

ELEKTROMANYETIK DALGALAR

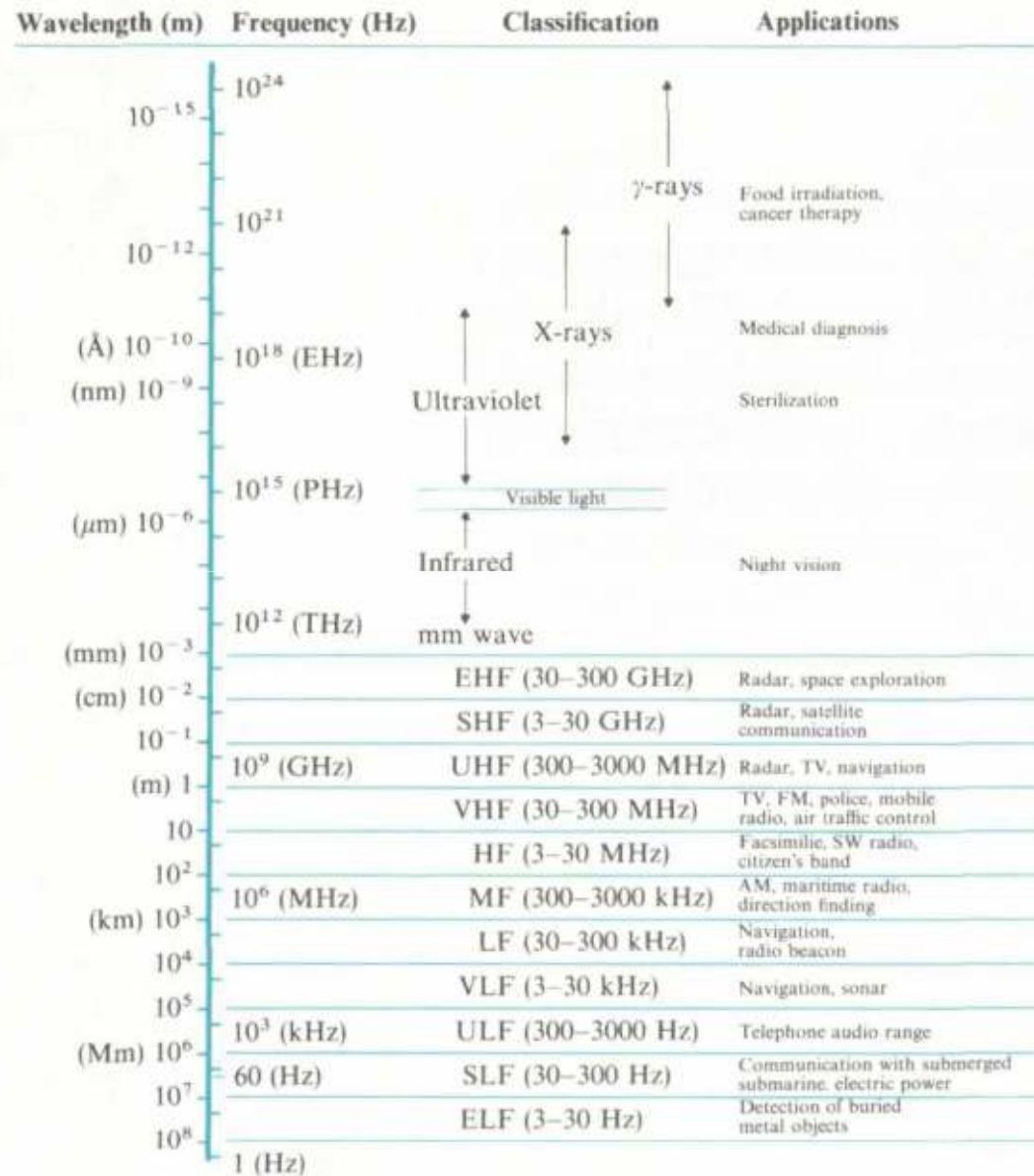
EEM

kaynaklar:

- 1) Muhendislik elektromanyetizminin temelleri, David K. Cheng, Palme Yayıncılık
- 2) Electromagnetic Field Theory Fundamentals, Guru&Hiziroglu
- 3) A Student's Guide to Maxwell's Equations, Daniel Fleisch

- Birbirine dik Elektrik ve Manyetik alanlardan oluşan ve boşlukta 3×10^8 m/s hızla ilerleyen dalgalar elektromanyetik dalgalardır
- Elektromanyetik dalgalar enerji ve momentum taşırlar
- Işık bir elektromanyetik dalgadır
- İvmelenen elektrik yükleri elektromanyetik dalga üretir
- Elektromanyetik dalgalar atomik düzeyde yüklü paraçacıkları etkiler

Spectrum of electromagnetic waves.



