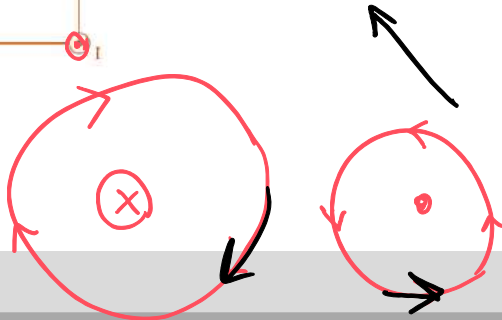
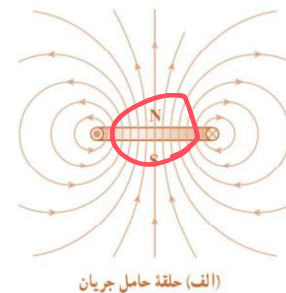
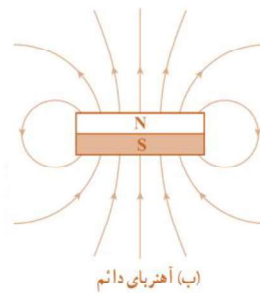
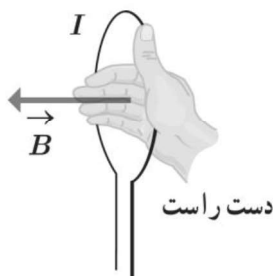


تمرین ۲۴: چهار سیم راست و بلند حامل جریان‌های مساوی و در جهت‌های نشان داده شده، در رأس‌های یک مربع مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریانی که از مرکز مربع می‌گذرد، در کدام جهت است؟

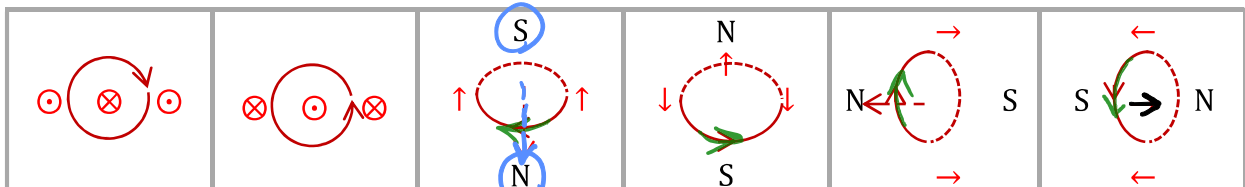


میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان

یک حلقه‌ی دایره‌ای حامل جریان در درون و بیرون حلقه، میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که اگر شست خود را در جهت جریان قرار دهیم، جهت چرخش انگشت‌ها، جهت میدان را نشان می‌دهد.

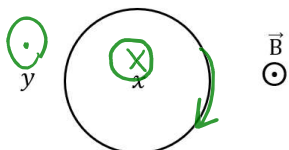


سوپر جمع‌بندی



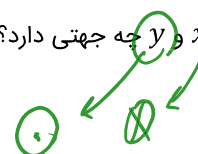
۳ نکته که کافیست بدانید:

- ۱- جهت میدان در درون حلقه حامل جریان و بیرون آن همواره متفاوت و در دو جهت مختلف است.
- ۲- میدان مغناطیسی در درون حلقه حامل جریان قوی‌تر است و در وسط حلقه موازی محور حلقه است.
- ۳- حلقه حامل جریان یک دو قطبی مغناطیسی مانند یک آهنربای تخت است و برای تولید میدان با اندازه مناسب مطلوب نیست.



تمرین ۲۵: شکل، یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد: (الف) جهت جریان ساعتگرد است یا پادساعتگرد؟

(ب) میدان مغناطیسی در نقاط x و y چه جهتی دارد؟



میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله حامل جریان

یک سیم‌لوله حامل جریان، میدان مغناطیسی در درون و بیرون آن ایجاد می‌کند که جهت آن همانند حلقه است (یک سیم‌لوله مجموعه‌ای از حلقه‌ها است) و مقدار آن از رابطه‌ی $B = \mu_0 \frac{N}{L} I$ به دست می‌آید.

$$\frac{T.m}{A}$$

نکته باید در مورد سیم‌لوله بدانید:

۱. میدان در داخل سیم‌لوله بزرگ‌تر از بیرون آن است و در داخل آن و دور از لبه‌ها تقریباً یکنواخت است.
۲. هرچه سیم‌لوله جمع‌وجورتر باشد (شعاع کوچک‌تر و فاصله‌ی بین حلقه‌ها کمتر)، سیم‌لوله آرمانی‌تر است.
۳. μ_0 ضریب تراوایی مغناطیسی خلاء است و مقدار آن $4\pi \times 10^{-7}$ (حفظ نکنید) و واحد آن $\frac{T.m}{A}$ است.

