ELEKTROMANYETIK DALGALAR

EEM

kaynaklar:

1) Muhendislik elektromenyetiginin temelleri, David K. Cheng, Palme Yayincilik
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 x 10^8 m/s hızla
İlerleyen dalgalar elektromanyetik dalgalardır

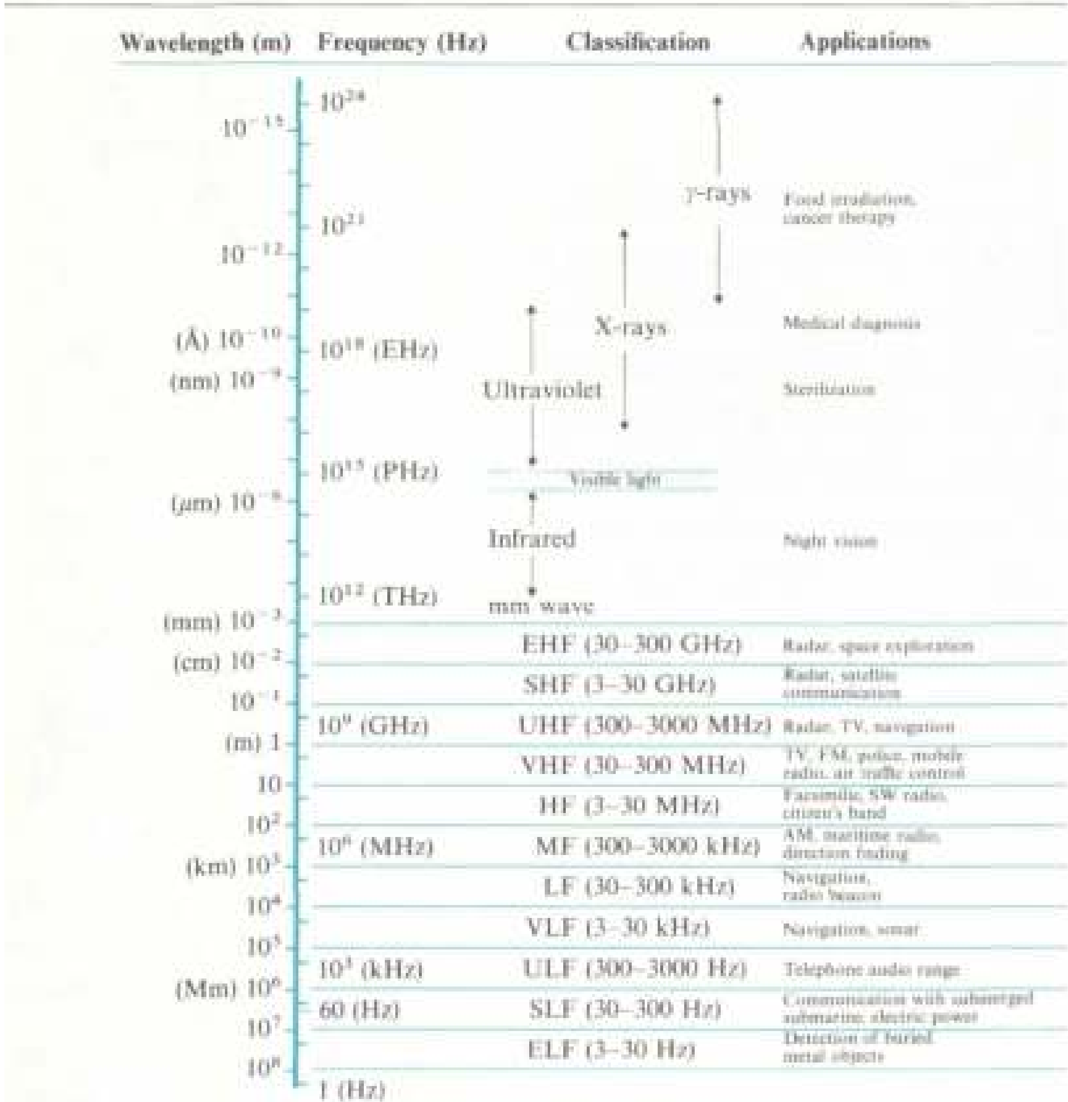
Elektromanyetik dalgalar enerji ve momentum taşırlar

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

MAXWELL DENKLEMI OLARAK FARADAY YASASI

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

elektromanyetik indüksiyon için temel ifadelerden biridir.