Wavelength range of human vision: 720(nm)—380(nm)
(Deep red) (Violet)

ZAMANLA DEĞİŞEN ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE MAXWELL DENKLEMLERİ

$$\nabla \times \mathbf{E} = 0,$$
$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_v.$$

Elektrostatik alanlar için yazılmıştı

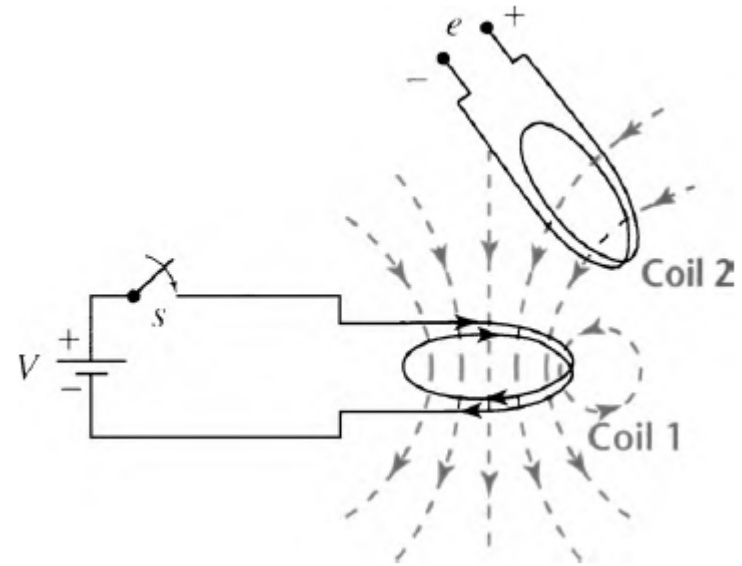
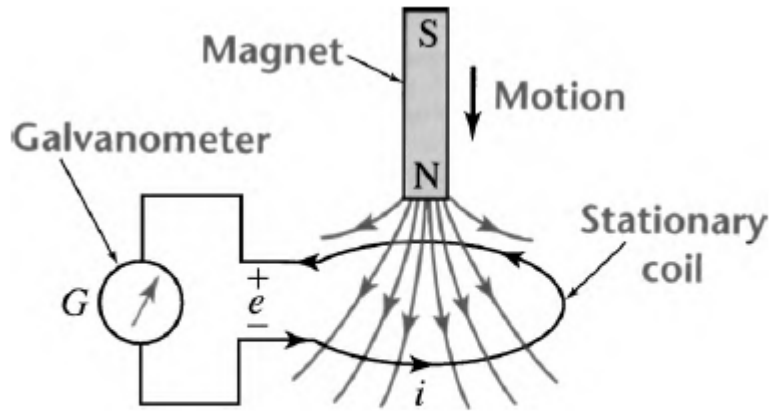
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0,$$
$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}.$$

Manyetostatik alanlar için yazılmıştı

Statik model basit fakat zamanla değişen elektromanyetik kavramı için yeterli değildir.

Statik elektrik ve manyetik alanlar, enerji ve momentum taşıyan, ilerleyen dalgalar oluşturmazlar

FARADAY YASASI



MAXWELL DENKLEMİ OLARAK FARADAY YASASI

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

elektromanyetik indüksiyon için temel ifadelerden biridir.

