

FİZİK
11

2. ÜNİTE ELEKTRİK VE MANYETİZMA

2.1. ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİK ALAN

2.2. ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

2.3. DÜZGÜN ELEKTRİK ALAN VE SİĞA

2.4. MANYETİZMA VE ELEKTROMANYETİK İNDÜKLENME

2.5. ALTERNATİF AKIM

2.6. TRANSFORMATÖRLER



ANAHTAR
KAVRAMLAR

Elektriksel Kuvvet | Elektrik Alan | Elektriksel Potansiyel Enerji | Elektriksel Potansiyel
Elektriksel Potansiyel Farkı | Sığa (Kapasite) | Sığaç (Kondansatör) | Manyetik Alan
Manyetik Kuvvet | Manyetik Akı | Elektromotor Kuvveti | Alternatif Akım
İndüktans | Kapasitans | Empedans | Rezonans | İndüksiyon Akımı
Öz-İndüksiyon Akımı | Transformatör

2.1. ELEKTRİKSEL KUVVET VE ELEKTRİK ALAN

Doğada bulunan temel kuvvetlerden biri elektromanyetik kuvvettir. Tüm maddeler atomlardan oluşur. Atom çekirdeğindeki proton ve yörüngesindeki elektronlar arasındaki elektriksel kuvvetler, elektronların çekirdeğe bağlanmasını sağlar.



a) Kâğıt parçalarını çeken tarak

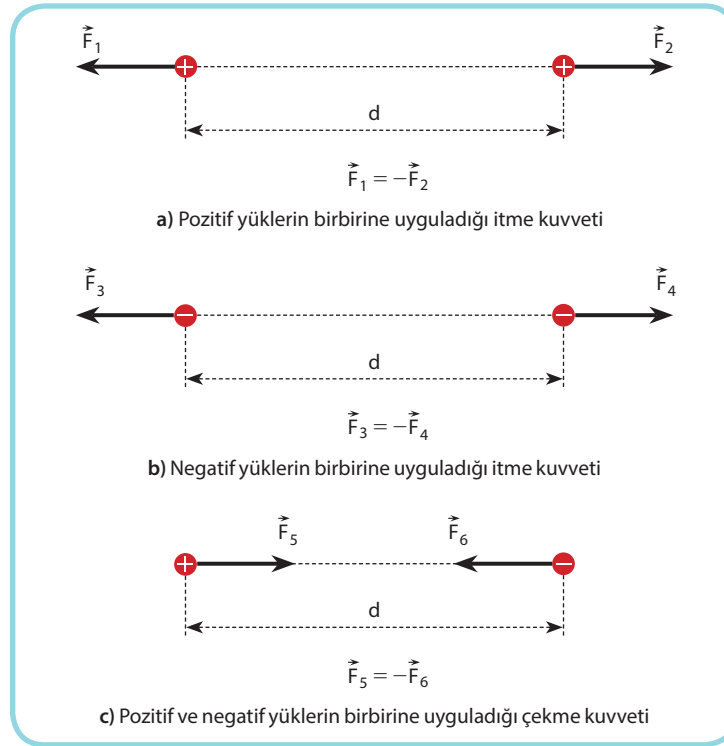


b) Duvara tutunan balon

Görsel 2.1: Elektriksel kuvvet etkisinde birbirini çeken cisimler

Basit deneyler yapılarak elektriksel kuvvetlerin varlığı anlaşılabilir. Plastik bir tarak, saçla sürtülerek küçük kâğıt parçalarına tutulduğunda kâğıt parçalarını çeker (Görsel 2.1.a). Şişirilmiş bir balon yünlü kazağa sürtülüp duvara dokundurduğunda duvar üzerinde uzun bir süre kalır (Görsel 2.1.b). Bu bölümde bu tür olaylara neden olan ve cisimler arasındaki elektriksel kuvveti etkileyen değişkenler belirlenecektir.

A) ELEKTRİKSEL KUVVET (COULOMB KANUNU)



Şekil 2.1: Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetler

Elektrik yükleri, yüklerin cinsine bağlı olarak birbirine itme ya da çekme kuvveti uygular. Yüklerin birbirine uyguladığı kuvvet, Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası'na göre eşit büyüklükte ve yükleri birleştiren doğru üzerinde zıt yönde gerçekleşir. Yükler arasındaki elektriksel kuvvetler vektörel büyüklük olup temas gerektirmeyen kuvvetlerdendir (Şekil 2.1).



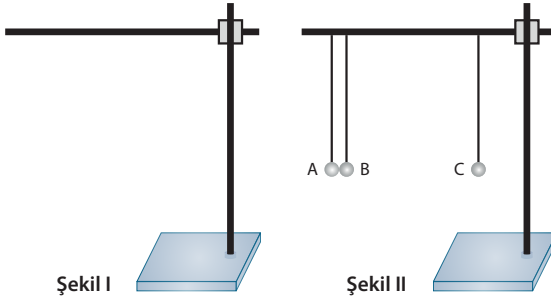
Etkinlik 2.1: Yüklü Cisimler Arasındaki Elektriksel Kuvvetin Bağlı Olduğu Değişkenler

Etkinliğin Amacı

Yüklü cisimler arasındaki elektriksel kuvvetin ortam, yük miktarı ve yükler arasındaki uzaklıkla ilişkisini anlamak

Araç Gereç

- » Döküm ayak
- » Bağlama parçası (ikili)
- » Esnemeyen yalıtkan ip
- » Yünlü kumaş parçası
- » Destek çubuğu (2 adet)
- » Alüminyum folyo
- » Cetvel
- » Makas
- » Ebonit çubuk
- » Plastik levha



Deney esnasında yüklü cisimlere dokunarak yük kaybetmelerine neden olmayınız.

Etkinliğin Yapılışı

1. Döküm ayak, destek çubukları ve bağlama parçası ile Şekil I'deki sistemi kurunuz.
2. Alüminyum folyodan kenar uzunluğu 2 cm olan üç adet kare parça kesiniz. Üç parçayı elinizde ayrı ayrı yuvarlayarak küresel duruma getirinceye kadar sıkıştırınız.
3. Küreleri 50 cm uzunluğundaki iplerin ucuna bağlayarak destek çubuğuna Şekil II'deki gibi asınız.
4. Ebonit çubuğu yünlü kumaşa sürtüp A ve B küreciklerine dokundurarak küreciklerin yüklenmelerini sağlayınız.
5. Küreciklerin aldığı durumu defterinize çizin ve kürecikler arasındaki uzaklığı cetvel ile ölçerek sonucu defterinize kaydediniz.
6. Yüklü A ve B kürecikleri arasına plastik levhayı yerleştirip kürecikler arasındaki mesafeyi gözlemleyiniz ve küreciklerin aldığı durumu defterinize çizin. Levha, kürecikler arasında iken cetvel ile kürecikler arasındaki uzaklığı ölçerek sonucu defterinize kaydediniz.
7. A ve B küreciklerinin destek çubuğuna bağlı olduğu noktaları birbirinden 3 cm kadar uzaklaştırıp iplerin düşeyle yaptığı açının ilk durumuna göre değişimini gözlemleyiniz.
8. A küreciğini sistemden uzaklaştırarak B ve C küreciğinin bağlı olduğu noktaları bir araya getirip iplerinden tutarak kürecikleri birbirine dokundurunuz ve aralarında yük paylaşımını sağlayınız.
9. Kürecikleri bıraktığınızda küreciklerin aldığı durumu defterinize çizin. B ve C kürecikleri arasındaki uzaklığı cetvel ile ölçerek sonucu defterinize kaydediniz.

Değerlendirme

1. Yüklü A ve B kürecikleri arasına plastik levha yerleştirildiğinde kürelerin arasındaki uzaklıkta nasıl bir değişiklik oldu?
2. A ve B küreciklerinin iplerle destek çubuğuna bağlı olduğu noktalar birbirinden uzaklaştırıldığında iplerin düşeyle yaptığı açıda nasıl bir değişiklik oldu?
3. B ve C kürecikleri arasında yük paylaşımı sağlandıktan sonra kürelerin birbirinden uzaklaşma mesafesi ile A ve B küreciklerinin birbirinden uzaklaşma mesafesini karşılaştırınız.

Charles Augustin de Coulomb'un (Şarl Ogüsten dö Kulon) elektriksel kuvveti etkileyen değişkenleri belirlemek amacıyla deneyler yaptığı bilinmektedir. Coulomb, elektriksel kuvvetin yükler arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azaldığını, yüklerin çarpımları ile doğru orantılı olarak arttığını belirlemiştir. Yükler arasındaki ortamı değiştirdiğinde de elektriksel kuvvetin değiştiğini görmüştür. Bu durum, elektriksel kuvvetlerin yüklerin içinde bulunduğu ortama bağlı olduğunu gösterir.

Coulomb, iki noktasal yük arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğünü



$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad \text{olarak belirlemiştir.}$$

Bu bağıntı, yükler arasındaki etkileşimlerin nelere bağlı olduğunu ortaya koyan deneysel bir kanundur. Elektriksel kuvvetin birimi SI'da **Newton**'dur ve vektörel bir büyüklüktür. q_1 ve q_2 cisimlerin yükleri olup birimi **Coulomb**'dur (C). d , yüklerin kütle merkezleri arasındaki uzaklık olup birimi **metredir** (m). k ise ortamın cinsine bağlı sabit olup **Coulomb sabiti** adını alır.

Coulomb sabiti boşlukta en büyüktür ve değeri $k = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} = 8,98 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ dir. Boşluk ve hava ortamı için

Coulomb sabiti yaklaşık olarak birbirine eşittir ve genellikle $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ olarak kullanılır.

Her ortamın kendine özgü bir elektriksel geçirgenliği vardır. **Elektriksel geçirgenlik ϵ (epsilon) ile ifade edilir.** ϵ_0 boşluğun (yaklaşık olarak havanın) elektriksel geçirgenliği olup büyüklüğü yaklaşık olarak

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \text{ dir.}$$

1. ÖRNEK

Yükleri +1 C olan noktasal iki cisim yalıtılmış yatay düzlemde birbirinden 1 m uzakta tutulmaktadır.

Buna göre

- Yükler arasındaki elektriksel kuvvet itme kuvveti mi yoksa çekme kuvveti midir?
- Yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç N olur?
- Bir kilogram kütleli cismin ağırlığını göz önünde bulundurarak bu yükler arasındaki kuvvetin büyüklüğünü yorumlayınız. ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ ve $g = 10 \text{ N/kg}$ alınınız.)

ÇÖZÜM

a) Aynı cins elektrik yükleri birbirini iter, farklı cins elektrik yükleri birbirini çeker. Cisimlerin yükü (+) işaretli olduğundan yükler arasında itme kuvveti gerçekleşir.

b) Coulomb kanununa göre elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{1 \cdot 1}{1^2} = 9 \times 10^9 \text{ N olur.}$$

c) 1 kg kütleli cismin ağırlığı

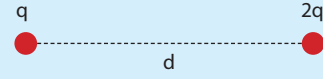
$$G = m \cdot g$$

$$G = 1 \cdot 10 = 10 \text{ N olur.}$$

Buna göre 1 C'luk iki yük arasındaki $9 \times 10^9 \text{ N}$ büyüklüğündeki kuvvetin çok büyük olduğu görülür.

2. ÖRNEK

Yalıtılmış yatay düzlemde yükleri q ve $2q$ olan noktasal iki parçacık arasındaki uzaklık d , yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü F 'dir.



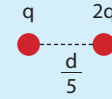
Buna göre parçacıklar, aralarındaki uzaklık $\frac{d}{5}$ olacak şekilde yerleştirildiğinde yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç F olur?

ÇÖZÜM

Yükler arasındaki uzaklık d iken $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = k \frac{q \cdot 2q}{d^2} = k \frac{2q^2}{d^2}$ dir.

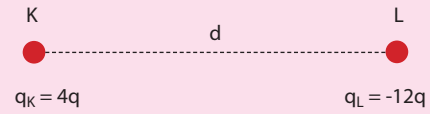
Yükler arasındaki uzaklık $\frac{d}{5}$ iken $F' = k \frac{q \cdot 2q}{\left(\frac{d}{5}\right)^2} = k \frac{50 \cdot q^2}{d^2}$ dir.

Kuvvetler oranlarsa $\frac{F}{F'} = \frac{k \frac{2 \cdot q^2}{d^2}}{k \frac{50 \cdot q^2}{d^2}} \Rightarrow F' = 25F$ olur.



1. ALIŞTIRMA

Yalıtılmış yatay düzlemdeki noktasal K ve L parçacıklarının yükleri sırasıyla $4q$ ve $-12q$ 'dur. Hava ortamındaki bu yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü F 'dir. İki parçacık birbirine dokundurulup yük dengesi sağlandıktan sonra ilk konumlarına yerleştirilmiştir.



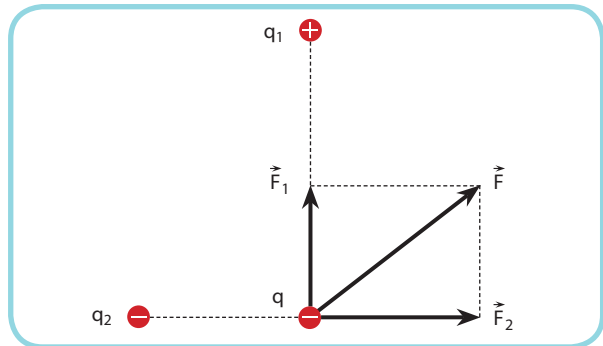
Buna göre

- Parçacıkların son durumda birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç F olur?
- Aynı sistem su içerisinde kurulsaydı yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü değişir miydi? Açıklayınız.

ÇÖZÜM



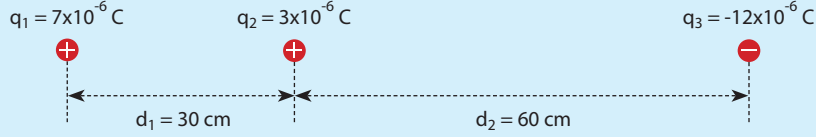
Bir yüke etrafındaki yüklerin her birinin uyguladığı kuvvetin vektörel toplamı kadar kuvvet etki eder. q yüküne q_1 ve q_2 yükleri tarafından sırasıyla \vec{F}_1 ve \vec{F}_2 kuvveti uygulanır. q yüküne etki eden bileşke kuvvet \vec{F}_1 ve \vec{F}_2 kuvvetinin bileşkesi olan \vec{F} kadardır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Üç noktasal yük arasındaki elektriksel kuvvetler

3. ÖRNEK

Yalıtılmış yatay düzlemde aynı doğrultu üzerindeki q_1 , q_2 ve q_3 yükleri şekilde gösterilen konumlarında tutulmaktadır.



Buna göre q_2 yüküne etki eden bileşke elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç N olur?

($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ alınız.)

ÇÖZÜM

Aynı işaretli olan q_1 yükünün q_2 yüküne uyguladığı itme kuvveti \vec{F}_{12} ve zıt işaretli olan q_3 yükünün q_2 yüküne uyguladığı \vec{F}_{32} çekme kuvvetlerinin yönleri belirlenir.



Yükler arasındaki uzaklığın birimi metreye çevrilir.

$$d_1 = 30 \text{ cm} = 3 \times 10^{-1} \text{ m} \quad d_2 = 60 \text{ cm} = 6 \times 10^{-1} \text{ m}$$

q_1 ve q_2 yükleri arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$$F_{12} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d_1^2} = 9 \times 10^9 \frac{7 \times 10^{-6} \cdot 3 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-1})^2} = 9 \times 10^9 \frac{21 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-2}} = 2,1 \text{ N olur.}$$

q_3 ve q_2 yükleri arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$$F_{32} = k \frac{q_2 \cdot q_3}{d_2^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \cdot 12 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-1})^2} = 9 \times 10^9 \frac{36 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-2}} = 0,9 \text{ N olur.}$$

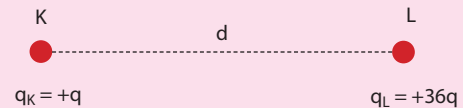
Kuvvetler aynı yönlü olduğundan q_2 'ye etki eden bileşke kuvvetin büyüklüğü

$$F_2 = F_{12} + F_{32} = 2,1 + 0,9 = 3 \text{ N olur.}$$

2. ALIŞTIRMA

Yalıtılmış, yatay düzlemdeki noktasal K ve L cisimlerinin yükleri sırasıyla $+q$ ve $+36q$ 'dur. K ve L cisimleri, aralarında d kadar uzaklık olacak şekilde sabitlenmiştir.

Buna göre $+q$ yüklü üçüncü cisim, K cisiminden kaç d uzaklıkta serbest bırakılırsa hareketsiz kalır?



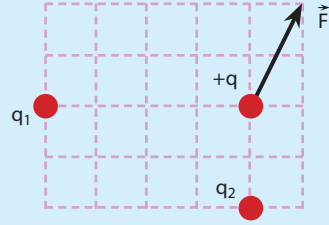
ÇÖZÜM



4. ÖRNEK

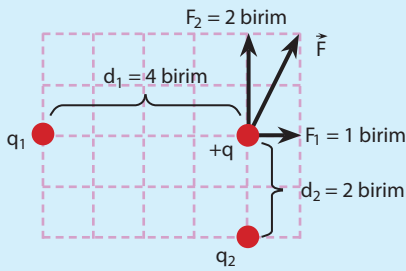
Eşit kare bölmelere ayrılmış, düzlem üzerindeki noktasal q_1 ve q_2 yüklerinin $+q$ yüküne uyguladığı bileşke kuvvet \vec{F} dir.

Buna göre yüklerin büyüklükleri $\frac{q_1}{q_2}$ oranı kaçtır?



ÇÖZÜM

\vec{F} kuvvetinin q_1 ve q yüklerini birleştiren doğrultu üzerindeki bileşeni, q_1 yükünün q yüküne uyguladığı elektriksel kuvveti oluşturur. \vec{F} kuvvetinin q_2 ve q yüklerini birleştiren doğrultu üzerindeki bileşeni, q_2 yükünün q yüküne uyguladığı elektriksel kuvveti oluşturur.



\vec{F} kuvvetinin bileşenlerinin büyüklüğü

$$F_1 = k \frac{q_1 \cdot q}{4^2} = k \frac{q_1 \cdot q}{16} = 1 \text{ birim}$$

$$F_2 = k \frac{q_2 \cdot q}{2^2} = k \frac{q_2 \cdot q}{4} = 2 \text{ birim}$$

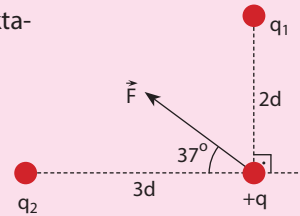
Kuvvetler oranlanırsa

$$\frac{1}{2} = \frac{k \frac{q_1 \cdot q}{16}}{k \frac{q_2 \cdot q}{4}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{q_1 \cdot 4}{16 \cdot q_2} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = 2 \text{ olur.}$$

3. ALIŞTIRMA

Yalıtılmış yatay düzlem üzerindeki noktasal q_1 ve q_2 yüklerinin $+q$ noktasal yüküne uyguladığı bileşke elektriksel kuvvet \vec{F} şeklindeki gibidir.

Buna göre yüklerin büyüklükleri $\frac{q_1}{q_2}$ oranı kaçtır?
($\sin 37^\circ = 0,6$ ve $\cos 37^\circ = 0,8$ alınız.)

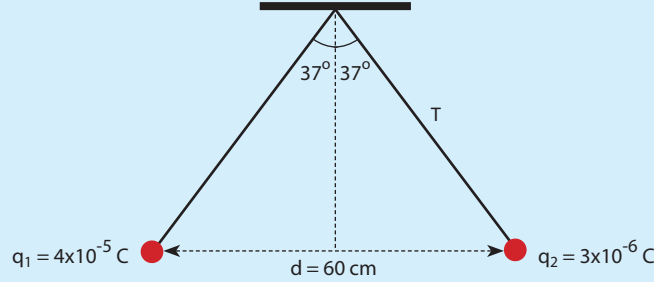


ÇÖZÜM



5. ÖRNEK

Yükleri q_1 ile q_2 olan noktasal iki kürecik eşit uzunlukta yalıtkan iplerle tavana asılmıştır. Yükler, aralarında 60 cm olacak şekilde dengelenmiştir.



Buna göre

- Yüklerin birbirine uyguladığı itme kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?
- İplerde oluşan \vec{T} gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?
- Küreciklerin ağırlığının büyüklüğü kaç N olur?

($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$ ve $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ alınınız.)

ÇÖZÜM

- $d = 60 \text{ cm} = 6 \times 10^{-1} \text{ m}$ olur.

Yüklerin birbirine uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-5} \cdot 3 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-1})^2}$$

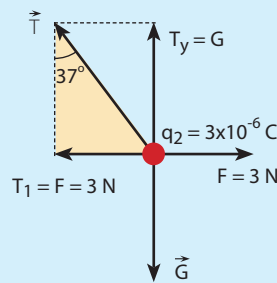
$$F = 3 \text{ N olur.}$$

- Yükü q_2 olan küreciğe ait serbest cisim diyagramı çizildiğinde, iptе oluşan gerilme kuvvetinin yatay bileşeni Coulomb kuvveti ile düşey bileşeni küreciğin ağırlığı ile dengelenir. Buna göre

$$F = T \cdot \sin 37^\circ$$

$$3 = T \cdot 0,6$$

$$T = 5 \text{ N olur.}$$



- Yükü q_2 olan küreciğe ait serbest cisim diyagramında gösterildiği gibi gerilme kuvvetinin düşey bileşeninin büyüklüğü küreciğin ağırlığına eşit alınır. Buna göre

$$G = T \cdot \cos 37^\circ$$

$$G = 5 \cdot 0,8$$

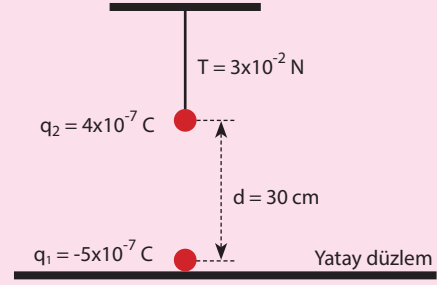
$$G = 4 \text{ N olur.}$$

4. ALIŞTIRMA

q_1 yüklü cisim yalıtkan yatay bir düzlem üzerine şekildeki gibi sabitlenmiştir. Sabitlenen cismin düşeyine ve 30 cm uzağına q_2 yüklü cisim, yalıtkan ve esnemeyen bir iple asılmıştır. Yükün asıldığı ipde oluşan gerilme kuvvetinin büyüklüğü 3×10^{-2} N olmaktadır.

Buna göre q_2 yüklü cismin ağırlığı kaç N olur?

($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ alınız.)



ÇÖZÜM

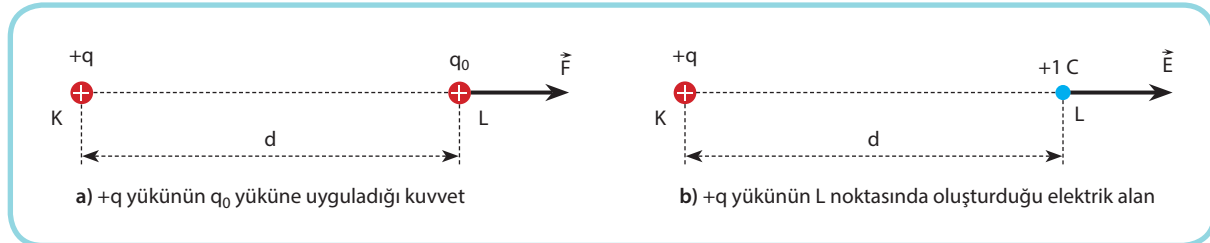


B) NOKTASAL YÜKÜN ELEKTRİK ALANI



Şekil 2.3: Çubuk mıknatısların birbirine uyguladığı temas gerektirmeyen kuvvetler

Şekil 2.3'teki gibi mıknatıslar arasındaki kuvvet, manyetik alan sayesinde gerçekleşir. Elektrik yükleri de aralarında temas olmadan birbirine kuvvet uygular. Bu durum, manyetik alana benzer şekilde elektrik yüklerinin etrafında da bir elektrik alan olduğunu düşündürür.



Şekil 2.4: Bir yükün diğer yüke uyguladığı kuvvet ve bir yükün bir noktadaki elektrik alanı

Uzayın herhangi bir bölgesinde bulunan durgun elektrik yüküne etkiyen bir kuvvet varsa o bölgede bir elektrik alan vardır. K noktasındaki $+q$ elektrik yüküne, etrafında pozitif veya negatif yüklü bir cisim yoksa elektriksel kuvvet etki etmez. Ancak $+q$ yükünün yakınına q_0 yükü yerleştirilirse yükler arasında bir elektriksel kuvvet oluşur (Şekil 2.4.a). Yükler arasındaki uzaklık arttırılırsa kuvvetin büyüklüğü belli bir uzaklıktan sonra hissedilmeyecek kadar azalmış olur. Bir yükün kuvvet etkisini gösterebildiği yükü saran uzay bölgesine **elektrik alan** denir. q_0 yükü kaldırılırsa da $+q$ yükünün etkisinden dolayı L noktasında oluşan elektrik alan varlığını sürdürür. Bir noktanın elektrik alan büyüklüğünü belirlemek için o noktaya $+1$ C'luk test yükü yerleştirilir. Bu test yüküne etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü, $+q$ yükünün o noktadaki elektrik alan şiddeti olarak kabul edilir. Buna göre bir yükün pozitif birim yüke ($+1$ C) uyguladığı elektriksel kuvvetin büyüklüğüne yükün o noktadaki **elektrik alan şiddeti** denir. Elektrik alan vektörel bir büyüklüktür ve \vec{E} sembolü ile gösterilir (Şekil 2.4.b).

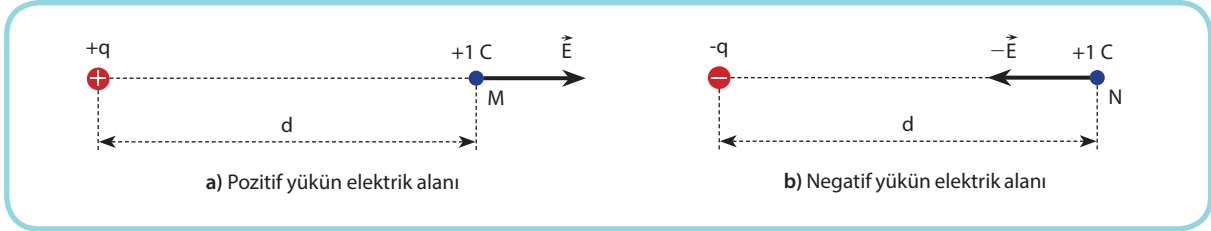
Buna göre L noktasındaki elektrik alan $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ olur.

F büyüklüğü yerine yazılırsa q yükünün L noktasında oluşturduğu elektrik alan şiddeti $E = \frac{k \frac{q \cdot q_0}{d^2}}{q_0}$

~~A~~ $E = k \frac{q}{d^2}$ olur.

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

Elektrik alanın SI'daki birimi N/C'dur. Herhangi bir yükün bir noktada oluşturduğu elektrik alanın yönü o noktadaki +1 C'luk yüke etki eden kuvvet yönündedir.

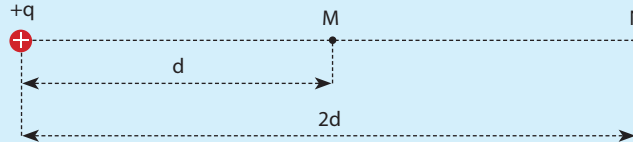


Şekil 2.5: Pozitif ve negatif yüklerin kendisinden d kadar uzaktaki bir noktada oluşturduğu elektrik alanların yönleri

+q yükünün kendisinden d kadar uzağındaki M noktasında oluşturduğu elektrik alanın yönü yükten dışarı doğrudur (Şekil 2.5.a). -q yükünün kendisinden d kadar uzağındaki N noktasında oluşturduğu elektrik alanın yönü ise yüke doğrudur (Şekil 2.5.b).

6. ÖRNEK

Noktasal +q yüklü parçacığın elektrik alanı içindeki M ve N noktaları yükten sırasıyla d ve 2d uzaktadır. M ve N noktalarındaki elektrik alanların büyüklüğü E_M ve E_N olmaktadır.



Buna göre

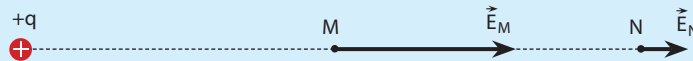
- Elektrik alanların büyüklükleri $\frac{E_M}{E_N}$ oranı kaçtır?
- M ve N noktalarındaki elektrik alan vektörlerini çiziniz.

ÇÖZÜM

- Elektrik alan şiddeti ifadesine göre

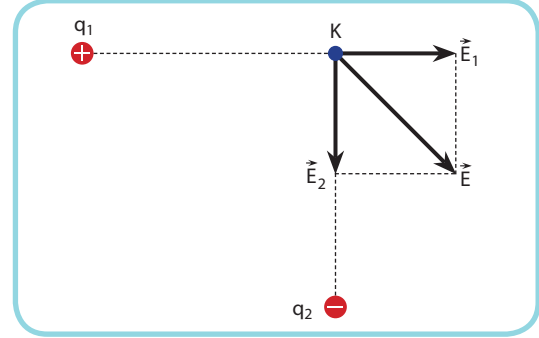
$$E_M = k \frac{q}{d^2} \quad E_N = k \frac{q}{(2d)^2} = k \frac{q}{4d^2} \quad \frac{E_M}{E_N} = \frac{k \frac{q}{d^2}}{k \frac{q}{4d^2}} = 4 \text{ olur.}$$

- Elektrik alan vektörü (+) yükten dışarı doğrudur. Elektrik alan şiddetleri arasındaki ilişki de $E_M = 4E_N$ olur. Buna göre M ve N noktalarındaki elektrik alan vektörleri aşağıdaki gibi çizilir.



Bir noktada oluşan elektrik alan, etrafındaki her bir yükün o noktada oluşturduğu elektrik alanların vektörel toplamına eşittir. q_1 yükü (+) olduğu için K noktasında \vec{E}_1 elektrik alanı oluşturur. q_2 yükü (-) olduğu için K noktasında \vec{E}_2 elektrik alanı oluşturur.

K noktasındaki bileşke elektrik alan \vec{E}_1 ve \vec{E}_2 elektrik alanlarının bileşkesi olan \vec{E} kadar olur (Şekil 2.6).

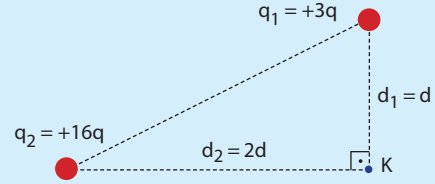


Şekil 2.6: İki yükün bir noktada oluşturduğu elektrik alan

7. ÖRNEK

Yükleri q_1 ve q_2 olan iki cismin yalıtılmış yatay düzlemdeki konumları şekildeki gibidir. q_1 yükünün K noktasına uzaklığı d , q_2 yükünün uzaklığı $2d$ 'dir.

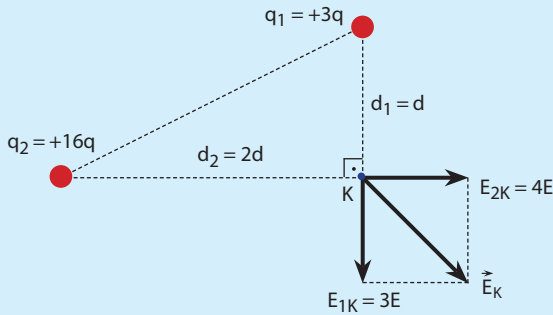
$E = k \frac{q}{d^2}$ olduğuna göre K noktasında yüklerin oluşturduğu elektrik alan \vec{E}_K kaç E büyüklüğünde olur?



ÇÖZÜM

q_1 'in K noktasında oluşturduğu elektrik alan büyüklüğü $E_{1K} = k \frac{3q}{d^2} = 3E$ bulunur.

q_2 'nin K noktasında oluşturduğu elektrik alan büyüklüğü $E_{2K} = k \frac{16q}{(2d)^2} = k \frac{16q}{4d^2} = k \frac{4q}{d^2} = 4E$



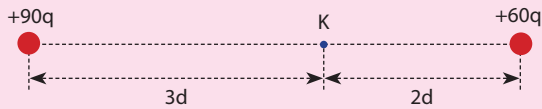
Pisagor teoreminden

$$E_K^2 = E_{1K}^2 + E_{2K}^2$$

$$E_K^2 = (3E)^2 + (4E)^2 = 9E^2 + 16E^2 = 25E^2$$

$$E_K = 5E \text{ olur.}$$

5. ALIŞTIRMA



Yükleri $+90q$ ve $+60q$ olan kürecikler yalıtılan düzleme sabitlenmiştir. K noktasının konumu, yükleri birleştiren doğru parçası üzerinde gösterilmiştir.

Buna göre K noktasındaki bileşke elektrik alanın büyüklüğü kaç $k \frac{q}{d^2}$ olur?

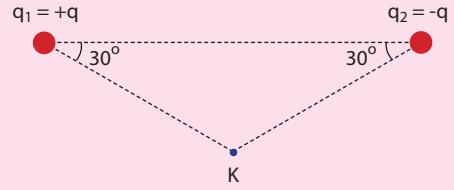
ÇÖZÜM



6. ALIŞTIRMA

Yükleri q_1 ve q_2 olan sabitlenmiş iki cismin yalıtılmış yatay düzlemdeki konumları şekildeki gibidir. q_1 yükünün K noktasında oluşturduğu elektrik alanın büyüklüğü E 'dir.

Buna göre K noktasındaki bileşke elektrik alanın büyüklüğü kaç E olur? ($\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$, $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ alınız.)



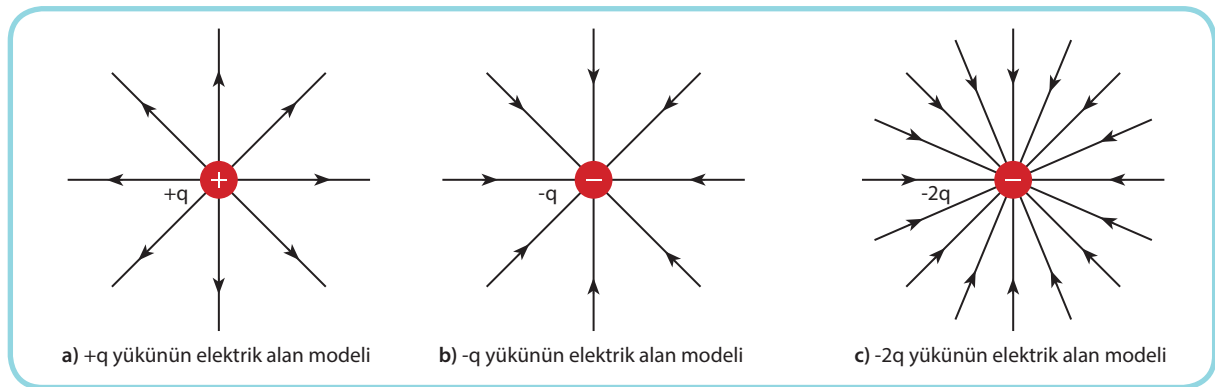
ÇÖZÜM



Elektrik alanın daha somut bir şekilde ifade edilmesi için ne yapılabilir?

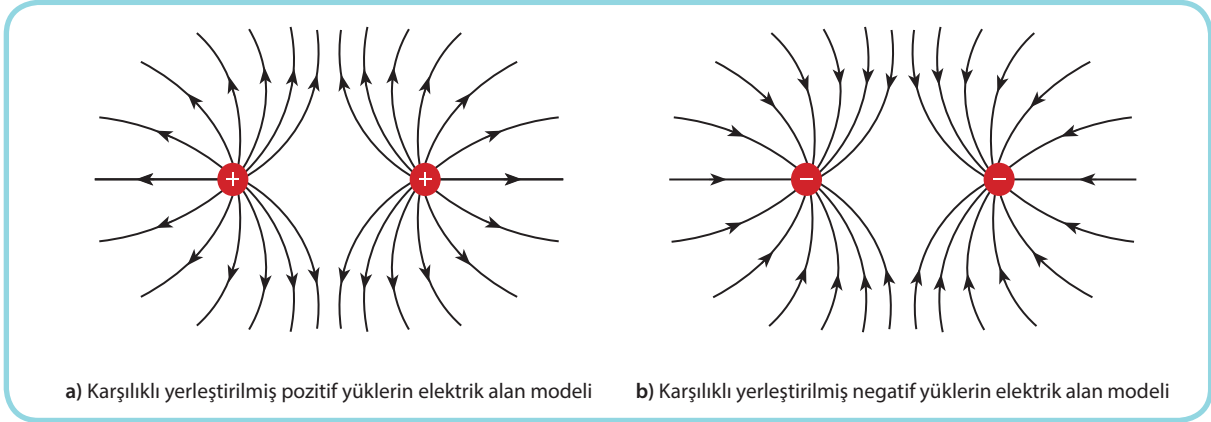
Elektrik alan çizgileri, elektrik alan kavramını daha somut hâle getirmek amacıyla oluşturulmuş modellemelerdir. Elektrik alan çizgilerini ortaya atan ilk kişi İngiliz bilim insanı Michael Faraday'dir (Maykıl Feredey). Faraday "kuvvet çizgileri" terimini kullanmıştır. Ancak alan çizgileri daha uygun bulunmuştur ve günümüzde de bu şekilde kullanılmaktadır. Elektrik alan modelleri; yükün işaretine, büyüklüğüne ve sistemdeki yük sayısına göre farklılık gösterir.

Elektrik alan çizgileri, elektrik alanın incelenmesi ve değerlendirilmesinde kolaylık sağladığı için genellikle iki boyutta çizilir. Ancak bir yükün elektrik alanı, o yükün etkisini gösterebildiği ve çevresini saran uzay parçasında olduğundan üç boyutludur.



