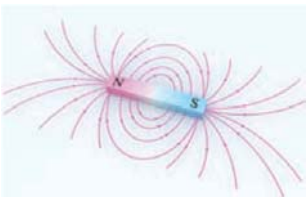
فصل اول

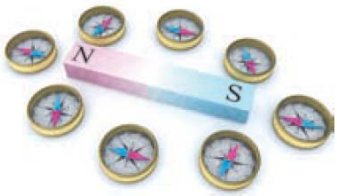
الکترومغناطیس

میدان مغناطیسی

- ✓ هر جسمی که ذرات آهن را به خود جذب می‌کند، آهن‌ربا یا مغناطیس نام دارد.
- ✓ به فضای اطراف آهن‌ربا که خاصیت جذب را دارد، میدان مغناطیسی می‌گویند.
- ✓ امتداد خطوط نیروی میدان مغناطیسی، مطابق شکل زیر (الف)، توسط براده‌ی آهن مشخص می‌شود.
- ✓ جهت میدان مغناطیسی، مطابق شکل زیر(ب)، توسط قطب‌نما مشخص می‌شود.
- ✓ به نقاطی که خطوط نیروی میدان مغناطیسی دارای فشردگی بیش‌تر نسبت به سایر نقاط است، قطب‌های مغناطیسی می‌گویند و با حروف N و S آن‌ها را نمایش می‌دهند.



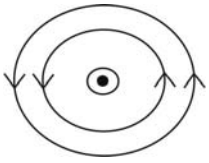
(الف)



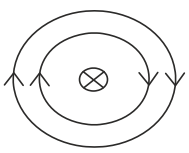
(ب)

میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

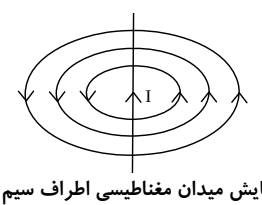
- ✓ مطابق قانون اورستد، سیم حامل جریان اطراف خود میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آورد. خطوط نیروی میدان مغناطیسی را به‌صورت دایره‌های هم‌مرکز نشان می‌دهند.
- ✓ جهت و مقدار میدان مغناطیسی به جهت و مقدار جریان الکتریکی بستگی دارد.
- ✓ جهت میدان مغناطیسی از قانون شست و یا عقربه‌ی مغناطیسی به‌دست می‌آید.
- ✓ قانون شست: شست دست راست در جهت جریان الکتریکی و جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.
- ✓ دو سیم حامل جریان موازی که جهت یکسان دارند، به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند.
- ✓ دو سیم موازی حامل جریان که جهت آن‌ها یکسان نیست، به یکدیگر نیروی دافعه وارد می‌کنند.



جریان به سمت خارج



جریان به سمت داخل



نمایش میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

میدان مغناطیسی اطراف یک سیم‌پیچ (بوبین)

- ✓ برای داشتن میدان مغناطیسی قوی‌تر به‌جای استفاده از سیم، از سیم‌پیچ استفاده می‌شود.
- ✓ مقدار و جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم‌پیچ، به مقدار و جهت جریان عبوری از آن بستگی دارد.
- ✓ برای تعیین جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم‌پیچ، از قاعده‌ی دست راست استفاده می‌شود.
- ✓ قاعده‌ی دست راست: اگر چهارانگشت نیم‌بسته‌ی دست راست جهت جریان الکتریکی سیم‌پیچ‌ها باشد، شست جهت خطوط میدان مغناطیسی (قطب N) داخل سیم‌پیچ‌ها را نشان می‌دهد.

کمیت‌های مغناطیسی

نیروی محرکه‌ی مغناطیسی (تِتا θ)

- ✓ به حاصل‌ضرب شدت جریان (I) در تعداد حلقه‌ها (N)، نیروی محرکه‌ی مغناطیسی می‌گویند و آن را با θ نمایش می‌دهند.
- ✓ نیروی محرکه‌ی مغناطیسی از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید و واحد آن آمپر دور (A.T) می‌باشد.
- ✓ θ : نیروی محرکه‌ی مغناطیسی (آمپر دور A.T) $\theta = NI$
- ✓ N : تعداد دور
- ✓ I : شدت جریان عبوری از سیم‌پیچ (آمپر A)
- ✓ نیروی محرکه‌ی مغناطیسی عامل به‌وجودآورنده‌ی میدان مغناطیسی می‌باشد.

شدت میدان مغناطیسی (H):

- ✓ به نسبت نیروی محرکه‌ی مغناطیسی (θ) به طول متوسط خطوط میدان (L)، شدت میدان مغناطیسی می‌گویند و آن را با H نمایش می‌دهند.
- ✓ شدت میدان مغناطیسی از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید و واحد آن آمپردور بر متر $(\frac{A.T}{m})$ می‌باشد.

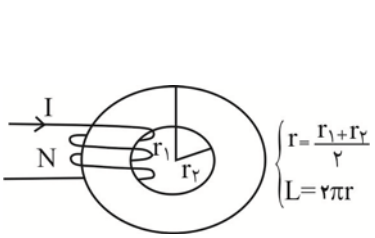
$$H = \frac{\theta}{L} = \frac{NI}{L}$$

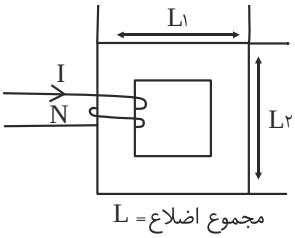
H : شدت میدان مغناطیسی $(\frac{A.T}{m})(\frac{\text{آمپردور}}{\text{متر}})$

L : طول متوسط خطوط میدان مغناطیسی (متر m)

θ : نیروی محرکه‌ی مغناطیسی (آمپر دور A.T)

- ✓ توجه: هسته بوبین ممکن است به صورت مربعی، مستطیلی یا دایره‌ای باشد که در هر مورد، محیط هسته برابر طول میدان مغناطیسی (L) می‌باشد.