ÖDEV: $e = -\frac{d\Phi}{dt}$ Faraday Yasasi ifadesinden yola çıkarak

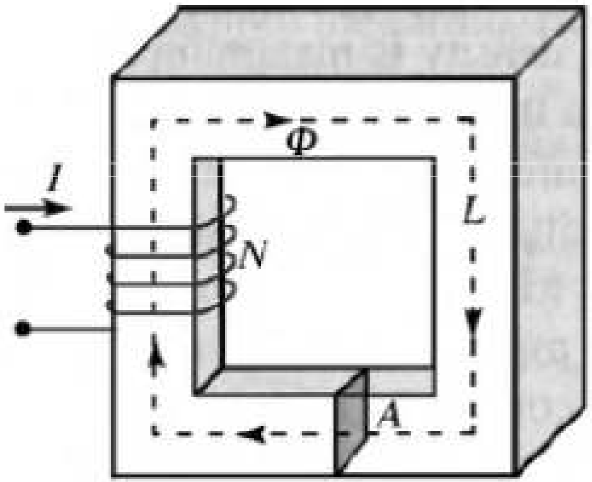
$$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

eşitliğini elde ediniz

David K Cheng sayfa 231
Ornek 6.1
Alistirma 6.1 in cozulmesi

Manyetik Devreler

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

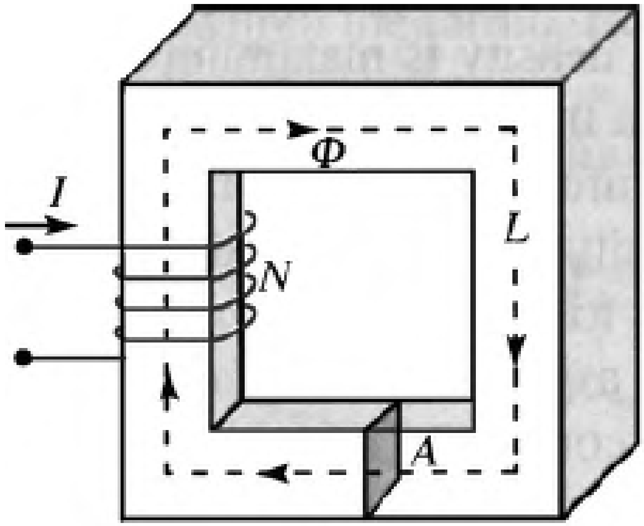


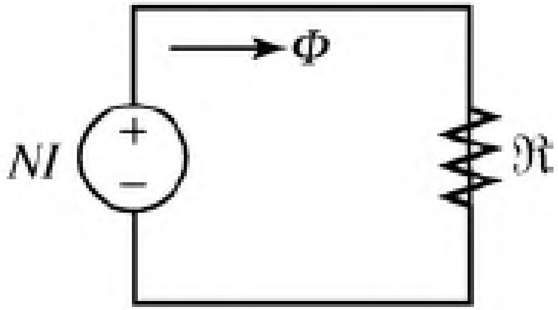
$$NI = \oint_c \vec{\mathbf{H}} \cdot \vec{d\ell}$$