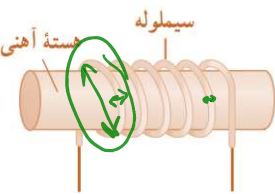
۴. در فرمول، N تعداد حلقه‌ها و L طول سیم‌لوله است. اگر یک سیم‌لوله را نصف کنیم، هم N نصف می‌شود و هم L ، پس $\frac{N}{L}$ و در نتیجه B ثابت می‌ماند.

۵. می‌توانیم روند فوق را تا جایی ادامه دهیم که فقط یک حلقه باقی بماند. در این حالت طول سیم‌لوله برابر قطر سیم (D) می‌شود و رابطه‌ی $B = \mu_0 \frac{I}{D}$ به دست می‌آید. حلقه‌ها به هم جسیده

۶. N را می‌توان از تقسیم کردن طول سیم بر محیط سیم‌لوله محاسبه کرد.

۷. I قابل ترکیب با فصل جریان و رابطه $RIVIP$ است.

۸. میدان مغناطیسی سیم‌لوله ضعیف و کم کاربرد است که با افزودن یک هسته آهنی و القای خاصیت آهنربایی در آن، میدان مغناطیسی تقویت می‌شود به این وسیله آهنربای الکتریکی می‌گوییم و برای بلند کردن میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهن استفاده می‌شود.



$$N \times \text{طول سیم} = \text{محیط}$$

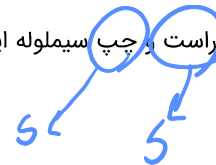
تپ ۱: تعیین جهت

تعرین ۲۶: در شکل روبه‌رو با بستن کلید:

الف) چه نیرویی به حلقه‌های ۱ و ۲ وارد می‌شود؟

ϕ دو جاذبه

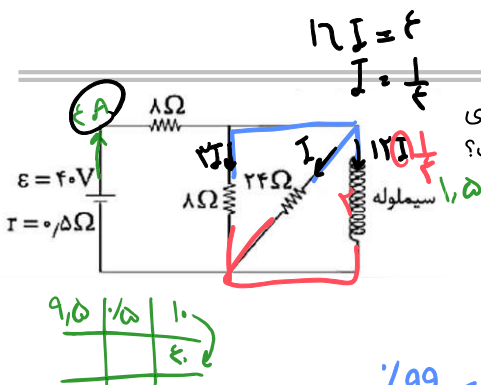
ب) چه قطب‌هایی در سمت راست و چپ سیم‌لوله ایجاد می‌شود؟



تپ ۲: جایگذاری

تعرین ۲۷: در شکل مقابل، سیم‌لوله بدون هسته به طول ۲۰cm که ۵۰۰ حلقه دارد، دارای

مقاومت الکتریکی ۲۵ است. میدان مغناطیسی در داخل سیم‌لوله چند گاوس است؟



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

$$\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$$

$$N = 500$$

$$L = 0.2$$

$$I = 1.7$$

$$B = 1.2 \times 10^{-4} T$$

تعرین ۲۸: به کمک سیمی به ضخامت d سیم‌لوله‌ای ساخته‌ایم که حلقه‌های آن کاملاً به هم جسیده و در کنار هم در یک ردیف قرار گرفته‌اند.

