



FİZİK-II

BÖLÜM 11: ELEKTROMANTETİK İNDÜKSİYON

Ders kaynakları:

- 1. Serway Fizik II, Türkçesi (Farklı Baskılar).**
- 2. Temel Fizik II, Türkçesi.**
- 3. Üniversiteler İçin Fizik, Bekir Karaoğlu, 3. Baskı, 2015.**
- 4. Üniversite Fiziği II, Young-Freedman.**

ÖĞRENİM KONULARI

- Faraday'ın İndüksiyon yasası
- Hareketsel elektromotor kuvveti
- Lenz Yasası,
- İndüksiyon elektrik alanları
- Girdap akımları (Eddy akımları)
- Yerdeğiştirme akımı ve Maxwell denklemleri

Elektromanyetik İndüksiyon

□ İndüksiyonun Faraday kanununun keşfi

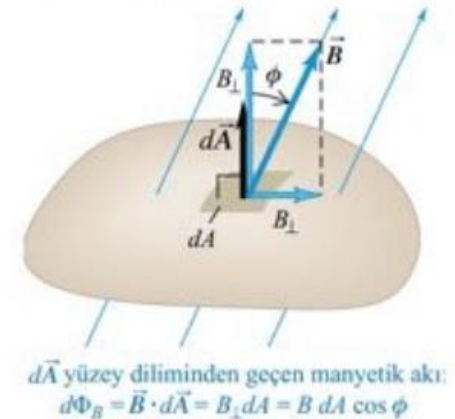
MANYETİK AKI:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \phi$$

$$d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{A} = B_{\perp} dA = B dA \cos \phi$$

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \phi$$

Genel hali



Sonsuz küçüklükteki alandan geçen manyetik akı

Eğer B alan üzerinde değişmiyor ise, düzgünse

Farady kanunu

□ İndüksiyonun Faraday kanunu

Volt birimindeki emk bir devrede indüklenme ile oluşur ki bu bağlandığı devrede Birimi Weber olan toplam manyetik akı değişiminin zamana oranına eşittir.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

ε nun yönü manyetik akıdaki değişime
Ters bir manyetik alan oluşturacak yönde.

Manyetik akıdaki değişime ters

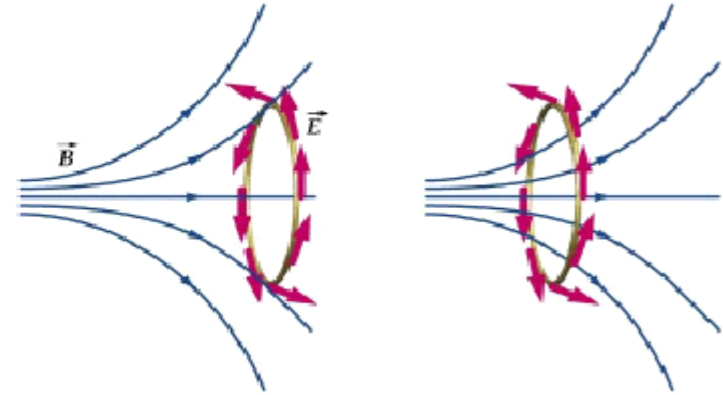
Devreden geçen akı birkaç farklı yolla değişebilir:

- 1) B şiddeti artırılabilir.
- 2) Bobin genişletilebilir.
- 3) Bobin kuvvetli alan bölgesinde hareket ettirilebilir.
- 4) Bobin düzlemiyle B arasındaki açı değiştirilebilir.

Farady kanunu

□ İndüksiyonun Faraday kanunu

- İlmekten geçen akı değiştiğinde, ilmekte emk indüklenir.
- Bununla birlikte emk birim yük başına yapılan iş, emk ile birlikte yük üzerine bir kuvvet uygulanmalıdır.
- Birim yük başına kuvvet değişen akı ile indüklenen E elektrik alanıdır.
- Tam devre boyunca elektrik alanın çizgi integrali=birim yük başına yapılan iş, tanımdan bu devrenin emksıdır.



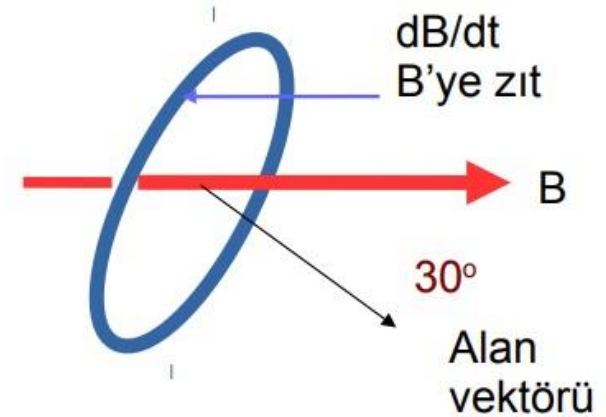
Şekil : İndüklenen emf ilmek boyunca dağılır ve tele paralel korunumsuz E elektrik alanına eşdeğerdir. Burada E nin yönü ilmekten geçen artan akıya benzer.

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

Farady kanunu

Örnek

Yarıçapı 4.00 cm olan 500 sarımlı dairesel halkadan oluşan bir bobin büyük bir elektromıknatısın kutupları arasına yerleştirilmiştir; manyetik alan düzgündür ve bobin düzlemi ile 60° 'lik bir açı yapmaktadır. Manyetik alan 0.200 T/s oranında azalmaktadır. Etkilenme emk'sının büyüklüğü ve yönü nedir?



$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dB}{dt} A \cos 30^\circ$$

$$= (-0.200 \text{ T/s})(0.00503 \text{ m}^2)(0.866)$$

$$= -8.71 \times 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{m}^2/\text{s} = -8.71 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}$$

$$A = \pi (0.0400 \text{ m})^2 = 0.00503 \text{ m}^2$$

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$= -(500)(-8.71 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}) = 0.435 \text{ V}$$

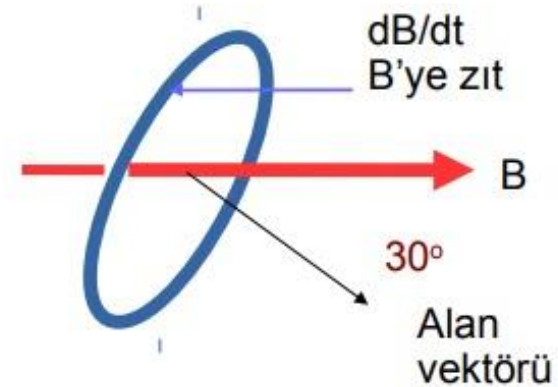
Farady kanunu

Örnek

Yarıçapı 4.00 cm olan 500 sarımlı dairesel halkadan oluşan bir bobin büyük bir elektromıknatısın kutupları arasına yerleştirilmiştir; manyetik alan düzgündür ve bobin düzlemi ile 60° 'lik bir açı yapmaktadır. Manyetik alan 0.200 T/s oranında azalmaktadır. Etkilenme emk'sının büyüklüğü ve yönü nedir?

$$\begin{aligned}\frac{d\Phi_B}{dt} &= \frac{dB}{dt} A \cos 30^\circ \\ &= (-0.200 \text{ T/s})(0.00503 \text{ m}^2)(0.866) \\ &= -8.71 \times 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{m}^2/\text{s} = -8.71 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= -N \frac{d\Phi_B}{dt} \\ &= -(500)(-8.71 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}) = 0.435 \text{ V}\end{aligned}$$



$$A = \pi (0.0400 \text{ m})^2 = 0.00503 \text{ m}^2$$

Pozitif, dolayısı ile yönü B'yi destekleyecek şekilde olmalı!

B yönünde bir manyetik alan oluşturacak şekilde I oluşturmali!