ÖDEV: $e = -\frac{d\Phi}{dt}$

Faraday Yasasi ifadesinden
yola çıkarak

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

eşitliğini elde ediniz

David K Cheng sayfa 231
Ornek 6.1
Alistirma 6.1 in cozulmesi

ÖDEV: Zamana bağlı olarak

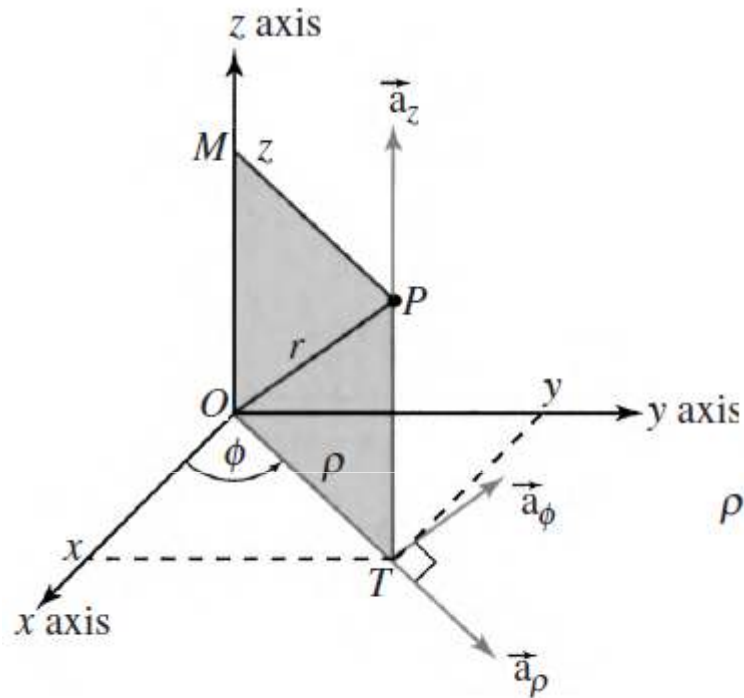
$$\vec{B} = 2,5 \sin 300 t \vec{a}_x + 1,75 \cos 300 t \vec{a}_y + 0,5 \cos 500 t \vec{a}_z \text{ mT}$$

İfadesiyle değişen manyetik akı yoğunluğunun olduğu bölgede köşeleri $(0, 0, 0)$ $(3, 4, 0)$ $(3, 4, 4)$ ve $(0, 0, 4)$ noktalarında bulunan kapalı dikdörtgen iletken halkadan geçen akıyı ve halkanın direnci 2 ohm ise indüklenen akımı bulunuz.

Silindirik koordinatlardaki bileşenlerin kartezyen koordinatlarda ifadesini veren dönüşüm matrisi

$$\begin{bmatrix} \vec{a}_\rho \\ \vec{a}_\phi \\ \vec{a}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi & 0 \\ -\sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{a}_x \\ \vec{a}_y \\ \vec{a}_z \end{bmatrix}$$