فوران یا فلو یا شارمغناطیسی (فی φ)

- ✓ به مجموع خطوط نیروی میدان مغناطیسی، فوران یا شار می‌گویند و آن را با (φ) نمایش می‌دهند.
- ✓ واحد فوران یا شارمغناطیسی، ولت‌ثانیه (V.S) و یا وِبر (wb) می‌باشد.

توجه ۱: به هر یک از خطوط نیروی میدان مغناطیسی یک ماکسول (max) می‌گویند.

توجه ۲: هر وبر 10^{8} ماکسول است.

$$wb \xrightarrow{\times 10^{+8}} max \qquad wb \xleftarrow{\times 10^{-8}} max$$

چگالی فوران مغناطیسی (B):

- ✓ به مقدار فورانی (φ) که از واحد سطح هسته (A) می‌گذرد، چگالی فوران (چگالی شار) (چگالی میدان) (تراکم خطوط قوا) (اندوکسیون مغناطیسی) می‌گویند و آن را با (B) نمایش می‌دهند.
- ✓ چگالی فوران از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید و واحد آن ($\frac{\text{وبر}}{\text{مترمربع}}$ یا $\frac{wb}{m^2}$) و یا ($\frac{\text{ولت‌ثانیه}}{\text{مترمربع}}$ یا $\frac{v.s}{m^2}$) و یا (تسلا T) و یا (گاوس G) می‌باشد.

$$B=\frac{\varphi}{A}$$

B : چگالی فوران ($\frac{wb}{m^2}$) یا ($\frac{v.s}{m^2}$) یا (T) یا (G)

φ : فوران (wb) یا (v.s)

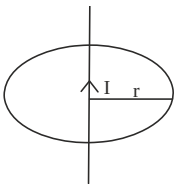
A : سطح مقطع هسته (m^2)

توجه ۱: هر تسلا معادل 10^{+4} گاوس می‌باشد.

$$1T \xrightarrow{\times 10^{+4}} 1G \qquad 1T \xleftarrow{\times 10^{-4}} 1G$$

توجه ۲: چگالی میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان، از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$B = K\frac{I}{r}$$



K : ضریب ثابت است و برابر ۲×۱۰^{-۷} است.

I : شدت جریان هادی (آمپر A)

r : فاصله از هادی (متر m)

توجه ۳: طبقه رابطه‌ی فوق، وقتی از هادی فاصله می‌گیریم، چگالی میدان مغناطیسی کم‌تر می‌شود.

ضریب نفوذ مغناطیسی (μ)

- ✓ نسبت چگالی شار (B) به شدت میدان مغناطیسی (H) را ضریب نفوذ مغناطیسی می‌گویند و آن را با μ نمایش می‌دهند.
- ✓ ضریب نفوذ مغناطیسی از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید و واحد آن ($\frac{\text{ولت‌ثانیه}}{\text{آمپردورمتر}}$ $\frac{V.S}{A.T.m}$) یا ($\frac{\text{وبر}}{\text{آمپردورمتر}}$ $\frac{wb}{A.T.m}$) یا ($\frac{\text{تسلامتر}}{\text{آمپردور}}$ $\frac{T.m}{AT}$) و یا ($\frac{\text{هانری}}{\text{متر}}$ $\frac{H}{m}$) می‌باشد.

$$\mu = \frac{B}{H}$$

- ✓ ضریب نفوذ مغناطیسی معیاری برای میزان گذردهی هسته در مقابل خطوط نیروی میدان مغناطیسی در اجسام می‌باشد.

μ : ضریب نفوذ مغناطیسی ($\frac{V.S}{A.Tm}$) یا ($\frac{Wb}{ATm}$) یا ($\frac{T.m}{AT}$) یا ($\frac{H}{m}$)

B : چگالی شار مغناطیسی (T) یا ($\frac{Wb}{m^۲}$)

H : شدت میدان مغناطیسی ($\frac{AT}{m}$)

- ✓ ضریب نفوذ مغناطیسی اجسام به جنس جسم بستگی دارد و خواص مغناطیسی اجسام مختلف را تعیین می‌کند.
- ✓ ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی (μ_r) : مقایسه ضریب نفوذ مغناطیسی هر جسم با ضریب نفوذ خلاء ($\mu_۰$) را ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی می‌گویند. ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی (μ_r) بدون واحد است. زیرا نسبت دو کمیت مشابه بدون واحد است.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_۰}$$

μ_r : ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی

$\mu_۰$: ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ

توجه ۱: ضریب نفوذ مغناطیسی خلأ ($\mu_۰$) همیشه ثابت است و مقدار آن $۴\pi\times۱۰^{-۷}$ می‌باشد.

