

MAT

Hilmi NİŞANCI

S

→ Statik Manyetik Alanlar

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = Sv$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$$

Eğer ortam isotropik ve lineer ise $\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$

$$\vec{F}_c = q \vec{E}$$

$$\vec{F}_{mn} = q \vec{U} \times \vec{B}$$

Hiz Manyetik Alan yoğunluğu
 $(\frac{Wb}{m^2}, T)$

$$\vec{F}_T = q(\vec{E} + \vec{U} \times \vec{B}) \quad (N)$$

Loreens
Kurvet
Denklemi

$$\vec{E} = E_0 \vec{E}_r$$

Bos uzayin
elektrik geril
degil:

$$\frac{1}{B_0} \cdot 10^{-9} (F/m)$$

- Bos Uzayda Manyostatigin Temel Yorsalar.

Manyostatigi bos uzayda ve ild manyetik olmayan malzemelerde incelemekten sonra matematiksel olarak yoğunluk B icinhde iltihabe vardir. Manyetik olmayan malzemeler (Nikel, Kokos, Demir ve bunların disisimleri) disinda manyetik gecergenligi bos uzayinice yoksun oldular.

Kozaylik olmasi icin ferromanyetik olmayan malzemelerdeki manyetik alanlar kozayik bunlar, bos uzayda kozay edilecektir.

$$\vec{t} \cdot \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$2 - \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 I \rightarrow \text{dakim yoğunluk } (A/m^2)$$

Bos uzayin manyetik gecergenligi $4\pi \cdot 10^{-7} (H/m)$

Hatirlatma: Grad \rightarrow iki uzay arası en kisa yol hizi.
 Div \rightarrow net disor dagru dm



$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \rho / \epsilon_0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$$

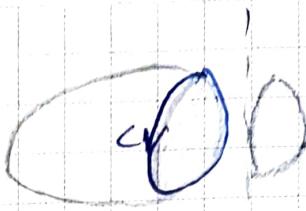
- Sistir Egitsizlikler:

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{A}) = 0$$

$$\vec{\nabla} \times (\nabla V) = 0$$

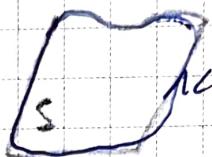
2-Divergens Teoremi:

$$\int_v \nabla \cdot \vec{A} dv = \int_s \vec{A} d\vec{s}$$



3-Stokes Teoremi

$$\int_s \vec{\nabla} \times \vec{A} ds = \int_c \vec{A} d\vec{l}$$



- Birinci esitlige diverjans teoremi uygulanır.

$$\int_v \nabla \cdot \vec{B} dv = \int_s \vec{B} d\vec{s} \xrightarrow{\text{Div. Teo.}} \int_s \vec{B} d\vec{s} = 0$$

- ikinci esitlige stokes teoremi uygulanır.

$$\int_s \vec{\nabla} \times \vec{B} ds = \mu_0 \int_c \vec{J} \cdot d\vec{l}$$

$$\boxed{\int_c \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I}$$

* Manyetik akım kolları plakalar.

İkinci manyetik yolları plakalar.

Manyetik akımları göstermek her zaman birbirinin etrafına koşar.

** Amper devre yolu

NOT: Amper devre yolu, eğer I akımı akıfta, \vec{B} ının genelde sabit olduğu zaman \vec{B} in $\vec{B} = \mu_0 I$ yoluyla B yi bulmak için kullanılır.

Magneetik Olmayan Döşem

Diferansiyel Form

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

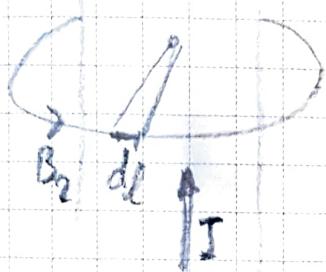
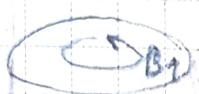
$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

İntegrel Form

$$\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

ÖRNEK: Sonucu vermek istenilen düz kote b yan ucuyla dairesel kesitli ve magnetcik olmayan bir lettoken döşem I电流 toz katılaştıracak. Lettokenin içindedeki ve dışındaki magnetcik olay yorumlanısu belirtiniz.



$$\oint_c \vec{B}_0 \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

$r > b$ için;

$$\vec{B} = \hat{a}_\phi \vec{B}_\phi$$

$$d\vec{l} = \hat{a}_\phi r d\phi$$



$$\oint_c (\hat{a}_\phi \vec{B}_\phi) \cdot (\hat{a}_\phi r d\phi) = \mu_0 I$$

$$\oint_c \vec{B}_\phi r d\phi = \mu_0 I$$

$$\vec{B}_\phi r 2\pi = \mu_0 I$$

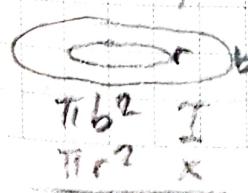
$$\vec{B}_\phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \rightarrow \boxed{\vec{B} = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 I}{2\pi r}}$$

$r > b$ için

$r < b$ için:

$$\vec{B} = \hat{a}_\phi \vec{B}_\phi$$

$$d\vec{l} = \hat{a}_\phi r d\phi$$

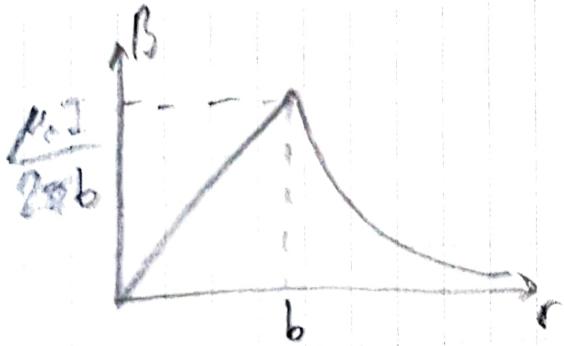


$$\oint_c (\hat{a}_\phi \vec{B}_\phi) (\hat{a}_\phi r d\phi) = \mu_0 \frac{\pi r^2}{\pi b^2} I$$

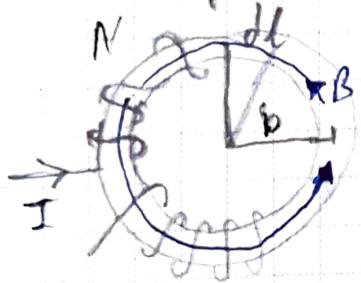
$$\vec{B}_\phi r 2\pi r = \mu_0 \frac{r^2}{b^2} I$$

$$\boxed{\vec{B} = \hat{a}_\phi \mu_0 \frac{r}{2\pi b^2} I}$$

$r < b$ için



ÖRNEK: I akımı taşıyan akıcıdeğî havuz, b ’da N sarmalı bir borusuna göre yerken bir toroidin içindeki manyetik akım yoğunluğunun belirlenmesi. Toroidin ortasında yani $r = b$ ve her bir sarmama yerlendirmesi dahi.



$$\vec{B} = \hat{\phi}_\theta B_\theta \\ d\vec{B} = \hat{\phi}_\theta r d\phi$$

$$g(\hat{\phi}_\theta B_\theta) \cdot (\hat{\phi}_\theta r d\phi) = \mu_0 I N \rightarrow \text{Tek bir akımı buluyorum da}$$

$$\int B_\theta r d\phi = \mu_0 I N$$

$$B_\theta (2\pi r) = \mu_0 I N$$

$$B_\theta = \frac{\mu_0 N}{2\pi r} I$$

$$\boxed{\vec{B} = \hat{\phi}_\theta \frac{\mu_0 N}{2\pi r} I} \quad (\text{Wb/m}^2, T)$$

Toroidin dışındaki ($r < b$) ve ($r > b$)da kırın boyları
bölgesinde düzgün ve debye kapaklı yalan kapsadığı net
toplum sümüm sıfır olduğu için $B = 0$ dir.

Manyetik Vektor Potansiyeli

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{A}) = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

Manyetik
Vektor
Potansiyeli
(Wb/m)

Vektora turumlayıcı
bilimkisinin hem
divergansının hem
de roterasyonun
bilinmesi gereklidir.

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

$$\text{HATIRLATMA: } \vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{A} = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{A}) - \vec{\nabla}^2 \vec{A}$$

$$\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{A}) - \vec{\nabla}^2 \vec{A} = \mu_0 \vec{J}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{A} = 0 \quad (\text{konturb koşulu})$$

$$\boxed{\vec{\nabla}^2 \vec{A} = -\mu_0 \vec{J}}$$

Vektor
Poisson
Denklemi

Kartezian Koordinatlarında:

$$\begin{cases} \nabla^2 A_x = -\mu_0 J_x \\ \nabla^2 A_y = -\mu_0 J_y \\ \nabla^2 A_z = -\mu_0 J_z \end{cases}$$

[Vektörel A'ya skalar genel]
 ∇ ye benzett.

HATIRLATMA:

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \rightarrow V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho v}{R} dv$$

$$\left[\frac{1}{\epsilon_0} \rightarrow \mu_0 \quad \rho v \rightarrow J_x \right]$$

$$\boxed{\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{J}}{R} dv'}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_x = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{J_x}{R} dv' \\ A_y = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{J_y}{R} dv' \\ A_z = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{J_z}{R} dv' \end{array} \right.$$

Bir kordinat eksenini seçtiğimizde sadece içinden
geçen manyetik döner:

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} \quad \oint \vec{B} ds = \int (\vec{\nabla} \times \vec{A}) ds$$

\downarrow Stokes Teo.

$$\boxed{\oint \vec{A} dl}$$

Ampere yasası
Biot-Savart Yasası

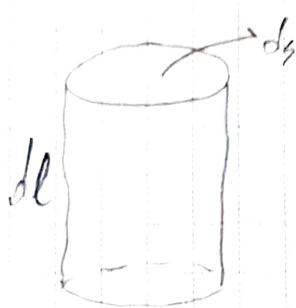
Ann herhangi bir düzlemede bir yolda dolaşan akımın
bu yolda oluşturduğu alanla ilgili bir formül elde etmek.

Biot-Savart Yasası ve Uygulamaları

$$\bar{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{I}{R} dV' \rightarrow \bar{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\ell'}{R}$$

$\downarrow ds', d\ell'$

$$\bar{B} = \nabla \times \bar{A}$$



$$\begin{aligned} \bar{B} &= \nabla \times \bar{A} \\ &= \nabla \times \left[\frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\ell'}{R} \right] \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \nabla \times \left(\frac{d\ell'}{R} \right) \end{aligned}$$

HATBLATMA: $\nabla \times (f\bar{G}) = f(\nabla \times \bar{G}) + (\nabla f) \times \bar{G}$

$$\begin{aligned} \nabla \times \left(\frac{d\ell'}{R} \right) &= \frac{1}{R} \left(\nabla \times d\ell' \right) + \left(\nabla \frac{1}{R} \right) \times d\ell' \\ \nabla \frac{1}{R} &= \hat{x}_x \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{R} \right) + \hat{y}_y \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{R} \right) + \hat{z}_z \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{R} \right) \end{aligned}$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}$$

$$\left(\nabla \frac{1}{R} \right) = -\frac{\vec{R}}{R^3} \Rightarrow -\frac{\hat{R}}{R^2} \times d\ell'$$

$$\boxed{\bar{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\ell' \times \hat{R}}{R^2}}$$

Biot-Savart

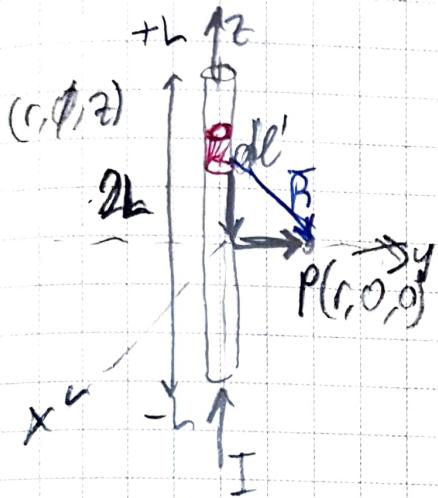
$$-\frac{\hat{R}}{R^2} \times d\ell'$$

$$\boxed{\bar{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\ell' \times \bar{R}}{R^3}}$$

$\oint \vec{dl}' \rightarrow$ kaynaklaştırmak

ÖRNEK: $2l$ uzunluğundaki düz bir telde I doğru akımı akmaktedir. Teli ortadan geçen düzleme kelen P kadar uzaklıktasın. Bir noktada manyetik alan B 'yu; a) once manyetik vektör potansiyeli A 'yi bul ve b)

b) Biot - Savart yasasından bulsunuz.



$$\text{a)} \vec{A} \rightarrow \vec{B} = ?$$

$$\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dl'}{R}$$

$$dl' = \hat{dz}' dz' \rightarrow \text{dolum yani}$$

$$R = -\hat{dz}' z' + \hat{dr} \cdot r$$

$$|R| = \sqrt{z'^2 + r^2}$$

$$\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{\hat{dz}' dz'}{\sqrt{z'^2 + r^2}}$$

$$\vec{A} = \hat{dz}' \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dz'}{\sqrt{z'^2 + r^2}}$$

$$\text{HATIRLATMA: } \int \frac{dx}{\sqrt{x^2 + c^2}} = \ln(x + \sqrt{x^2 + c^2})$$

$$\vec{A} = \hat{dz}' \frac{\mu_0 I}{4\pi} \left[\ln(z' + \sqrt{z'^2 + r^2}) \right]_{-L}^{+L}$$

$$\vec{A} = \hat{dz}' \frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln \left(\frac{L + \sqrt{L^2 + r^2}}{-L + \sqrt{L^2 + r^2}} \right)$$

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

$$= \frac{1}{r} \begin{vmatrix} \hat{dr} & \hat{d\phi} r & \hat{dz} \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \phi} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_r & r A_\phi & A_z \end{vmatrix} = \frac{1}{r} \begin{vmatrix} \hat{r} & \hat{\phi} & \hat{z} \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \phi} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_r & r A_\phi & A_z \end{vmatrix} - \hat{dz}' \frac{1}{r} \begin{vmatrix} \hat{r} & \hat{\phi} & \hat{z} \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \phi} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_r & r A_\phi & A_z \end{vmatrix}$$

genlik
alanlığından
sıkılıkla

φ yok

$$= \frac{1}{r} \left\{ \hat{\partial}_r \frac{\partial A_\phi}{\partial r} - \hat{\partial}_\theta \left(\frac{\partial}{\partial r} A_\theta \right) \right\}$$

$$\vec{B} = \frac{1}{r} \left(-\hat{\partial}_\theta r \frac{\partial}{\partial r} A_\theta \right)$$

...

$$\boxed{\vec{B} = \hat{\partial}_\phi \frac{\mu_0 I L}{2\pi r \sqrt{L^2+r^2}}}$$

genelle

Eğer $L \gg r$

HATRİLAZMA

$$y = \ln(f(x))$$

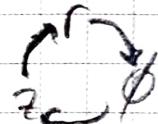
$$y' = \frac{f'(x)}{f(x)}$$

$$\left(\frac{f(x)}{g(x)} \right)' = \frac{f'(x)g(x) - g'(x)f(x)}{g^2(x)}$$

b) Biot-Savart

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\ell' \times \vec{R}}{R^3}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{(\hat{z}_2 d\vec{z}') \times (-\hat{z}_2 z' + \hat{r} r')}{(z'^2 + r'^2)^{3/2}}$$



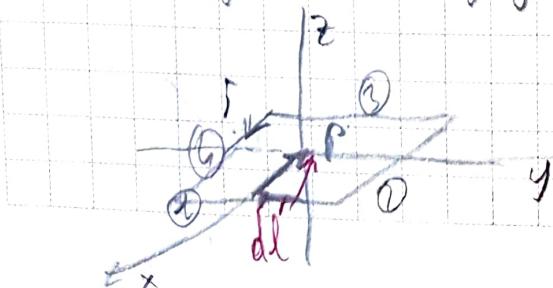
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{\hat{z}_2 r d\vec{z}'}{(z'^2 + r'^2)^{3/2}} \Rightarrow \vec{B} = \hat{\partial}_\phi \frac{\mu_0 I r}{4\pi} \int \frac{dz'}{(z'^2 + r'^2)^{3/2}}$$

HATRİLAZMA: $\int \frac{dx}{(x^2 + c^2)^{3/2}} = \frac{x}{c^2(x^2 + c^2)^{1/2}}$

$$\vec{B} = \hat{\partial}_\phi \frac{\mu_0 I r}{4\pi} \left[\frac{z'}{r} \frac{1}{(z'^2 + r'^2)^{3/2}} \right]_{-L}^L$$

$$\vec{B} = \hat{\partial}_\phi \frac{\mu_0 I L}{2\pi r \sqrt{L^2+r^2}}$$

ÖRNEK: I doğrusal akım taşıyan ve kendi uzunlukları w olan bir doğrunun kore dengesini merkezindeki manyetik alıcı yarımılığunu bulınız.