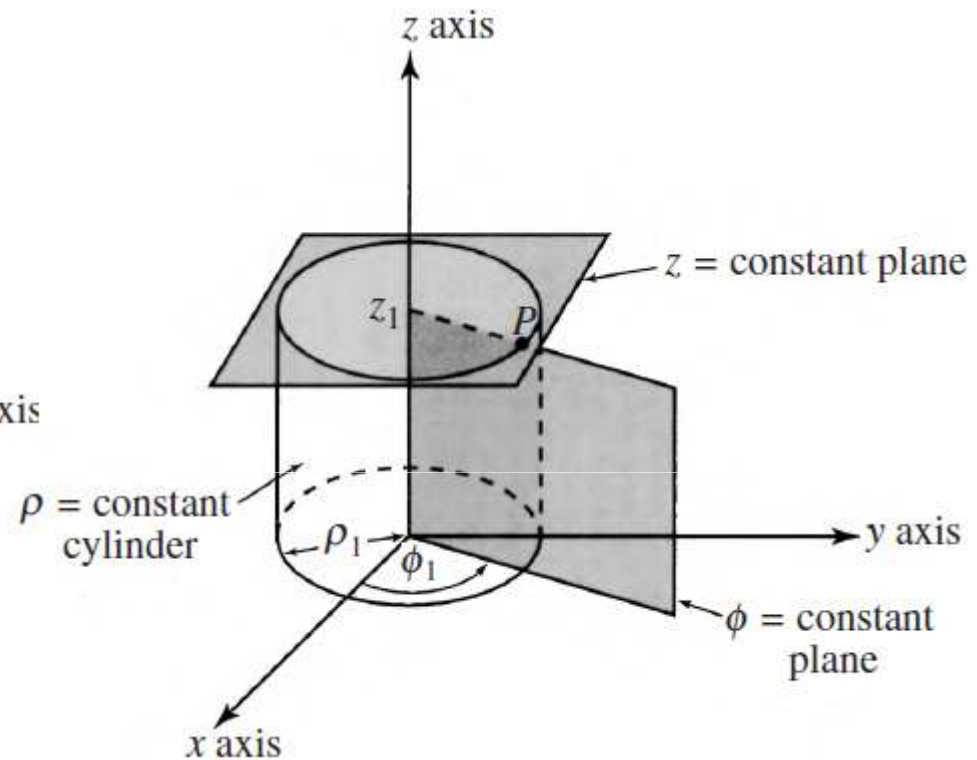
HATIRLATMA: SİLİNDİRİK KOORDİNATLAR



$$x = \rho \cos \phi$$

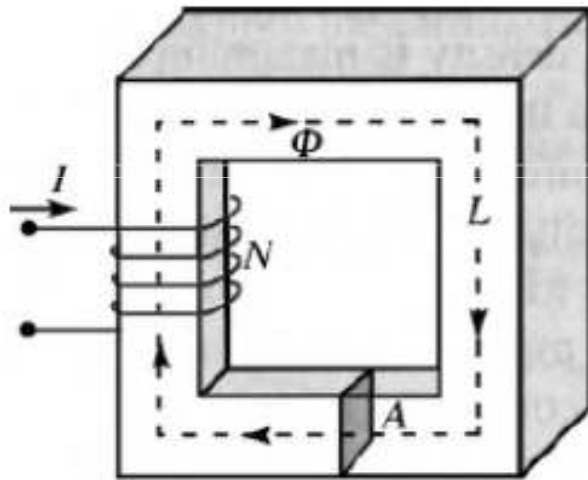
$$y = \rho \sin \phi$$

$$z = z$$



Manyetik Devreler

Manyetik malzemeler icinde manyetik akinin izledigi kapali yol manyetik devre olarak adlandirilir.

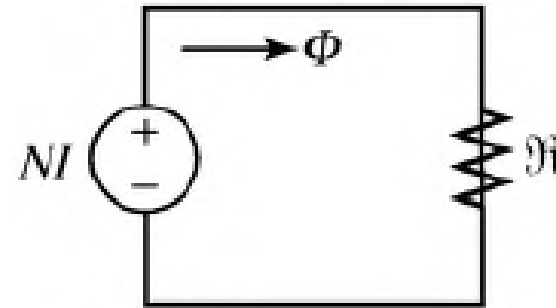
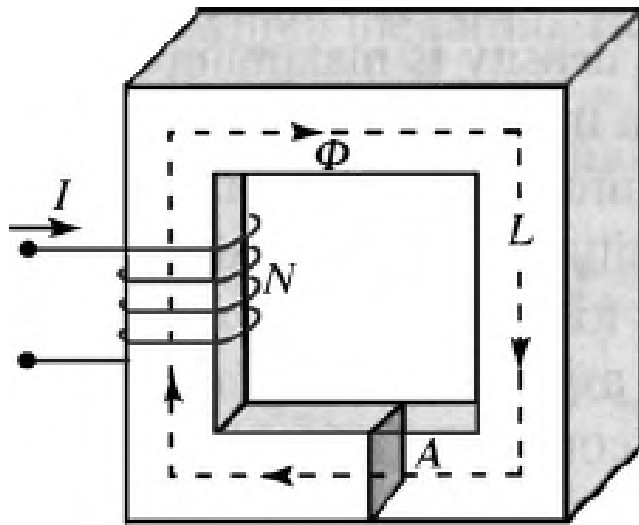


$$NI = \oint_c \vec{H} \cdot d\vec{\ell}$$

$$HL = NI$$

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

manyetik aki $\Phi = \int_s \vec{B} \cdot d\vec{s} = BA = \frac{\mu NIA}{L}$



manyetik
direnc
(reluctance)