$$HL = NI$$

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

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

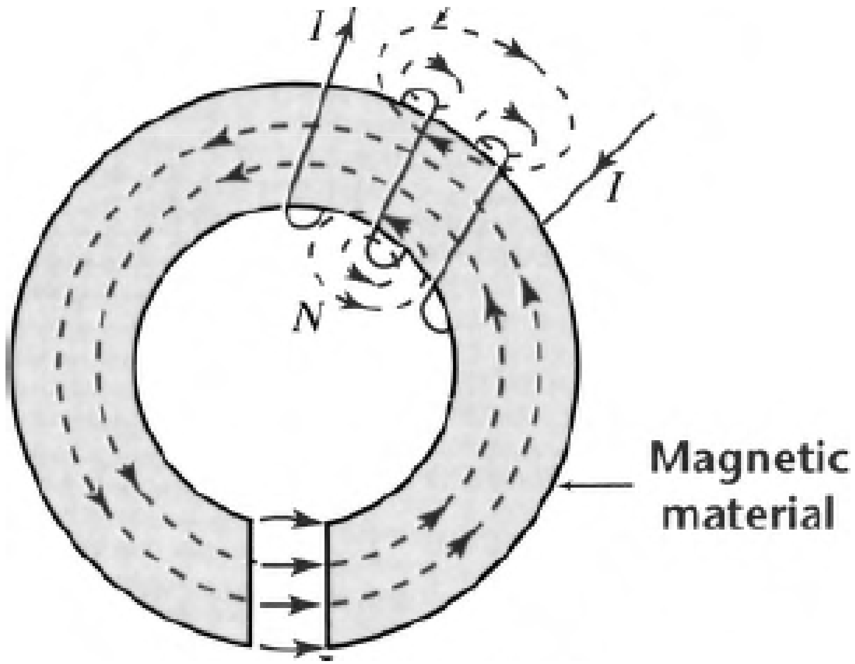




$$\Phi\mathscr{R} = NI$$

manyetik direnc (reluctance)

Ornek: Sekildeki gibi kare kesitli elektromagnet 1500 sarimlidir. Manyetik cekirdegin ic ve dis yaricaplari 10 cm ve 12 cm dir. Gecen akim 4 A, hava boslugu 1 cm ve manyetik malzemenin manyetik duygunlugu 1200 olduguna gore, devredeki aki yogunlugunu bulunuz.



ortalama yaricap 11 cm olduguna gore ortalama manyetik yol

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

manyetik yolun kesit alani

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

$$\mathscr{R} = \frac{L}{\mu A}$$ manyetik malzeme ve boslugun manyetik direncleri (relüktans)

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

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

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

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

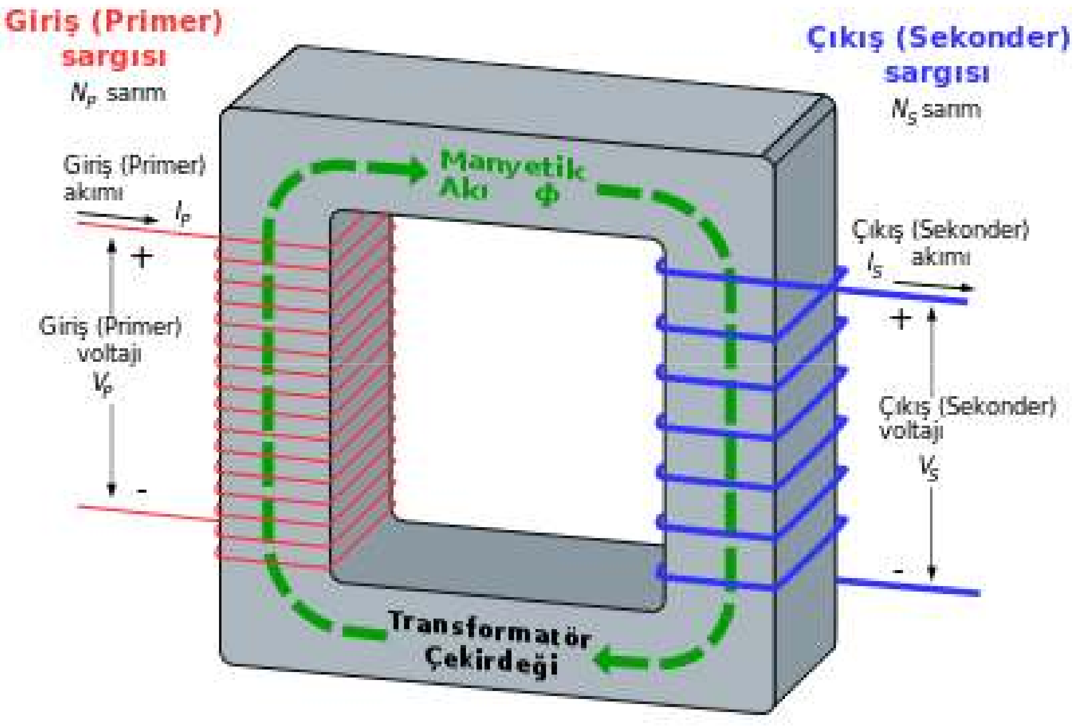
manyetik aki

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

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.

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

$\mathscr{R}$ relüktans çekirdek malezemesinin geometrisine bağlıdır ve malzemenin manyetik geçirgenliği ile ters orantılıdır.