Yarımılık

$$\text{Biot-Savart; } \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l}' \times \vec{B}}{R^3}$$

$$\textcircled{1} \quad d\vec{l}' = \hat{y}' dy'$$

$$\vec{B} = -\hat{y}' \cdot \hat{y}' - \hat{x} \frac{w}{2}$$

$$|B| = \left(y'^2 + \left(\frac{w}{2}\right)^2 \right)^{1/2}$$



$$\textcircled{2} \quad d\vec{l}' = -\hat{x}' dx'$$

$$\vec{B} = -\hat{x}' \cdot x' - \hat{y} \frac{w}{2}$$

$$|\vec{B}| = \left(x'^2 + \left(\frac{w}{2}\right)^2 \right)^{1/2}$$



(3)

(4)

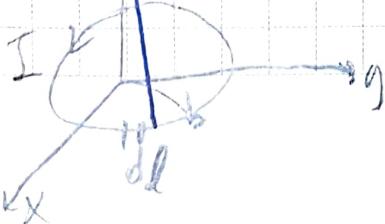
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \left[\underbrace{\int \left(\hat{y}' \hat{y}' \right) \times \left(-\hat{y}' y' - \hat{x} \frac{w}{2} \right)}_{\left(y'^2 + \left(\frac{w}{2}\right)^2 \right)^{3/2}} + \underbrace{\int}_{2} + \underbrace{\int}_{3} + \underbrace{\int}_{4} \right]$$

$$\vec{B} = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi w} \hat{z}$$

$$\hat{y}' \cdot (\hat{y}') \times (-\hat{x}) = +\hat{z}$$

ÖRNEK: I dörtlü okuru toplayan b yaricaplı genel bir prant
döngünün ekspansiyonu bir nökteden oluşan manyetik
skizi B yi bulınız?

$$P(0,0,z)$$



silindir

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l}' \times \vec{B}}{R^3}$$

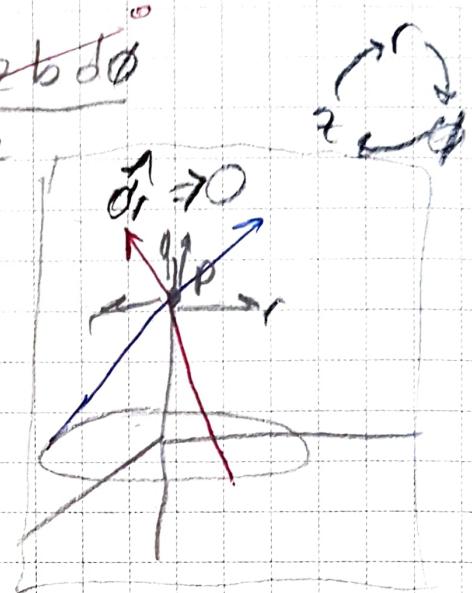
$$\begin{aligned} d\vec{l}' &= \hat{y}' b d\phi \\ \vec{B} &= -\hat{r} b + \hat{z} \cdot z \\ |\vec{B}| &= \sqrt{b^2 + z^2} \end{aligned}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{(\hat{d}\phi b d\phi) \times (-\hat{d}_r b + \hat{d}_z z)}{(b^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{\hat{d}_z b^2 d\phi + \hat{d}_r z b d\phi}{(b^2 + z^2)^{3/2}}$$

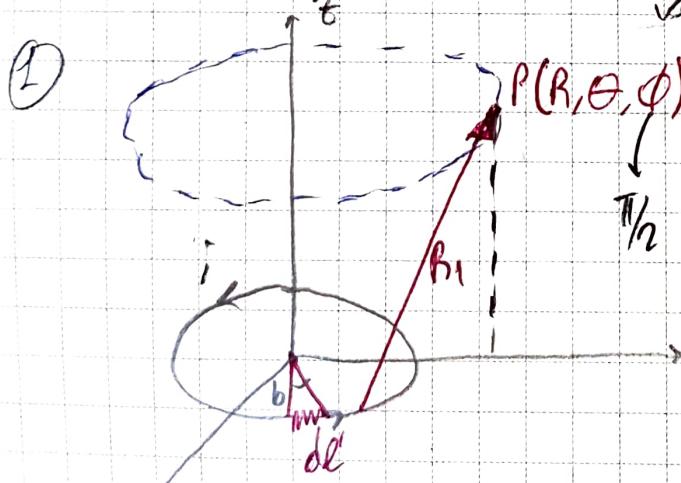
$$\vec{B} = \hat{d}_z \frac{\mu_0 I b^2}{4\pi} \int_0^{2\pi} \frac{d\phi}{(b^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{b^2}{(b^2 + z^2)^{3/2}} \hat{d}_z$$



Magneetik Dipol

\Rightarrow I akımı taşıyan bı yarıçaplı, konsikt cemberden (magneetik dipolden) $> 2a$ 'e bir noktada bir magneetik akı yoğunluğu buluruz. (noktaçılık ve radyo seviyeleri ve karesel koordinatlar)



$$\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dl'}{R}$$

[Kolaylık olursa böyle
y eksenine yerleştirildi]

$$dl' = \hat{d}\phi b d\phi'$$

$$\begin{aligned} \vec{dl}' &= -\hat{d}_x dl' \sin\phi' \hat{d}_y + \hat{d}_x dl' \cos\phi' \hat{d}_z \\ \vec{dl}' &= -\hat{d}_x b d\phi' \sin\phi' \hat{d}_y + \hat{d}_x b d\phi' \cos\phi' \hat{d}_z \end{aligned}$$



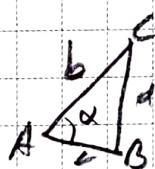
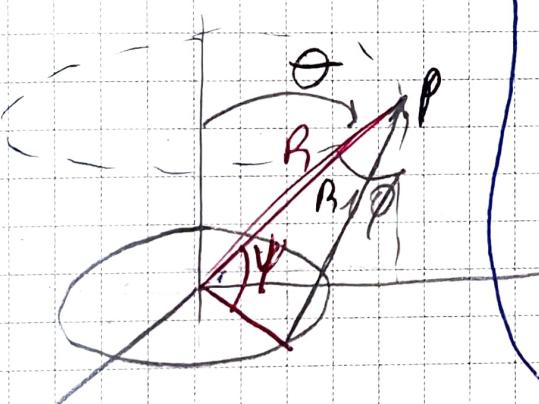
[Soyler simetri]

$$\bar{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dl'}{R}$$

$$\bar{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^{2\pi} -d\lambda \frac{b \cdot d\phi' \sin\phi'}{R_1}$$

$$\bar{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} 2 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\phi' \frac{b d\phi' \sin\phi'}{R_1}$$

$$\bar{A} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\phi' \frac{b d\phi' \sin\phi'}{R_1}$$



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos\alpha$$

$$R_1^2 = b^2 + R^2 - 2bR \cos\phi$$

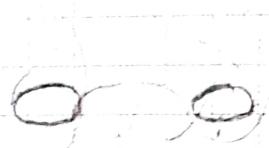
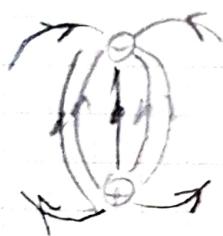
$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} \left(\frac{b^2}{R^2} + 1 - \frac{2b}{R} \cos\phi \right)^{1/2}$$

$$\boxed{\bar{A} = \hat{d}\phi \frac{\mu_0 I b^2}{4R^2} \sin\theta \rightarrow \bar{A} = \hat{d}\phi A\phi}$$

$$\bar{B} = \bar{\nabla} \times \bar{A} \Rightarrow \bar{B} = \frac{1}{R^2 \sin\theta} \begin{vmatrix} \hat{d}R & \hat{d}\theta R & \hat{d}\phi R \sin\theta \\ \partial/\partial R & \partial/\partial \theta & \partial/\partial \phi \\ A_R & B_\theta & R \sin\theta A_\phi \end{vmatrix}$$

$$\boxed{\bar{B} = \frac{\mu_0 I b^2}{4R^3} \left(\hat{d}\theta 2 \cos\theta + \hat{d}\phi \sin\theta \right)}$$

NOT: Manyetik dipolun uzak noktaların manyetik diki gizgilleri, bir elektrik dipolun elektrik diki gizgilleri ile aynıdır. Manyetik dipolun diki gizgilleri nüfuselik orasına rağmen elektrik dipolun diki gizgilleri yoklarda son derece fazla ve her zaman, (+) yolda (-) yolda doğru olmaktadır.

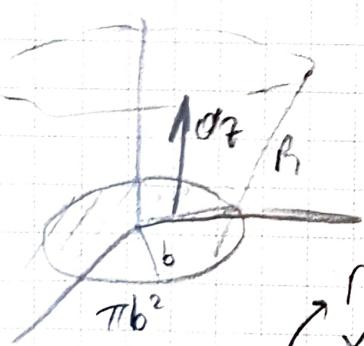


$$E = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0 R^3} (\hat{d}_R 2\cos\theta + \hat{d}_\theta \sin\theta)$$

$$\Rightarrow \bar{A} = \hat{d}_\theta - \frac{\mu_0 I b^2 \pi \sin\theta}{4 R^2 \cdot \pi}$$

$$I \pi b^2 = m \rightarrow \text{manyetik dipol momenti}$$

$$\bar{m} = \hat{d}_\theta I \pi b^2$$



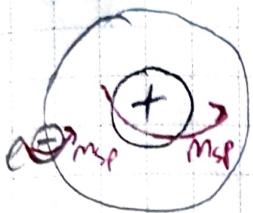
$$\left(\frac{r}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi b^2}{2\pi} \cdot dl$$

$$\boxed{\bar{A} = \mu_0 \frac{\bar{m} \times \hat{d}_\theta}{4\pi R^2}} \rightarrow \text{yazgının birimi}$$

$$\boxed{V = \frac{\rho \cdot \bar{d}_\theta}{4\pi\epsilon_0 R^2}}$$

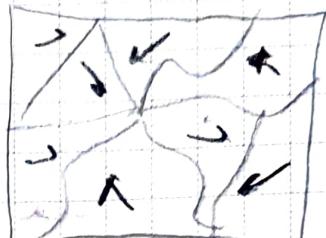
$$\boxed{\bar{B} = \frac{\mu_0 m}{4\pi R^3} (\hat{d}_R 2\cos\theta + \hat{d}_\theta \sin\theta)}$$

Mikronotslanma ve Esdeger Atom Yığınlıkları

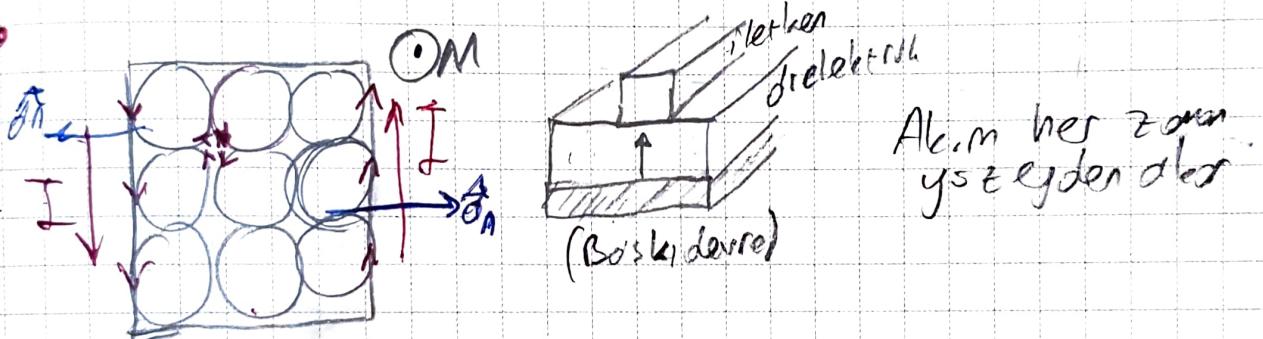
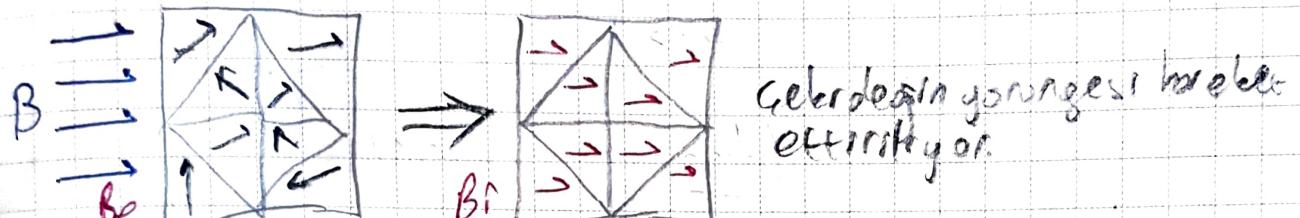


$$M_{\text{spin}} = \frac{e\hbar}{2m}$$

[Mikroskopik kırıltılar
modelerinin manyetik
dipoloş sıfırdır.]



$$\text{Net magnet. dip} = 0$$



$$\begin{array}{c} \text{B} \\ \hline \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \left| \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right| \Rightarrow \left| \begin{array}{cc} + & 00- \\ + & 00- \\ + & 00- \\ + & 00- \end{array} \right| \quad [\text{Kondansatör}]$$

- Bir manyetik malzemeden varlığı onun neden olduğu manyetik alan yığınlaşması degisim miktarının bir kademek tarafları bir dumanın manyetik dipol momenti M_K desek n tane dumanın mikronotslanma vektörü M ;

$$M = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\sum M_K}{\Delta V}$$

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

Octa Bors ismi

$$d\vec{A} = \mu \frac{\vec{M} \times \vec{d}_n}{4\pi R^2} dV' \rightarrow A = \oint dV' \rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{A} = \vec{B}$$

$\vec{d}_n \rightarrow$ yuzeyin diki birim vektörü

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 I$$

- Miknatısların yoğunluğu dolum yoğunluğu $J_{MS} = \vec{M} \times \hat{a}_n$ (A/m)
- Miknatısların hacim dolum yoğunluğu $J_{MV} = \vec{\nabla} \times \vec{M}$ (A/m^2)

Magneetik moment yoğunluğu M 'nın μ_0 ile döfes orantılı, birlikte dolum yoğunluğu \vec{B}_I ürettiği kabul edilirse

$$\vec{B}_I = \mu_0 \vec{M} \rightarrow \vec{M} = \frac{\vec{B}_I}{\mu_0}$$

$$\vec{J}_{MV} = \vec{\nabla} \times \vec{M}$$

$$\vec{J}_{MV} = \frac{1}{\mu_0} (\vec{\nabla} \times \vec{B}_I) \rightarrow$$

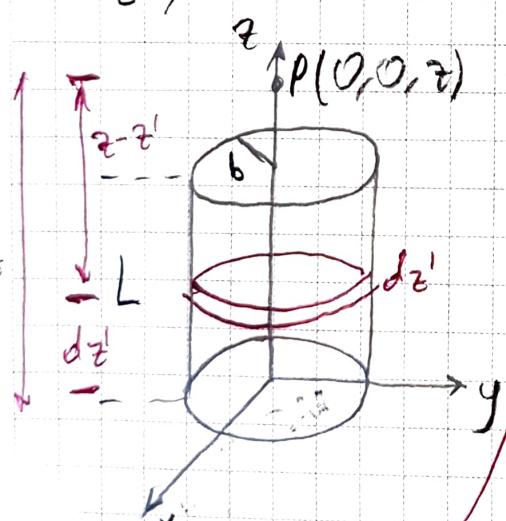
$$\boxed{\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}_{MV}}$$

(Fazende uygulanır)

$$\boxed{\vec{\nabla} \times \vec{B}_e = \mu_0 \vec{J} \text{ (disansör uygulanır)}}$$

$$\boxed{\vec{\nabla} \times \vec{B}_{\text{Toplo}} = \mu_0 (J + J_{MV})}$$

\Rightarrow Bir magneetik mühzededen oluşturulan miknatısların, bireisel silindirin ek sensörlerle magneetik dolum yoğunluğunu buluyor? Silindirin yarıçapı a , uzunluğu b , ek sensör miknatısları $\vec{M} = \hat{a}_z M_0$ d.r.



$$\vec{B} = \hat{a}_0 \frac{\mu_0 J}{2} \frac{b^2}{(\sqrt{b^2 + z^2})^3}$$

Gecen hafızda
sonra ne?

$$J_{MS} = \vec{M} \times \hat{a}_n \text{ (A/m ')}$$

$$J_{MV} = \vec{\nabla} \times \vec{M} \text{ (A/m^2)} = 0$$

$$\boxed{\vec{\nabla} \times \vec{M} = \frac{1}{T} \begin{vmatrix} dr & d\phi & d\phi \\ \frac{\partial r}{\partial x} & \frac{\partial r}{\partial y} & \frac{\partial r}{\partial z} \\ M_x & M_y & M_z \end{vmatrix}}$$

$$\text{Yan yorum} = (\hat{a}_z M_0) \times \hat{a}_r \rightarrow J_{MS} = \hat{a}_z M_0 \text{ (A/m ')}$$

$$\text{Üst ve alt} = (\hat{a}_z M_0) \times \hat{a}_z = 0$$

$$\vec{dB} = \frac{d\phi}{2} \frac{M_0 dz' b^2}{(\sqrt{b^2 + (z-z')^2})^3}$$

$$\vec{B} = \int \vec{dB}$$

$$\vec{B} = \hat{\partial}_z M_0 \frac{N_0}{2} \left[\frac{z}{\sqrt{z^2 + b^2}} - \frac{z-L}{\sqrt{(z-L)^2 + b^2}} \right]$$

[1. okun, okmijor
bu yuzden T okmijon
mikrotislarma vetturme
gesilmez]

Manyetik Alan Sifdeti ve Bölgel Gecirgenlik

$$\bar{\nabla} \times \vec{B} = M_0 (J + J_{av}) \rightarrow J_{av} = \bar{\nabla} \times \vec{M} \quad M \rightarrow \text{Mikrotislarin vektoru}$$

$$\frac{1}{\mu_0} (\bar{\nabla} \times \vec{B}) = J + \bar{\nabla} \times \vec{M}$$

$$\underbrace{\bar{\nabla} \times \left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \right)}_{\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}} = J \rightarrow \bar{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J}$$

} $\bar{\nabla} \times \vec{H} d\vec{l} = \int \vec{J} d\vec{s}$
↓ Stokes Teo

manyetik Alan sifdeti (A/m)

$$\oint_c \vec{H} d\vec{l} = I \quad \text{Amper kolu}$$

Otammin manyetik szellikler (neer ve yon bagimsiz) ise mikrotislarma manyetik alan sifdeti ile dogru orantildid.

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

$$H = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \chi_m \vec{H}$$

$$\vec{H} \mu_0 (1 + \chi_m) = \vec{B} \rightarrow \vec{B} = \mu \vec{H}$$

$\chi =$ Ortonun kozif
manyetik gecirgenlik

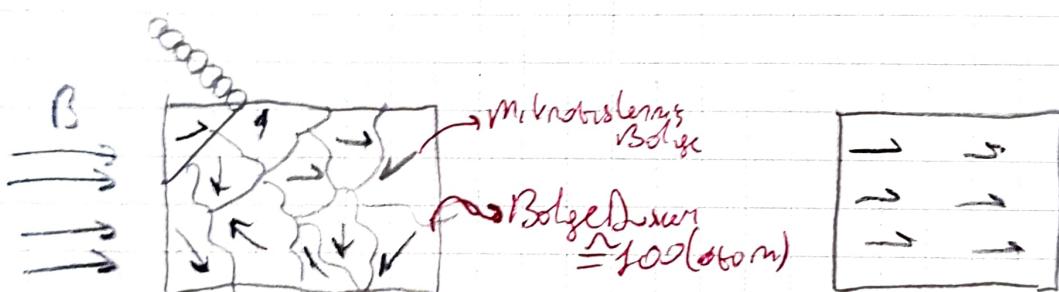
$$M = N_0 M_r$$

→ ortonun mutlak
manyetik gecirgenlik

Magnetcik Matzemelerin Davranışı

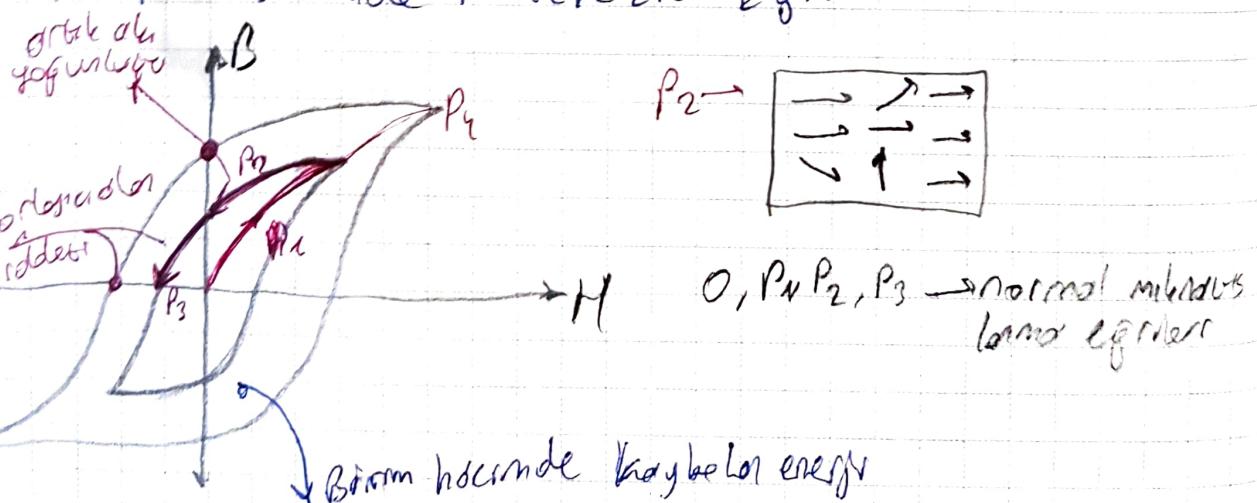
Magnetcik matzemelerin M_r degerlerine gore 3'e ayılır.