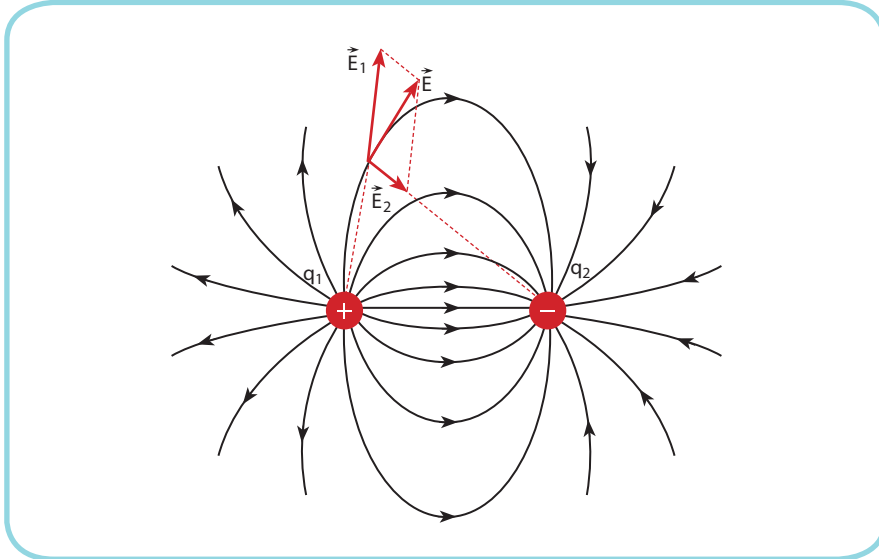
Şekil 2.7: Noktasal yük etrafında yükün cinsine ve miktarına bağlı olarak elektrik alan çizgileri modeli

Pozitif noktasal yükün oluşturduğu elektrik alan çizgilerinin yönü yükten dışarıya doğru (Şekil 2.7.a), negatif noktasal yükün oluşturduğu elektrik alan çizgilerinin yönü yüke doğru (Şekil 2.7.b) olur. Yükün büyüklüğü iki katına çıkarsa etrafındaki elektrik alan çizgilerinin sayısı da iki katına çıkar (Şekil 2.7.c). Çizgi sayısı yükün büyüklüğü ile doğru orantılıdır.



Şekil 2.8: Karşılıklı yerleştirilmiş aynı işaretli yüklerin elektrik alan çizgileri modeli

Elektrik alan çizgileri herhangi bir (+) yüklü parçacıktan çıkıp herhangi bir (-) yüklü parçacıkta son bulur. Alan çizgileri yüzeye değdiği noktaya daima diktir. Alan çizgileri, elektrik alan şiddetinin arttığı yerde sık; azaldığı yerde seyrek çizilir. Eşit büyüklükteki pozitif ya da negatif iki noktasal yük etrafında elektrik alan çizgileri Şekil 2.8'deki gibi gösterilir.

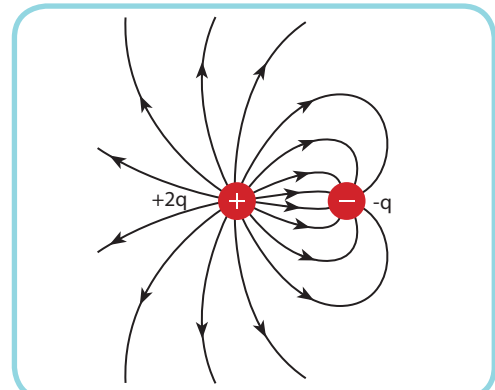


Şekil 2.9: Farklı işaretli ve aynı miktarda yüke sahip noktasal cisimler etrafındaki elektrik alan çizgileri

Elektrik alan içinde herhangi bir noktadaki elektrik alan vektörü, o noktadan geçen alan çizgisine teğettir. Elektrik alan içindeki herhangi bir noktada yalnız bir bileşke elektrik alan oluşur (Şekil 2.9). Bu nedenle bir noktadan yalnız bir elektrik alan çizgisi geçer.

Şekil 2.10'daki $+2q$ yükünden çıkan çizgilerin ancak yarısı $-q$ yükünde sonlanır. Kalan çizgiler ise sonsuzda olduğu varsayılan başka bir yükte son bulur.

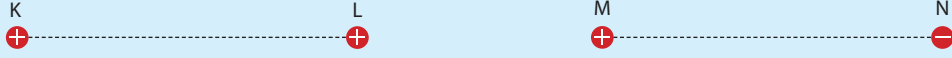
Elektrik alan çizgilerinin oluşturduğu desen, noktasal yüklerin oluşturduğu elektrik alanının haritası gibidir. Bu çizgilerin desenine bakılarak alanın nerede şiddetli nerede zayıf olduğu ve yüklerin büyüklükleri hakkında yorum yapılabilir.



Şekil 2.10: İşareti ve yükü farklı noktasal cisimler etrafındaki elektrik alan çizgileri

8. ÖRNEK

K ve L yüklerinden oluşan sistem ile M ve N yüklerinden oluşan sistem birbirinin etki alanı dışındadır.

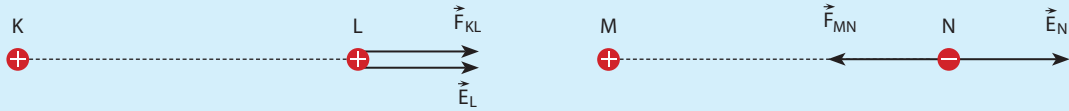


Buna göre

- L ve N yüküne etki eden elektriksel kuvvetler ile bu yüklerin bulunduğu noktalardaki elektrik alanların yönlerini çiziniz.
- L noktasındaki yükün değeri arttırılırsa bu noktadaki elektrik alanın ve elektriksel kuvvetin büyüklüğü yük artışından nasıl etkilenir?

ÇÖZÜM

- Yük işaretlerine göre K yükü L yükünü iter, M yükü N yükünü çeker. Elektrik alan (+) yükten dışı doğrudur. Buna göre yüklere etki eden elektriksel kuvvetin ve elektrik alanın yönleri şekildeki gibi olur.

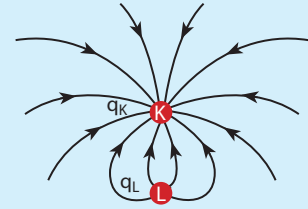


- Bir noktadaki elektrik alanın büyüklüğü, birim yüke etki eden kuvvete eşit olduğundan o noktadaki yük artışından etkilenmez. Elektrik alanın büyüklüğü $E_L = \frac{F_{KL}}{q_L}$ olduğundan kuvvetin büyüklüğü $F_{KL} = q_L \cdot E_L$ ile bulunur. Buna göre L noktasındaki yükün büyüklüğü arttırıldığında kuvvetin büyüklüğü de artar.

9. ÖRNEK

Yalıtılmış düzlemdeki K ve L noktasal parçacıklarının yükleri sırasıyla q_K ve q_L 'dir. Yüklerin yakınında başka elektrik yükü bulunmamaktadır ve yüklere ait elektrik alan çizgileri şekilde verilmiştir.

Buna göre yüklerin büyüklükleri $\frac{q_K}{q_L}$ oranı nedir?



ÇÖZÜM

Elektrik alan çizgileri (+) yüklü parçacıktan çıkıp (-) yüklü parçacıkta son bulur. Buna göre K parçacığı (-), L parçacığı (+) yüklüdür. Yüklü bir parçacıktan çıkan ya da yüklü parçacıkta sona eren elektrik alan çizgi sayısı, parçacığın sahip olduğu yük miktarı ile doğru orantılı olarak çizilir. Bu durumda bir sistemdeki cisimlerin yükleri, cisimlerden çıkan ya da son bulan çizgi sayısı ile doğru orantılıdır. K'de 12 çizgi son bulurken L'den 4 çizgi çıkmaktadır.

$$\text{Buna göre } \frac{q_K}{q_L} = \frac{-12}{4}$$

$$\frac{q_K}{q_L} = -3 \text{ olur.}$$

7. ALIŞTIRMA

+2q yüklü K, nötr L ve -3q yüklü M noktasal parçacıkları birbirinin elektrik alanlarının dışındadır.

$$q_K = +2q$$

K

nötr

L

$$q_M = -3q$$

M

Buna göre

- Hangi parçacıkların etrafında elektrik alan oluşur? Açıklayınız.
- Etrafında elektrik alan oluşan yüklerin alan çizgilerini çiziniz.

ÇÖZÜM



8. ALIŞTIRMA

Yalıtılmış düzleme sabitlenen +3q ve -5q noktasal yükleri birbirinin etki alanındadır ve bu iki yükün etkisini gösterebildiği bölgede başka yük bulunmamaktadır.

Buna göre yüklerin elektrik alan çizgilerini iki boyutlu olarak çiziniz.

ÇÖZÜM



+3q

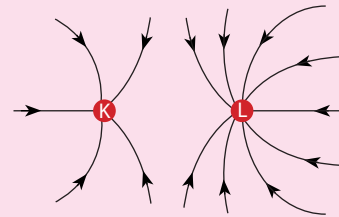
-5q

9. ALIŞTIRMA

K ve L noktasal yüklerinin elektrik alan çizgileri verilmiştir.

Buna göre

- K ve L elektriksel yüklerinin işaretini belirleyiniz.
- Yüklerin büyüklükleri $\frac{q_K}{q_L}$ oranı nedir?

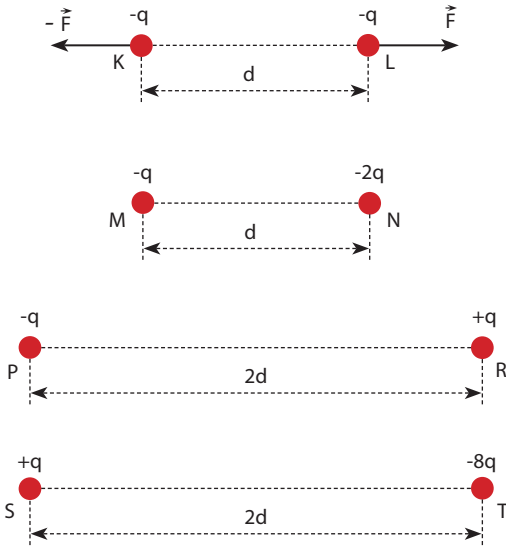


ÇÖZÜM



1. BÖLÜM SONU SORULARI

1. Aralarında d kadar uzaklık bulunan $-q$ yüklü K ve L küreciklerine etki eden elektriksel kuvvetlerin büyüklükleri F kadardır. Yüklü noktasal parçacıklardan M yalnız N ile, P yalnız R ile ve S yalnız T ile etkileşmektedir.



Buna göre noktasal parçacıklara etki eden elektriksel kuvvetleri \vec{F} cinsinden bulunuz.

ÇÖZÜM

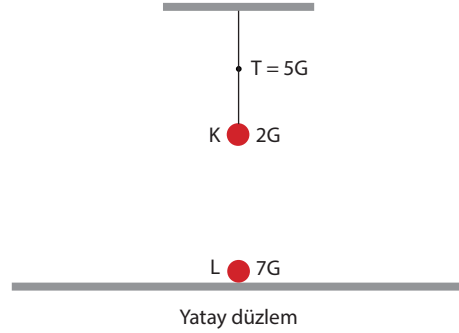


2. Elektrik yüklerinin etrafında oluşan elektrik alan çizgileri neden birbirlerini kesmez?

ÇÖZÜM



3. Zıt yüklü K ve L küreleri aynı düşey düzlemde ve ağırlıklarının büyüklüğü sırayla $2G$ ve $7G$ 'dir.



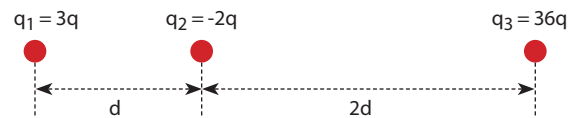
K küresinin asılı olduğu ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü $5G$ olduğuna göre

- Yükler arasındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü kaç G olur?
- Yatay düzlemin L cismine uyguladığı tepki kuvvetinin büyüklüğü kaç G olur?
- Ortamın elektriksel geçirgenliği daha büyük alınırsa ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü ilk duruma göre ne şekilde değişir? Açıklayınız.

ÇÖZÜM



4. Yalıtılmış yatay düzlemde aynı doğrultu üzerindeki q_1 ve q_2 yükleri arasındaki uzaklık d , q_2 ve q_3 yükleri arasındaki uzaklık $2d$ 'dir.

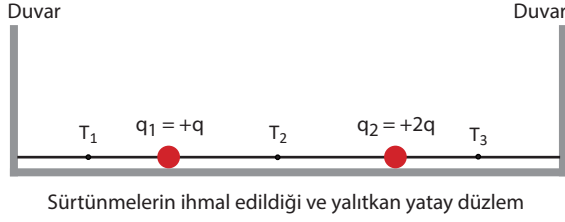


Buna göre q_2 yüküne etki eden kuvvetin büyüklüğü F ise q_3 yüküne etki eden kuvvetin büyüklüğü kaç F olur?

ÇÖZÜM



5. Yükleri $+q$ ve $+2q$ olan noktasal parçacıklar sürtünmelerin ihmal edildiği ve yalıtkan yatay düzlemde şekildeki gibi esnemeyen yalıtkan iplerle birbirine ve duvara bağlanmıştır.



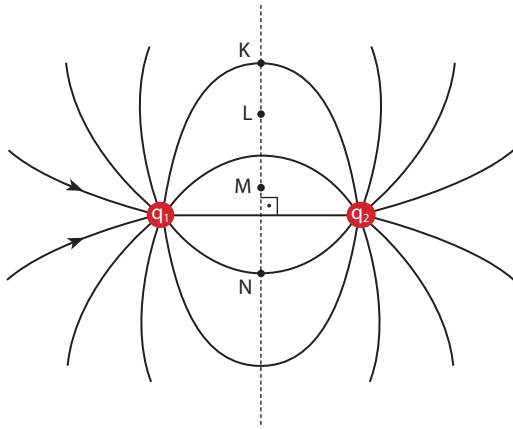
Sürtünmelerin ihmal edildiği ve yalıtkan yatay düzlem

Buna göre yükler aynı anda serbest bırakıldığında iplerde oluşan \vec{T}_1 , \vec{T}_2 ve \vec{T}_3 gerilme kuvvetlerini büyüklüklerine göre sıralayınız.

ÇÖZÜM



6. Yükleri q_1 ve q_2 olan küreciklerin etrafında oluşan elektrik alan çizgileri ve bazı çizgilerin yönleri şekildeki gibidir. Kesikli çizgi iki yükün orta hizasından geçmektedir.



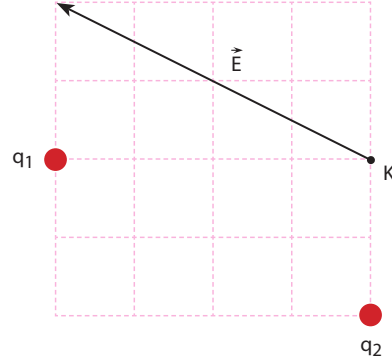
Buna göre

- q_1 ve q_2 yüklerinin büyüklüklerini ve işaretlerini karşılaştırınız.
- K, L, M ve N noktalarına yük büyüklükleri aynı olan tanecikler yerleştirildiğinde bu noktadaki taneciklere etki eden elektriksel kuvvetlerin büyüklüklerini sıralayınız.

ÇÖZÜM



7. Eşit büyüklükte kare bölmelere ayrılmış yalıtkan düzlem üzerindeki q_1 ve q_2 yüklü noktasal cisimler şekildeki gibi tutulmaktadır. Yüklü cisimlerin K noktasında oluşturduğu bileşke elektrik alan \vec{E} dir.

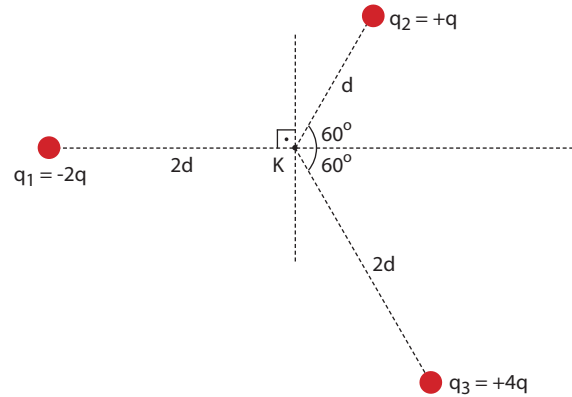


Buna göre yüklerin büyüklükleri $\frac{q_1}{q_2}$ oranı nedir?

ÇÖZÜM



8. Noktasal q_1 , q_2 ve q_3 yükleri sırasıyla $-2q$, $+q$ ve $+4q$ değerlerine sahip olup şekildeki konumlarına sabitlenmiştir. q_1 yükünün K noktasında oluşturduğu elektrik alanın büyüklüğü E'dir.



Buna göre üç yükün K noktasında oluşturduğu bileşke elektrik alanın büyüklüğü kaç E olur?

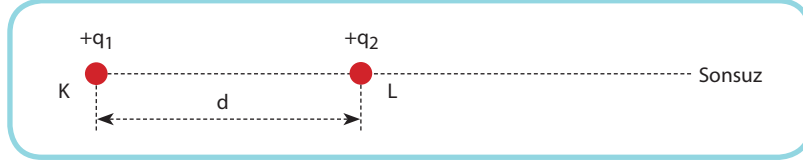
($\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ve $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$ alınız.)

ÇÖZÜM



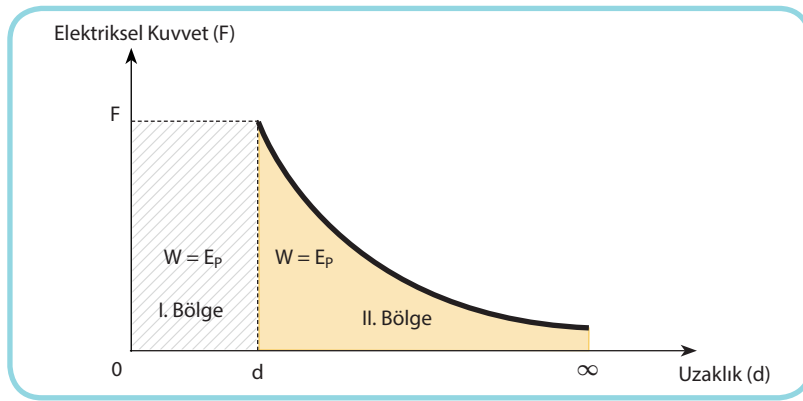
2.2. ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

A) NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL ENERJİ



Şekil 2.11: Sonsuz uzaklıktaki yüklerin birbirine yaklaşması

Yere düşmüş bir silgiyi yerden alıp masaya koyarken yer çekimi kuvvetine karşı iş yapılır. Bu iş, silgide potansiyel enerji olarak depolanır. Yine bir yayı sıkıştırmak için yay üzerinde iş yapılır. Yapılan iş, yayda potansiyel enerji olarak depolanır. Yay sıkıştırılırken yapılan iş, Şekil 2.11'deki gibi $+q_1$ yükü sabit tutulurken $+q_2$ yükünün sonsuzdan L noktasına getirilmesi sırasında yapılan işe benzer. Yükler aynı işaretli olduğu için birbirini elektriksel kuvvetlerle iter. **Yükleri birbirine yaklaştırmak için elektriksel kuvvetlere karşı iş (W) yapmak gerekir. Sonsuzda iken elektriksel potansiyel enerjisi sıfır olan $+q_2$ yükü, sonsuzdan L noktasına sabit hızla getirilirken elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır. Yapılan bu iş sistemde potansiyel enerji (E_p) olarak depolanır ve bu enerji yüklerin sahip olduğu elektriksel potansiyel enerjisi verir.**



Grafik 2.1: Sabit q_1 yükünden uzaklaşan q_2 yüküne ait elektriksel kuvvet-uzaklık grafiği

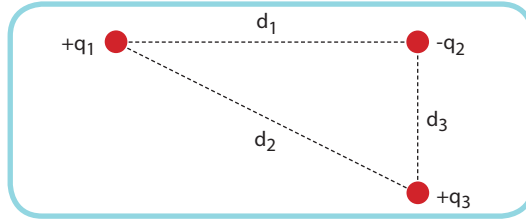
K ve L konumlarında tutulan yüklerden $+q_2$ yükü serbest bırakılırsa yükler birbirini iter ve yüke etki eden kuvvet sonsuzda sıfır olur. Yükün hareketine ait çizilen kuvvet-uzaklık grafiğinin yatay eksenle arasında kalan alan, elektriksel kuvvetin yaptığı işi yani yüklerin sahip olduğu elektriksel potansiyel enerjisi verir (Grafik 2.1). Grafik ile yatay eksen arasındaki alan (II. bölgenin alanı) $k \frac{q_1 \cdot q_2}{d}$ olur. II. bölgenin alanı ile I. bölgenin alanı matematiksel olarak eşittir. Buna göre I. bölgenin alanı bulunarak da aynı sonuca ulaşılabılır. I. bölgenin alanı $+q_2$ yükünü F büyüklüğündeki kuvvet ile K noktasından L noktasına getirilirken yapılan mekanik işe eşit olur. Buna göre yüklerin sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji

$$W = F \cdot d \Rightarrow E_p = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} d$$



$$E_p = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d} \text{ olur.}$$

Bu ifade yüklerden birinin diğer yükten kaynaklanan elektriksel potansiyel enerjisini verir. Elektriksel potansiyel enerji skaler bir büyüklük olduğu için hesaplamalarda yükler, işaretleriyle birlikte kullanılır. Birbirini iten yüklerin enerjisi pozitif, birbirini çeken yüklerin enerjisi negatif olur.



Şekil 2.12: Üç yükten oluşan sistem

Noktasal bir yükün elektriksel potansiyel enerjisi, etrafındaki yüklerden kaynaklanır. Şekil 2.12'deki $+q_3$ yükünün diğer iki yükün varlığı nedeniyle sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji, her bir yükün q_3 yükü üzerinde oluşturduğu enerjilerin cebirsel toplamı ile bulunur. Buna göre $+q_3$ yükünün elektriksel potansiyel enerjisi

$$E_p = k \frac{q_1 \cdot q_3}{d_2} + k \frac{(-q_2) \cdot q_3}{d_3} \text{ olur.}$$

* Sadece q_3 için

Noktasal yüklerden oluşan sistemdeki toplam elektriksel potansiyel enerji, her bir yük çiftinin elektriksel potansiyel enerjilerinin cebirsel toplamına eşittir. Şekil 2.12'deki gibi üç yükten oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerjisi

$$E_p = k \frac{q_1 \cdot (-q_2)}{d_1} + k \frac{q_1 \cdot q_3}{d_2} + k \frac{(-q_2) \cdot q_3}{d_3} \text{ olur.}$$

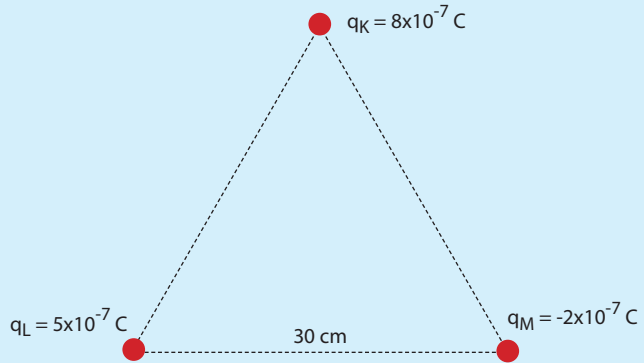
* Komple Sistem için

10. ÖRNEK

Kenar uzunluğu 30 cm olan eşkenar üçgenin köşelerine şekildeki q_K , q_L ve q_M yükleri yerleştirilmiştir.

Buna göre q_L yükünün q_K ve q_M yüklerinden dolayı sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji kaç J olur?

($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ alınız.)



ÇÖZÜM

Yükler arası mesafe

$$d = 30 \text{ cm} = 3 \times 10^{-1} \text{ m olur.}$$

q_L yükünün elektriksel potansiyel enerjisi, q_K ve q_M yüklerinin $+q_L$ yükü üzerinde oluşturduğu elektriksel potansiyel enerjilerin cebirsel toplamına eşittir. q_L yükünün elektriksel potansiyel enerjisi E_p alınırsa

$$E_p = k \frac{q_K \cdot q_L}{d} + k \frac{q_M \cdot q_L}{d}$$

$$E_p = 9 \times 10^9 \frac{8 \times 10^{-7} \cdot 5 \times 10^{-7}}{3 \times 10^{-1}} + 9 \times 10^9 \frac{(-2 \times 10^{-7}) \cdot 5 \times 10^{-7}}{3 \times 10^{-1}}$$

$$E_p = 120 \times 10^{-4} - 30 \times 10^{-4} = 90 \times 10^{-4} = 9 \times 10^{-3} \text{ J olur.}$$

10. ALIŞTIRMA

Noktasal q_1 , q_2 ve q_3 yüklerinin konumları şekilde gösterilmiştir.



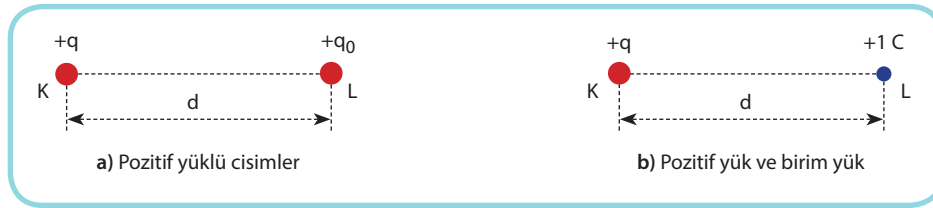
Buna göre

- q_2 yükünün elektriksel potansiyel enerjisi kaç $k \frac{q^2}{d}$ olur?
- Yük sisteminin elektriksel potansiyel enerjisi kaç $k \frac{q^2}{d}$ olur?

ÇÖZÜM



B) NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL



Şekil 2.13: Pozitif yükler ile pozitif ve birim yük

Şekil 2.13.a'da L noktasındaki $+q_0$ yükü, $+q$ yükünün varlığından dolayı elektriksel potansiyel enerjiye sahiptir. $+q_0$ yükü kaldırılıp L noktasına yerleştirilecek pozitif birim yükün ($+1$ C) sahip olacağı elektriksel potansiyel enerjiye o noktanın **elektriksel potansiyeli** denir (Şekil 2.13.b). Elektriksel potansiyel V sembolü ile gösterilir.

Buna göre L noktasının elektriksel potansiyeli

$$V = \frac{E_p}{q_0} \Rightarrow V = \frac{k \frac{q \cdot q_0}{d}}{q_0} \text{ ifadesine göre}$$



$$V = k \frac{q}{d} \text{ olur.}$$

Elektriksel potansiyelin birimi SI'da **volt**tur ve skaler bir büyüklüktür. Bu nedenle elektriksel potansiyel hesaplanırken yükler işaretleriyle birlikte kullanılır.

L noktasının elektriksel potansiyeli $V = \frac{E_p}{q_0}$ olduğuna göre L noktasına yerleştirilecek herhangi bir q yükünün sahip olacağı elektriksel potansiyel enerji

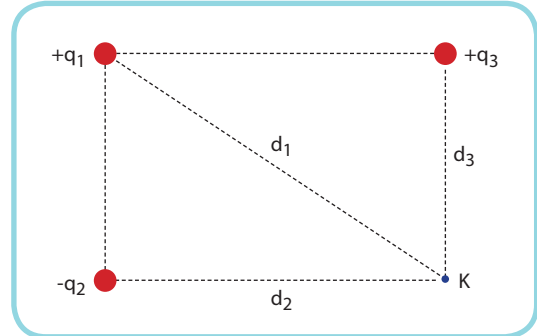


$$E_p = q \cdot V \text{ olur.}$$

Bir noktanın elektriksel potansiyeli, etrafındaki yüklerin o noktada oluşturduğu elektriksel potansiyellerin cebirsel toplamına eşit olur. Şekil 2.14'teki üç yükten oluşan yük sisteminde K noktasının elektriksel potansiyeli

$$V_K = k \frac{q_1}{d_1} + k \frac{(-q_2)}{d_2} + k \frac{q_3}{d_3} \text{ olur.}$$

K noktasının elektriksel potansiyeli



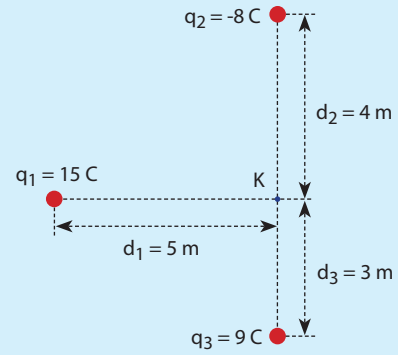
Şekil 2.14: Üç yükün elektrik alanının etkisindeki nokta

11. ÖRNEK

Noktasal q_1 , q_2 ve q_3 yükleri şekildeki gibi yerleştirilmiştir.

Buna göre yüklerin K noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel kaç V olur?

($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ alınız.)



ÇÖZÜM

K noktasının elektriksel potansiyeli

$$V_K = k \frac{q_1}{d_1} + k \frac{q_2}{d_2} + k \frac{q_3}{d_3} = 9 \times 10^9 \frac{15}{5} + 9 \times 10^9 \frac{(-8)}{4} + 9 \times 10^9 \frac{9}{3}$$

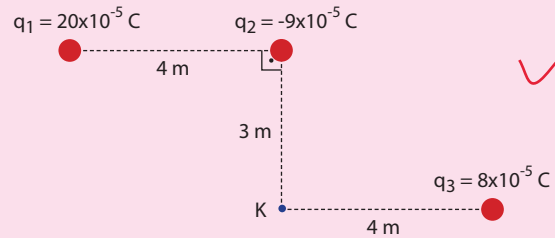
$$V_K = 27 \times 10^9 - 18 \times 10^9 + 27 \times 10^9 = 36 \times 10^9 \text{ V olur.}$$

11. ALIŞTIRMA

Üç noktasal yükü bir sistem oluşturulmuştur.

Buna göre K noktasının toplam elektriksel potansiyeli kaç V olur?

($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ alınız.)



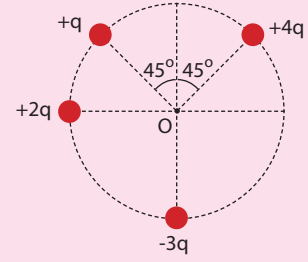
ÇÖZÜM



12. ALIŞTIRMA

$+q$, $+2q$, $-3q$ ve $+4q$ noktasal yükleri O merkezli yalıtkan levha üzerine şekildeki gibi sabitlenmiştir. $+2q$ yükünün O noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel V 'dir.

Buna göre O noktasında oluşan toplam elektriksel potansiyel kaç V olur?



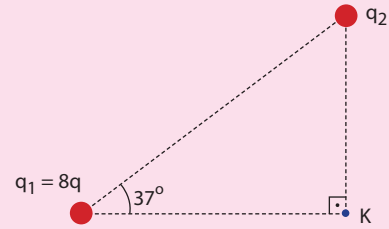
ÇÖZÜM



13. ALIŞTIRMA

q_1 ve q_2 noktasal yükleri üçgen yalıtkan levha üzerine sabitlenmiştir. q_1 ve q_2 yüklerinin K noktasında oluşturdukları elektriksel potansiyel sıfırdır.

Buna göre, $\frac{q_1}{q_2}$ oranı nedir? ($\sin 37^\circ = 0,6$ ve $\cos 37^\circ = 0,8$ alınız.)



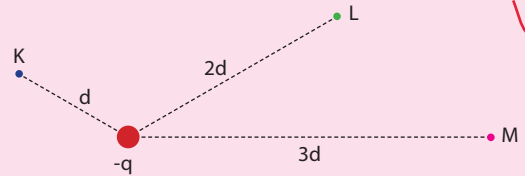
ÇÖZÜM



14. ALIŞTIRMA

K, L ve M noktalarının yükü $-q$ olan noktasal parçacığa olan uzaklıkları sırasıyla d , $2d$ ve $3d$ 'dir. K, L ve M noktalarındaki elektriksel potansiyeller sırasıyla V_K , V_L ve V_M 'dir.

Buna göre K, L ve M noktalarındaki elektriksel potansiyelleri büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

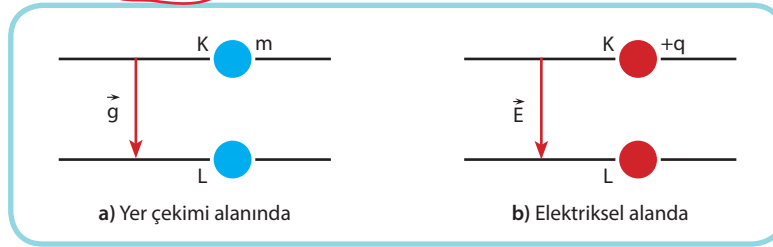


ÇÖZÜM



C) NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL İŞ

Bir öğrenci, kitaplığındaki bir kitabı bulunduğu raftan üst taraftaki başka rafa yerleştirirken kitap üzerine iş (W) yapar. Kitap üzerine yapılan iş, kitabın potansiyel enerjisindeki değişime eşit olur. Benzer şekilde elektrik alan içindeki bir yükü bir noktadan diğerine götürürken yük üzerinde de iş yapılabilir. Yapılan iş, yükün bu iki noktada sahip olacağı elektriksel potansiyel enerjilerinin farkına eşittir. Elektrik alan içindeki pozitif birim yükün bir noktadan diğerine götürülmesi için yapılan işe bu iki noktanın **elektriksel potansiyel farkı** denir. Buna göre elektriksel potansiyel farkı $\Delta V = \frac{W}{q}$ olur. $W = q \cdot \Delta V$

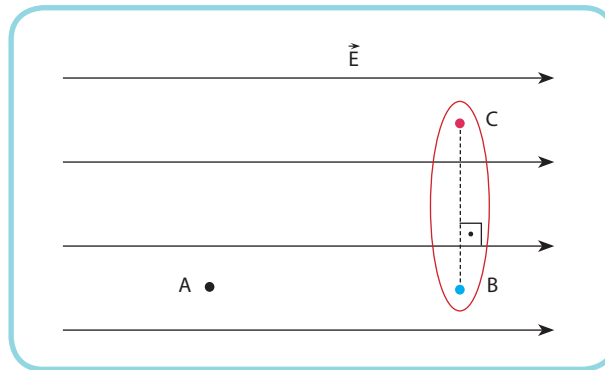


Şekil 2.15: Düzgün çekim alanlarında serbest bırakılan cisimler

Yer çekimi alanının etkisindeyken K noktasından serbest bırakılan m kütleli cisim L noktasına indiğinde cisim yer çekimi potansiyel enerjisini kaybeder (Şekil 2.15.a). Düzgün elektrik alan içinde ve alan doğrultusunda bulunan K ve L noktaları arasında potansiyel farkı vardır. Elektrik alanın yönü daima potansiyeli yüksek olan noktadan düşük olan noktaya doğrudur. Yer çekimi alanının etkisindeki harekete benzer şekilde düzgün elektrik alanının etkisindeyken elektrik alanla aynı yönde hareket eden +q yükü elektriksel potansiyel enerji kaybeder (Şekil 2.15.b). Yükün L noktasındaki potansiyel enerjisi K noktasındakinden daha azdır. Negatif yükler ise elektrik alan ile aynı yönde hareket ettirilirse elektriksel potansiyel enerji kazanır.



Bir elektrik alanda aynı elektriksel potansiyele sahip noktalar var mıdır?



Şekil 2.16: Düzgün elektrik alandaki noktalar

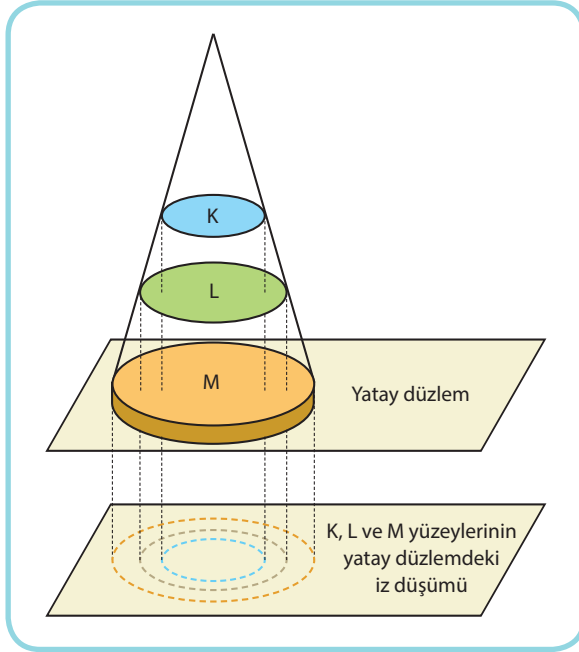
eş potansiyel noktalar (B ve C)

Şekil 2.16'daki gibi elektrik alan içindeki B ve C noktalarının potansiyelleri eşit ve A noktasının potansiyelinden daha düşüktür. Aynı potansiyele sahip olan B ve C noktalarının bulunduğu yere, alan içinde kalacak şekilde ve alan çizgilerine dik bir düzlem yerleştirilirse düzlem üzerindeki bütün noktaların potansiyelleri birbirine eşit olur.

Potansiyel farkı kavramını anlamamanın en iyi yolu elektrik akımını incelemektir. Yüklerin iletken üzerindeki hareketini yani elektrik akımının oluşmasını sağlayan, iletken üzerindeki iki noktanın elektriksel potansiyel farkıdır. Örneğin evlerde kullanılan elektrik enerjisi, 220 volt potansiyel farkı altında elektrik akımı sağlar. Bunun anlamı elektrik devresinde dolanan her 1 C'lük yükün 220 J enerji taşımasıdır. Taşınan enerji kadar da iş yapılması gerekir.

Pillerde (+) ve (-) olmak üzere yükleri ayrılmış iki uç vardır. Yüklerin ayrılması uçlar arasında potansiyel farkın oluşmasına neden olur ve pil her 1 C'luk yük için bu fark kadar iş yaparak iki uç arasında hareket eden yüklere enerji sağlar. İki kutup bir iletken tel ile birleştirildiğinde, kutuplar arasındaki potansiyel farkı azalır ve sıfır olana kadar iletken telden akım geçer. Pilin uçlarının potansiyel farkı sıfır olduğunda pil bitmiş olur.