اگر جریان عبوری از سیم ۱۵A و میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله به دور از لبه‌ها، $200G$ باشد، قطر سیمی که با آن سیم‌لوله را ساخته‌ایم (d) چند

میلی‌متر است؟ ($\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

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

$$200 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-7} \times \frac{15}{d}$$

$$d = 0.9 \times 10^{-3} m$$

$$d = 0.9 mm$$

تعرین ۲۹: سیمی فلزی به طول ۱۰ متر و مقاومت ۶ اهم را به صورت سیملوله‌ای به قطر ۴cm و طول ۱۰cm درمی‌آوریم. اگر دو سر سیملوله را به اختلاف پتانسیل ۳۰V وصل کنیم، بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله چند گاوس است؟ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$)

محاسبات: $r = 2cm$, $L = 10m$, $R = 6\Omega$, $V = 30V$

فرمول: $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$

محاسبه: $I = \frac{V}{R} = \frac{30}{6} = 5A$

$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{10}{2\pi \times 0.02} \approx 80$

$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{80 \times 5}{10} = 50 \times 10^{-6} T = 50 \mu T$

تپ ۳: چند برابری

تعرین ۳۰: سیم روکش‌دار سیملوله آرمانی حامل جریانی را باز کرده و با آن سیملوله آرمانی دیگری می‌سازیم که شعاع حلقه‌های آن نصف شعاع حلقه‌های قبلی است. اگر جریانی معادل ۲ برابر جریان قبلی از سیملوله عبور کند، بزرگی میدان مغناطیسی درون آن چند برابر می‌شود؟ (در هر دو حالت حلقه‌ها به هم چسبیده‌اند)

محاسبات: $B_1 = \mu_0 \frac{NI_1}{L}$, $B_2 = \mu_0 \frac{NI_2}{L}$

نسبت: $\frac{B_2}{B_1} = \frac{N_2 I_2}{N_1 I_1}$

چون $N_2 = 2N_1$ و $I_2 = 2I_1$, پس $B_2 = 4B_1$

پس میدان ۴ برابر

تپ ۴: دلتا

تعرین ۳۱: در شکل مقابل دو سیملوله‌ی P و Q هم محورند و طول برابر دارند. تعداد دور سیملوله P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیملوله Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان ۱A از سیملوله‌ی Q عبور کند، از سیملوله‌ی P چه جریانی باید عبور کند تا برآیند میدان مغناطیسی ناشی از دو سیملوله در نقطه‌ی M (روی محور دو سیملوله) صفر شود؟

محاسبات: $B_Q - B_P = 0$

$B_Q = \mu_0 \frac{N_Q I_Q}{L}$, $B_P = \mu_0 \frac{N_P I_P}{L}$

$300 \times 1 = 200 \times I_P$

$I_P = 1.5A$

سویر جمع‌بندی مطالب قبلی

جهت این میدان مغناطیسی با قاعده‌ی دست راست مشخص می‌شود. (سیم راست، حلقه و سیملوله)

مقدار این میدان مغناطیسی در سیملوله قابل محاسبه است $\leftarrow B = \mu_0 \frac{I}{D}$ یا $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$

به بار متحرک یا سیم حامل جریان توسط B نیرو وارد می‌شود $\leftarrow F = q.v.B.\sin\alpha$
 $F = B.I.L.\sin\alpha$

دو سیم دارای جریان اگر هم جهت باشند نیروی جاذبه و اگر خلاف جهت باشند نیروی دافعه دارند

B

تغییر E

(حرکت بار یا جریان)

درسمانه القای الکترومغناطیسی

در بخش قبل آموختید که تغییر میدان الکتریکی $\leftarrow$ میدان مغناطیسی و در این بخش می‌آموزیم که تغییر میدان مغناطیسی $\leftarrow$ میدان الکتریکی! این اثر امروزه به نام قانون القای الکترومغناطیسی فاراده شناخته می‌شود و تغییر شار مغناطیسی را عامل ایجاد اختلاف پتانسیل در حلقه‌ها می‌داند.

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

$V = -n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow V = -n \frac{B_f A_f \cos\alpha_f - B_i A_i \cos\alpha_i}{\Delta t}$

$V = -n \frac{\Delta B.A.\cos\alpha}{\Delta t}$

$V = -n \frac{B.\Delta A.\cos\alpha}{\Delta t}$

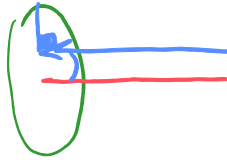
$V = -n \frac{B.A.\Delta\cos\alpha}{\Delta t}$