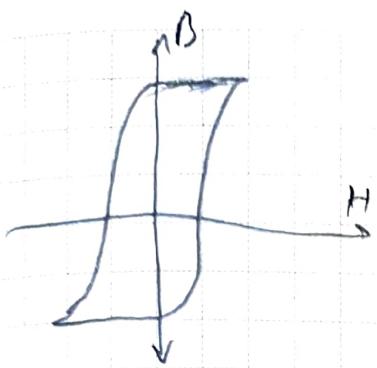
Diamagnetik Matz.	Paramagnetik Matz.	Ferromagnetik Matz.
$M_r \leq 1$	$M_r > 1$	$M_r \gg 1$
$\chi_m = -10^{-5}$	$\chi_m = 10^{-5}$	
Batik, gomz Altin Cu, Ag, Au	Aluminyum, Titanyum Magnetum Al, Ti, Mg	
-Ferromagnetik Matzemeler		



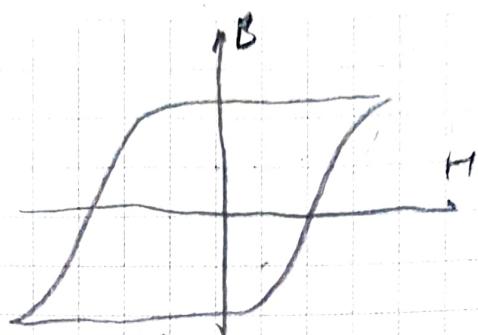
$$\text{Net Mikroistisler} = 0$$

-B-H dozlemende Histeresis Egmleri





Yumuşak Ferromanyetik
(Birleşen manyetik dairesel tephisi formlu)

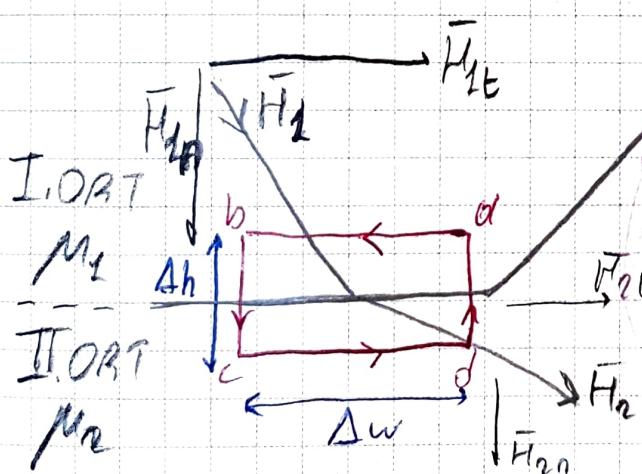


Sert Ferromanyetik

Bir ferromanyetik malzemenin sıcaklığı termodinamik enerjisini manyetik dipol momentlerinin koordinatlarının enerjisine əsasdaş keçirər yoxselt olarsa, miknatış binniq bölgeleri östəsiyət durumda gelir. Curie sıcaklığı olaraq bilinen bu kritik sıcaklığın üstündə ferromanyetik malzeme paramagnetik mənzəmə qərar daşır. Curie sıcaklığı 200-1000°C arasındadır.

ÖRNEK 5.12 Sayfa 203

Manyostatik Alanlar Icm Sınırlı koşulları



$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} \Rightarrow \oint \vec{H} d\vec{l} = I$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \rightarrow \oint \vec{B} ds = 0$$

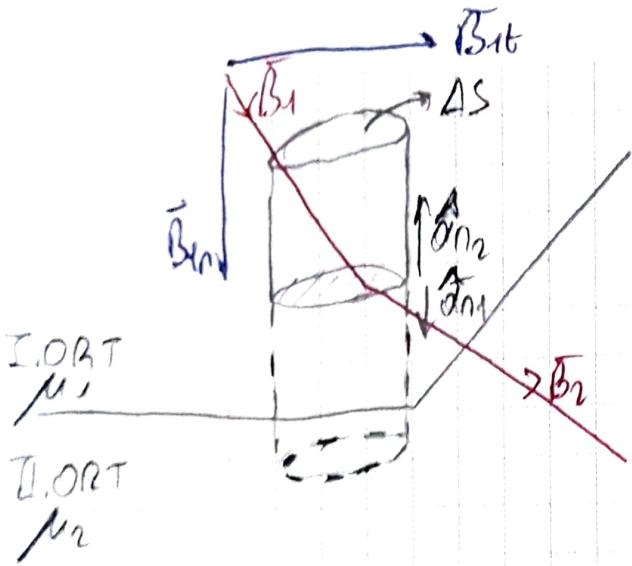
$$db = cd = \Delta w$$

$$bc = da = Ah \rightarrow 0$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I$$

$$\int_{ab} \vec{H}_1 \cdot d\vec{l} + \int_{cd} \vec{H}_2 \cdot d\vec{l} = I \rightarrow I = \int_{ab} s dW$$

$$H_{1t} \Delta W + H_{2t} (-\Delta W) = J_{ms} \cdot \Delta W \rightarrow [H_{1t} - H_{2t}] = J_{ms}$$



$$\int \vec{B}_1 (\partial n_2 \Delta s) + \int \vec{B}_2 (\partial n_1 \Delta s) = 0$$

$$B_{1n} \Delta s + B_{2n} (-\Delta s) = 0$$

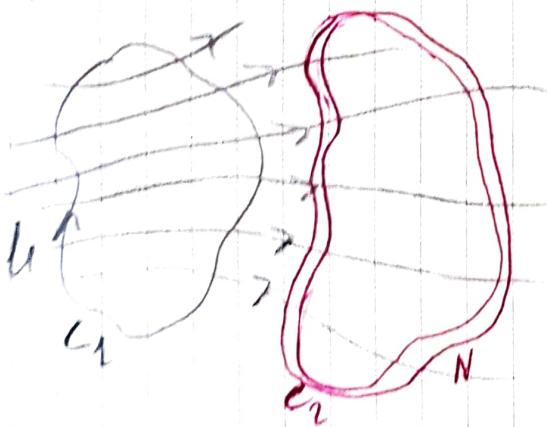
$$B_{1n} - B_{2n} = 0$$

$$B_{1n} = B_{2n}$$

$$\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}$$

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

Endektorans ve Induktörler



$$\Phi_{1n} = \int_S \vec{B}_1 d\vec{s}_n$$

ortak akı

Biot-Savart

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi} \int_C \vec{dl} \times \vec{R}^2$$

$$\Phi_{1n} = I_1 L_{1n} \rightarrow \text{bütel ornek endektorans (bütel)}$$

$$\Lambda_{1n} = N \phi_{1n} \cong I_1 L_{1n} \rightarrow \text{akı bağıntısı}$$

$$L_{12} = \frac{\Lambda_{1n}}{I_1}$$

Orijinal endektorans
12, 11 gibi standartları

$$\Delta_{11} = N_1 \Phi_{11} \geq N_2 \Phi_{12} = -\Delta_{12}$$

• Bir induktörün 1. et endikansı bulmağımız

• İkinci devre akasındaki ortak endikansı bulmağımız

1- Verilen geometriye uygun koordinat sistemi seçili

1- Uygun koordinat sistemini seçili

2- Elektronelde I akımı olduğu varsayılmı.

2- I_1 akımı doğrultusunu

3- Amper devre yasası ve ya
Biot-Savart ile \vec{B} hesaplanır.

3- B_1 bulunur.

4- B den her bir sərim ile
bağlaşan Φ bulunur.

5- $\Delta_{11} = N_1 \Phi_{11}$ den ob. bağılaşımı bulunur.

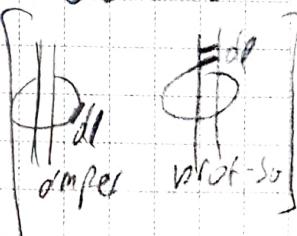
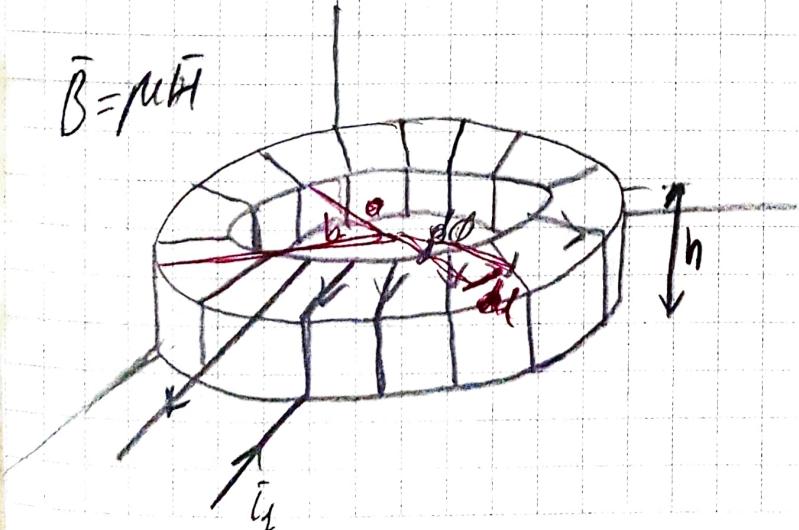
5- Aks koğuşum Φ_{111} sərim
yasası ile çarpılmıştır bulunur.

$$6- L_{11} = \frac{\Delta_{11}}{I_1}$$

6- $L = \Delta / I$ oranından 6z
endikansı bulunur.

\Rightarrow Dik dörgen besitler ve baytları şeklinde gösterilen toroid bir kasnak üzerinde N sərimli, tel silindir salılmıştır.
Ortamın genügülğüne μ_0 kabul ederse toroid bobinin 6z endikansını bulunuz.

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$$



$$\int_{2\pi}^{} \vec{H} d\ell = I$$

$$\int_0^{2\pi} (\hat{\partial}_\theta H_\theta) \cdot (\hat{\partial}_\theta r d\theta) = IN$$

$$H_\phi \cdot r \cdot 2\pi = NI$$

$$H_\phi = \frac{NI}{2\pi r} \Rightarrow$$

$$\boxed{\bar{H} = \hat{d}_\phi \cdot \frac{NI}{2\pi r}}$$

$$\boxed{\bar{B} = \hat{d}_\theta \cdot \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}}$$



$$\Phi_{in} = \int \bar{B} ds$$

$$= \iiint \left(\hat{d}_\theta \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \right) \cdot (\hat{d}_\theta b r dr)$$

$$\iint \frac{1}{r} dr dz$$

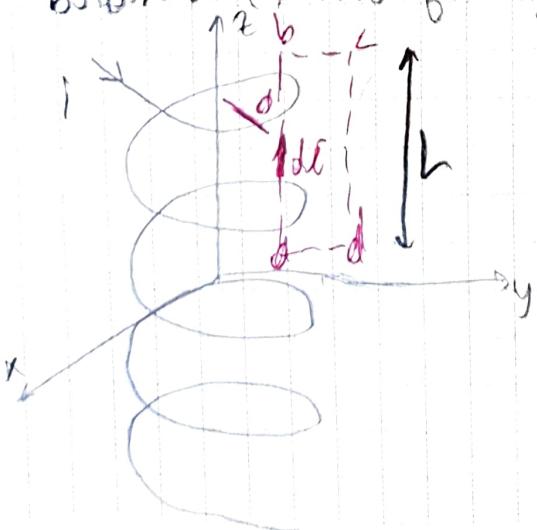
$$\phi = \frac{\mu_0 NI h}{2\pi} \ln(b/a)$$

$$\Lambda = N\phi$$

$$\Lambda = \frac{\mu_0 N^2 I}{2\pi} h \ln(b/a)$$

$$L = \frac{\Lambda}{I} = \frac{\mu_0 N^2}{2\pi} h \ln(b/a)$$

\Rightarrow Birim uzunluğunda N sarması olup çok uzun bir solenoidin birim uzunluğunda basına endüktansı belli mi? (yeterlilik şartsı μ dol)



$$\oint \bar{H} d\bar{l} = I \rightarrow \oint \bar{H} dL = I$$

$$\int_{ab} (\hat{d}_z H_z) \cdot (\hat{d}_z dL) +$$

~~$$\int_{bc} (\hat{d}_z H_z) \cdot (\hat{d}_r dL) +$$~~

~~$$\int_{cd} 0 + \int_{da} (\hat{d}_z H_z) \cdot (-\hat{d}_r dL) = NIL$$~~

$$H_2 \cdot L = NIL$$

$$H_2 = NI \rightarrow H = \hat{\sigma}_z NI$$

$$B = NH \rightarrow \boxed{B = \hat{\sigma}_z MN I}$$

$$\Phi = \int \vec{B} d\vec{s}$$

$$\Phi = \int (\hat{\sigma}_z MN I) (\hat{\sigma}_z r dr d\phi)$$

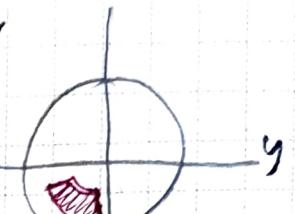
$$\Phi = \mu NI 2\pi \frac{r^2}{2}$$

$$\boxed{\Phi = \mu NI \pi r^2}$$

$$L = N\Phi = \mu N^2 I \pi r^2$$

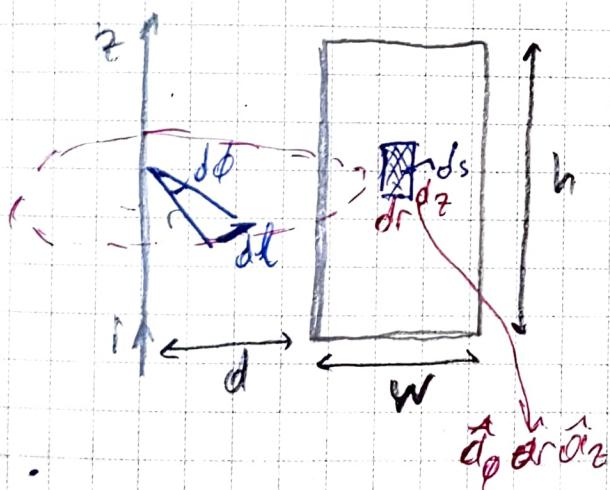
$$\boxed{L = \frac{N\Phi}{2} = \mu N^2 (\pi r^2) \rightarrow S}$$

$$\int r dr = \frac{r^2}{2} \Big|_0^R$$



$$dy = \hat{\sigma}_z r dr d\phi$$

\Rightarrow Sekilde gosseriler ilətken dilədərən dəngəs yəz
gəl və yəz dS_z bir təkən dərinlikdən oradən endəkəsi
bulunur.



$$\int \vec{B}_1 d\vec{l} = \mu_0 I_1$$

$$\int (\hat{\sigma}_\phi B_\phi) (\hat{\sigma}_\phi r d\phi) = \mu_0 I_1$$

$$B_\phi 2\pi r = \mu_0 I_1$$

$$B_\phi = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \Rightarrow \boxed{\vec{B}_1 = \hat{\sigma}_\phi \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}}$$

$$\Phi_{12} = \int \vec{B}_1 d\vec{s}_2$$

$$\Phi_{12} = \iint \limits_{O^d}^{h+dw} (\hat{\sigma}_\phi \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}) (\hat{\sigma}_\phi dr d\phi)$$

$$\Phi_{12} = \frac{\mu_0 I_1 h}{2\pi} \ln \left(\frac{d+dw}{d} \right)$$

$$L_{12} = N_2 \Phi_{12}$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 h}{2\pi} \ln \left(\frac{d+dw}{d} \right)$$

$$\boxed{L_{12} = \frac{N_2 \Phi_{12}}{I_1} = \frac{\mu_0 h}{2\pi} \ln \left(\frac{d+dw}{d} \right) (H)}$$

Magnezik Enerji

- 1- Dengeye damgası tır ve öz endüktansı L_1 olan tek bir kapatılmış döngü ele alalım.
- 2- Dengeye bir damga boyunca, bağlandığında iş düşmelerinden I_1 değerine ulasır.
- 3- Alın değişimine direncele bir elektro motor (EMF) indüklenir.
- 4- İndüksiyon bu EMF'nin ususunda gelmek için bir miktar θ yapılmalıdır.
- 5- $V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt}$ en döktürsüzden deki gerilim olacak alırsak, gereklisi olan bu θ ;



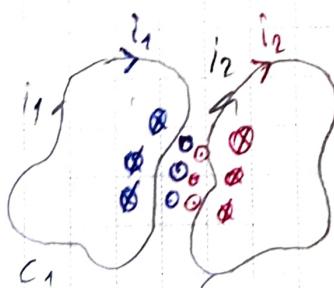
$$V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt}$$

$$W_1 = \int V_1 i_1 dt$$

$$i_1 = 0 \rightarrow I_1$$

$$W_1 = \int_0^{I_1} L_1 i_1 di_1 = \frac{1}{2} L_1 I_1^2$$

$$\boxed{W_1 = \frac{1}{2} L_1 I_1^2}$$



$$W_{12} = \int V_{12} I_2 dt$$

$$W_{12} = \mp L_{12} I_1 \int_0^{I_2} di_2$$

$$\boxed{W_{12} = \mp L_{12} I_1 I_2}$$

$$V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} \quad V_{12} = \mp L_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$i_2 = 0 \rightarrow I_2$$

Destekleyen (+)
Desteklenmeye (-)



$$V_2 = L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$W_2 = \int V_2 i_2 dt = L_2 \int_0^{I_2} i_2 di_2$$

$$\boxed{W_2 = \frac{1}{2} L_2 I_2^2}$$

$$W = W_1 + W_{12} + W_2$$

$$\boxed{W = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + L_{12} I_1 I_2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2}$$