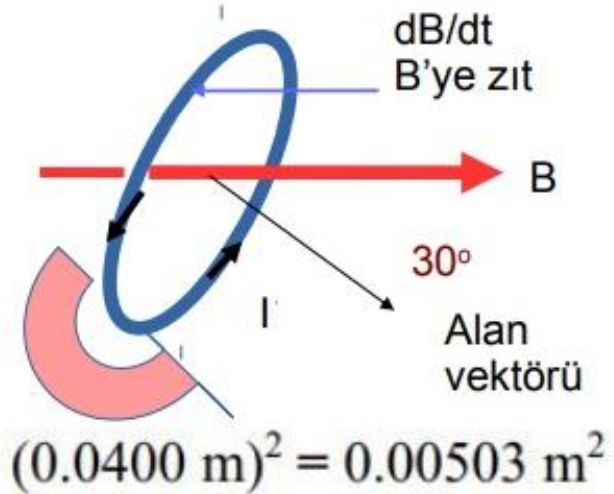
Farady kanunu

Örnek

Yarıçapı 4.00 cm olan 500 sarımlı dairesel halkadan oluşan bir bobin büyük bir elektromıknatısın kutupları arasına yerleştirilmiştir; manyetik alan düzgündür ve bobin düzlemi ile 60° 'lik bir açı yapmaktadır. Manyetik alan 0.200 T/s oranında azalmaktadır. Etkilenme emk'sının büyüklüğü ve yönü nedir?

$$\begin{aligned}\frac{d\Phi_B}{dt} &= \frac{dB}{dt} A \cos 30^\circ \\ &= (-0.200 \text{ T/s})(0.00503 \text{ m}^2)(0.866) \\ &= -8.71 \times 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{m}^2/\text{s} = -8.71 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= -N \frac{d\Phi_B}{dt} \\ &= -(500)(-8.71 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}) = 0.435 \text{ V}\end{aligned}$$



Pozitif, dolayısı ile yönü B'yi destekleyecek şekilde olmalı!

B yönünde bir manyetik alan oluşturacak şekilde I oluşturmali!

Farady kanunu

□İndüklenen elektrik alan

İndüklenen emk'nın bir devrinde ilmek boyunca hareketli bir test yükünde yaptığı işi düşünelim.

Emk tarafından yapılan iş $W := emf \cdot q_0$

Elektrik alan tarafından yapılan iş: $\int \vec{F} \cdot d\vec{s} = q_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = q_0 E(2\pi r)$



$$Emk = 2\pi r E$$



Genellikle : $\varepsilon = emf = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$

Dairesel bir akım ilmeği için



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Faraday kanununun tekrar yazılır.

Lenz yasası

□ İndüklenen Emk'nin yönü ve Lenz kanunu

N dönüşlü solenoit için Faraday kanunu genişletilir:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Dönüş sayısı

Niçin eksi işareti ve
Bunun anlamı nedir?

Lenz kanunu

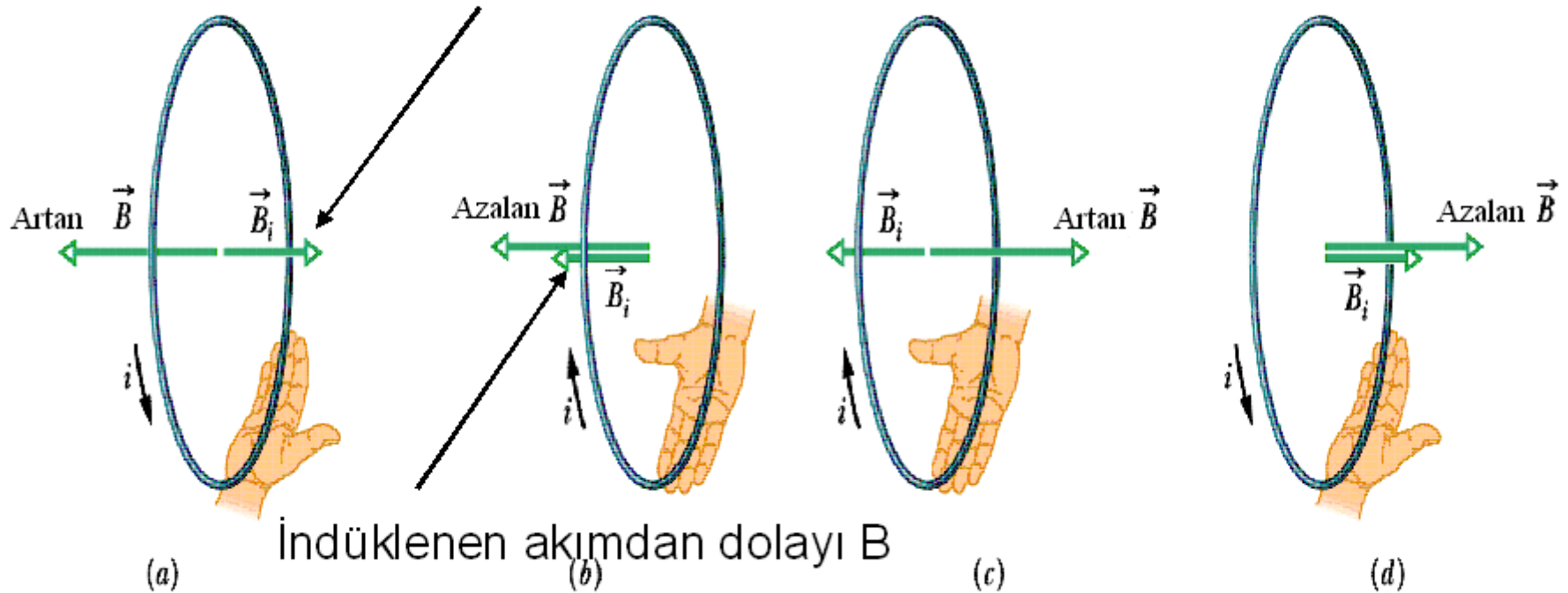
İndüklenen emk'nin işareti, orijinal akı değişimini engellemek için bir manyetik akı meydana getirebilecek bir akım üretmeye çalışan yöndedir.

Yada – indüklenen emk ve indüklenen akım onları üreten değişimi engeller yöndedir!

Lenz yasası

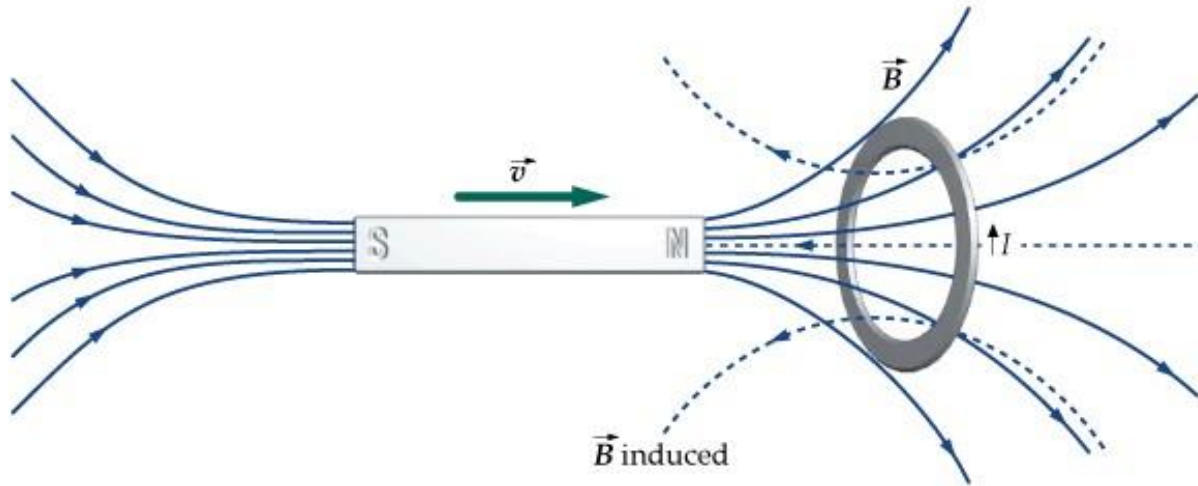
□ Örnek1

İndüklenen akımdan dolayı \vec{B}



Lenz kanunu

□ Örnek 2

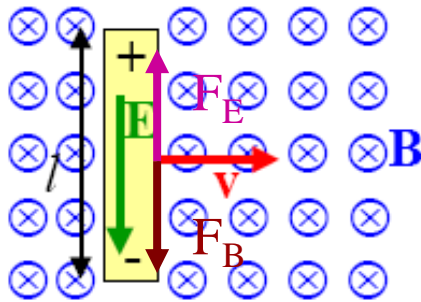


- Kutu magnet ilmeye doğru hareket eder.
- İlmekten geçen akı artar , ve ilmekte indüklenen bir emk gösterilen yönde akım meydana getirir.
- İlmekteki indüklenen akımdan dolayı B alanı (kesikli çizgilerle gösterilen) magnetin hareketinden dolayı ilmekten geçen artan akıya karşı bir akı üretir.

