

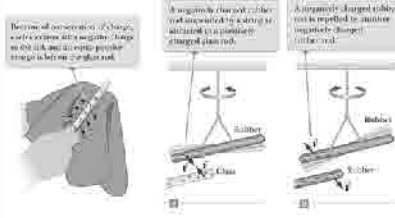
Bölüm 23: Elektrik Alanları

23.1. ELEKTRİK YÜKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

- Kuvvetler, parçacıklar arası etkileşimi karakterize eden niceliklerdir.
- Doğada varolan kuvvetler:
 - 1) Kütle Çekim Kuvveti
 - 2) Elektromanyetik Kuvvet
 - 3) Zayıf Kuvvetler
 - 4) Şiddetli Kuvvetler
- Elektriksel kuvvetler, ilk olarak iki cismin birbirine sürtünmesi sonucu, diğer cisimleri çekme özelliği kazanmaları ile keşfedilmiştir.
(Şaşın tarak ile tarandıktan sonra, kağıt parçalarını çekmesi, şarjlı balonun yün ile ovulması sonucu duvara yapışması gibi.)



23.1. ELEKTRİK YÜKLERİNİN ÖZELLİKLERİ



23.1. ELEKTRİK YÜKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

- Benjamin aynı zamanda, elektrik yükünün daima korunduğunu öne sürmüştür.
- Daha sonra, Robert Millikan (1868-1953) elektrik yüklerinin doğada daima temel bir yük biriminin tam katları halinde bulunduğunu keşfetti.
 $q = \pm Ne$
N: bir tamsayı
e: temel yük birimi
 $|e| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Elektron: $q = -e$
Proton: $q = +e$

| Particle | Charge (q) | Mass (m) |
|--------------|--|--------------------------------------|
| Electron (e) | $-1.6021766 \times 10^{-19} \text{ C}$ | $9.1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$ |
| Proton (p) | $+1.6021766 \times 10^{-19} \text{ C}$ | $1.67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Neutron (n) | 0 | $1.67493 \times 10^{-27} \text{ kg}$ |

23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Cisimler birbirlerine yaklaştırılarak da, induksiyon ile yüklenebilirler.
- Nötr bir küre, iki tür yükten de eşit miktarda içerir.

The neutral sphere has equal numbers of positive and negative charges



23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Negatif yüklü bir plastik cisim, küreye yaklaşırsa, negatif yüklerin birbiriyle itmelerinden dolayı, küre üzerinde ki yüklerin dağılımı değişir.

Electrons redistribute when a charged rod is brought close



23.1. ELEKTRİK YÜKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

- Bu durumdaki cisimlere, elektrikleşmiş veya yüklü denir.
- Benjamin Franklin (1706-1790) artı (pozitif) ve eksi (negatif) adlarını verdiği 2 çeşit yük keşfetmiştir.
İpeğe sürtülen bir cam ve bir lastik çubuk birbirlerini çekerler.
İpeğe sürtülen iki cam çubuk birbirlerini iterler.
İpeğe sürtülen iki lastik çubuk da birbirlerini iterler.
Bu gözlemler sonucu aynı tür yüklerin birbirlerini ittikleri, farklı tür yüklerin birbirlerini çektiği sonuçlarına varılır.

23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Elektriksel iletkenler, yüklerin üzerlerinde özgürce hareket ettikleri maddeler olarak tanımlanır.
(Bakır, Gümüş, Alüminyum vs.)
- Serbest elektronlar atomlara bağlı değildir.
- Bir iletkenin küçük bir bölgesi yük ile yüklendiğinde, yük tüm iletken yüzeyine dağılır.
- Elektriksel yalıtkanlar ise, yüklerin üzerlerinde özgürce hareket edemedikleri maddeler olarak tanımlanır.
(Cam, Plastik, Odun vs.)
- Bir yalıtkanın küçük bir bölgesi yük ile yüklendiğinde, yük yalıtkan üzerine dağılmaz.
- Yarıiletkenler ise bu iki madde grubu arasında kalır.
(Silikon, Germanyum vs.)
- Genelde elektronik elemanların yapımında kullanılırlar.
(Transistörler, Diyotlar, Güneş Gözlemleri vs.)

23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Bir cismin iletken bir tele toprağa bağlanmasına TOPRAKLAMA denir.
- Bu durumda, iletken küre topraklanırsa, pozitif yüklerle göre fazla olan negatif yükler toprağa geçerler.

Some electrons leave the grounded sphere through the ground wire



23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Cismi toprağa bağlayan tel kalınlığında, yüklü plastiğin etkisiyle küre üzerinde kalan yükler hala homojen olarak dağılımaz.

The excess positive charge is nonuniformly distributed.




10

23.3. COULOMB YASASI

- Charles Coulomb (1736-1806), kendi buluşu olan burulma terazisi aracılığıyla, yüklü cisimler arasındaki elektrik kuvvetini ölçmeyi başardı.
- Gözlemlerin sonucunda, iki elektrik yükünü birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin şiddeti

$$F_e = k_e \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (\text{Birimi N})$$

q : Yüklü cisimlerin yükü (Coulomb(C))
r : Cisimler arası uzaklık (metre(m))
 k_e : Coulomb sabiti $8,9875 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$
 $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
 ϵ_0 : Boş uzayın elektriksel geçirgenliği $8,8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$



13

23.4. ELEKTRİK ALANI

- Bir coğrafi bölgenin anlık sıcaklık değerleri verilmiştir.




- Böyle değerlerden oluşan veri yığınına ALAN adı verilir.
- Alanlar skaler veya vektörel olabilir.

12

23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Plastik çubuk küreden uzaklaştırıldığında, küre pozitif yüklenmiş olur.
- Burada plastiğin hiç yük kaybetmediğine dikkat ediniz.

The remaining electrons redistribute uniformly, and there is a net uniform distribution of positive charge on the sphere.



11

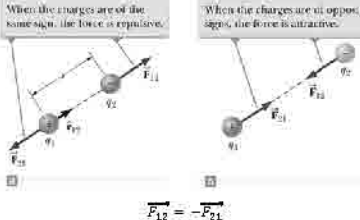
23.3. COULOMB YASASI

- Coulomb Yasası vektörel olarak

$$\vec{F}_e = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

When the charges are of the same sign, the force is repulsive.

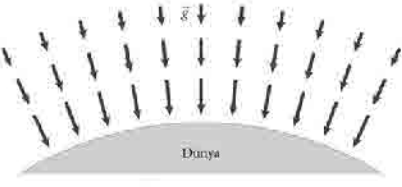
When the charges are of opposite signs, the force is attractive.



14

23.4. ELEKTRİK ALANI

- Yerküre için kütle çekim vektörel alan



12

23.2. YALITKANLAR VE İLETKENLER

- Benzer bir durum yalıtkanlarda da gözlemlenir.
- Yalıtkan bir cisim yüklü bir cisim yaklaştığında, yük merkezleri kayarak kutuplanma gerçekleşir.
- Bu nedenle yüklü bir cisim (tarak) nötr olan kağıtları çekebilir.

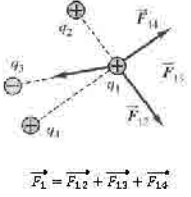
The charged balloon induces a charge separation on the surface of the wall due to realignment of charges in the molecules of the wall.



12

23.3. COULOMB YASASI

- Birden fazla yükün etkileştiği durumlarda, yüklerin üzerindeki kuvvetler vektörel olarak toplanarak, net kuvvet bulunur.



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$

15

23.4. ELEKTRİK ALANI

- Uzayda cisimler birbirleri ile temas etmeden etkileşebilirler.
- Bu türden etkileşimleri sağlayan kuvvetlere ALAN KUVVETLERİ denir.
- Bu yaklaşıma göre Elektriksel Kuvvet (F_e) bir alan kuvvetidir.
- Bu durumda elektrik yüklü bir cisim saran uzay bölgesinde ELEKTRİK ALANI'nın (E) bulunduğu söylenir. Bu yüklü cisme KAYNAK YÜK denir.
- Kaynak yük tarafından oluşturulan Elektrik Alanına göre yüklerin üzerine, bu alanın etkisinde doğan bir Elektriksel Kuvvet etki eder.
- Elektrik Alanın büyüklüğü ise, birim yük (1C) başına düşen elektrik kuvvetinin şiddeti olarak tanımlanır.

14

23.4. ELEKTRİK ALANI

- Bir noktadaki elektrik alan şiddeti, o noktaya koyulan pozitif bir deneme yüküne etkileyen elektrik kuvvetinin şiddetine bölünmüştür.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0} \text{ (Birimi N/C)}$$

- Elektrik alanın yönü, pozitif yükü etkileyen kuvvetin yönü ile aynıdır.
- Yani bir yük üzerine etkileyen elektriksel kuvvet varsa, yükün bulunduğu noktada elektrik alan vardır.
- Bir noktada elektrik alan bulunması için, o noktada bir yük bulunmasına gerek yoktur.

24

23.6. ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

- Uzayda, her yerde yönü E ile aynı olan çizgilere Elektrik Alan çizgileri denir.
- \vec{E} vektörü, \vec{E} çizgilerine daima teğettir.
- \vec{E} çizgilerine dik olan birim yüzeyden geçen \vec{E} çizgilerin sayısı, o bölgedeki \vec{E} büyüklüğü ile doğru orantılıdır.
- Buna göre, \vec{E} çizgilerinin birbirine yakın olduğu yerlerde \vec{E} şiddeti büyük, uzak olduğu yerlerde ise küçüktür.
- Şekilde A'daki \vec{E} çizgisi yoğunluğu B'denkinden büyüktür.
- \vec{E} çizgilerinin yönü ve yoğunluğu farklı noktalarda değişken olduğundan \vec{E} düzgün değildir.

25

23.6. ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

The number of field lines leaving the positive charge equals the number terminating at the negative charge.

The field lines leave +2q for every one that terminates on -q.

26

23.4. ELEKTRİK ALANI

- Pozitif ve negatif yükler için elektrik alanın yönü,

27

23.6. ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

- \vec{E} çizgileri ile ilgili kurallar:

- Alan çizgileri bir (+) yükten başlayıp bir (-) yükte son bulmalıdır.
- Çizgilerin sayısı, yük noktaları ile doğru orantılıdır.
- İki alan çizgisi birbirini kesemez.

- \vec{E} çizgileri alanın nitel anlatımında kullanılır.
- \vec{E} çizgilerinin uzayda belirli noktalarda çizilmemesi, o noktalarda alan olmadığı anlamına gelir.