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

$$N_p i_p - N_s i_s = \mathscr{R} \phi$$ eşitliğinden,

$$i_1 / i_2 = N_2 / N_1$$ yazılır. Gerilimler ve sarım

Sayıları arasındaki ilişki ise

$$V_1 / V_2 = N_1 / N_2$$ biçimindedir

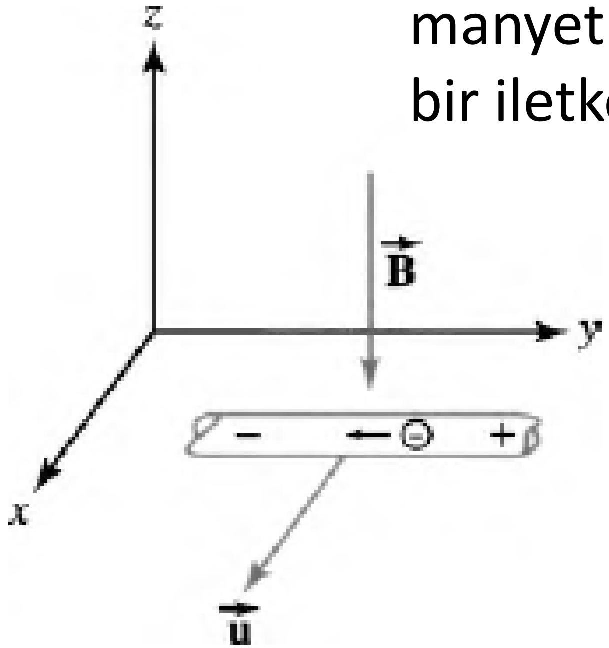
Gercek transformatorlerde, kacak akinin var olmasi,
sonsuz olmayan enduktanslar,
Sifir olmayan sarim direncleri ve histerezis ve
eddy akimi kayiplari vardir.

ODEV: Eddy akimi 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 cekırdek 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

$$\vec{\mathbf{F}} = q_e \vec{\mathbf{u}} \times \vec{\mathbf{B}}$$
$$= q_e \, u \, B \, \vec{\mathbf{a}}_y$$

Bu hareket esnasında teli ortadan ikiye bölersek ne gözlemleriz ?

Parçalardan birinin negatif diğerinin pozitif yüklü hale geldiğini görürüz

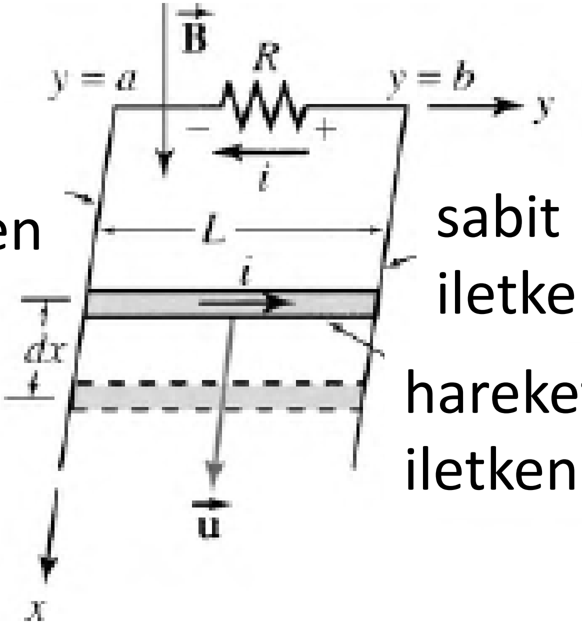
O halde manyetik alanın oluşturacağı elektrik alan için

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

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

yazılır ve buna indüklenmiş elektrik alan denir.

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



sabit iletken

sabit iletken

hareketli iletken

Akım geçen tele manyetik alanda etki eden manyetik kuvvetin

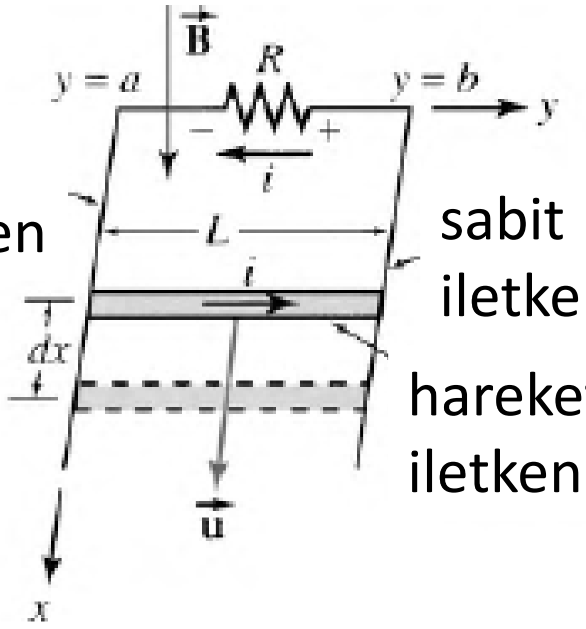
$$\vec{\mathbf{F}}_m = i\vec{\mathbf{L}} \times \vec{\mathbf{B}} = -BiL\vec{\mathbf{a}}_x$$