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

□ Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı

Devimsel emk manyetik alanda *hareket eden* bir iletkendeki indüklenen emk dır. Biz bunu *sabit manyetik alanda* belirleyeceğiz.



Kalıptaki elektronlar üzerindeki manyetik kuvvet onların aşağı doğru hareketine sebep olur.

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} = -e \vec{v} \times \vec{B}$$

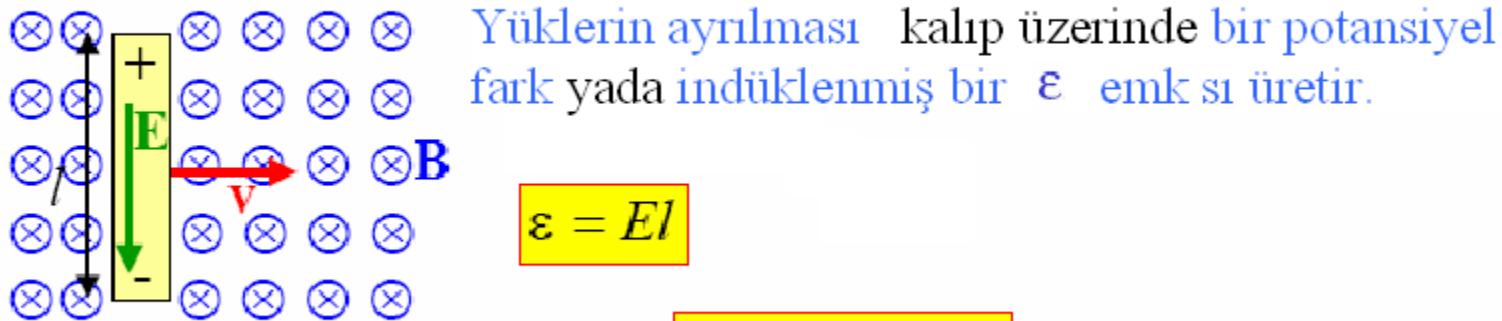
Bu, kalıpta yükleri ayırarak bir elektrik alan üretir. Elektrik alan elektronlar üzerine yukarı doğru bir kuvvet uygular.

$$\vec{F}_E = q \vec{E} = -e \vec{E} \quad \text{Eşitlikte kuvvetler denktir ,ve}$$

$$\vec{F}_B + \vec{F}_E = 0 \Rightarrow e E = evB$$

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

□ Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı I



$$\varepsilon = El$$

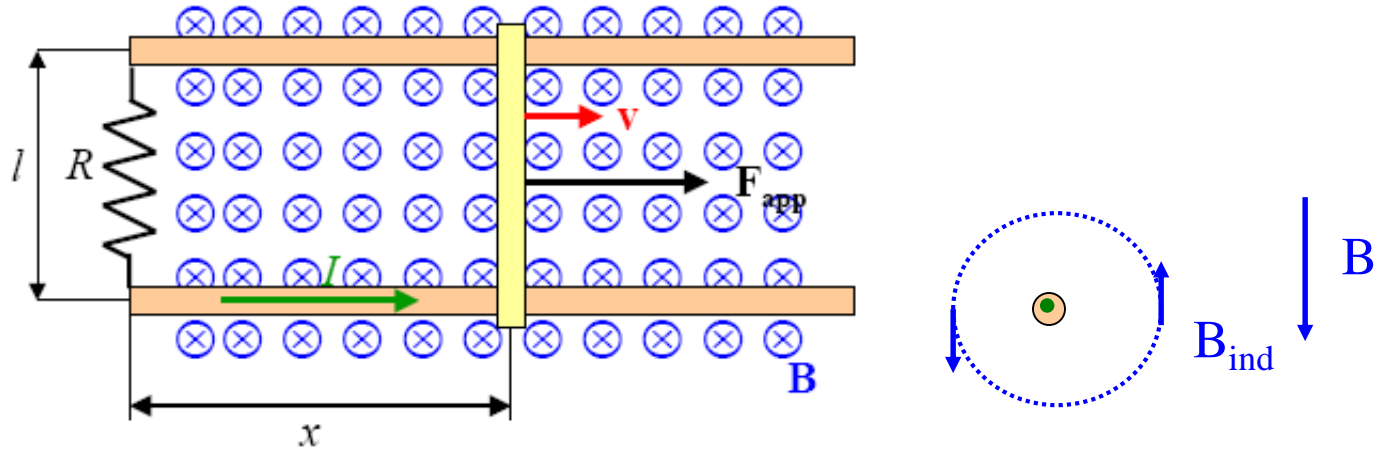
$$eE = evB \text{ yi kullanarak}$$

$$El = Blv \text{ or } \varepsilon = Blv \text{ elde ederiz.}$$

Bir iletken düzgün bir manyetik alan boyunca hareket ettiğinde, iletkenin uçları arasında bir potansiyel fark meydana gelir.

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

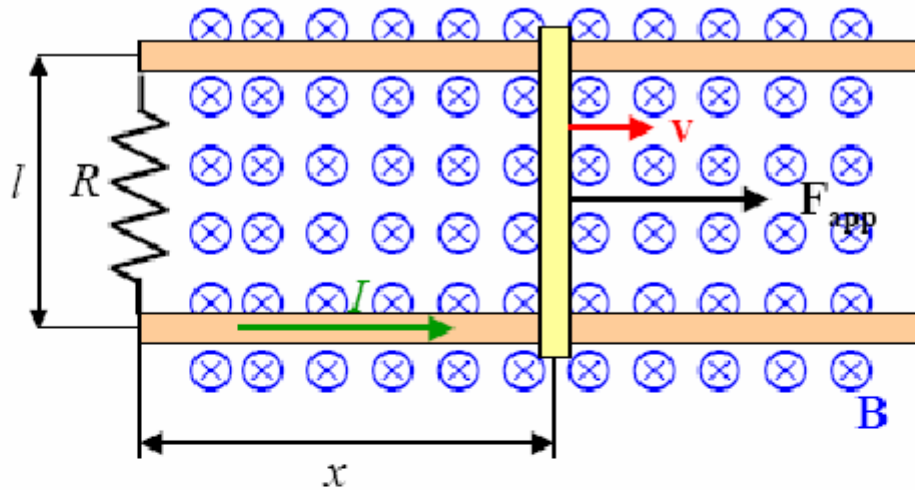
□ Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı II



- Kapalı bir iletim yolunun parçası olarak hareket eden bir kalıp düşünülür.
- Kalıbın **sıfır dirence** ve devrenin sabit parçasının R direncine sahip olduğunu farz edilir
- Kalıp uygulanan \mathbf{F}_{app} kuvvetinden dolayı \mathbf{v} hızı ile **sağa doğru çekilir**.
- Elektron tekrar aşağı doğru bir kuvvete maruz kalır
- Şimdi , **elektronlar** kapalı iletim yolunda **harekette özgür** olsalar bile bununla birlikte **saat yönünün tersi yönde bir akım** oluşur.