28

23.6. ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

29

23.4. ELEKTRİK ALANI

- Bir q yükünün q_0 yüküne uyguladığı elektriksel kuvvet

$$\vec{F}_e = k_e \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot \hat{r}$$

olduğundan,

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0}$$

$$\vec{E} = k_e \frac{q}{r^2} \cdot \hat{r}$$

olar.

- Birden fazla kaynak yükün var olduğu durumda, bir noktada oluşan elektrik alan,

$$\vec{E} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \hat{r}_i$$

VIDEO 23-03/23-04

30

23.6. ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

The number of field lines leaving the positive charge equals the number terminating at the negative charge.

31

23.7. DÜZGÜN BİR ELEKTRİK ALANINDA YÜKLÜ PARÇACIKLARIN HAREKETİ

- \vec{E} içindeki q yüklü bir parçacığa $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$ kuvveti etki eder.
- Bu durumda $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a}$
- olur.

- \vec{E} düzgünse \vec{a} sabit olur.
- Parçacık (+) yüklüyse, \vec{a} ve \vec{E} aynı yöndü, parçacık (-) yüklüyse, \vec{a} ve \vec{E} zıt yönlü olur.

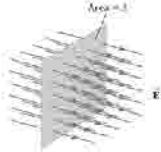
32

Bölüm 24: Gauss Yasası

24.1. ELEKTRİK AKISI

- Elektrik alan büyüklüğü ile, alan dik olan yüzölçümünün çarpımına Elektrik Akısı (Φ_E) denir.

$$\Phi_E = E \cdot A \left(\frac{N \cdot m^2}{C} \right)$$

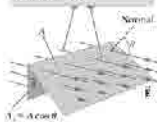


- Φ_E , bir yüzeyden geçen elektrik alan çizgileri sayısı ile orantılıdır.

24.1. ELEKTRİK AKISI

- Eğer E ile A birbirine dik değilse, akının değeri azalmaktadır.

The number of field lines that go through the area A, is less since we're considering that go through now.



- Burada A'nın E'ye dik kesiti almırsa, $\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos\theta$ olur.

- Dikkat edilirse $\theta=90^\circ$ olduğunda, $\Phi=0$ olur.

24.1. ELEKTRİK AKISI

- Eğer E düzgün değilse, E'nin üzerinde düzgün olarak kabul edilebileceği kadar küçük bir ΔA alanı kullanılabilir.

- Bu durumda,

$$\Delta\Phi_E = E_i \cdot \Delta A_i \cdot \cos\theta_i$$

$$\Delta\Phi_E = \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{A}_i$$

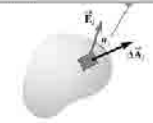
$$\Phi_E = \sum \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{A}_i$$

Burada $\Delta\vec{A}_i$ vektörünün yönü yüzeye dik ve dışarı doğrudur.

- Tam sonuca ulaşmak için yüzey alanının büyüklüğü sıfıra yaklaşıncaya kadar.

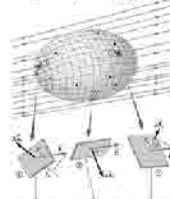
$$\Phi_E = \lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \sum \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{A}_i = \int_{\text{yüzey}} \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

The electric field makes an angle θ_i with the vector $\Delta\vec{A}_i$, defined as being normal to the surface element.



24.1. ELEKTRİK AKISI

- Kapalı bir yüzeye giren bir E için Φ negatif (-) olurken, alandan çıkan bir E için Φ pozitif (+) olur.



24.2. GAUSS YASASI

- Gauss Yasası, kapalı bir yüzeyden geçen net Φ_E ile, o yüzey tarafından sarılı toplam yük arasındaki ilişkiyi ortaya koyar.
- Bu ilişki, noktasal olmayan ve simetriye sahip olan yüklü cisimlerin oluşturduğu E'nin incelenmesinde çok önemli yer tutar.

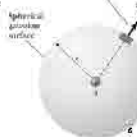
- Küre üzerinde her noktada E,

$$E = k_e \frac{q}{r^2}$$

- q ve r sabit olduğundan, küre üzerinde E'nin büyüklüğü sabittir.

- Ayrıca küre üzerinde, \vec{E} vektörü $d\vec{A}$ vektörüne daima paraleldir.

When the charge is at the center of the sphere, the electric field is everywhere normal to the surface and constant in magnitude.



24.2. GAUSS YASASI

- Bu durumda,

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

$$\Phi_E = \oint E \cdot dA$$

$$\Phi_E = E \cdot \oint dA$$

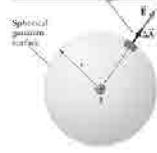
$$\Phi_E = \left(k_e \frac{q}{r^2} \right) \cdot 4\pi r^2$$

$$\Phi_E = \left(k_e \frac{q}{r^2} \right) (4\pi r^2)$$

$$\Phi_E = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \right) (4\pi r^2)$$

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$$

When the charge is at the center of the sphere, the electric field is everywhere normal to the surface and constant in magnitude.



24.2. GAUSS YASASI

- Kapalı bir yüzeyden geçen toplam akı

$$\Phi_E = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} \text{ (Gauss Yasası)}$$

- Kapalı yüzey yük barındırmazsa, $\Phi_E=0$ olur.

- İçindeki küreden geçen toplam akı, dış şekillerden geçen ile aynıdır.

The net electric flux in the face through all surfaces.



Gauss yüzeyi, küresel, silindirik ya da düzlem simetrisi seçilerek, yük dağılımlarını oluşturacağı E'yi hesaplamada kullanılabilir.

24.3. GAUSS YASASI'NİN YÜKLÜ YALITKANLARA UYGULANMASI

- Gauss Yasası, yüke simetrisi yük dağılımlarının bulunduğu durumlarda kullanışlıdır.

- Problemlerin çözümünde Gauss yüzeyi seçerken,

1) E, simetri uyarınca yüzey üzerinde sabit olabilir.

2) $\vec{E} \cdot d\vec{A}$, iki vektör birbirine paralel olduğunda $E \cdot dA$ 'ya dönüşebilir.

3) $\vec{E} \cdot d\vec{A}$, iki vektör birbirine dikse, sıfırdır.

4) Yüzey üzerine $\vec{E} = 0$ olabilir.

- Eğer yük dağılımı yeterli simetriye sahip değilse, Gauss Yasası böyle bir yük dağılımı için E'yi hesaplamada kullanışlı değildir.

243. ELEKTROSTATİK DENGEDKİ İLETKENLER

- İletken iensinde net bir yük hareketi olmadığında, iletken Elektrostatik Denge de olur.
- Bu durumda,
 - 1) İletken içinde her yerde $\vec{E} = 0$ olur.
($\vec{E} = 0$ olmadığı durumda, elektrostatik denge sağlanmamış olur ve \vec{E} etkisindeki tüm yükler hareketlerine $\vec{E} = 0$ olana kadar devam ederler.)
 - 2) Yalıtılmış bir iletken deki tüm yük, iletkenin yüze yinde bulunur.
 - 3) Düzgün biçimli olmayan bir iletken de, yüze yin eğrilik yaıapının en küçük olduğu yerde, yüzeysel yük yoğunluğu (yk/yüzey alanı) en fazladır.

Bölüm 25: Elektriksel Potansiyel

25.1. POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

- \vec{E} içeriindeki yükü $q_0 \vec{E}$ kadar bir kuvvet etki eder.
- Yük, alan içerisinde $d\vec{s}$ kadar hareket ettirilirse, yük üzerine alan tarafından yapılan iş

$$\vec{F} \cdot d\vec{s} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

olarak verilir.

- Bu durumda, yük-alan sisteminin potansiyel enerjisi

$$dU = -q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

kadar değişir.

- Eğer Potansiyel Fark,

$$\Delta U = U_B - U_A$$

olarak tanımlanırsa,

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

25.1. POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

- $q_0 \vec{E}$ kuvveti korunumlu olduğundan, bu integral A ve B noktaları arasında alınan yolun şekline bağlı değildir.
- Birim yük başına düşen potansiyel enerji,

$$V = \frac{U}{q_0}$$

olarak tanımlanır.

- Bu niceliğin değeri q_0 'dan bağımsızdır.
- Bu niceliğe Elektriksel Potansiyel (veya kısaca Potansiyel) denir.
- Birimi

$$\frac{\text{joule}}{\text{Coulomb}} = \text{Volt (V)}$$

- V, skaler bir nicelikdir.

25.1. POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

- Bir \vec{E} içerisindeki A ve B noktaları arasındaki potansiyel fark

$$\Delta V = V_B - V_A$$

olarak tanımlanır.

- Potansiyel fark, sistemin potansiyel enerjisi içindeki değişimin, q_0 deneme yüküne oranıdır.
- Potansiyel fark ve potansiyel enerji, birbirinden farklı niceliklerdir.

$$\Delta U = q_0 \Delta V$$

- Potansiyel, \vec{E} 'nin skaler bir karakteristiğidir ve yükten bağımsızdır.
- Ancak, potansiyel enerji, alan-yük sistemi ile ilgilidir.

25.1. POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

- Potansiyel enerjide olduğu gibi, elektriksel potansiyelde de farklar anlamlıdır.
- Bu nedenle, bir \vec{E} içinde keyfi bir noktadaki elektriksel potansiyel, pozitif bir deneme yükünü sonsuzdan bu noktaya getirmek için birim yük başına yapılan işe denir.
- Yani,

$$V_P = - \int_{\infty}^P \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

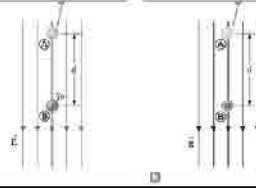
- Atom ve nükleer fizikte, enerji birimi olarak elektronvolt (eV) kullanılır.
- 1V büyüklüğünde bir V boyunca hareket eden bir elektronun kazandığı veya kaybettiği enerjidir.
 $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- Düzgün bir \vec{E} altında, bir pozitif yük \vec{E} doğrultusunda hareket ettiğinde enerji kaybeder.

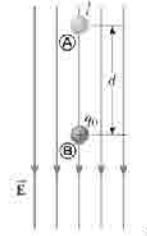
When a positive test charge moves from point A to point B, the electric potential energy of the charge-test system decreases.

When an object with mass moves from point A to point B, the gravitational potential energy of the object-Earth system decreases.



25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- \vec{E} çizgileri pozitif yük için daima elektriksel potansiyelin azaldığı doğrultuyu gösterir.
- Yani, pozitif (+) yükler \vec{E} doğrultusunda hareket ettiklerinde, potansiyel enerji kaybederler.
- Bu enerji değişimi, yükü parçacığın Kinetik Enerjisine yansıtır.
- Negatif (-) yükler ise, \vec{E} doğrultusunda hareket ettiklerinde potansiyel enerji kazanırlar.