توجه ۲: اگر سیم‌پیچ بدون هسته باشد، ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی برابر ۱ است. ($\mu_r = ۱$)

توجه ۳: برای محاسبه‌ی ضریب نفوذ مغناطیسی و ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی در مسائل، می‌توان از فرمول‌های

زیر استفاده کرد:

$$\boxed{\begin{matrix} B = \mu H \\ \mu = \mu_0 \mu_r \end{matrix}}$$

$$\mu = \mu_. \mu_r$$

توجه ۴: طبق فرمول توجه ۳ در یک شدت میدان مغناطیسی ثابت مواد با ضریب نفوذ مغناطیسی بیش‌تر دارای چگالی میدان بیش‌تری خواهند بود.

مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس) (R_m)

- ✓ مقاومت اجسام در برابر عبور خطوط نیروی میدان مغناطیسی را مقاومت مغناطیسی می‌گویند و آن را با (R_m) نمایش می‌دهند.
- ✓ مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس) از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید و واحد آن ($\frac{A.T}{wb}$ $\frac{\text{آمپردور}}{\text{وبر}}$) می‌باشد.

$$R_m = \frac{L}{\mu A}$$

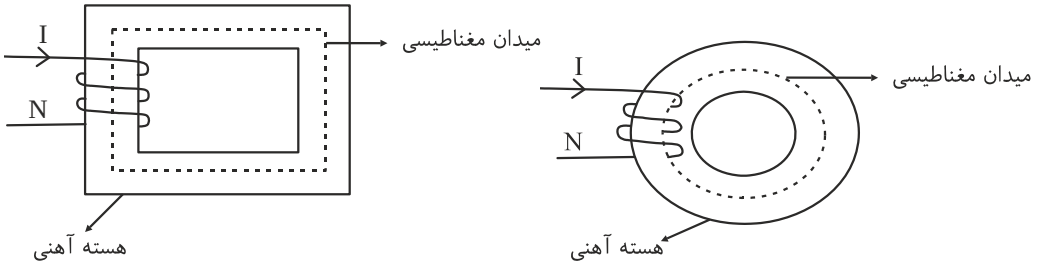
R_m : مقاومت مغناطیسی ($\frac{AT}{Wb}$ $\frac{\text{آمپردور}}{\text{وبر}}$)

L : طول متوسط مدار مغناطیسی (متر m)

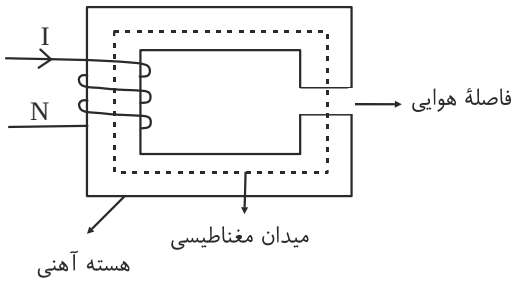
مدار مغناطیسی

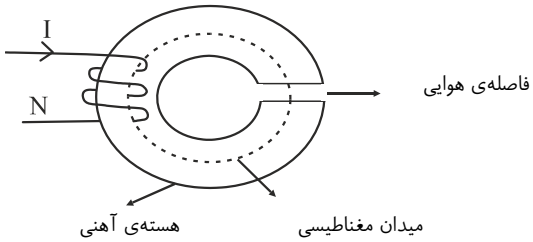
- ✓ تعریف: به مسیر بسته‌ای که خطوط نیروی میدان مغناطیسی در آن برقرار می‌شود، مدار مغناطیسی می‌گویند.
- ✓ انواع: مدار مغناطیسی به دو دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

الف) مدار مغناطیسی آهنی: مداری که خطوط نیروی میدان مغناطیسی، مسیر خود را فقط از طریق هسته‌ی آهنی می‌بندد.

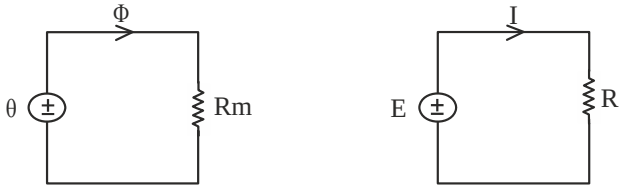


ب) مدار مغناطیسی با فاصله‌ی هوایی: مداری که خطوط نیروی میدان مغناطیسی، مسیر خود را علاوه بر هسته از طریق هوا نیز می‌بندند.





✓ **تشابه کمیت الکتریکی و کمیت مغناطیسی:**



نیروی محرکه‌ی مغناطیسی θ ⟷ E نیروی محرکه‌ی الکتریکی

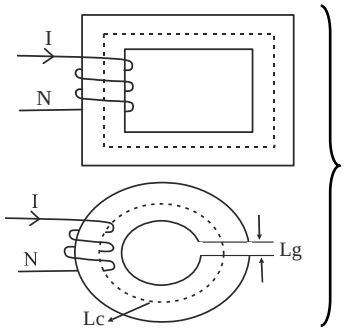
فوران مغناطیسی ϕ ⟷ I جریان الکتریکی

مقاومت مغناطیسی R_m ⟷ R مقاومت الکتریکی

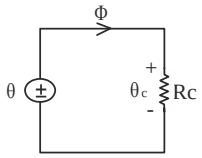
قانون اهم مغناطیسی $\theta = \phi R_m$ قانون اهم الکتریکی $E = IR$

✓ **تحلیل مدارات مغناطیسی: دو نوع مدار مغناطیسی گفته شده به دو روش مدار معادل الکتریکی و نیروی محرکه‌ی مغناطیسی تحلیل می‌شوند.**