$$\Phi \mathcal{R} = NI$$

ortalama yarıçap 11 cm olduğuna göre ortalama manyetik yol

$$L_m = 2\pi \times 11 - 1 = 68.12 \text{ cm}$$

manyetik yolun kesit alanı

$$A_m = A_g = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$$

$$\mathcal{R} = \frac{L}{\mu A} \quad \text{manyetik malzeme ve boşluğun manyetik dirençleri (relüktans)}$$

$$\mathcal{R}_m = \frac{68.12 \times 10^{-2}}{1200 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 10^{-4}} = 1.129 \times 10^6 \text{ A.t/Wb}$$

$$\mathcal{R}_g = \frac{1 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 10^{-4}} = 19.894 \times 10^6 \text{ A.t/Wb}$$

$$\mathcal{R} = \mathcal{R}_m + \mathcal{R}_g = 21.023 \times 10^6 \text{ A.t/Wb}$$

$$\Phi \mathcal{R} = NI$$

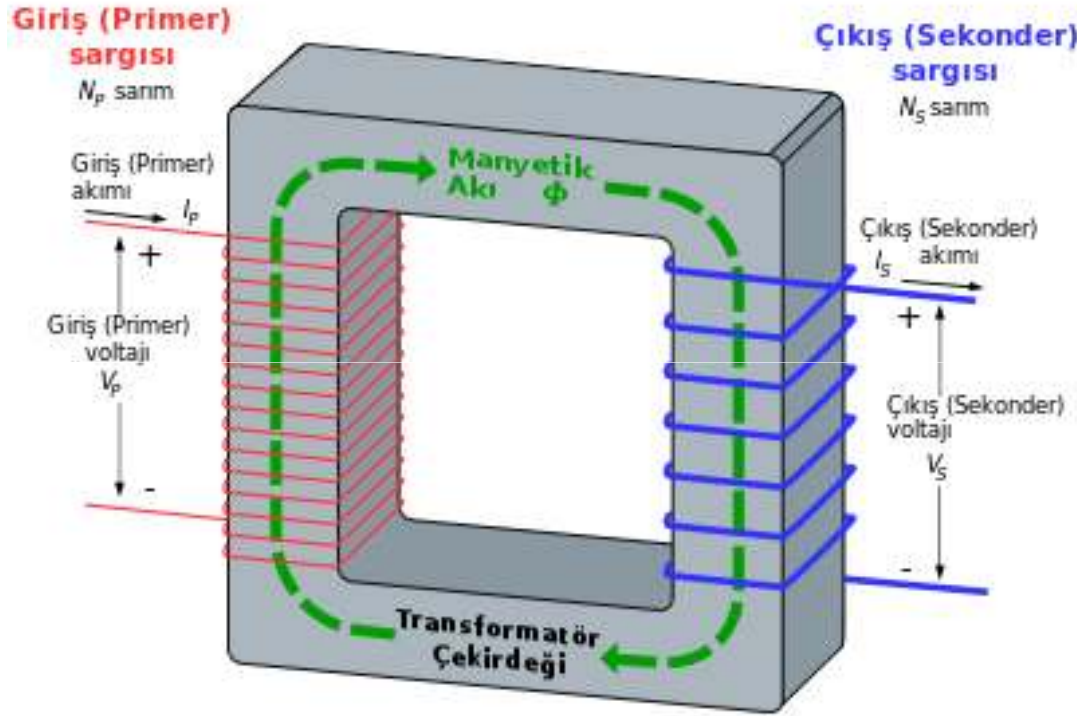
manyetik aki

$$\Phi = \frac{1500 \times 4}{21.023 \times 10^6} = 285.402 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

manyetik aki yogunlugu

$$B_m = B_g = \frac{285.402 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-4}} = 0.714 \text{ T}$$

Transformatörler



Bir transformatör, gerilimleri, akımları ve empedansları dönüştüren bir değişken akım (ac) cihazıdır.

$$N_p i_p - N_s i_s = \mathcal{R} \phi$$

\mathcal{R} relüktans çekirdek malzemesinin geometrisine bağlıdır ve malzemenin manyetik geçirgenliği ile ters orantılıdır.