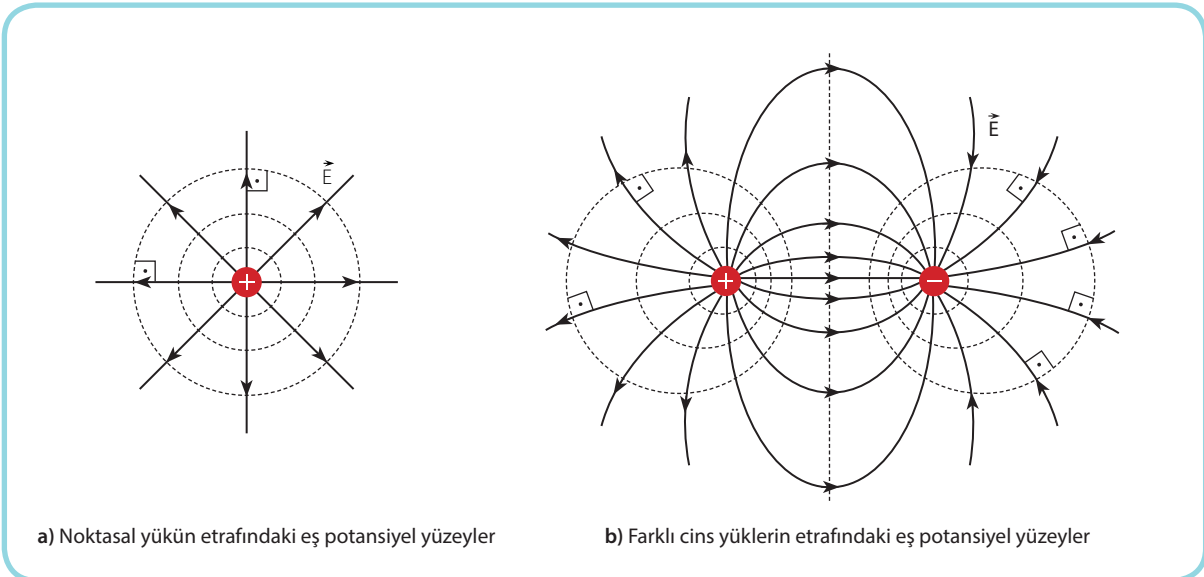
Halı üzerine ayaklar sürtüldükten sonra kapı koluna dokunulduğunda elektrik çarpması da pile benzer. Ayaklar halıya sürtülüp kapı koluna dokunulduğunda, kapı kolu ile dokunan kişi arasında potansiyel farkı oluşur. Bu potansiyel farkından dolayı anlık elektrik akımı oluşur ve elektrik çarpması gerçekleşir.



Şekil 2.17: K, L ve M eş potansiyel yüzeylerinin yatay düzlemdeki iz düşümü

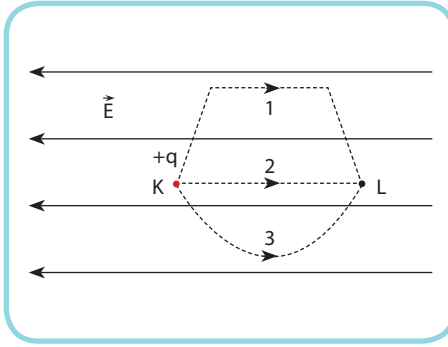
Şekil 2.17'de verilen belli bir yükseklikten sonrası koni şeklinde olan binanın katlarına ait K, L ve M yüzeyleri yatay düzleme paraleldir. K, L ve M yüzeylerindeki kişilerin yere göre potansiyel enerjileri buldukları yüzeyin her noktasında aynı büyüklükte olur. Benzer şekilde bir elektrik alanında da elektriksel potansiyelleri eşit noktaların oluşturduğu yüzeyler bulunur. Bu yüzeylere eş potansiyel yüzeyler denir. K, L ve M yüzeylerinin yatay düzlemdeki iz düşümü noktasal bir yük etrafındaki eş potansiyel yüzeylere benzer.

K, L ve M yatay düzlemlerinin herhangi birindeki cisim bulunduğu yüzeyin hangi noktasına götürülürse götürülsün cismin potansiyel enerjisi değişmez. Bu durumda cisim üzerine iş yapılmaz. Benzer şekilde yüklü bir tanecik aynı eş potansiyel yüzeydeki bir noktadan diğerine götürüldüğünde enerjisi değişmez. Bu durumda yük üzerinde iş yapılmaz.



Şekil 2.18: Noktasal yüklerin eş potansiyel yüzeyleri

Şekil 2.18.a'da noktasal yük etrafındaki eş potansiyel yüzeyler ile Şekil 2.18.b'de farklı cins ve aynı miktarda yüke sahip noktasal yükler etrafındaki eş potansiyel yüzeyler kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Kesikli çizgiler yükü saran yüzeyi temsil eder. Eş potansiyel yüzeyler ile elektrik alan çizgileri her zaman birbirine dik olur.



Şekil 2.19: Elektrik alan içindeki farklı potansiyelli noktalar arasında yükün hareketi

Şekil 2.19'daki gibi düzgün elektrik alandaki $+q$ yüklü cisim, potansiyeli V_K olan bir K noktasından potansiyeli V_L olan bir L noktasına götürüldüğünde bu iki nokta arasındaki elektriksel potansiyel farkı

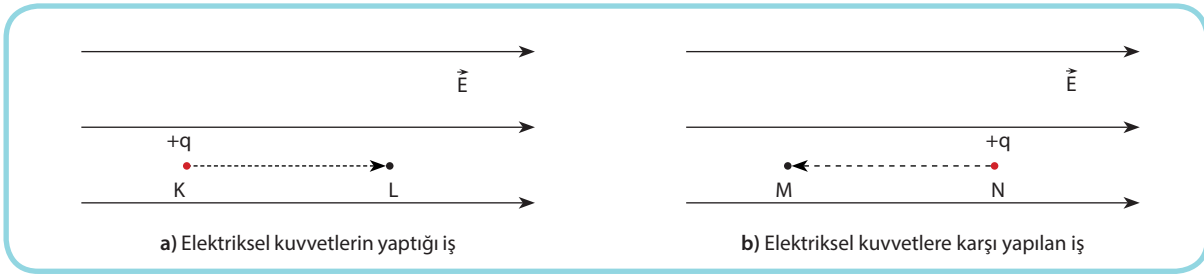
$V_{KL} = V_L - V_K$ ifadesi ile bulunur. q yükünü K noktasından L noktasına götürürken yapılan iş W ise

$$V_{KL} = V_L - V_K = \frac{W}{q}$$

$$W = q (V_L - V_K) \text{ olur.}$$

$V_L > V_K$ olduğundan $(V_L - V_K)$ farkı pozitif olur. Bu durumda yapılan iş (+) yükler için pozitif, (-) yükler için negatif olur.

$+q$ yükü K noktasından L noktasına kesikli çizgilerle gösterilen 1, 2 ve 3 yolları gibi farklı yollardan götürülebilir. $+q$ yükü K'den L'ye farklı yollardan getirilmiş olsa da iki nokta arasında yapılan iş aynıdır. Buna göre **elektriksel potansiyel farkı ve yapılan iş yükün iki nokta arasında aldığı yoldan bağımsızdır.**



Şekil 2.20: Düzgün elektrik alan içerisinde bir noktadan başka bir noktaya giden yükün yaptığı iş

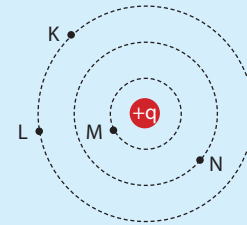
Şekil 2.20.a'da $+q$ yükünün \vec{E} alanıyla aynı yönde K'den L'ye gelmesi sırasında yük üzerinde iş yapan, elektriksel kuvvetlerdir. K ve L arasındaki elektriksel potansiyel farkı V_{KL} ile gösterilirse K ve L arasında elektriksel kuvvetlerin yaptığı iş $W_{KL} = q \cdot V_{KL}$ olur. Elektriksel kuvvetlerin yaptığı iş negatif olur ve sistemin elektriksel potansiyel enerjisini azaltır.

Şekil 2.20.b'de $+q$ yükünün \vec{E} alanına ters yönde, N noktasından M'ye getirilmesi sırasında elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır. N ve M noktaları arasındaki elektriksel potansiyel farkı V_{NM} ile gösterilirse N ve M arasında elektriksel kuvvetlere karşı yapılan iş $W_{NM} = q \cdot V_{NM}$ olur. Elektriksel kuvvetlere karşı yapılan iş pozitif olur ve sistemin elektriksel potansiyel enerjisini artırır.

12. ÖRNEK

Şekildeki noktasal $+q$ yükü etrafındaki eş potansiyel yüzeylerin üçü kesikli çizgilerle gösterilmiştir.

Buna göre yüzeyler üzerindeki K, L, M ve N noktalarının elektriksel potansiyellerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

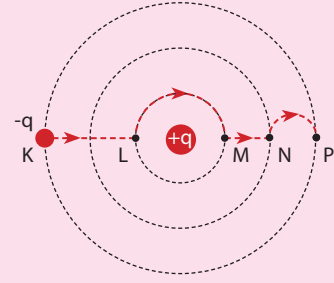


ÇÖZÜM

K ve L noktaları aynı eş potansiyel yüzeyde olduğundan elektriksel potansiyelleri de eşit olur. Eş potansiyel yüzeyler $+q$ yükünden uzaklaştıkça yüzeylerin potansiyeli küçülür. Buna göre K, L, M ve N noktalarındaki elektriksel potansiyeller sırayla V_K, V_L, V_M ve V_N alınırsa $V_M > V_N > V_L = V_K$ olur.

15. ALIŞTIRMA

Şekildeki $+q$ yükünün etrafındaki eş potansiyel yüzeylerin üçü kesikli çizgilerle gösterilmiştir. K noktasındaki $-q$ yükü sırasıyla L, M, N ve P noktalarına taşınmıştır. Yükün takip ettiği yol, bu noktalar arasındaki oklarla gösterilmiştir.



Buna göre

- Yük taşınırken hangi noktalar arasında elektriksel kuvvetler iş yapar?
- Yük taşınırken hangi noktalar arasında elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır?
- Yük taşınırken hangi noktalar arasında iş yapılmaz?

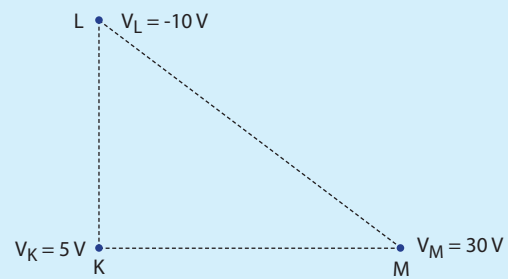
ÇÖZÜM



13. ÖRNEK

Şekildeki üçgenin K, L ve M noktalarındaki elektriksel potansiyelin değerleri sırasıyla V_K , V_L ve V_M 'dir.

Buna göre KL, LM ve MK aralıklarının elektriksel potansiyel farkı sırayla V_{KL} , V_{LM} ve V_{MK} kaç volt olur?



ÇÖZÜM

Noktalar arasındaki potansiyel farkı son konumdaki elektriksel potansiyelden ilk konumdaki elektriksel potansiyel çıkarılarak bulunur. Buna göre

$$V_{KL} = V_L - V_K = -10 - 5 = -15 \text{ V}$$

$$V_{LM} = V_M - V_L = 30 - (-10) = 40 \text{ V}$$

$$V_{MK} = V_K - V_M = 5 - 30 = -25 \text{ V olur.}$$

14. ÖRNEK

2×10^{-3} C'luk noktasal bir yükü K noktasından L noktasına götürmek için elektriksel kuvvetlere karşı 6 J iş yapılmaktadır.

Buna göre K ve L noktalarının potansiyel farkı kaç V olur?

ÇÖZÜM

K ve L noktaları arasında yapılan iş

$$W_{KL} = q \cdot V_{KL} \implies 6 = 2 \times 10^{-3} \cdot V_{KL} \implies V_{KL} = 3 \times 10^3 = 3000 \text{ V olur.}$$

16. ALIŞTIRMA

Bir yükün, elektriksel potansiyel farkı olan bir noktadan diğerine taşınması sırasında yapılan elektriksel iş, bir kitabın bir raftan diğerine taşınması sırasında yapılan işe benzer.

Buna göre noktasal yükler incelenirken kullanılan elektriksel potansiyel, elektriksel potansiyel enerji, elektriksel potansiyel farkı ve eş potansiyel yüzeylere benzer başka fiziksel durumlara örnek veriniz.

ÇÖZÜM

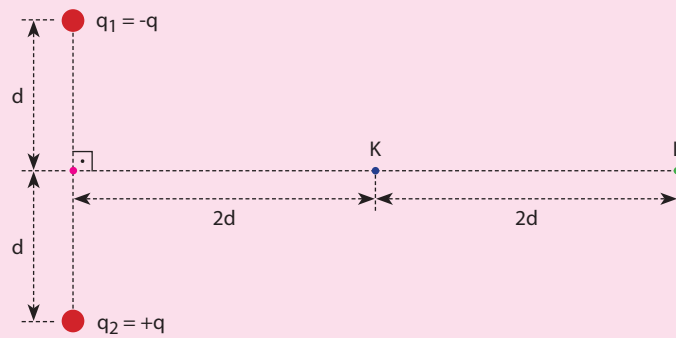


17. ALIŞTIRMA

q_1 ve q_2 yükleri şekilde verilen konumlarında sabitlenmiştir.

Buna göre

- K ve L noktalarının elektriksel potansiyelleri arasındaki fark kaç V olur?
- Bir q yükünü K noktasından L noktasına götürürken yapılacak işin değeri ne olur?

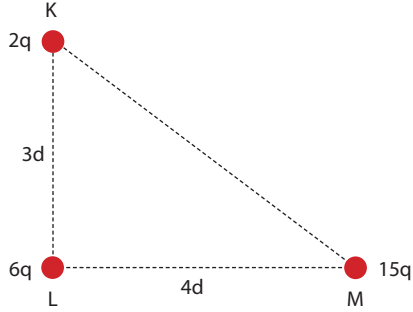


ÇÖZÜM



2. BÖLÜM SONU SORULARI

1. L noktasındaki $6q$ yükünün, K noktasındaki $2q$ yükünün etkisiyle sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji 20 J 'dür.



Buna göre M noktasındaki $15q$ yükünün K noktasındaki $2q$ yükünün etkisiyle sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji kaç J olur?

ÇÖZÜM



2. Yükü $2 \times 10^{-5} \text{ C}$ olan noktasal parçacığı K noktasından L noktasına götürmek için yapılan iş 10 J 'dür.

Buna göre bu iki noktanın elektriksel potansiyel farkı kaç V olur?

ÇÖZÜM

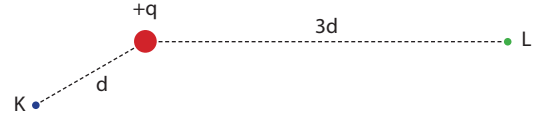


3. Yüklü bir tanecik etrafında elektriksel potansiyeli eşit olan noktalar var mıdır? Varsa özellikleri nelerdir?

ÇÖZÜM



4. K ile L noktaları $+q$ yükünden sırasıyla d ve $3d$ uzaklıktadır. $+q$ yükünün K noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyel 9 V 'tur.

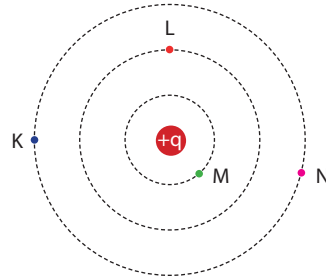


Buna göre K ile L noktaları arasındaki elektriksel potansiyel farkı kaç V olur?

ÇÖZÜM



5. Noktasal $+q$ yükünün etrafında eşit aralıklarla sıralanmış eş potansiyel yüzeylerin üzerinde K, L, M ve N noktaları verilmiştir. $+q$ yükünün L noktasında oluşturduğu elektriksel potansiyelin değeri 15 V 'tur.



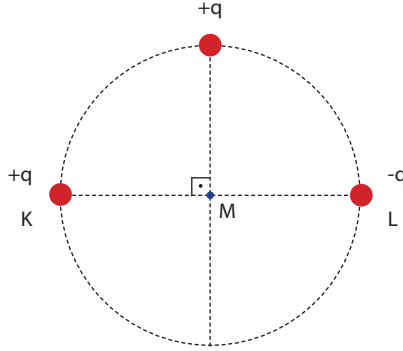
Buna göre

- a) K ve N noktalarının elektriksel potansiyel farkı kaç V olur?
b) M ve N noktalarının elektriksel potansiyel farkı kaç V olur?

ÇÖZÜM



6. Üç yük şekildeki gibi yalıtkan yüzeydeki çembersel çizgi üzerine yerleştirilmiştir. Bu durumda yüklerin çemberin merkezindeki M noktasında oluşturduğu bileşke elektrik alan şiddeti \vec{E} , elektriksel potansiyeli V ve sistemin elektriksel potansiyel enerjisi E_p 'dir.



K ve L noktalarındaki yüklerin yerleri değiştirildiğinde

- M noktasındaki bileşke elektrik alanın
- M noktasındaki elektriksel potansiyelin
- Sistemin elektriksel potansiyel enerjisinin ilk duruma göre nasıl değiştiğini açıklayınız.

ÇÖZÜM



7. Yüklü bir cismin elektriksel potansiyelinin yüksek olması, cismin elektriksel potansiyel enerjisinin de yüksek olduğu anlamına gelir mi? Açıklayınız.

ÇÖZÜM



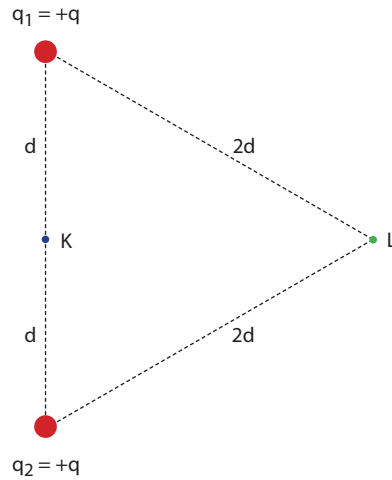
8. Yüklü 8×10^{-5} C olan noktasal parçacığın bulunduğu noktada sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji 40 J'dür.

Buna göre yükün bulunduğu noktadaki elektriksel potansiyel kaç V olur?

ÇÖZÜM



9. q_1 ve q_2 yüklerinin K noktasına uzaklıkları d, L noktasına uzaklıkları $2d$ 'dir.



Buna göre $+q$ yüklü bir parçacık L den K'ye getirilirken elektriksel kuvvetlere karşı yapılan iş kaç $k \frac{q^2}{d}$ olur?

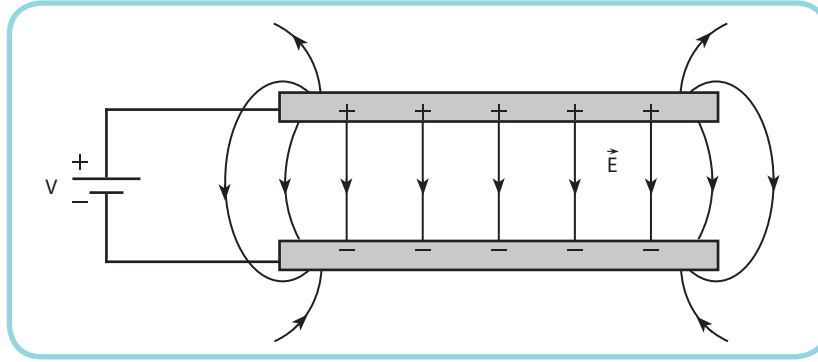
ÇÖZÜM



2.3. DÜZGÜN ELEKTRİK ALAN VE SIĞA

A) YÜKLÜ, İLETKEN VE PARALEL LEVHALAR ARASINDA OLUŞAN ELEKTRİK ALAN

Noktasal bir yükün etrafında oluşan elektrik alan her noktada farklı yön ya da doğrultuda olabildiği için düzgün bir elektrik alan oluşturmaz. Elektrik alan özellikleri her noktasında aynı olan alanlara **düzgün elektrik alan** denir.



Şekil 2.21: Paralel levhalar arasında düzgün elektrik alan

Özdeş, iletken ve paralel iki levhadan biri üreticin (+) diğeri (-) kutbuna iletken tellerle bağlanarak yüklenirse levhalar arasında düzgün elektrik alan oluşur. Yüklenen iki levhanın potansiyel farkı üreticin kutupları arasındaki potansiyel farkına eşit olur. Oluşan elektrik alanın şiddeti, levhalar arasındaki her noktada aynıdır. Elektrik alan çizgileri (+) yüklü levhadan (-) yüklü levhaya doğrudur (Şekil 2.21).

Alan çizgileri, çıktıkları ve son buldukları yüzeye daima diktir. Elektrik alan çizgileri birbirine paralel ve eşit aralıklarla çizilerek modellenir. Alan çizgilerinin düzgünlüğü levhaların uç kısımlarına doğru bozulur ancak problem çözümlerinde levhalar arasındaki elektrik alan düzgün kabul edilir.

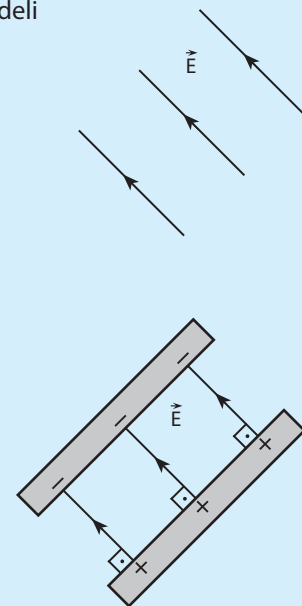
15. ÖRNEK

İki paralel levha arasında oluşan düzgün elektrik alana ait çizgileri modeli şekildeki gibidir.

Buna göre levhaların yerini çizerek elektrik yüklerinin işaretlerini levhalar üzerinde gösteriniz.

ÇÖZÜM

Elektrik alan (+) yükten (-) yüke doğru ve levhalara dik olduğundan levhalar şekilde gösterildiği gibi çizilir.

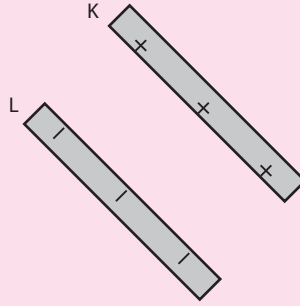


18. ALIŞTIRMA

(+) yüklü K ve (-) yüklü L levhaları arasında düzgün elektrik alan oluşmaktadır.

Buna göre K ve L levhaları arasında oluşan elektrik alan yönünü şekil üzerinde çiziniz.

ÇÖZÜM

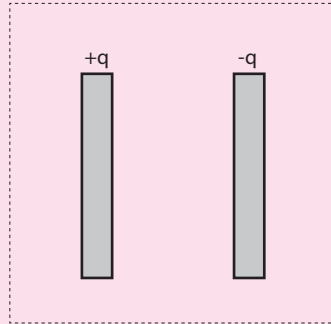


19. ALIŞTIRMA

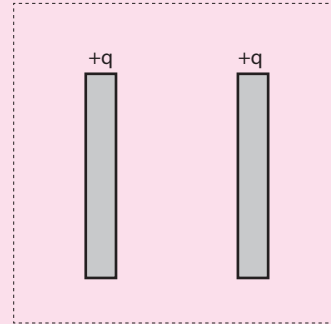
Şekil I, Şekil II, Şekil III ve Şekil IV'teki gibi yük sistemleri oluşturulmuştur.

Buna göre sistemlerde oluşan elektrik alan yönünü şekiller üzerine çizerek hangisinde düzgün elektrik alan oluşacağını belirleyiniz.

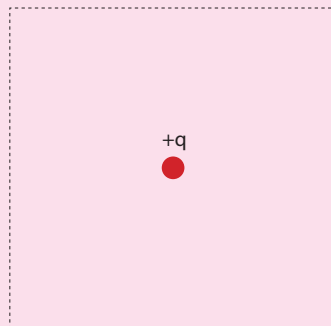
ÇÖZÜM



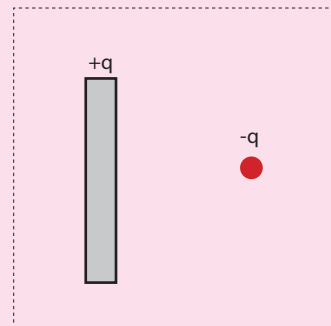
Şekil I



Şekil II



Şekil III



Şekil IV



B) YÜKLÜ, İLETKEN VE PARALEL LEVHALAR ARASINDA OLUŞAN ELEKTRİK ALANIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER



Simülasyon 2.1: Yüklü, İletken ve Paralel Levhalar Arasında Oluşan Elektrik Alanın Bağlı Olduğu Değişkenler



Simülasyonun Amacı

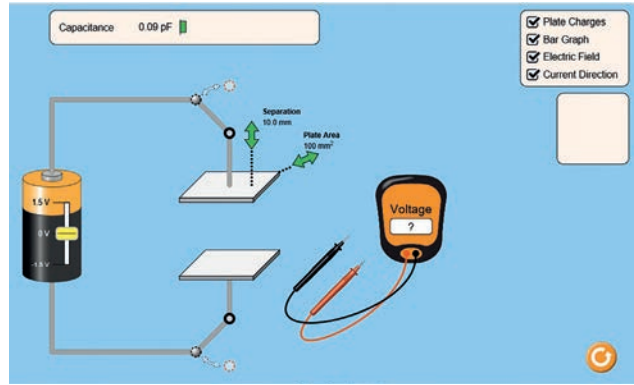
Yüklü, iletken ve paralel levhalar arasında oluşan elektrik alanının bağlı olduğu değişkenleri incelemek



Verilen karekodu okutarak simülasyonu açınız.

Simülasyonun Uygulanışı

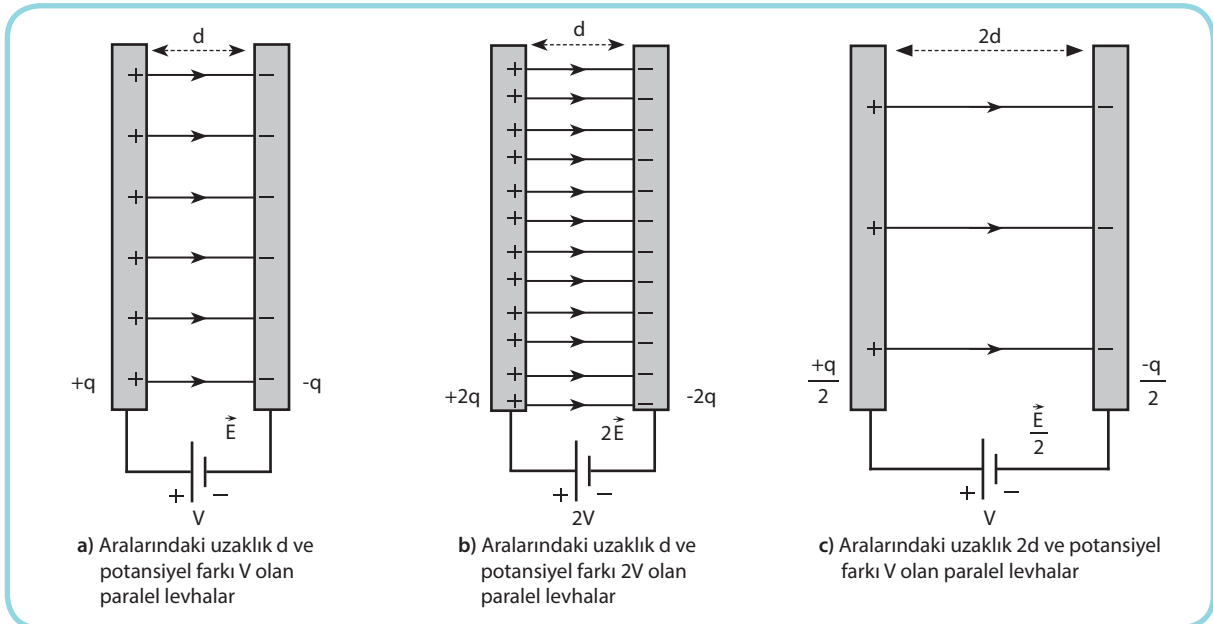
1. Ekran görüntüsündeki sağ üst köşede görünen kutucukların hepsinin seçili olmasını sağlayınız.
2. Pilin üzerindeki sarı parçayı aşağı ya da yukarı yönde hareket ettirerek potansiyel farkı sağlayınız ve levhalar arasında elektrik alan oluşturunuz. Oluşan elektrik alan çizgilerini gözlemleyiniz.
3. Elektrik alanı oluşturduktan sonra voltmetreyi kullanarak levhaların arasındaki potansiyel farkı ölçünüz ve okuduğunuz değeri not ediniz. Bunun için voltmetrenin kablolu uçlarını levhalara değdirmeniz yeterlidir.
4. Pilin potansiyel farkını değiştirerek voltmetreyle ölçüm işlemini tekrar yapınız ve okuduğunuz değeri not ediniz. Oluşan elektrik alan çizgilerini gözlemleyiniz.
5. Pilin potansiyel farkını sabit tutarak levhalar arasındaki uzaklığı, simülasyondaki okları kullanarak değiştiriniz. Elektrik alanda bir değişim olup olmadığını gözlemleyiniz.
6. Levhalar arasındaki uzaklığın değişmesi durumunda levhalar arasındaki potansiyel farkı voltmetre ile ölçüp değeri not ediniz.
7. Pilin potansiyel farkını sabit tutarak levhaların büyüklüğünü, simülasyondaki okları kullanarak değiştiriniz. Elektrik alanda bir değişim olup olmadığını gözlemleyiniz.
8. Levhaların büyüklüğünün değişmesi durumunda levhalar arasındaki potansiyel farkı voltmetre ile ölçüp değeri not ediniz.
9. Levhaların pil ile olan bağlantısını kesiniz.
10. Levhalar arasındaki uzaklığı, simülasyondaki okları kullanarak arttırınız. Elektrik alanda bir değişim olup olmadığını gözlemleyiniz.
11. Levhalar arasındaki uzaklığı arttırarak potansiyel farkı voltmetre ile ölçüp değeri not ediniz.



Simülasyon 2.1'in devamı

Değerlendirme

1. Pilin potansiyel farkını değiştirdiğinizde elektrik alan çizgilerinin sayısında ve voltmetrede okuduğunuz değerde nasıl bir değişiklik oldu?
2. Pilin potansiyel farkı sabitken levhalar arasındaki uzaklığı değiştirdiğinizde elektrik alan çizgilerinin sayısında ve voltmetrede okuduğunuz değerde nasıl bir değişiklik oldu?
3. Pilin potansiyel farkı sabitken levhaların büyüklüğünü değiştirdiğinizde elektrik alan çizgilerinin sayısında ve voltmetrede okuduğunuz değerde nasıl bir değişiklik oldu?
4. Levhaları pilden ayırıp aralarındaki uzaklığı arttırdığınızda elektrik alan çizgilerinde ve potansiyel farkında nasıl bir değişiklik oldu?
5. Yüklü paralel levhalar arasındaki elektrik alan hangi değişkenlere bağlıdır?



Şekil 2.22: Aralarındaki potansiyel farkı ve uzaklığı değiştirilen paralel levhalar

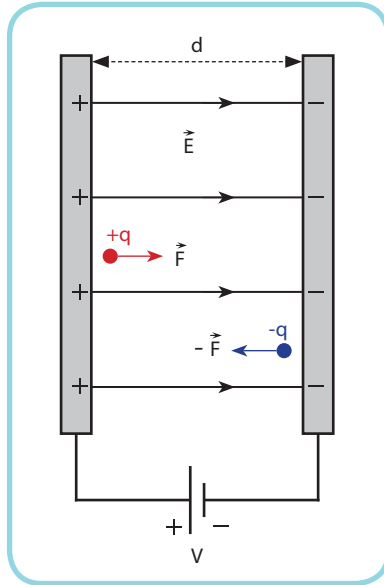
Aralarındaki uzaklık d kadar olan paralel levhalar, potansiyel farkı V olan üretece bağlanırsa levhalar arasındaki potansiyel fark üreticisine eşit olana kadar levhalar $+q$ ve $-q$ yükleri ile yüklenir (Şekil 2.22.a). Buna göre levhalar arasındaki elektrik alan E büyüklüğünde olur.

Levhalar arasındaki uzaklık değiştirilmeden potansiyel farkı $2V$ olan bir üretece bağlanırsa potansiyel fark arttığı için levhaların yükü de iki katına çıkarak $2q$ olur. Bu durumda iki katına çıkan yüklerin oluşturduğu elektrik alan $2E$ büyüklüğünde olur ve elektrik alan çizgileri de iki katına çıkar. Buna göre elektrik alan, potansiyel farkı ile doğru orantılıdır (Şekil 2.22.b).

Levhalar arasındaki uzaklık iki katına çıkarılarak potansiyel farkı V olan bir üretece bağlanırsa levhaların yükü $\frac{q}{2}$ olur. Bu durumda elektrik alanın büyüklüğü $\frac{E}{2}$ olur ve elektrik alan çizgileri yarıya düşer. Buna göre elektrik alan, levhalar arasındaki uzaklık ile ters orantılıdır (Şekil 2.22.c).

Bu ifadelerle göre $E = \frac{V}{d}$ olur.





Şekil 2.23: Paralel levhalar arasında yüklü cisimlere etkiyen kuvvetler

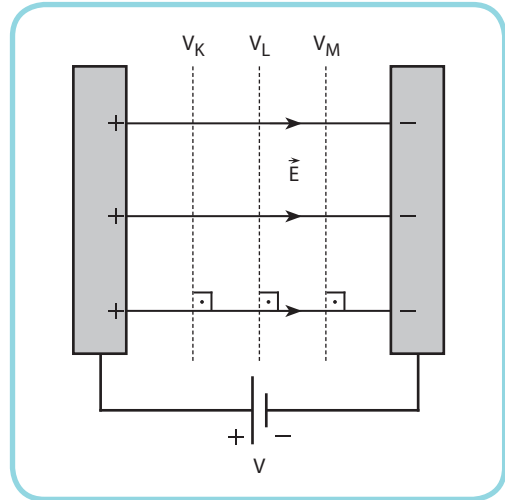
Düzgün elektrik alan içindeki yüklü cisme etki eden elektriksel kuvvetin yönü, elektrik alanın doğrultusuna daima paraleldir. (+) yüklü cisme elektrik alan yönünde, (-) yüklü cisme elektrikle zıt yönde kuvvet etki eder. Sürtünme ve yer çekimi kuvvetinin ihmal edildiği ortamdaki yüklü cisimler elektriksel kuvvet yönünde hareket eder. +q yüklü parçacık, yüklü levhalar arasına bırakıldığında (+) yüklü levhadan (-) yüklü levhaya doğru hareket eder. Elektrik alan içindeki yüklü cismi harekete geçiren elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$$F = q \cdot E = q \cdot \frac{V}{d} \text{ olur (Şekil 2.23).}$$

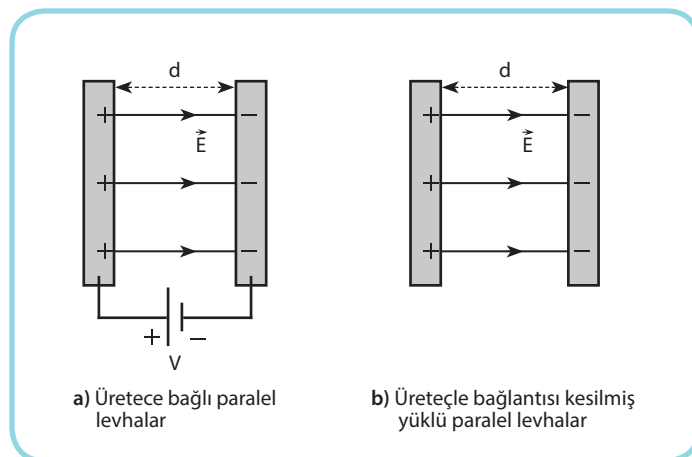
Yükün bir levhadan diğerine taşınması sırasında elektriksel kuvvetlerin yaptığı iş

$$W = F \cdot d = q \cdot E \cdot d = q \cdot V \text{ olur.}$$

Elektriksel potansiyel, skaler bir büyüklüktür. Bu nedenle levhalar arasındaki herhangi bir noktanın elektriksel potansiyeli, (+) yüklü levhadan (-) yüklü levhaya gidildikçe azalır. Bir levhaya eşit uzaklıkta olan noktalar aynı elektriksel potansiyele sahip olur. Elektriksel potansiyelleri eşit olan bu noktaların oluşturduğu yüzeyler paralel levhalar arasındaki eş potansiyel yüzeylerdir. Şekil 2.24'teki üç eş potansiyel yüzeyin elektriksel potansiyelleri V_K, V_L ve V_M 'dir. Bu elektriksel potansiyellerin büyüklük ilişkisi $V_K > V_L > V_M$ olur.



Şekil 2.24: Paralel levhalar arasındaki eş potansiyel yüzeyler



Şekil 2.25: Üretece bağlı olan ve bağlantısı kesilen yüklü paralel levhalar

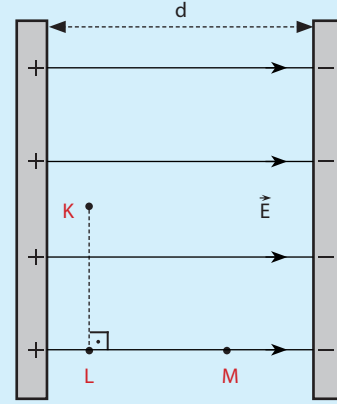
Paralel levhalar bir üretece bağlanırsa levhaların potansiyel farkının sabit kalması sağlanır (Şekil 2.25.a). Levhalar yüklendikten sonra üreteçle bağlantısı kesilirse elektriksel olarak yalıtılmış levhalardaki yük miktarları sabit kalır. Levhalar arasındaki elektrik alan çizgi sayısı ve elektrik alanın değeri değişmez (Şekil 2.25.b). Bu levhalar birbirinden uzaklaştırılırsa zıt yüklü oldukları için elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır. Yapılan bu iş, sisteme elektriksel potansiyel enerji olarak aktarılır. Bu nedenle üretece bağlı olmayan levhalar birbirinden uzaklaştırıldığında levhaların potansiyel farkı artar.

16. ÖRNEK

Şekildeki paralel levhaların bir üreteçle yüklendikten sonra üreteçle olan bağlantısı kesilmiştir.

Buna göre

- K, L ve M noktalarının elektriksel potansiyellerini büyüklüklerine göre sıralayınız.
- K, L ve M noktalarındaki elektrik alanları büyüklüklerine göre sıralayınız.
- Levhalar birbirine yaklaştırılırsa levhalar arasındaki elektrik alan ve levhaların potansiyel farkı nasıl değişir?



ÇÖZÜM

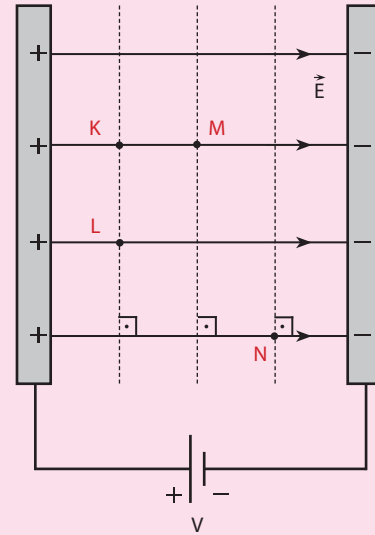
- K ile L noktaları eş potansiyel yüzeylerdedir. M noktası (-) yüklü levhaya daha yakın olduğundan elektriksel potansiyeli K ve L noktalarından küçüktür. Buna göre $V_K = V_L > V_M$ olur.
- Paralel levhalar arasındaki elektrik alan her yerde aynı değerdedir. Buna göre $E_K = E_L = E_M$ olur.
- Levhalar yaklaştırıldığında levhalar üretece bağlı olmadığı için yük miktarı ve levhalar arasındaki elektrik alan değişmez. $E = \frac{V}{d}$ eşitliğine göre elektrik alan sabit olduğu için levhalar arasındaki uzaklık azaltılırsa levhaların potansiyel farkı da azalır.