25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- Şekle göre, \vec{E} sabitse

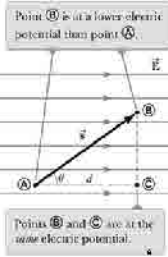
$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= - \vec{E} \cdot \int_A^B d\vec{s}$$

$$\Delta V = - \vec{E} \cdot \vec{s}$$

- Skaler çarpım nedeniyle \vec{s} yolunun sadece \vec{E} 'ye paralel bileşeni çarpıma dahil edilir.
- Bu durumda, \vec{E} 'ye paralel uzadıkları eşit olan noktaların (B,C), A noktası ile potansiyel farkları birbirine eşit olur.

$$\Delta V_{AB} = \Delta V_{AC}$$

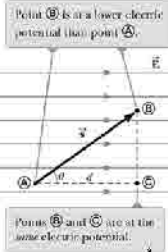


25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- Bu aynı zamanda B ve C noktalarının aynı potansiyel sahip olduğu anlamına gelir.

$$V_B = V_C$$

- Buradan, düzgün bir \vec{E} 'ye dik olan düzlem üzerinde bulunan tüm noktaların aynı potansiyel sahip olduğu görülür.
- Bu noktalardan oluşan yüzeye, Espotansiyel Yüzey adı verilir.
- $\Delta U = q \Delta V$ olduğundan, eşpotansiyel yüzey üzerindeki yük hareketlerinde yapılan iş "0" olur.



25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- Kesikli çizgiler, eşpotansiyel yüzeyleri göstermektedir.
- Eşpotansiyel yüzeyler \vec{E} çizgilerine daima diktir.

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

10

25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- 2 boyutta eşpotansiyel çizgiler ve 3 boyutta eşpotansiyel yüzeyler.

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

11

25.3. NOKTASAL YÜKLERİN OLUŞTURDUĞU V

- Elde edilen potansiyel fark kullanarak B noktasında oluşacak potansiyeli bulmak için, V_A 'nın sıfır olacağı durumu göz önüne alınarak, herhangi bir B noktasında oluşacak potansiyel olarak bulunur.
- Genel olarak yükünden r uzaklıktaki herhangi bir P noktasının potansiyeli kullanılarak hesaplanır.

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

12

25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- Bir haritadaki kontur çizgileri, eşpotansiyel çizgilere benzer.

13

25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- 3 yükü parçacık için eşpotansiyel çizgiler.

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

14

25.3. NOKTASAL YÜKLERİN OLUŞTURDUĞU V

- İki veya daha fazla yükten dolayı oluşacak potansiyel, her bir yükün oluşturacağı potansiyellerin toplamı yapılarak, $V = k_e \left(\sum \frac{q_i}{r_i} \right)$
- İki yükü parçacıktan oluşan bir sistemin toplam potansiyel enerjisi, parçacıkları bir referans noktasından son konumlarına getirmek için yapılması gereken işe eşittir.

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

15

25.2. DÜZGÜN BİR E ALTINDA POTANSİYEL FARK

- Kontur çizgileri üzerinde yürüyüş yapıldığında, potansiyel enerji değişmez.

16

25.3. NOKTASAL YÜKLERİN OLUŞTURDUĞU V

- Noktasal bir yükten r kadar uzakta bir noktada oluşan potansiyeli bulmak için, A ve B noktaları arasındaki ΔV

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= - \int_A^B \left(k_e \frac{q}{r^2} \hat{r} \right) \cdot d\vec{s}$$

$$= - \int_A^B \left(k_e \frac{q}{r^2} \right) \hat{r} \cdot d\vec{s}$$

$$\hat{r} \cdot d\vec{s} = dr$$

$$V_B - V_A = - \int_A^B \left(k_e \frac{q}{r^2} \right) dr$$

$$V_B - V_A = k_e q \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

olarak hesaplanır.

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

17

25.3. NOKTASAL YÜKLERİN OLUŞTURDUĞU V

- İkiden fazla yükü parçacık varsa

Alan çizgileri
Eşpotansiyel yüzeyler

18

25.4. E DEĞERİNİN V'DEN ELDE EDİLMESİ

- Aralarında ds kadar uzaklık bulunan iki nokta arasındaki dV potansiyel farkı

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{s}$$
 olarak hesaplanabilir.
- \vec{E} sadece x -bileşenine sahipse,

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = E_x dx$$

$$dV = -E_x dx$$

$$E_x = -\frac{dV}{dx}$$
- Yani, bir ekseninde \vec{E} 'nin büyüklüğü, V 'nin o koordinata göre türevinin negatifine eşittir.
- 3 boyutta,

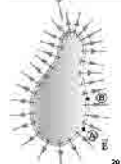
$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}, E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}, E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

25.4. YÜKLÜ BİR İLETKENİN POTANSİYELİ

- Yükü bir iletkenin yük dağılımı sadece yüzeyde olur.
- İletkenin üzerinde $\vec{E} = 0$ olur ve yönlü yüzeyin tam dışında yüzeye dik olur.
- Yüzey üzerinde iki nokta için, \vec{E} her noktada $d\vec{s}$ 'ye dik olduğundan

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$
 olur.
- Bu nedenle iletken yüzeyi üzerindeki tüm noktaların potansiyel farkları sıfırdır.
- Yani, iletken yüzeyi eşpotansiyel bir yüzeydir.

Notice from the spacing of the positive signs that the surface charge density is nonuniform.

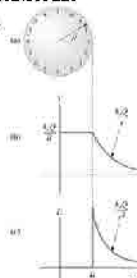


25.4. YÜKLÜ BİR İLETKENİN POTANSİYELİ

- İletkenin içinde $\vec{E} = 0$ olduğundan,

$$E_r = -\frac{dV}{dr} = 0$$

$$V = \text{sabit}$$
 olur.
- Yani iletkenin tümü aynı V potansiyeline sahiptir.
- İletken bir küre için, V - r ve E - r grafikleri şekilde gösterilmiştir.



Bölüm 26: Sığa ve Dielektrikler

26.1. SİĞANIN TANIMI

- Kondansatörler (kapasitör) genel olarak iki iletken arasında koyulan bir yalıtıcıdan ibarettir.
- İki iletken eşit büyüklükte zıt işaretli yük taşıyorsa, bu tarz birleşime Kondansatör denir.
- Her bir iletken ise plaka (levha) denir.
- Plakalar yük taşısa, bu yüklerden dolayı plakalar arasında potansiyel fark oluşur.
- İki iletken arasında meydana gelen potansiyel farka (ΔV) Voltaj denir.

When the capacitor is charged, the conductors have charges of equal magnitude and opposite sign.

26.1. SİĞANIN TANIMI

- Bir kondansatörün Sığası (C) iletkenlerden biri üzerindeki yükün bu yükünün, bunlar arasındaki potansiyel farkın büyüklüğüne oranı olarak tanımlanır.

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

- Sığanın birimi $\frac{\text{Coulomb (C)}}{\text{Volt (V)}} = \text{Farad (F)}$
- Bu nedenle sığa daima pozitifdir.
- Verilen bir kondansatörün sığası, daima sabittir.
- Sığa, bir kondansatörün yük depolayabilme kapasitesini gösterir.

When the capacitor is charged, the conductors have charges of equal magnitude and opposite sign.

26.2. SİĞANIN HESAPLANMASI

Paralel plakalı kondansatörler:

- Her bir plaka bataryanın bir terminaline bağlanır.
- Batarya, bir potansiyel fark kaynağıdır.
- Kondansatör ilk olarak şarjsızsa, batarya bağlantı kablolarında bir elektrik alan oluşturur.
- Bu alan, tellerdeki elektronlara bir kuvvet uygular.
- Kuvvet, elektronların negatif plakaya hareket etmesine neden olur.
- Bu durum denge sağlanana kadar devam eder.
- Denge sağlandığında plaka, tel ve terminalin herpsi aynı potansiyele sahip olur.

When the capacitor is connected to the terminals of a battery, the electric field between the plates will be zero so that the plates become charged.

26.2. SİĞANIN HESAPLANMASI

Paralel plakalı kondansatörler:

- Bu noktada tek bir alan kalmaz ve elektronların hareketi durur.
- Plaka artık negatif yüklüdür.
- Benzer bir işlem diğer plakada gerçekleşir, elektronlar plakadan uzaklaşır ve pozitif yükü halde kahr.
- Son konfigürasyonunda, kondansatörün plakaları arasındaki potansiyel fark, akımın terminaleri ile aynıdır.
- Eşit A yüzey alanına sahip iki paralel plakalı bir birimden d uzaklığı ile ayrıldıklarında

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

When the capacitor is connected to the terminals of a battery, the electric field between the plates will be zero so that the plates become charged.

26.2. SİĞANIN HESAPLANMASI

Paralel plakalı kondansatörler:

1- İki paralel plakalı kondansatörün sığası

2- Plakaların sığası

3- Elektrik alan (E) potansiyel farkı (ΔV) ile ilişkilendirilmiştir.

4- Elektrik alan (E) potansiyel farkı (ΔV) ile ilişkilendirilmiştir.

5- Elektrik alan (E) potansiyel farkı (ΔV) ile ilişkilendirilmiştir.

26.2. SİĞANIN HESAPLANMASI

Silindirik kondansatörler:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{t}{2k_e t r \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

Küresel kondansatörler:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{4\pi b a}{k_e (b-a)}$$

26.3. KONDANSATÖRLERİN BAĞLANMASI

- Bir devre şeması gerçek bir devrenin basitleştirilmiş bir temsildir.
- Devre sembollerini çeşitli öğeleri temsil etmek için kullanılır.
- Düz çizgiler telleri temsil etmek için kullanılır.
- Kapasitör,

- Güç kaynağı (batarya, akü, pil),

- Anahtar,

26.3. KONDANSATÖRLERİN BAĞLANMASI

Paralel Bağlama:

- Kondansatörlerin uçları arasındaki potansiyel farkları birbirlerine eşit olur.

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

- Her iki kondansatörde de depolanan yükler Q_1 ve Q_2 olursa,

$$Q_1 = C_1 \Delta V_1 = C_1 \Delta V$$

$$Q_2 = C_2 \Delta V_2 = C_2 \Delta V$$

- Plakalarda toplanan toplam yük,

$$Q = Q_1 + Q_2$$

- İki kondansatörün yerine, devrede aynı işlevi görece tek bir kondansatör kullanılırsa, bu kondansatörün sığası C_{eq} olarak tanımlanabilir.