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

□ Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı II



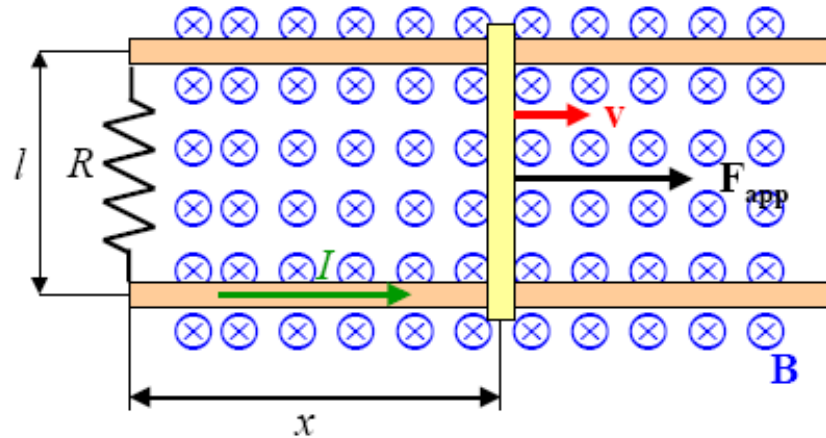
$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

İndüklenen saat yönünün tersi yöndeki akımsa Lenz kuralı uygulanır mı?

- Kalıp sayfadan içeriye doğru devreden geçen artan manyetik akı ile sağa doğru kayar.
- Lenz kuralı indüklenmiş akımın bu artışa karşı koyan bir manyetik alan üreteceğini söyler.
- Böyle bir indüklenmiş akım sayfadan dışa doğru bir manyetik alan üretmelidir.
- Saat yönünde bir akım bunu yapar (sağ el kuralı).

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

- Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı II



Bu anda devreden geçen manyetik akı $\Phi_B = BA = Blx$ dir.

Böylece Faraday kanunu aşağıdaki ifadeyi verir

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(Blx) = -Bl\frac{dx}{dt} = -Blv$$

Böylece

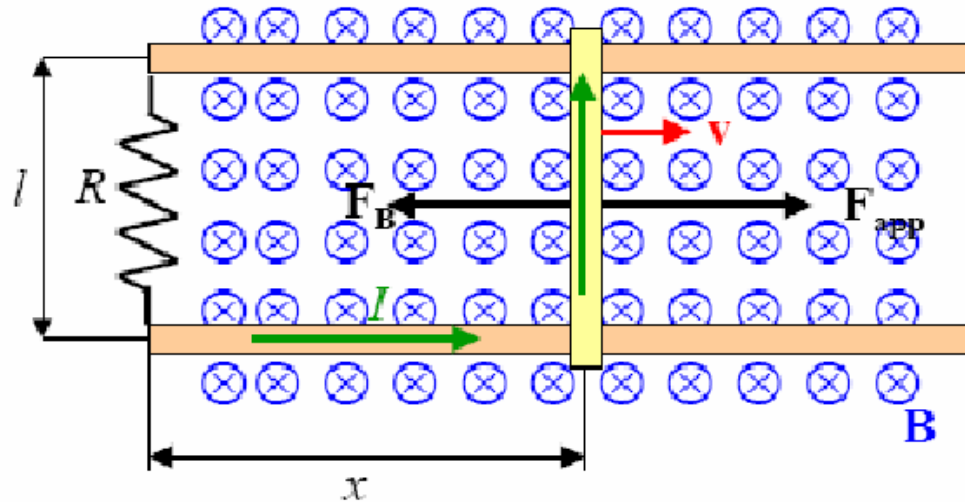
$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{Blv}{R}$$

$$d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s} \text{ (Genelde)}$$

$$\varepsilon = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s} : \text{Kapalı bir iletim ilmeği için devimsel emk}$$

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

- Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı II



Kalıp düzgün bir \mathbf{B} manyetik alanında hareket ederken ayrıca bir \mathbf{F}_B manyetik kuvvetine maruz kalır.

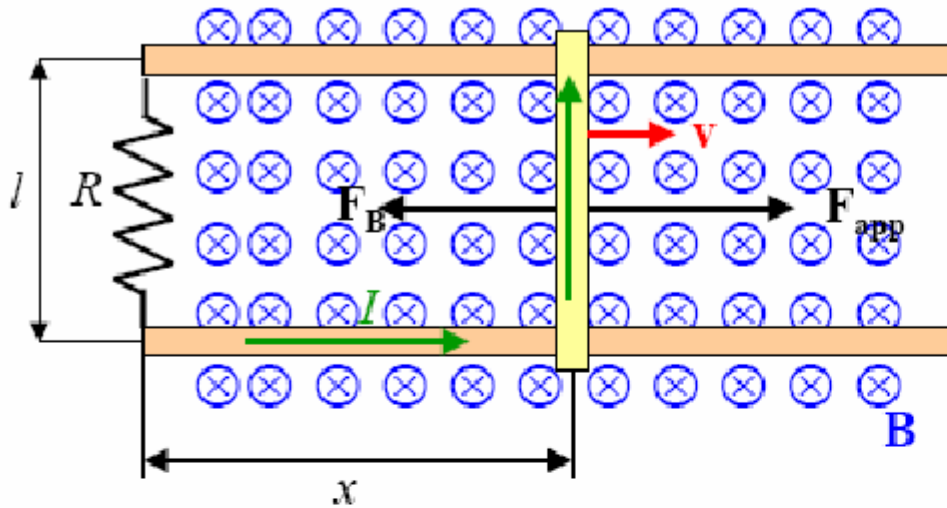
$$\vec{F}_B = I\vec{l} \times \vec{B}$$

Bu kuvvet uygulanan kuvvete zıttır ve kalıp sabit hızla hareket ettiğinden dolayı eşit büyüklükte olmalıdır da.

$$|F_{app}| = |F_B| = IlB$$

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

- Hareketsel elektromotor kuvvetinin kaynağı II



$$|F_{app}| = |F_B| = IlB$$

Uygulanan kuvvetin sağladığı güç

$$P = F_{app} v = (IlB) v$$

Böylece biz $I = \frac{Blv}{R}$ buluruz. Daha sonra $P = (IlB) v = I (Blv) = I^2 R$

buluruz.

İlk olarak mekanik enerji elektriksel enerjiye dönüşür , bu elektriksel enerji daha sonra direncin iç enerjisine dönüşür.

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

□ Bir magnet ve Bir ilmek (Tekrar)

Örnekte, bir magnet kapalı bir ilmeğe doğru hareket ettirilir.

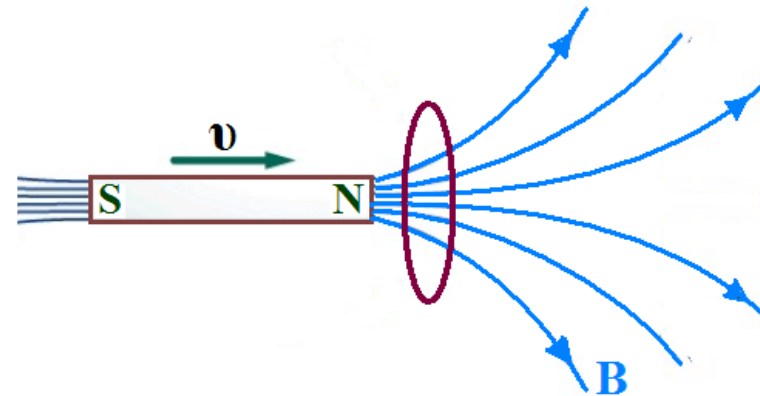
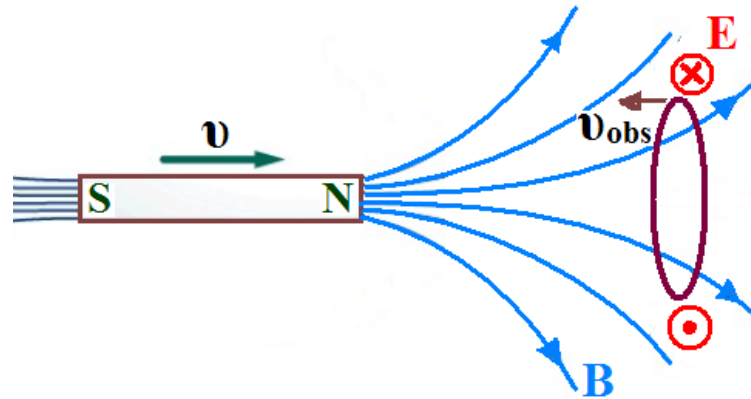
İlmekten eklenen alan çizgisinin sayısı belirgin bir biçimde artar.