$V = -n B L v \cos\alpha$

$V = -n B L v \sin\alpha$

α زاویه بین میدان مغناطیسی با محور حلقه

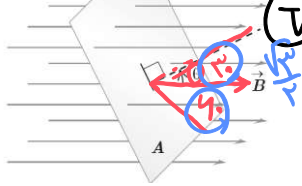
خط مماس بر حلقه



$$\frac{kg \cdot m^2}{s^2 A}$$

نکات:

۱- شار مغناطیسی میدان مغناطیسی گذرنده از مساحت A است و کمیتی فرعی و نرده‌ای است. یکی آن و بر است که:



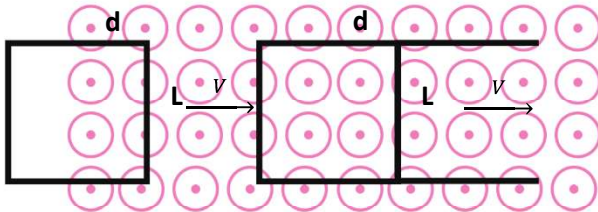
$$\Delta \Phi = B \cdot \Delta A \cdot \cos \alpha$$

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2 = 1 \text{ V} \cdot \text{s} = \frac{kg \cdot m^2}{s^2 A}$$

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

۲- زاویه بین B و نیم خط عمود بر سطح حلقه است. (اگر سوال زاویه B و خود حلقه را داده بود در رابطه می‌توانید $\sin \alpha$ قرار دهید.)

سیسونه



۳- در هر دو حالت در شکل رو به رو، چه وقتی که یک حلقه با سرعت V وارد یک میدان می‌شود و چه وقتی که یک ضلع از حلقه متحرک است و با سرعت V می‌تواند حرکت کند، ولتاژ القایی در حلقه برابر $B \cdot L \cdot V$ می‌شود.

۴- هنگام ورود یا خروج حلقه از میدان، شار تغییر می‌کند و ولتاژ و جریان داریم، اما اگر حلقه درون میدان ثابت حرکت کند، جریان نخواهیم داشت.

تعرین ۳۲: پیچهای شامل ۲۰ دور که مساحت هر حلقه آن 25 cm^2 است، عمود بر خط میدان مغناطیسی قرار گرفته است. اگر در بازه زمانی

$$V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -n \frac{\Delta (B \cdot A \cdot \cos \alpha)}{\Delta t}$$

$$V = -n \frac{\Delta (B \cdot A \cdot \cos \alpha)}{\Delta t} = -20 \frac{\Delta (0.12 \cdot 25 \times 10^{-4} \cdot \cos \alpha)}{\Delta t}$$

$$V = -20 \frac{\Delta (0.12 \cdot 25 \times 10^{-4} \cdot \cos \alpha)}{\Delta t} = -20 \frac{\Delta (0.12 \cdot 25 \times 10^{-4} \cdot \cos \alpha)}{\Delta t}$$

تعرین ۳۳: حلقه‌ای به مساحت 25 cm^2 عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت به اندازه ۶ تسلا قرار دارد. اگر مدت 3 ms مساحت حلقه را به

$$V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -n \frac{\Delta (B \cdot A \cdot \cos \alpha)}{\Delta t}$$

$$V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{9 \times 10^{-4} \times 10^{-4} \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} = 2$$

تعرین ۳۴: حلقه‌ی رسانایی به شکل مربع با ضلع 20 cm عمود بر میدان مغناطیسی با بزرگی 25 G قرار دارد. اگر در مدت زمان 0.1 s حلقه را ۶۰

$$V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -n \frac{\Delta (B \cdot A \cdot \sin \alpha)}{\Delta t}$$

$$V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -20 \frac{\Delta (25 \times 10^{-4} \times \sin \alpha)}{\Delta t}$$

نکته: چون $V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ می‌توان گفت $V = -n \left(\frac{d\Phi}{dt} \right)$ ، به عبارتی منفی مشتق شار (شیب نمودار شار - زمان) در حلقه‌ها همان ولتاژ است.

