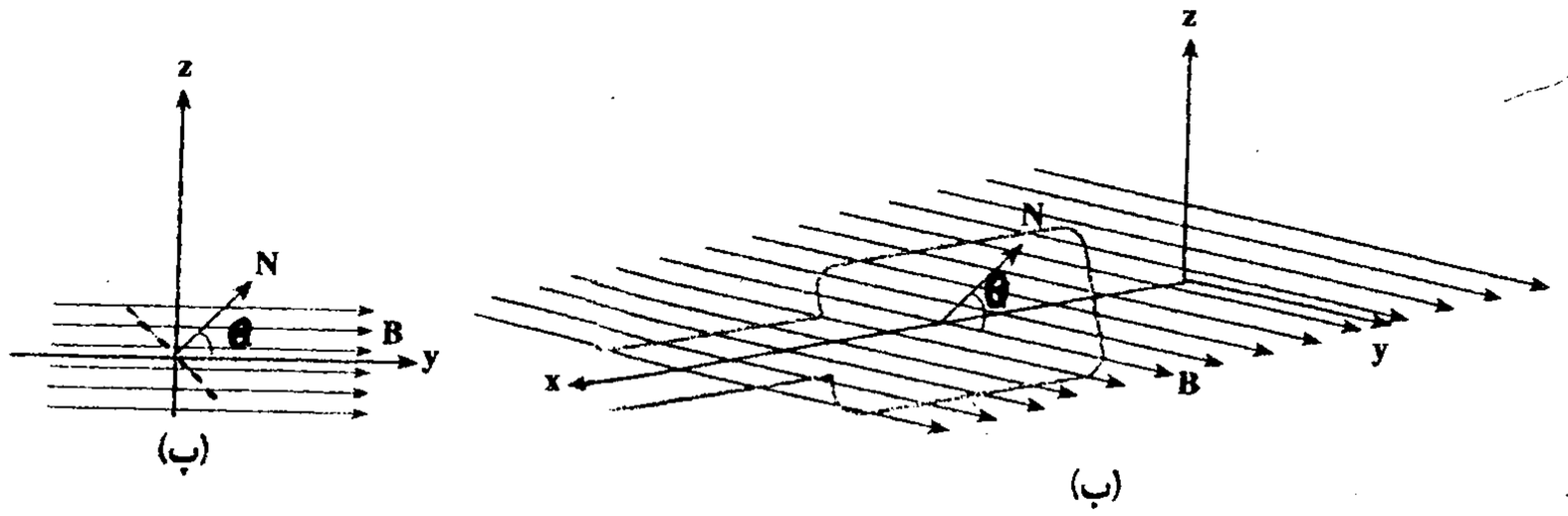
☑ ایجاد نیروی محرکه‌ی القایی ← باید شار عبوری از مدار تغییر کند ← $\Phi = AB\cos\theta$

ساده‌ترین راه برای تغییر شار، تغییر زاویه‌ی θ است. به همین دلیل متداول‌ترین روش تولید جریان القایی است.

☑ در شکل های زیر، با چرخش پیچه حول محور x ، زاویه‌ی θ تغییر می‌کند.



(الف) پیچه در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌چرخد



☑ دوره‌ی تناوب یا زمان تناوب : زمان یک دور چرخش کامل پیچه را گویند. آن را با T نشان می دهند و واحد آن ثانیه است.

☑ با توجه به اینکه هر دور کامل برابر 2π رادیان است.

زمان	زاویه
t	θ
T	2π

$$\rightarrow \theta = \frac{2\pi}{T}t \rightarrow \boxed{\theta = \omega t}$$

اگر پیچه در لحظه‌ی $t=0$ در وضعیت عمود بر میدان مغناطیس باشد ($\theta=0$) ، پس از گذشت t ثانیه در وضعیت زیر خواهد بود:

☑ $\frac{2\pi}{T}$ را با ω نمایش می دهند و به آن ..... می گویند.

☑ شار مغناطیس ($\Phi = AB\cos\theta$) که در لحظه‌ی t از پیچه عبور می‌کند برابر است با : $\Phi = AB\cos\omega t$

☑ نیروی محرکه‌ی القا شده در پیچه با توجه به قانون فاراده برابر است با : $\varepsilon = -N\frac{d\Phi}{dt} = -NAB\frac{d(\cos\omega t)}{dt}$

www.anlamoozesh.com

نیروی محرکه با زمان تغییر می‌کند: $\varepsilon = NAB\omega(\sin\omega t)$

☑ بیشترین مقدار این نیروی محرکه مربوط به زمانی است که $\sin\omega t = 1$ باشد و برابر $\varepsilon_m = NAB\omega$ می باشد.