İlmekle alan çizgileri arasında rölatif hareket vardır ve metal ilmekte herhangi bir noktadaki bir gözlemci Herhangi bir noktadaki gözlemci ya da ilmekteki yükler , bir E alanı görecektir.

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

Ayrıca biz aşağıdaki ifadeye elde ederiz.

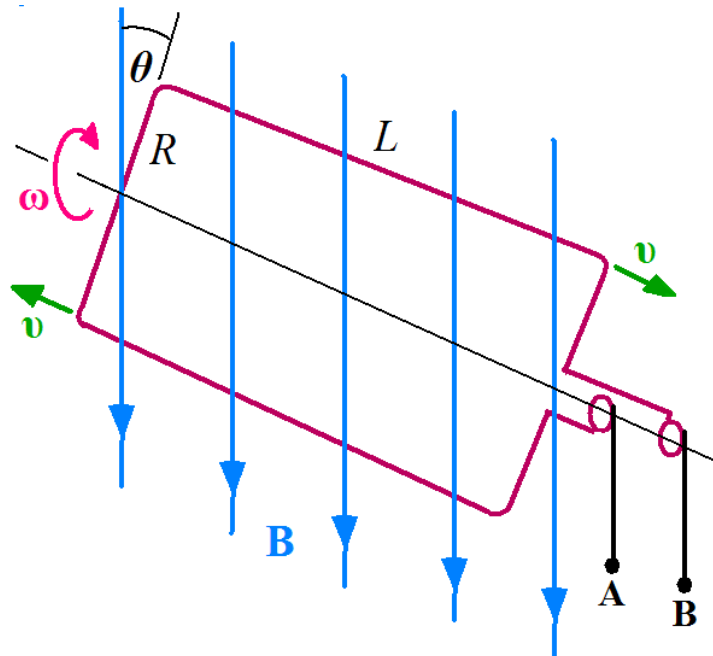
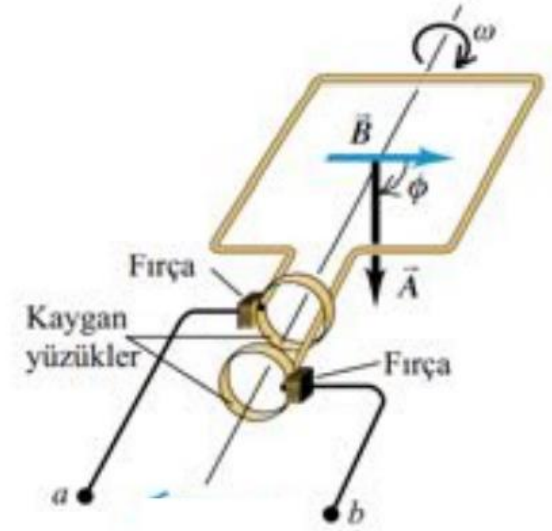
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \varepsilon \quad \text{Faraday emk}$$



Hareketsel Elektromotor Kuvveti

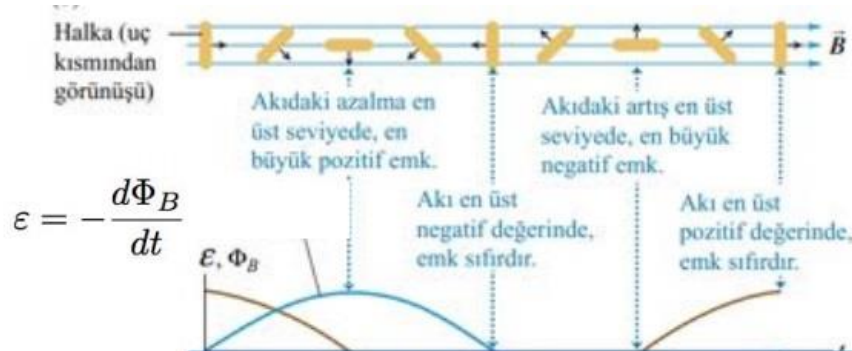
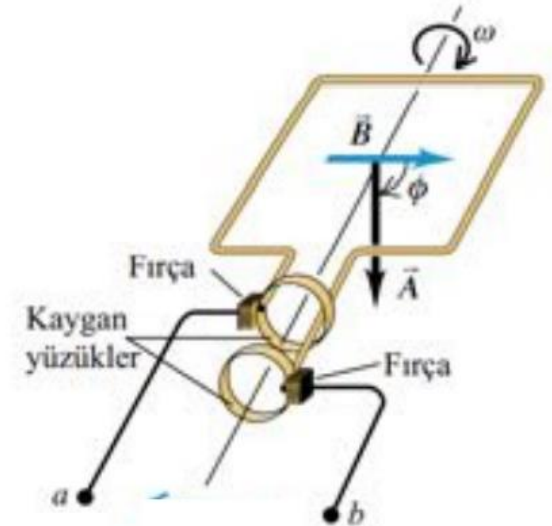
❑ Örnek: Bir jenaratör (Alternator)

Şekil 29.8, emk üreten bir cihaz olan bir basit alternatörü gösteriyor. Dikdörtgen halka şekilde gösterilen eksenini etrafında sabit bir ω açısal hızı ile dönecek şekilde tasarlanmıştır. \vec{B} manyetik alanı düzgün ve sabittir. $t = 0$ anında $\phi = 0$ 'dır. Etkilenme emk'sını hesaplayınız.



Hareketsel Elektromotor Kuvveti

❑ Örnek: Bir jenaratör (Alternator)

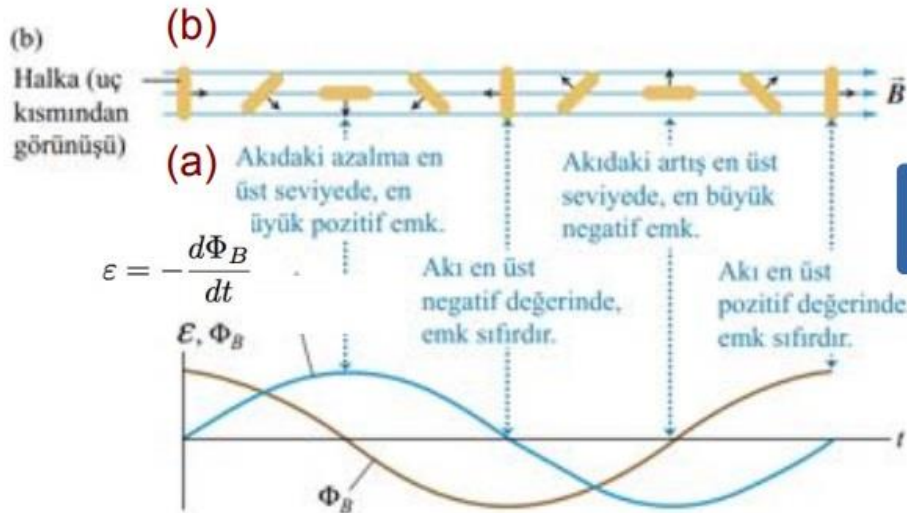
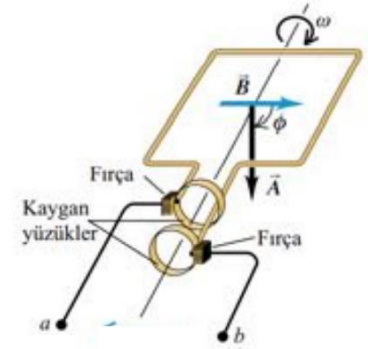


$$\phi = \omega t$$

$$\Phi_B = BA \cos(\omega t), \quad \epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -BA \frac{d \cos \omega t}{dt} = BA \omega \sin \omega t$$