20. ALIŞTIRMA

Şekildeki paralel levhalar bir üreteçle bağlanarak yüklenmiştir.

Buna göre

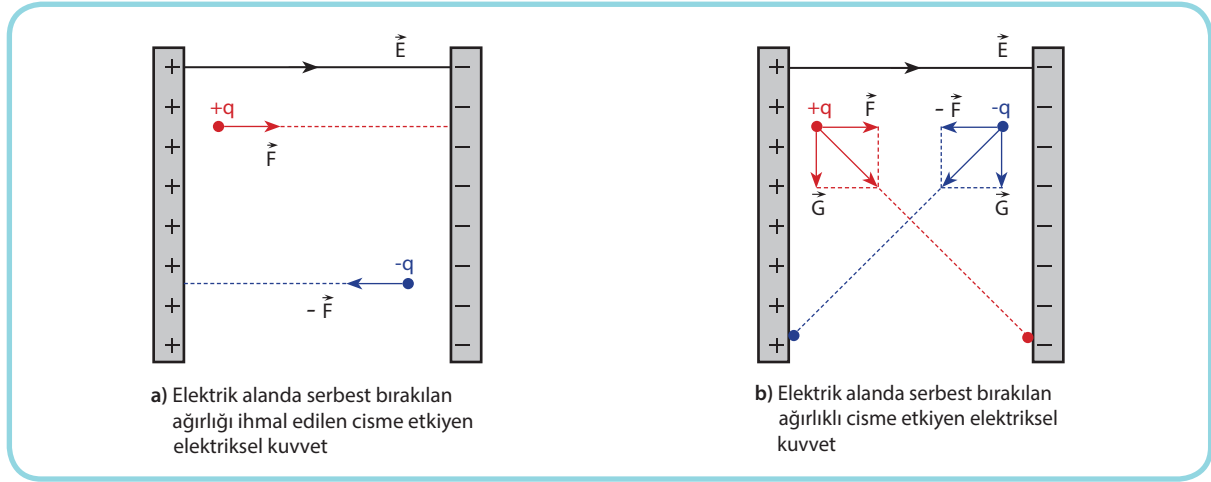
- K, L, M ve N noktalarının elektriksel potansiyellerini büyüklüklerine göre sıralayınız.
- K, L, M ve N noktalarındaki elektrik alanları büyüklüklerine göre sıralayınız.
- Levhalar birbirine yaklaştırılırsa levhalar arasındaki elektrik alan ve levhaların potansiyel farkı nasıl değişir?



ÇÖZÜM

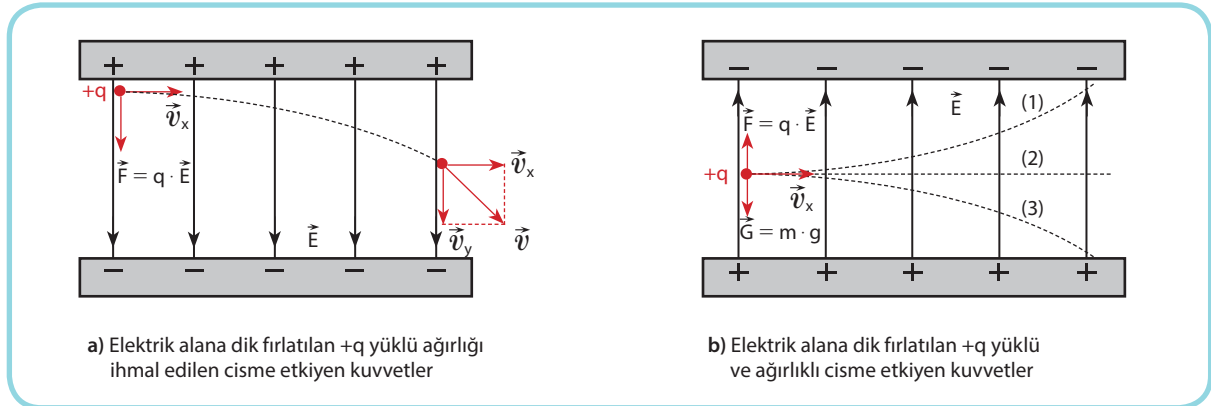


C) YÜKLÜ PARÇACIKLARIN DÜZGÜN ELEKTRİK ALANDAKİ HAREKETİ



Şekil 2.26: Elektrik alanında serbest bırakılan ağırlığı ihmal edilen ve ağırlıklı cisimlere etkiyen elektriksel kuvvet

Düzgün elektrik alan içindeki yüklü parçacığa $F = q \cdot E$ büyüklüğünde bir elektriksel kuvvet etki etmektedir. Düzgün elektrik alan içindeki yüksüz cisimlere ise elektriksel kuvvet etki etmez. Sürtünmesi ihmal edilen düşey düzlemdeki yüklü paralel levhalar arasında oluşan elektrik alanına bırakılan $+q$ ve $-q$ yüklü cisimler elektrik alan çizgilerine paralel olarak hareket eder (Şekil 2.26.a). Levhalar arasına bırakılan \vec{G} ağırlığına sahip yüklü tanecikler elektriksel kuvvet ve ağırlığın bileşkesi doğrultusunda hareket eder (Şekil 2.26.b).



Şekil 2.27: Elektrik alanına dik fırlatılan $+q$ yüklü cisimlere etkiyen kuvvetler

Ağırlığı ihmal edilen $+q$ yüklü cisim, düşey düzlemdeki yüklü levhaların arasındaki elektrik alanına dik olarak yatay \vec{v}_x hızı ile fırlatıldığında bu cisme sadece elektriksel kuvvet etki eder. Yüklü cisim, elektrik alan içinde yatay atış hareketi yapar. İzlediği yörünge paraboliktir. Alana dik olan \vec{v}_x hızı hareket boyunca sabittir. Elektriksel kuvvetin etkisiyle oluşan \vec{v}_y hızı ise sabit ivme etkisinde sürekli artar. Cismin herhangi bir andaki hızı, bu iki hızın bileşkesidir (Şekil 2.27.a).

Ağırlığı \vec{G} olan $+q$ yüklü cisim, düşey düzlemdeki yüklü levhaların arasına elektrik alanına dik olarak yatay \vec{v}_x hızı ile fırlatıldığında bu cisme iki kuvvet etki eder. Bu kuvvetlerden biri cismin ağırlığı, diğeri elektriksel kuvettir. Cismin izleyeceği yörüngeyi, cismin ağırlığı ile elektriksel kuvvet arasındaki ilişki belirler. Yüklü cisim, Şekil 2.27.b'de gösterildiği gibi

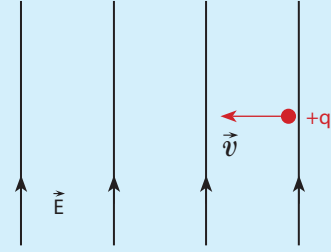
- $F > G$ ise (1) ile gösterilen parabolik yörüngede hızlanarak,
- $F = G$ ise (2) ile gösterilen doğrusal yörüngede sabit hızla,
- $G > F$ ise (3) ile gösterilen parabolik yörüngede hızlanarak ilerler.

İki boyutta hareket

17. ÖRNEK

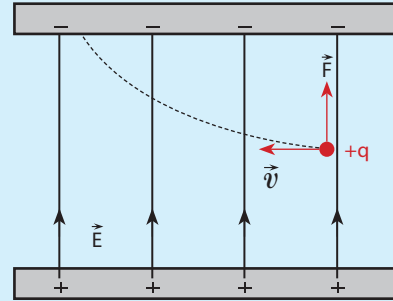
Şekildeki düzgün elektrik alan sürtünmelerin önemsenmediği ortamdadır. Ağırılığı ihmal edilen $+q$ yüklü parçacık düzgün elektrik alana dik olarak yatay \vec{v} büyüklüğündeki hızla fırlatılmıştır.

Buna göre $+q$ yüklü parçacığın hareketi sırasında izleyeceği yörüngeyi çiziniz.



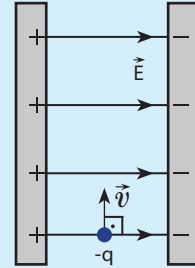
ÇÖZÜM

$+q$ yüklü parçacığa elektrik alan yönünde kuvvet etki eder. Yüklü parçacık (-) yüklü levhaya doğru şekildeki gibi parabolik bir yörünge izler.



18. ÖRNEK

Ağırılığı ihmal edilen $-q$ yüklü parçacık, sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda iki levhaya eşit uzaklıktaki noktadan \vec{v} büyüklüğünde hızla elektrik alana dik olarak fırlatılmıştır. Aynı $-q$ yüklü parçacık, elektrik alanın düzgünlüğü bozulmayacak şekilde levhalar birbirinden uzaklaştırıldıktan sonra yine levhalara eşit uzaklıktaki noktadan alana dik ve \vec{v} hızıyla fırlatılmaktadır.

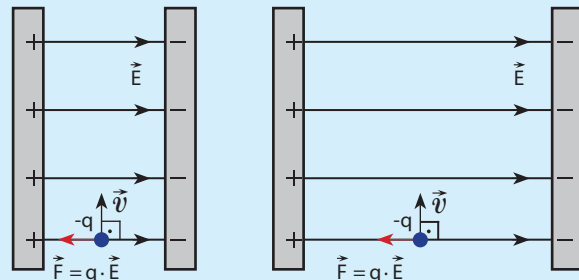


Buna göre

- Birbirinden uzaklaştırılan levhalar arasındaki elektrik alanı çiziniz.
- Levhalar birbirinden uzaklaştırılmadan önce ve uzaklaştırıldıktan sonra yüklü parçacığa etki eden kuvvetlerin yönünü ve büyüklüğünü karşılaştırınız.

ÇÖZÜM

- Levhalar birbirinden uzaklaştırılsa da yükün gideceği veya geleceği bir üreteç olmadığı için yük miktarı değişmez. Bu durumda alan çizgilerinin sayısı dolayısıyla elektrik alanın büyüklüğü değişmez.



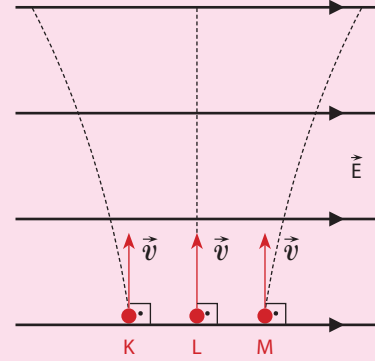
- Yük ve elektrik alanın büyüklüğü değişmediğinden yüklere etki eden kuvvet $F = q \cdot E$ büyüklüğünde olur. Yükün işareti (-) olduğundan kuvvet, levhalara dik ve (+) yüklü levhaya doğrudur.

21. ALIŞTIRMA

Ağırlığı ihmal edilen K, L ve M parçacıkları düzgün elektrik alanına dik olarak \mathcal{V} büyüklüğündeki hızlarla fırlatıldığında şekildeki yörüngeleri izlemektedirler.

Buna göre

- Düzgün elektrik alanı oluşturan levhaları çizerek yük işaretlerini üzerinde gösteriniz.
- K, L ve M parçacıklarının yük işaretlerini belirleyiniz.



ÇÖZÜM

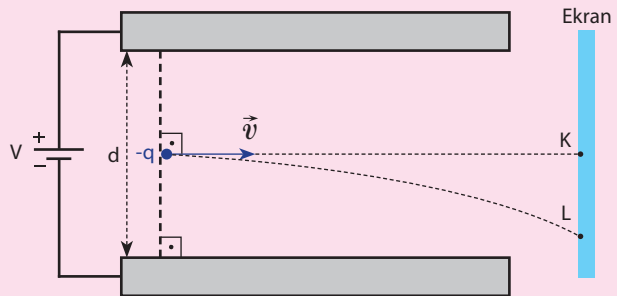


22. ALIŞTIRMA

Levhalar sürtünmelerin ihmal edildiği ortamda ve birbirinin düşeyinde olacak şekilde yerleştirilmiştir. $-q$ yüklü bir parçacık paralel levhalar arasında K noktasına doğru \mathcal{V} büyüklüğünde hızla fırlatıldığında L noktasına çarpmaktadır.

Buna göre yükün K noktasına çarpması için

- Levhalar arasındaki d uzaklığında nasıl bir değişiklik yapılabilir?
- Levhalar arasındaki potansiyel farkı V 'de nasıl bir değişiklik yapılabilir?



ÇÖZÜM



ARAŞTIRMA KONUSU

Yüklü parçacıkların elektrik alandaki davranışının teknolojiye kullanım alanları ile ilgili bir araştırma yapınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıf ortamında arkadaşlarınıza sunum yaparak paylaşınız.

Ç) SİĞA (KAPASİTE)

Bir bardak ya da sürahi ancak hacimleri kadar su ile doldurulabilir. Hacimlerinden fazla su ilave edildiğinde taşar. Kapların alabileceği su miktarı, kapasitelerini belirler. Sürahinin hacmi bardaktan büyük olduğu için kapasitesi de daha fazladır (Görsel 2.2). Benzer şekilde maddeler de elektrik yükü depolayabilir. Maddeleri sonsuz büyüklükte yüklemek imkânsızdır. Maddelerin belirli miktarda yük alabilme kapasiteleri vardır. İletken maddelerin yük depolayabilme ölçüsüne **sığa (kapasite)** denir. Bu durumda iletkende biriken yük miktarı, iletkenin sığası ile doğru orantılıdır. Sığa **C** sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi **faraddır (F)**.



Görsel 2.2: Bardak ve sürahi

Günlük yaşantıda enerjinin depolanması büyük önem taşımaktadır. Farklı yöntemlerle iletkenlerde yük depolanabilir. **Yük depo edebilmenin yöntemlerinden biri paralel iki levha kullanmaktır.** Levhalar üretece bağlanarak yüklenir. Yükleme işlemi bittikten sonra üreteçten ayrılan levhaların yükleri, üzerlerinde kalır. Bu şekilde levhalara yük ve dolayısıyla enerji depolanmış olur. Levhalar bir üretece bağlı ise depolanan yük miktarı, levhaların sığası ve bağlı olduğu üretecin potansiyel farkı ile doğru orantılı olur.

19. ÖRNEK

Sığası C olan paralel ve iletken iki levha bir üretece bağlandığında her bir levhada q büyüklüğünde yük depolanmaktadır.

Buna göre aynı üretece sığası $5C$ olan paralel ve iletken iki levha bağlanırsa her bir levhada depolanan yükün büyüklüğü kaç q olur?

ÇÖZÜM

Aynı üretece bağlıyken her bir levhada biriken yük miktarı sığa ile doğru orantılı olduğundan levhaların yükü $5q$ olur.

23. ALIŞTIRMA

Sığa kavramını günlük hayattan örneklerle açıklayınız.

ÇÖZÜM



D) SİĞANIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER



Simülasyon 2.2: Sığanın Bağlı Olduğu Değişkenler

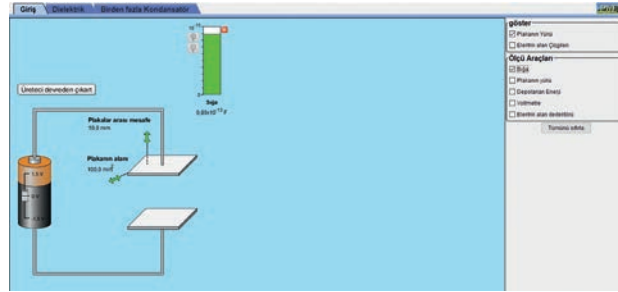


Simülasyonun Amacı

Sığanın bağlı olduğu değişkenleri incelemek



Verilen karekodu okutarak simülasyonu açınız. Ekranın sağındaki ölçü araçları menüsünden “Sığa” bölümünü seçiniz. Ekranında çıkan devrede pilin gerilimi, paralel levhaların alanı ve levhalar arasındaki mesafe ayarlanabilmektedir. Bu amaçla pilin üzerindeki kaydırma çubuğunu ve levhaların üzerindeki okları sürüklemek yeterlidir. Ekranın üst kısmında ise paralel levhaların sığası hem sayısal hem de sütun grafiği şeklinde gösterilmektedir.

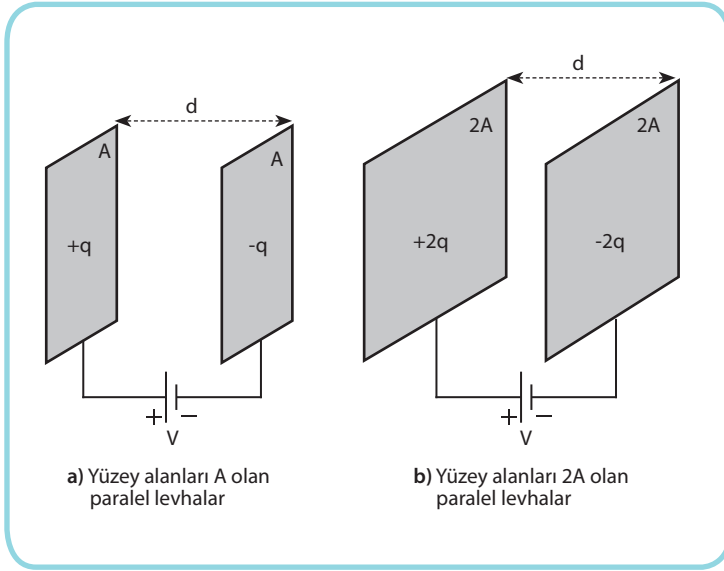


Simülasyonun Uygulanışı

1. Pilin gerilimini 1,5 V'a ayarlayarak levhaların yüklenmesini sağlayınız.
2. Levhaların alanını arttırıp azaltarak sığanın ne şekilde değiştiğini gözlemleyiniz.
3. Levhalar arası mesafeyi arttırıp azaltarak sığanın ne şekilde değiştiğini gözlemleyiniz.
4. Ekranın üst kısmındaki “Dielektrik” sekmesini açınız. Yan taraftaki menüden “Sığa” bölümünü seçiniz. Pilin gerilimini 1,5 V'a ayarlayınız. Levhalar arasına yerleştirilen yalıtkan bir malzeme ekrana çıkacaktır.
5. Levhalar arası boşken sığa değerini not ediniz. Malzemeyi levhalar arasına yerleştirerek sığa değerini not ediniz. Her iki durumdaki değerleri karşılaştırınız.
6. Ekranın sağındaki menüden malzemenin cinsini değiştirerek diğer malzemeleri sırasıyla levhalar arasına yerleştiriniz. Her malzeme için sığa değerini not ederek sonuçları karşılaştırınız.

Değerlendirme

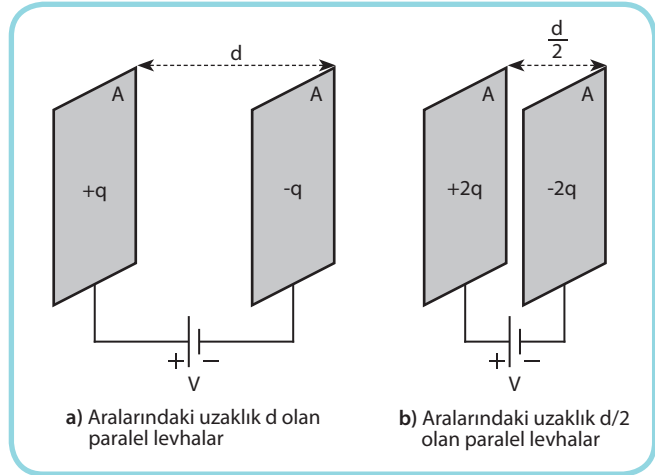
1. Levhaların alanını değiştirdiğinizde sığada nasıl bir değişiklik oldu?
2. Levhalar arası mesafeyi değiştirdiğinizde sığada nasıl bir değişiklik oldu?
3. Levhaların arasındaki ortamı değiştirdiğinizde sığada nasıl bir değişiklik oldu?
4. Simülasyondaki gözlemlerinizi yola çıkarak levhaların yüzey alanı A , levhalar arası uzaklığı d , levhalar arasındaki ortamın elektriksel geçirgenliği ϵ olan paralel levhalarının sığasına ait matematiksel modeli çıkarınız.



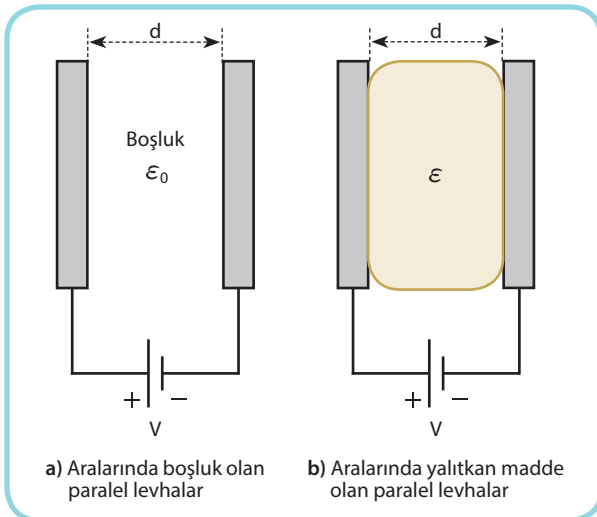
Şekil 2.28: Levhaların yüzey alanlarının değiştirilmesi

Yüzey alanları A olan paralel iki levha, aralarındaki uzaklık d olacak şekilde yerleştirilerek potansiyel farkı V olan üretece bağlandığında levhalarda yük depolanır. Üretecin (+) kutbuna bağlanan levhada $+q$ kadar yük depolanırsa (-) kutbuna bağlanan levhada $-q$ kadar yük depolanır (Şekil 2.28.a). Sadece plakaların yüzey alanları iki katına çıkarıldığında levhalar arasındaki potansiyel farkının korunması için levhalar üzerindeki yük yoğunluğunun değişmemesi gerekir. Bu nedenle üreteç, levhalara yük sağlayarak levhalar üzerindeki yükü iki katına çıkartır. Böylece sistemde depolan yük, dolayısıyla sığa iki katına çıkmış olur (Şekil 2.28.b). Buna göre sığa, iletkenin alanı ile doğru orantılı olarak değişir.

Yüzey alanları A , aralarındaki uzaklık d olan paralel levhalar potansiyel farkı V olan üreteçle yüklendikten sonra paralel levhalar arasındaki uzaklık $d/2$ olacak şekilde birbirine yaklaştırıldığında elektriksel kuvvetler iş yapar ve bu durum sistemin potansiyel enerjisini azaltır. Bu nedenle levhaların potansiyel farkı düşer. Üreteç levhaların potansiyel farkını kendi potansiyel farkına eşitlemek için levhalara yük sağlar ve levhaların yükü iki katına çıkar. Böylece sistemde depolanan yük, dolayısıyla sığa, iki katına çıkmış olur (Şekil 2.29). Buna göre sığa levhaların arasındaki uzaklık ile ters orantılı olarak değişir.



Şekil 2.29: Levhaların aralarındaki uzaklığın değiştirilmesi



Şekil 2.30: Levhaların arasındaki ortamın değiştirilmesi

Cam, lastik ve mumlu kâğıt gibi maddeler iletken olmayan, dielektrik (yalıtkan) maddelerdir. Paralel levhaların arasındaki boşluğa elektriksel geçirgenliği ϵ olan yalıtkan bir madde yerleştirilirse bu maddenin elektriksel geçirgenliği boşluğunkinden büyük olduğu için

$$k = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0}$$

ifadesine göre Coulomb sabiti azalır. Bu durumda levhaların potansiyel farkı da azalır. Üreteç, levhaların azalan potansiyel farkını kendi potansiyel farkına eşitleyene kadar devreye yük sağlar (Şekil 2.30). Böylece sistemde depolanan yük, dolayısıyla sığa artmış olur.

Bir üretece bağlı paralel levhalar birbirine yaklaştıkça aralarındaki elektrik alanının büyüklüğü artar. Bu nedenle (-) yüklü levha üzerindeki elektronlara uygulanan elektriksel kuvvet, yüklerin karşı levhaya geçmelerine neden olur. Bu da sistemde yük boşalması oluşturur. Araya konulan yalıtkan madde sayesinde hem bu tür yük geçişleri önlenmiş hem de levhaların olabilecek en küçük mesafelerde birbirine yaklaştırılmaları sağlanmış olur.

Sonuç olarak sığa, levhalar arasındaki ortamın elektriksel geçirgenliği (ϵ) ve levhaların yüzey alanı (A) ile doğru, levhalar arasındaki uzaklık (d) ile ters orantılıdır. Buna göre sığa



$$C = \epsilon \frac{A}{d} \text{ olur.}$$

Sığa birimi olan farad çok büyük bir değerdir. Bu nedenle teknolojideki uygulamalarında daha çok mikrofarad (μF), nanofarad (nF), pikofarad (pF) birimleri kullanılır. Bu birimler için

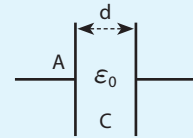
$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$$

$$1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$$

$$1\text{pF} = 10^{-12}\text{F} \text{ olur.}$$

20. ÖRNEK

Aralarında d kadar uzaklık bulunan ve yüzey alanı A olan yüklü paralel levhalar arasında hava vardır. Bu durumda paralel levhaların arasındaki havanın elektriksel geçirgenliği ϵ_0 , levhaların sığası C ve yükü q 'dur.



Levhaların arasındaki uzaklık yarıya indirilip levhaların arasına elektriksel geçirgenliği havanın 5 katı olan bir yalıtkan yerleştirildiğinde sığa kaç C olur?

ÇÖZÜM

İlk durum için sığa $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ olur. İkinci durumda kullanılan yalıtkanın elektriksel geçirgenliği

$\epsilon = 5\epsilon_0$ levhalar arası uzaklık $d_2 = \frac{d}{2}$ yerine yazılırsa paralel levhaların son durumdaki sığası

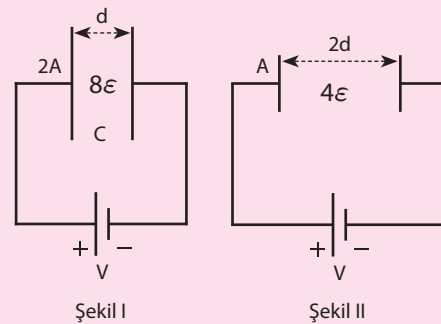
$$C_2 = \epsilon \frac{A}{d_2} \Rightarrow C_2 = 5\epsilon_0 \frac{A}{\frac{d}{2}} \Rightarrow C_2 = 10\epsilon_0 \frac{A}{d} = 10C \text{ olur.}$$

24. ALIŞTIRMA

Paralel iki levha Şekil I'deki gibi potansiyel farkı V olan üretece bağlanmıştır. Aralarında d uzaklığı bulunan ve yüzey alanı $2A$ olan levhaların arasında elektriksel geçirgenliği 8ϵ olan yalıtkan varken sığası C , yükü q 'dur. Levhaların yüzey alanı A ve aralarındaki uzaklık $2d$ yapıp aralarına elektriksel geçirgenliği 4ϵ olan yalıtkan yerleştirilerek özdeş üretece Şekil II'deki gibi bağlanmıştır.

Buna göre

- Levhaların sığası kaç C olur?
- Levhaların son yükü kaç q olur?



ÇÖZÜM



25. ALIŞTIRMA

Paralel ve iletken iki levhadan oluşan bir sistem kurulmuştur.

Bu levhalarda depolanacak yük miktarını arttırmak için yapılabilecek yapısal değişiklikler nelerdir?

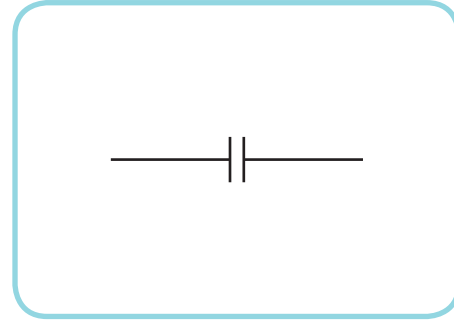
ÇÖZÜM



E) SİĞAÇ (KONDANSATÖR)



Görsel 2.3: Devrelerde kullanılan sığaç örnekleri



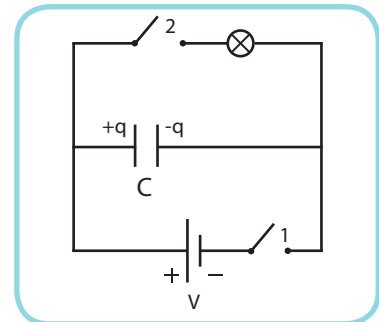
Şekil 2.31: Sığacın devredeki gösterimi

Yük, dolayısıyla elektriksel potansiyel enerjiyi depolamak için kullanılan düzeneklere **sığaç (kondansatör)** denir. Sığaçlar yapısına göre paralel plakalı (düzlem) sığaç, küresel sığaç, silindirik sığaç gibi farklı isimler almaktadır. Sığaçlar elektrik devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Görsel 2.3). Sığaçların elektrik devrelerinde gösterimi Şekil 2.31'deki gibidir.

Özdeş iki paralel levhanın arasına yalıtkan bir malzeme yerleştirilerek düzlem sığaç elde edilir. Üretece bağlı levhalar eşit büyüklükte ve zıt elektrik yüküyle yüklenir. Levhaların potansiyel farkı üretecin potansiyel farkına eşitlendiğinde sığaç yüklenmiş olur ve üreteçten gelen akım kesilir. Sığaç yüklendikten sonra üreteç bağlantısı kesilse de levhalardaki yük korunur.

Yüklü bir sığaçta levhalardan biri $+q$ kadar yüklenirse diğeri $-q$ kadar yüklenir. Bu durumda levhalardaki toplam yük sıfırdır. Ancak sığacın yükü, levhalardan birinin yük büyüklüğü olarak tanımlanmaktadır. Bir sığacın levhalarının yükü $+q$ ve $-q$ ise sığacın yükü q olur. Bu levhalardaki yükler sayesinde sığaçta enerji depolanmış olur. Enerji, sığacın levhaları arasında oluşan elektrik alanında depolanır.

Şekil 2.32'deki gibi bir sığaç üretece bağlanarak yüklendikten sonra 1 numaralı anahtar açılarak bağlı olduğu üreteçten ayrılırsa depo edilmiş yükler üzerinde kalır. Yüklü sığaç lamba gibi bir devre elamanına bağlanıp 2 numaralı anahtar kapatıldığında oluşan devrede elektrik akımı oluşur. Bu durumda devredeki lamba yanar. Yük geçişi tamamlandığında lamba söner. Yani sığaçta depolanan enerji ile lambanın bir süreliğine yanması sağlanır.



Şekil 2.32: Sığacın devrede kullanımı





Görsel 2.4: Flaş patlaması

Sığaç, çok hızlı bir şekilde yük depo eder ve bağlandığı devreye ani yük akışı sağlar. Örneğin fotoğraf makinelerindeki flaş ışığı sığaçla sağlanmaktadır. Sığaçta depolanan enerji, makinenin düğmesine basıldığında flaş lambasına gönderilir ve fotoğraf çekilen ortam kısa bir süre kuvvetlice aydınlatılır (Görsel 2.4). Hoparlörün yapısında da sığaç bulunur. Devre elektriği kesilse bile hoparlördeki sığaç devreye bir süre daha yük akışı sağlar. Bu nedenle elektrik kesildiğinde hoparlörden bir süre daha ses duyulur. Bazı bilgisayar klavyelerinde her bir tuş altında, levhaları arasında yumuşak yalıtkan kullanılan sığaçlar bulunur. Radyo alıcılarının frekans ayarlarında da sığaçlar kullanılmaktadır. Benzer şekilde elektronik devrelerin çoğunda sığaçlar kullanılır.

Bir elektronik devre kaldırılabileceğinden fazla potansiyel farkı altında kalırsa devre elemanları zarar görebilir. Evlerdeki elektrikli cihazların uçlarındaki potansiyel farkında olabilecek değişiklikler cihazların bozulmasına neden olabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için devrelerin hazırlanması sırasında sığaçlardan yararlanılarak devrenin korunması sağlanabilir.

Sığaçların kullanıldığı önemli aletlerden birisi de elektroşok cihazlarıdır. Elektroşok cihazı tam olarak yüklenildiğinde sığacının levhaları arasında oluşan elektrik alanında 360 J enerji depolanır. Bu enerji gücü 60 W olan bir lambanın yaklaşık 3 000 katına eş değerdir. Bu enerji 2 ms süre ile hastanın vücuduna verilerek kalpteki kasılma durdurulur ve kalbin atması sağlanır.



ARAŞTIRMA KONUSU

Sığaçların teknolojideki kullanım alanlarını araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı sınıf ortamında arkadaşlarınıza sunum yaparak paylaşınız.

21. ÖRNEK

Bir sığaç, potansiyel farkı V olan üreteçle yüklendikten sonra bağlantısı kesilip levhalar birbirinden bir miktar uzaklaştırılmıştır.

Buna göre

- Sığacın yük depolama kapasitesindeki değişimi açıklayınız.
- Sığaçta depolanan enerjinin bu durumdan nasıl etkileneceğini açıklayınız.
- Birbirinden uzaklaştırılan levhalar tekrar potansiyel farkı V olan üretece bağlanırsa sığaçta biriken yük miktarının ilk duruma göre değişimini açıklayınız.

ÇÖZÜM

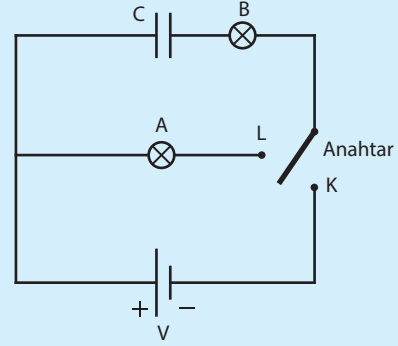
- $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ bağıntısına göre d arttığı için sığacın sığası azalır. Bu durumda sığacın yük depolama kapasitesi de azalır.
- Yüklü levhalar birbirinden uzaklaştırılırken elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır. Yapılan bu iş sığaçta depolanan enerjiyi arttırır.
- Levhalar birbirinden uzaklaştırıldığında sığacın sığası azaldığı için potansiyel farkı V olan üretece bağlandığında levhalarda birikecek yük miktarı da azalır.

22. ÖRNEK

Şekildeki devre; yüksüz bir sığaç, lamba, üreteç ve anahtarla kurulmuştur. Anahtarın devre kurulduğu andaki konumu verilmiştir. Üretecin potansiyel farkı lambanın ışık vermesi için uygun büyüklüktedir ve sığaç V potansiyel farkı olan üreteçle yüklenebilmektedir.

Buna göre sırasıyla

- Anahtar K konumuna getirildiğinde lambaların ışık verme durumu ne olur?
- Anahtar L konumuna getirildiğinde lambaların ışık verme durumu ne olur?

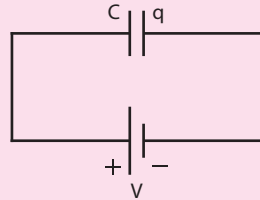


ÇÖZÜM

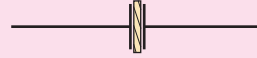
- Anahtar K konumuna getirildiğinde yalnız B lambası ışık verir. Sığaç dolduğunda B lambası söner.
- Anahtar L konumuna getirildiğinde sığaç dolu olduğu için her iki lamba da ışık verir. Sığaç yüksüz hâle geldiğinde lambalar söner.

26. ALIŞTIRMA

Levhaları arasında hava olan bir sığaç Şekil I'deki gibi potansiyel farkı V olan üretece bağlanmıştır. Bu durumdayken sığacın sığası C , yükü q 'dur. Daha sonra, üreteçten ayrılan sığacın levhaları arasında yalıtkan bir madde Şekil II'deki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil I



Şekil II

Buna göre

- Sığacın levhaları arasında yalıtkan bir madde yerleştirildiğinde sığası nasıl değişmiştir?
- Sığaç üretece bağlıyken levhaları arasında yalıtkan bir madde yerleştirilseydi enerjisi nasıl değişirdi?

ÇÖZÜM



27. ALIŞTIRMA

Bazı bilgisayar klavyelerinin tuşları altındaki sığaçlar arasında yumuşak yalıtkanlar kullanılmaktadır.



Tuşlara basıldığında sığacın sığasının büyüklüğü nasıl değişir? Açıklayınız. ✓

ÇÖZÜM**28. ALIŞTIRMA**

Bir düzlem sığaç, yüklendikten sonra üreteçten ayrılmıştır. Sığacın levhaları birbirinden uzaklaştırılırken dışarıdan bir kuvvet, elektriksel kuvvetlere karşı iş yapar.

Buna göre levhaları uzaklaştırılan sığacın potansiyel farkı nasıl değişir? Açıklayınız.

ÇÖZÜM**29. ALIŞTIRMA**

Yüksek potansiyel farkına sahip bir sığaç, yükünü kaybetmeden bağlı olduğu üreteçten ayrılmıştır.

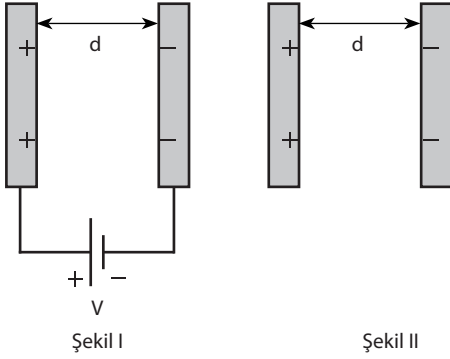
Buna göre bu sığaca dokunmak tehlikeli olabilir mi? Neden?

ÇÖZÜM**ARAŞTIRMA KONUSU**

Elektrik yüklerinin nasıl depolanabileceği ve elektrik enerjisi olarak nasıl kullanılabileceği konusunda araştırma yapınız. Elde ettiğiniz sonuçları sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

3. BÖLÜM SONU SORULARI

1. Şekil I'deki gibi aralarında d kadar uzaklık bulunan özdeş levhalardan oluşan sığaçlar potansiyel farkı V olan üreteçle yüklenmiştir. Sığaçlar yüklendikten sonra şekil II'deki gibi üreteçten ayrılmıştır.



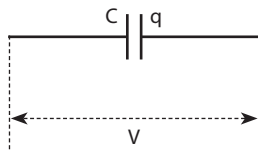
Buna göre

- Sığaçların levhaları arasındaki düzgün elektrik alana ait alan çizgilerini çizin.
- Sığaçların levhaları arasındaki uzaklık $\frac{d}{3}$ yapılırsa oluşan elektrik alana ait alan çizgilerini çizin.