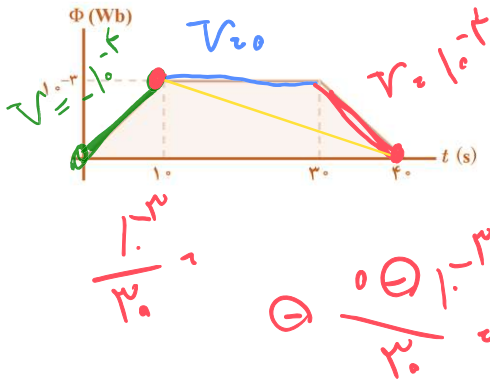
تعرین ۳۵: اگر معادله شار مغناطیسی به صورت $\Phi = 3t^2 - 7t + 1$ باشد. نیروی محرکه القایی متوسط در ثانیه دوم چقدر ولت است؟

$$V = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \frac{\Delta (3t^2 - 7t + 1)}{\Delta t}$$

$$V = -1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \frac{\Delta (3t^2 - 7t + 1)}{\Delta t}$$

$$V = -1 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \frac{\Delta (3t^2 - 7t + 1)}{\Delta t}$$

نکته: به طور کلی برای هر تابع درجه یک، متوسط از t تا t' همان مقدار در $\frac{t+t'}{2}$ است یعنی زمان وسط.



تعریف ۳۶: تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد برحسب زمان در نمودار شکل روبه‌رو نشان داده شده است. نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه را در هر یک از بازه‌های زمانی $(0, 1.0\text{S})$ ، $(1.0\text{S}, 3.0\text{S})$ و $(3.0\text{S}, 4.0\text{S})$ محاسبه کنید.

$$V = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{1.0 - 0}{1.0 - 0} = -1.0 \text{ V} \quad \text{و} \quad - \frac{0 - 1.0}{3.0 - 1.0} = 0.5 \text{ V}$$

نکته: اینکه در بازه‌ی زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه نیروی محرکه منفی است فقط جهت آن را نشان می‌دهد و ارزش مقداری ندارد. اگر در سوالی نیروی محرکه منفی در گزینه‌ها نبود، همان مثبت را بزنید.

تعریف ۳۷: دو سیم‌لوله متصل به ولت‌سنج با حلقه‌های با مساحت یکسان داریم و دو آهنربا را به آن‌ها نزدیک می‌کنیم: (الف) اگر سرعت یکی از آهنرباها بیشتر باشد، ولت‌سنج آن عدد کمتری نشان می‌دهد یا بیشتر؟

الف) اگر سرعت یکی از آهنرباها بیشتر باشد، ولت‌سنج آن عدد کمتری نشان می‌دهد یا بیشتر؟

ب) اگر تعداد حلقه‌های یکی از سیم‌لوله‌ها بیشتر باشد، عدد ولت‌سنج آن را با سیم‌لوله دیگر مقایسه کنید.

$$V = - n \frac{B A \cos \alpha}{\Delta t}$$

قانون لنز (قانون مخالفت)

حال که آموختید اختلاف پتانسیل و جریان القایی را محاسبه کنید، لازم است جهت آن را نیز تشخیص دهید. طبق قانون لنز، جریان در جهتی است که با تغییر شار مخالفت کند، برای مثال:

- اگر قطب N یک آهنربا را به پیچه نزدیک کنیم، پیچه در آن سمت قطب N را می‌سازد تا با نزدیک شدن آهنربا مخالفت کند و اگر قطب N را دور کنیم، پیچه در آن سمت قطب S را می‌سازد تا آهنربا را جذب کند و از دور شدن آن جلوگیری کند.
- اگر میدان درون سو $(\otimes)$ در حال کاهش باشد، پیچه میدان درون سو $(\otimes)$ ایجاد می‌کند تا اجازه کم شدن ندهد و اگر میدان درون سو در حال افزایش باشد، پیچه میدان برون سو $(\odot)$ ایجاد می‌کند تا اجازه زیاد شدن ندهد.
- اگر جریان در هر سیمی افزایش یابد، جریان در سیم کناری، مخالف آن می‌شود و اگر جریان کم شود، جریان در سیم کناری همانند آن خواهد بود (برای حل سرعتی)



جریان متناوب

آموختید که $\Phi = B.A.\cos\alpha$. اگر یک حلقه درون یک میدان در حال چرخیدن باشد، α تغییر می‌کند، پس لازم است بتوانیم α را به صورت متغیر تعریف کنیم.