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

Örnek: Bir jenaratör (Alternator)



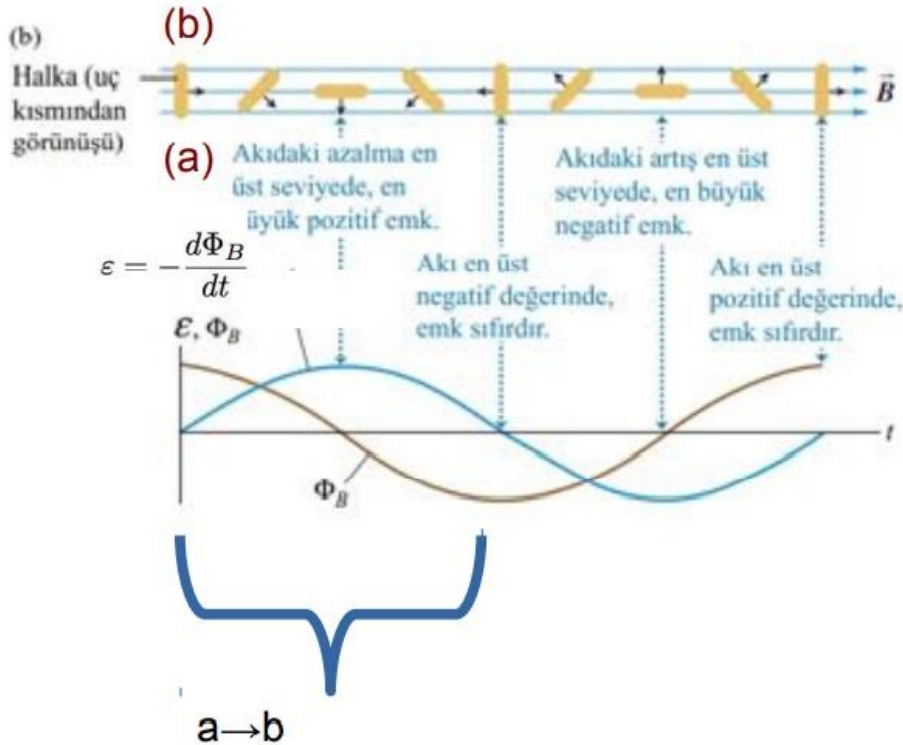
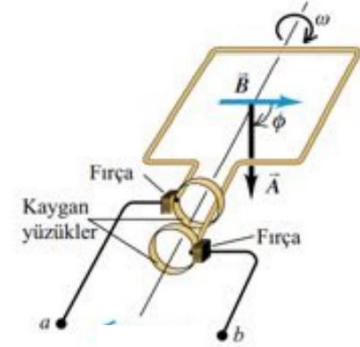
$$\Phi_B = BA \cos(\omega t), \epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -BA \frac{d \cos \omega t}{dt} = BA \omega \sin \omega t$$

Yönü:

- $t=0$ anında b kenarı üstte, a kenarı aşağıda!
- Alan azaldığı için akı azalıyor.
- Alanı artıramadığı için de B'yi artırmaya çalışacaktır.

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

■ Örnek: Bir jenaratör (Alternator)



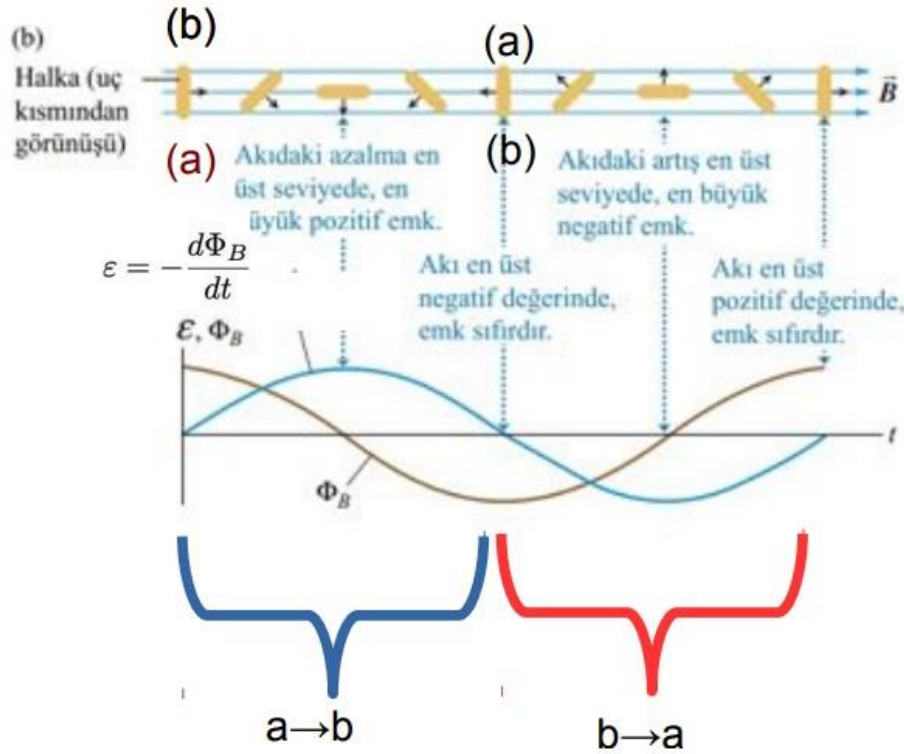
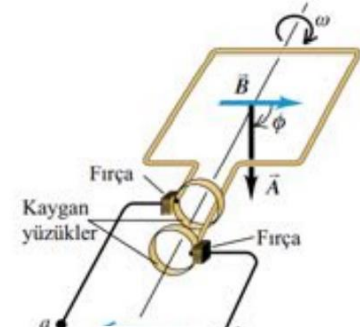
$$\Phi_B = BA \cos(\omega t), \varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -BA \frac{d \cos \omega t}{dt} = BA \sin \omega t$$

Yönü:

$t=0$ ile $t=\pi/\omega$ arası.

Hareketsel Elektromotor Kuvveti

Örnek: Bir jenaratör (Alternator)



$$\Phi_B = BA \cos(\omega t), \varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -BA \frac{d\cos \omega t}{dt} = BA \sin \omega t$$

Yönü:

- $t = \pi/\omega$ ile $t = 2\pi/\omega$ arası

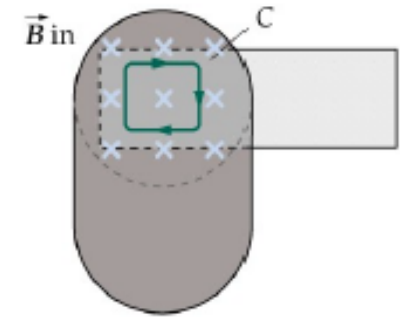
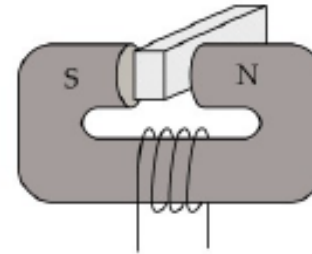
$\sin(\omega t)$ fonksiyonu işaret değiştirdi!

Eddy Akımı

□ Eddy Akımı: Örnekler

Buraya kadar, belirli devrelerdeki akımlar değişen akı tarafından üretilir.