Bu enerji akım toşiyonun bağıntısına göre dengenin
magnetik alanının depolaran enerjisi. I akımı toşiyon
L endeksi tek bir indikator dem depolaran enerji;

$$\boxed{W = \frac{1}{2} L I^2}$$

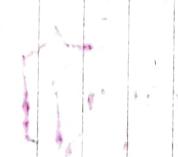
Alan Niceliklerin Çınsinden Magnetik Enerji
Elektrostatik ve manyostatik Nicelikler arasında
verilen ilişkiler

Elektrostatik

$$\frac{\bar{D}}{\bar{E}}$$

Manyostatik

$$\frac{\bar{H}}{\bar{B}}$$



lineer ortamlar için;

$$W_e = \frac{1}{2} \int \bar{D} \bar{E} dv$$

$$\boxed{W_m = \frac{1}{2} \int \bar{H} \bar{B} dv}$$

$$\text{Ortam lineerse} \rightarrow \bar{B} = \mu \bar{H}$$

$$\bar{H} = \frac{1}{\mu} \bar{B}$$

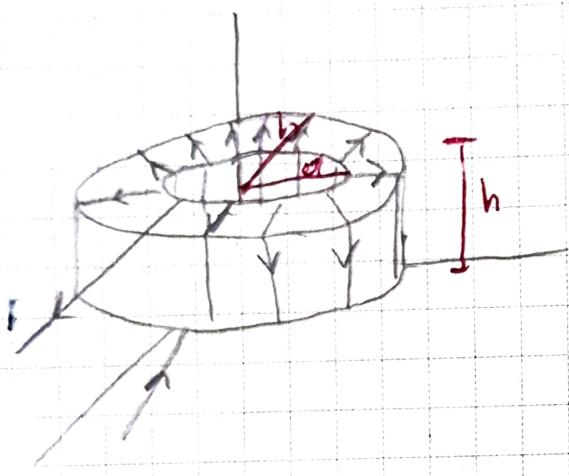
?

$$\boxed{W_m = \frac{1}{2} \int \frac{\bar{B}^2}{\mu} dv}$$

⇒ Sihdeki N sarmal toroid bobinden I akımı olmakdadır.

a) Depolaran manjetic enerji için bir ifade elde ediniz?

b) Depolaran manjetic enerjisi kılavuzlu öz endüktansı bulınız?



$$\int B dl = \mu_0 NI$$

$$\int_0^{2\pi} (\partial_\phi \hat{B}_\phi) (\partial_\phi r d\phi) = \mu_0 NI$$

$$B_\phi = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

$$W_m = \frac{1}{2} \int \frac{B^2}{\mu} dv$$

$$B = \partial_\phi \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

$$W_m = \frac{1}{2} \int \left[\frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \right]^2 \cdot \frac{1}{\mu} dv$$



$$W_m = \frac{1}{2} \iiint_0^{2\pi b} \left[\frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \right]^2 \frac{1}{\mu_0} (rdr d\phi dz)$$

$$W_m = \frac{1}{2} N^2 \frac{I^2}{\mu_0 \pi^2} \int_a^b \frac{1}{r} dr \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^h dz$$

$$W = \frac{\mu_0 N^2 I^2}{4\pi} h \ln(b/a)$$

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \rightarrow L = \frac{2W}{I^2}$$

$$\boxed{L = \frac{\mu_0 N^2}{2\pi} h \ln(b/a)}$$

Manyetik Kuvvetler ve Torklar

Aksin Tısgıyan İletkenler Üzerindeki Kuvvetler ve Torklar

$$\vec{F}_m = Q \cdot \vec{U} \times \vec{B}$$

Kesit alanı S alan dl iletken elektronuna q özüne alalım. dl yönünde U hızı ile hareket eden, birim hizda n adet Q yük taşıyıcısı (elektron) var ise dl diferansiyel elemeni üzerinde manyetik kuvvet;



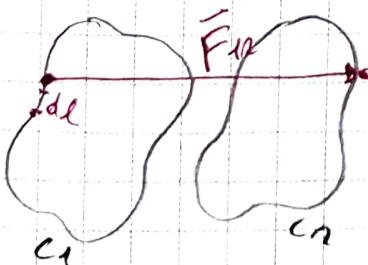
$$d\vec{F}_m = -N e S \underbrace{I d\vec{l}}_{Q} \cdot \vec{U} \times \vec{B}$$

$$= -N e S \underbrace{I U l}_{Q} \cdot d\vec{l} \times \vec{B}$$

$d\vec{l}$ ve U
ayn. yönde
buysa döters
gevurilebilir.

$$d\vec{F}_m = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\boxed{\vec{F}_m = I \int d\vec{l} \times \vec{B}}$$



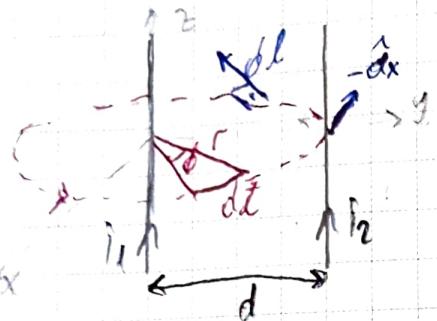
$$\vec{F}_{12} = I_2 \int d\vec{l}_2 \times \vec{B}_{12}$$

Biot-Savart

$$\vec{B}_{12} = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi} \int \frac{d\vec{l}_1 \times \vec{R}}{R^3}$$

$$\boxed{\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi} \iiint d\vec{l}_2 \times \frac{(d\vec{l}_1 \times \vec{R})}{R^3}}$$

→ Aynı yönde I_1 ve I_2 akımlarının toplamı sıfır ve ince birbirine paralel iki teli birim uzunluk boyunda kuvveti belirleymez. Teller arası uzaklık d 'dir.



$$\int \vec{B}_{12} d\vec{l}_1 = \mu_0 I_1$$

$$\int (\hat{d\phi} B_0) (\hat{ax} r d\phi) = \mu_0 I_1$$

$$\boxed{\vec{B} = \hat{a}_\phi \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}}$$

Silindirik koordinatlarında genellikle \hat{a}_ϕ düzleme dik koordinatları kullanılır.

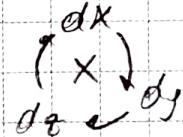
$y-z$ düzleminde;

$$\boxed{\vec{B} = -\hat{a}_x \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}}$$

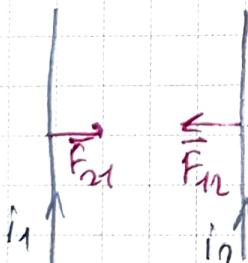
$$\vec{F}_{12} = I_2 \int d\vec{l}_2 \times \vec{B}_{12}$$

$$\vec{F}_{12} = I_2 \left(\hat{a}_z dz \right) \times \left(-\hat{a}_x \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \right)$$

$$= -\hat{a}_y \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \int dz$$



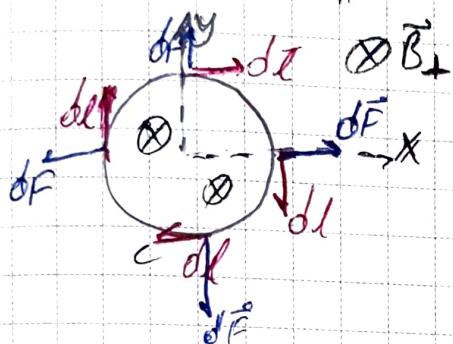
$$\boxed{\vec{F}_{12} = -\hat{a}_y \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}}$$



$$\boxed{\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}}$$

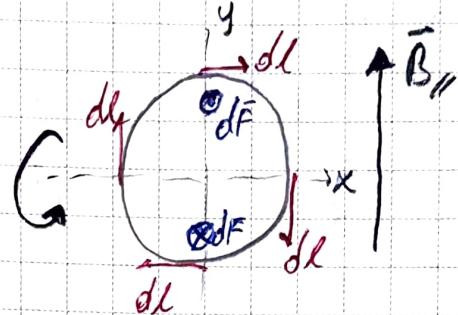
Bölümde yoğunluğu olan iğnelerde I akımı taşıyan kırılgır döngüsü göz önüne alımlı. \vec{B} 'yi döngü düzlemini dik ve paralel bilesenlerine ayırsak;

$$\vec{B} = \vec{B}_\perp + \vec{B}_\parallel$$



Dik iğni;

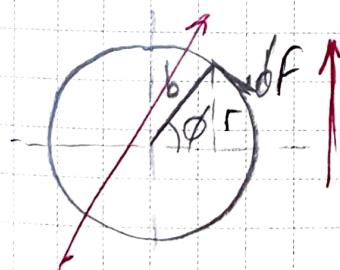
Dik bilesen döngüyü genellemek (veya I 'nın yarısının degrasyonunu dairelerin yerinde) kuvvet uygulayarak edebilir. Fakat döngüyü hareket ettirmeye yarınca uyguladığı kuvvet sıfır olur.



Paralel iğni;

\vec{B}_\parallel 'ın neden olduğu bir döngü üzerindeki net kuvvet sıfırdır. Ancak döngüyü x eksen etrafında döndürerek I nedeni ile oluşan manyetik alanla, dış \vec{B}_\parallel manyetik alanının doğrultuya getirmele özere bir tork oluşturur.

dF_1 ve dF_2 tarafından uretilen diferansiyel tork;



$$d\tau = \hat{\alpha}_x r dF$$

$$b \sin \theta$$

$$Idl \times \vec{B}$$

$$bd\phi$$

$$\vec{B} \sin \theta$$

$$d\tau = \hat{\alpha}_x b^2 \sin^2 \theta BI d\phi$$

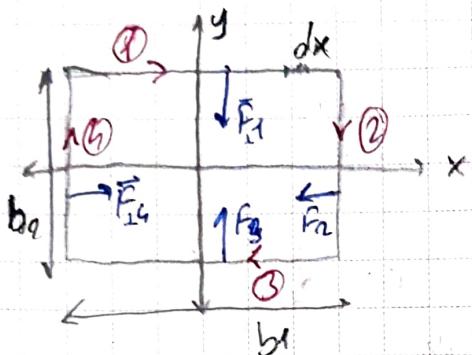
$$\bar{T} = \hat{\alpha}_x b^2 BI \int_0^{2\pi} \sin^2 \theta d\phi$$

$$\bar{T} = \hat{\alpha}_x I \pi b^2 B$$

$$\boxed{\bar{T} = \bar{m} \times \vec{B}}$$

$\downarrow I_s$

→ Kenar ucu noktaları b_1 ve b_2 olan I okulu taşıyan x-y düzlemindeki bir dikdörtgen dengesiz $B = \hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y + \hat{\alpha}_z B_z$ doğası manzıltılı olanı inceleyelim. Dengesizliklerdeki kuvvetler ve torkları bulsunuz?



$$\vec{B}_{\perp} = \hat{\alpha}_z B_z, \vec{B}_{||} = \hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y$$

Dik ıcm;

$$\textcircled{1} \quad \vec{F}_{1\parallel} = I \int_0^{b_1} (\hat{\alpha}_x dx) \times (\hat{\alpha}_z B_z) \\ = -\hat{\alpha}_y B_z I b_1$$

$$\textcircled{2} \quad \vec{F}_{2\parallel} = I \int_0^{b_2} (-\hat{\alpha}_y dy) \times (\hat{\alpha}_z B_z) \\ = -\hat{\alpha}_x B_z I b_2$$

$$\textcircled{3} \quad \vec{F}_{3\parallel} = I \int_0^{b_1} (-\hat{\alpha}_x dx) \times (\hat{\alpha}_z B_z) \\ = \hat{\alpha}_y B_z I b_1$$

$$\textcircled{4} \quad \vec{F}_{4\parallel} = I \int_0^{b_2} (\hat{\alpha}_y dy) \times (\hat{\alpha}_z B_z) \\ = \hat{\alpha}_x B_z I b_2$$

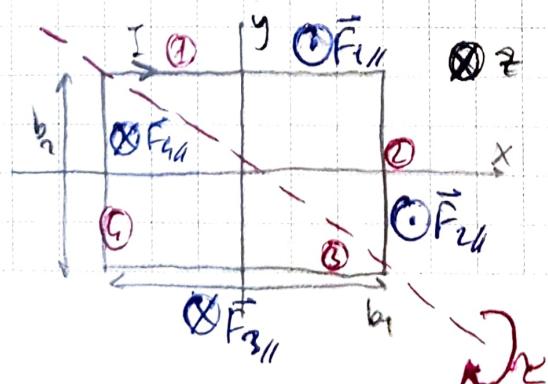
Paralel ıcm;

$$\textcircled{1} \quad \vec{F}_{1\parallel} = I \int_0^{b_1} (\hat{\alpha}_x dx) \times (\hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y) = \hat{\alpha}_z B_y I b_1$$

$$\textcircled{2} \quad \vec{F}_{2\parallel} = I \int_0^{b_2} (-\hat{\alpha}_y dy) \times (\hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y) = \hat{\alpha}_z B_x I b_2$$

$$\textcircled{3} \quad \vec{F}_{3\parallel} = I \int_0^{b_1} (-\hat{\alpha}_x dx) \times (\hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y) = -\hat{\alpha}_z B_y I b_1$$

$$\textcircled{4} \quad \vec{F}_{4\parallel} = I \int_0^{b_2} (\hat{\alpha}_y dy) \times (\hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y) = -\hat{\alpha}_z B_x I b_2$$



$$\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B}$$

↓
I.S

$$\vec{T} = (-\hat{\alpha}_z I b_1 b_2) \times (\hat{\alpha}_x B_x + \hat{\alpha}_y B_y + \hat{\alpha}_z B_z)$$

$$\boxed{\vec{T} = -\hat{\alpha}_y I b_1 b_2 B_x + \hat{\alpha}_x I b_1 b_2 B_y + 0}$$

Dipolaranan Enerji Cinsinden Kuvvetler ve Torklar

Akım taşıyan bir devre içesindeki kuvvet $\vec{F}_{\phi} = -\nabla W_m$ şeklindedir.

*sabit \vec{B} 'i
durumunda kuvvet*

3 boyutlu uzayda bu eşitlik 3 denklemler oluştur.
Örneğin koordinatlarla x yönündeki kuvvet;

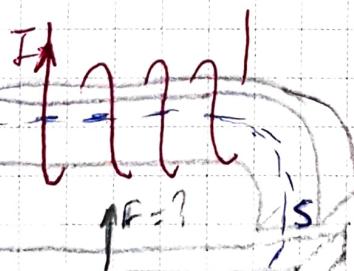
$$(F_{\phi})_x = -\frac{\partial W_m}{\partial x}$$

Bir manyetik alan içindedeki akım taşıyan devreye
etki eden bir ekse (örneğin z eksenine) etrafındaki tork.

$$T_{\phi} = -\frac{\partial W_m}{\partial \phi}$$

⇒ Sıfırdeğer N sarımlı bobindede I akımının manyetik
alanı \vec{B} akışını ürettiği elektromagnetisi göz önünde
alındığında (geçerlilikin hedef alanı S dir) armatür üzerinde
oela kaldırma kuvvetini buluyoruz.

$$I$$



$$(F_{\phi})_y = -\frac{\partial W_m}{\partial y}$$

$$W_m = \frac{1}{2} \int \vec{F} \cdot \vec{B} dv$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$$

$$= \frac{1}{2} \int \frac{B^2}{\mu_0} dv$$

Hacim

diferansiyel form bulut

$$dW_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} (S dy) \xrightarrow{dv} \times 2$$

$$\phi = B \cdot S \rightarrow B = \frac{\phi}{S}$$

$$dW_m \approx \frac{\phi^2}{2\mu_0} dy$$

$$(F_\phi)_y = -\frac{\phi^2}{2\mu_0} \rightarrow (\bar{F}_\phi) = -\hat{dy} \frac{\phi^2}{2\mu_0}$$

Manyetik Devreler

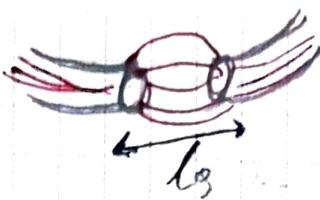
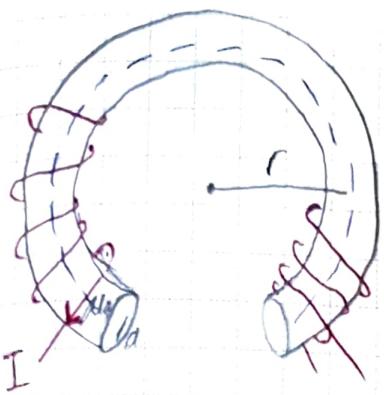
Eğer c kapalı yolu I akımı taşıyan N sayımı çevreleyenek, gelirdeki secmisise bir manyetik devre var. Ve

$$\oint \bar{H} d\bar{l} = NI = V_m \rightarrow \text{manyetik motor kuvveti}$$

Burada V_m niceğinin elektrik devrelerindeki elektrik motor kuvvetini (EMF) benzer bir ifadevi ve manyetik motor kuvveti (MMF) olarak adlandırılır. Birimi SI birim sisteminde amperdir. Fakat genellikle amper saatı (A.s) birimi ile ifade edilir. MMF newton ile ölçulen bir kuvvet olmalıdır.