ÇÖZÜM



2. Sığası C olan şekildeki sığacın üretece bağlandığında potansiyel farkı V , yükü q olmaktadır. Sığaç üreteçten ayrıldıktan sonra sığacın levhaları arasındaki uzaklık arttırılmıştır.

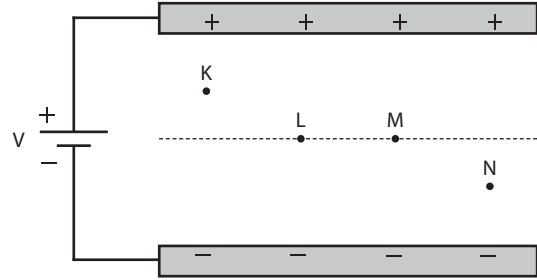


Buna göre C , q ve V 'nin büyüklüklerindeki değişimi yorumlayınız.

ÇÖZÜM



3. Şekildeki paralel levhalar potansiyel farkı V olan üretece bağlanarak yüklenmiştir. L ve M noktaları eş potansiyel yüzeydedir.



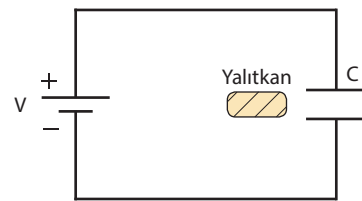
Buna göre

- K , L , M ve N noktalarının elektriksel potansiyellerini büyükten küçüğe doğru sıralayınız.
- K , L , M ve N noktalarındaki elektrik alanların büyüklüklerini karşılaştırınız.
- Başka değişiklik yapmadan levhalar arasındaki uzaklık iki katına çıkarıldığında elektrik alan ve levhaların potansiyel farkı nasıl değişir açıklayınız.

ÇÖZÜM



4. Potansiyel farkı V olan üretece bağlı iken bir sığacın sığası C , yükü q olmaktadır. Devre bu durumdayken sığacın levhaları arasına yalıtkan yerleştirilmektedir.



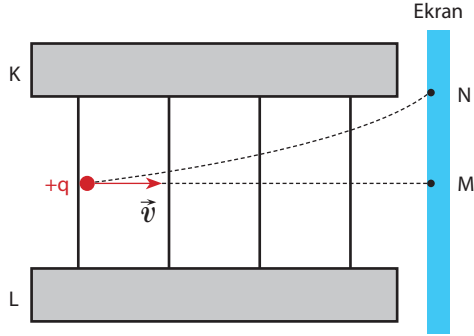
İlk duruma göre

- Sığacın sığası nasıl değişir?
- Sığacın uçları arasındaki potansiyel farkı nasıl değişir?
- Sığacın yükü nasıl değişir?

ÇÖZÜM



5. İletken K ve L levhaları ile kurulan ve bir ekran karşısına yerleştirilen sistem sürtünmelerin ihmal edildiği ortamdadır. m kütleli ve +q yüklü parçacık, levhalar arasındaki düzgün elektrik alanına dik olarak \vec{v} hızıyla M noktasına doğru fırlatılmıştır.



Yük ekrandaki N noktasına çarptığına göre

- Levhaların yük cinsi ve levhalar arasındaki düzgün elektrik alanın yönü nedir?
- Parçacığın K levhasına çarpması için neler yapılabileceğini yazınız.

ÇÖZÜM



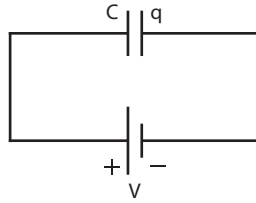
6. Kullanım alanlarına göre farklı sığalara sahip sığaçlar yapılmaktadır.

Sığaçların kullanım alanlarına örnekler veriniz.

ÇÖZÜM



7. Sığası C olan bir sığacın yükü, potansiyel farkı V olan bir üretece bağlandığında q olmaktadır.



Sığacın levhaları arasındaki uzaklık arttırılırsa sığacın sığası ve depolanan yük ilk duruma göre nasıl değişir?

ÇÖZÜM



8. Pil ve sığaç elektronik devrelerde kullanılmaktadır.

Pil ve sığacın benzer ve farklı yönleri nelerdir?

ÇÖZÜM



9. Bir elektronik devrede kullanılmak üzere boyutları önceden belirlenen düzlem levhalar ile sığaç yapılacaktır.

Buna göre bu levhaları kullanarak sığacın büyük sığalı olması için neler yapılabilir?

ÇÖZÜM



10. Yalıtılmış düzlemde bulunan K ve L noktasal parçacıklarının yükleri sırasıyla q_K ve q_L 'dir.

$$q_K = +20q$$

K

$$q_L = -4q$$

L

Buna göre

- K parçacığı için çizilecek elektrik alan çizgi sayısının, L parçacığı için çizilecek elektrik alan çizgi sayısına oranı kaçtır?
- K ve L parçacıkları arasında birinden çıkıp diğerinde sonlanan elektrik alan çizgi sayısının, L parçacığına ait elektrik alan çizgileri sayısına oranı kaçtır?

ÇÖZÜM



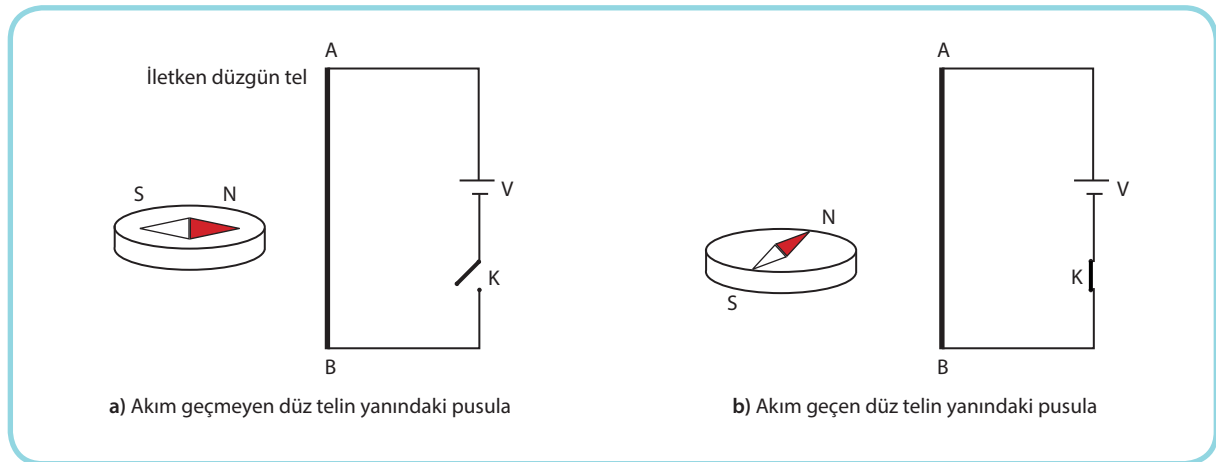
2.4. MANYETİZMA VE ELEKTROMANYETİK İNDÜKLENME

Elektrik ve manyetizma arasındaki ilişki, Danimarkalı bilim insanı Hans Christian Öersted (Hens Kırstiyen Örstö) tarafından 1819'da bir deney sırasında keşfedilmiştir. Öersted, bu deneyde içinden akım geçen bir telin, yakınında duran pusula iğnesini saptırdığını gözlemlemiştir. Bundan kısa bir süre sonra Andre Marie Ampere (Andre Meri Amper), akım taşıyan bir iletkenin diğerine uyguladığı manyetik kuvveti hesaplamak için gerekli bağıntıları elde etmiştir. 1820'lerde Michael Faraday (Maykıl Ferevey) ve Joseph Henry (Cosif Henri) de yaptıkları deneylerde elektrik akımı ile manyetizma arasındaki başka ilişkileri göstermişlerdir. Yıllar sonra Maxwell'in (Meksel) çalışmaları da değişen elektrik alanının bir manyetik alan oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Bu bölümde, üzerinden akım geçen telin oluşturduğu manyetik alan, manyetik alan içindeki hareketli yüklere ve akım taşıyan tellere etkiyen kuvvetler ile elektromanyetik indüklenme olayı incelenecektir.

A) ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN İLETKEN DÜZ TELİN ÇEVRESİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN

Pusula iğnesi her zaman bulunduğu ortamdaki manyetik alanın doğrultusunda yönelir. Pusula iğnesinin doğrultusunun değişmesi, ortamdaki manyetik alanın değiştiğini gösterir. Örneğin pusulaya bir mıknatıs yaklaştırıldığında pusula iğnesinin doğrultusu değişebilir. Bu durum, üzerinden akım geçen iletken telin çevresinde oluşturduğu manyetik alanın varlığını göstermek için kullanılabilir.



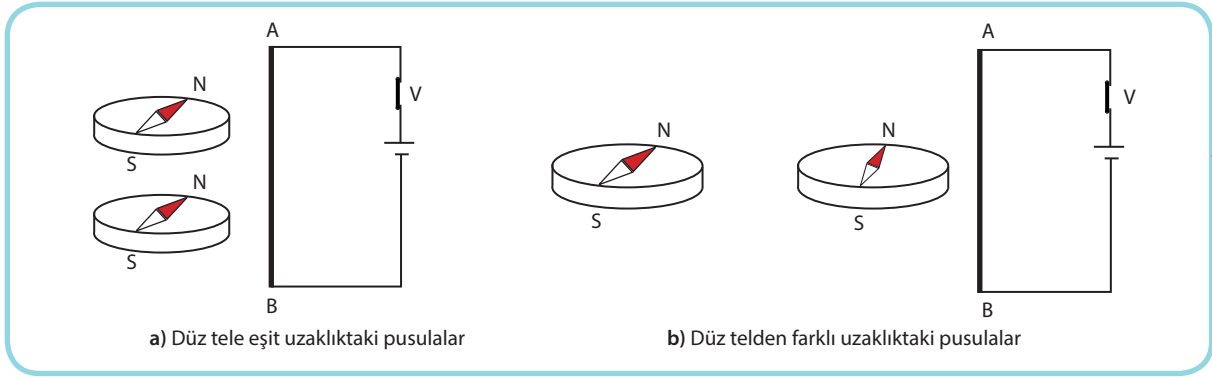
Şekil 2.33: Düz telin etrafına yerleştirilmiş pusulalar

Akım geçmeyen bir düz telin yakınına pusula yerleştirildiğinde pusula iğnesi Dünya'nın manyetik alanının etkisindedir (Şekil 2.33.a). K anahtarı kapatılarak düz telden akım geçmesi sağlanırsa pusula iğnesinin doğrultusunun değiştiği gözlenir (Şekil 2.33.b). Bu olayda mıknatıs kullanılmamasına rağmen pusula iğnesinin doğrultusunun değişmesi, üzerinden akım geçen telin çevresinde manyetik alan oluştuğunu gösterir. Pusula iğnesi Dünya'nın manyetik alanı ile akım geçen telin manyetik alanının bileşkesi doğrultusunda yönelir.

Mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın kaynağı mıknatısı oluşturan atomlara ait elektronların hareketidir. Akım geçen telin oluşturduğu manyetik alanın kaynağı ise teldeki elektronların hareketidir. Bu nedenle telden akım geçtiğinde, akımı oluşturan elektronların hareketinden dolayı telin çevresinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan vektörel bir büyüklüktür ve \vec{B} sembolü ile gösterilir. SI'da birimi tesladır (T).

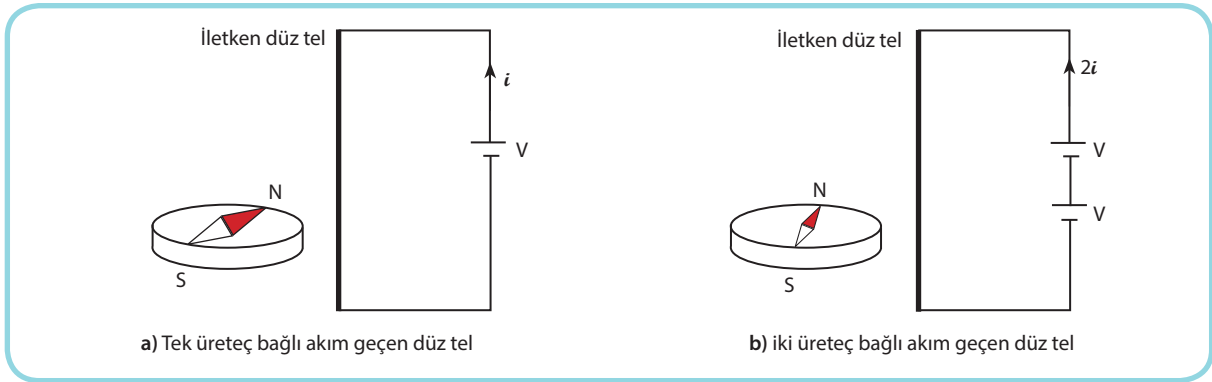


Akım geçen düz telin çevresinde oluşturduğu manyetik alanın şiddetini etkileyen değişkenler nelerdir?



Şekil 2.34: Düz telin etrafına yerleştirilmiş pusulalar

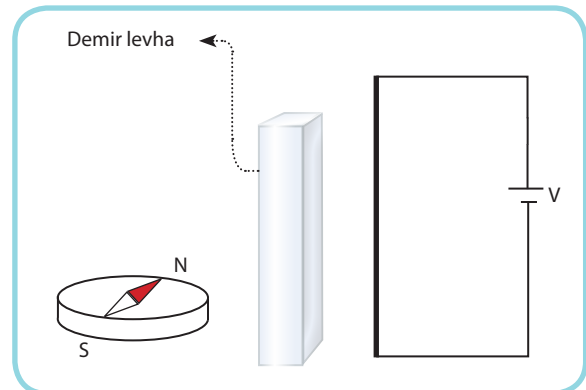
Özdeş pusulalar, AB iletken teline eşit uzaklıkta konulup telden akım geçmesi sağlandığında tele eşit uzaklıktaki pusula iğnelerinin sapma miktarları aynı şekilde gerçekleşir (Şekil 2.34.a). Telden farklı uzaklıklara konulan pusulardan, tele yakın olan pusulanın iğnesindeki sapmanın daha fazla olduğu görülür (Şekil 2.34.b). Bunun sebebi tele yakın yerlerde manyetik alanın daha şiddetli olmasıdır. Üzerinden akım geçen telin çevresinde oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, tele olan dik uzaklık ile ters orantılıdır.



Şekil 2.35: Farklı akımlar geçen düz teller

Üzerinden i akımı geçen düz iletken telin yakınında bulunan pusula iğnesi sapmaya uğrar (Şekil 2.35.a). Devreye özdeş bir üreteç daha seri olarak bağlandığında telden geçen akım şiddeti $2i$ olur. Bu durumda tele aynı uzaklıktaki pusula iğnesindeki sapma miktarının arttığı görülür (Şekil 2.35.b). Sapma miktarının artmasının nedeni pusulanın bulunduğu yerde oluşan manyetik alan şiddetinin artmasıdır. Pusulanın bulunduğu yerdeki manyetik alan şiddetinin artmasının nedeni ise iletken telden geçen akım şiddetinin artmasıdır. Üzerinden akım geçen düz telin çevresinde oluşan manyetik alanın şiddeti, telden geçen akım şiddeti ile doğru orantılıdır.

Üzerinden akım geçen düz tel ile pusula arasına Şekil 2.36'daki gibi bir demir levha yerleştirildiğinde pusula iğnesinin doğrultusunun değiştiği görülür. Pusulanın tele uzaklığı ve telden geçen akım şiddeti değişmediği hâlde pusula iğnesindeki doğrultu değişiminin nedeni, pusula ile tel arasındaki ortamın değişmesidir. İletken telin oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, tel ile pusula arasındaki ortamın cinsine bağlı olarak değişir.

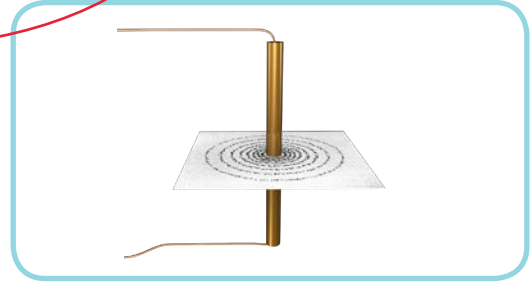


Şekil 2.36: Pusula ile arasına demir levha yerleştirilmiş düz tel

Manyetik alan çizgileri maddelerin içinden geçerken bazen sıklaşır bazen de seyrekleşir. Maddeler bu özelliklerinden dolayı manyetik alanı kuvvetlendirebilir veya zayıflatır. Bu özellik maddenin manyetik geçirgenliği olarak bilinir. Boş uzayın (boşluğun) manyetik geçirgenliği μ_0 sembolü ile gösterilir ve büyüklüğü $4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ dir. Üzerinden akım geçen düz telin çevresinde oluşan manyetik alanın şiddeti; telden geçen akım şiddetine, tele olan dik uzaklığa ve telin bulunduğu ortamın cinsine bağlı olarak değişir. Buna göre üzerinden i akımı geçen düz telden d kadar dik uzaklıkta oluşan manyetik alanın şiddeti $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot d}$ bağlantısıyla bulunur. Boşluğun geçirgenlik katsayısı ile hava ortamının geçirgenlik katsayısı değer olarak birbirine çok yakın olduğu için problem çözümlerinde eşit kabul edilir. $K = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ olur ve bu sabit, manyetik alan sabiti olarak tanımlanır. Bu durumda manyetik alan şiddeti

$$B = \frac{K \cdot 2i}{d} \text{ olur.}$$

Akım geçen düz tele dik bir düzlem üzerine demir tozları döklüğünde demir tozlarının teli merkez kabul eden halkalar şeklinde sıralandığı görülür (Şekil 2.37). Demir tozlarının oluşturduğu halkalar arasındaki uzaklık telden uzaklaştıkça artar. Halkalar, telin çevresinde oluşan manyetik alan çizgilerini temsil eder.

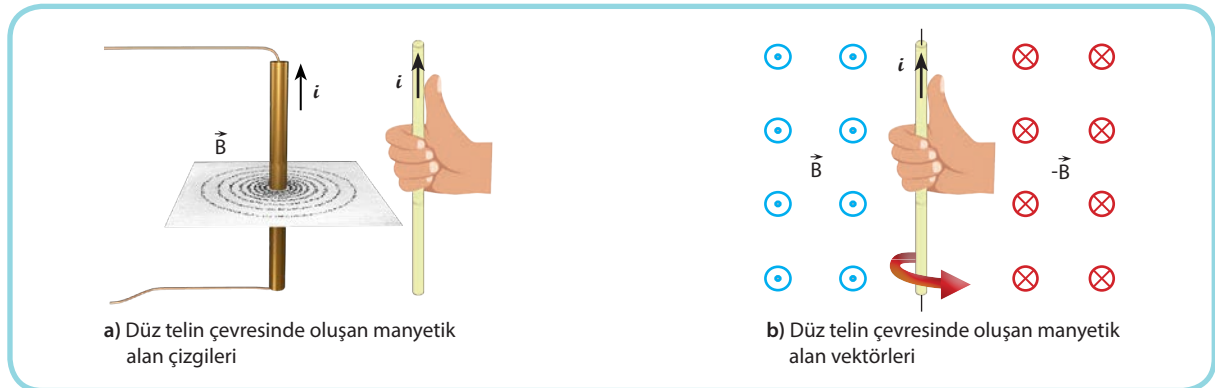


Şekil 2.37: Üzerinden akım geçen düz telin çevresindeki demir tozlarının yönlenmesi



Görsel 2.5: Üzerinden akım geçen düz telin çevresindeki pusula iğnelerinin yönlenmesi

Manyetik alan vektörel bir büyüklüktür. Düz telin çevresinde bir noktadaki manyetik alan vektörü, o noktadaki alan çizgilerine teğettir. Akım geçen düz telin etrafına pusulalar konulduğunda pusula iğneleri, manyetik alan çizgilerine teğet olacak şekilde yönlenir (Görsel 2.5).

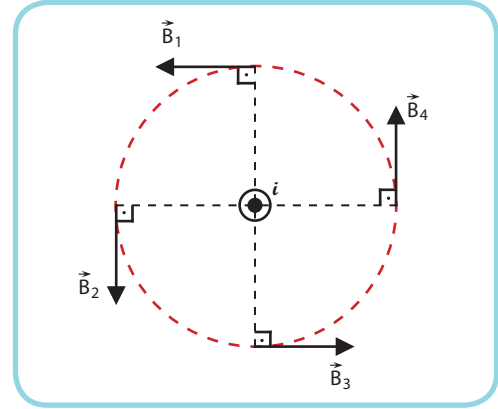


Şekil 2.38: Sayfa düzleminde bulunan düz telin çevresinde oluşan manyetik alan

Manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile belirlenir. Düz tel, başparmak akım yönünü gösterecek şekilde avuç içinde tutulursa teli kavrayan dört parmağın yönü manyetik alanın dolanım yönünü gösterir (Şekil 2.38.a). Alan çizgilerine dolanım yönünde çizilen teğet, o noktadaki manyetik alan vektörünün yönünü verir. Sayfa düzlemindeki telin çevresinde ve bir noktada oluşan manyetik alan vektörü sayfa düzleminde içeri veya dışarı doğrudur (Şekil 2.38.b). Sayfa düzlemine dik ve düzlemden içeri doğru olan büyüklüğün yönü (\otimes) sembolü ile, dışarı doğru olanlar ise (\odot) sembolü ile gösterilir.

Manyetik alan vektörü ile akım geçen tel her zaman birbirine diktir. Eğer akım geçen tel sayfa düzlemine dik ise manyetik alan vektörleri sayfa düzleminde (Şekil 2.39).

Bir noktada birden fazla akım geçen düz tel manyetik alan oluşturursa bileşke manyetik alanı bulmak için vektörel toplama işlemi yapılmalıdır. Bunun için önce her bir telin oluşturduğu manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile bulunur ve büyüklüğü hesaplanır. Ardından manyetik alan vektörleri toplanarak bileşke manyetik alanın yönü ve büyüklüğü bulunur.

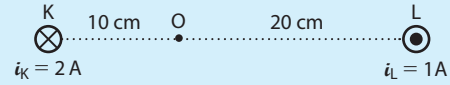


Şekil 2.39: Sayfa düzlemine dik olan düz telin çevresinde oluşan manyetik alan vektörleri

23. ÖRNEK

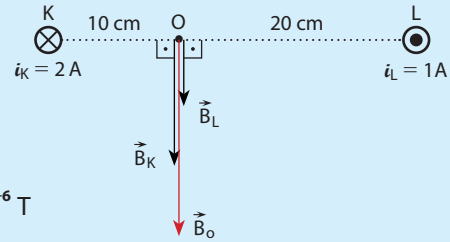
Sayfa düzlemine dik K düz telinden 2 A ve L düz telinden 1 A akım geçmektedir.

Buna göre düz tellerin O noktasında oluşturduğu bileşke alanın şiddeti ve yönü nedir? ($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ alınınız.)



ÇÖZÜM

Sağ el kuralına göre K ve L tellerinin O noktasında oluşturduğu manyetik alanların yönü şekildeki gibidir.



$$B = \frac{K \cdot 2i}{d} \text{ olduğuna göre}$$

$$B_K = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 2}{0,1} = 4 \times 10^{-6} \text{ T} \quad B_L = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 1}{0,2} = 1 \times 10^{-6} \text{ T}$$

\vec{B}_K ve \vec{B}_L yönü aynı olduğu için O noktasındaki bileşke manyetik alan şiddeti

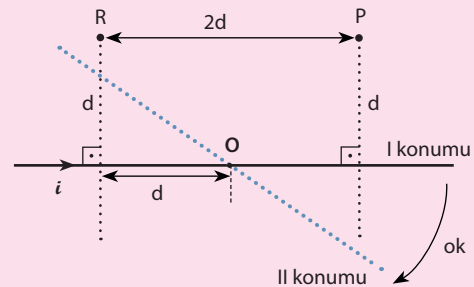
$$B_O = B_K + B_L = 4 \times 10^{-6} + 1 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-6} \text{ T}$$

olarak bulunur. O noktasındaki bileşke manyetik alanın yönü şekildeki gibidir.

30. ALIŞTIRMA

Sayfa düzleminde i akımı geçen düz tel şekildeki gibi O noktası etrafında ok yönünde çevrilerek I konumundan II konumuna getirilmektedir.

Buna göre başlangıçta telden d , birbirlerinden $2d$ uzaklıkta bulunan P ve R noktalarında oluşan manyetik alanların büyüklüğü nasıl değişir?



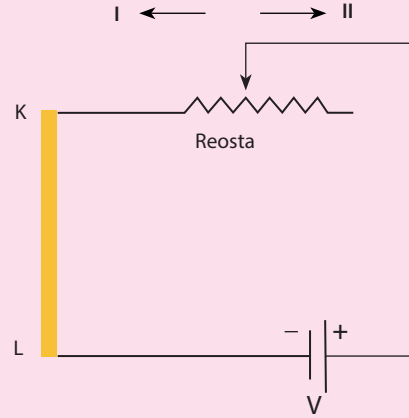
ÇÖZÜM



31. ALIŞTIRMA

İletken düz KL teli, reosta ve üreteç kullanılarak şekildeki gibi kurulan devreden akım geçmektedir. Devrede yapılan bazı değişiklikler tabloda verilmiştir.

Buna göre değişiklikler ayrı ayrı yapıldığında KL telinin etrafında oluşan manyetik alanın yön ve büyüklüğünün ne şekilde değişeceğini tablodaki boş yerlere yazınız.



ÇÖZÜM

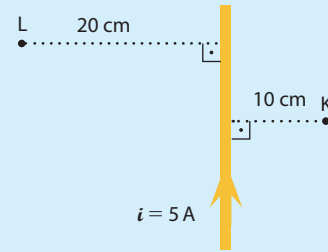
Yapılan Değişiklik	Manyetik Alanın Yönü (Değişir/Değişmez)	Manyetik Alanın Şiddeti (Artar/Azalı/Değişmez)
Reostanın sürgüsünü I yönünde çekmek		
Reostanın sürgüsünü II yönünde çekmek		
Üretecin kutuplarının yerini değiştirmek		

24. ÖRNEK

5 A akım geçen düz bir telin 10 cm uzağındaki K noktasında \vec{B}_K ve 20 cm uzağındaki L noktasında \vec{B}_L manyetik alanları oluşmaktadır.

Buna göre oluşan manyetik alanların şiddeti ve yönü nedir?

($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ alınınız.)



ÇÖZÜM

K noktası için $d = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

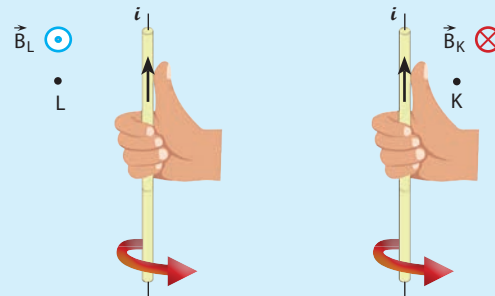
$$B_K = \frac{K \cdot 2i}{d} = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 5}{0,1} = 10^{-5} \text{ T}$$

Sağ el kuralına göre manyetik alanın yönü sayfa düzleminden içeri doğrudur.

L noktası için $d = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$

$$B_L = \frac{K \cdot 2i}{d} = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 5}{0,2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

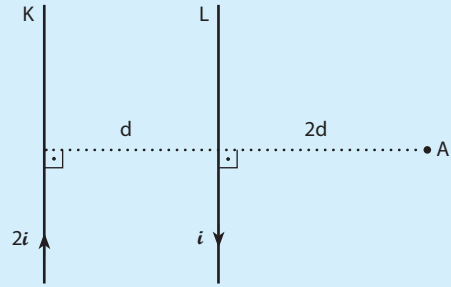
Sağ el kuralına göre manyetik alanın yönü sayfa düzleminden dışarı doğrudur.



25. ÖRNEK

Sayfa düzlemindeki K ve L düz tellerinden $2i$ ve i akımları geçmektedir. K telinin A noktasında oluşturduğu manyetik alan \vec{B} 'dir.

Buna göre A noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü ve yönü nedir?



ÇÖZÜM

K telinin A noktasında oluşturduğu manyetik alanın yönü sağ el kuralına göre sayfa düzleminde içeri doğru ve büyüklüğü

$$B_K = \frac{K \cdot 2i}{3d} = \frac{4K \cdot i}{3d} \otimes \text{ olur.}$$

L telinin A noktasında oluşturduğu manyetik alanın yönü sayfa düzleminde dışarı doğru ve büyüklüğü

$$B_L = \frac{K \cdot 2i}{2d} = \frac{K \cdot i}{d} \odot \text{ olur.} \quad B_K = B \text{ ise } B_L = \frac{-3}{4} B \text{ olur.}$$

Buna göre bileşke manyetik alanın büyüklüğü

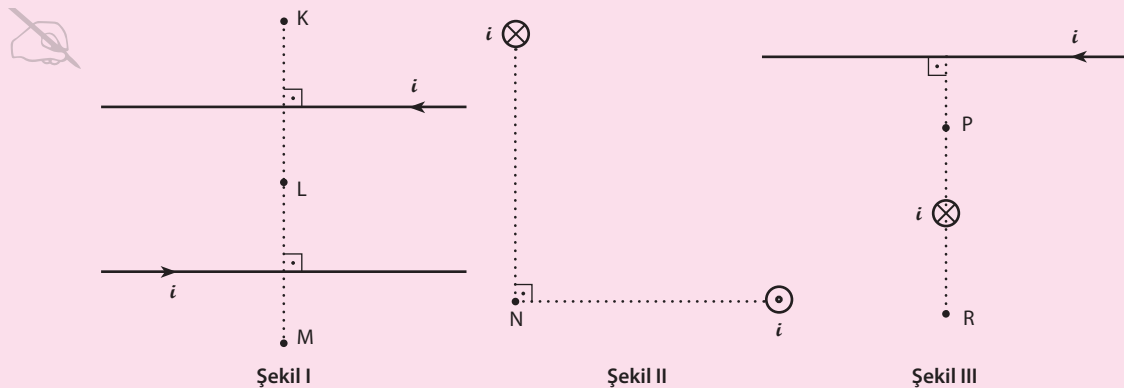
$$B_A = B - \frac{3B}{4} = \frac{B}{4} \text{ olarak bulunur. Bileşke manyetik alanın yönü sayfa düzleminde içeri doğru olur.}$$

32. ALIŞTIRMA

Şekil I, Şekil II ve Şekil III'te verilen düz iletken tellerden i akımı geçmektedir.

Buna göre tellerin çevresinde verilen noktadaki manyetik alan yönünü şekiller üzerinde gösteriniz.

ÇÖZÜM



26. ÖRNEK

Sayfa düzlemine dik K düz teli ile sayfa düzleminde bulunan L düz telinden şekilde verilen yönlerde ve büyüklükte akımlar geçmektedir.

K telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alanın şiddeti B olduğuna göre tellerin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan şiddeti kaç B'dir?

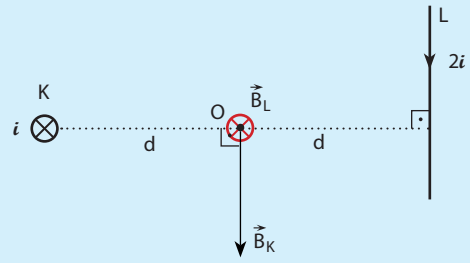
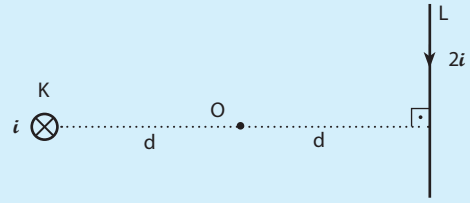
ÇÖZÜM

Sağ el kuralına göre K düz telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alan sayfa düzleminde ve aşağıya doğrudur. L düz telinin oluşturduğu manyetik alan sayfa düzleminde içeri doğrudur. Tellerin oluşturduğu alanlar birbirine diktir. Alanların şiddetleri

$$B_K = \frac{K \cdot 2i}{d} = B \quad B_L = \frac{K \cdot 2 \cdot 2i}{d} = \frac{4K \cdot i}{d} = 2B \text{ olur.}$$

O noktasındaki bileşke manyetik alan Pisagor teoremi kullanılarak

$$B_O^2 = B_K^2 + B_L^2 = B^2 + 4B^2 = 5B^2 \implies B_O = \sqrt{5} B \text{ bulunur.}$$

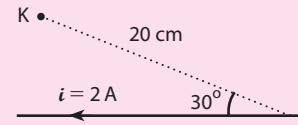


33. ALIŞTIRMA

Sayfa düzleminde bulunan düz telin üzerinden 2 A akım geçmektedir.

Buna göre telin K noktasında oluşturduğu manyetik alan şiddeti kaç tesladır ve yönü nedir?

($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ ve $\sin 30^\circ = 0,5$ alınız.)



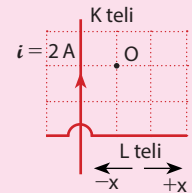
ÇÖZÜM



34. ALIŞTIRMA

Üzerinden 2 A akım geçen K düz teli ile aynı düzlemdeki L düz telinin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan sıfırdır.

Buna göre L düz telinden geçen akımın yönü ve büyüklüğü nedir?



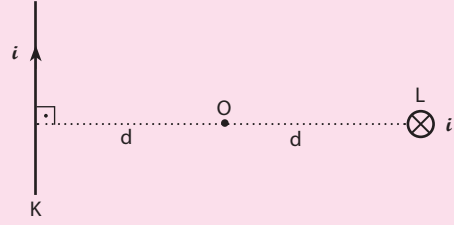
ÇÖZÜM



35. ALIŞTIRMA

Sayfa düzlemindeki K düz teli ve sayfa düzlemine dik L düz telinden şekilde verilen yönlerde i akımları geçmektedir.

Buna göre K telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü B ise O noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü kaç B olur?



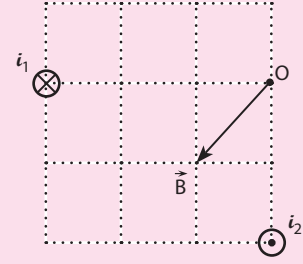
ÇÖZÜM



36. ALIŞTIRMA

Eşit kare bölmelere ayrılmış sayfa düzlemine dik i_1 ve i_2 akımları geçen düz tellerin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan \vec{B} 'dir.

Buna göre tellerden geçen akımların $\frac{i_1}{i_2}$ oranı nedir?

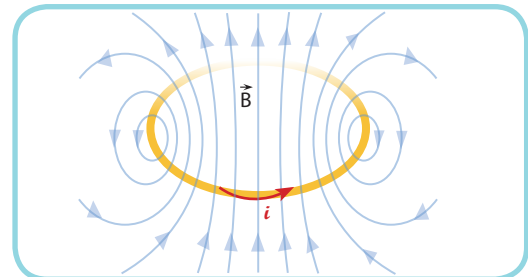


ÇÖZÜM



B) ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN İLETKEN HALKANIN MERKEZİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN

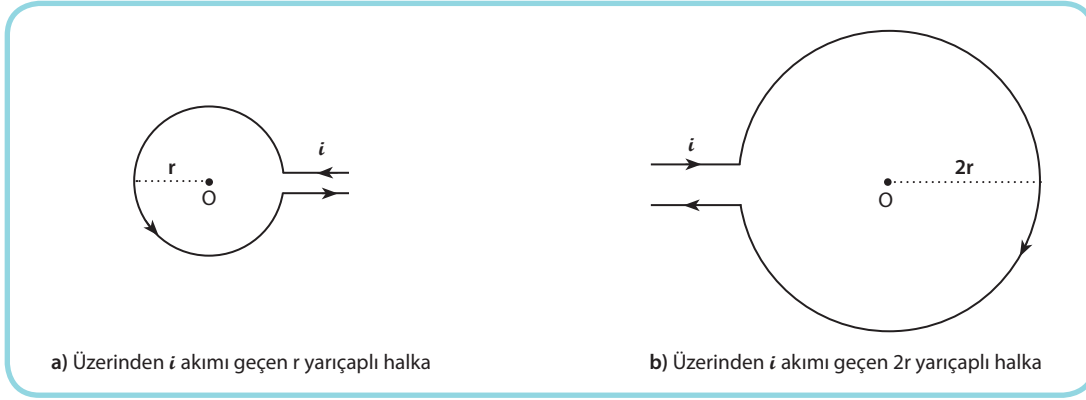
Üzerinden akım geçen düz tel bükülerek halka şekline getirildiğinde çevresinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan çizgileri, halkanın merkezinde birbirlerini kuvvetlendirerek halka eksenine paralel bir manyetik alan oluşturur. Halkanın dışındaki noktalarda merkeze göre daha zayıf alanlar oluşur (Şekil 2.40).



Şekil 2.40: Halka etrafında oluşan manyetik alan çizgileri

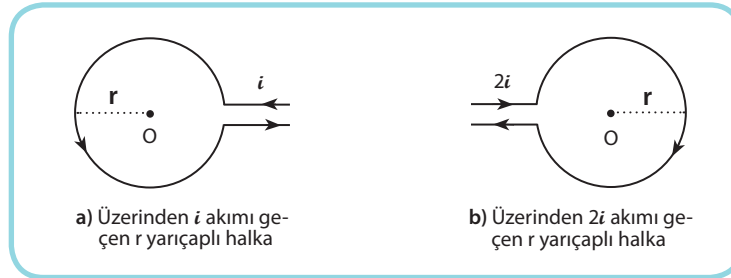


Akım geçen halkanın merkezindeki manyetik alanı etkileyen değişkenler nelerdir?



Şekil 2.41: Üzerinden aynı akım geçen farklı yarıçaplı halkalar

Düz telin çevresinde oluşan manyetik alan şiddeti telden uzaklaştıkça azalır. Benzer şekilde halkanın yarıçapı arttırıldığında da halka merkezinde oluşan manyetik alan şiddeti, tel halkanın merkezinden uzaklaştığı için azalır. i akımı geçen r yarıçaplı halkanın merkezinde oluşan manyetik alan şiddeti B ise halkanın yarıçapı iki katına çıkarılırsa manyetik alan şiddeti yarıya iner ve $B/2$ olur (Şekil 2.41).



Şekil 2.42: Üzerinden farklı akım geçen aynı yarıçaplı halkalar

Düz telin çevresinde oluşan manyetik alan şiddeti telden geçen akım arttıkça artar. Benzer şekilde halkadan geçen akım şiddeti arttırıldığında da halka merkezinde oluşan manyetik alan şiddeti artar. i akımı geçen r yarıçaplı halkanın merkezinde oluşan manyetik alan şiddetinin büyüklüğü B ise $2i$ akımı geçen halkanın merkezinde oluşan manyetik alan şiddetinin büyüklüğü $2B$ olur (Şekil 2.42).