روش اول **روش دوم**

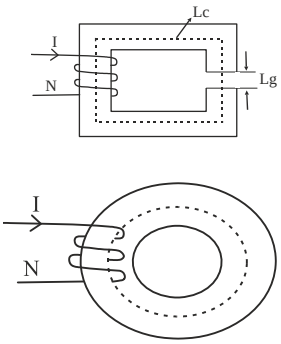


مدار معادل ⟶

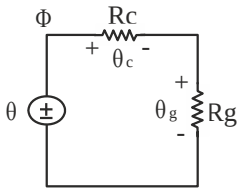


روش اول: $\begin{cases} \theta = \varphi R_m \\ R_m = R_c = \dfrac{L_c}{\mu_0 \mu_r A} \end{cases}$

روش دوم: $\theta = \theta_c = H_c L_c$



مدار معادل ⟶



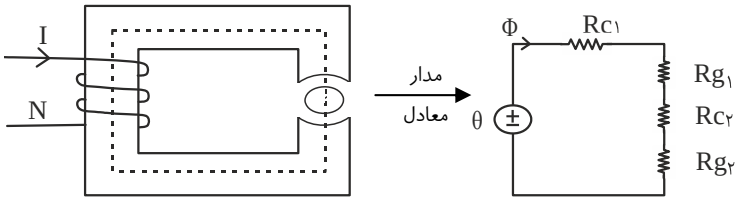
روش اول: $\begin{cases} \theta = \varphi R_m \\ R_m = R_c + R_g = \dfrac{L_c}{\mu_0 \mu_r A} + \dfrac{L_g}{\mu_0 \mu_r A} \end{cases}$

روش دوم: $\theta = \theta_c + \theta_g = H_c L_c + H_g L_g$

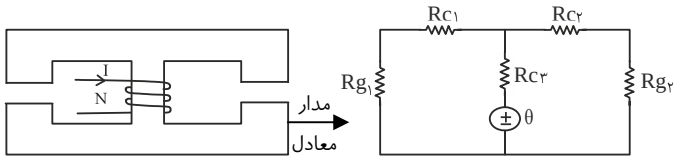
$\varphi = \varphi_c = \varphi_g$

$B = B_c = B_g$

توجه: اگر هسته دارای ضریب نفوذ متفاوت از جنس‌های مختلف یا سطح مقطع‌های مختلف باشد، باید مقاومت هر مسیر را جداگانه محاسبه کرده و در نهایت مقاومت مغناطیسی کل را به‌دست آوریم.



$$\begin{cases}\theta = \varphi R_m \\ R_m = Rc_1 + Rg_1 + Rc_2 + Rg_2\end{cases}$$



$$\begin{cases}\theta = \varphi R_m \\ R_m = \left[(R_{c1} + Rg_1) \| (R_{c_2} + R_{g_2})\right] + R_{c3}\end{cases}$$

دسته‌بندی خواص مواد از نظر ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی (μ_r)

مواد از نظر ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) مواد فرو مغناطیس
- ✓ این مواد دارای μ_r زیاد حوالی چندهزار (۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰) می‌باشد. مثل آهن و نیکل و آلیاژهای آهن
- ✓ این مواد میدان مغناطیسی را به شدت تقویت می‌کنند.
- ✓ فوران را از خود عبور می‌دهند.

ب) مواد پارامغناطیس ($\mu_r \geq 1$)
- ✓ این مواد با μ_r کمی بیش‌تر از یک (مثلاً ۱/۰۰۰۰۴) می‌باشند
  مثل هوا- اکسیژن- آلومینیوم- پلاتین
- ✓ این مواد میدان مغناطیسی را کمی تقویت می‌کنند.
- ✓ فوران را خیلی کم از خود عبور می‌دهند.

ج) مواد دیامغناطیس ($\mu_r \leq 1$)
- ✓ این مواد با μ_r کمی کم‌تر از یک (مثلاً ۰/۹۹۷۵) می‌باشند
  مثل جیوه- نقره- قلع و آب
- ✓ این مواد میدان مغناطیسی را کمی تضعیف می‌کنند.
- ✓ فوران را از خود عبور نمی‌دهند.

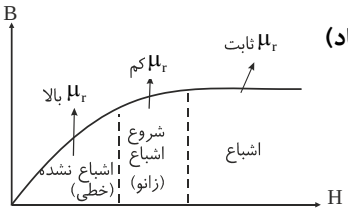
توجه ۱: خواص مغناطیسی مواد علاوه بر جنس به فرکانس و درجه‌ی حرارت نیز وابسته می‌باشند و با آن‌ها رابطه‌ی عکس دارد.

توجه ۲: با افزایش بیش از حد دما مواد فرومغناطیسی در نقطه‌ای موسوم به «نقطه‌ی کوری Curie» خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند و این مواد پارامغناطیس می‌شوند.