\Rightarrow Manyetik gerçekliği μ olan ferromanyetik madde den yppimizdeki μ katsayısı üzerinde N tel sayımı, bulunan bir toroid gibi ona denir. Gelirdeki octalama yarım gap, a danızel kesitinin yarı gapı a ve havanın uzaklığının l dir. telden I akımı girmektedir. Ferromanyetik gelirdeki B_f akım yarımına bulunsu. Gelirdeki H_f manyetik alan şiddeti bulunsu. Hava'da bulunan manyetik alan şiddeti H_g yi bulunsu.

$$\phi = B \cdot S$$



Sonaklarla
itiraf ediyor

$$B_g = B_f = \alpha_\phi B_f$$

gate
terres

$$\int H dl = NI = J_m$$

$$H_g l_g + H_f (2\pi r - l_g) = NI$$

$$B = \mu_0 H$$

$$H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = \frac{B_f}{\mu_0} \quad H_f = \frac{B_f}{\mu}$$

$$\frac{B_f}{\mu_0} \cdot l_g + \frac{B_f}{\mu_0} (2\pi r - l_g) = NI = V_m$$

$$B_f \left(\frac{Nl_g + \mu_0 (2\pi r - l_g)}{\mu_0 M} \right) = NI V_m$$

$$B_f = \frac{\mu_0 M NI}{\mu l_g + \mu_0 (2\pi r - l_g)}$$

$$B_f = \frac{NI}{\left(\frac{l_g}{\mu_0} \right) + \left(\frac{2\pi r - l_g}{\mu} \right)}$$

Her bir torantı söyleş

$$\phi = BS$$

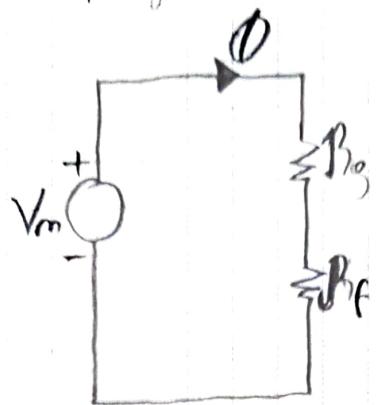
$$\phi = \frac{NI}{\frac{l_g}{\mu_0 S} + \frac{2\pi r l_g}{\mu S}}$$

$$\beta_f$$

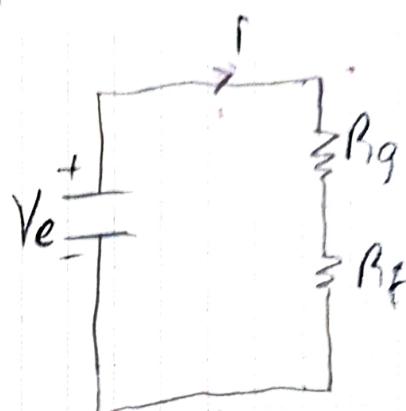
$$H_f = \frac{B_f}{\mu_0} = \frac{\mu_0 NI}{\mu l_g + \mu_0 (2\pi r - l_g)}$$

$$\phi = \frac{V_m}{B_g + B_f}$$

Magnevitik Devre Modeli



Elastitik Dairesel Modeli



$$V_e = i(R_g + R_f) \Rightarrow i = \frac{V_e}{R_g + R_f}$$

EMD

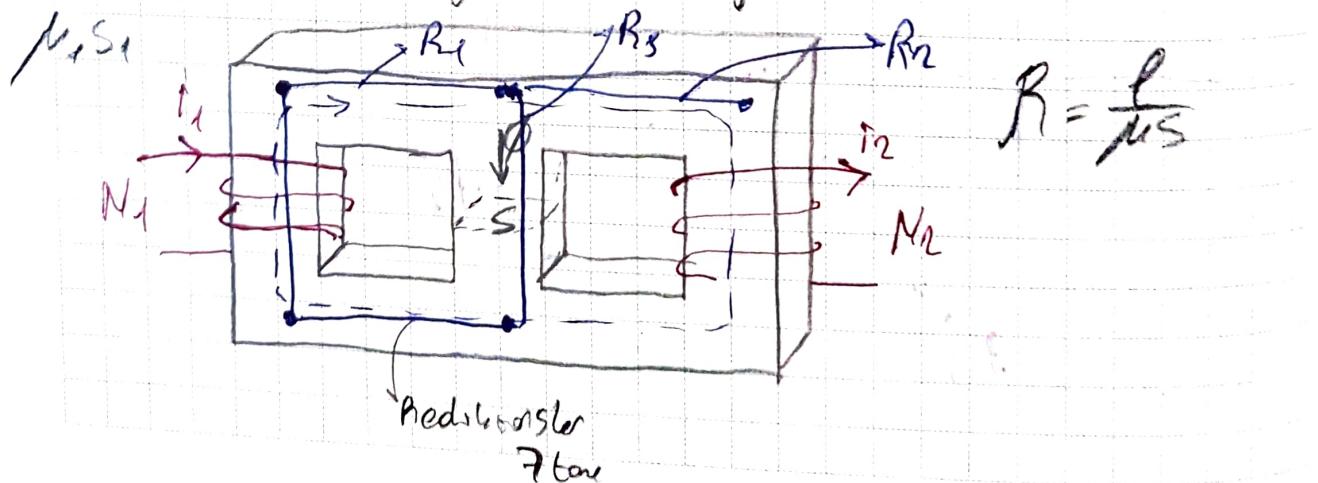
$$\begin{matrix} V_{m_2} \\ \emptyset \\ R \\ \mu \end{matrix}$$

EDM

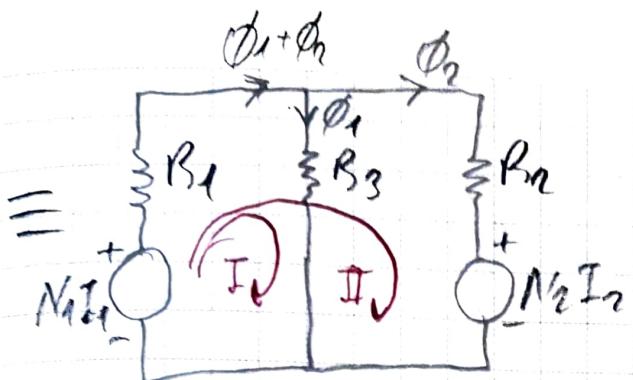
$$\begin{matrix} V_e \\ i \\ R \\ \sigma \end{matrix}$$

Bu elverişli benzeğe raaen magnevitik devrelerin tam bir uygulanmasının yapılması doğası nedeniyle zordur. Çünkü ola katığının hesablanması ve sorak etkisi...

⇒ Selüldeleri magnevitik devre göz önüne alınsın. Ferro magnevitik gerilirdeki dış bollardaki N_1 ve N_2 sarımlarından sırası ile I_1 ve I_2 akımları akıncı tıraklı. Çekirdeğin kesişme alanları ve magnevitik gerilirlerin μ dan orta kaloddaki magnevitik akışı bulunsuz.



Magn. Field
red. less
1 leg gone



$$I \rightarrow -N_1 I_1 + R_1 (\Phi_1 + \Phi_2) + \Phi_1 R_3 = 0$$

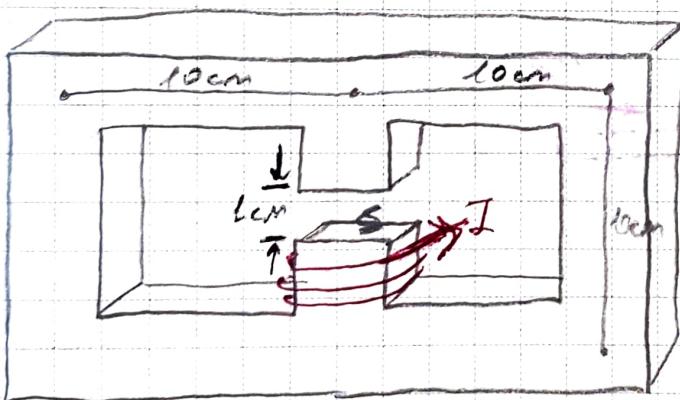
$$II \rightarrow -N_2 I_2 + R_2 (\Phi_1 + \Phi_2) + \Phi_2 R_4 + N_2 I_2 = 0$$

*

$$\Phi_1 = \frac{R_2 N_1 I_1 - R_1 N_2 I_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_4}$$

$$R_1 = \frac{l_1}{\mu s}, R_2 = \frac{l_2}{\mu s}, R_3 = \frac{l_3}{\mu s}$$

\Rightarrow Selvdele i nøyaktig dervede hara bølgunda
1,5 Wb/m² nøyaktig daa ydelenes steden som
daas skjøn bølgen er? ($\mu = 50 \mu_0$, tom kallord
besit daa; ester ve 10 cm² drir)



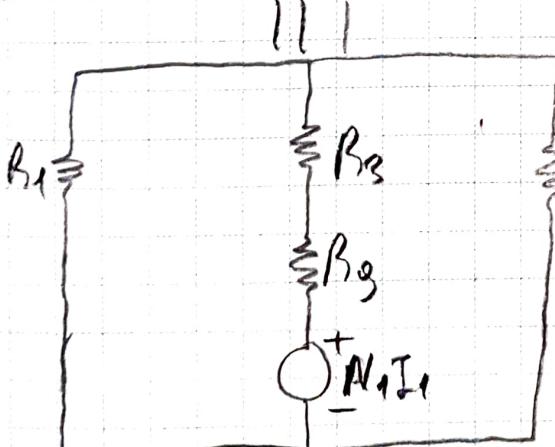
$$S = 10 \text{ cm}^2$$

$$\mu = 50 \mu_0$$

$$B = 1,5 \text{ Wb/m}^2$$

$$[\mu = \mu_1 \mu_0]$$

Fig. \rightarrow best. dir.

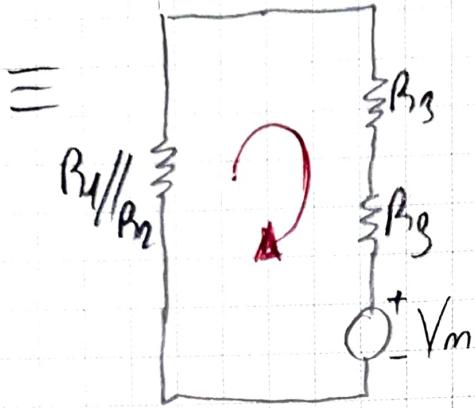


$$R_i = \frac{l}{\mu s}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{0,3 \text{ m}}{50 \mu_0 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_3 = \frac{0,09 \text{ m}}{50 \mu_0 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_4 = \frac{0,01 \text{ m}}{50 \mu_0 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$



$$V_m = \text{Pars. } \phi \rightarrow \phi = B \cdot S$$

$$V_m = N \cdot I$$

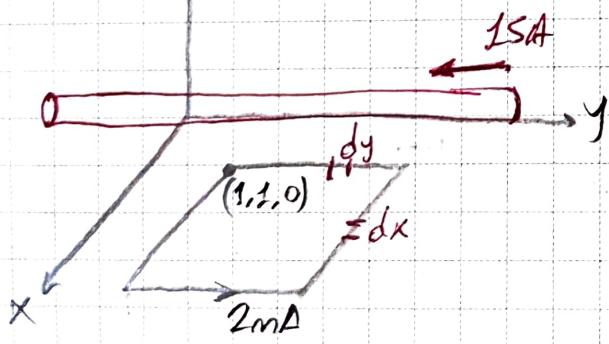
$$NI = \text{Pars. } B \cdot S$$

$$I = \frac{\text{Pars. } B \cdot S}{N}$$

$$I = 46,16 A$$

\Rightarrow $z=0$ düzleminde bulunan kare şeklindeki bir tel donus $2mA$ akım taşımaaktadır. ve y ekseninde bulunan sönü, bir növe kelin düşündürdüğü örenin tamda yes almaktadır.
Dönüş düzleminde toplam kaç net tork var?

Bir kere de biliyoruz



ZAMANLA DEĞİŞEN ALANLAR VE MAXWELL DENKLEMLERİ

$$\left. \begin{array}{l} \vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_v \end{array} \right\} \text{Elektrostatik} \Rightarrow \vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}$$

lineer ve izotropik
ise

$$\left. \begin{array}{l} \vec{\nabla} \cdot \vec{H} = \vec{J} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \end{array} \right\} \text{Manyostatik} \Rightarrow \vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

Elektromanyostik
Alan

* Faraday İndüklene Yasası

Bir herken dönguden geçen manyetik akı, zamanla değişeninde döngude bir akım indüklüyor.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \rightarrow \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) d\vec{s} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s}$$

↓ Stokes teoremi

$$\textcircled{1} \quad \boxed{\int_C \vec{E} d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s}}$$

kişim integral
bir den formla
seze bağlı

1) Zamanla değişen manyetik alanın durukan bir devre

c kapalı yolu ve S yüzeyine sahip hareketsiz bir devre için;

$$V = \oint_C \vec{E} d\vec{l}, \quad \phi = \int_S \vec{B} d\vec{s} \rightarrow \textcircled{1} \text{ nümerikte yeri ne koy}$$

$$\boxed{V = - \frac{d\phi}{dt}}$$

↓
 ϕ sadece
ise bağlı,

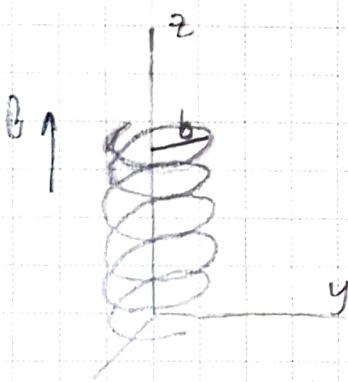
V: c kapalı yolu boyunca Mılklenen EMF
 ϕ : S yüzeyinden geçen toplam akı

Bir kopolik döşen devredede EMF, devreden
gegen manyetik döşenin artis hızının negatifine esittir.
Bu faraday elektromanyetik indukların yasasının bir
ifadesidir. Zamanla değişen manyetik alanının bir
durgan devrede indukların EMF transformator EMF
sidir.

\Rightarrow N sarmal döşenel bir tel döngü XY düzleminde yer almaktadır. ve merkezi orjinde dir.
b döngünün yarıçapı ve W döşenin frekansı olmak
üzeri,

$$\vec{B} = \hat{z}_2 B_0 \cos\left(\frac{\pi r}{2b}\right) \sin(\omega t)$$

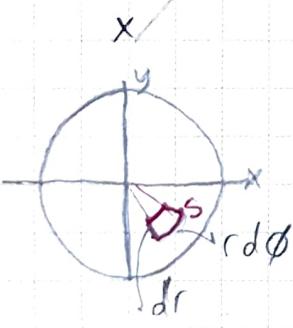
manyetik döşenin etkisindeki Döngüde indukların
EMF(V)=?



*Zamanla değişen durgan

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

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



$$\rightarrow ds = \hat{z}_2 r dr d\phi$$

$$\Phi = \int_0^{2\pi} \int_0^b \left(\hat{z}_2 B_0 \cos\left(\frac{\pi r}{2b}\right) \sin(\omega t) \right) (\hat{z}_2 r dr d\phi)$$

$$\Phi = \frac{8b^2}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) B_0 \sin(\omega t)$$

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

$$V = -N \frac{8b^2}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) B_0 \omega \cos(\omega t) \quad (V)$$

2) Static magnetik alanlarda hareketli bir iletken.



$$\vec{F}_m = q \vec{v} \times \vec{B}, \vec{F}_e = q \vec{E}$$

$$\vec{F}_m = \vec{F}_e \Rightarrow q(\vec{v} \times \vec{B}) = q \vec{E}$$

$$\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$$

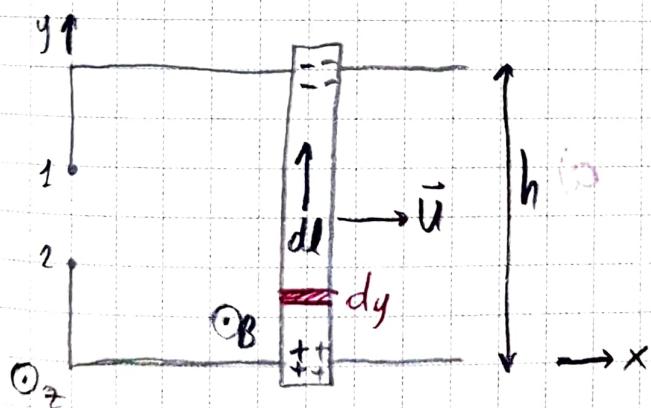
$$\oint \vec{E} d\vec{l} = \int (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l}$$

$$V = \int (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l} \rightarrow \text{Aksiyon reyhanası hareketsel EMF}$$

\Rightarrow Bir metal cubuk $\vec{B} = \hat{\alpha}_z B_0$ düzgün magnetik alanında geri dan iletken ray gitir. Üzerinde şekildeki gibi hızıyla hareket etmektedir.

a) 1 ve 2 terminaller arasında gizilen V_0 oruk devresi openlendi?

b) Terminaller arasındaki bir R direncinin boyutluğunu kabul ederek R de harcanan elektriksel gizisini bulunuz?



$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

orta
boyası

tsareti

- $\vec{F} \rightarrow -dy$ yönünde
- \vec{F} in tersine doğru
- e^- hareketi olur. B_0 yönünden dx , e^- yönünde olur.

$$a) V = \int [(\hat{\alpha}_x \cdot v) \times (\hat{\alpha}_z \cdot B_0)] \cdot (\hat{\alpha}_y dy)$$

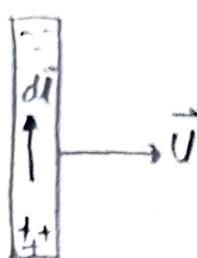
$$V = \int_{0}^{h} (-\hat{\alpha}_y v B_0) \cdot (\hat{\alpha}_y dy)$$

$$V = -v B_0 h$$

$$b) P = V^2/R \Rightarrow P = (-vB_0h)^2/R$$

3) Zamanla degisken alanla hareketli Devre

$\vec{B} \times \vec{O}$



$$\vec{F} = q\vec{E} - q\vec{u} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = q \underbrace{(\vec{E} + \vec{u} \times \vec{B})}_{\vec{E}'}$$

$$V' = \oint E' d\ell = - \underbrace{\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s}}_{I. \text{ Durum}} + \underbrace{\int (\vec{u} \times \vec{B}) d\ell}_{II. \text{ Durum}}$$

III. Durum

\Rightarrow $a \times b$ boyutlarında bir döklärgez ileteken döngü $\vec{B} = \hat{a}_y B_0 \sin(\omega t)$ degisken bir manyetik alanın etkisi sindedir. Döngünün normali başlangıçta \hat{a}_y ile aynı yönde gidecektir. \hat{a}_y ile aynı yönde gidecektir.

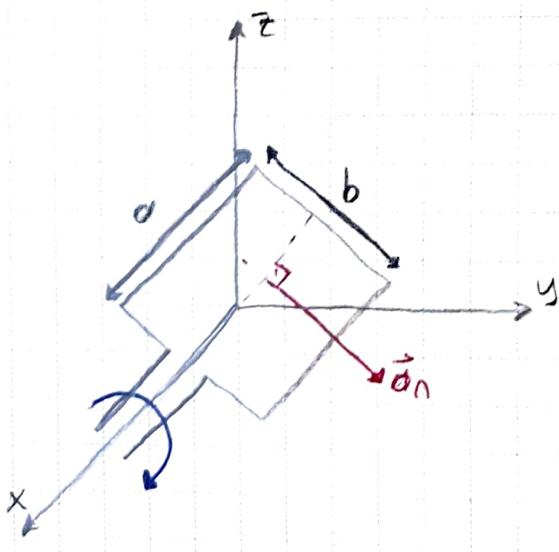
a) Döngü hareketcisiz olduğunda

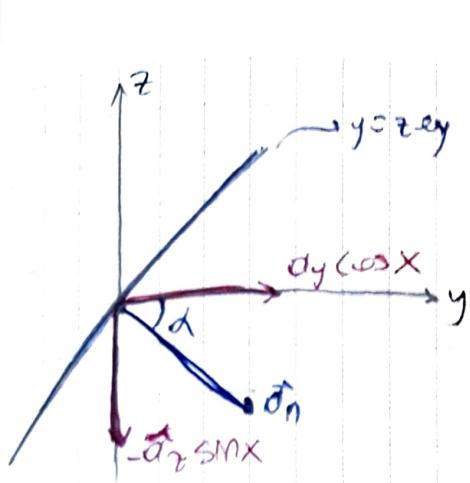
b) Döngü x ekseni etrafında α açısal hızıyla döndüğünde döngüde indiklenecek EMF'yi bulunuz?

$$a) I. \text{ Durum} \Rightarrow V = \frac{-d\phi}{dt},$$

$$\phi = \int \vec{B} d\vec{s}$$

$$\phi = \int (\hat{a}_y B_0 \sin(\omega t))$$





$$\phi = \int (\hat{\sigma}_y B_0 \sin(\omega t), (\hat{\sigma}_y \cos(\omega t) - \hat{\sigma}_z \sin(\omega t)) ds$$

$$\phi = B_0 \sin(\omega t) \cos(\omega t) ds$$

$$\phi = B_0 \sin(\omega t) \cos(\omega t) s$$

$$V = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$V = -B_0 S W \cos(\omega t) \cos(\omega t)$$

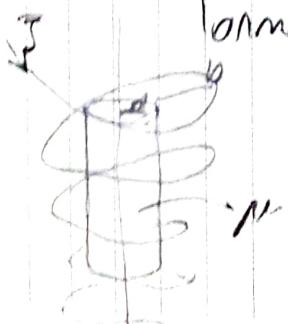
b) $\alpha = \omega t \Rightarrow \phi = B_0 \sin(\omega t), \cos(\omega t), s$

$$V = -\frac{d\phi}{dt} \Rightarrow V = \frac{-B_0 \frac{1}{2} \sin(2\omega t) s}{dt}$$

$$V = -B_0 w \cos(2\omega t) s$$

Eski \Rightarrow Geçerlilik μ olan dairesel grubukla birim sağda bir magnetik momente sahip 40 cm'lik hava novalı bir selenoidde eş eksenler birimde yerleştirilmiştir. Grubukun yarı çapı A , selenoidün iç yan yapısı B den bağımsız selenoidün birim uzunluğundaki I akım, toplam N sarım vardır.