İdeal transformatörlerde hiç kaçak akı olmadığını ve $\mu \rightarrow \infty$, $\mathcal{R} = 0$ olduğunu kabul ederiz, böylece

$$N_p i_p - N_s i_s = \mathcal{R} \phi \quad \text{eşitliğinden,}$$

$$i_1 / i_2 = N_2 / N_1 \quad \text{yazılır. Gerilimler ve sarım}$$

Sayıları arasındaki ilişki ise

$$V_1 / V_2 = N_1 / N_2 \quad \text{biçimindedir}$$

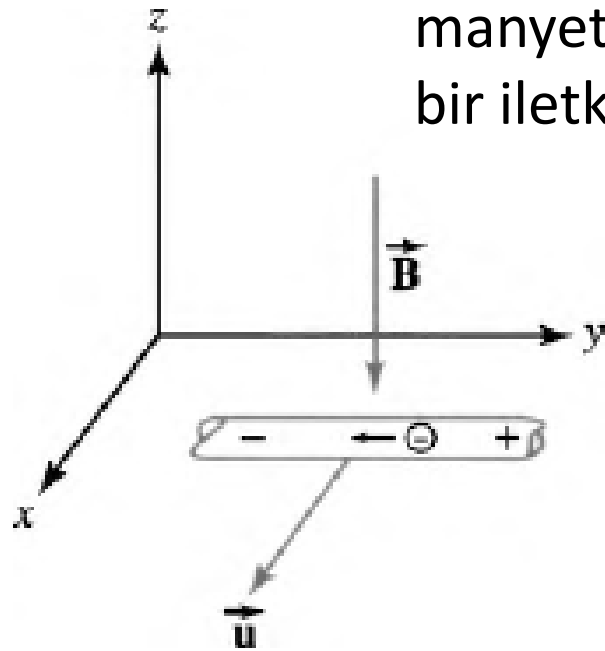
Gerçek transformatorlerde, kaçak akının var olması, sonsuz olmayan enduktanslar, Sifir olmayan sarım dirençleri ve histerezis ve eddy akımı kayıpları vardır.

ODEV: Eddy akımı ne demektir? İşe yaradığı alanlar var mıdır?

Transformatorlerde eddy akımı güç kaybı istenmez. Kaybı Küçültmek için Büyük μ , küçük σ (iletkenlik) li çekirdekler kullanılır

ODEV: katmanlı çekirdek kullanımı eddy akımlarını nasıl etkiler?

STATİK MANYETİK ALANDA HAREKETLİ BİR İLETKEN



manyetik alanda hareket ettirilen
bir iletken düşünelim

Bu iletken içindeki herbir elektrona
etki eden manyetik kuvvet

$$\begin{aligned}\vec{F} &= q_e \vec{u} \times \vec{B} \\ &= q_e u B \vec{a}_y\end{aligned}$$

Bu hareket esnasında teli ortadan ikiye bölersek ne gözlemleriz ?
Parçalardan birinin negatif diğerinin pozitif yüklü hale geldiğini
görürüz

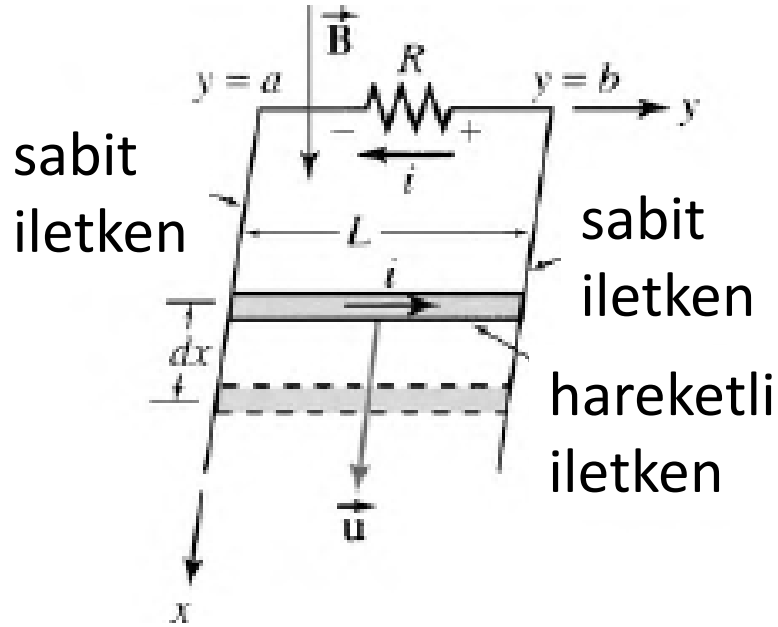
O halde manyetik alanın oluşturacağı elektrik alan için