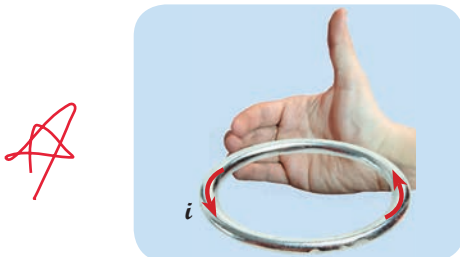
Halkanın içinde bulunduğu ortamın manyetik geçirgenliği de manyetik alanın değişmesine neden olur. Üzerinden i akımı geçen r yarıçaplı halkanın merkezinde oluşan manyetik alanın şiddeti



$$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r}$$

bağıntısıyla bulunur.

Halkanın merkezindeki manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile bulunur. Bu kurala göre sağ elin dört parmağı akımın dönme yönünü gösterecek şekilde iletken halka avuç içine yerleştirildiğinde dik olarak açılan başparmak manyetik alanın yönünü gösterir (Görsel 2.6).



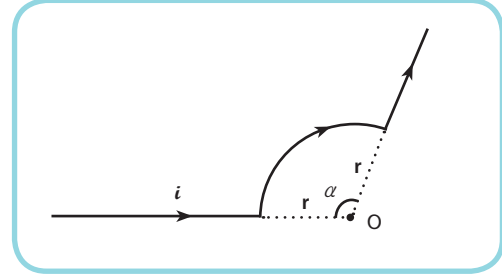
a) Yatay düzlemde

b) Düşey düzlemde

Görsel 2.6: Halkanın manyetik alanının yönünün sağ el kuralı ile gösterimi

Üzerinden akım geçen tel tam halka şeklinde olmayabilir (Şekil 2.43). Bu durumda halkanın merkezindeki alan şiddeti

$$B = \left(\frac{\alpha}{360}\right) \frac{\mu_0 \cdot 2\pi \cdot i}{r}$$

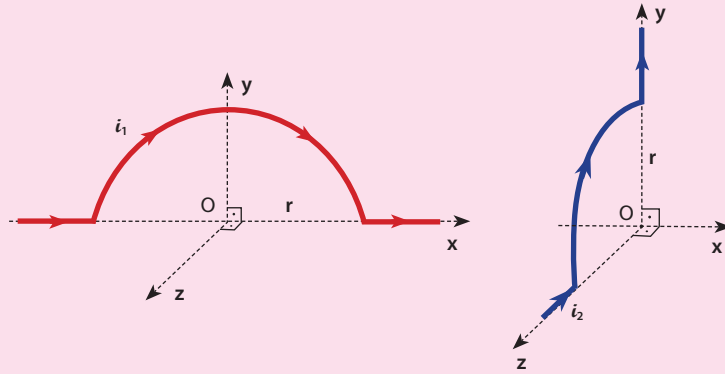


Şekil 2.43: r yarıçaplı halkanın bir bölümü

37. ALIŞTIRMA

Üç boyutlu koordinat sisteminde yarım halka ve çeyrek halka şeklindeki iletken tellerden şekildeki yönlerde akımlar geçmektedir. i_1 akımı geçen yarım halka xy düzleminde, i_2 akımı geçen çeyrek halka ise yz düzleminde.

Buna göre halkaların O noktasında oluşturduğu manyetik alanlar hangi yöndedir?



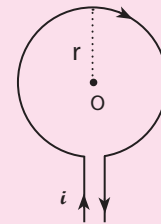
ÇÖZÜM



38. ALIŞTIRMA

Sayfa düzleminde bulunan r yarıçaplı halkadan şekilde belirtilen yönde i şiddetinde akım geçmektedir. Bu durumda O noktasında oluşan manyetik alan B büyüklüğüdür. Halka üzerinde yapılan bazı değişiklikler tabloda verilmiştir.

Buna göre değişiklikler ayrı ayrı yapıldığında manyetik alanın yön ve büyüklüğünün ne şekilde değişeceğini tablodaki boş yerlere yazınız.



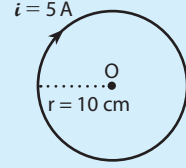
ÇÖZÜM



Yapılan Değişiklik	Manyetik Alanın Yönü (Değişir/Değişmez)	Manyetik Alanın Şiddeti (Artar/Azalır/Değişmez)
Halkanın yarıçapını arttırmak		
Halkadan geçen akım şiddetini azaltmak		
Halkadan geçen akımın yönünü değiştirmek		

27. ÖRNEK

Sayfa düzleminde bulunan ve üzerinden 5 A akım geçen 10 cm yarıçaplı halkanın merkezinde oluşan manyetik alan \vec{B} 'dir.



Buna göre \vec{B} manyetik alanının yönü ve büyüklüğü nedir?

($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ ve $\pi = 3$ alınız.)

ÇÖZÜM

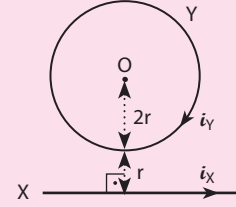
Sağ el kuralı halkaya uygulandığında manyetik alanın yönü sayfa düzleminden içeri doğru \otimes olur.

Manyetik alanın büyüklüğü $B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5}{0,1} = 3 \times 10^{-5} T$ olarak bulunur.

39. ALIŞTIRMA

Doğrusal X teli ile 2r yarıçaplı çembersel Y teli aynı düzlemindedir. Tellerden şekilde verilen yönlerde i_X ve i_Y akımları geçtiğinde O noktasındaki bileşke manyetik alan sıfır olmaktadır.

Buna göre tellerden geçen akımların $\frac{i_X}{i_Y}$ oranı kaçtır? ($\pi = 3$ alınız.)



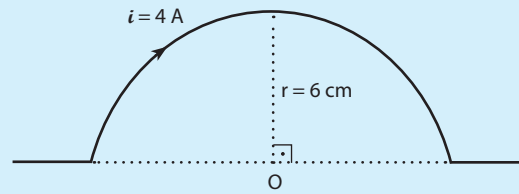
ÇÖZÜM



28. ÖRNEK

Sayfa düzleminde bulunan ve üzerinden 4 A akım geçen 6 cm yarıçaplı yarım halkanın merkezinde oluşan manyetik alan \vec{B} 'dir.

Buna göre oluşan manyetik alanın yönü ve büyüklüğü nedir? ($K = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ ve $\pi = 3$ alınız.)



ÇÖZÜM

Halkaya sağ el kuralı uygulandığında manyetik alanın yönü sayfa düzleminden içeri doğru olur. Halkanın tam olması durumunda merkezdeki manyetik alanın büyüklüğü

$$B = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} = \frac{10^{-7} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}{0,06} = 4 \times 10^{-5} T \text{ olarak bulunur.}$$

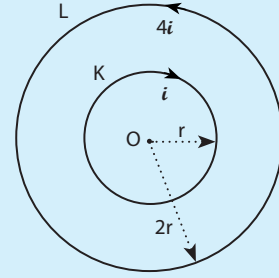
Halka yarım olduğu için manyetik alanın büyüklüğü de yarıya düşer.

$$B_0 = \frac{B}{2} = \frac{4 \times 10^{-5}}{2} = 2 \times 10^{-5} T \text{ olarak bulunur.}$$

29. ÖRNEK

Sayfa düzleminde bulunan yarıçapları r ve $2r$ olan K ve L halkaları merkezleri O noktası olacak şekilde yerleştirilmiştir. Halkalardan sırasıyla i ve $4i$ şiddetinde akımlar belirtilen yönlerde geçmektedir.

Buna göre K halkasının O noktasında oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü B ise O noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü kaç B olur?



ÇÖZÜM

Sağ el kuralına göre K halkasının O noktasında oluşturduğu manyetik alanın yönü sayfa düzleminde içeri doğru, L halkasınınki ise sayfa düzleminde dışarı doğrudur. K ve L halkasının O noktasında oluşturduğu manyetik alanların büyüklüğü B_K ve B_L ise

$$B_K = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} = B \text{ şiddetinde ve sayfa düzleminde içe } \otimes \text{ doğrudur.}$$

$$B_L = \frac{K \cdot 2\pi \cdot 4i}{2r} = 2B \text{ şiddetinde ve sayfa düzleminde içe } \odot \text{ doğrudur.}$$

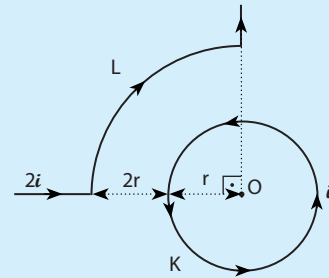
Manyetik alan vektörleri zıt yönlü olduğu için O noktasındaki bileşke manyetik alan

$$B_O = 2B - B = B \text{ şiddetinde ve sayfa düzleminde içe } \odot \text{ doğrudur.}$$

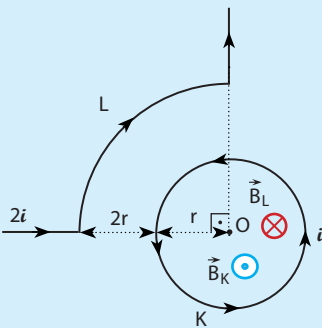
30. ÖRNEK

Sayfa düzlemindeki O merkezli K ve L tellerinden şekilde verilen yön ve şiddetlerde akımlar geçmektedir.

K telinin O noktasında oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü B olduğuna göre O noktasındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü kaç B olur?



ÇÖZÜM



O noktasında K teli sayfa düzleminde dışarı doğru, L teli ise sayfa düzleminde içeri doğru bir manyetik alan oluşturur. Bileşke manyetik alan tellerin oluşturduğu manyetik alanların vektörel olarak toplanmasıyla bulunur.

$$B_K = \frac{K \cdot 2\pi \cdot i}{r} = B \odot \text{ yönünde olur.}$$

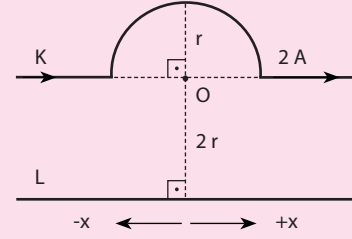
$$B_L = \left(\frac{\alpha}{360}\right) \frac{K \cdot 2\pi \cdot 2i}{3r} = \frac{1}{4} \frac{K \cdot 4\pi \cdot i}{3r} = \frac{K \cdot \pi \cdot i}{3r} = \frac{B}{6} \otimes \text{ yönünde olur.}$$

$$B_O = B - \frac{B}{6} = \frac{5B}{6} \odot \text{ yönünde olur.}$$

40. ALIŞTIRMA

Aynı düzlemdeki 2 A'lık akım geçen yarım halka biçimindeki K teli ile düz L telinin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan sıfırdır.

Buna göre L telinden geçen akımın yönü nedir ve büyüklüğü kaç A olur? ($\pi = 3$ alınız.)

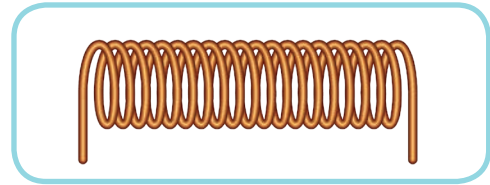


ÇÖZÜM

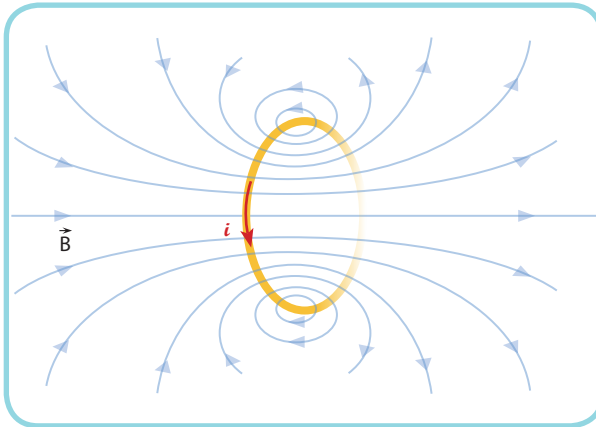


C) ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN AKIM MAKARASININ (BOBİN) MERKEZ EKSENİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN

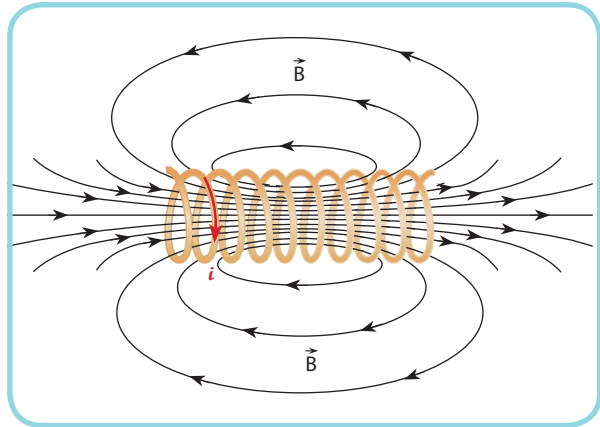
İletken ve düz bir telin silindirik şeklinde sarılması ile oluşturulan araçlara **akım makarası** denir (Şekil 2.44). Akım makarası, bobin ya da selenoid olarak da isimlendirilir. Mekanik kapı zili, elektrik motoru, radyo ve jeneratör gibi cihazlarda kullanılır.



Şekil 2.44: Akım makarası



Şekil 2.45: Üzerinden akım geçen bir halkanın manyetik alan çizgileri

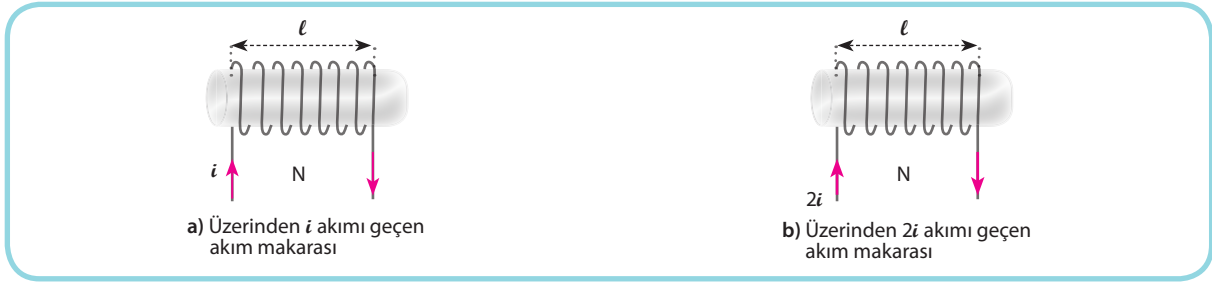


Şekil 2.46: Üzerinden akım geçen bir akım makarasının manyetik alan çizgileri

Akım makarası üzerindeki halkaların her biri sarım olarak da adlandırılır. Akım makarasının oluşturduğu manyetik alan çizgileri ile bir akım halkasının oluşturduğu manyetik alan çizgileri benzerdir (Şekil 2.45). Makaradan akım geçtiğinde her bir halka merkezinde manyetik alan oluşur. Tüm halkaların oluşturduğu manyetik alanların vektörel toplamı ile akım makarasının merkez eksenini boyunca düzgün sayılabilecek bir manyetik alan oluşur. Aynı zamanda makaranın çevresinde zayıf bir manyetik alan oluşur (Şekil 2.46).

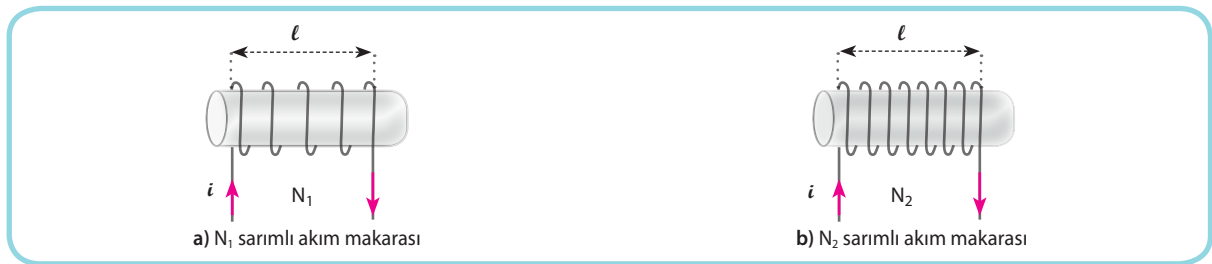


Akım geçen akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanı etkileyen değişkenler nelerdir?



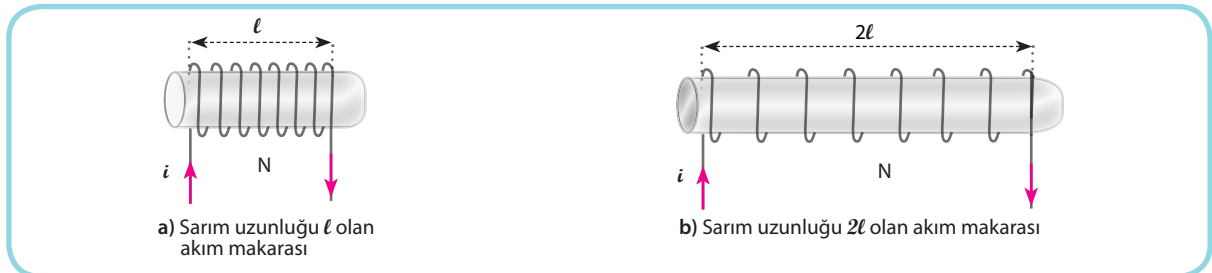
Şekil 2.47: Üzerinden farklı akımlar geçen akım makaraları

Sarım sayısı N , sarımının uzunluğu ℓ olan akım makarasından i akımı geçmektedir (Şekil 2.47.a). Makaradan geçen akım şiddeti iki katına çıkarıldığında her bir halkanın merkezinde oluşan manyetik alan şiddetinin artması sonucunda makaranın merkez eksenindeki manyetik alanın şiddeti de artacaktır (Şekil 2.47.b). Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti, akım şiddeti ile doğru orantılıdır.



Şekil 2.48: Sarım sayıları farklı akım makaraları

Sarım sayıları N_1 , N_2 ve sarımlarının uzunluğu ℓ olan akım makaralarından aynı şiddette i akımı geçmektedir (Şekil 2.48). N_2 sarımlı makaranın merkez ekseninde manyetik alan oluşturan halka sayısı daha fazla olduğu için makaranın merkez ekseninde oluşan manyetik alanın şiddeti de daha fazla olur. Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti, sarım sayısı ile doğru orantılıdır.



Şekil 2.49: Uzunlukları farklı akım makaraları

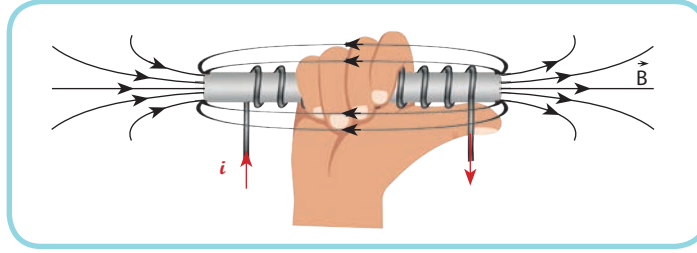
Sarımlarının uzunluğu ℓ , 2ℓ ve sarım sayıları N olan akım makaralarından aynı şiddette i akımı geçmektedir (Şekil 2.49). Makara üzerindeki sarım sayıları aynı olduğu hâlde sarım sıklığının farklı olmasından dolayı makaraların merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddetleri farklıdır. ℓ uzunluğundaki sarımların oluşturduğu manyetik alanın şiddeti daha fazladır. Akım makarasının merkezinde oluşan manyetik alan şiddeti, sarım uzunluğu ile ters orantılıdır.

Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın şiddetini etkileyen diğer bir etken, makara içindeki ortamın cinsidir. Akım makarasının ortasındaki boşluğa bir demir çubuk yerleştirildiğinde akım makarasının merkez eksenindeki manyetik alan şiddeti artar. Bunun nedeni, demir çubuğun manyetik geçirgenliğinin büyük olmasıdır. Manyetik geçirgenlik arttıkça manyetik alan sabiti de artar. Sarımların uzunluğu ℓ , sarım sayısı N olan ve üzerinden i akımı geçen akım makarasının merkezinde oluşan manyetik alan şiddeti



$$B = N \frac{K \cdot 4\pi \cdot i}{\ell}$$

bağıntısıyla bulunur.



Şekil 2.50: Akım makarasında manyetik alan çizgileri ve sağ el kuralı

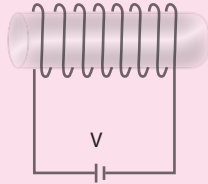
Akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın yönü halkada olduğu gibi sağ el kuralı ile bulunur. Dört parmak akım yönünü gösterecek şekilde makara sağ elin avuç içine yerleştirildiğinde dik açılan başparmak manyetik alanın yönünü gösterir (Şekil 2.50).

41. ALIŞTIRMA

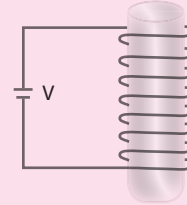
Şekil I ve Şekil II'deki gibi verilen iki akım makarasının üzerinden akım geçmektedir.

Buna göre makaraların merkez ekseninde oluşan manyetik alanın yönünü makaraların üzerine çiziniz.

ÇÖZÜM



Şekil I

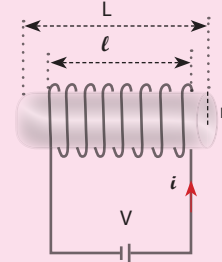


Şekil II

42. ALIŞTIRMA

Yarıçapı r , uzunluğu L olan silindirik şeklindeki yalıtkan cisim ve iletken tel kullanılarak sarım sayısı N , sarımlarının uzunluğu ℓ olan akım makarası oluşturulmuştur. Akım makarası üretece bağlanarak telden i akımı geçmesi sağlanmıştır. Bu durumda akım makarasının merkez ekseninde manyetik alan oluşmaktadır. Akım makarası üzerinde yapılan bazı değişiklikler tabloda verilmiştir.

Değişikliklerin her biri ayrı ayrı yapıldığında makaranın merkez eksenindeki manyetik alanın yönünün ve büyüklüğünün ne şekilde etkileneceğini tablodaki boş yerlere yazınız.



ÇÖZÜM

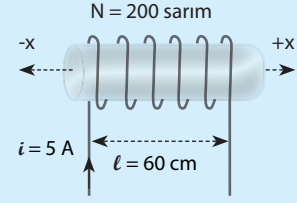


Yapılan Değişiklik	Manyetik Alanın Yönü (Değişir/Değişmez)	Manyetik Alanın Şiddeti (Artar/Azalar/Değişmez)
r yarıçapını arttırmak		
i akım şiddetini arttırmak		
N sarım sayısını azaltmak		
ℓ uzunluğunu arttırmak		
i akımının yönünü değiştirmek		

31. ÖRNEK

Sarım sayısı 200 ve sarımların uzunluğu 60 cm olan akım makarasından 5 A akım geçmektedir.

Buna göre akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alanın yönü ve şiddeti nedir? ($\kappa = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ ve $\pi = 3$ alınınız.)



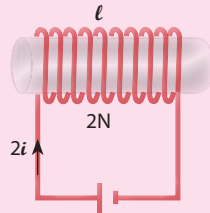
ÇÖZÜM

Sağ el kuralına göre manyetik alan +x yönündedir. Şiddeti ise

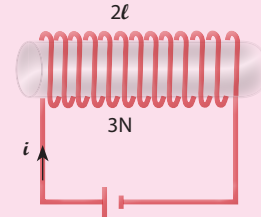
$$B = N \frac{\kappa \cdot 4\pi \cdot i}{l} = 200 \frac{10^{-7} \cdot 4 \cdot 3 \cdot 5}{0,6} = 2 \times 10^{-3} \text{ T olarak bulunur.}$$

43. ALIŞTIRMA

X ve Y akım makaralarının sarım sayıları sırayla 2N ve 3N, sarım uzunlukları l ve $2l$ olup makaraların üzerlerinden geçen akımlar $2i$ ve i 'dir.



Şekil I: X Makarası



Şekil II: Y Makarası

Buna göre X makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan \vec{B}_x , Y makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan \vec{B}_y olduğuna göre $\frac{B_x}{B_y}$ oranı kaçtır?

ÇÖZÜM



44. ALIŞTIRMA

Sarımlarının uzunluğu 50 cm olan 1 000 sarımlı akım makarasından 5 A'lık akım geçmektedir.

Buna göre akım makarasının merkez ekseninde oluşan manyetik alan şiddeti kaç T olur?

($\kappa = 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ ve $\pi = 3$ alınınız.)

ÇÖZÜM

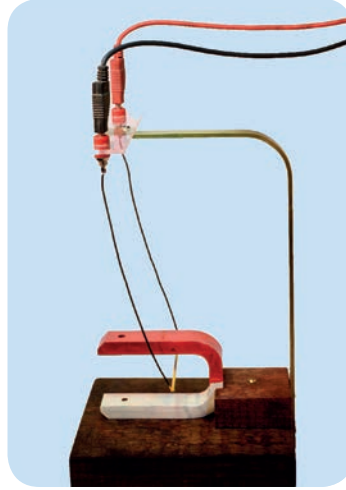


Ç) ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN DÜZ TELE MANYETİK ALANDA ETKİ EDEN KUVVET

İki çubuk mıknatıs birbirine yaklaştırıldığında aralarında itme veya çekme şeklinde bir manyetik kuvvet etkin hâle gelir. Üzerinden akım geçen düz tel de mıknatıs gibi etrafında bir manyetik alan oluşturur. Üzerinden akım geçen düz tel, kendi manyetik alanıyla birlikte başka bir alan içerisinde ise tele manyetik bir kuvvet etki edebilir.



a) Üzerinden akım geçmeyen telin mıknatısın manyetik alanındaki denge durumu



b) Akımın geçme yönüne göre telin mıknatısın içine doğru çekilmesi



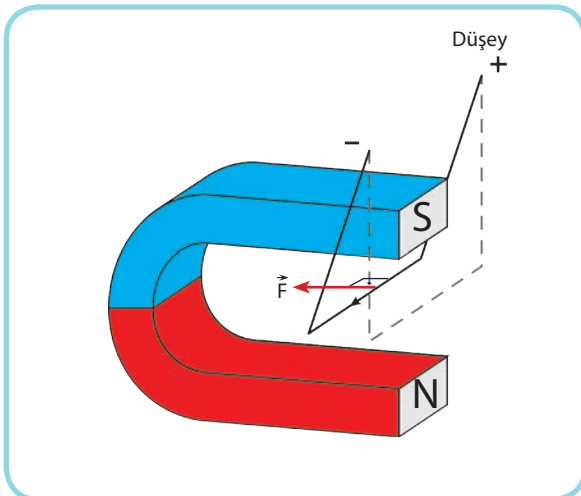
c) Akımın geçme yönüne göre telin mıknatısın dışına doğru itilmesi

Görsel 2.7: Düz telin mıknatısın manyetik alanındaki farklı konumları

Yatay düzleme sabitlenen U mıknatıs, iletken tel ve bağlantı kablolarıyla hazırlanan bir düzenekte telden akım geçmediğinde tel düşey konumda dengede kalır (Görsel 2.7.a). İletken telden akım geçtiğinde telin mıknatısın içine ya da dışına doğru saptığı görülür. Telin farklı yönlerde dengelenmesinin nedeni ise telden farklı yönlerde akım geçmesidir (Görsel 2.7.b,c). Bu değişim, telin mıknatıs kutuplarının arasında kalan kısmına bir kuvvetin etki ettiğini gösterir. Devreden akım geçtiğinde tele kuvvet etki etmesi kuvvetin kaynağının hareketli yükler olduğunu gösterir.



Üzerinden akım geçen düz tele etki eden manyetik kuvvetin şiddetini etkileyen değişkenler nelerdir?



Şekil 2.51: Üzerinden akım geçen iletken tele manyetik alanda etkiyen kuvvet

Şekil 2.51'deki düzenekte telden geçen akım şiddeti artırıldığında telin düşey denge konumuna olan uzaklığının arttığı gözlenir. Bu durum tele etki eden manyetik kuvvetin artması ile açıklanabilir. Manyetik alan içinde üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvetin büyüklüğü, telden geçen akım şiddetiyle doğru orantılıdır.

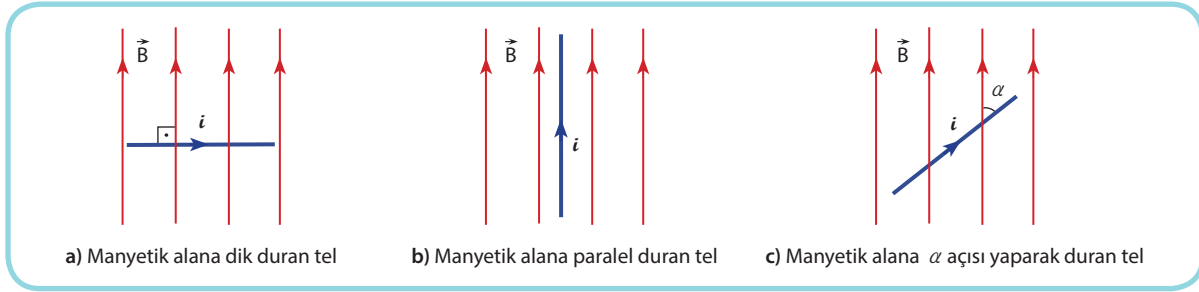
Düzenekteki U mıknatısı yerine kutup şiddeti daha fazla olan bir U mıknatıs kullanıldığında da telin düşey denge konumuna olan uzaklığının arttığı gözlenir. Bu değişim telin içinde bulunduğu manyetik alan şiddetinin artmasıyla açıklanabilir. Üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvetin büyüklüğü, telin bulunduğu manyetik alanın şiddeti ile doğru orantılıdır.

Ayrıca telin manyetik alan içinde kalan uzunluğu değişirse tele etki eden manyetik kuvvet de değişir. Manyetik alanın kuvvet uyguladığı tel parçasının uzunluğunun artması ile manyetik kuvvet de artar. Üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvetin büyüklüğü, telin manyetik alan içindeki uzunluğu ile doğru orantılıdır.

Bütün bu açıklamalar sonucunda B büyüklüğündeki düzgün manyetik alan içinde bulunan ℓ uzunluğundaki telden i şiddetinde akım geçtiğinde tele etki eden manyetik kuvvetin matematiksel modeli $\vec{F} = i \cdot \vec{\ell} \times \vec{B}$ şeklinde olur. Manyetik kuvvetin büyüklüğü bulunurken ifade



$F = B \cdot i \cdot \ell$ şeklinde kullanılır.



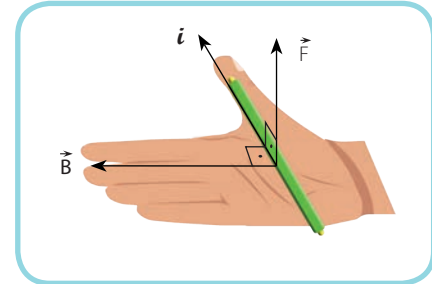
Şekil 2.52: Düzgün manyetik alan içinde üzerinden akım geçen teller

Telin manyetik alan içindeki konumu değişirse manyetik kuvvetin şiddeti de değişir. Tel manyetik alana dik olarak yerleştirildiğinde manyetik kuvvetin büyüklüğü maksimum değerini alır (Şekil 2.52.a). Tel manyetik alana paralel olarak yerleştirilirse tele manyetik kuvvet etki etmez (Şekil 2.52.b). Manyetik kuvvet, iletken tel ile manyetik alan arasındaki açıya göre değişir (Şekil 2.52.c). Bu durumda manyetik kuvvetin büyüklüğü



$F = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin \alpha$ şeklinde olur.

Manyetik kuvvet, hem manyetik alana hem de akım geçen iletken tele dik olacak şekilde oluşur. Manyetik kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ elin başparmağı akımın yönünü, diğer dört parmak ise dış manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda tele etkileyen manyetik kuvvet avuç içine dik yönde olur (Şekil 2.53).

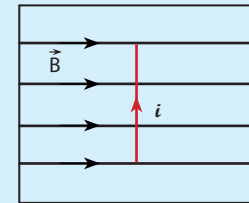
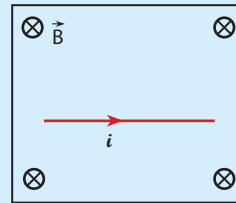


Şekil 2.53: Manyetik alan içinde üzerinden akım geçen tele etkileyen kuvvet için sağ el kuralı

32. ÖRNEK

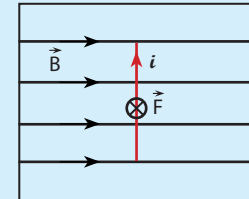
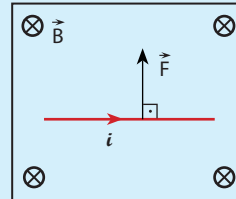
Düzgün \vec{B} manyetik alanlarında bulunan tellerden şekildeki yönlere i şiddetinde akımlar geçmektedir.

Buna göre tellere etkileyen manyetik kuvvetlerin yönü nedir?



ÇÖZÜM

Sağ el kuralına göre başparmak akımı, diğer parmaklar manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda manyetik kuvvetlerin yönü şekildeki gibi olacaktır.

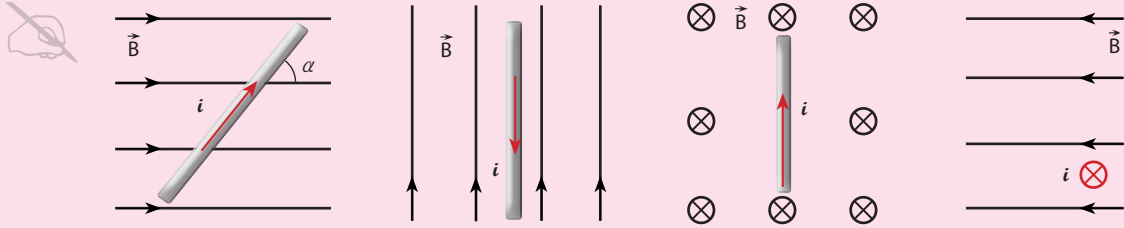


45. ALIŞTIRMA

Üzerinden şekildeki yönlere i akımı geçen teller düzgün manyetik alanların içindedir.

Buna göre tellere etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü şekiller üzerine çiziniz.

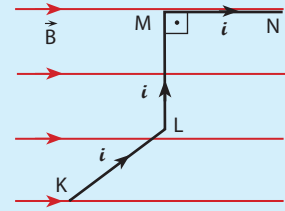
ÇÖZÜM



33. ÖRNEK

Düzgün \vec{B} manyetik alanının içinde bulunan şekildeki gibi bükülmüş telden i şiddetinde akım geçmektedir. Telin KL, LM ve MN uzunluklarına etki eden manyetik kuvvetler sırasıyla \vec{F}_{KL} , \vec{F}_{LM} ve \vec{F}_{MN} 'dir.

Buna göre KL, LM ve MN uzunlukları eşit olduğuna göre telin parçalarına uygulanan manyetik kuvvetlerin büyüklüklerini sıralayınız.

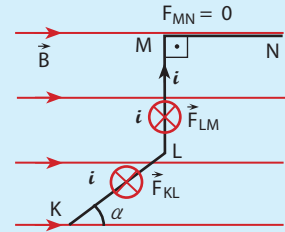


ÇÖZÜM

Üzerinden akım geçen tele etkileyen kuvvet; telden geçen akım şiddetine, manyetik alan şiddetine ve telin manyetik alan ile yaptığı açıya bağlı olarak değişir. Tellere etki eden kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki

$$F_{KL} = B \cdot i \cdot l \cdot \sin \alpha \quad F_{LM} = B \cdot i \cdot l \cdot \sin 90^\circ = B \cdot i \cdot l \quad F_{MN} = B \cdot i \cdot l \cdot \sin 0^\circ = 0$$

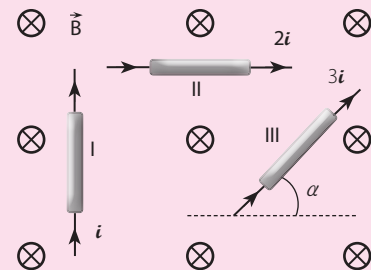
$$F_{LM} > F_{KL} > F_{MN} \text{ olur.}$$



46. ALIŞTIRMA

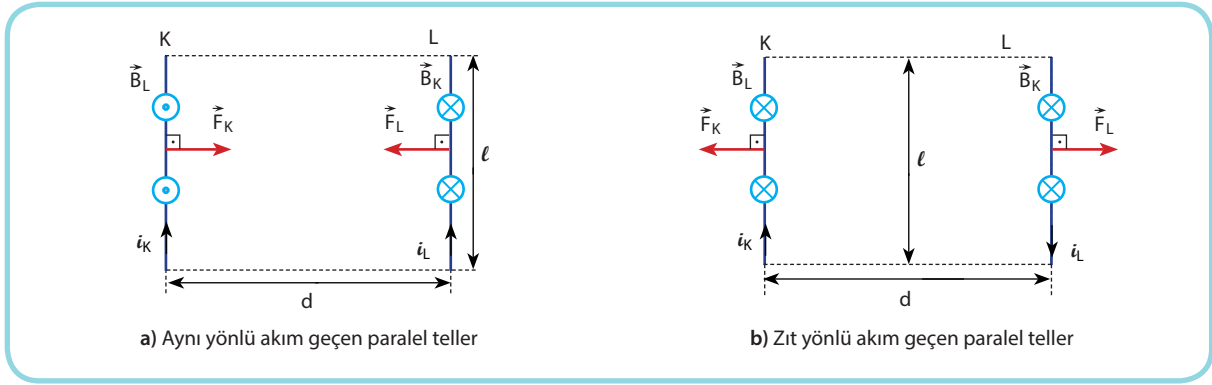
Düzgün \vec{B} manyetik alanında bulunan eşit uzunluktaki I, II ve III numaralı tellerden sırasıyla i , $2i$ ve $3i$ akımları geçmektedir.

Buna göre tellere etki eden manyetik kuvvetler \vec{F}_1 , \vec{F}_2 ve \vec{F}_3 arasındaki büyüklük sıralaması nedir?