26.3. KONDANSATÖRLERİN BAĞLANMASI
Paralel Bağlama:

- Bu durumda

$$C_{eq} = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$C_{eq} \Delta V = C_1 \Delta V_1 + C_2 \Delta V_2$$

$$C_{eq} \Delta V = C_1 \Delta V + C_2 \Delta V$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$
- Paralel bağlı bir kondansatörde C_{eq} , her bir kondansatörün sigasından büyük olur.

26.4. YÜKLÜ KONDANSATÖRLERDE DEPOLANAN ENERJİ

- Bir kondansatör doldurulunca enerji depolar. Bu enerji, kondansatörün iki ucu birbirine bağlandığında açığa çıkar.
- Bir dq yükünü -q yüklü plakaya nakletmek için yapılması gereken iş,

$$dW = \Delta V \cdot dq$$
 Siganın tamamından,

$$\Delta V = \frac{q}{C}$$

$$dW = \frac{q}{C} \cdot dq$$
 olur.

26.5. DİELEKTRİKLİ KONDANSATÖRLER

- Dielektrik malzemeler, yalıtan malzemelerdir.
- Eğer kondansatörün ortasında ki boşluk, hava yerine dielektrik malzeme ile doldurulursa, kondansatörün sigası bu durumdaki ekleir.
- Bu durumda, sigı malzemenin dielektrik sabiti (κ) kadar artar.

$$C = \kappa \cdot C_0$$
- C_0 : Arada boşluk olduğu durumdaki sigı değeri.
- Bunu açarsak,

$$C = \kappa \cdot \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

26.3. KONDANSATÖRLERİN BAĞLANMASI
Seri Bağlama:

- Kondansatörlerde depolanan yükler birbirine eşit olur.

$$Q = Q_1 = Q_2$$
- Kondansatörlerin potansiyel farkları ise

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$
- İki kondansatörün yerine, devrede aynı işlevi görece k tek bir kondansatör kullanılırsa, bu kondansatörün sigası C_{eq} olarak tanımlanabilir. Devrede toplanan toplam yük Q olduğundan,

$$C_{eq} = \frac{Q}{\Delta V}$$

26.4. YÜKLÜ KONDANSATÖRLERDE DEPOLANAN ENERJİ

- Bir kondansatörün yükünü $q=0$ 'dan $q=Q$ 'ya kadar doldurmak için yapılması gereken iş

$$W = \int_0^Q q \, dq$$

$$W = \frac{1}{C} \int_0^Q q \, dq$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

$$W = \frac{Q^2}{2C}$$
 olur.

26.5. DİELEKTRİKLİ KONDANSATÖRLER

- Dielektrik malzemeler kondansatörün, sigasını artırır. Maksimum çalışma voltajını artırır. Plakalar arasında mekanik destek sağlar. (Bu sayede plakalar birbirine dokunmadan mümkün olduğunca yaklaştırılabilir.)
- Teoride, çok büyük bir sigı elde etme için d çok küçük yapılabilir.
- Uygulamada ise d için bir sınır vardır. d, plakaları ayıran dielektrik ortam üzerinden yük boşalması olmayacak kadar büyük olmalıdır.
- Dielektrik maddeye uygulanan alan çok büyük olduğunda, bir elektrik boşalması gözlenir. Verilen bir d için, bir kapasitöre bir boşalma olmaksızın uygulanabilecek maksimum voltaj, malzemenin dielektrik sertliğine bağlıdır.

26.3. KONDANSATÖRLERİN BAĞLANMASI
Seri Bağlama:

- Benzer şekilde her bir kondansatör için

$$C_1 = \frac{Q}{\Delta V_1}, C_2 = \frac{Q}{\Delta V_2}$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$
- Seri bağlı kondansatörlerin eşdeğer sigası, her bir kondansatörün sigasından daha küçüktür.

26.4. YÜKLÜ KONDANSATÖRLERDE DEPOLANAN ENERJİ

- Bu durumda Q yüklü bir kondansatörün enerjisi,

$$U = C \cdot \Delta V$$
 olduğundan,

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$
 olur.
- Kondansatör tarafından kaplanan alandaki enerji yoğunluğu

$$U_E = \frac{U}{A \cdot d} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \kappa E^2$$
 olarak ifade edilir.
- Kondansatörler genelde uzun bir zaman diliminde enerji ile doldurulurak, daha sonra bu enerji kısa bir zaman aralığında açığa çıkarılarak kullanılırlar.

26.5. DİELEKTRİKLİ KONDANSATÖRLER

Tablo 26.1 *Approximate Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature**

| Material | Dielectric Constant κ | Dielectric Strength (10^6 V/m) |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Alüminyum | 1.000 58 | 3 |
| Bakır | 4.9 | 29 |
| Parafin yağı | 2.25 | 20 |
| Mafit | 3.2 | 7 |
| Siyanoaseten | 4.2 | 12 |
| Nitro | 3.1 | 16 |
| Paper | 3.5 | 16 |
| Parafinli polietilen kaplı paper | 3.5 | 11 |
| Polistiren | 2.50 | 20 |
| Polistiren (dikenli) | 3.1 | 39 |
| Parafin | 2.2 | 32 |
| Drone glass | 3.5 | 13 |
| Silyon yağ | 2.5 | 15 |
| Siyanoaseten | 2.5 | 11 |
| Tellur | 2.3 | 60 |
| Vacuum | 1.000 00 | — |
| Water | 80 | — |

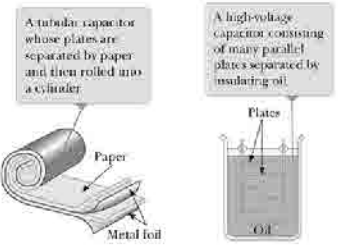
*For dielectric strength, values are approximate and are based on a dielectric constant of 1.000 00. The values are given in units of 10^6 V/m.

26.5. DIELEKTRİKLİ KONDANSATÖRLER

• Bazı Kondansatör Türleri:

A tubular capacitor whose plates are separated by paper and then rolled into a cylinder.

A high-voltage capacitor consisting of many parallel plates separated by insulating oil.



Paper

Metal foil

Plates

Oil

19

26.5. DIELEKTRİKLİ KONDANSATÖRLER

• Bazı Kondansatör Türleri:



When one set of metal plates is rotated so as to lie between a fixed set of plates, the capacitance of the device changes.

20

26.5. DIELEKTRİKLİ KONDANSATÖRLER

• Bazı Kondansatör Türleri:

(A) Büyük bir yüzey alanına sahip sargılı bir kapasitörün malzemesinin bir yığı.

(B) Elektronik devyelerde kullanılan bazı kapasitörler.



dielektrik papirdir

Elektronik devyelerde kullanılan bazı kapasitörler

21

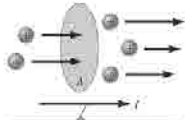
Bölüm 27: Akım ve Direnç

27.1. ELEKTRİK AKIMI

- Akım, bir yüzeyden geçen yüklerin akış hızıdır.
- Bir Δt zaman aralığında, kesit alanından geçen yük miktarı ΔQ ise, ortalama akım (I_{or})

$$I_{or} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

olur.



The direction of the current is the direction in which positive charges flow when free to do so.

27.1. ELEKTRİK AKIMI

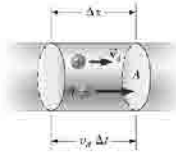
- Birimi, $\frac{\text{Coulomb (C)}}{\text{saniye (s)}} = \text{Amper (A)}$
- Ani akım ise, $I = \frac{dQ}{dt}$ olarak tanımlanır.
- Yüzeyden geçen yükler (+) veya (-) olabilir.
- Ancak, (+) yüklerin akış yönü akım yönünü temsil eder.

27.1. ELEKTRİK AKIMI

- Kesit alanı A olan bir iletken için, Δx uzunluğundaki bölgenin hacmi, $A \cdot \Delta x$

olur.
Birim hacimdeki taşıyıcı sayısı n ise, hacim elemanındaki toplam taşıyıcı sayısı $n \cdot A \cdot \Delta x$

- olur.
- Bu durumda, $\Delta Q = \text{Taşıyıcı Sayısı} \times \text{Parçacık Başına Düşen Yük}$
 $\Delta Q = n \cdot A \cdot \Delta x \cdot q$ olur.



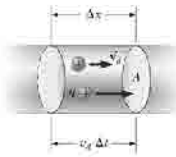
27.1. ELEKTRİK AKIMI

- Taşıyıcılar iletken üzerinde v_d hızıyla hareket ederse, $\Delta x = v_d \cdot \Delta t$

olur.
Bu durumda, $\Delta Q = n \cdot A \cdot v_d \cdot \Delta t \cdot q$

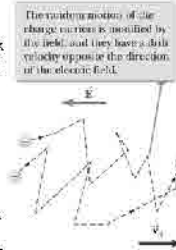
olur.
Akım ise, $I_{or} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = n \cdot q \cdot v_d \cdot A$

- olur.
- Burada v_d , taşıyıcıların ortalama hızı olan sürüklenme hızıdır.



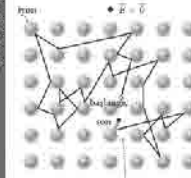
27.1. ELEKTRİK AKIMI

- Bir iletkenin üzerine potansiyel fark uygulandığında, bir elektrik alan oluşur ve bu da elektronlar üzerinde elektriksel kuvvet oluşturur.
- Kesikli çizgiler, elektronların bu elektrik alan altında hareketini göstermektedir.
- Hareketteki sert değişimler çarpışmalardan dolayıdır.
- Elektronlar net hareketi, elektrik alanına ters yönlüdür.
- Net sürüklenme hızı, elektronların hızlarından çok küçüktür.
- Elektronların bu hareketi sonucu akım oluşur.



27.1. ELEKTRİK AKIMI

(a) Elektrik alanını yönlendiren hareket



Fürsün elektrik alanı taşıyıcıları yönlendirir.

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

- Akım yoğunluğu,

$$\vec{j} = \frac{\vec{I}}{A} = n \cdot q \cdot \vec{v}_d$$

olarak tanımlanır.

- Birimi

$$\frac{\text{Amper}}{(\text{metre})^2} = \frac{A}{m^2}$$

- Bir iletkenin uçları bir V uygulanırsa, iletken üzerinde bir \vec{E} ve \vec{j} meydana gelir.
- Ohm Yasası, bir çok malzeme için \vec{j} 'nin \vec{E} 'ye oranının, \vec{E} 'nin şiddetinden bağımsız bir sabit olduğunu söyler.
 $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ (Ohm Yasası)
- Burada, σ 'ya İletkenlik adı verilir.