$$\vec{F} = q_e \vec{u} \times \vec{B}$$

$$\vec{E} = \vec{u} \times \vec{B} = uB\vec{a}_y$$

yazılır ve buna indüklenmiş elektrik alan denir.

Manyetik alanda hareket eden iletkeni bir devreye bağlarsak oluşan akıma indüklenmiş akım denir.



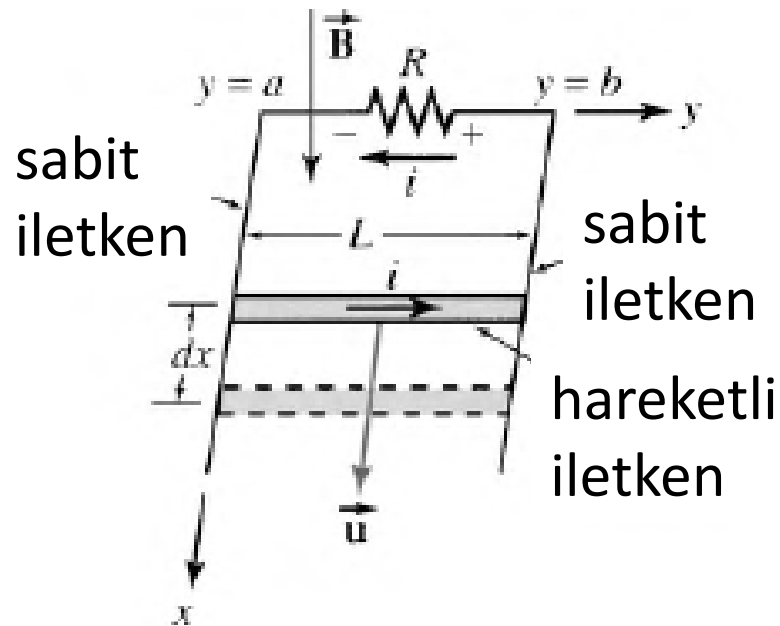
Akım geçen tele manyetik alanda etki eden manyetik kuvvetin

$$\vec{F}_m = i\vec{L} \times \vec{B} = -BiL\vec{a}_x$$

ile ifade edildiğini biliyoruz. Telin

hareket yönüne zıt yönde bir kuvvet var. Yani teli +x yönünde hareket ettirmek için dışardan uygulamamız gereken kuvvet

$$\vec{F}_{\text{ext}} = -\vec{F}_m = BiL\vec{a}_x \quad \text{olmalıdır.}$$



$$\vec{F}_{\text{ext}} = -\vec{F}_m = BiL\vec{a}_x$$

Bu kuvveti dışardan uygulayarak teli dx kadar hareket ettirmemiz durumunda yapılan iş

$$dW = BLi dx = BLiu dt$$

$$dW = BLu dq$$

olur. Bu durumda indüklenmiş elektromotor kuvvet:

$$e = \frac{dW}{dq} = BLu$$

Birim pozitif yük başına yapılan iş

Hareketsel elektromotor kuvvet için genel bir ifade yazmak istersek:

$$\vec{F}_{\text{ext}} = - \int_c i d\vec{\ell}_c \times \vec{B}$$

İletken tel içinde dış kuvvet tarafından $d\vec{\ell}$ yolu boyunca yapılan iş

$$dW = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot d\vec{\ell} = -i d\vec{\ell} \cdot \int_c d\vec{\ell}_c \times \vec{B}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \vec{u} = \frac{d\vec{\ell}}{dt}$$

is ifadesinde yerine yerleştirilirse:

$$e = \frac{dW}{dq} = -\vec{u} \cdot \int_c d\vec{\ell}_c \times \vec{B}$$

$$e = \int_c (\vec{u} \times \vec{B}) \cdot d\vec{\ell}_c$$

Hareketsel elektromotor kuvvet için genel bir ifade yazmak istersek:

$$\vec{F}_{\text{ext}} = - \int_c i d\vec{\ell}_c \times \vec{B}$$

İletken tel içinde dış kuvvet tarafından $d\vec{\ell}$ yolu boyunca yapılan iş

$$dW = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot d\vec{\ell} = -i d\vec{\ell} \cdot \int_c d\vec{\ell}_c \times \vec{B}$$

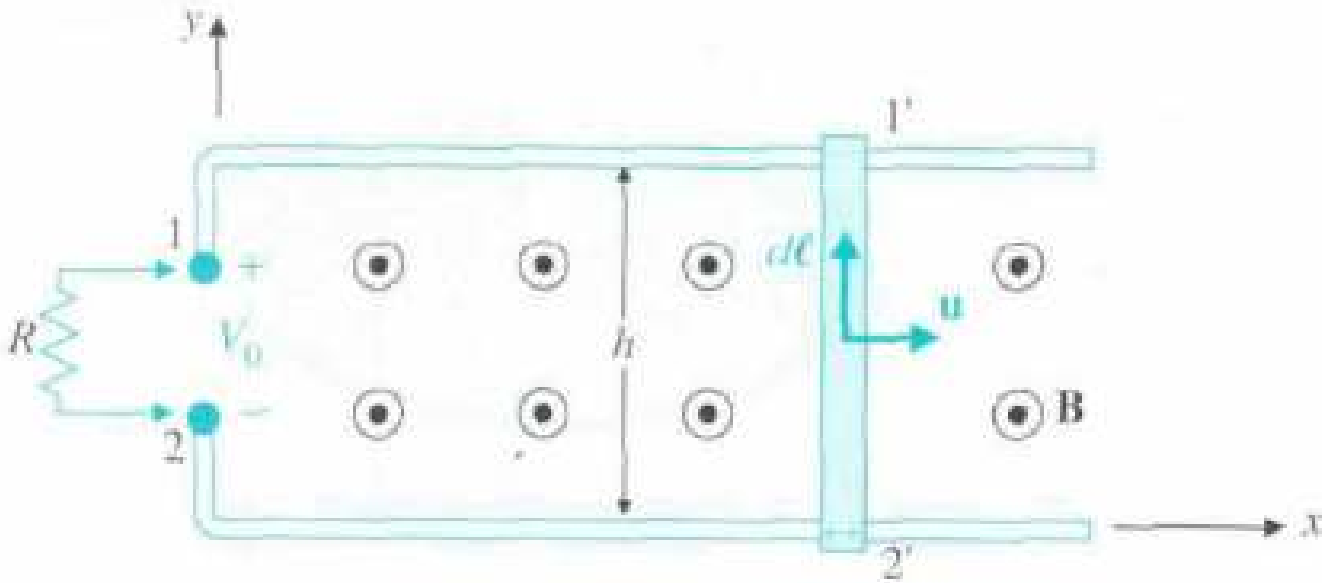
$$i = \frac{dq}{dt} \quad \vec{u} = \frac{d\vec{\ell}}{dt}$$

is ifadesinde yerine yerleştirilirse:

$$e = \frac{dW}{dq} = -\vec{u} \cdot \int_c d\vec{\ell}_c \times \vec{B}$$

$$e = \int_c (\vec{u} \times \vec{B}) \cdot d\vec{\ell}_c$$

SORU: Sekilde manyetik alan icindeki iletken raylar uzerinde kaymakta olan metal cubuk gorulmektedir. a) 1 ve 2 uclari arasinda induklenecek voltaji b) bu uclara bir R direnci baglanirsa harcanacak gucu c) bu gucun, metal cubugu cekmek icin harcanacak mekanik guce esit oldugunu gosteriniz



SORU: Sekilde manyetik alan icinde ω acisal hizıyla donmekte olan b yaricapli Faraday disk jenaratorun 1 ve 2 uclarinda olusturacagi acik devre voltajini bulunuz.