ÇÖZÜM





Şekil 2.54: Üzerinden akım geçen paralel teller

Aynı yönlü i_K ve i_L akımları geçen ℓ uzunluğundaki K ve L telleri paralel olarak yerleştirilmiştir (Şekil 2.54.a). K teli, sağ el kuralına göre L telinin bulunduğu tarafta sayfa düzlemine dik ve içeri doğru sabit büyüklükte \vec{B}_K manyetik alanını oluşturur. K telinin oluşturduğu dış manyetik alan içinde kalan ve üzerinden akım geçen L teline manyetik kuvvet etki eder. Bu kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunursa L teline etkiyen kuvveti \vec{F}_L olur. Aynı şekilde L teli de K telinin bulunduğu tarafta sayfa düzlemine dik ve dışarı doğru sabit büyüklükte \vec{B}_L manyetik alanını oluşturur. Akım geçen K teline de L telinin oluşturduğu manyetik alandan dolayı manyetik kuvvet etki eder. Bu kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunursa K teline etkiyen kuvveti \vec{F}_K olur. Üzerlerinden aynı yönlü akım geçen paralel tellere uygulanan manyetik kuvvetler telleri birbirine yaklaştıracak şekilde oluşur.

Benzer şekilde üzerlerinden zıt yönlü akım geçen teller de birbirine manyetik kuvvet uygular. Bu kuvvetler telleri birbirinden uzaklaştıracak yönde oluşur (Şekil 2.54.b).

$$F_L = B_K \cdot i_L \cdot \ell \text{ eşitliğinde } B_K = \frac{K \cdot 2i_K}{d} \text{ yerine yazılırsa} \quad F_K = B_L \cdot i_K \cdot \ell \text{ eşitliğinde } B_L = \frac{K \cdot 2i_L}{d} \text{ yerine yazılırsa}$$

$$F_L = \frac{K \cdot 2i_K}{d} \cdot i_L \cdot \ell \quad \checkmark$$

$$F_K = \frac{K \cdot 2i_L}{d} \cdot i_K \cdot \ell \quad \checkmark$$

$$F_L = \frac{K \cdot 2i_K \cdot i_L}{d} \ell \text{ olur.}$$

$$F_K = \frac{K \cdot 2i_L \cdot i_K}{d} \ell \text{ olur.}$$

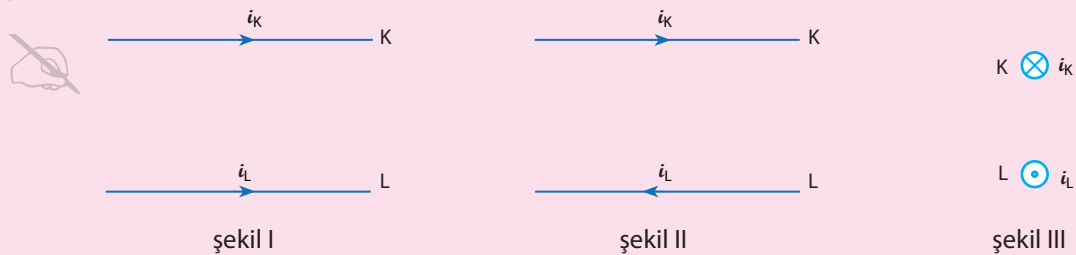
Teller birbirine akım şiddetleri ve uzunlukları ile doğru orantılı, aralarındaki uzaklık ile ters orantılı olarak değişen bir kuvvet uygular. Kuvvetler eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür.

47. ALIŞTIRMA

Birbirine paralel K ve L tellerinden şekil I, şekil II ve şekil III'te verilen yönlerde akımlar geçmektedir.

Buna göre her bir tele etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü şekiller üzerine çiziniz.

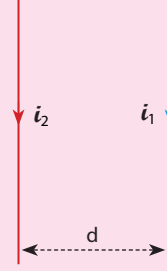
ÇÖZÜM



48. ALIŞTIRMA

Sayfa düzleminde bulunan, üzerlerinden belirtilen yönde i_1 ve i_2 şiddetinde akım geçen eşit uzunluktaki teller birbirine paralel ve aralarındaki uzaklık d 'dir. Bu durumda i_2 akımı geçen telin i_1 akımı geçen tele uyguladığı kuvvet \vec{F} 'dir. Düzenekte yapılan bazı değişiklikler tabloda verilmiştir.

Buna göre tablodaki değişikliklerinin ayrı ayrı yapılması durumunda \vec{F} kuvvetinin yön ve büyüklüğünün nasıl değişeceğini tablodaki boş yerlere yazınız.

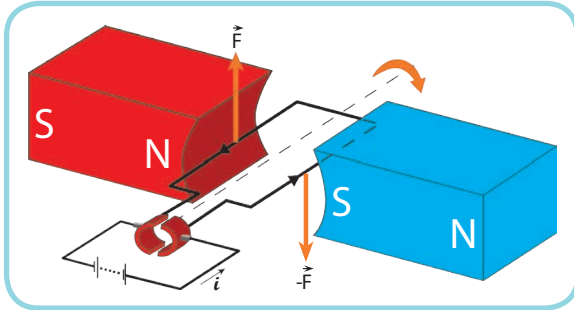


ÇÖZÜM



Yapılan Değişiklik	Kuvvetin Yönü (Değişir/Değişmez)	Kuvvetin Büyüklüğü (Artar/Azalar/Değişmez)
d uzaklığını azaltmak		
i_1 akımının şiddetini azaltmak		
i_2 akımının yönünü değiştirmek		

D) MANYETİK ALAN İÇERİSİNDE ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN DİKDÖRTGEN TEL ÇERÇEVEYE ETKİ EDEN KUVVETİN DÖNDÜRME ETKİSİ



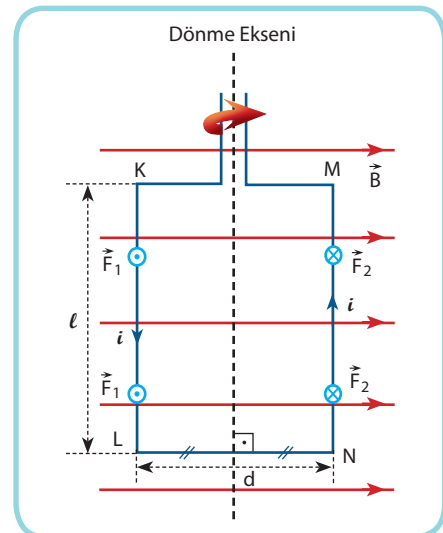
Şekil 2.55: Basit elektrik motoru modeli

Basit bir elektrik motoru düzeneğinde iletken düz bir tel, dikdörtgen tel çerçeve şekline getirilerek mıknatısın kutuplarının arasına yerleştirilir. Tel çerçeveden akım geçmesi sağlandığında çerçevenin kenarlarına Şekil 2.55'teki gibi manyetik kuvvetler etki eder. Bu kuvvetlerin oluşturacağı tork sayesinde çerçeve manyetik alan içinde dönmeye başlar. Böylece elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüşür.

İletken düz bir tel, şekildeki gibi tel çerçeve hâline getirilerek düzgün \vec{B} manyetik alanına yerleştirilmiştir (Şekil 2.56). Çerçeveden şekilde verilen yönde i akımı geçtiğinde çerçevenin manyetik alana dik olan KL ve MN kenarına manyetik kuvvet etki eder. Manyetik alana paralel olan diğer kenarlarına manyetik kuvvet etki etmez. Sağ el kuralına göre KL kenarına sayfa düzleminde dışarı doğru \vec{F}_1 , MN kenarına ise sayfa düzleminde içeri doğru \vec{F}_2 kuvveti etki eder. Bu kuvvetler çerçevenin dönmelerini sağlayan torkun oluşumunda etkilidir. Büyüklükleri eşit bu kuvvetler çerçevenin dönme eksenini etrafında sürekli dönmelerini sağlar. Sürtünmelerin ihmal edilmesi durumunda üzerinden i şiddetinde akım geçen, yüzey alanı $A = \ell \cdot d$ olan çerçeveye \vec{B} manyetik alanı içinde etki eden torkun büyüklüğü

$$\tau = F \frac{d}{2} + F \frac{d}{2} = F \cdot d \Rightarrow \tau = B \cdot i \cdot \ell \cdot d$$

$$\tau = B \cdot i \cdot A \text{ olur.}$$



Şekil 2.56: Düzgün manyetik alanda çerçeveye etki eden tork

Torkun büyüklüğü; çerçevenin konulduğu manyetik alanın şiddeti, çerçeveden geçen akım şiddeti ve çerçevenin alanı ile doğru orantılıdır. Ayrıca üst üste birden çok çerçeve kullanılarak oluşan torkun artması sağlanabilir. **Üst üste konmuş N tane çerçevede oluşan toplam torkun büyüklüğü**



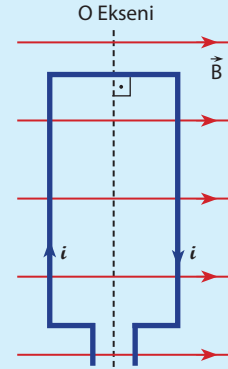
$\tau = N \cdot B \cdot i \cdot A$ şeklinde olur.

34. ÖRNEK

Bir iletken çerçeveden i akımı geçmektedir. Yüzey alanı A olan çerçeve, B büyüklüğündeki düzgün manyetik alana konulduğunda O eksenini etrafında dönmektedir.

Sürtünmeler ihmal edildiğine göre

- Çerçeveden geçen akım şiddeti arttırılırsa çerçeveye etki eden toplam tork nasıl değişir?
- Çerçevenin içinde bulunduğu manyetik alanın şiddeti arttırılırsa çerçeveye etki eden toplam tork nasıl değişir?
- Manyetik alan içinde kalmak şartıyla çerçevenin konumu değiştirilmeden çerçevenin kenar uzunlukları arttırılırsa çerçeveye etki eden toplam tork nasıl değişir?



ÇÖZÜM

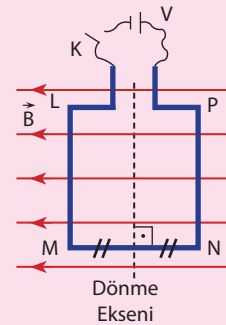
Akım geçen iletken çerçeveye etkileyen toplam torkun büyüklüğü; akım şiddeti, yüzey alanı ve manyetik alan şiddeti ile doğru orantılıdır. O hâlde $\tau = N \cdot B \cdot i \cdot A$ ifadesine göre

- Akım şiddeti arttığı için toplam tork artar.
- Manyetik alan şiddeti arttığı için toplam tork artar.
- Çerçevenin yüzey alanı arttığı için toplam tork artar.

49. ALIŞTIRMA

İletken çerçeve düzgün \vec{B} manyetik alanının içine yerleştirilerek üretece bağlanmıştır. Düşey düzlemdeki iletken LMNP çerçevesi, dönme eksenini etrafında dönebilmektedir.

Sürtünmeler ihmal edildiğine göre K anahtarı kapatıldığında çerçeveye etki eden kuvvetleri çizip manyetik alan içindeki çerçevenin hareketini yorumlayınız.

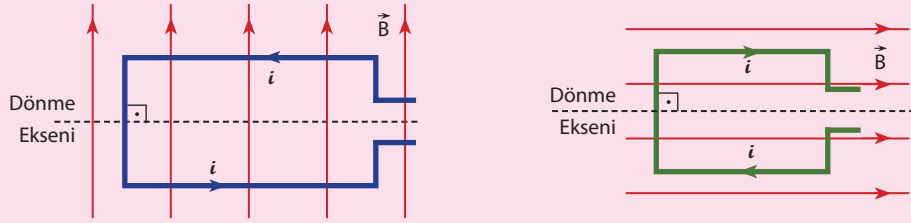


ÇÖZÜM



50. ALIŞTIRMA

Üzerinden i şiddetinde akım geçen tel çerçeveler, düzgün manyetik alan içine yerleştirilmiştir.



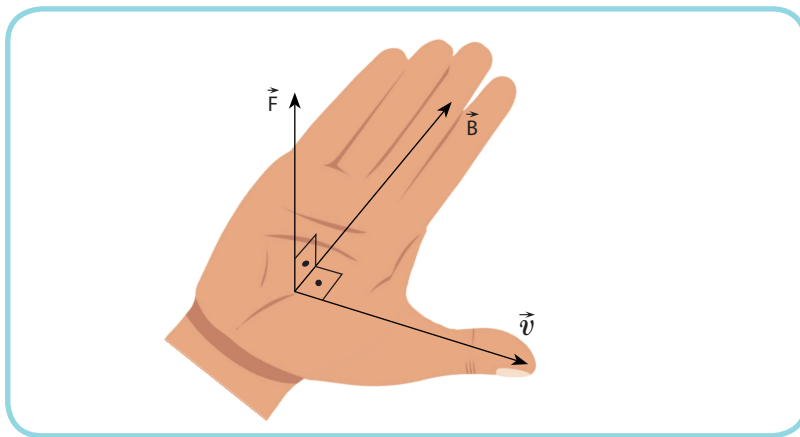
Buna göre çerçevelere etki eden manyetik kuvvetleri çizip çerçevelerin hareketlerini yorumlayınız.

ÇÖZÜM



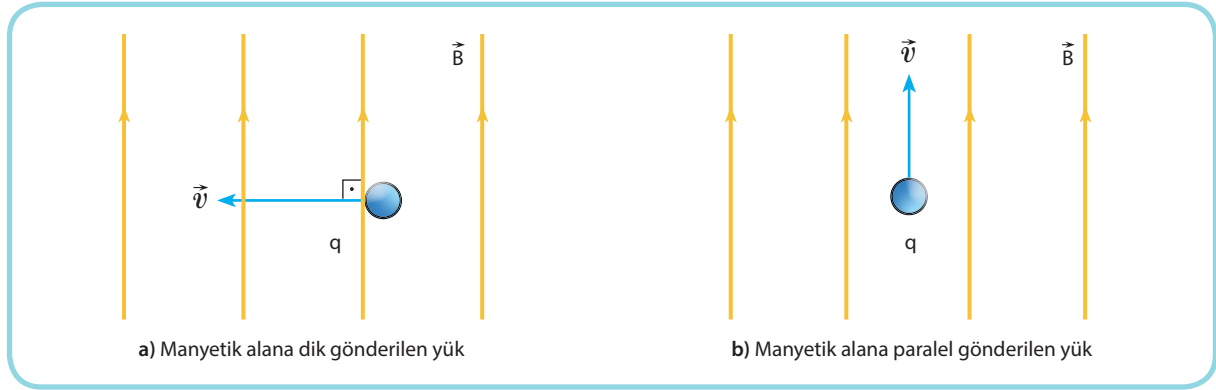
E) YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MANYETİK ALAN İÇİNDEKİ HAREKETİ

Manyetik alan içindeki, üzerinden akım geçen tele manyetik bir kuvvet etki edebilir. Aslında bu kuvvet, tele değil; tel üzerinde hareket eden yüklere uygulanır. Tele etkiyen manyetik kuvvet, yüklere etki eden kuvvetlerin bileşkesidir. Düzgün bir manyetik alan içinde hareket eden yüklü parçacığa etki eden kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunur.



Şekil 2.57: Manyetik alan içinde hareket eden pozitif yüke etkiyen kuvvet için sağ el kuralı

Bu kurala göre sağ el Şekil 2.57'deki gibi açılarak sağ elin başparmağı yükün hızının yönünü, diğer dört parmak manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda avuç içi pozitif yüke etkiyen manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Negatif yükler için ise sağ el kuralı uygulanırken başparmak yükün hareket yönünün tersi yönünde tutulur. Yüke etkiyen manyetik kuvvet, yükün hız vektörü ve manyetik alan her zaman birbirine dik olur.



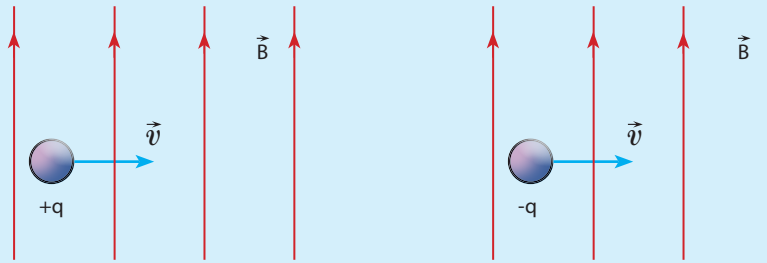
Şekil 2.58: Düzgün manyetik alanda hareket eden yükler

Düzgün manyetik alan içerisindeki hareketli yüke etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü; manyetik alan şiddeti (\vec{B}), yük miktarı (q) ve yükün hızı (\vec{v}) ile doğru orantılıdır. Manyetik kuvvet aynı zamanda hız vektörü ile manyetik alan vektörü arasındaki açığa bağlı olarak değişir. Yüklü parçacık manyetik alana dik olarak girdiğinde yüklü parçacığa etki eden manyetik kuvvet en büyük değerini alır (Şekil 2.58.a). Yüklü parçacık manyetik alana paralel olarak girdiğinde ise yüklü parçacığa manyetik kuvvet etki etmez (Şekil 2.58.b).

35. ÖRNEK

$$F_{\text{map}} = B \cdot q \cdot v$$

Düzgün \vec{B} manyetik alanına \vec{v} hızıyla Şekil I'deki gibi $+q$ ve Şekil II'deki gibi $-q$ yükleri gönderilmiştir.



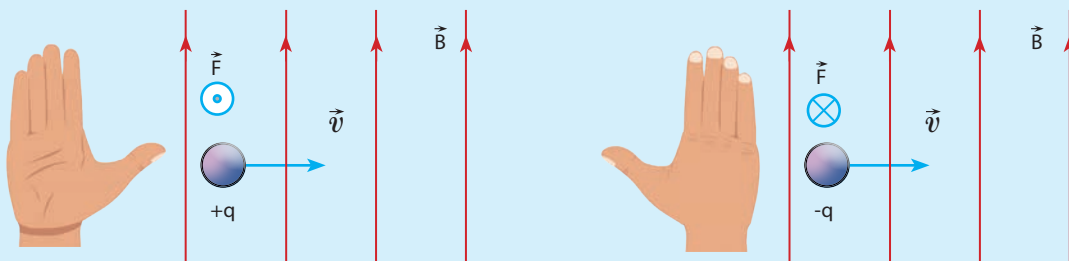
Şekil I

Şekil II

Buna göre yüklere etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü bulunuz.

ÇÖZÜM

Şekildeki gibi sağ elin başparmağı hız vektörünü, diğer dört parmak manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda avuç içi pozitif yüke etki eden manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Negatif yüke sağ el kuralı uygulanırken başparmak yükün hareket yönünün tersi yönde, dört parmak manyetik alan yönünde tutulduğunda avuç içi negatif yüke etki eden manyetik kuvvetin yönünü gösterir. Bu durumda $+q$ yüküne etki eden kuvvet sayfa düzleminde dışarı doğru, $-q$ yüküne etki eden kuvvet sayfa düzleminde içeri doğrudur.

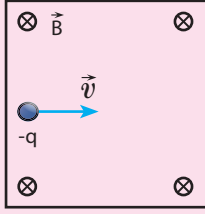


Şekil I

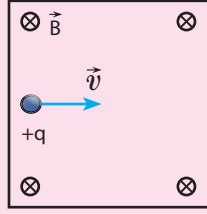
Şekil II

51. ALIŞTIRMA

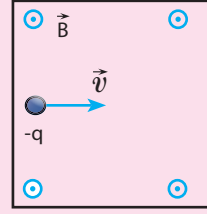
Düzgün \vec{B} manyetik alanları içine $+q$ ve $-q$ yükleri v büyüklüğündeki hızlarla gönderilmektedir.



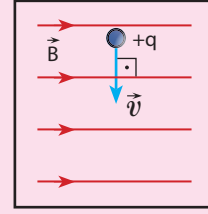
Şekil I



Şekil II



Şekil III



Şekil IV

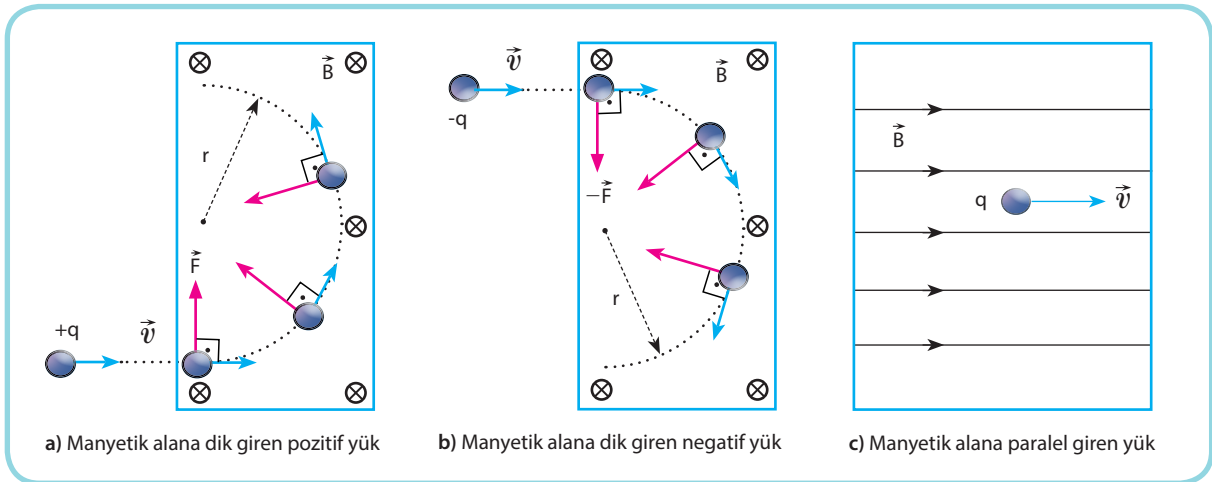
Buna göre yüklere etki eden manyetik kuvvetin yönünü sağ el kuralını kullanarak bulunuz.

ÇÖZÜM



Yüklü parçacıklar manyetik alan içerisine girdiğinde ne şekilde hareket eder?

Düzgün manyetik alana dik olarak giren parçacığa her zaman parçacığın hız vektörüne dik bir manyetik kuvvet etki eder. Bu durumda parçacığın hızının büyüklüğü değişmezken yönü değişir. Bu nedenle manyetik alan içinde parçacık üzerinde yapılan iş sıfır olduğundan parçacığın kinetik enerjisi değişmez. Manyetik kuvvet parçacığın hareket yörüngesinin değişmesine neden olur.



Şekil 2.59: Düzgün manyetik alanda hareket eden yükler

Kütlesi m ve yükü $+q$ olan parçacık, sabit \vec{v} hızıyla sayfa düzleminde içeri doğru yönelmiş düzgün manyetik alana girmektedir (Şekil 2.59.a). Manyetik alana giren parçacığa manyetik kuvvet etki eder. Kuvvetin etkisiyle parçacık doğrusal hareketine devam edemez. Hızına dik olarak etkiyen kuvvet nedeniyle parçacık şekildeki gibi çembersel bir yörüngede hareketini sürdürür. Parçacığın yükü $-q$ olduğunda yüke etki eden manyetik kuvvetin yönü değişeceğinden sadece parçacığın manyetik alandaki dönme yönü değişir (Şekil 2.59.b). Yüklü parçacık manyetik alana paralel doğrultuda girdiğinde manyetik kuvvet etki etmez ve parçacık doğrusal hareketine devam eder (Şekil 2.59.c). Parçacığın manyetik alan içindeki çembersel yörüngesinin yarıçapı; parçacığın kütlesine, hızının büyüklüğüne, yük miktarına ve manyetik alanın şiddetine bağlı olarak değişir.

Yük miktarları ve hızlarının büyüklüğü eşit olan iki parçacık aynı manyetik alana girdiğinde kütlesi büyük olan parçacık yarıçapı daha büyük bir yörüngede dolandır. Yük miktarları ve kütleleri eşit olan iki parçacık aynı manyetik alana girdiğinde hızı büyük olan parçacık yarıçapı daha büyük bir yörüngede dolandır.

Kütleleri ve hızlarının büyüklüğü eşit olan iki parçacık aynı manyetik alana girdiğinde yük miktarı büyük olan parçacık yarıçapı daha küçük bir yörüngede dolandır. Yük miktarları, hızlarının büyüklüğü ve kütleleri eşit olan iki parçacıktan daha şiddetli bir manyetik alana giren parçacık yarıçapı daha küçük bir yörüngede dolandır.

36. ÖRNEK

Düzgün \vec{B} manyetik alanına, alana dik \vec{v} hızıyla giren (-) yüklü parçacık r yarıçaplı yörüngede dolmaktadır.

Buna göre

- I. Manyetik alanın şiddetinin artmasıyla parçacığın yörünge yarıçapı artar.
- II. Manyetik alan içinde parçacığın hızının büyüklüğü değişmez.
- III. Manyetik alana giriş hızının artmasıyla parçacığın yörünge yarıçapı azalır.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

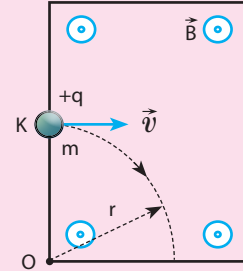
ÇÖZÜM

Manyetik alanın şiddetinin artmasıyla r yarıçapı azalır. Alan içinde parçacığa etki eden manyetik kuvvet hız vektörüne dik olduğu için parçacığın hızının büyüklüğü değişmez. Parçacığın manyetik alana giriş hızının artmasıyla yörünge yarıçapı artar. Dolayısıyla II. ifade doğru, I ve III. ifade yanlıştır.

52. ALIŞTIRMA

Yüklü parçacıkların düzgün manyetik alandaki hareketini gözlemlemek amacıyla yapılan bir deneyde kütlesi m ve yükü $+q$ olan parçacık, sabit v büyüklüğündeki hızla sayfa düzleminde dışarı doğru yönelmiş düzgün \vec{B} manyetik alanına gönderilmiştir. Yüklü parçacığın manyetik alan içinde O merkezli ve r yarıçaplı yörüngede hareket ettiği tespit edilmiştir.

Tabloda deneyde yapılması istenen değişiklikler verilmiştir. Değişikliklerin ayrı ayrı yapılması durumunda yüklü parçacığın yörünge yarıçapı ve dönme yönünü ne şekilde değiştireceğini tablodaki boş yerlere yazınız.



ÇÖZÜM



Yapılan Değişiklik	Yörünge Yarıçapı (Artar/Azalır/Değişmez)	Dönme Yönü (Değişir/Değişmez)
Parçacığın yük miktarını (q) arttırmak		
Parçacığın alana giriş hızını arttırmak		
Manyetik alan şiddetini azaltmak		
Deneyi $-q$ yüklü parçacıkla yapmak		

Manyetik kuvvetin teknolojiye birçok kullanım alanı vardır. Tıpta görüntüleme tekniği olarak kullanılan ve MR olarak bilinen manyetik rezonans olayında manyetik kuvvetlerden yararlanır. MR yumuşak dokuların görüntülenmesi amacıyla kullanılır. Dokularda yoğun olarak bulunan hidrojen atomlarındaki protonlara göre görüntü oluşturulur. Dokulardaki protonlar güçlü bir manyetik alana maruz bırakılarak titreştirilir. Titreşen protonların yaydığı ışınlar tespit edilerek görüntüye dönüştürülür.



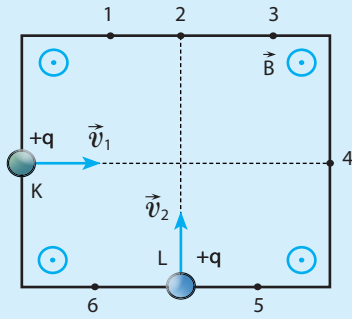
ARAŞTIRMA KONUSU

Manyetik kuvvetin teknolojiye kullanım alanları hakkında araştırma yaparak araştırma sonuçlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

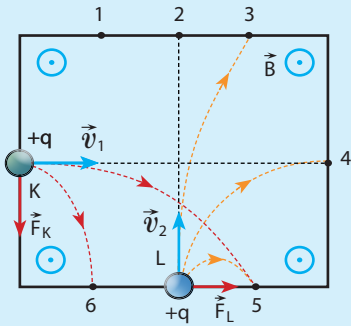
37. ÖRNEK

Sürtünmenin ve yükler arasındaki etkileşimin ihmal edildiği yatay düzlemde yükleri $+q$ olan parçacıklar, sayfa düzleminin dışarı doğru yönelmiş düzgün \vec{B} manyetik alanına girmektedir.

Buna göre parçacıklar manyetik alanı hangi noktalardan geçerek terk edebilir?



ÇÖZÜM

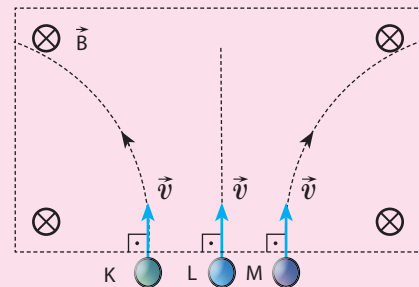


Sağ el kuralı uygulandığında parçacıklara etki eden kuvvetler şekildedeki gibi olur. Bu kuvvetlerin etkisiyle K cismi 5 ve 6 numaralı noktalardan; L cismi ise 3, 4 ve 5 numaralı noktalardan geçerek manyetik alanı terk edebilir.

53. ALIŞTIRMA

q_K , q_L ve q_M yüklü parçacıklar düzgün bir manyetik alana dik olarak girdiğinde parçacıkların manyetik alandaki yörüngeleri şekildedeki gibi olmaktadır.

Buna göre parçacıkların yüklerinin işaretleri nedir?

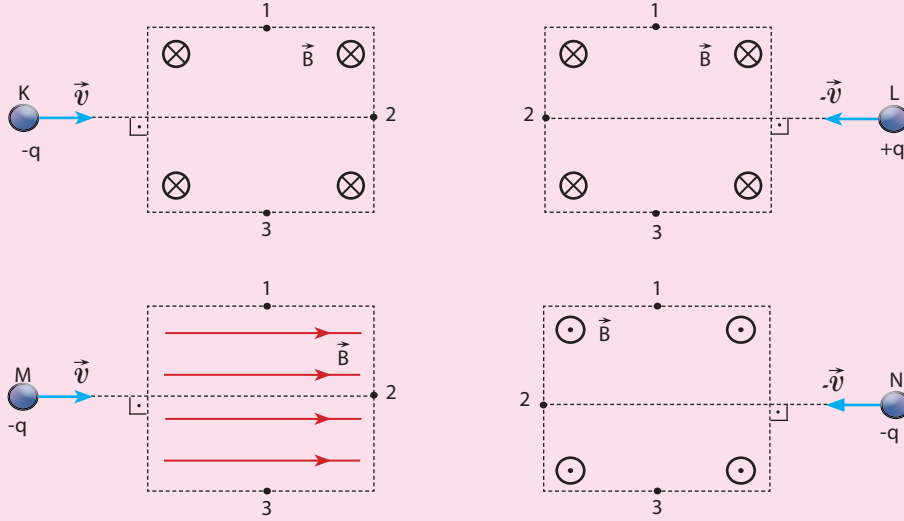


ÇÖZÜM



54. ALIŞTIRMA

Sürtünmenin ihmal edildiği yatay düzlemde yük miktarları ve hız büyüklükleri şekillerdeki gibi olan K, L, M ve N parçacıkları düzgün \vec{B} manyetik alanına girmektedir.



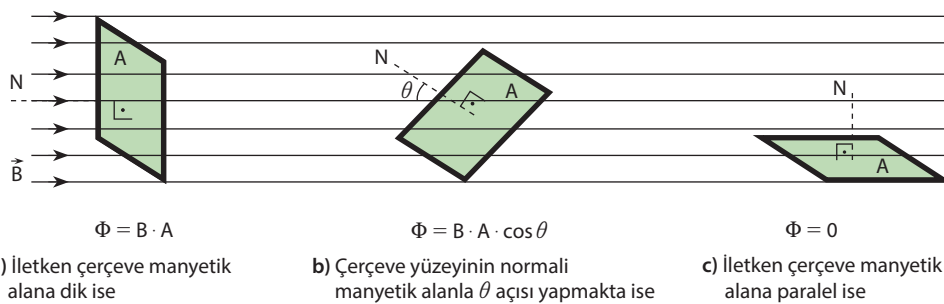
Buna göre parçacıklar manyetik alanı hangi noktalardan geçerek terk edebilir?

ÇÖZÜM



F) MANYETİK AKI

Uzayın belli bir bölgesindeki manyetik alanın büyüklüğü, manyetik alan çizgileriyle gösterilir. Manyetik alanın kuvvetli olduğu bölgelerde çizgiler daha sık, zayıf olduğu bölgelerde ise daha seyrek. Alan çizgilerinin yoğunluğu manyetik alanın büyüklüğü ile orantılı alınır. **Manyetik akı**, manyetik alan içindeki bir yüzeyin dik kesitinden geçen manyetik alan çizgilerinin sayısının bir ölçüsüdür. Manyetik akı Φ sembolü ile gösterilir ve SI'da manyetik akının birimi **weberdir (Wb)**.



Şekil 2.60: Manyetik alan içindeki iletken çerçeveden geçen manyetik akı

Çerçeve manyetik alana dik olarak yerleştirildiğinde yüzeyin normali ile manyetik alan arasındaki açı 0° dir (Şekil 2.60.a). Bu durumda yüzeyden geçen çizgi sayısı ve manyetik akı maksimumdur. Çerçeve alan içinde döndürülerek yüzeyin normali ile manyetik alan arasındaki açı θ yapılırsa yüzeyden geçen çizgi sayısı ve manyetik akı azalır (Şekil 2.60.b). Eğer çerçeve manyetik alana paralel konuma getirilirse yüzeyin normali ile manyetik alan arasındaki açı 90° olur. Bu durumda yüzeyden çizgi geçmeyeceği için manyetik akı sıfır olur (Şekil 2.60.c).

Manyetik alan içindeki bir çerçevede manyetik alan şiddetinin artması ile alan çizgileri sıklaşır ve çerçevenin içinden geçen çizgi sayısı artar. Aynı şekilde çerçevenin manyetik alan içindeki yüzey alanı arttırılırsa yüzeyden geçen çizgi sayısı da artar. Her iki durumda da çerçevenin içindeki manyetik akı artar. O hâlde çerçevenin içindeki manyetik akı, manyetik alan şiddeti ve çerçevenin yüzey alanı ile doğru orantılıdır. B büyüklüğündeki manyetik alanda bulunan çerçevenin A büyüklüğündeki yüzeyinden geçen manyetik akının büyüklüğü



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta \text{ olur.}$$

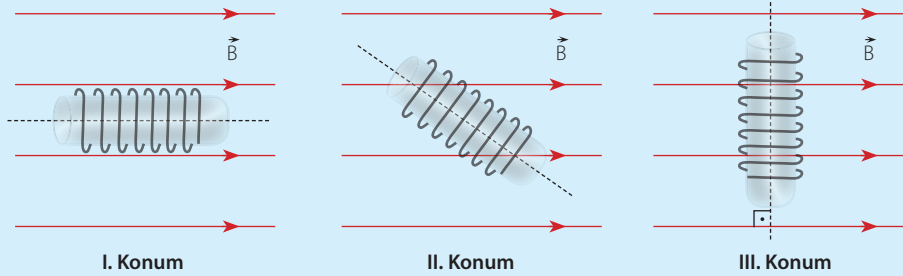
Manyetik akının birimi ise weber = (tesla)·(metre)² şeklindedir.

Manyetik akı değişimi, bir çerçevenin hareket durumuna göre çerçeveden geçen son durumdaki manyetik akı değeri Φ_2 ile ilk durumdaki manyetik akı değeri Φ_1 'in farkıdır. Buna göre manyetik akı değişimi

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \text{ olur.}$$

38. ÖRNEK

Akım makarasının düzgün manyetik alandaki üç farklı konumu verilmiştir.



Buna göre makara hangi konumlarında iken makaradan manyetik akı geçer? (Yerin manyetik alanı önemsizdir.)

ÇÖZÜM

Akım makarasından manyetik akı geçmesi için alan çizgilerinin makaranın halkaları içinden geçmesi gerekir. Buna göre I ve II. konumlarında iken akım makarasından manyetik akı geçer, III. konumda iken geçmez.

39. ÖRNEK

Yüzey alanı 2 m^2 olan bir çerçeve, şiddeti 5 T olan düzgün bir manyetik alanda bulunmaktadır.

Çerçeve manyetik alan çizgileriyle 30° lik açı yaptığına göre çerçeve yüzeyindeki manyetik akı kaç Wb olur? ($\cos 60^\circ = 0,5$ alınınız.)

ÇÖZÜM

Çerçevenin manyetik alanla yaptığı açı 30° ise yüzeyin normali ile manyetik alan çizgileri arasındaki açı 60° dir.

$A = 2 \text{ m}^2$ ve $B = 5 \text{ T}$ ise manyetik akı

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta = B \cdot A \cdot \cos 60^\circ = 5 \cdot 2 \cdot 0,5 = 5 \text{ Wb} \text{ olur.}$$

55. ALIŞTIRMA

Yüzey alanı 10 m^2 olan bir çerçeve, 10^{-1} Wb/m^2 büyüklüğündeki düzgün bir manyetik alana dik konumdayken çerçeve yüzeyindeki manyetik akı kaç Wb olur?

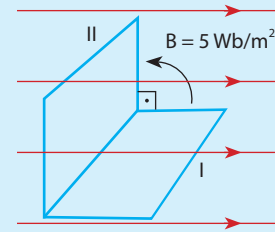
ÇÖZÜM



40. ÖRNEK

Kenar uzunlukları 20 cm ve 30 cm olan dikdörtgen iletken bir çerçeve, 5 Wb/m^2 lik düzgün manyetik alana paralel olarak yerleştirilmiştir.

Buna göre çerçeve I. konumdan II. konuma getirildiğinde oluşan manyetik akı değişimini bulunuz.



ÇÖZÜM

Çerçevede oluşan manyetik akı $\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$ bağıntısıyla bulunur.

Çerçevenin yüzey alanı $A = 0,2 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ m}^2$ dir.

İlk durumda çerçevenin normali ile manyetik alan arasındaki açı 90° dir.

Bu durumda çerçevedeki manyetik akı $\Phi_1 = B \cdot A \cdot \cos \theta = 5 \cdot 0,06 \cdot \cos 90^\circ = 0$ olur.

Son durumda çerçevenin normali ile manyetik alan arasındaki açı 0° dir.

Bu durumda çerçevedeki manyetik akı $\Phi_2 = B \cdot A \cdot \cos \theta = 5 \cdot 0,06 \cdot \cos 0^\circ = 0,3 \text{ Wb}$ olur.

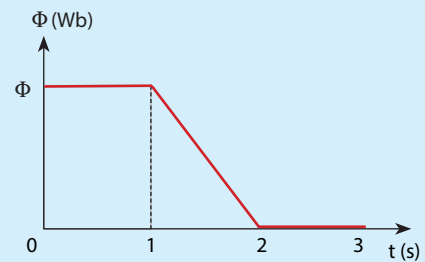
Bu durumda manyetik akı değişimi $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 0,3 - 0 = 0,3 \text{ Wb}$ olur.