- $r \angle a$ ve $r \angle b$ iken selenoidün içindeki B , H ve M yi bulunuz?
- Mükemmel olunmuş grubukla iken eş değer mikroskoplama akım yoğunlukları J_{mr} ve J_{ms} yi bulunuz?



$$\alpha < r \angle b \rightarrow H = \hat{\sigma}_z n I$$

$$B = \mu H = \hat{\sigma}_z \mu_0 n I$$

$$M = \frac{B}{\mu_0} - H = \hat{\sigma}_z (\mu_0 - 1) n I$$

$$\alpha > r \angle b \rightarrow H = \hat{\sigma}_z n I$$

$$B = \mu H = \hat{\sigma}_z \mu n I$$

$$M = \frac{B}{\mu_0} - H = \hat{\sigma}_z (\mu_0 - 1) n I$$

$$J_{MV} = 0$$

$$J_{MS} = \partial_\mu (\nu_1 - 1) n I$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_v$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} \rightarrow \nabla \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{H}) = \nabla \cdot \vec{J}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = - \frac{\partial \rho_v}{\partial t} \text{ yeteren Vakuum, Ampere's Law}$$

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{H}) - \frac{\partial \rho_v}{\partial t} = \vec{\nabla} \cdot \vec{J}$$

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{H}) - \nabla \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \vec{\nabla} \cdot \vec{J}$$

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{H}) = \vec{\nabla} \cdot \vec{J} + \vec{\nabla} \left(\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right)$$

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

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

$$\boxed{\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}}$$

Faobbs

Zamanla degisen durumda 6 tane maxwell denklemi;

$$\text{Faraday} \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \rightarrow \int (\vec{\nabla} \times \vec{E}) ds = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} ds \rightarrow \oint \vec{E} ds = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} ds$$

Stokes

$$\text{Gauss} \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_v \rightarrow \int (\vec{\nabla} \cdot \vec{D}) dv = \int \rho_v dv \rightarrow \oint \vec{D} ds = \int \rho_v dv$$

Divergence

$$\text{Ampere} \quad \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \rightarrow \int (\vec{\nabla} \times \vec{H}) ds = \int \vec{J} ds + \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} ds \rightarrow$$

Stokes

$$\oint \vec{H} ds = \int \vec{J} ds + \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} ds$$

$\times \rightarrow$ Stokes \rightarrow teoremler \rightarrow integraller gibi
 \rightarrow Duygular

$$\oint \vec{B} d\vec{s} \rightarrow \text{başka bir ortamda da bu eşitlik sağlanır.}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0 \rightarrow \int (\nabla \times \vec{B}) d\vec{s} = 0 \rightarrow \oint_s \vec{B} d\vec{s} = 0$$

dirk tes

Mantıkla
İzde gelebilir
yoktur yoksası

Fiziksel bir ortamda, elektromanyetik olaylar
dakika belirli şekilleri ve sınırları olan sönü nesnesi
elektromanyetik zorunludur. Bu nedenle diferansiyel bıçıkları
integral eşdeğerlerine çevirmek yararlıdır. Bu eşitlikler
süreçlik denklemi ve Lorentz kuvvet denklemini ile
birlikte elektromanyetik teorinin temelini oluşturur.

$$\text{Lorentz} \rightarrow \vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Sınır koşulları

E ve H nin teget bilesenleri için sınır koşulları;

$$E_{1t} = E_{2t}$$

$$\hat{n} \times (H_{1t} - H_{2t}) = J_s$$

D ve B nın normal bilesenleri için sınır koşulları;

$$D_{1n} - D_{2n} = J_s$$

$$B_{1n} = B_{2n}$$

İki özel durum;

1- \mathbb{R}_1 kayıpsız ortam arasındaki aralığı

Kayıpsız linear bir ortam ϵ, μ ve $\sigma = 0$ ile
tanımlanır. Bu ortamda iki kayıpsız ortam arasında
serbest yek ve yüzey akımları yoktur.

$$J_s = 0 \quad J_s = 0$$

$$\begin{cases} D = \epsilon E & E_{1t} = E_{2t} \rightarrow \frac{D_{1t}}{\epsilon_1} = \frac{D_{2t}}{\epsilon_2} \\ \vec{B} = \mu \vec{H} & H_{1t} = H_{2t} \rightarrow \frac{B_{1t}}{\mu_1} = \frac{B_{2t}}{\mu_2} \end{cases}$$

$$D_{1n} = D_{2n} \rightarrow \epsilon_1 E_{1n} = \epsilon_2 E_{2n}$$

$$B_{1n} = B_{2n} \rightarrow \mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}$$

2-Bir dielektrik bir mukemmel iletken arasındaki düşüt
 Bir mukemmel iletkenin varlığı elektrik alanını
 sıfırda. Ve iletkenin sahip olduğu her yoke yoteyen
 bulunuş. Maxwell denklemleri yordamı ile bulunan
 işlek zamanla deşirde durumda bir mukemmel
 iletken için de $B=0$, $H=0$ olduğunu söyleyebiliriz.

$$\sigma = 0 / \sigma = \infty \rightarrow E_{1t} = 0, B_{1t} = 0 \quad D_{1n} = Js$$

$$E_{1t} = E_{2t} = 0 \quad B_{1n} = 0$$

$$\vec{D}_n \times \vec{H}_{1t} = \vec{J}_s$$

Potansiyel Fonksiyonları

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{A})$$

$$\vec{\nabla} \times \left(\vec{E} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = 0$$

$\underbrace{-\vec{\nabla} V}$

$$\boxed{\vec{E} = -\vec{\nabla} V - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}}$$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} \Rightarrow \vec{D} = \epsilon_0 (-\vec{\nabla} V - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t})$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \rightarrow H = \frac{B}{\mu_0} \Rightarrow \vec{H} = \frac{\vec{\nabla} \times \vec{A}}{\mu_0}$$

Kapaktaşende $\rightarrow dI'$
 dif. v. yoke $\rightarrow dI$

$$\nabla \times (\nabla \times \bar{A}) = \mu_j + \mu \epsilon \cdot \frac{\partial}{\partial t} \left(-\nabla V - \frac{\partial A}{\partial t} \right)$$

$$\nabla(\nabla \bar{A}) - \nabla^2 \bar{A} = \mu_j - \mu \epsilon \nabla \left(\frac{\partial V}{\partial t} \right) - \mu \epsilon \frac{\partial^2 A}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \bar{A} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = \nabla \left(\nabla \bar{A} + \mu \epsilon \frac{\partial V}{\partial t} \right) - \mu j$$

Lorentz koşulu = 0

$$\nabla \bar{A} + \mu \epsilon \frac{\partial V}{\partial t} = 0$$

A vektör potansiyeli için homojen olmayan dağla denklemi;

$$\nabla^2 \bar{A} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = -\mu j$$

Skaler Potansiyel V için homojen olmayan dağla denklemi;

$$\nabla^2 V - \mu \epsilon \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = -\frac{\rho_v}{\epsilon}$$

Dağla Denklemi Çözümü

Sınırlı bir bölgedeki ρ_v yole dağlarda kuyruklu
 V skaler potansiyelini bulmamızın konusunda

$$\nabla^2 V - \mu \epsilon \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = -\frac{\rho_v}{\epsilon}$$

Homojen olmayan denklemi çözümü ele alındığında
 V haricindeki yok dağlarda kuyruklu potansiyel

$$V(R, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{\rho_v(t - \frac{R}{v_p})}{R} dv' (V)$$

(gerçekleme
 Dağda)

Geçikmiş manyetik vektör potansiyeli;

$$\bar{A}(R,t) = \frac{\mu}{4\pi} \int \frac{J(t - \frac{R}{v_p})}{R} dv' \quad (\text{Amper/m}^2)$$

Fazdanın Kullanımı

ZAMANDA HARMONİK ALANLAR

Zamanda harmonik alanları için faktör gosterimi
uygun olur.

Bir sinusoidal sinyalin belirlenmesi 3 parametre
belgesi gereklidir.

1-Genişlik

2-Faz

3-frekans

$$i(t) = I_0 \cos(\omega t + \phi)$$

$$i(t) = I_0 \sin(\omega t + \phi') \quad \phi' = \phi + \frac{\pi}{2}$$

Seri RLC devresi için $V(t) = V_0 \cos(\omega t + \phi)$

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = V(t)$$

$$I_0 \left(L \omega \sin(\omega t + \phi) + R \cos(\omega t + \phi) + \frac{1}{C} \sin(\omega t + \phi) \right) = V_0 \cos(\omega t + \phi)$$

Burada isimler zorluklarda fazları gösterir.

$$e^{j\omega t} = \cos(\omega t) + j \sin(\omega t)$$

$$\cos(\omega t) = \operatorname{Re}\{e^{j\omega t}\}$$

$$\sin(\omega t) = \operatorname{Im}\{e^{j\omega t}\}$$

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \phi)$$

$$= \operatorname{Re} \left\{ V_0 e^{j\phi} e^{j\omega t} \right\}$$

$$V_s = V_0 e^{j\phi}$$

V_s fazör

$$i(t) = I_0 \cos(\omega t + \phi)$$

$$= \operatorname{Re} \left\{ I_0 e^{j\phi} e^{j\omega t} \right\}$$

$$I_s$$

NOT: I_s belirtilenikten sonra ont. k $i(t)$ teplisi I_s 'yi $e^{j\omega t}$ ile çarpıp sonucun reel kismını alarak buluruz bkt. (cos referansı olursa dikkat) \rightarrow

$$I_s = I_0 e^{j\phi} \rightarrow \text{fazör}$$

$$I(t) = \operatorname{Re} \left\{ I_0 e^{j\phi} e^{j\omega t} \right\}$$

$$\boxed{i(t) = I_0 \cos(\omega t + \phi)} \rightarrow \text{M11}$$

\Rightarrow Aşağıdaki电流ların hangisinin I_s fazör ifadesi $\pi/6$ cosinus referansı dâilde bulunur?

a) $i(t) = -I_0 \cos(\omega t - 30^\circ)$

b) $i(t) = I_0 \sin(\omega t + 0,2\pi)$

c) $i(t) = \operatorname{Re} \left\{ -I_0 e^{-j30^\circ} e^{j\omega t} \right\}$

$$I_s = -I_0 e^{-j30^\circ} \Rightarrow I_s = -I_0 e^{-j\pi/6}$$

b) $i(t) = I_0 \cos(\omega t + 0,2\pi - \pi/2)$

$$i(t) = \operatorname{Re} \left\{ I_0 e^{-j0,3\pi} e^{j\omega t} \right\}$$

$$I_s = I_0 e^{-j0,3\pi}$$

⇒ Asag'daki formüldeki ıgn cos referansı kullandırı
dilike $V(t)$ ifadesini buluyoruz

$$V_s = V_0 e^{j\pi/4}$$

$$V(t) = R e \sqrt{V_0} e^{j\pi/4} \cdot e^{j\omega t}$$

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \pi/4)$$

$$V_s = 3-j4$$

$$V_s = \sqrt{3^2 + 4^2} e^{j \tan^{-1}(-4/3)}$$

$$V_s = 5 e^{-j53,10}$$

$$V(t) = R e \sqrt{5} e^{-j53,1^\circ} e^{j\omega t}$$

$$V(t) = S \cos(\omega t - 53,1^\circ)$$

Zamanda Harmonik Elektromanyetik

Zamanda harmonik bir E dani cos referansı ile;

$$E(x, y, z; t) = R e \sqrt{E(x, y, z)} e^{j\omega t}$$

Fazor gösterimi

$$\frac{\partial E(x, y, z; t)}{\partial t} = j\omega (E(x, y, z))$$

$$\int E(x, y, z; t) dt = \frac{1}{j\omega} \vec{E}(x, y, z)$$

Borsit Ortanlarda Maxwell Denklemlerinin Fazalar Cinsinden

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -j\omega \mu \vec{H}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = j + j\omega \epsilon \vec{E}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{H} = 0$$

Fazalar Cinsinden V'in Zamanlarda Harmonik Dalgalar Denklemi

$$\nabla^2 V - \mu \epsilon \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon}$$

$$\nabla^2 V - \mu \epsilon (\omega)^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon}$$

$$\nabla^2 V + \mu \epsilon \omega^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon} \rightarrow \boxed{\nabla^2 V + k^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon}}$$

$$w \sqrt{\mu \epsilon} = k \rightarrow \text{dolgo sayisi}$$

$$\boxed{\nabla^2 \vec{A} + k^2 \vec{A} = -\mu \vec{j}}$$

A vektor potansiyelinin homogen denklemi Helmholtz denklemi

Sekler V potansiyelini hangen olusturan Helmholtz denklemi

Fazalar cinsinden Greenius Sekler ve Vektor Potansiyelleri

$$V(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_V \frac{\rho r e^{-jkR}}{R} dv' (V)$$

Greenius sekler potansiyelinin faza biremis

$$\vec{A}(R) = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \frac{j e^{-jkR}}{R} dv' (wb/m)$$

Greenius vektor potansiyelinin faza biremis

NOT: Zamanlı harmonik yoke ve döner dalgaların
kuyruklerini E ve H için bulunuşu:

1- $V(R)$ ve $A(R)$ fazörleri bilinir.

2- $E(R) = -\nabla V - j\omega A$ fazörleri bilinir.
 $B(R) = \nabla \times A$

3- Cosinus referansı için anlık değerler

$$\bar{E}(R; t) = R e^{\frac{j}{2} \theta} \bar{E}(R) e^{j\omega t}$$

$$\bar{H}(R; t) = R e^{\frac{j}{2} \theta} \bar{H}(R) e^{j\omega t}$$

\Rightarrow Netken olmayan elektriksel genlergenin $E = \sigma E_0$
ve manzıdeki genlergenin $H = \mu_0$ olan bir
ortamda, elektrik manzıde dalgının elektrik
dön siddeti $\bar{E}(z; t) = \hat{d}y \sin(10^{-3}t - \beta z)$

Yerlmektedir. H manzıde olan siddetin ve β değerinin
bulunuşu ($\sigma = 0$)

$$\bar{E}(z; t) = R e^{\frac{j}{2} \theta} \hat{d}y \sin \underbrace{\beta t}_{\bar{E}(z)} e^{j\omega t}$$

$$\boxed{\bar{E}(z) = \hat{d}y \sin \beta z}$$

maxwell \rightarrow ① $\nabla \times \bar{B} = -j\omega \bar{H} \rightarrow H = \frac{-1}{j\omega \mu_0} \nabla \times \bar{E}$

② $\nabla \times \bar{H} = j + j\omega \epsilon \bar{E}$ ($\sigma = 0$ oldugundan $j = 0$)

1. Döner
kuyruk:
 $\bar{H} = \frac{1}{j\omega \mu_0} \begin{vmatrix} \frac{\partial \bar{x}}{\partial x} & \frac{\partial \bar{y}}{\partial y} & \frac{\partial \bar{z}}{\partial z} \\ \frac{\partial \bar{x}}{\partial y} & \frac{\partial \bar{y}}{\partial z} & \frac{\partial \bar{z}}{\partial x} \\ 0 & \sin \beta z & 0 \end{vmatrix}$

$$\vec{H} = \frac{1}{j\omega\mu} \left[\partial_x \left(0 - \frac{j}{\delta_z} (5e^{-j\beta z}) \right) \right]$$

$$\vec{H} = \partial_x \frac{\Sigma}{j\omega\mu} (-j\beta) e^{-j\beta z}$$

$$\boxed{\vec{H} = -\partial_x \frac{\Sigma \beta}{\omega\mu} e^{-j\beta z}}$$

Zerstören β bei

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = j\omega \epsilon \vec{E}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} \vec{\nabla} \times \vec{H}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} \begin{vmatrix} \partial_x & \partial_y & \partial_z \\ \partial_x & \partial_y & \partial_z \\ -\frac{\Sigma \beta}{\omega\mu} e^{-j\beta z} & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} \left[-\partial_y \left(0 - \frac{j}{\delta_z} \left(-\frac{\Sigma \beta}{\omega\mu} e^{-j\beta z} \right) \right) \right]$$

$$\vec{E} = -\frac{1}{j\omega\epsilon} \partial_y \frac{\Sigma \beta}{\omega\mu} (-j\beta) e^{-j\beta z}$$

$$\boxed{\vec{E} = \partial_y \frac{\Sigma \beta^2}{\omega^2 \mu \epsilon} e^{-j\beta z}}$$

Gentilker esrig obmalidir.