منحنی مغناطیسی (منحنی اشباع مغناطیسی) مواد فرومغناطیس

- ✓ این منحنی تغییرات چگالی فوران (B) را نسبت به تغییرات شدت میدان مغناطیسی (H) نشان می‌دهد.
- ✓ منحنی مغناطیسی مواد فرومغناطیسی دارای سه ناحیه‌ی زیر می‌باشد:

الف) اشباع نشده (خطی): با تغییر H، B هم سریعاً تغییر می‌کند. (ضریب نفوذ مغناطیسی زیاد)



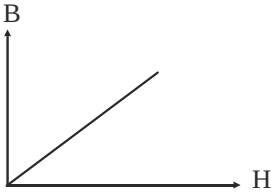
ب) شروع اشباع (زانو): با تغییر H، B تغییرات کم‌تری نسبت به حالت خطی دارد. (ضریب نفوذ مغناطیسی متوسط)

ج) اشباع: با تغییر H، B تغییر محسوس ندارد و منحنی مغناطیسی تقریباً تخت می‌شود و به‌سمت عدد ثابت $۴\pi\times۱۰^{-۷}$ میل می‌کند. (ضریب نفوذ مغناطیسی ثابت)

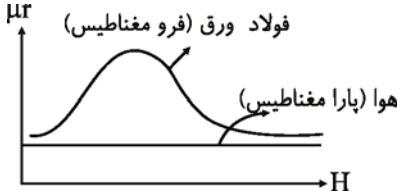
توجه ۱: معمولاً مدارهای مغناطیسی برای کار در ناحیه‌ی شروع اشباع (ناحیه‌ی زانو) طراحی می‌شوند.

توجه ۲: دلیل وجود نواحی مختلف در منحنی مغناطیسی، مولکول‌های مغناطیسی می‌باشد. در ابتدا مولکول‌های مغناطیسی بدون نظم در هر جهت در هسته می‌باشند، با عبور جریان I از سیم‌پیچ، H نیز تغییر می‌کند و تعدادی از مولکول‌های مغناطیسی در هسته مرتب می‌شوند تا جایی که تمام مولکول‌های مغناطیسی مرتب می‌شوند و چگالی شار به حداکثر مقدار خود می‌رسد (ناحیه‌ی اشباع هسته) و با تغییر I سیم‌پیچ و H دیگر چگالی شار تغییر نمی‌کند. زیرا تمام مولکول‌های مغناطیسی مرتب شده‌اند و در اثر افزایش جریان از این به بعد سیم‌پیچ گرم شده و باعث ایجاد تلفات حرارتی می‌شود.

- ✓ اگر هسته هوا یا خلأ باشد، منحنی مغناطیسی آن یک خط راست است.

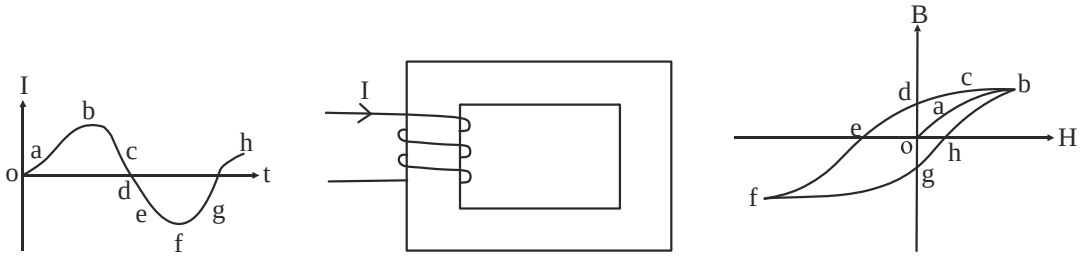


- ✓ منحنی ضریب نفوذ نسبی مغناطیسی μ_r نسبت به شدت میدان مغناطیسی فولاد ورق و هوا به‌صورت زیر می‌باشد:



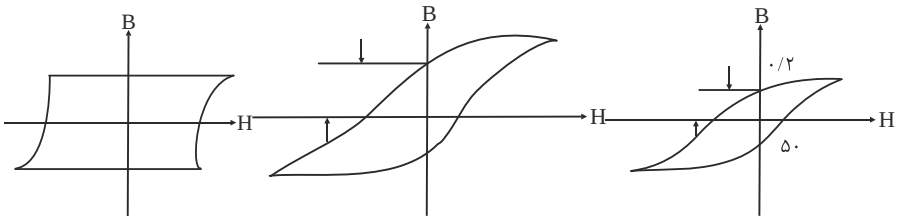
منحنی پس‌ماند (منحنی هیسترزیس)

- ✓ طبق شکل زیر، اگر سیم‌پیچ تحریک هسته‌ی فرومغناطیس را به جریان متناوب متصل کنیم، منحنی‌های تغییرات **B** و **H** به‌صورت زیر می‌باشند و به مسیر بسته‌ی **hbcdefgh** حلقه‌ی هیسترزیس می‌گویند و در هر سیکل جریان متناوب یک‌بار مسیر حلقه‌ی هیسترزیس طی می‌شود.