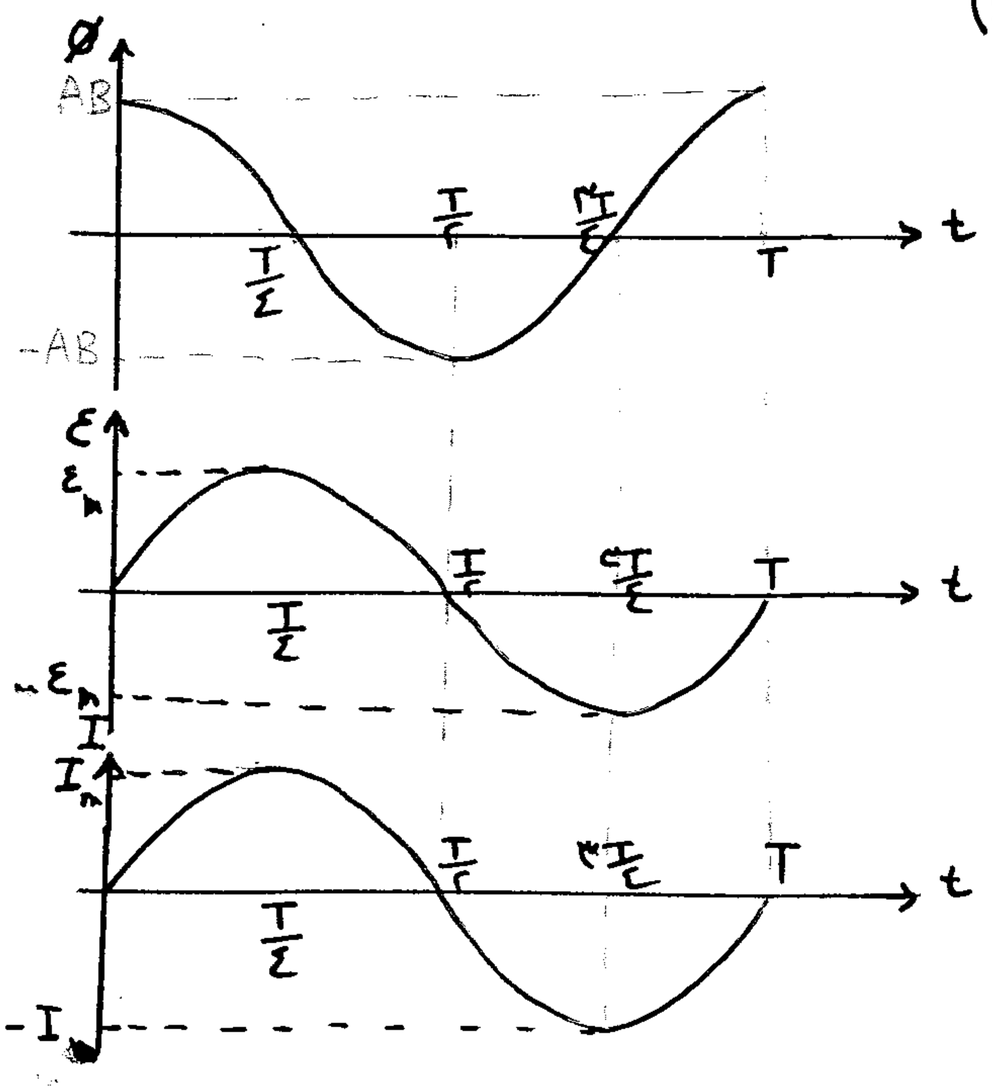
در نتیجه داریم: $\varepsilon = \varepsilon_m \sin\omega t$ ← نیروی محرکه‌ی القاشده به طور دوره‌ای تغییر می‌کند.

☑ اگر مقاومت مدار برابر R باشد، جریان حاصل از این نیروی محرکه برابر است با: $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_m}{R}\sin\omega t$

بیشترین مقدار جریانی که از مدار می‌گذرد مربوط به زمانی است که $\sin\omega t = 1$ باشد و برابر $I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$ می باشد.

☑ جریان الکتریکی تولیدشده در مدار پیچه به طور سینوسی تغییر می‌کند. به یک چنین جریانی، ..... گویند.

سؤال کتاب درسی: نمودارهای تغییرات شار، نیروی محرکه‌ی القایی و جریان القایی برحسب زمان را در طول یک دوره‌ی چرخش رسم کنید: (خودم کشیدم، زحمت نکشید.)