$$\Sigma = \frac{\Sigma \beta^2}{\omega^2 \mu \epsilon} \rightarrow \boxed{\beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon}}$$

$$\beta = 10^3 \sqrt{\mu \epsilon_0}$$

$$\boxed{\beta = 10}$$

$$\text{Antik Holo} \quad F(x) = -\alpha_x \frac{\sin}{10^8 M_0} \cdot e^{-j10x}$$

$$\bar{H}(z, t) = \operatorname{Re} \left[-\partial_x \ln 0.0398 e^{-j10\pi} e^{jxt^3} \right]$$

$$\vec{H}(z; t) = -\hat{J}_x \cdot 0,0398 \cos(10^9 t - 10 z) \text{ (A/m)}$$

Elektromagnetik Spektrum

Metken olmayan ve kaynaklıdır. Bu ortamda
 Maxwell denklemleri; Metken olmayan $\epsilon_r = 0$
 kaynaklı $\delta_V = 0$

$$1 \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$2 \vec{V} \cdot \vec{B} = 0$$

$$3 \vec{\nabla} \times \vec{H} = \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$4\pi r^2 = 0$$

$$\bar{\nabla} \times \bar{\nabla} \times \bar{E} = -\mu \frac{\partial}{\partial t} (\bar{\nabla} \times \bar{H})$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{B} = -\mu_0 \epsilon \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$

$$\nabla \left(\underbrace{\nabla E}_{\mathcal{Z}} \right) - \nabla^2 E = -\mu E \frac{\partial^2 E}{\partial k^2}$$

$$\nabla^2 E - \mu \epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

$$v_p = -\frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

E kan homzen dolgo daktens
berzer sephide H can homzen
dolgo daktens

$$\nabla^2 H - \frac{1}{v_p^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0 \quad \text{selindir}$$

Zemanda Harmonik Alanlar vən Fəzələr Vüllənləri;

$$\nabla^2 \tilde{E}_s + \frac{w^2}{v_p^2} \tilde{E}_s = 0$$

$$k = \frac{w}{v_p}$$

(dəqiqiyəsi)

$$\boxed{\nabla^2 \tilde{E}_s + k^2 \tilde{E}_s = 0}$$

\tilde{E}_s fəzəsi rəm homogen Helmholtz denkləri

Berzer selindir H_s fəzəsi rəm homogen Helmholtz denkləri

$$\boxed{\nabla^2 \tilde{H}_s + k^2 \tilde{H}_s = 0}$$

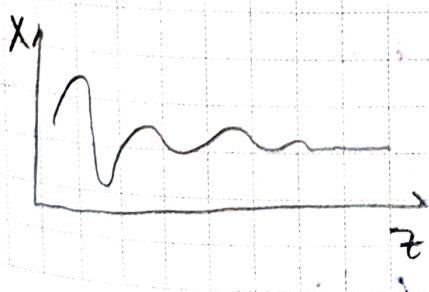
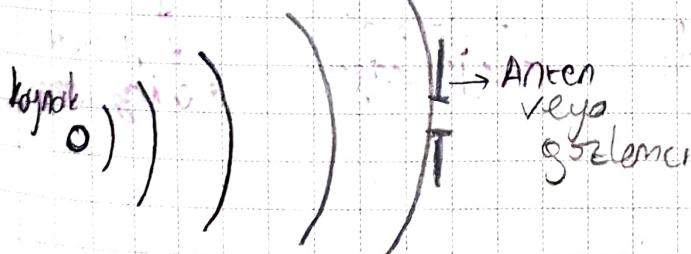
selindir dəm

DÜZLEM ELEKTROMANYETİK DALGALAR

$$\nabla^2 \tilde{E} - \frac{1}{v_p^2} \frac{\partial^2 \tilde{E}}{\partial t^2} = 0$$

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

Dozan Dozəm Dəleg



Kayıpsız Ortamda Düzden Darbgalar
Kayıpsız $\sigma = 0$ dir

$$\nabla^2 \vec{E} + \frac{\omega^2}{v_p^2} \vec{E} = 0$$

$$\nabla^2 \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0$$

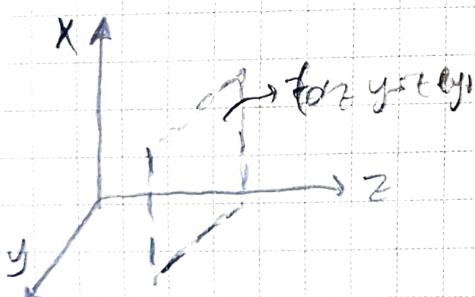
↓ Dolgu sayısı $k = \frac{\omega}{v_p}$, $k = \omega \sqrt{\mu \epsilon}$

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} + k^2 \right) \vec{E} = 0$$

$$\vec{E}_x(z; t) \rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{\partial^2}{\partial x^2} E_x(z; t) = 0 \\ \frac{\partial^2}{\partial y^2} E_x(z; t) = 0 \end{array} \right\} \frac{\partial^2 E_x(z; t)}{\partial z^2} + k^2 E_x(z; t) = 0$$

Ardıktır denk



$$\vec{E}(z) = E_0^+ e^{-jkz} + E_0^- e^{jkz}$$

Fazlı
Node
+z yönünde
Herlejen dalgası
-z yönünde
Herlejen dalgası

$E_x(z)$ ifadesinin sağ tarafındaki ilk fazor terimi $z=0$ ’da olmalıdır ($E_0^- = 0$ olduğunda)

$$\vec{E}_x(z) = E_0^+ e^{-jkz} \rightarrow \text{Fazlı Node}$$

\downarrow cos referans

$$\vec{E}_x(z; t) = R e \left\{ \hat{E}_x E_0^+ e^{-jkz} \cos(\omega t - kz) \right\}$$

$$\boxed{\vec{E}_x(z; t) = \hat{E}_x E_0^+ \cos(\omega t - kz)} \quad \text{Anlık Node}$$

$$\bar{\nabla} \times \bar{E} = -\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} \bar{H} \rightarrow \bar{H} = -\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} \bar{\nabla} \times \bar{E}$$

$$\bar{H} = \frac{-1}{\mu_0 \epsilon_0} \begin{vmatrix} \hat{\alpha}_x & \hat{\alpha}_y & \hat{\alpha}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_0 e^{-jkz} & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{-1}{\mu_0 \epsilon_0} \left[0 - \hat{\alpha}_y \left(0 - \frac{\partial}{\partial z} (E_0 e^{-jkz}) \right) \right]$$

$$= \frac{-1}{\mu_0 \epsilon_0} (\hat{\alpha}_y E_0^+ (-jk) e^{-jkz})$$

$$\boxed{\bar{H} = \hat{\alpha}_y \frac{k}{\mu_0 \epsilon_0} E_0^+ e^{-jkz}}$$

$$k = w \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$$

obtenido directamente

$$M = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad , \text{ bosi u 2ayor} \quad M_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega$$

$$\boxed{\bar{H}(z) = \hat{\alpha}_y \frac{1}{M} E_0^+ e^{-jkz}}$$

cos retenciones

$$\bar{H}(z; t) = \operatorname{Re} \left\{ \hat{\alpha}_y \frac{1}{M} E_0^+ e^{-jkz} e^{j\omega t} \right\}$$

$$\boxed{\bar{H}(z; t) = \hat{\alpha}_y \frac{1}{M} E_0^+ \cos(\omega t - kz)}$$

\Rightarrow Elektrik alan $\vec{E} = \hat{\alpha}_x E_x$ olan bir düzgen dözen dolgusunun kapısız bir ortamda ($\sigma=0$, $\epsilon_r=4$, $\mu_r=1$) $+z$ yönünde yayılıyor. E_x in 100 MHz frekansı ve $t=0$ ile $z=1/8\text{ (m)}$ de 10^{-6} (V/m) maximum genilige sahip bir sinusoidal dolguya sahip olduğunu bular ediniz.

a- Herhangi bir t ve z için E nin dalgalarının
 $E(z; t) = ?$

$$b- H(z; t) = ?$$

c- $t=10^{-8}\text{ (s)}$ → E_x in pozitif maximum dolgusunun bulunuşu?

a- $E_x(z; t) = \hat{\alpha}_x E_0 \cos(\omega t - kz + \psi)$ stop tırı

$$E_x(z=1/8; t=0) = \hat{\alpha}_x E_0 \cos(-k \frac{1}{8} + \psi) = 10^{-6}$$

$$k = \omega \sqrt{\mu \epsilon} = 2\pi 10^8 \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = \frac{6\pi}{3} \text{ (rad/m)}$$

$$E_0 \cos\left(-\frac{6\pi}{3} \cdot \frac{1}{8} + \psi\right) = 10^{-6} \quad [\text{max tari} \cos=1]$$

$$-\frac{6\pi}{3} \cdot \frac{1}{8} + \psi = 0$$

$$\boxed{\psi = \pi/6}, \quad \boxed{E_0 = 10^{-6}}$$

$$\boxed{\vec{E}_x(z; t) = \hat{\alpha}_x 10^{-6} \cos\left(\omega t - \frac{6\pi}{3} z + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (V/m)}}$$

b- E de x var z var H y olmalı

$$H_y(z; t) = \hat{\alpha}_y \frac{E_0}{\eta} \cdot \cos(\omega t - kz + \psi)$$

$$\eta = \sqrt{\mu/\epsilon} = \sqrt{\frac{\mu_0}{4\pi\epsilon_0}} \Rightarrow \eta = 60\pi \text{ S}$$

$$\vec{H}(z; t) = \hat{\alpha}_y \frac{10^{-6}}{60\pi} \cos\left(\omega t - \frac{6\pi}{3} z + \pi/6\right)$$

6 E max olursa iken $\cos = 1$

$$t = 10^{-8}$$

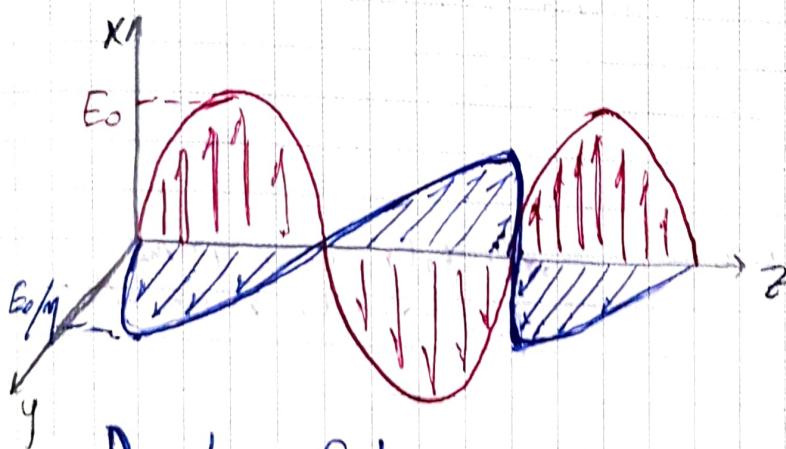
$$\omega t - \frac{6\pi}{3} z + \frac{\pi}{6} = 2\pi n, t = 10^{-8}$$

$$2\pi 10^8 \cdot 10^{-8} - \frac{6\pi}{3} z + \frac{\pi}{6} = 2\pi n$$

$$2 - 2n + \frac{1}{6} = \frac{4}{3} z$$

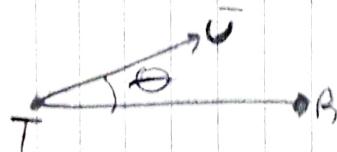
$$\frac{13}{6} - 2n = \frac{4}{3} z$$

$$z = \frac{13}{8} + \frac{3n}{2}, n = 0, 1, 2, \dots$$



Poppler Etkisi

Zerodan bir hizmonik bir kaynake ve akciatlari arasinda
goreli bir hareket oldugunda akciada algilanen dalgalar
in frekansi kaynegin yordigi frekonsundan farklı olur.
Bu gelsefe doppler etkisi denir.



$$f' = f \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta \right)$$

// Trolit 100m/s

Enine Elektromanyetik Dalgalar

$\vec{E} = \hat{\alpha}_x E_x$ ile tanımlanan +z yönünde yayılan düzlem dalganın $\vec{H} = \hat{\alpha}_y H_y$ ye sahip olduğunu gördük. E ve H 'nın frekans bilgilereine hem de yayılış yönü düz olan bir dalganın enine elektromanyetik (TEM) dalgası olduğunu söyleyelim.

Bir dalganın düzlem dalgası bir koordinat düzleminde gelmesi gerek bir yönde yayılmışsa $\vec{k} = \hat{\alpha}_x k_x + \hat{\alpha}_y k_y + \hat{\alpha}_z k_z$ (dalganın yayılma vektörü)

$\vec{E} = \hat{\alpha}_x E_x + \hat{\alpha}_y E_y + \hat{\alpha}_z E_z$ orjinden gelişti gerek bir düzleme dalganın yayılmış vektör olarak tanımlanır.

$\hat{\alpha}_y$ yönündeki elektrik dalgası vektörü;

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \hat{\alpha}_y E_0 e^{-jkR} \\ &= \hat{\alpha}_y E_0 e^{-jk\sqrt{x^2 + y^2}}\end{aligned}$$

j : dalganın yayılma yönündeki birim vektor

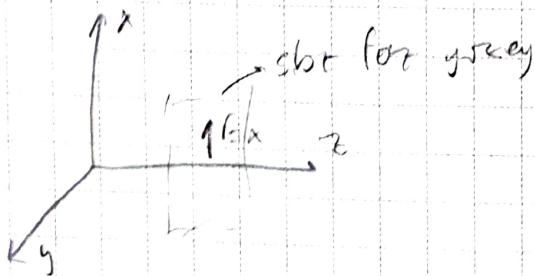
Daha genel olarak:

$$\vec{H} = \frac{1}{\eta} \hat{\alpha}_x \times \vec{E}$$

$$\vec{E} = -\eta \hat{\alpha}_x \times \vec{H}$$

Düzlem Dalgaların Kütüplaması (Polarasyonu)

Bir düzlem dalganın kutüplaması E vektörünün uzayda verilen bir noktada zamanla değişen davranışının şartları

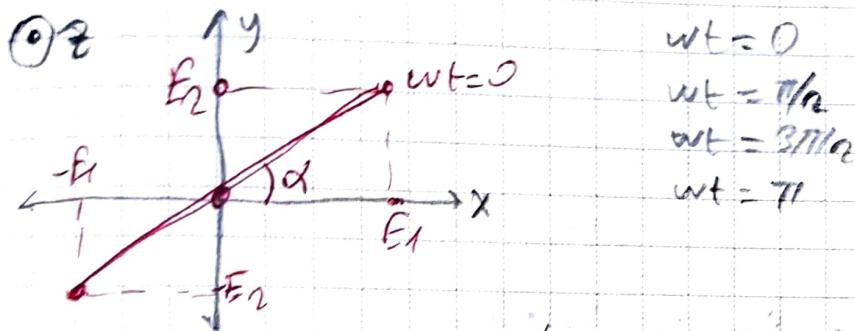


$$\begin{aligned} \hat{E}_x(z) &= \hat{\alpha}_x E_x \xrightarrow{\text{Dolga x yönünde doğrusal kütuphane}} \\ \hat{E}(z) &= \hat{\alpha}_x E_x + \hat{\alpha}_y E_y \\ &= \hat{\alpha}_x E_1 e^{-jkz} + \hat{\alpha}_y E_2 e^{-jkz} \xrightarrow{\text{fazlar}} \end{aligned}$$

$$\hat{E}(z; t) = R e^{j\phi} \hat{\alpha}_x E_1 e^{-jkz} e^{j\omega t} + \hat{\alpha}_y E_2 e^{-jkz} e^{j\omega t}$$

$$\hat{E}(z; t) = \hat{\alpha}_x E_1 \cos(\omega t - kz) + \hat{\alpha}_y E_2 \cos(\omega t - kz)$$

$$E(z_0; t) = \hat{\alpha}_x E_1 \cos(\omega t) + \hat{\alpha}_y E_2 \cos(\omega t)$$



X eksen ile α açısında yapan doğrun boyunca doğrusal kütuplanmıştır.

$$\begin{aligned} \hat{E}(z) &= \hat{\alpha}_x E_x - j \hat{\alpha}_y E_y \xrightarrow{\text{OS} \rightarrow \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2} e^{j\phi}} e^{-jkz} \\ &= \hat{\alpha}_x E_1 e^{-jkz} - j \hat{\alpha}_y E_2 e^{-jkz} \xrightarrow{\text{fazlar}} \end{aligned}$$

$$\hat{E}(z) = \hat{\alpha}_x E_1 e^{-jkz} + \hat{\alpha}_y E_2 e^{-jkz} e^{-j\pi/2} \xrightarrow{\text{fazlar}}$$

$$\hat{E}(z; t) = R e^{j\phi} \hat{\alpha}_x E_1 e^{-jkz} e^{j\omega t} + \hat{\alpha}_y E_2 e^{-jkz} e^{j\omega t}$$

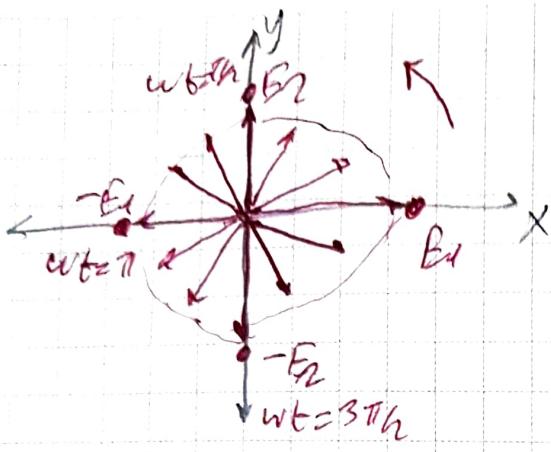
$$\hat{E}(z; t) = \hat{\alpha}_x E_1 \cos(\omega t - kz) + \hat{\alpha}_y E_2 \cos(\omega t - kz - \pi/2)$$

$$\text{HATIRLATMA: } \cos(A - B) = \cos(A)\cos(B) + \sin(A)\sin(B)$$

$\downarrow \omega t - kz$ $\downarrow \pi/2$

$$\hat{E}(z; t) = \hat{\alpha}_x \cos(\omega t - kz) + \hat{\alpha}_y E_2 \sin(\omega t - kz)$$

$$E(z_0; t) = \hat{\alpha}_x E_1 \cos(\omega t) + \hat{\alpha}_y E_2 \sin(\omega t)$$



$$\begin{aligned} wt &= 0 \\ wt &= \pi/2 \\ wt &= \pi \\ wt &= 3\pi/2 \end{aligned}$$

sag el (pozitif) yonda dairesel kütüplenmister. ($E_1 = E_2$)
 $E_1 \neq E_2$ ise sag el (pozitif) elliptik kütüplenmister.

- $\bar{E}(z) = \hat{d}_x E_x + \hat{j} \hat{a}_y E_y$

sag el (negatif) yonda dairesel kütüplenme ($E_1 = -E_2$)

• Kaynak Ortamlarda Dairesel Dolgular

Simdiye kadar boyndesi σ ($\sigma_v = 0$, $J = 0$), kaynaksız ($\sigma = 0$) icasit ortamlardaki dolgular yorumlanmamis inceledik.
 eger burr ortam netcesi ise ($\sigma \neq 0$) E nin varligi
 dan dolayi $J = \sigma E$ dumur olusaktir.

$$\sigma \neq 0, E \rightarrow J = \sigma E$$

$$\bar{\nabla} \times \bar{H} = J + jw \epsilon \bar{E}$$

$$\bar{\nabla} \times \bar{H} = \sigma \bar{E} + jw \epsilon \bar{E}$$

$$\bar{\nabla} \times \bar{H} = (\sigma + jw \epsilon) \bar{E}$$

$$\bar{\nabla} \times \bar{H} = jw \left(\epsilon + \frac{\sigma}{jw} \right) \bar{E}$$

ϵ_c → kompleks dielektrik geragenligi

$$\epsilon_c = \epsilon + \frac{\sigma}{jw}$$

$$\epsilon_c = \epsilon' - j\epsilon''$$

- ϵ' ve ϵ'' farklı ortamların tanımıdır.
- Tom boyunun temsil eden bir esdeger ile beraber $\sigma = w\epsilon''$ vardır.
- ϵ''/ϵ' oranının boyut tansiyonu denir. Genel ortamlarda boyut boyutının bir esdegeridir.

$$\text{loss tg} = \frac{\sigma}{w\epsilon}$$

Eğer $\sigma \gg w\epsilon$ ise loss yoktur.