ile ifade edildiğini biliyoruz. Telin hareket yönüne zıt yönde bir kuvvet var. Yani teli +x yönünde hareket ettirmek için dışardan uygulamamız gereken kuvvet

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

olmalıdır.

sabit iletken



sabit iletken

hareketli iletken

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

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 icin genel bir ifade yazmak istersek:

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

Iletken tel icinde dis kuvvet tarafindan $\overrightarrow{d\ell}$ yolu boyunca yapilan is

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

$$i = \frac{dq}{dt} \qquad \vec{\mathbf{u}} = \frac{\overrightarrow{d\ell}}{dt}$$

is ifadesinde yerine yerlestirilirse:

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

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

Hareketsel elektromotor kuvvet icin genel bir ifade yazmak istersek:

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

Iletken tel icinde dis kuvvet tarafindan $\overrightarrow{d\ell}$ yolu boyunca yapilan is

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

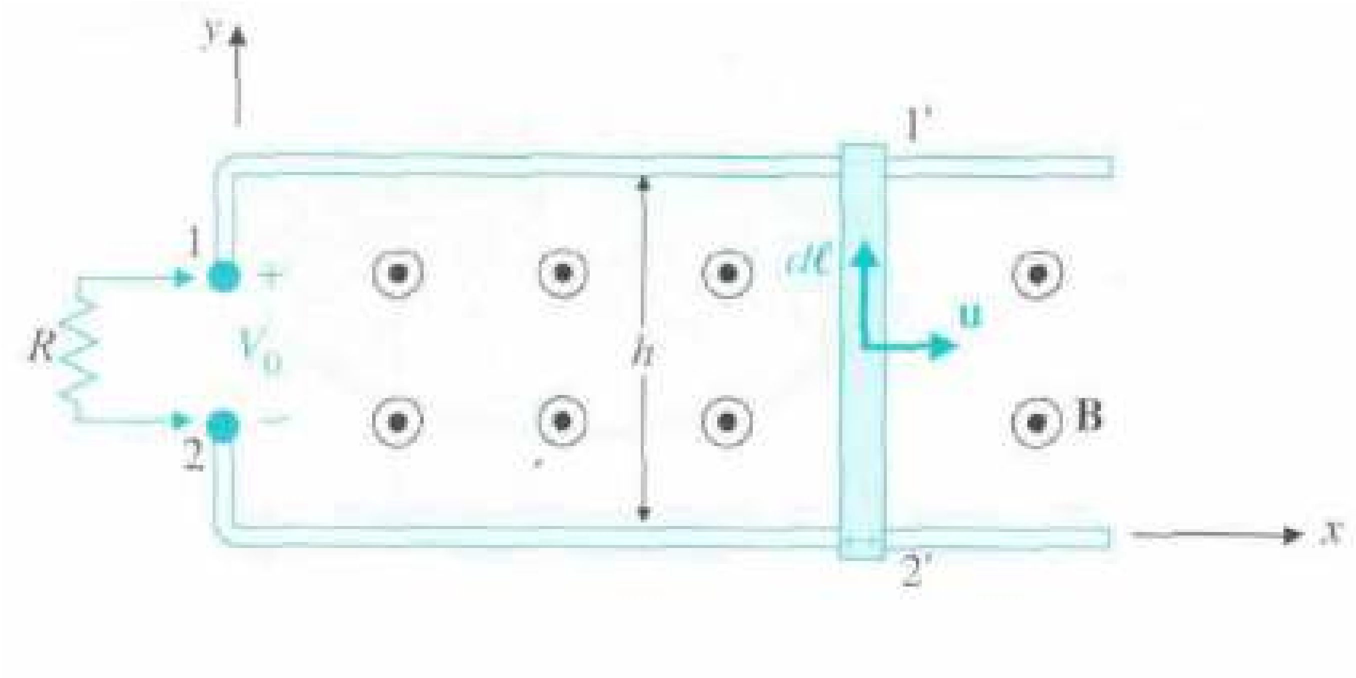
$$i = \frac{dq}{dt} \qquad \vec{\mathbf{u}} = \frac{\overrightarrow{d\ell}}{dt}$$

is ifadesinde yerine yerlestirilirse:

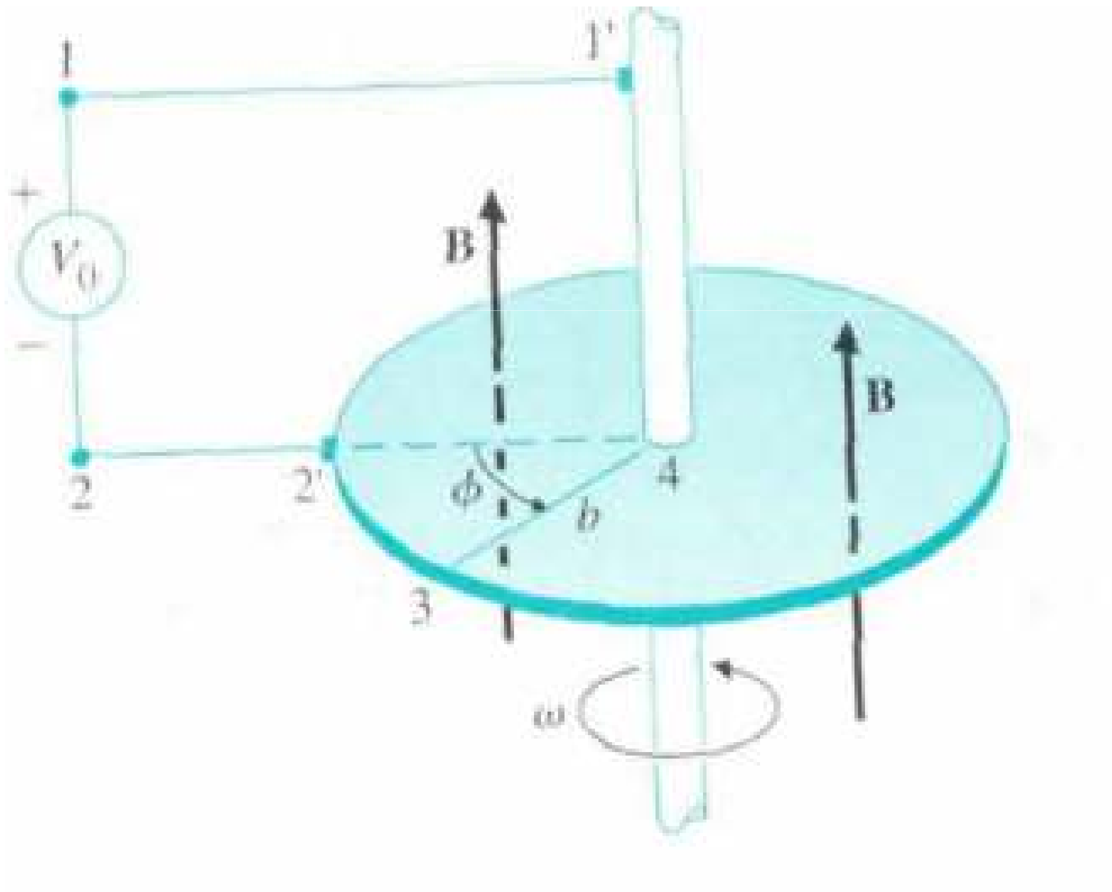
$$e = \frac{dW}{dq} = -\vec{\mathbf{u}} \cdot \int_c \overrightarrow{d\ell}_c \times \vec{\mathbf{B}}$$

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

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 hiziyla donmekte olan b yaricapli Faraday disk jenaratorun 1 ve 2 uclarinda olusturacagi acik devre voltajini bulunuz.