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

- Çoğu metal, Ohm Yasası'na uyar.
- Ohm Yasası'na uyan maddelere Ohmik madde denir.
- Ohm Yasası, bazı maddeler için geçerli olan deneysel bir yasadır. Doğanın temel yasalarından değildir.
- Ohm Yasası'nın daha kullanışlı bir ifadesi, l uzunluğunda ve A kesit alanına sahip bir iletkenin yarılanarak elde edilebilir.
Böyle bir iletken için

$$\begin{aligned} \Delta V &= E \cdot l \\ j &= \sigma \cdot E \\ I &= \sigma \cdot \frac{\Delta V}{l} \\ \frac{I}{A} &= \sigma \cdot \frac{l}{l} \\ \Delta V &= I \left(\frac{l}{A \cdot \sigma} \right) \end{aligned}$$

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

- Burada, malzemenin özelliklerine bağlı bir sabit olan Direnç,

$$R = \frac{l}{A \cdot \sigma}$$

olarak tanımlanursa,

$$\Delta V = I \cdot R \text{ (Ohm Yasası)}$$

olarak bulunur.

- Direnç birimi Ohm (Ω) olarak ifade edilir.
- Bir maddenin iletkenliğinin tersine Özdirenç denir.

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

- Birimi Ohm metre ($\Omega \cdot m$)'dir.
- İdeal bir iletken sıfır, yalıtkan ise sonsuz dirence sahip kabul edilir.
- Dirençler, akım miktarını kontrol etmekte kullanılırlar.

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

TABLETİN Color Coding for Resistors

| Color | Number | Multiplier | Tolerance |
|-----------|--------|------------|--------------|
| Black | 0 | - | - |
| Brown | 1 | 10^1 | $\pm 1\%$ |
| Red | 2 | 10^2 | $\pm 2\%$ |
| Orange | 3 | 10^3 | $\pm 3\%$ |
| Yellow | 4 | 10^4 | $\pm 4\%$ |
| Green | 5 | 10^5 | $\pm 0.5\%$ |
| Blue | 6 | 10^6 | $\pm 0.2\%$ |
| Violet | 7 | 10^7 | $\pm 0.1\%$ |
| Grey | 8 | 10^8 | $\pm 0.05\%$ |
| White | 9 | 10^9 | $\pm 0.01\%$ |
| Gold | - | 10^{-1} | $\pm 5\%$ |
| Silver | - | 10^{-2} | $\pm 10\%$ |
| Colorless | - | - | $\pm 20\%$ |

Kırmızı (=2)
Mavi (=0)
Onlar ve Birler Bas.: 26
Yeşil (=5)
On Üssü: 10^3
Direnç: $26 \times 10^3 \Omega$ (or 2.6 M Ω)
Hata Payı % 10 (Günlük = 10%) veya $2.6 \times 10^3 \Omega$

27.4. DİRENÇ VE SICAKLIK

- Bazı maddelerin sıcaklık katsayıları:

| Madde | α ($1/^\circ C$) |
|-----------|---------------------------|
| Gümüş | 0.004 |
| Bakır | 0.004 |
| Alümin | 0.003 |
| Alüminyum | 0.001 |
| Tungsten | 0.005 |
| Karbon | -0.001 |

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

- Bazı maddelerin öz direnç değerleri:

| Madde | Özdirenç ρ ($\Omega \cdot m$) |
|-----------|--------------------------------------|
| Gümüş | 1.5×10^{-8} |
| Bakır | 1.7×10^{-8} |
| Alümin | 2.4×10^{-8} |
| Alüminyum | 2.8×10^{-8} |
| Tungsten | 5.5×10^{-8} |
| Karbon | 3.5×10^{-7} |

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

Slope = $\frac{1}{R}$

a) Ohmik malzeme
b) Ohmik olmayan malzeme (Diyot)

27.4. DİRENÇ VE SICAKLIK

- Özdirenç için farklı malzemeler için sıcaklıkla değişim grafikleri:

Metal, Yarıiletken, Süperiletken

27.2. DİRENÇ VE OHM YASASI

- Elektrik devrelerde akım miktarını kontrol eden Direnç olarak adlandırılan devre elemanları aracılığıyla yapılır.
- Dirençlerin değerleri üzerindeki renk kodlarından okunur.
- Renk kodları okunurken: İlk iki renk direncin birler ve onlar basamağını, Üçüncü renk 10 üssü çarpanını, Dördüncü renk ise hata oranını verir.

The colored bands on these resistors are orange, white, brown, and gold.

27.4. DİRENÇ VE SICAKLIK

- Bir iletkenin öz direnci sıcaklığa bağlı olarak,

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha(T - T_0))$$

şeklinde değişir.

ρ : T sıcaklığındaki öz direnç
 ρ_0 : T_0 sıcaklığındaki öz direnç (Genelde $20^\circ C$ alınır.)
 α : Öz direncin sıcaklık katsayısı
- Benzer şekilde
$$R = R_0 (1 + \alpha(T - T_0))$$

olarak da ifade edilebilir.

27.6. ELEKTRİK ENERJİSİ VE GÜÇ

- Direnç üzerinden geçen ΔQ yükün enerji kaybetme hızı, yani Güç,

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot \Delta V}{\Delta t} = I \cdot \Delta V$$

olur.

- Birimi Watt (W)'tır.
- Aynı zamanda,

$$\Delta V = I \cdot R$$

olduğundan,

$$P = I^2 \cdot R = \frac{Q \cdot V^2}{R}$$

olur.

- Gerçek iletim hatları dirence sahip olduğundan, elektrik iletimi yüksek voltaj ve düşük akım kullanılarak yapılarak güç kaybı önlenir.

Bölüm 28: Doğru Akım Devreleri

28.1. DOĞRU AKIM DEVRELERİ

- Elektriksel enerji kaynağı olan aledlere elektromotor kuvvet (EMK) kaynağı denir. (ϵ ile gösterilir)
- Eğer iç dirençler ihmal edilirse, bir bataryanın potansiyel farkı, ϵ emk'suna eşit olur, yani

$$\Delta V = V_b - V_e = \epsilon$$

Devredeki akım

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{\epsilon}{R}$$

Devreye batarya tarafından aktarılan güç ise

$$P = I \cdot \epsilon$$

olur.

- Bu güç aynı zamanda, devrede direnç tarafından harcanan güce eşittir.
- Devrede iletken tellerin direnci sıfır kabul edilir.

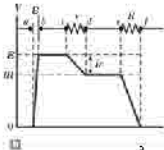
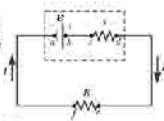
28.1. DOĞRU AKIM DEVRELERİ

- Eğer emk bir 'r' iç direncine sahipse devreye uyguladığı potansiyel fark $\Delta V = \epsilon - I \cdot r$ olur.

- Burada R'ye yük direnci denir. R için,

$$\begin{aligned} \Delta V &= I \cdot R \\ \epsilon - I \cdot r &= I \cdot R \\ \epsilon &= I \cdot r + I \cdot R \\ I &= \frac{\epsilon}{R+r} \end{aligned}$$

$I \cdot \epsilon = I^2 \cdot r + I^2 \cdot R$ olduğu görülür.

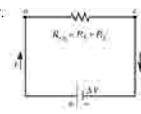
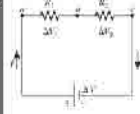


28.2. SERİ VE PARALEL BAĞLI DİRENÇLER

- Dirençler Seri bağlandığında, birinden geçen akım diğerinden de geçmek zorundadır.
- Eşleşer direnç,

$$\begin{aligned} \Delta V &= I \cdot R_1 + I \cdot R_2 \\ \Delta V &= I(R_1 + R_2) \\ I \cdot R_{eş} &= I(R_1 + R_2) \\ R_{eş} &= R_1 + R_2 \end{aligned}$$

olarak hesaplanabilir.



28.2. SERİ VE PARALEL BAĞLI DİRENÇLER

- Dirençler Paralel bağlandığında, potansiyel farklar eşit olur.
- Akımlar ise

$$I = I_1 + I_2$$



olarak hesaplanabilir.



28.3. KIRCHOFF KURALLARI

- Kirchoff Kuralları**

- Herhangi bir düğüm noktasma gelen akımların toplamı, bu düğüm noktasından çıkan akımların toplamına eşit olmalıdır.

$$\sum I_{gelen} = \sum I_{çikan}$$

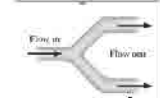
(Akım, yük geçişidir. Yük korunumu yasasına göre düğüm noktasına gelen yükler, o noktayı terk etmek zorundadır.)

- Düğüm noktasına gelen akımlar (+), çıkan akımlar (-) kabul edilir.
- Şekilde aynı durumun mekanik bir analogu gösterilmiştir.

The amount of charge flowing toward the junction by the right must equal the amount flowing away the single branch on the left.



The amount of water flowing out of the branches on the right must equal the amount flowing into the single branch on the left.



28.3. KIRCHOFF KURALLARI

- Kirchoff Kuralları**

- Herhangi bir kapalı devre boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farkların toplamı sıfırdır.

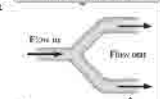
$$\sum \epsilon_{kapalı devre} + \Delta V = 0$$

(Enerji korunumuna göre, bir yük kapalı bir devre boyunca hareket edip ilk konumuna döndüğünde sahip olduğu enerji, ilk konumunda sahip olduğuna eşit olmalıdır.)

The amount of charge flowing out of the loop, that is, the right must equal the amount flowing into the single branch on the left.



The amount of water flowing out of the branches on the right must equal the amount flowing into the single branch on the left.



28.3. KIRCHOFF KURALLARI

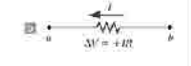
- Kirchoff Kuralları uygulanırken dikkat edilecek noktalar:**

- Yükler direncin yüksek potansiyelli ucundan, düşük potansiyelli ucuna doğru hareket ettiğinden, bir direnç akım yönünde geçiliyorsa, direncin uçları arasındaki potansiyel fark $-I \cdot R$ olur.

In each diagram, $\Delta V = V_b - V_e$ and the circuit element is traversed from a to b, left to right.



- Direnç akım ile ters yönlü geçiliyorsa, ΔV potansiyel farkı, $+I \cdot R$ olur.



28.3. KIRCHOFF KURALLARI

Kirchoff Kuralları uygulanırken dikkat edilecek noktalar:

1. Bir emk kaynağı emk yönünde (-'den +'ya doğru) geçiliyorsa, potansiyeldeki değişim $+E$ 'dir.
2. Bir emk kaynağı emk'nun tersi yönünde (+'dan +'ya doğru) geçiliyorsa, potansiyeldeki değişim $-E$ 'dir.