Eğer $w\epsilon \gg \sigma$ ise loss yoktur.

Herhangi bir ortamda Enin homogen Helmholtz denklemi $\nabla^2 E + k^2 E = 0$ şeklinde yazılır. Koyup, ortamlarının k yerine kompleks k kullanılır.

$$k_c = w\sqrt{\mu\epsilon_c} \rightarrow \nabla^2 E + k_c^2 E = 0$$

Neliden haberdar, teorisindeki sygın gösterime uygun ısrın γ yayılma sabiti $\gamma = jk_c$ şeklinde gösterilir.

$$\gamma = jk_c = jw\sqrt{\mu\epsilon_c} = jw\sqrt{\mu(\epsilon' - j\epsilon'')} = \alpha + j\beta$$

$$\nabla^2 E - \gamma^2 E = 0$$

Karteziyen koordinatlar →

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} - \gamma^2 E_x = 0 \rightarrow E_x = \hat{E}_x e^{-\alpha x} e^{-j\beta x}$$

$\alpha = \text{yatay yayılma sabiti}$
 $\beta = \text{yatay yayılma sabiti}$

• Dörtlük koyup, dielektrikler.

Dörtlük koyup, dielektrikler, işte önceki mukemmel ortamların yayılma sabitleri dir. $\epsilon'' \ll \epsilon'$ ve ya $\frac{\sigma}{w\epsilon} \ll 1$ dir.

• Yer ilekterleri

Yer ilekterleri bir ortam $\frac{\sigma}{w\epsilon} \gg 1$ ve ya $\epsilon'' \gg \epsilon'$ şartını sağlayan ortamlardır.

Derr Kolinligi (δ -drak)

Nerleyen bir dalganın genliği e^t veya $0,368$ gergini. Ne zayıflığı δ mesafesine ilişkisinin deri kolinligi denir.

⇒ Derr kolinligi Nerleyen doğrusal kütüklamış bir dalganın düzlem dalganın elektrik olağan şiddeti $Z=0$ da

$$E_x(z; t) = \delta_x 100 \cos(10^7 \pi t) \text{ V/m} \text{ olarak verilir}$$

Deniz suyunun ortam parametreleri $\epsilon_r = 72, \mu_r = 1$
 $\sigma = 4 \text{ (s/m)}$

a- Zayıflama sabiti, faz sabiti, δ_x empedans
faz hızı, dalgan boyu ve deri kolinligi ni buluz

b- E nm genliği $Z=0$ dokunuş %1 me dozegi
mesafesi buluz.

c- $\tilde{E}(z; t)$ ve $\tilde{H}(z; t)$ itadelemesi $Z=0,8 \text{ m}$ de
B'nm konusyonu olağan yararla?

$\sigma \neq 0$ kayipli ortam

$$\frac{\sigma}{\omega \epsilon} = \frac{4}{10^7 \pi \epsilon_r \epsilon_0} = \frac{4}{10^7 \pi \cdot 72 \frac{1}{36 \pi} \cdot 10^{-9}} = 200 > 1 \text{ iyi} \text{ itadelemesi}$$

$$\omega t = 10^7 \pi t \rightarrow 2\pi f = 10^7 \pi \rightarrow f = 5 \cdot 10^6$$

Tablodan

$$\bullet \alpha = \sqrt{\pi f \mu_0 \sigma} = \sqrt{\pi \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 8,89 \text{ (Np/m)}$$

$$\bullet \beta = 8,89 \text{ (rad/m)}$$

$$\bullet \eta_c = (1+j) \frac{\alpha}{\sigma} \Rightarrow (1+j) \frac{8,89}{4} = (1+j) \frac{\pi}{\sqrt{2}} \Rightarrow \pi e^{j\pi/4}$$

$$\bullet v_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{10^7 \pi}{8,89} \Rightarrow v_p = 3,53 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{8,89} \Rightarrow \lambda = 0,707 \text{ (m)}$$

$$\delta = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow \delta = \frac{1}{8,89} = 0,112 \text{ m}$$

b) $E(z) = E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z}$

$$e^{-\alpha z} = 0,01$$

$$e^{\alpha z} = 100$$

$$\alpha z \cdot \ln(10) = \ln(100)$$

$$z = \frac{\ln(100)}{8,89} = 0,518$$

distanza de dobjecion gallego 51cm
sopra gallo do dobjecion.

C- $z=0,8 \text{ m}$

$$\bar{E}_x(z) = \hat{d}_x 100 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z}$$

$$\begin{aligned} E_x(z; t) &= \operatorname{Re} \left\{ \hat{d}_x 100 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{j\omega t} \right\} \\ &= \hat{d}_x 100 e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z) \end{aligned}$$

$$E_x(z=0,8; t) = \hat{d}_x 100 e^{-8,89 \cdot 0,8} \cos(10^7 \pi t - 8,89 \cdot 0,8)$$

$$E_x(z=0,8; t) = \hat{d}_x 0,082 \cos(10^7 \pi t - 7,11) \text{ radian}$$

$$E_x(z=0,8; t) = \hat{d}_x 0,082 \cos(10^7 \pi t - 67,5^\circ) \text{ dereue}$$

~~NOT: $H_y(z; t) = \frac{E_x(z; t)}{\eta}$ t de jeptacion~~

$$E \perp H \Rightarrow H_y(z) = \frac{E_x(z)}{\eta} \Rightarrow H_y(z) = \frac{100 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z}}{\eta}$$

$$= \frac{100 e^{-8,89 z} \cdot e^{-j8,89 z}}{\pi e^{j\pi/4}}$$

$$H_y(z) = 0,026 e^{-j0,62}$$

$$H_y(z=0; t) = \hat{A}_y \cdot 0,026 e^{-j1,6t} \cdot e^{j\omega t}$$

$$H_z(z=0; t) = \hat{A}_z \cdot 0,026 \cos(\omega t - 1,6t)$$

↓ 0,8

$$H(z=0,8; t) = \hat{A}_y \cdot 0,026 \cos(10^7 \omega t - 1,6t) \quad (\text{A/m})$$

Elektromanyetik Gög Aksisi ve Poynting Vektörü
 Elektromanyetik dalgalar kendileri ile birlikte elektromanyetik gög tasıcları. Elektromanyetik dalgalar etrafında genellikle yoğunluğunu ve Poynting vektörünü oluştururlar. Bu birim dala basının gög düzümü ifade eder.

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

Poynting Teoremi: Birim bir kapatılı yüzey üzerinde yüzey integrali yüzeyin her biri üzerindeki gög enerjisi eşittir.

$$Gög = \oint_S \vec{P} \cdot d\vec{s} = \oint_S \vec{E} \times \vec{H} \cdot d\vec{s}$$

Anten ve Ondalama Gög Yapanları:

Yapılan her dalganın propaları gög yoğunluğu için genel halede.

$$\overline{P}_{av} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \int E \times H^* \, d\omega$$

→ Fazor

dağızma

$$Bos \circ ray \rightarrow \eta_0 = 120\pi$$

\Rightarrow Bos seydi bir koressel koordinat sisteminin
orjinine yerlesmis olan Idl kisa diktig akim
elemaninin uzak distanis R uzakliginda faktorludeler

$$\vec{E}(R, \theta) = \hat{\alpha}_\theta E_\theta(R, \theta) = \hat{\alpha}_\theta \left(j \frac{60\pi Idl}{\lambda R} \sin\theta \right) e^{-j\beta R} (V/m)$$

$$\vec{H}(R, \theta) = \hat{\alpha}_\theta \frac{E_\theta(R, \theta)}{\eta_0} = \hat{\alpha}_\theta \left(j \frac{Idl}{2\lambda R} \sin\theta \right) e^{-j\beta R} (A/m)$$

$$\lambda = 2\pi/\beta$$

a- Anlik Poynting ihalesini bulunuz?

b- Akim elemanin ferafından gelen ortsalans gecibulunuz?

c- $\vec{P} = \vec{E}(R; t) \times \vec{H}(R; t)$

$$\vec{E}(R; t) = \operatorname{Re} \left\{ \hat{\alpha}_\theta \left(j \frac{60\pi Idl}{\lambda R} \sin\theta \right) e^{-j\beta R} \cdot e^{j\omega t} \right\}$$

$$\vec{E}(R; t) = \hat{\alpha}_\theta \frac{60\pi Idl}{\lambda R} \sin\theta \cos(\omega t - \beta R + \pi/2)$$

$$\vec{H}(R; t) = \operatorname{Re} \left\{ \hat{\alpha}_\theta \left(j \frac{Idl}{2\lambda R} \sin\theta \right) e^{-j\beta R} \cdot e^{j\omega t} \right\}$$

$$\vec{H}(R; t) = \hat{\alpha}_\theta \frac{Idl}{2\lambda R} \sin\theta \cos(\omega t - \beta R + \pi/2)$$

$$\vec{P} = \vec{E}(R; t) \times \vec{H}(R; t)$$

$$= \hat{\alpha}_\theta 30\pi \left(\frac{Idl}{\lambda R} \right)^2 \sin^2\theta \cos^2(\omega t - \beta R + \pi/2)$$

$$= \hat{\alpha}_\theta 30\pi \left(\frac{Idl}{\lambda R} \right)^2 \sin^2\theta \sin^2(\omega t - \beta R)$$

HATIRZATMA: $\sin^2 x = \frac{1}{2} (1 - \cos 2x)$

$$\boxed{\vec{P} = \partial_B 15\pi \left(\frac{Idl}{\lambda B} \right)^2 \sin^2 \theta \left(1 - \cos(2(\omega t - \beta R)) \right)}$$

$$t - \vec{P} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ \vec{E} \times \vec{H}^* \}$$

$$\vec{P}_{av} = \oint_s \vec{P} ds$$

$$\vec{P} = 15\pi \left(\frac{Idl}{\lambda B} \right)^2 \sin^2 \theta$$

$$P_{av} = \oint_s \left(15\pi \left(\frac{Idl}{\lambda B} \right)^2 \sin^2 \theta \right) (R^2 \sin \theta d\theta d\phi)$$

$$P_{av} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \left(15\pi \left(\frac{Idl}{\lambda B} \right)^2 \sin^2 \theta \right) (R^2 \sin \theta d\theta d\phi)$$

$$\boxed{\vec{P}_{av} = 40\pi^2 \left(\frac{dl}{\lambda} \right)^2 I^2}$$

EMDAT

Prof. Dr. Osman Gerecse

Biot-Savart Yassasi

$$d\vec{H} = \frac{Idl \times \vec{\sigma}_B}{4\pi R^2} \quad (\text{A/m}) \quad ; \quad \vec{\sigma}_B = \frac{\vec{R}}{R}$$

$$dH = \frac{Idl \times R}{4\pi R^3}$$

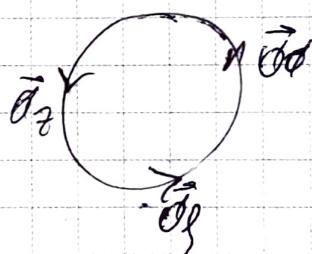
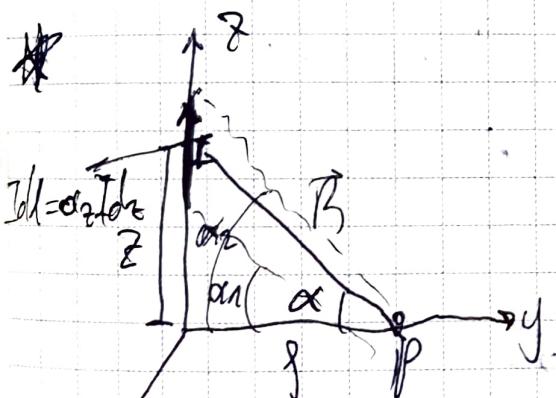
Vygolomo

- ① I okmi toşyan sonru van telin manjılız donı

$$\vec{H} = \frac{I}{2\pi R} \vec{\sigma}_\phi$$

- ② Sonru uzunluk I okmi genel bel icin.

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi R} (\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1) \vec{\sigma}_\phi$$



$$\vec{R} = y \vec{\sigma}_y - z \vec{\sigma}_z$$

$$R = (\beta^2 + z^2)^{1/2}$$

$$R^2 = (\beta^2 + z^2)$$

$$R^3 = (\beta^2 + z^2)^{3/2}$$

$$dH = \frac{Idl z \vec{\sigma}_z \times (\beta \vec{\sigma}_y - z \vec{\sigma}_z)}{4\pi (\beta^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$dH = \frac{I \beta dl z \vec{\sigma}_\phi}{4\pi (\beta^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$\tan \alpha = \frac{z}{y}$$

$$z = f \tan \alpha$$

$$dz = f \sec^2 \alpha d\alpha$$

$$H(\phi) = \frac{I\beta}{4\pi} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{f^2}{(f^2 + z^2)^{3/2}} d\alpha$$

$$H(\phi) = \frac{I\beta}{4\pi} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{f \sec^2 \alpha d\alpha}{f^3 (1 + \tan^2 \alpha)^{3/2}} d\alpha$$

$$H(\phi) = \frac{I\beta}{4\pi} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{f \sec^2 \alpha d\alpha}{f^3 \sec^3 \alpha} = \frac{I}{4\pi f} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{d\alpha}{\sec \alpha}$$

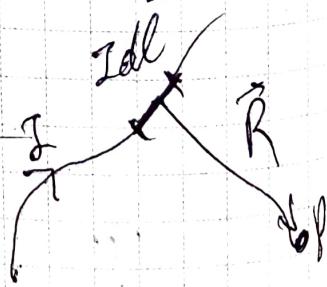
$$= \frac{I}{4\pi f} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos \alpha d\alpha$$

$$H(\phi) = \frac{I}{4\pi f} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$$

$$\vec{H} = \frac{I}{4\pi f} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) \hat{\phi}$$

$$H_\phi = \frac{I}{2\pi f}$$

$$H_\phi = \frac{I}{4\pi f} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$$



$$\partial_2 \times \partial_3 = \partial_1$$

Yolcu $O_1 h(A)$ lik boruzunuzun $\hat{\partial}_2$ yonunde
ve z ekseniye paralel olarak $(2, -4, 0)$ noktasında
sinir gegeren oluyor. Bu akım elektriksel akımları da
dikkatlerde bulunması durumunda $(0, 1, 0)$ noktasında
düşükte meydakları hesaplayınız.

a) $-\infty < z < \infty$

b) $-3 < z < 3$

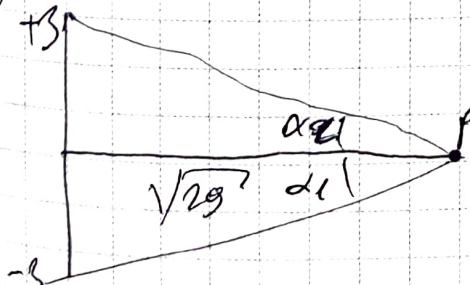
④ $\vec{H} = \frac{I}{2\pi s} \vec{\partial}_{\phi} = \frac{I}{2\pi s} (\partial_2 \times \partial_3)$

$$\vec{H} = \frac{O_1 4}{2\pi \sqrt{2s}} \hat{\partial}_2 \times \frac{(-2\hat{\partial}_x + 5\hat{\partial}_y)}{\sqrt{2s}}$$

$$\vec{P} = \frac{O_1 4}{2\pi 2s}$$

$$B = (-10,98 \hat{\partial}_x - 4,38 \hat{\partial}_y) 10^{-3} (A/m)$$

⑤



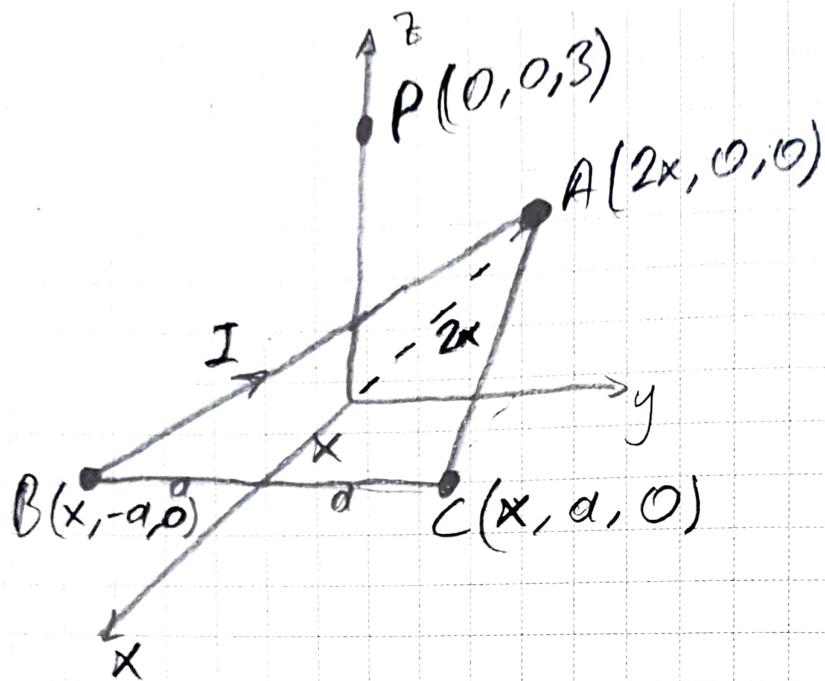
$$\alpha = \operatorname{arctan} \frac{s}{\sqrt{2s}}$$

$$\partial_2 = \partial_1 \text{ ve } \alpha_1 < 0$$

$$H_{\phi} = \frac{I}{4\pi s} 2\sin\alpha = \frac{I}{2\pi s}$$

$$\sin(\operatorname{arctan} \frac{3}{\sqrt{2s}})$$

$$= (-10,98 \hat{\partial}_x - 4,38 \hat{\partial}_y) 10^{-3} \cdot \sin$$



$$M = IA$$

$\left| \begin{array}{l} \text{L} \\ \text{A}_{\text{left}} \\ \text{A}_{\text{left}} \end{array} \right|$

Magnetic dipole moment

$$z \gg b \approx$$

$$H = \frac{Ib^2}{2z^3} \hat{z}$$

Nile over bolt

$$H =$$