ZAMANLA DEĞİŞEN ALANDA HAREKETLİ BİR DEVRE

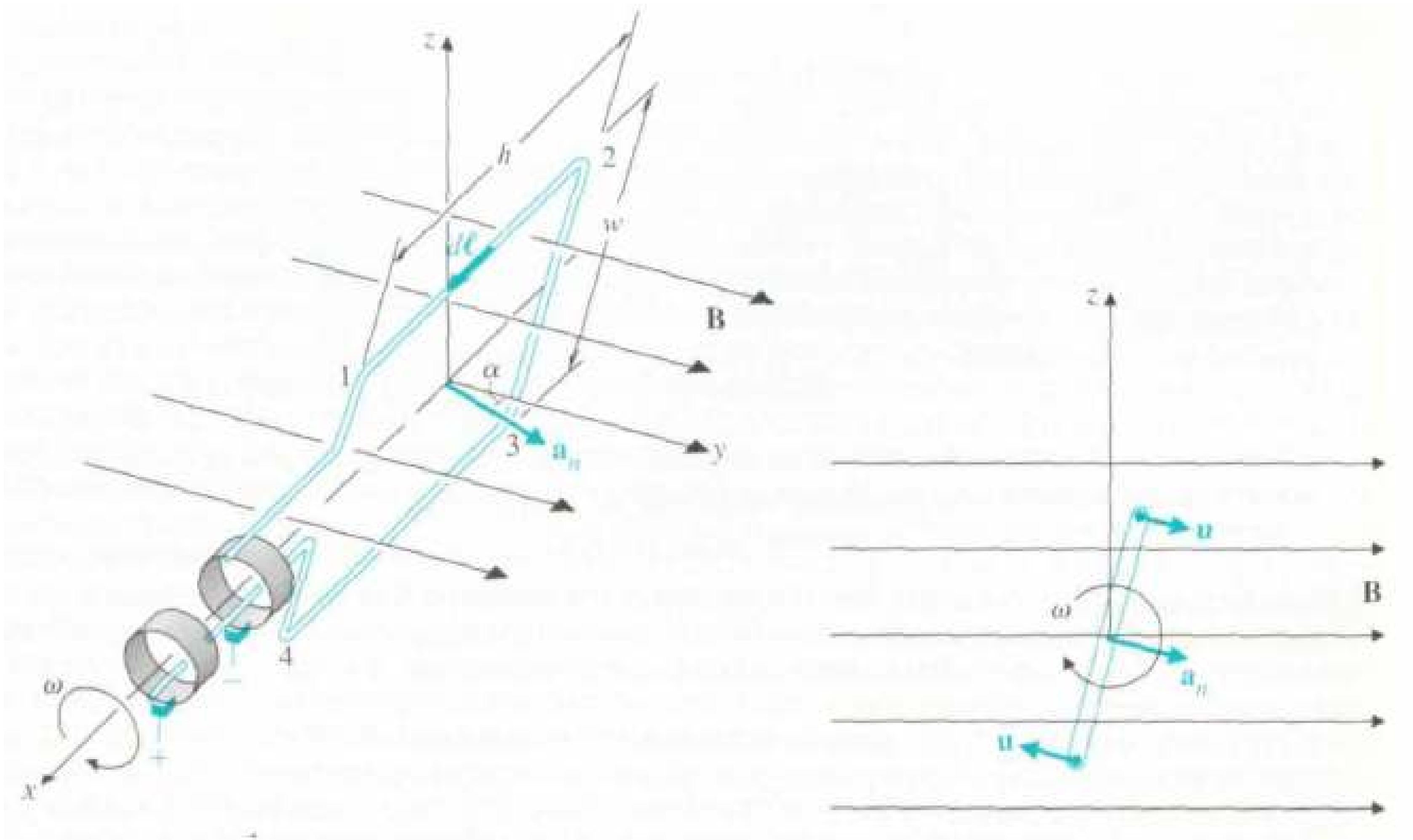
$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B}).$$

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B},$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}' - \mathbf{u} \times \mathbf{B}.$$

$$\oint_C \mathbf{E}' \cdot d\boldsymbol{\ell} = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s} + \oint_C (\mathbf{u} \times \mathbf{B}) \cdot d\boldsymbol{\ell} \qquad \text{(V)}.$$

ORNEK 6.5



Maxwell denklemleri

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

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J},$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_v,$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0.$$

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t}$$

Sureklilik denklemi

Alistirma 6.4

Maxwell denklemlerinin intagral bicimlerinin elde edilmesi

$\nabla \times \mathbf{E} = -\dfrac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell} = -\dfrac{d\Phi}{dt}$	Faraday's law
$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \dfrac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	$\oint_C \mathbf{H} \cdot d\boldsymbol{\ell} = I + \int_S \dfrac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s}$	Ampère's circuital law
$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_v$	$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{s} = Q$	Gauss's law
$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$	No isolated magnetic charge