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Yüklmesi:

- Devrede Kirchoff Kuralları uygulanarak, kondansatörde depolanan yükün zamana bağlı ifadesi $q(t) = C \cdot E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ olur.
- Burada $C \cdot E$ ifadesi, kondansatörün maksimum depolayabileceği yükü ifade eder.
- Dikkat edilirse bu durum ancak kondansatörün dolması için yeterince beklendiğinde, yani $t \rightarrow \infty$ yaklaşımında geçerli olur.

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Boşalması:

- Devredeki anahtar, şekildeki gibi kapatılırsa, kondansatör boşalmaya başlar.
- Zamanla, kondansatörün boşalmasından dolayı oluşacak akım, kondansatördeki yük miktarı azalacağı için, şiddeti düşerek devreden geçmeye devam eder.
- Bu sebeple devreden geçen akımın şiddeti zamanda azalarak, kondansatör tamamen boşaldığında sıfıra eşit olur.

28.4. RC DEVRELERİ

- Bir kondansatör ve bir direnç seri bağlanarak oluşan devrelere RC devresi denir.
- RC devresi bir kondansatörü yüklemek veya boşaltmak için kullanılabilir.

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Yüklmesi:

- Devrede Kirchoff Kuralları uygulanarak, devreden geçen akımın zaman bağlı ifadesi $I(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$ olur.
- Burada $\frac{E}{R}$ ifadesi, devreden geçen akımın maksimum değerini ifade eder.
- Dikkat edilirse bu durum ancak devre sona, yani $t \rightarrow 0$ yaklaşımında geçerli olur.
- Burada $\tau = RC$ ifadesi, devredeki kondansatörün dolma hızını ifade eden 'zaman sabiti' olarak adlandırılır.

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Boşalması:

- Devrede Kirchoff Kuralları uygulanarak, kondansatörde depolanan yükün zamana bağlı ifadesi $q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ olur.
- Burada Q_0 ifadesi, kondansatörün devrede depoladığı yükün maksimum değerini ifade eder.
- Dikkat edilirse bu durum ancak kondansatörün en dolu olduğu zamanda, yani devre ilk bağlandığında, $t \rightarrow 0$ yaklaşımında geçerli olur.

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Yüklmesi:

- Devredeki anahtar, şekildeki gibi kapatılırsa, kondansatör yüklenmeye başlar.
- Zamanla, kondansatörün yüklenmesinden dolayı oluşacak zıt yönlü akım, güç kaynağı tarafından devrede oluşturulan akıma karşı koymaya başlar.
- Bundan dolayı devreden geçen akım zamanla azalarak, kondansatör tamamen dolduğunda sıfıra eşit olur.

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Yüklmesi:

28.4. RC DEVRELERİ

Bir Kondansatörün Boşalması:

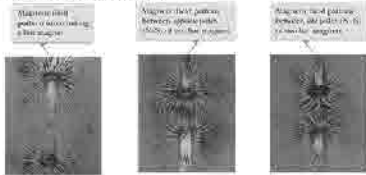
- Devrede Kirchoff Kuralları uygulanarak, devreden geçen akımın zaman bağlı ifadesi, $I(t) = -\frac{Q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$ olur.
- Burada $\frac{Q_0}{RC}$ ifadesi, devreden geçen akımın maksimum değerini, yani ilk akımı ifade eder.
- Dikkat edilirse bu durum ancak devre bağlandıktan hemen sonra, yani $t \rightarrow 0$ yaklaşımında geçerli olur.

Bölüm 29: Manyetik Alanlar

29.1. MANYETİK ALAN

- M. Ö. 800'li yıllarda, manyetit taşın demir parçalarını çektiği görüldü.
- Daha sonra doğal küresel bir mıknatısın yüzeyinde çeşitli noktalara iğneler yerleştirilerek, iğnelerin yönlendirildiği bu mıknatısın iki kutbu (Kuzey-Güney) olduğu görüldü.
- Aynı kutuplar birbirini iter, farklı kutuplar birbirini çeker.
- Elektrik yükleri birbirinden ayrılabildikleri, manyetik kutuplar daima çift halinde bulunurlar.
- Elektrik ve manyetizma arasındaki ilişki ilk defa 1819 yılında Oersted'in elektrik akımı geçiren bir telin pusula iğnesini sapırdığını gözlemlemesi ile fark edildi.
- Daha sonra, Amper akım taşıyan bir telin diğerine uyguladığı kuvveti hesapladı.
- 1820'lerde Faraday ve Henry elektrik akımı ve manyetizma arasındaki diğer ilişkileri gösterdi.

29.1. MANYETİK ALAN



Demir tozları ile gözlemlenen paternler.

Manyetik alan çizgileri, elektrik alan çizgilerine benzer davranış göstermektedir. ((a) Elektrik Dipol, (b) Zıt işaretli yükler arasında oluşan alan çizgileri, (c) Aynı işaretli yükler arasında oluşan alan çizgileri.)

29.1. MANYETİK ALAN

- Tıpkı elektrik alan (\vec{E}) gibi, hareket eden bir yükün çevresini saran bir de manyetik alan (\vec{B}) vardır.
- Yönü N→S olarak tanımlanır.
- Tıpkı elektrik alanlarında olduğu gibi uzayın herhangi bir noktasındaki manyetik alan, bu alan içerisinde hareket eden bir yüke etkiyen manyetik kuvvet cinsinden tanımlanabilir.
- Yapılan deneyler sonucu, bir q yüküne etkiyen manyetik kuvvetin,

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

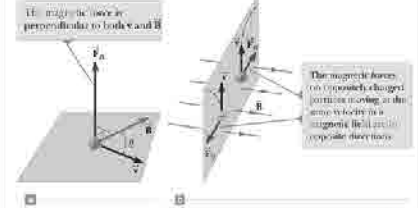
eşitliği ile tanımlanabileceği ortaya çıkarılmıştır. Burada \vec{v} , yükün alan içerisindeki hızıdır.

29.1. MANYETİK ALAN

- Manyetik kuvvetin şiddeti $|\vec{F}_B| = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$ olarak hesaplanır. Burada θ manyetik alan vektörü ile hız vektörü arasındaki açıdır.
- Yükün hızı, manyetik alanın yönüne paralel ise, yük üzerine herhangi bir manyetik kuvvet etki etmez.
- Yük hareket halinde değilse, üzerine herhangi bir manyetik kuvvet etki etmez.
- Negatif yüklere etki eden manyetik kuvvet, pozitif yüklere etki edenle aynı şiddette ancak zıt yöne sahip olur.
- Manyetik kuvvet, daima hızla dik olduğundan, hızın şiddetini değiştirmez, sadece yönünü değiştirir. Bu nedenle yükün KE'si değişmez.

29.1. MANYETİK ALAN

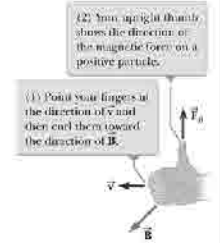
- Manyetik Kuvvetin Yönü:



29.1. MANYETİK ALAN

- Manyetik Kuvvetin Yönü:

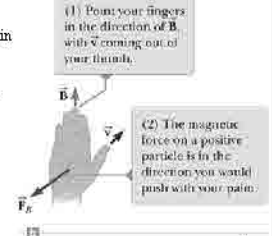
Şekildeki gibi sağ elin parmakları, \vec{v} yönünde uzatılıp, \vec{B} yönüne doğru kıvrıldığında, baş parmağın yönü pozitif bir yük için manyetik kuvvetin yönünü gösterir.



29.1. MANYETİK ALAN

- Manyetik Kuvvetin Yönü:

Alternatif olarak, şeklideki gibi sağ elin parmakları, \vec{B} yönünde uzatılıp, baş parmağın yönü \vec{v} yönüne doğrultulursa avuç içinin yönü pozitif bir yük için manyetik kuvvet yönünü gösterir.



29.1. MANYETİK ALAN

A south magnetic pole is near the Earth's north geographic pole.

A north magnetic pole is near the Earth's south geographic pole.

Dünyanın manyetik alanının, çekirdekteki konveksiyon akımları nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir.

29.2. AKIM TAŞIYAN BİR İLETKENE ETKİYEN MANYETİK KUVVET

Bir \vec{B} dış manyetik alanı içerisinde bulunan, I akımını taşıyan, kesit alanı A ve uzunluğu L olan bir tele etkiyen kuvvet, bir yük için,

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

Tüm yüklere etkiyen kuvveti bulmak için, toplam yük sayısı

$$n \cdot A \cdot L = n \cdot V$$

Toplam kuvvet,

$$\vec{F}_B = (q \vec{v}_d \times \vec{B})(n \cdot A \cdot L)$$

$$I = n \cdot q \cdot v_d \cdot A$$

$$\vec{F}_B = I \vec{L} \times \vec{B} \text{ olur.}$$

The average magnetic force exerted on a charge moving in the wire is $q\vec{v}_d \times \vec{B}$.

29.2. YÜKLÜ BİR PARÇACIĞIN DÜZGÜN BİR MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE HAREKETİ

The magnetic force exerted on the particle from either end of the bar has a component that causes the particle to spiral back toward the center.

Manyetik alan düzgün değilse, parçacığın hareketi karmaşıklaşır.

Parçacık manyetik kuvvetin etkisi ile sınırlı bölgenin her iki ucundan merkeze yönlendirilerek, hapsedilir.

29.1. MANYETİK ALAN

A south magnetic pole is near the Earth's north geographic pole.

A north magnetic pole is near the Earth's south geographic pole.

Dünyanın manyetik alanının, belirli periyotlarla tersine döndüğüne dair şiddetli kanıtlar mevcuttur.

29.2. YÜKLÜ BİR PARÇACIĞIN DÜZGÜN BİR MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE HAREKETİ

Manyetik kuvvet hızın sadece yönünü değiştirebilir. Eğer hız ve manyetik alan birbirine dikse,

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}_r$$

$$\vec{F}_B = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} = m \frac{v^2}{r}$$

olur.

The magnetic force F_B acting on the charge is always directed toward the center of the circle.

29.2. AKIM TAŞIYAN BİR İLETKENE ETKİYEN MANYETİK KUVVET

Sayfa düzlemi için Dışa ve İçe gösterim

Magnetic field lines coming out of the paper are indicated by dots, representing the tips of arrows coming out toward.

Magnetic field lines going into the paper are indicated by crosses, representing the feathers of arrows going toward.

29.2. YÜKLÜ BİR PARÇACIĞIN DÜZGÜN BİR MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE HAREKETİ

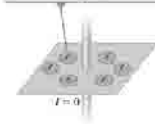
Manyetik kuvvet hızın sadece yönünü değiştirebilir. Eğer hız ve manyetik alan birbirine dik değilse, parçacık helisel bir yol çizerek hareket eder. x-yönünde düzgün doğrusal hareket yaparken, y-z düzleminde düzgün dairesel hareket yapar.