Sıklıkla , dolaşan akımlar, eddy akımları bulk metal parçasında meydana gelir, i.e. transformator çekirdeği

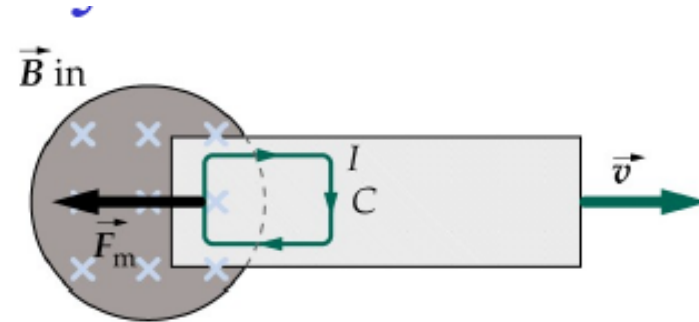


Şekilde ,değişen B alanı (mıknatis dolanımlarındaki ac akımından dolayı) elektromıknatis kutupları arasındaki iletken tabakada dolaşan akımları indükler. (C yolu- birçoğundan biri)

Eddy Akımı

□ Eddy Akımı : Örnekler

Güçlü sürekli bir mıknatısın kutupları arasında bakır veya alüminyum levhayı aniden çekmeyi deneyelim;



C yolu tarafından kaplanan alan parçası B alanının içindedir. Levha sağa doğru hareket ederken ,eğriden geçen akı azalır.

Faraday kanunu ve Lenz kanunu saat yönünde bir akımın C yolu boyunca indükleneceğini söyler.

Daha sonra manyetik alan kabuk hareketine zıt sola doğru akım üzerinde bir kuvvet oluşturur.

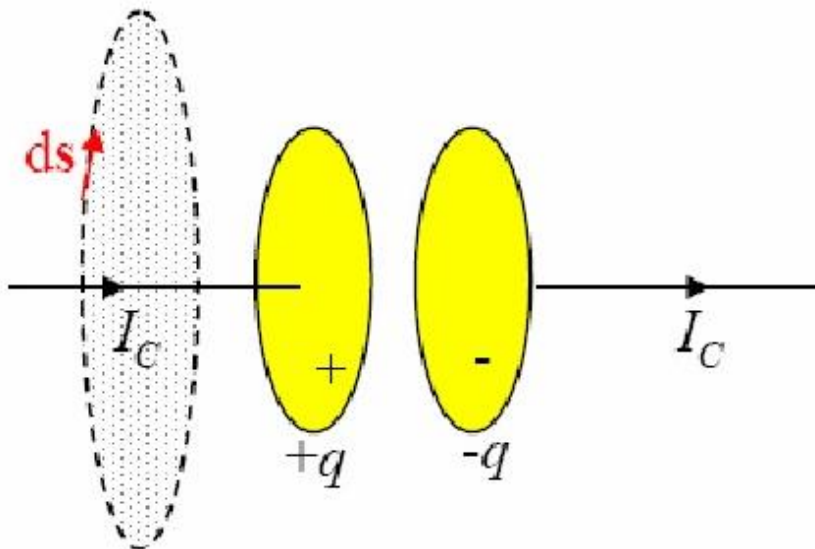
Siz güçlü bir manyetik alandan geçen iletken bir tabakayı dener ve aniden hareket ettirerseniz bu kuvveti hissedersiniz

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Deplasman akımı

Yüklü bir kondansatörü düşünelim, iletken teller ilk plakaya ve ondan uzaktaki bir diğerine I_C akımı verir. Ve plakalar üzerindeki yükler artar. Gösterilen yol için ampere kanununu uygulayabiliriz ve aşağıdaki ifadeyi buluruz:

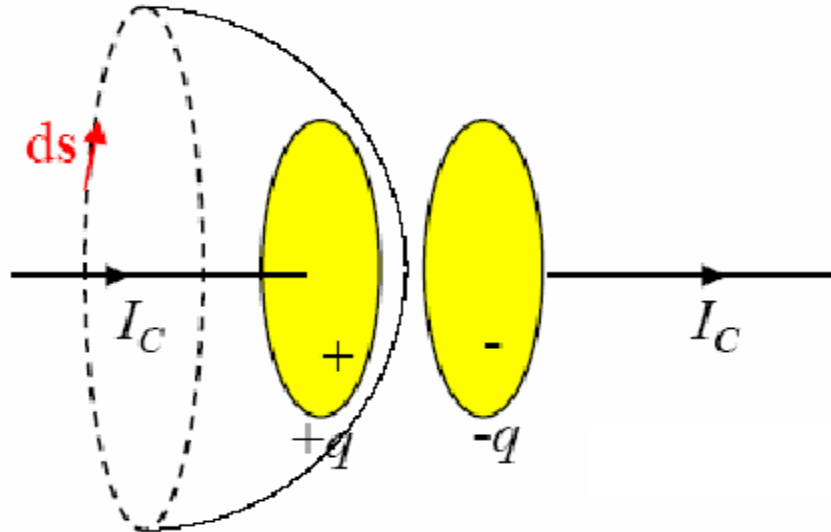
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I = \mu_0 I_C$$



Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Deplasman akımı

Ayrıca bizim yolumuzla **sınırlanmış ikinci bir yüzey** düşünelim.



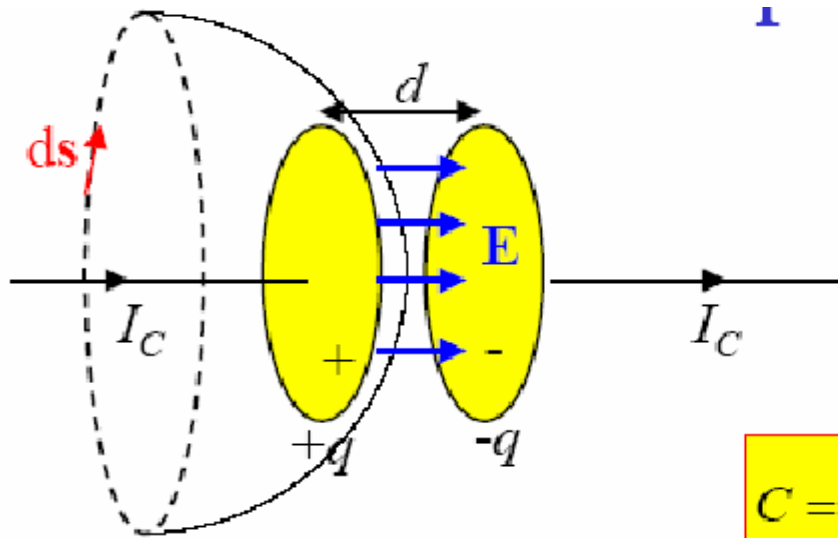
Burada, kondansatör plaka üzerinde yük durduğu için bu **yüzeyden akım** geçmez. Böylece

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I = 0$$

Önceki sayfada elde edilen sonuçla ters düştüğü görülmektedir.” Herhangi bir yüzey boyunca akım eğriyle sınırlandırılır” ifadesinde anlam belirsizliği vardır-akım devam etmezken ortaya çıkar. Bu çelişkiyi nasıl düzeltebiliriz.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Deplasman akımı



Kondansatör plakalar üzerindeki **ani yük** $q = C\Delta V$ dır ve burada ΔV plakalar arasındaki **ani potansiyel farktır**

- Kondansatör yükleri ile iki plaka arasındaki elektrik alan değişir.