$$\Rightarrow \alpha = \omega t$$

$$V = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

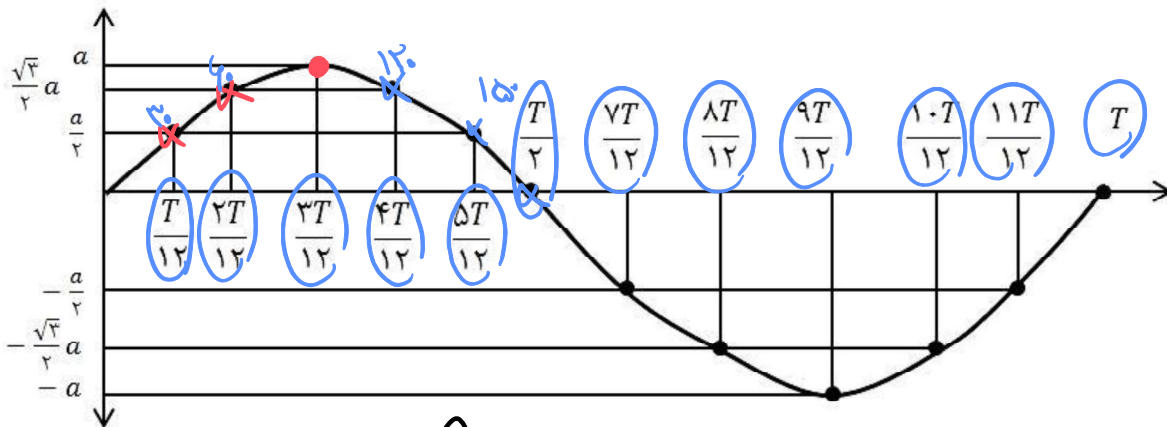
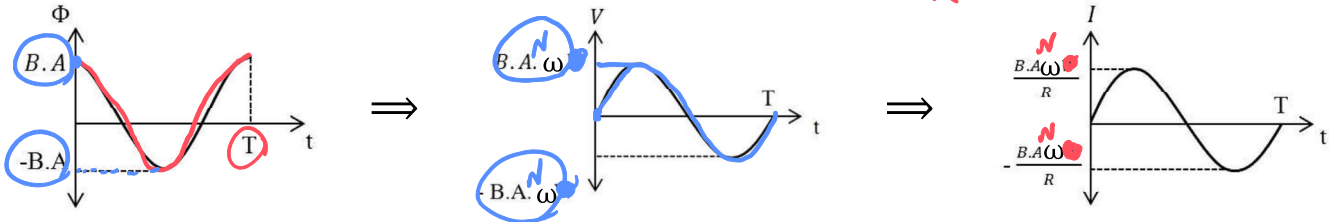
در نتیجه می‌توان به جای α عبارت ωt را جایگزین کرد و داریم: $\Phi = B.A.\cos\omega t$. دوره یا T زمانی است که حلقه 2π درجه می‌چرخد، پس:

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad \omega = 2\pi f$$

حال بریم سراغ اصل مطلب:

$$\frac{V}{R} = I$$

$$\Phi = B.A.\cos\omega t \quad V = -N \left(\frac{d\Phi}{dt} \right) = \frac{V_{max}}{B.A.N.\omega} \sin\omega t \quad \frac{V}{R} = I = \frac{I_{max}}{B.A.N.\omega} \sin\omega t$$



$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \frac{1}{\omega}$$

نکته: بسامد همان تعداد دور (2π) ها در یک ثانیه است. بسامد برق تولید شده در ایران 50 Hz است، پس ω برابر 100π است و دوره 0.02 s است.

تعریف ۴۲: شکل رویه‌رو، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. الف) معادله جریان بر حسب زمان را بنویسید.

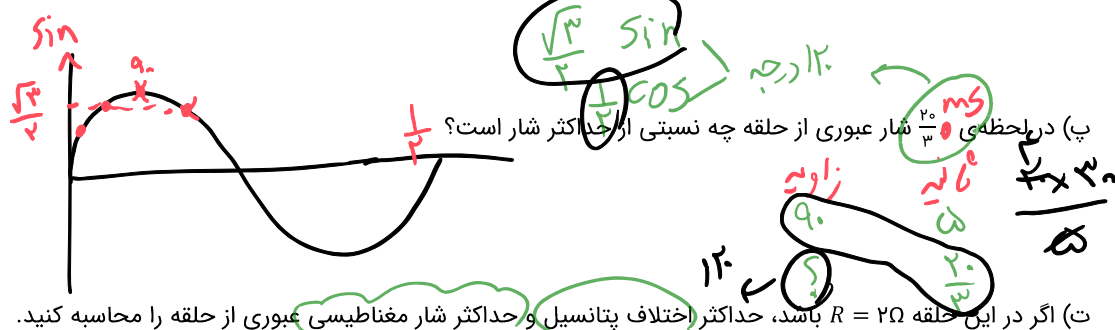
$$I = \frac{BAN\omega}{R} \sin(\omega t)$$