- ✓ به مقداری از چگالی شار که با وجود این‌که شدت میدان صفر شده در هسته باقی مانده است، پس‌ماند مغناطیسی می‌گویند. **(og,od)**
- ✓ به شدت میدانی که باعث از بین رفتن پس‌ماند مغناطیسی در هسته می‌شود، شدت میدان خنثی‌کننده می‌گویند. **(oh,oe)**
- ✓ به مقداری از انرژی که در هر سیکل جریان متناوب جهت از بین بردن پس‌ماند مغناطیسی در هسته تلف می‌شود، تلفات هیسترزیس می‌گویند. تلفات هیسترزیس به‌صورت حرارت در هسته ظاهر شده و تابع فرکانس جریان الکتریکی سیم‌پیچ و مساحت حلقه‌ی هیسترزیس می‌باشد.
- ✓ در جریان **DC** تلفات هیسترزیس وجود ندارد.
- ✓ در ترانسفورمرها، ماشین‌های الکتریکی و آهن‌رباهای موقتی جنس هسته از مواد فرومغناطیسی موسوم به «آهن نرم» است که دارای حلقه‌ی هیسترزیس کوچک می‌باشند. آهن‌ربای دائم و یا قطب ثابت جنس هسته غالباً آلیاژی از آهن، نیکل و کبالت موسوم به «آهن سخت» (مثل النیکو) که دارای حلقه‌ی هیسترزیس بزرگ می‌باشد. در مدارهای مغناطیسی که در فرکانس‌های رادیویی و مخابراتی کار می‌کنند، جنس هسته از مواد فرومغناطیسی سرامیکی موسوم به «فریت» انتخاب می‌شود.

(فریت: اکسید آهن + پودرهای کربنات باریم یا استرومنیوم)



(فریت) (آهن سخت) (آهن نرم)

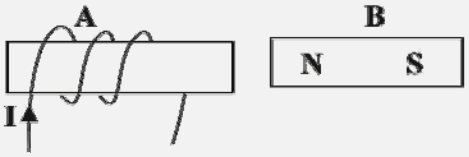
توجه: آهن سخت دارای بیش‌ترین چگالی پس‌ماند و فریت دارای بیش‌ترین شدت میدان خنثی‌کننده می‌باشد.

پرسش تشریحی

۱- نظریه‌ی الکترومغناطیس رابطه . . . و . . . را تشریح می‌کند.

۲- جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ مقابل را نشان دهید.

۳- در شکل زیر دو هسته‌ی **A** و **B** یکدیگر را جذب می‌کنند یا دفع؟ علت را توضیح دهید.



۴- عامل به‌وجود آورنده‌ی میدان مغناطیسی ..... می‌باشد که این خطوط نیروی میدان مغناطیسی به‌طور ..... طول مسیر هسته را طی می‌کنند و یکدیگر را قطع .....

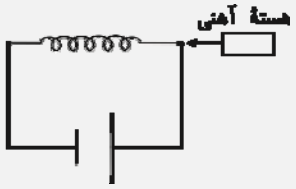
۵- رفتار مواد فرومغناطیسی را در میدان مغناطیسی شرح دهید.

۶- رفتار مواد پارامغناطیسی را در میدان مغناطیسی شرح دهید.

۷- ویژگی مغناطیسی آهن سخت و نرم را همراه با ترسیم منحنی هیسترزیس توضیح دهید.

۸- چرا نتایج تحلیلی مدارهای مغناطیسی با استفاده از مدارالکتریکی معادل تقریبی است؟

۹- در مدار زیر اگر هسته‌ی آهنی را داخل سیم‌پیچ نماییم پس از رسیدن به تعادل کمیت‌های ذیل چه تغییری می‌کنند؟



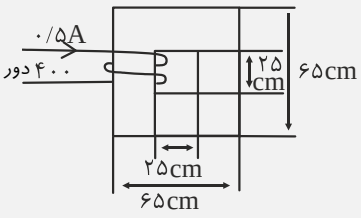
الف) جریان سیم‌پیچ

ب) چگالی فوران

ج) رلوکتانس مغناطیسی

د) ضریب نفوذ مغناطیسی

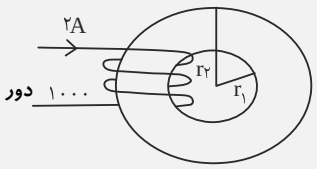
۱۰- در شکل مقابل، مطلوب است:



الف) نیروی محرکه‌ی مغناطیسی

ب) شدت میدان مغناطیسی

۱۱- در شکل مقابل، نیروی محرکه‌ی مغناطیسی و شدت میدان مغناطیسی چقدر است؟

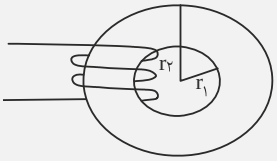


$r_1 = 10cm$

$r_2 = 12cm$

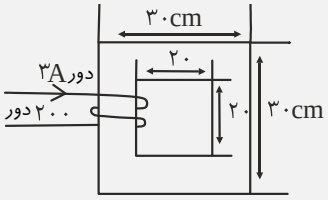
۱۲- شدت میدان مغناطیسی در هسته‌ای به طول ۲۰cm برابر $۲۰۰۰\frac{AT}{m}$ است، اگر سیم‌پیچ دارای ۴۰۰۰ دور باشد شدت جریان چند آمپر است؟

۱۳- بر روی یک هسته‌ی فرومغناطیس مطابق شکل زیر ۲۰۰ دور سیم پیچیده شده است اگر جریان ۲A از سیم‌پیچ عبور کند. شدت میدان مغناطیسی و چگالی فوران مغناطیسی هسته را محاسبه نمائید.