$\Phi = AB(\cos\omega t)$

$\varepsilon = \varepsilon_m(\sin\omega t)$

$I = I_m(\sin\omega t)$

نکته: در زمان: $t=0$ و T و $\frac{T}{2}$ ⇐ Φ_{max} و برعکس آن I و ع مساوی .... است.

زاویه‌ی θ: $\theta=0$ و π و 2π

در زمان: $\frac{T}{4}$ و $\frac{3T}{4}$

زاویه‌ی θ: $\frac{\pi}{2}$ و $\frac{3\pi}{2}$ ⇐ $\Phi=0$ و برعکس آن ما I و ع ..... است.

تمرین کتاب درسی: جریان متناوبی که بیشینه‌ی آن 2A و دوره‌ی آن 0.02s است از یک رسانای 5 اهمی می‌گذرد.

الف) در چه لحظه‌ای شدت جریان بیشینه خواهد بود؟

www.sahabmooz.ir

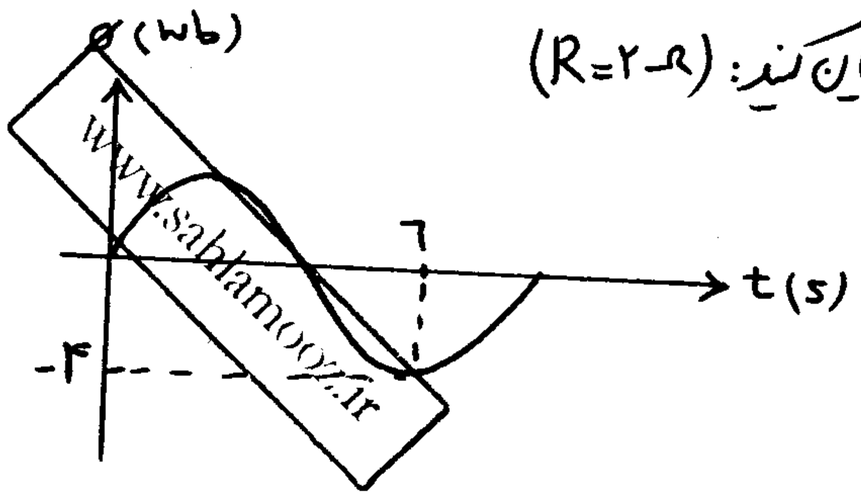
مثال: پیچه‌ای از ۵۰ حلقه تشکیل شده و شار مغناطیسی آن در SI به صورت $\Phi = 10^{-3}\cos 100\pi t$ است. بیشینه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن چند ولت است؟ (تجربی- ۸۵)

سؤال امتحان نهایی: معادله‌ی جریان متناوبی به صورت $I = 4\sin 100\pi t$ است. نمودار این جریان را در یک دوره‌ی آن رسم کنید.

سؤال امتحان نهایی: جریان متناوبی که بیشینه‌ی آن 2A و دوره‌ی آن 0.02s است، از یک رسانا عبور می‌کند. معادله‌ی شدت جریان را در SI بنویسید.

مثال: آهن‌ربایی (آدر) با سرعت ۵۰ دور در ثانیه در یک میدان مغناطیسی یکنواخت دوران کند و شار عبوری بیشینه‌ی آن 0.09 وبر باشد، بیشینه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی آن چند ولت است؟

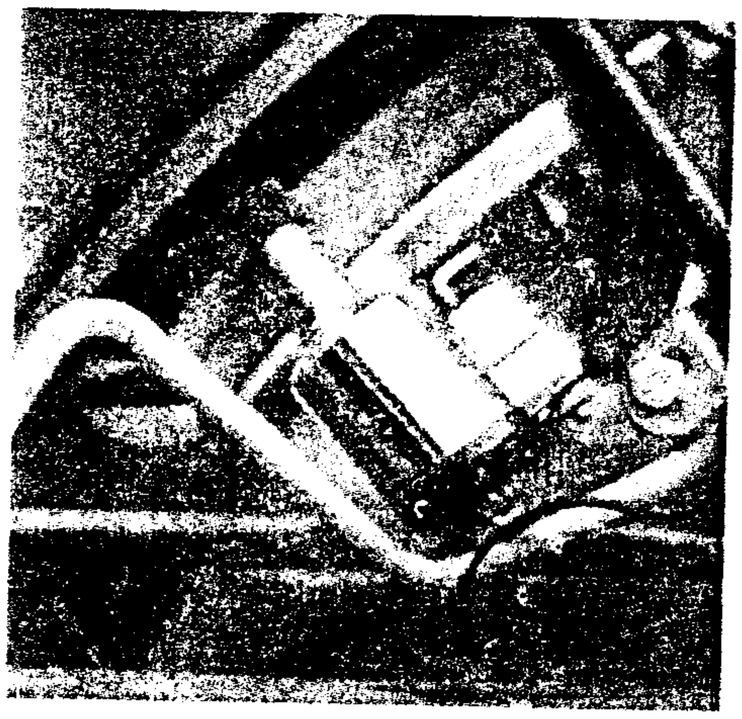
مثال: با توجه به نمودار مقابل، معادله‌ی جریان عبوری از حلقه را برحسب زمان بیان کنید: $(R=2\Omega)$