$$I = 4 \sin 100\pi t$$

ب) جریان را در لحظه 0.01 s بدست آورید.

$$I = 4 \sin 100\pi t$$

Handwritten calculations and notes at the bottom include: $\omega = 100\pi$, $I = 4 \sin 100\pi t$, $I = 4 \cos 100\pi t$, and various time values like 0.01 s , 0.02 s , and 0.015 s .



ت) اگر در این حلقه $R = 2\Omega$ باشد، حداکثر اختلاف پتانسیل و حداکثر شار مغناطیسی عبوری از حلقه را محاسبه کنید.

$$BA = \frac{A}{100\pi} \quad BANW = 8$$

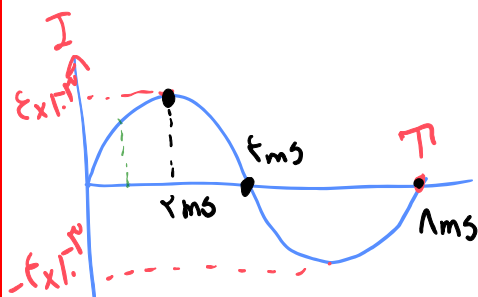
$$\frac{BANW}{2(R)} = 4$$

تعرین ۴۳: معادله جریان - زمان یک مولد جریان متناوب بر حسب یکاهای SI به صورت $I = (4 \times 10^{-3}) \sin 250\pi t$ است.

الف) جریان در دو لحظه $t_1 = 2ms$ و $t_2 = 8ms$ چقدر است؟

$$250 \times 2 = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2}{250} = \frac{1}{125}$$



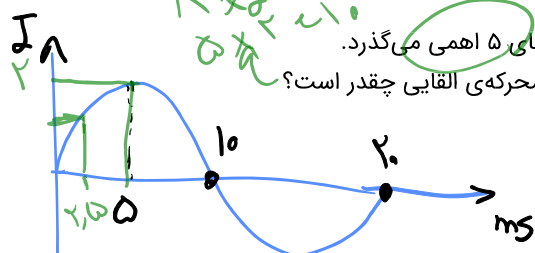
ب) دوره تناوب جریان را به دست آورید و نمودار جریان - زمان را در یک دوره کامل رسم کنید.

پ) اگر $R = 4\Omega$ باشد، در لحظه $t = 0.001$ ثانیه مقدار V و ϕ را محاسبه کنید.

$$BA = \frac{14 \times 10^{-3}}{250\pi}$$

$$BANW = 14 \times 10^{-3}$$

$$\frac{BANW}{4} = 4 \times 10^{-3}$$



تعرین ۴۴: جریان متناوبی که بیشینه آن $2A$ و دوره آن $0.02s$ است، از یک رسانای 5Ω اهمی می‌گذرد.

الف) اولین لحظه‌ای که در آن جریان بیشینه است، چه لحظه‌ای است؟ در این لحظه نیروی محرکه‌ی القایی چقدر است؟

$$\frac{BANW}{R} = 2$$

ب) در لحظه $t = \frac{1}{400}s$ ، جریان چقدر است؟

مبدل‌ها

یکی از مزیت‌های توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ در آن راحت‌تر است. برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور باید از ولتاژ بالا و جریان کم استفاده کرد که این کار اتلاف انرژی را کاهش می‌دهد. همچنین با توجه به کاهش جریان الکتریکی می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده کرد که باعث صرفه‌جویی می‌شود.

خط‌های انتقال به طور معمول از ولتاژهایی در حدود $400kV$ و ولتاژهای مورد استفاده در وسایل خانگی در ایران و بسیاری از کشورهای $220V$ است که مبدل‌ها این تغییر ولتاژ را انجام می‌دهند.