Bölüm 30: Manyetik Alan Kaynakları

30.1. BIOT-SAVART YASASI

- Manyetik alanın yönü ise,

When no current is present in the wire, all compass needles point in the same direction (toward the Earth's north pole).

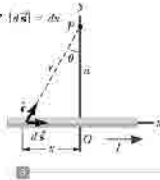


When the wire carries a strong current, the compass needles deflect in a direction tangent to the circle, which is the direction of the magnetic field created by the current.



30.1. BIOT-SAVART YASASI

- Biot ve Savart deneysel sonuçlara dayanarak uzayın bir noktasındaki manyetik alan şiddetini, bu alana oluşturan akım cinsinden tanımını verdiler.
- Buna göre diferansiyel manyetik alan, $|d\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2}$
- Bunu üzerinden akım geçen bir tele uygularsak, $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2}$
- Telin uzunluğu çok büyük olursa, $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$ olarak bulunur. Burada, 'a' manyetik alan hesaplanan noktanın telden uzaklığıdır.



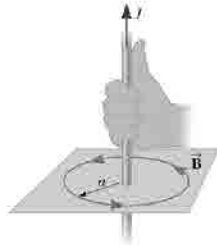
30.1. BIOT-SAVART YASASI

- Manyetik alanın yönü ise,



30.1. BIOT-SAVART YASASI

- Manyetik alanın yönü ise,



30.5. MANYETİK AKI

- Manyetik akı (Φ_B) da, elektrik akısının tanımlandığı gibi tanımlanır.

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

- Birimi,

$$T \cdot m^2 = \text{weber (Wb)}$$

- Gauss Yasası, manyetizim için

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

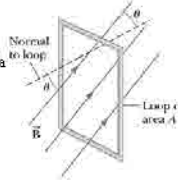
- şeklini alır.

- Manyetik tek kutup olmadığından, herhangi bir kapalı hacmin yüzeyinden geçen toplam manyetik akı daima sıfırdır.

Bölüm 31: Faraday Yasası

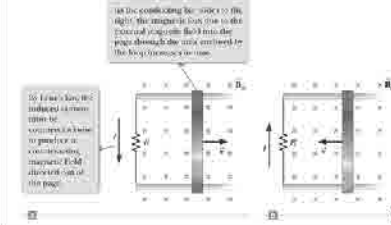
31.1. FARADAY'IN İNDÜKSİYON KANUNU

- Eğer \vec{B} ve \vec{A} arasında açı varsa,
$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt}(B \cdot A \cdot \cos\theta)$$
- Bu durumda devrede emk indükleme si,
1- B 'nin büyüklüğünün zamanla değişmesi,
2- İlmeğin çevrelediği alanın değişmesi,
3- \vec{B} ile \vec{A} arasındaki açının zamanla değişmesi,
durumlarında gerçekleşir.



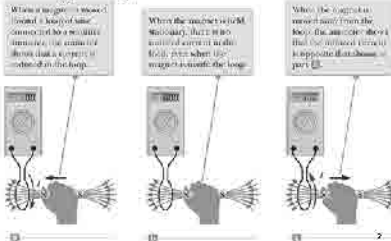
31.3. LENZ YASASI

- İndüksiyon emk'sının yönü, akım ilmeğinin çevrelediği alandan geçen manyetik akı değişimine karşı koyacak şekilde manyetik akı oluşturacak akımın yönündedir.



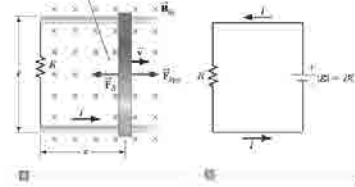
31.1. FARADAY'IN İNDÜKSİYON KANUNU

- Şekilde mıknatısın hareketleri sonucu devrede indüklenen akımlar gösterilmiştir.



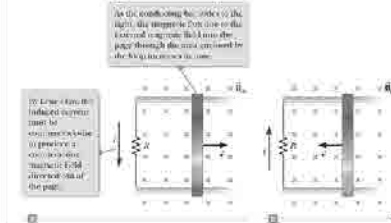
31.2. HAREKETSSEL EMK

A constant magnetic current I_0 is induced in the loop. The magnetic force \vec{F}_B on the bar carrying this current opposes its motion.



31.3. LENZ YASASI

- Çubuk sağa kaydıçça, akım ilmeğinin kapsadığı alan artar, yani akı artar. Bu durumda I şeklindeki gibi yönelirse, akım azalmasını sağlayacak bir manyetik alan oluşur.



31.1. FARADAY'IN İNDÜKSİYON KANUNU

- Deneysel sonucu devrede indüklenen emk'nın devreden geçen manyetik akımın türevi ile aşağıdaki şekilde ilişkili olduğu görülmüştür.

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

- Eğer devre aynı alana sahip N sarımdan oluşuyorsa,

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

31.2. HAREKETSSEL EMK

- Manyetik alan içerisinde tel, dış bir kuvvet (F_{sp}) etkisiyle hareket ettirildiğinde, üzerindeki yükler manyetik kuvvetten dolayı yukarı doğru hız kazanacaktır.
- Bu sayede devreden bir I akımı geçer.
- Devreden geçen I akımından dolayı tele, yönü sola doğru olan bir manyetik kuvvet (F_B) uygulanır.
- Devreye uygulanan kuvvet (F_{sp}) ve tele uygulanan manyetik kuvvet (F_B) dengelendiğinde, telin hız sabitlenir ve devreden düzenli bir akım geçer.
- Devredeki emk,

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(B \cdot l \cdot x) = -B \cdot l \cdot \frac{d}{dt}(x) = -B \cdot l \cdot v$$

- Devreden geçen akım ise,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{B \cdot l \cdot v}{R}$$

SAYILARIN TEYATRON

Bölüm 32: İndüktans

SAYILARIN TEYATRON

32.1. İNDÜKTANS

- Bu denklemden L ,

$$L = \frac{N \cdot \Phi_B}{I}$$

olarak çözülebilir.

- Buradan,

$$L = - \frac{\mathcal{E}_L}{\frac{dI}{dt}}$$

olarak yazılabilir.

- Direnç akıma karşı gelmenin bir ölçüsüdür ($R = \frac{\Delta V}{I}$)
- İndüktans ise akımdaki değişime karşı gelmenin bir ölçüsüdür.
- Birimi,

$$\text{Henry (H)} = \frac{V \cdot s}{A}$$

After the switch is closed, the current produces a magnetic flux through the area enclosed by the loop. As the current increases toward its equilibrium value, the magnetic flux changes in time and induces an emf in the loop.

SAYILARIN TEYATRON

32.1. İNDÜKTANS

- Şekildeki devrede, anahtar kapatıldığında, devredeki akım anında maksimum değere ulaşmaz. Bunun nedeni, devredeki akım geçiren tel tarafından oluşturulan manyetik alandır. Manyetik alanın zamanla değişmesi, telin kapsadığı alan üzerindeki manyetik akımın değişimine neden olur. Bu akı değişimi ise devrede indüklenen bir \mathcal{E}_L oluşturur. \mathcal{E}_L tarafından oluşturulacak akımın yönü ise, devredeki değişime karşı koyacak şekilde olur.

After the switch is closed, the current produces a magnetic flux through the area enclosed by the loop. As the current increases toward its equilibrium value, the magnetic flux changes in time and induces an emf in the loop.

SAYILARIN TEYATRON

32.2-3. RL DEVRELERİ, İNDÜKTÖRDE DEPOLANAN ENERJİ

- Bir direnç ve indüktörün seri bağlandığı devrelere RL devreleri denir.
- Devre üzerinde Kirchoff Kuralları uygulanırsa, herhangi bir anda geçen akım,

$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

olarak bulunur.

- Benzer şekilde, üzerinden akım geçen bir indüktörde depolanan enerji ise,

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \text{ olarak bulunur.}$$

When switch S_1 is thrown, check the current increases and its emf that opposes the increasing current is induced in the inductor.

When the switch S_2 is thrown to position A, the battery is no longer part of the circuit and the current decreases.

SAYILARIN TEYATRON

32.1. İNDÜKTANS

- Bu olay devrede keildiğinden gerçekleştiğinden öz indüksiyon adını alır.
- \mathcal{E}_L ise indüksiyon emk'sı olarak adlandırılır.
- \mathcal{E}_L daima akımın zamana göre değişimi ile orantılıdır. Bunun nedeni manyetik alanın akımla orantılı olmasıdır.
- N sarmalı bir bobin için,

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

olur.

- Burada L , devrenin indüktansı olarak adlandırılan bir orantı sabitidir.

After the switch is closed, the current produces a magnetic flux through the area enclosed by the loop. As the current increases toward its equilibrium value, the magnetic flux changes in time and induces an emf in the loop.

SAYILARIN TEYATRON

32.2-3. RL DEVRELERİ, İNDÜKTÖRDE DEPOLANAN ENERJİ

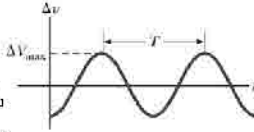
After switch S_1 is thrown closed at $t = 0$, the current increases toward its maximum value \mathcal{E}/R .

The time rate of change of current is a maximum at $t = 0$, which is the instant at which switch S_1 is thrown closed.

Bölüm 33: Alternatif Akım Devreleri

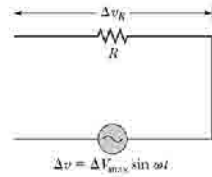
33.1. AC KAYNAKLARI VE FAZÖRLER

- İletken bir ilmek sabit bir ω açısı ile bir \vec{B} içerisinde dönerse, ilmekte sinüsel bir \mathcal{E} indüklenir.
- Devrenin uçları arasındaki anlık potansiyel fark, $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$ şeklinde ifade edilir.
- Burada, ΔV_{maks} : Maksimum çıkış voltajı, Voltaj genliği
- f : Kaynağın frekansı
- T : Kaynağın periyodu olarak tanımlanır.
- Burada, açısal frekans $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ olarak tanımlanır.



33.2. AC DEVRELERİNDE DİRENÇLER

- AC üreteçleri ne şekildeki gibi gösterilir.
- Burada, $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t) = \Delta V_R$
- ΔV_R : Dirençteki voltaj düşmesi.
- Bu durumda anlık akım, $I_R = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{\Delta V_{maks}}{R} \cdot \sin(\omega t)$
- $I_{maks} = \frac{\Delta V_{maks}}{R}$
- $I_R = I_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
- $\Delta V_R = I_{maks} \cdot R \cdot \sin(\omega t)$ olur.