$r_۱ = ۳۰cm$
$r_۲ = ۴۰cm$
$\mu_r = ۱۰۰۰ , \pi = ۳$

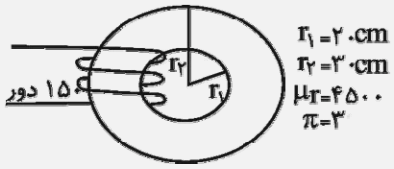
۱۴- در شکل مقابل ضریب نفوذ نسبی ۱۵۰۰ می‌باشد، مطلوب است:



الف) چگالی شار عبوری از هسته $A = ۸۲cm^۲$

ب) فوران عبوری از هسته

۱۵- در مدار مغناطیسی مقابل، اگر سطح مقطع هسته $۱۰۰cm^۲$ و جریان ۲ آمپر از سیم‌پیچ بگذرد مطلوب است:



الف) شدت میدان مغناطیسی

ب) چگالی فوران هسته

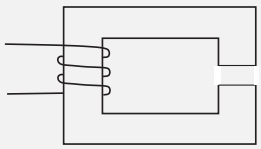
ج) مقاومت مغناطیسی هسته

۱۶- یک مدار مغناطیسی با مقاومت مغناطیسی $۴۵۰۰۰\frac{AT}{wb}$ دارای فوران مغناطیسی ۱۰mwb می‌باشد اگر تعداد دور سیم‌پیچ ۱۰۰۰ و طول متوسط هسته ۹۰cm باشد، مطلوب است:

الف) جریان سیم‌پیچ

ب) شدت میدان هسته

۱۷- مدار مغناطیسی شکل مقابل، دارای ۸۰۰ دور سیم‌پیچی و هسته‌ای با $\mu_r = ۱۵۰۰$ می‌باشد. اگر فوران ایجاد شده در هسته ۰/۵mwb باشد، مطلوب است:



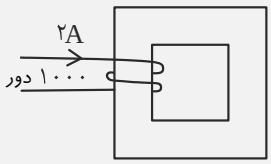
$L_c = ۱۸cm , L_g = ۰/۶mm , \begin{matrix}\pi = ۳ \\ A = ۵cm^۲\end{matrix}$

الف) مقاومت مغناطیسی کل

ب) جریان عبوری از سیم‌پیچ

۱۸- در مدار مغناطیسی شکل مقابل، مطلوب است:

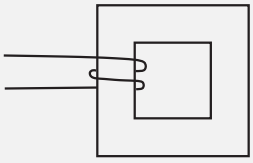
$A = ۱۰۰cm^۲ , L_c = ۱۲۰cm , \mu_r = ۱۰۰۰$



الف) فوران مغناطیسی هسته

ب) اگر یک فاصله‌ی هوایی ۱/۲ میلی‌متری در هسته ایجاد شود و بخواهیم فوران مدار تغییر نکند، چند دور سیم‌پیچ باید به سیم‌پیچ اضافه کنیم؟

۱۹- در مدار مغناطیسی شکل مقابل با عبور جریان ۲A از سیم‌پیچ فوران ۱۰mwb در هسته ایجاد می‌شود. مطلوب است:

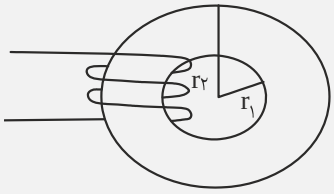


$N = ۲۰۰ , A = ۱۰۰cm^۲ , \pi = ۳$

الف) مقاومت مغناطیسی هسته

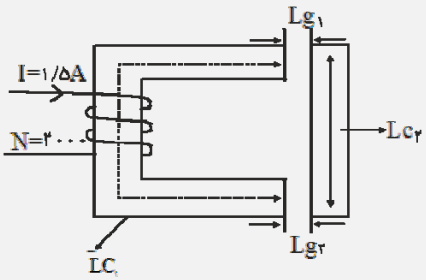
ب) اگر یک فاصله‌ی هوایی ۱/۲ میلی‌متری در هسته ایجاد شود و بخواهیم فوران مدار تغییر نکند جریان سیم‌پیچ را چند آمپر باید افزایش دهیم!

۲۰- بر روی یک هسته‌ی فرومغناطیس، مشابه شکل زیر، ۲۰۰ دور سیم پیچیده شده است. اگر جریان ۲A از سیم‌پیچ عبور کند، فوران مغناطیس هسته را محاسبه کنید.



$r_۱ = ۳۰cm , r_۲ = ۴۰cm , \mu_r = ۱۰۰۰ , \pi = ۳$

۲۱- در مدار مغناطیسی شکل مقابل، مطلوب است:



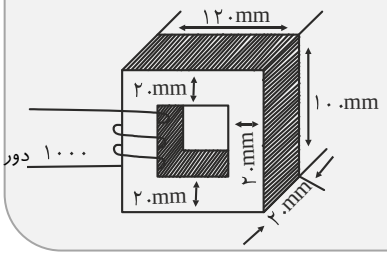
الف) مقاومت مغناطیسی در صورتی‌که فوران مغناطیسی ۱۲mwb باشد.