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad ; \text{ve} \quad \Delta V = Ed$$

$$\text{So } q = C\Delta V = \epsilon_0 \frac{A}{d} (Ed) = \epsilon_0 EA = \epsilon_0 \Phi_E$$

$$I_C = \frac{dq}{dt} = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

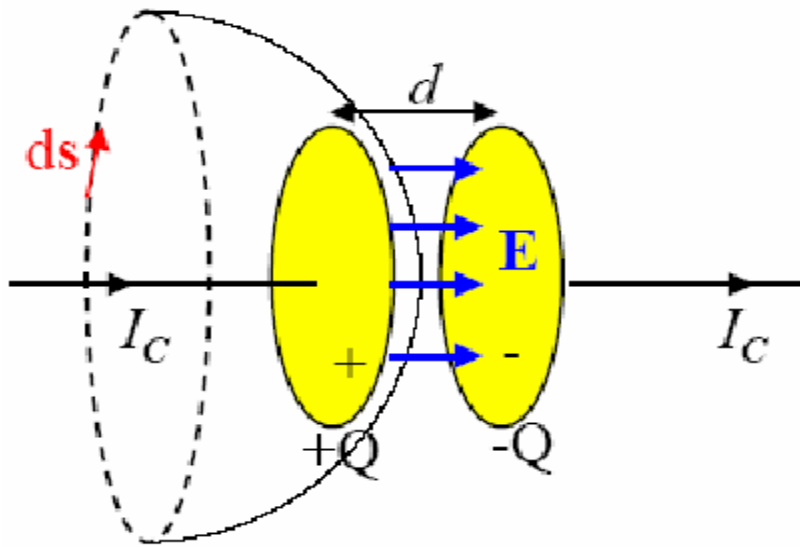
ve sağda belirtilen terim **Maxwell yer değiştirme akımıdır.**

$$I_D = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Hacimdeki net iletim akımı , hacim dışında net yer değiştirme akımına eşittir. Genelleştirilen akım her zaman devam eder.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Deplasman akımı



Sağda belirtilen terimi
Yer değiştirme akımı
olarak ifade ederiz.

$$I_D = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Eğri yüzey boyunca değişken
elektrik akısı Ampere kanununda
düz yüzeyden geçen I_C akımına
eşdeğerdir. Böylece Ampere kanununun
genelleştirilmiş formunu yazarız:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (I_C + I_D)_{encl} = \mu_0 I_{encl} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Manyetik alanlar hem iletim akımları hem de zamanla değişen
elektrik alanlar tarafından üretilir.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Deplasman akımı

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (I_C + I_D)_{encl} = \mu_0 I_{encl} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Ampere kanununun genelleştirilmiş şekli

Faraday kanunu ile kıyaslarsak :

$$\epsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\phi_m}{dt}$$

Burada değişken manyetik akı, kapalı bir eğri boyunca çizgi integrali ,kapalı yüzeyden geçen manyetik akı değişim oranı ile orantılı olan bir elektrik alan üretir.

Ampere kanununu değiştirerek Maxwell değişken bir elektrik akının, bir eğri boyunca çizgi integrali, elektrik akısı değişim oranı ile orantılı olan bir manyetik alan ürettiğini gösterdi.

Karşılıklı sonuç:Değişen manyetik alan bir elektrik alan üretir(Faraday kanunu) ve değişen elektrik alan bir manyetik alan üretir(Genelleştirilmiş ampere kanunu).

Bir I taşıma akımının manyetik benzeri olmadığına dikkat edilmesi gerekir.Çünkü manyetik tek bir yük (elektrik yüke benzer olarak) yoktur.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Deplasman akımı : Örnek

Paralel plakalı kondansatör yakın aralıklı R yarıçaplı dairesel plakalara sahiptir. Yük pozitif plaka üzerine ve negatif plakanın dışına $I = dQ/dt = 2.5A$ oranında akar.

Plakalar arasındaki yer değiştirme akımı nedir?

$$I_D = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad \text{Burada } \Phi_E \text{ plakalar arasındaki elektrik akısıdır.}$$

E-alanının düzgün ve kondansatör içinde plakalara dik ve kondansatör dışında sıfır olduğunu düşünelim. Böylece $\Phi_E = EA$

Burada : $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q/A}{\epsilon_0}$ Ve burada yük yoğunluğu σ

Böylece $I_D = \epsilon_0 \frac{d(EA)}{dt} = \epsilon_0 A \frac{d}{dt} \left(\frac{Q}{\epsilon_0 A} \right) = \frac{dQ}{dt} = 2.5A$ Taşıma akımıyla aynı olarak

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Maxwell eşitlikleri

James Clerk Maxwell tarafından önerilen bu eşitlikler ,E ve B alan vektörleri ile onların kaynakları elektrik yükleri ,akımlar ve değişken alanlar arasında ilişki kurar. Bu eşitlikler Coulomb , Gauss, Biot- Savart, Ampere ve Faraday deneysel kanunlarını özetler.

Newton kanunlarına benzer klasik elektromanyetizmada bir rol oynar-çözme zorluğu hariç tutulur.Bu eşitlikler elektromanyetik dalgaların varolduğu ve serbest uzayda

$$c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

ile verilen bir hızla yayıldığı sonucuna götürür.

Burada ϵ_0 — Serbest uzayın dielektrik sabitidir(Gauss ve Coulomb kanunu)

μ_0 — Serbest uzayın manyetik geçirgenlik sabitidir.(Biot-Savart ve Ampere kanunu)

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Maxwell eşitlikleri

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{\text{inside}} \quad \text{-- Gauss kanunu}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad \text{-- Manyetik alan için Gauss kanunu}$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad \text{-- Faraday kanunu}$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad \text{-- Ampere kanunu}$$

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Maxwell eşitlikleri: Gauss kanunu

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{\text{inside}} \quad \text{--- Gauss kanunu}$$

Kapalı bir yüzeyden geçen elektrik alan akısı yüzey içindeki net yüke bağlıdır

Bu ,bir nokta yükten dolayı elektrik alanın yükten olan uzaklığın karesi ile ters olarak değiştiği anlamına gelir.

Bu ,Elektrik alan çizgilerinin pozitif bir yükten nasıl ayrıldığını ve negatif bir yüke nasıl vardığını tanımlar.

Bu akının deneysel temeli Coulomb yasasıdır.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

- Maxwell eşitlikleri: Manyetizma için Gauss kanunu

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad \text{--- Manyetizma için Gauss kanunu}$$

Manyetik alan vektör akısı herhangi bir kapalı yüzey boyunca sıfırdır.

Manyetik alan çizgilerinin herhangi bir noktadan çıkmadığı yada herhangi bir noktaya ulaşmadığı deneysel gözlemi açıklar-bu, izole edilmiş tek tek manyetik yüklerin var olmadığı anlamına gelir.

□ Maxwell eşitlikleri: Faraday kanunu

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad \text{Faraday kanunu}$$

Kapalı bir C eğrisi boyunca emk olan elektrik alanın integrali eğri ile sınırlandırılmış herhangi bir S yüzeyinden geçen manyetik akının yüke oranına(negatif) eşittir.(Burada S kapalı bir yüzey değildir)

Faraday kanunu elektriksel alan çizgilerinin değişen bir manyetik alan boyunca herhangi bir yüzeyi nasıl kuşattığını tasvir eder ve elektrik alan vektörünü manyetik alan vektörünün değişim oranına bağlar.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

□ Maxwell eşitlikleri: Ampere kanunu

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad \text{--- Ampere Kanunu}$$

Herhangi kapalı bir C eğrisi boyunca manyetik alanın çizgi integrali durumunda kalan Maxwell'in yer değiştirme akımının içeren değişim, hem bu eğri ile sınırlandırılmış herhangi bir kapalı yüzeyden geçen akım hem de yüzeyden geçen elektrik akısındaki değişim oranı ile orantılıdır.

Bu kanun , bir akım geçişi veya elektrik alan değişimi boyunca olan manyetik alan çizgileriyle çevrilmiş bir yüzeyin nasıl olduğunu tanımlar.

Deplasman akımı & Maxwell eşitlikleri

- Maxwell eşitlikleri: Diferansiyel form

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \text{ --- Gauss kanunu}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \text{ --- (Manyetizma için Gauss kanunu)}$$

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

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \text{ --- Ampere kanunu}$$

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

ve

TEKRAR ETMEYİ UNUTMAYINIZ