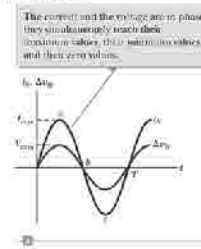


33.2. AC DEVRELERİNDE DİRENÇLER

- Sinüs fonksiyonunun bir periyot üzerinden ortalama değeri $(\sin(\omega t))_{ort} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ olduğundan, etkin akım, $I_{et} = \frac{I_{maks}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_{maks}$ olarak tanımlanır.
- Bir AC devresinde direnç tarafından harcanan ortalama güç ise, $P_{ort} = I_{et}^2 \cdot R$ olur.
- Aynı şekilde etkin potansiyel, $\Delta V_{et} = \frac{\Delta V_{maks}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \Delta V_{maks}$ olur.

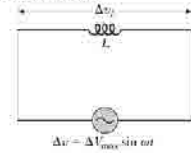
33.2. AC DEVRELERİNDE DİRENÇLER

- Bu devrede $I_R = I_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
- $\Delta V_R = I_{maks} \cdot R \cdot \sin(\omega t)$ olduğundan, I_R ve ΔV_R aynı anda maksimum ve minimum olurlar.
- Böyle nice likler aynı fazda niceliklerdir, yani aralarında faz farkı yoktur.
- Burada akımın bir tam periyotluk süre içerisindeki ortalama değeri sıfırdır.



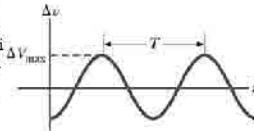
33.3. AC DEVRELERİNDE İNDÜKTÖRLER

- İndüktörlü bir AC devresinde devreye uygulanan voltaj $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$ olursa, devreye uygulanan potansiyel fark, indüktörün uçları arasındaki potansiyel farka eşit olacaktır, $\Delta V = \Delta V_L = L \left(\frac{dI}{dt} \right)$ olur.
- Bu durumda devreden geçen anlık akım $I_L = \frac{\Delta V_{maks}}{\omega \cdot L} \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$ olarak bulunur.



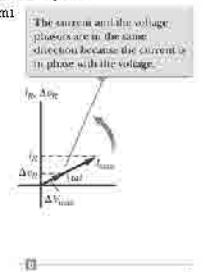
33.1. AC KAYNAKLARI VE FAZÖRLER

- AC devre analizlerinde, akım veya voltaj gibi değişken nicelikler, fazör denilen vektörler ile gösterilir.
- AC devresinde voltaj, bir dönünün yansında pozitif değere sahipken, diğer yansında negatif değere sahiptir.
- Ülkemizde güç istasyonları 50 Hz frekansa elektrik üretmektedir.
- Bir AC devresi, çeşitli devre elemanlarına ek olarak, devreye değişken voltaj veren bir güç kaynağından oluşur.



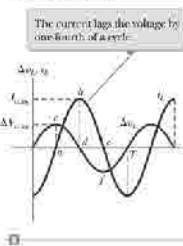
33.2. AC DEVRELERİNDE DİRENÇLER

- I_R ve ΔV_R için fazör diyagramı şekildeki gibidir.
- Burada I_R ve ΔV_R arasında faz farkının olmadığı görülmektedir.
- Bir AC devresinde akımın şiddetinin sürekli olarak değişmesinden dolayı, ortalama değerler önem kazanır.
- Bu durumda, bazı niceliklerin etkin değerlerinden bahsedilir.



33.3. AC DEVRELERİNDE İNDÜKTÖRLER

- Burada I_L 'nin, ΔV 'nin arkasından, $\frac{\pi}{2}$ periyotluk bir gecikme ile geldiği görülmektedir.
- Yani bu devrede, akım ile voltaj arasında $\frac{\pi}{2}$ 'lik bir faz farkı olduğu görülmektedir.



33.3. AC DEVRELERİNDE İNDÜKTÖRLER

$\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
 $I_L = \frac{\Delta V_{maks}}{\omega L} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$

Burada I_L 'nin, ΔV 'nin arkasından, $\frac{\pi}{2}$ periyotluk bir gecikme ile geldiği görülmektedir.
 Yani bu devrede, akım ile voltaj arasında $\frac{\pi}{2}$ 'lik bir faz farkı olduğu görülmektedir.

10

33.4. AC DEVRELERİNDE KONDANSATÖRLER

$\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
 $I_C = \omega C \cdot \Delta V_{maks} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

Burada ΔV 'nin, I_C 'nin arkasından, $\frac{\pi}{2}$ periyotluk bir gecikme ile geldiği görülmektedir.
 Yani bu devrede, voltaj ile akım arasında $\frac{\pi}{2}$ 'lik bir faz farkı olduğu görülmektedir.

12

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

Seri RLC devresinde ani voltaj ve ani akım $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t - \phi)$
 $I = I_{maks} \cdot \sin(\omega t - \phi)$ olarak ifade edilir.
 Burada ϕ aşınası Faz Açısı adı verilir.

16

33.3. AC DEVRELERİNDE İNDÜKTÖRLER

Akım ve voltaj için,
 $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
 $I_L = \frac{\Delta V_{maks}}{\omega L} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
 $I_L = I_{maks} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$
 $I_{maks} = \frac{\Delta V_{maks}}{\omega L}$

Burada ωL ifadesine İndüktif Reaktans adı verilir.
 $X_L = \omega L$
 $I_{maks} = \frac{\Delta V_{maks}}{X_L}$

Burada indüktif reaktans, dirençli AC devresindeki direnç ile benzer konumdadır.

11

33.4. AC DEVRELERİNDE KONDANSATÖRLER

$\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
 $I_C = \omega C \cdot \Delta V_{maks} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

Burada ΔV 'nin, I_C 'nin arkasından, $\frac{\pi}{2}$ periyotluk bir gecikme ile geldiği görülmektedir.
 Yani bu devrede, voltaj ile akım arasında $\frac{\pi}{2}$ 'lik bir faz farkı olduğu görülmektedir.

14

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

RLC devreleri analiz edilirken devre elemanların seri bağ olmasından dolayı üzerlerinde geçen akımın, devrenin her yerinde aynı anda, aynı faz ve genliğe sahip olması kullanılabilir.
 Bu durumda, devrenin her elemanının uçları arasındaki potansiyel fark, farklı faza sahip olacaktır.
 Direncin uçları arasındaki voltaj, akımla aynı faza sahiptir.
 İndüktörün uçları arasındaki voltaj, akımın $\frac{\pi}{2}$ öndedir.
 Kondansatörün uçları arasındaki voltaj, akımın $\frac{\pi}{2}$ gerisindedir.

17

33.4. AC DEVRELERİNDE KONDANSATÖRLER

İndüktörlü bir AC devresinde devreye uygulanan voltaj $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$ olursa, devreye uygulanan potansiyel fark, kondansatörün uçları arasındaki potansiyele eşit olacaktır.
 $\Delta V = \Delta V_C = \frac{q}{C}$ ve
 $I_C = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(C \cdot \Delta V_C)$ olur.
 Bu durumda devreden geçen anlık akım $I_C = \omega C \cdot \Delta V_{maks} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ olarak bulunur.

13

33.4. AC DEVRELERİNDE KONDANSATÖRLER

Akım ve voltaj için,
 $\Delta V = \Delta V_{maks} \cdot \sin(\omega t)$
 $I_C = \omega C \cdot \Delta V_{maks} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
 $I_C = I_{maks} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
 $I_{maks} = \omega C \cdot \Delta V_{maks}$

Burada $\frac{1}{\omega C}$ ifadesine Kapasitif Reaktans adı verilir.
 $X_C = \frac{1}{\omega C}$
 $I_{maks} = \frac{\Delta V_{maks}}{X_C}$

Burada kapasitif reaktans, dirençli AC devresindeki direnç ile benzer konumdadır.

15

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

Devredeki her elemanın uçları arasındaki voltaj düşmesi,
 $\Delta V_R = I_{maks} \cdot R \cdot \sin(\omega t) = \Delta V_{R,maks} \cdot \sin(\omega t)$
 $\Delta V_L = I_{maks} \cdot X_L \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \Delta V_{L,maks} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
 $\Delta V_C = I_{maks} \cdot X_C \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \Delta V_{C,maks} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ ve her bir devre elemanı için maksimum voltaj değerleri,
 $\Delta V_{R,maks} = I_{maks} \cdot R$
 $\Delta V_{L,maks} = I_{maks} \cdot X_L$
 $\Delta V_{C,maks} = I_{maks} \cdot X_C$ olur.
 Devre için toplam potansiyel fark ise,
 $\Delta V = \Delta V_R + \Delta V_L + \Delta V_C$ olur.

18

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

- Akım ve devre elemanlarının potansiyel farkları,

19

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

- Devrenin maksimum potansiyeli,

$$\Delta V_{maks} = \sqrt{\Delta V_R^2 + (\Delta V_L - \Delta V_C)^2}$$

$$\Delta V_{maks} = \sqrt{(I_{maks} \cdot R)^2 + (I_{maks} \cdot X_L - I_{maks} \cdot X_C)^2}$$

$$\Delta V_{maks} = I_{maks} \cdot \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I_{maks} = \frac{\Delta V_{maks}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

olur.

- Dikkat edilirse bu, dirençli bir devredeki $i = \frac{\Delta V}{R}$ 'ye benzer.
- Burada, devrenin empedansı,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

olarak tanımlanır.

- Bu durumda,

$$I_{maks} = \frac{\Delta V_{maks}}{Z} \text{ olur.}$$

20

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

- Fazları aynı akım değerleri aynı yöne bakacak şekilde çizilirse,

- Devre seri olduğundan, devredeki elemanlardan daima aynı akım geçeceğinden, aynı akım yönleri daima aynı olacaktır.

20

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

- Faz açısı ise,

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

- ϕ pozitif ise,
 - $X_L > X_C$ olur (yüksek frekans),
 - Akım voltajı takip eder,
 - Devre ağırlıklı olarak indüktiftir.
- ϕ negatif ise,
 - $X_L < X_C$ olur (alçak frekans),
 - Voltaj akımı takip eder,
 - Devre ağırlıklı olarak kapasitiftir.
- ϕ sıfır ise,
 - $X_L = X_C$ olur,
 - Devre ağırlıklı olarak rezistiftir,
 - Bu duruma Resonans denir.

21

33.5. SERİ RLC DEVRESİ

- Üç farklı devre elemanına ait fazör birleştirilirse,

The phasors of Figure 33.14 are combined on a single set of axes.

The total voltage ΔV_{maks} makes an angle ϕ with I_{maks} .

- Burada ΔV_{maks} devrenin tümünün maksimum potansiyelidir.

21