ب) ضریب نفوذ نسبی هسته

$Lc_۱ = ۴۵cm , Lc_۲ = ۱۵cm$

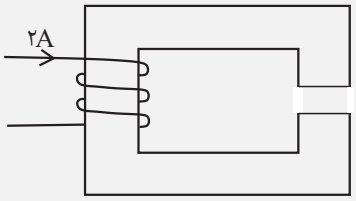
$Lg_۱ = Lg_۲ = ۰/۶mm , A = ۵۰cm^۲ , \pi = ۳$

۲۲- در شکل زیر، فوران ۴mwb است جریان سیم‌پیچ چند آمپر است؟ $(\pi = ۳ , \mu_r = ۶۰۰۰)$



۲۳- در مدار مغناطیسی شکل مقابل، شدت میدان مغناطیسی در فاصله‌ی هوایی $۵۰۰K\frac{AT}{m}$ می‌باشد. مطلوب است:

$\mu_r = ۱۰۰۰ , L_c = ۱۰۰cm , N = ۱۰۰۰ , \pi = ۳$

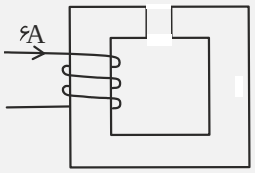


الف) چگالی فوران در فاصله‌ی هوایی

ب) شدت میدان مغناطیسی هسته

ج) طول فاصله‌ی هوایی برحسب میلی‌متر

۲۴- یک هسته‌ی آهنی با ضریب نفوذ نسبی ۱۵۰۰ مطابق شکل روبه‌رو مفروض است. اگر فوران عبوری از هسته $۰/۵mwb$ باشد مطلوب است:

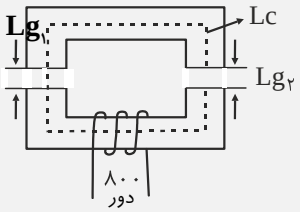


$L_c = ۳۶cm , Lg = ۱/۲mm , A = ۱۰cm^۲ , \pi = ۳$

الف) شدت میدان مغناطیسی در هسته‌ی آهنی و فاصله‌ی هوایی

ب) تعداد دور سیم‌پیچ

۲۵- یک هسته مغناطیسی از جنس فولاد الکتریکی $M - ۵$ مطابق شکل مفروض است. در صورتی‌که فوران مغناطیسی $۰/۴mwb$ در هسته برقرار باشد، شدت جریان سیم‌پیچ چند آمپر است؟

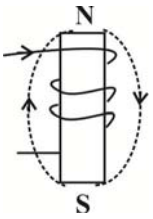


$Lc = ۳۰cm , Lg_۱ = Lg_۲ = ۰/۵mm , A_g = A_c = ۴cm^۲ , \pi = ۳$

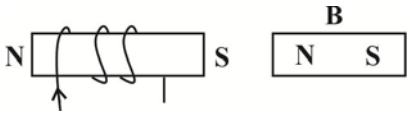
پاسخ‌های تشریحی

۱- الکتریسیته - مغناطیس

۲-



۳- جذب می‌کند. طبق قانون سیم‌پیچ‌ها قطب‌های N و S هسته‌ی A را مشخص می‌کنیم که N و S هسته A و B کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و یکدیگر را جذب می‌کنند.



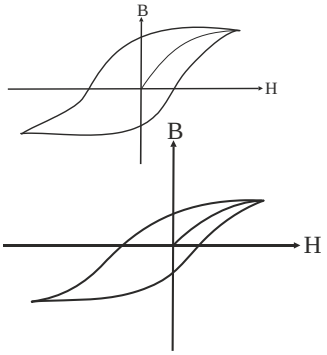
۴- نیروی محرکه‌ی مغناطیسی- موازی- نمی‌کنند.

۵- مواد فرومغناطیس اگر درون میدان مغناطیسی قرار گیرند، مولکول‌های آن سریعاً منظم شده و به میزان قابل توجهی خاصیت آهن‌ربایی پیدا می‌کند و اگر از این میدان خارج شود با تأخیر خاصیت مغناطیسی را از دست می‌دهد.

۶- مواد پارامغناطیس اگر درون میدان مغناطیسی قرار گیرند، مولکول‌های آن سریعاً به میزان بسیار کمی منظم شده و به میزان کمی خاصیت آهن‌ربایی پیدا می‌کنند و اگر از این میدان خارج شوند به سرعت خاصیت مغناطیسی را از دست می‌دهند.

۷- آهن سخت ←
- ✓ پس‌ماند مغناطیسی بزرگ
- ✓ به سختی پس‌ماند مغناطیسی را از دست می‌دهند.
- ✓ حلقه‌ی هیسترزیس بزرگ و تلفات هیسترزیس بزرگ

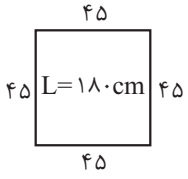
آهن نرم ←
- ✓ پس‌ماند مغناطیسی کوچگ
- ✓ به راحتی پس‌ماند مغناطیسی را از دست می‌دهند.
- ✓ حلقه‌ی هیسترزیس کوچک و تلفات هیسترزیس کوچک



۸- الف) در مدار مغناطیسی چگالی میدان در طول هسته ثابت فرض می‌شود.
ب) پراکندگی میدان در گوشه‌های هسته در نظر گرفته نمی‌شود.
ج) ضریب نفوذ مغناطیسی عملاً ثابت نیست ولی ثابت فرض می‌شود.
د) اگر در طول هسته شکاف هوایی باشد، چگالی میدان در فاصله‌ی هوایی و هسته برابر فرض می‌شود که عملاً این‌طور نیست.

۹- الف) بی‌تأثیر ب) افزایش ج) کاهش د) افزایش

۱۰-



اندازه وضوح $\frac{۶۵+۲۵}{۲}=۴۵$

الف) $\theta = N \times I = ۴۰۰ \times ۰/۵ = ۲۰۰(A.T)$

ب) $H = \frac{\theta}{L} = \frac{۲۰۰}{۱۸۰ \times ۱۰^{-۲}} = ۱۱۱(\frac{A.T}{m})$