www.sabamoz.ir

شما خود را با کارتان عرضه می‌کنید. «ناپلئون هیل»

تمرین کتاب درسی : دینام دوچرخه مطابق شکل است. تحقیق کنید: چگونه این دینام، برق مورد نیاز لامپ های دوچرخه را تولید می کند

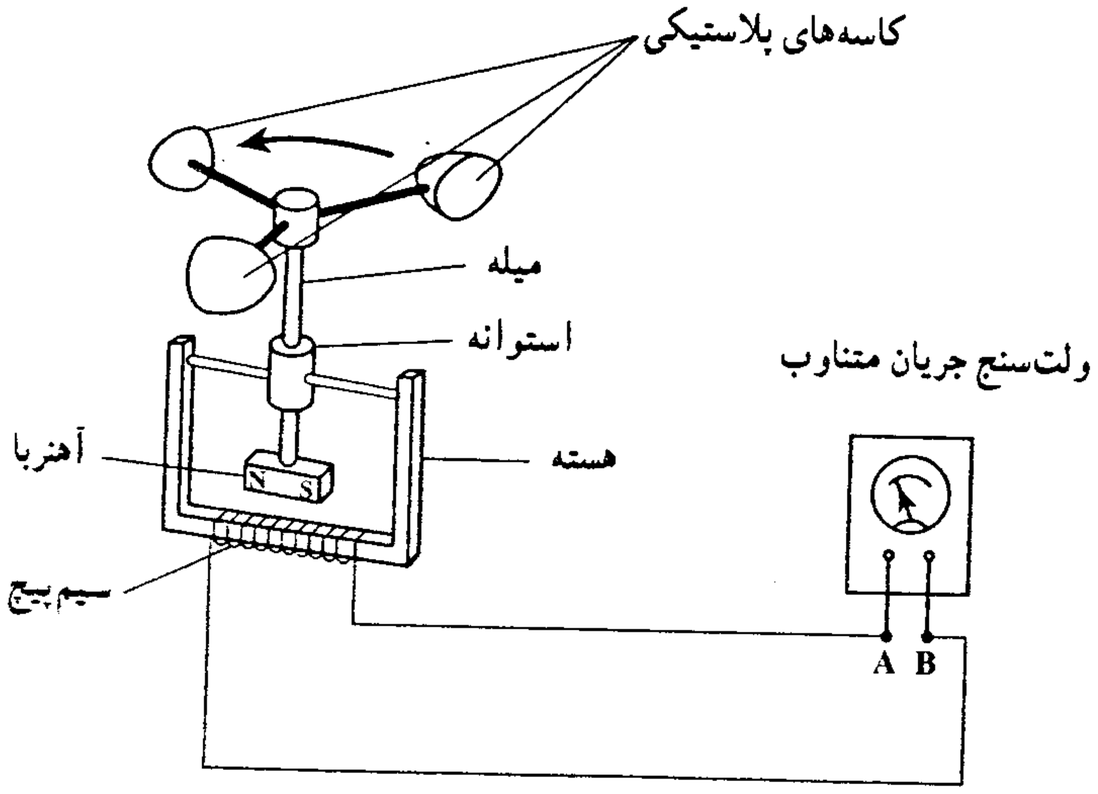


تمرین کتاب درسی : شکل زیر ساختمان یک بادسنج را نشان می دهد. اگر این بادسنج را روی بام خانه نصب کنیم، به هنگام وزیدن باد میله‌ی آن می چرخد و ولت سنج عددی را نشان می دهد:

الف) چرا چرخش میله سبب انحراف عقربه‌ی ولت سنج می شود؟

ب) آیا با افزایش سرعت باد، عددی که ولت سنج نشان می دهد تغییر می کند؟ چرا؟

پ) برای بهبود و افزایش دقت کار دستگاه دو پیشنهاد؟



www.sahlamooz.ir

خنده کوتاه‌ترین فاصله‌ی بین دو نفر است. «ویکتور هوگو»