Manyetik akı değişiminin pozitif çıkması çerçeveden geçen akının arttığını gösterir.

41. ÖRNEK

Düzgün manyetik alan içinde bulunan iletken bir çerçevenin içinden geçen manyetik akının zamanla değişim grafiği verilmiştir.

Buna göre hangi zaman aralıklarında çerçevede manyetik akı değişimi olur?

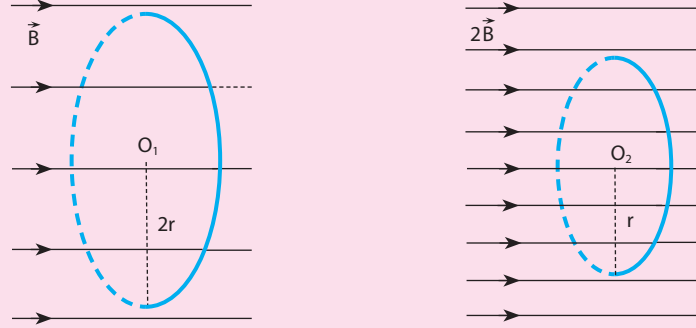


ÇÖZÜM

(0-1) s ve (2-3) s zaman aralıklarında manyetik akı değişimi olmaz. Sadece (1-2) s zaman aralığında manyetik akı değişimi olur.

56. ALIŞTIRMA

Sayfa düzleminde bulunan B ve $2B$ büyüklüğündeki manyetik alanlara $2r$ ve r yarıçaplı çember şeklindeki halkalar sayfa düzlemine dik olarak yerleştirilmiştir.



Buna göre r yarıçaplı halkanın yüzeyindeki manyetik akı Φ_1 , $2r$ yarıçaplı halkanın yüzeyindeki manyetik akı Φ_2 ise $\frac{\Phi_1}{\Phi_2}$ oranı kaçtır?

ÇÖZÜM



İndüksiyon Elektromotor Kuvveti

Basit bir elektrik devresinde elektrik akımının oluşabilmesi için iletkenin uçları arasında potansiyel farkının olması gerekir. Bu nedenle devrelerde batarya, pil ve jeneratör gibi enerji kaynakları kullanılır. Elektriksel enerji sağlayan cihazlara elektromotor kuvvet kaynağı denir. İki nokta arasında elektriksel potansiyel farkı olduğunda elektromotor kuvvet kaynağı, elektronları düşük potansiyelden yüksek potansiyele doğru hareket ettirmeye zorlar. Birim yükün devreyi bir defa dolanması için gerekli enerji **elektromotor kuvveti** olarak tanımlanır. Elektromotor kuvvet ϵ sembolü ile gösterilir ve birimi **volt**ur (V).



Üretici olmayan bir elektrik devresinden akım geçebilir mi?

G) İNDÜKSİYON AKIMI

1831 yılında Michael Faraday ve Joseph Henry tarafından gerçekleştirilen deneyler manyetik alanın şiddetini değiştirerek devrede bir elektromotor kuvvetin ve dolayısıyla bir akımın oluşturulabileceğini ortaya koymuştur. Manyetik alanın şiddetini değiştirmek aynı zamanda manyetik akıyı da değiştirdiğinden akı değişimi sağlanarak elektrik akımı oluşturulabilir.

Manyetik akı değişimi sonucunda oluşan akıma örnek olarak Simülasyon 2.3 incelenebilir.



Simülasyon 2.3: İndüksiyon Akımı



Simülasyonun Amacı

İndüksiyon akımının oluşumunu incelemek



Verilen karekodu okutarak simülasyonu açınız. Karşınıza çıkan ekranın sağında yer alan menüde “gösterge” sekmesinde “lamba” seçeneği seçili olmalıdır. Ekrandaki düzenek; iletken tel bir halka, çubuk mıknatıs ve lambadan oluşmalıdır. Düzenek üzerinde aşağıdaki değişiklikleri yaparak değişimleri gözlemleyiniz.



Simülasyonun Uygulanması

1. Mıknatısı hareket etmeyecek şekilde halkanın içine yerleştiriniz. Lambanın ışık verip vermediğini gözlemleyiniz.
2. Mıknatısı birkaç kez halkaya yaklaştırıp uzaklaştırınız. Lambanın ışık verip vermediğini gözlemleyiniz.
3. Mıknatısı önce yavaşça sonra hızlıca halkaya yaklaştırıp uzaklaştırdığınızda lambanın parlaklığındaki değişimi gözlemleyiniz.

Değerlendirme

1. Mıknatıs hareket etmeyecek şekilde halkanın içindeyken lambadan akım geçti mi?
2. Mıknatıs halkaya yaklaştırılıp uzaklaştırıldığında lambadan akım geçti mi?
3. Mıknatıs önce yavaşça sonra hızlıca halkaya yaklaştırılıp uzaklaştırıldığında lambanın parlaklığındaki değişim nasıl oldu?
4. Simulasyonda elde ettiğiniz bilgileri kullanarak indüksiyon akımının matematiksel modelini elde ediniz.

Simülasyondan görüldüğü üzere mıknatıs halka içinde hareketsiz iken lamba ışık vermez. Mıknatısın alan çizgileri halka içinde manyetik akı oluşturur. Manyetik akı olsa dahi akımın geçmediği görülür. Bu durumda devrede herhangi bir elektromotor kuvvet oluşmadığı söylenebilir.

Mıknatıs halkaya yaklaştırılıp uzaklaştırıldığında halka içindeki manyetik alan çizgi sayısı ve buna bağlı olarak manyetik akı değişir. Bu durumda lambanın ışık verdiği gözlenir. Halka içerisindeki manyetik akı değişimi halka üzerinde elektrik akımı oluşmasını sağlar. Akımın oluşması devrede bir elektromotor kuvvet oluştuğunun göstergesidir. Manyetik akı değişimi ile oluşan elektromotor kuvvete **indüksiyon elektromotor kuvveti**, oluşan akıma da indüksiyon akımı denir.

Mıknatısın halkaya yaklaştırılıp uzaklaştırılması işlemi ne kadar hızlı yapılırsa lambanın parlaklığı ve voltmetrenin gösterdiği değer mıknatısın hızı nedeniyle değişen manyetik akı değişimiyle doğru orantılı olarak artar. Manyetik akı değişimi ne kadar hızlı ise hem indüksiyon elektromotor kuvveti hem de indüksiyon akımı o kadar büyük olur. O hâlde indüksiyon elektromotor kuvveti ve indüksiyon akımı manyetik akı değişim hızıyla doğru orantılıdır. Halkada Δt sürede, $\Delta \Phi$ büyüklüğünde manyetik akı değişimi varsa halkada oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetin büyüklüğü

$$\epsilon_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

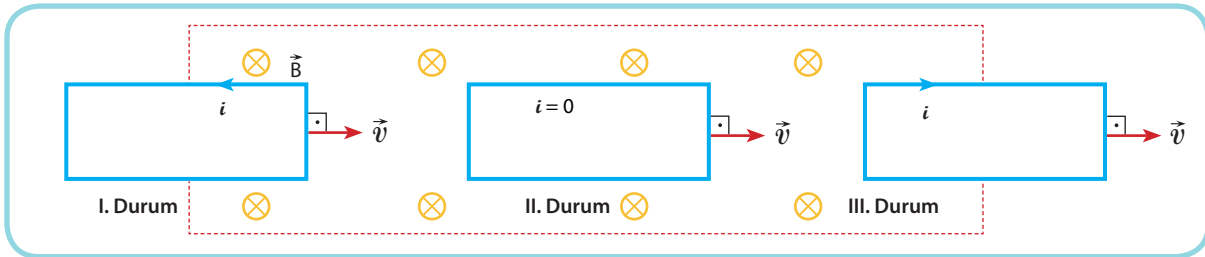
Çok sayıda halkadan oluşan akım makarasında da indüksiyon elektromotor kuvveti oluşabilir. Bu durumda

$$N \text{ sarımlı akım makarası için } \epsilon_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \text{ olur.}$$

Bağıntılarda yer alan (-) işareti oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin kendisini oluşturan etkiye karşı koyacak yönde olduğunu gösterir. İndüksiyon elektromotor kuvvetin büyüklüğü hesaplanırken (-) işaretinin kullanılmasına gerek yoktur. İndüksiyon akımının büyüklüğü bulunurken Ohm Yasası kullanılır.

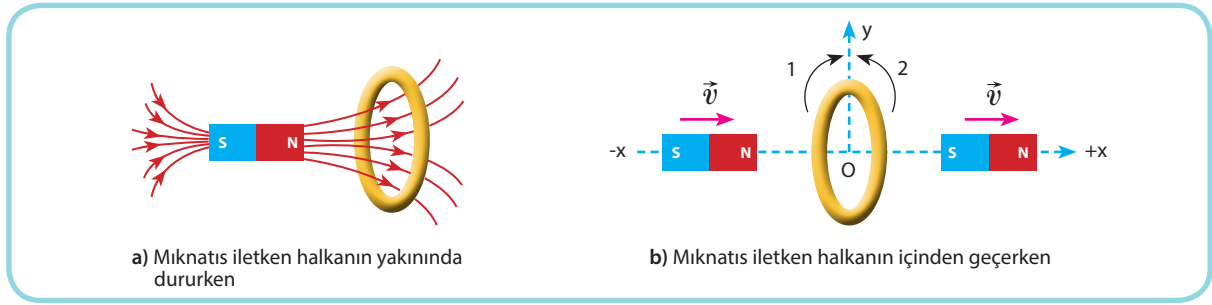
$$\text{Ohm Yasası'na göre } \epsilon_{\text{ind}} = i_{\text{ind}} \cdot R \Rightarrow i_{\text{ind}} = \frac{\epsilon_{\text{ind}}}{R} \text{ olur.}$$

Değişen manyetik akı sonucunda oluşan indüksiyon akımının yönü Lenz Yasası ile belirlenir. İndüksiyon akımının oluşturduğu manyetik alan, indüksiyon akımını meydana getiren manyetik akı değişimine karşı koyacak yönde oluşur. Manyetik akı artarsa indüksiyon akımının oluşturduğu manyetik alan, manyetik akıyı azaltacak yönde oluşur. Manyetik akı azalır ise indüksiyon akımının oluşturduğu manyetik alan, manyetik akıyı arttıracak yönde oluşur.



Şekil 2.61: Düzgün manyetik alanda \vec{v} hızıyla hareket ettirilen çerçeve

Dikdörtgen şeklindeki iletken tel çerçeve sabit \vec{v} hızıyla hareket ederek yönü sayfa düzleminden içeri doğru, \vec{B} manyetik alandan geçmektedir (Şekil 2.61). Çerçeve manyetik alana tamamen girene kadar çerçeveden geçen manyetik akı zamanla artar. Bu durumda çerçeve üzerinde, artan manyetik akının azalmasını sağlayacak şekilde indüksiyon akımı oluşur. Bunun için sayfa düzleminden içeriye doğru olan \vec{B} manyetik alanına karşı sayfa düzleminden dışarıya doğru bir manyetik alan oluşur. Sağ el kuralına göre zıt yönde bir manyetik alan oluşması için çerçeve üzerinden geçen akımın yönü I. durumdaki gibi olmalıdır. II. durumdaki gibi çerçevenin tamamı manyetik alan içinde hareketli iken çerçevedeki manyetik akı değişmez. Manyetik akı değişimi olmadığı için çerçeve üzerinde indüksiyon akımı oluşmaz. Çerçeveden geçen manyetik akı, çerçeve manyetik alandan çıkmaya başladığı andan itibaren azalmaya başlar ve bu azalma çerçeve manyetik alanı tamamen terk edene kadar devam eder. Bu durumda çerçeve üzerinde, azalan manyetik akının artmasını sağlayacak şekilde indüksiyon akımı ve \vec{B} manyetik alanıyla aynı yönde bir manyetik alan oluşur. Sağ el kuralına göre sayfa düzleminden içeriye doğru bir manyetik alan oluşması için çerçeve üzerinden geçen akımın yönü III. durumdaki gibi olmalıdır.

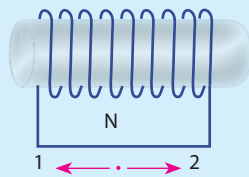


Şekil 2.62: Bir mıknatısın iletken halka üzerinde indüksiyon akımı oluşturması

Sayfa düzlemindeki çubuk mıknatısın önüne, sayfa düzlemine dik bir halka yerleştirildiğinde halka içerisinde manyetik akı geçer. Ancak manyetik akı değişimi olmadığı için halka üzerinde bir indüksiyon akımı oluşmaz (Şekil 2.62.a). Çubuk mıknatıs $+x$ yönünde \vec{v} hızıyla halka içerisinde geçerek uzaklaştırıldığında halka yüzeyinde manyetik akı değişimi olur. Mıknatıs, halkaya yaklaşırken manyetik akı artar. Halka üzerinde manyetik akıyı azaltacak şekilde indüksiyon akımı oluşur. Başlangıçta mıknatısın halkanın merkezinde oluşturduğu manyetik alan $+x$ yönündedir. İndüksiyon akımını oluşturacak manyetik alan ise $-x$ yönünde olmalıdır. Sağ el kuralı uygulandığında indüksiyon akımının 2 yönünde oluştuğu bulunur. Mıknatıs halkadan uzaklaşırken halkadan geçen manyetik akı azalır. Böylece indüksiyon akımı 1 yönünde oluşur (Şekil 2.62.b).

42. ÖRNEK

Sarım sayısı N olan akım makarasına çubuk mıknatıs Şekil I'deki gibi \vec{v} hızıyla yaklaştırılmaktadır. Bu durumda akım makarası üzerinde oluşan indüksiyon akımı i_1 'dir. Aynı çubuk mıknatıs akım makarasına aynı mesafeden Şekil II'deki gibi $2\vec{v}$ hızıyla yaklaştırıldığında oluşan indüksiyon akımı ise i_2 'dir.



Şekil I

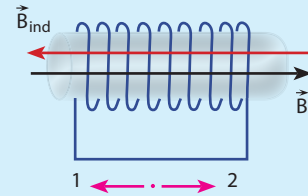


Şekil II

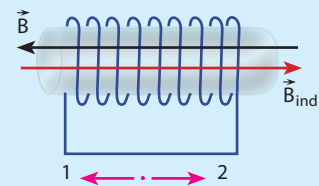
Buna göre i_1 ve i_2 akımlarının yönünü bularak büyüklüklerini karşılaştırınız.

ÇÖZÜM

Şekil I'deki durumda çubuk mıknatıs makaraya yaklaşırken makaranın merkez eksenindeki manyetik akı artar. İndüksiyon akımı makara üzerinde akıyı azaltacak yönde oluşur. Başlangıçta mıknatısın makaranın merkez ekseninde oluşturduğu \vec{B} manyetik alanı 2 yönündedir. İndüksiyon akımının oluşturacağı \vec{B}_{ind} alanı 1 yönünde olmalıdır. Sağ el kuralı uygulandığında i_1 akımının 2 yönünde oluştuğu bulunur.



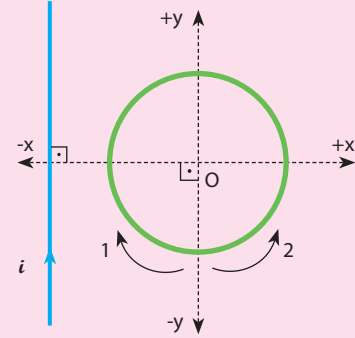
Şekil II'deki çubuk mıknatıs makaraya yaklaşırken makaranın merkez eksenindeki manyetik akı artar. İndüksiyon akımı makara üzerinde akıyı azaltacak yönde oluşur. Başlangıçta mıknatısın makaranın merkez ekseninde oluşturduğu \vec{B} manyetik alanı 1 yönündedir. İndüksiyon akımının oluşturacağı \vec{B}_{ind} alanı 2 yönünde olmalıdır. Sağ el kuralı uygulandığında i_2 akımının 1 yönünde oluştuğu bulunur. İkinci durumdaki akımın değişim hızı ilk durumdakinden daha büyük olduğu için i_2 akımı i_1 akımından büyüktür.



57. ALIŞTIRMA

İletken düz bir telden i akımı geçmektedir. Telin yanına r yarıçaplı halka, şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Düzenek üzerinde yapılan bazı değişiklikler tabloda verilmiştir.

Bu değişikliklerin ayrı ayrı yapılması durumunda halka yüzeyindeki manyetik akı, halkada oluşan indüksiyon akımı ve indüksiyon akımının yönünün nasıl değiştiğini tabloda ayrılan yerlere yazınız.

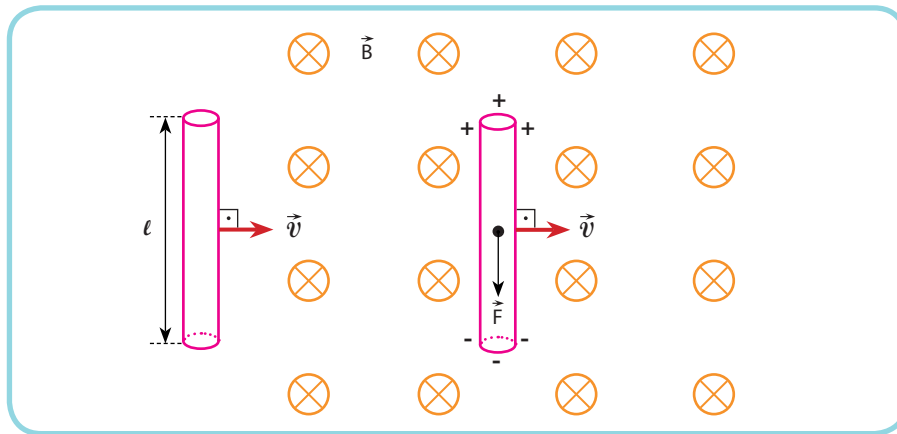


ÇÖZÜM



Yapılan Değişiklik	Manyetik Akı (Artar/Azalar/Değişmez)	İndüksiyon Akımı (Oluşur/Oluşmaz)	İndüksiyon Akımı Yönü (1/2/Oluşmaz)
Halkayı +y yönünde hareket ettirmek			
Halkayı +x yönünde hareket ettirmek			
İletken telden geçen akım şiddetini artırmak			

Halka şeklindeki yüzeylerden geçen akının değişimi ile indüksiyon elektromotor kuvveti oluşabilmektedir. Düzgün manyetik alanda bulunan iletken telin hareket ettirilmesi ile de indüksiyon elektromotor kuvvetinin oluşması sağlanabilir.

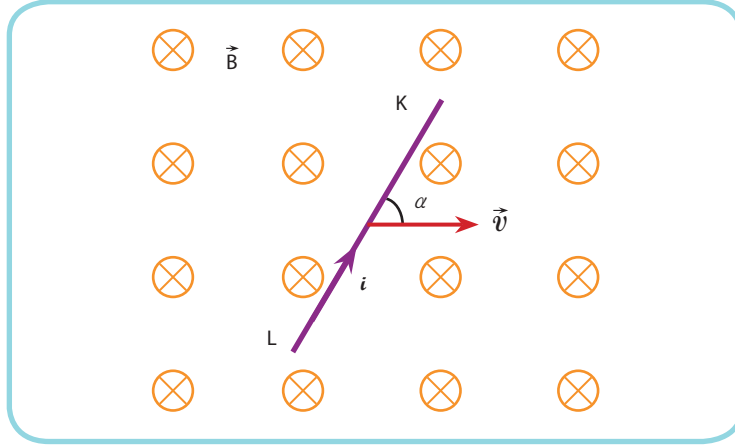


Şekil 2.63: Düzgün manyetik alana dik giren iletken telde indüksiyon elektromotor kuvvetinin oluşumu

Şekil 2.63'teki gibi sayfa düzleminde bulunan l uzunluğundaki iletken tel, sayfa düzleminde içeri doğru olan düzgün \vec{B} manyetik alanına girmektedir. İletken tel ve hız vektörü birbirine dik olacak şekilde iletken tel \vec{v} hızıyla çekildiğinde içindeki serbest elektronlara alan içinde manyetik bir kuvvet etki eder. Sağ el kuralı uygulandığında elektronlara etkiyen manyetik kuvvetin yönünün aşağı doğru olduğu bulunur. Kuvvetin etkisiyle elektronlar iletkenin alt ucunda birikir ve iletkenin üst ucunda pozitif yük fazlalığı oluşur. Böylelikle iletkenin uçları arasında indüksiyon elektromotor kuvvet oluşur.

Hareketli yüklere etki eden manyetik kuvvet, manyetik alan şiddeti ve iletken telin hızı arttıkça artar. İletken telin manyetik alandaki hızının artması ile telde bulunan yüklere daha büyük bir kuvvet etki eder. Bu durumda daha fazla yük hareketi gözleneceği için oluşan indüksiyon elektromotor kuvvet de artar. Aynı zamanda telin manyetik alan içindeki uzunluğu artarsa manyetik kuvvetten etkilenen yük miktarı da artacaktır. Bu durumda daha fazla yük hareketi oluşacağı için oluşan indüksiyon elektromotor kuvvet de artar.

Manyetik alan içinde manyetik alana ve hız vektörüne dik olarak hareket ettirilen ℓ uzunluğundaki telin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetini veren bağıntı $\varepsilon = B \cdot v \cdot \ell$ olur.



Şekil 2.64: Düzgün manyetik alanda \vec{v} hızıyla hareket eden iletken telde indüksiyon elektromotor kuvvetin oluşumu

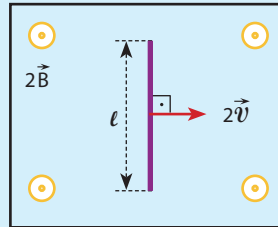
Eğer iletken tel ve hız vektörü birbirine dik değilse hızın tele dik bileşeni kullanılır (Şekil 2.64). Bu durumda indüksiyon elektromotor kuvvetini veren bağıntı



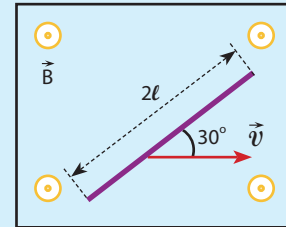
$$\varepsilon = B \cdot v \cdot \ell \cdot \sin \alpha \quad \text{olur.}$$

43. ÖRNEK

Uzunluğu ℓ olan iletken tel Şekil I' deki gibi $2\vec{B}$ manyetik alanında $2\vec{v}$ hızıyla hareket ederken telde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti ε_1 olmaktadır. Uzunluğu 2ℓ olan iletken tel Şekil II' deki gibi \vec{B} manyetik alanında \vec{v} hızıyla hareket ederken telde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti ε_2 olmaktadır.



Şekil I



Şekil II

Buna göre $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$ oranı kaçtır? ($\sin 30^\circ = 0,5$ alınınız.)

ÇÖZÜM

Şekil I'deki durumda $\varepsilon_1 = B_1 \cdot v_1 \cdot \ell_1 = 2B \cdot 2v \cdot \ell = 4B \cdot v \cdot \ell$ olur

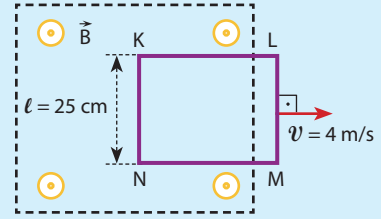
Şekil II'deki durumda $\varepsilon_2 = B_2 \cdot v_2 \cdot \ell_2 \cdot \sin 30^\circ = B \cdot v \cdot 2\ell \cdot 0,5 = B \cdot v \cdot \ell$ olur.

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{4B \cdot v \cdot \ell}{B \cdot v \cdot \ell} = 4 \quad \text{olur.}$$

44. ÖRNEK

Sayfa düzlemine dik ve yönü sayfa düzleminden dışarı doğru olan 10 T büyüklüğünde düzgün manyetik alana sayfa düzleminde iletken KLMN çerçevesi yerleştirilmiştir.

Direnci 5 ohm olan çerçeve manyetik alana dik olarak 4 m/s sabit hızla çekildiğine göre



- a) Çerçeve de oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti kaç V olur?
b) Çerçeve de oluşan indüksiyon akımı hangi yöndedir ve büyüklüğü kaç A olur?

ÇÖZÜM

a) $l = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$ olur. Buna göre indüksiyon elektromotor kuvveti
 $\varepsilon = B \cdot v \cdot l = 10 \cdot 4 \cdot 0,25 = 10 \text{ V}$ olur.

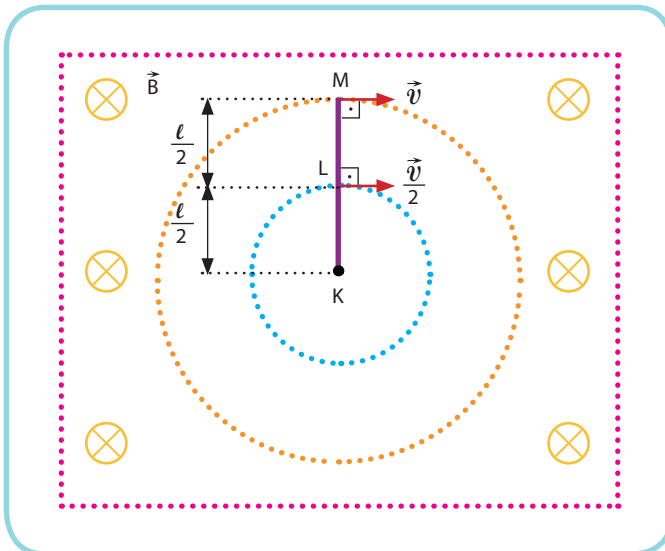
b) İndüksiyon akımının yönü sağ el kuralına göre K'den N noktasına doğru bulunur. Büyüklüğü
 $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$ olur.

58. ALIŞTIRMA

Uzunluğu 60 cm olan iletken tel, 5 T büyüklüğündeki düzgün manyetik alanda, manyetik alana ve tele dik 1 m/s hızla hareket etmektedir.

Buna göre telin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti kaç volt olur?

ÇÖZÜM

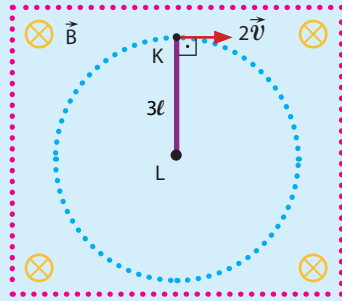


Şekil 2.65: Düzgün manyetik alanda dönen iletken tel

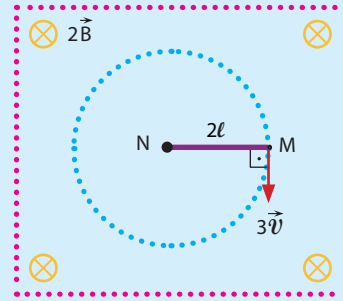
Uzunluğu l olan iletken tel, büyüklüğü B olan manyetik alan içerisindeki K noktası etrafında dönerken iletkenin uçları arasında indüksiyon elektromotor kuvveti oluşur. Tel üzerindeki tüm noktaların çizgisel hızının büyüklüğü farklıdır. İletkenin M ucunun hızının büyüklüğü v iken L noktasının hızının büyüklüğü $\frac{v}{2}$ ve K ucununki sıfırdır (Şekil 2.65). Hızın büyüklüğü çubuğun her noktasında farklı olduğu için ortalama hız değeri kullanılır. İletken telin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetin büyüklüğü $\varepsilon = B \frac{v}{2} \cdot l$ olur.

45. ÖRNEK

Uzunluğu 3ℓ olan KL iletken teli Şekil I'deki gibi düzgün \vec{B} manyetik alanında L noktası etrafında, uzunluğu 2ℓ olan MN iletken teli Şekil II'deki gibi düzgün $2\vec{B}$ manyetik alanında N noktası etrafında dönmektedir. KL telinin K ucunun hızının büyüklüğü $2\mathcal{V}$, MN telinin M ucunun hızının büyüklüğü $3\mathcal{V}$ 'dir.



Şekil I



Şekil II

Buna göre KL telinin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti 4 V ise MN telinin uçları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti kaç voltur?

ÇÖZÜM

KL telinde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti

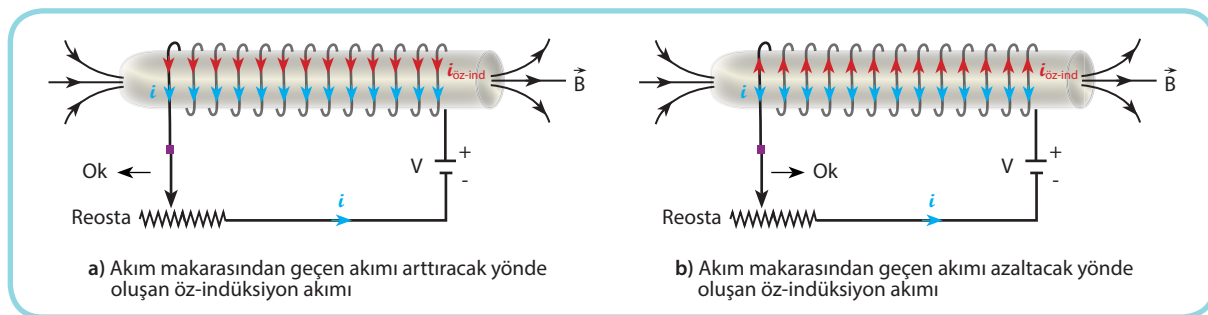
$$\epsilon_{KL} = B \frac{2\mathcal{V}}{2} \cdot 3\ell = 3B \cdot \mathcal{V} \cdot \ell = 4 \text{ V ise}$$

MN telinde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti

$$\epsilon_{MN} = 2B \frac{3\mathcal{V}}{2} \cdot 2\ell = 6B \cdot \mathcal{V} \cdot \ell = 2 \cdot \epsilon_{KL} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ V olur.}$$

G) ÖZ-İNDÜKSİYON AKIMI

Bir akım makarasından akım geçirildiğinde makaranın merkez ekseninde sabit bir manyetik alan oluşur. Devreden geçen akımın değiştirilmesi ile manyetik alanın şiddeti de değişir ve akım makarasının içinde manyetik akı değişimi gerçekleşir. Devredeki akım değişiminin neden olduğu bu akıma öz-indüksiyon akımı denir.



Şekil 2.66: Akım makarasından geçen akımın değiştirilmesi ile öz-indüksiyon akımının oluşumu

Akım makarası, üreteç ve reosta ile kurulan devreden i akımı geçerken makaranın içinde \vec{B} manyetik alanı oluşur. Reosta'nın sürgüsü Şekil 2.66.a'daki gibi ok yönünde çekildiğinde devrenin direnci artar ve devreden geçen i akımının şiddeti azalır. Akımın azalması manyetik alanın şiddetini de azaltır. Lenz Yasası'na göre azalan manyetik alanı arttıracak yönde ikinci bir manyetik alan oluşmalıdır. Bu şekilde akım değişiminden dolayı meydana gelen manyetik akı değişimi devrede öz-indüksiyon akımının oluşmasına neden olur. Sağ el kuralına göre \vec{B} ile aynı yönde manyetik alan oluşması için öz-indüksiyon akımı devredeki i akımını arttıracak yönde olmalıdır. Reosta'nın sürgüsü Şekil 2.66.b'deki gibi ok yönünde çekildiğinde devrenin direnci azalır ve devreden geçen i akımının şiddeti artar. Akımın artması manyetik alanın şiddetini de artırır. Lenz Yasası'na göre artan manyetik alanı azaltacak yönde ikinci bir manyetik alan oluşmalıdır. Bu şekilde akım değişiminden dolayı meydana gelen manyetik akı değişimi devrede öz-indüksiyon akımının oluşmasına neden olur. Sağ el kuralına göre \vec{B} ile aynı yönde manyetik alan oluşması için öz-indüksiyon akımı devredeki i akımını arttıracak yönde olmalıdır.

i akımının şiddeti artar. Akımın artması manyetik alanının şiddetini de artırır. Lenz Yasası'na göre artan manyetik alanı azaltacak yönde ikinci bir manyetik alan oluşmalıdır. Bu şekilde akım değişiminden dolayı meydana gelen manyetik akı değişimi devrede i akımını azaltacak yönde öz-indüksiyon akımının oluşmasına neden olur. Öz-indüksiyon akımı bir devrede akım değişimi gerçekleştiği sürece oluşur.

59. ALIŞTIRMA

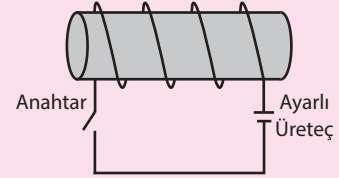
Akım makarası, anahtar ve gerilimi ayarlanabilir üreteç ile şekildeki devre kurularak devre üzerinde sırasıyla aşağıdaki değişiklikler yapılmıştır.

Buna göre

- I. Üretecin gerilimi belli bir değere ayarlandıktan sonra anahtar kapatılmıştır.
- II. Üretecin gerilimi zamanla arttırılmıştır.
- III. Anahtar açılarak devre akımı kesilmiştir.

hangisi işlemlerin yapılması sırasında akım makarasının üzerinde öz-indüksiyon akımı oluşmuştur? Nedenini açıklayınız.

ÇÖZÜM



H) YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MANYETİK ALAN VE ELEKTRİK ALANDAKİ HAREKETİ

Elektrik ve manyetizma birbiri ile bağlantılı iki olgudur. Elektrik yükleri durgunken çevrelerinde elektrik alanlar meydana getirir. Bu yükler hareketlendiğinde ise çevrelerinde elektrik alanlarla birlikte manyetik alanlar da oluşturur.

Yüklü parçacıklara etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü elektrik alan şiddeti ve parçacıkların yük miktarına bağlı olarak değişir. Elektriksel kuvvetin büyüklüğü ise $F = q \cdot E$ olur. Yüklü parçacıklara etkileyen bu elektriksel kuvvet, cisimlerin hızının ve kinetik enerjilerinin değişmesine neden olur.

Yüklü parçacıkların hareket ettiği manyetik alanla birlikte aynı ortamda elektrik alan da bulunabilir. Bu durumda yüklü parçacığa hem manyetik kuvvet hem de elektriksel kuvvet etki eder.

Yapılan deneyler yüklerin elektrik ve manyetik alanlara birbirinden bağımsız olarak tepki verdiğini göstermiştir. Buna göre bir manyetik alanla birlikte ortamda elektrik alan bulunduğunda yüklü parçacığa etki eden net kuvvet elektriksel ve manyetik kuvvetin bileşkesi alınarak

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad \text{bağıntısıyla bulunur.}$$

Bu bağıntı klasik fiziğin birçok alanındaki gelişmelere katkı sağlayan Hendrik Lorentz' in (Hendrik Lorents) anısına **Lorentz kuvveti** olarak anılır.

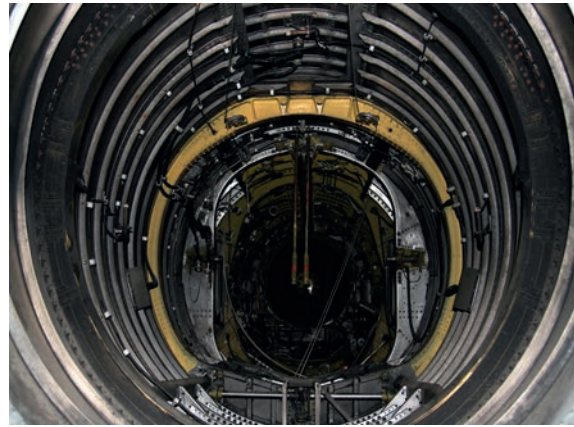
Lorentz kuvvetinin etkisiyle yüklü parçacıkların yörüngelerinin ve hızlarının değiştirilebilmesi birçok teknolojik gelişmeye zemin hazırlamıştır.

İletken çubukların ve tellerin manyetik alan içinde hareketiyle veya değişen bir manyetik alan etkisiyle indüksiyon elektromotor kuvvetleri oluşur. Benzer şekilde değişen manyetik alan içindeki geniş metal şerit ve levhaların yüzeyinde de indüksiyon akımları oluşur. Bunlara **girdap akımları** denir. İletkenin içerisinde sürekli dönen akım, kendi hareketlerine dik olarak Lorentz kuvvetine maruz kalan elektronlardan kaynaklanmaktadır. Girdap akımı, suda kürek çekerken oluşan küçük girdaplara benzetilebilir.



Görsel 2.8: İndüksiyon ocağı

Girdap akımları bir iletken üzerinde dolanırken iletkenin sıcaklığını artırır. Bu özellik indüksiyon ocakları ve indüksiyon fırınlarında kullanılır (Görsel 2.8). İndüksiyon ocağı el yakmaz, indüksiyon ocaklarına uygun tencere tabanında oluşturduğu girdap akımları ile tencerenin sıcaklığını artırır.



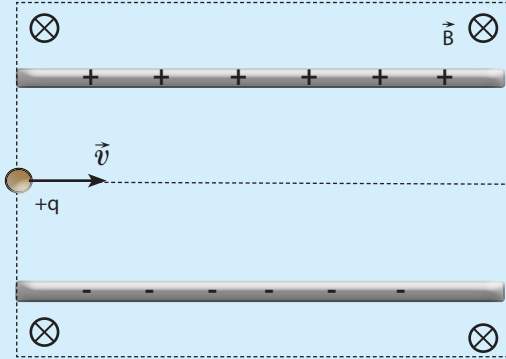
Görsel 2.9: Hadron çarpıştırıcı

Dünyanın en büyük parçacık çarpıştırıcısı, Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi'nde (CERN) yer almaktadır. İsviçre-Fransa sınırında, yerin 100 m altında kurulan ve yaklaşık 27 km uzunluğunda olan Büyük Hadron Çarpıştırıcı (LHC), içinde süper iletken mıknatıslar bulunan halka şeklindeki tünellerden oluşur. Parçacıklar LHC'ye Süper Proton Senkrotronu (SPS) denilen bir ön hızlandırıcıdan yollanır. Elektrik alan yardımıyla hızlandırılan parçacıklar, süper iletken mıknatıslar sayesinde tünel içinde tutulur. Zıt yönlerden gelen ve ışık hızına yakın hızlarda hareket eden iki parçacık demetinin çarpışması sonucunda yeni parçacıklar ortaya çıkar ve bu parçacıklar dedektörlerle incelenir (Görsel 2.9).

Lorentz kuvvetinin diğer uygulamalarına metal dedektörleri, metro trenlerinde kullanılan frenleme sistemleri, metal parayla çalışan otomatlar, malzemelerdeki kusurları tespit eden cihazlar ve parçacık hızlandırıcılar örnek olarak verilebilir.

46. ÖRNEK

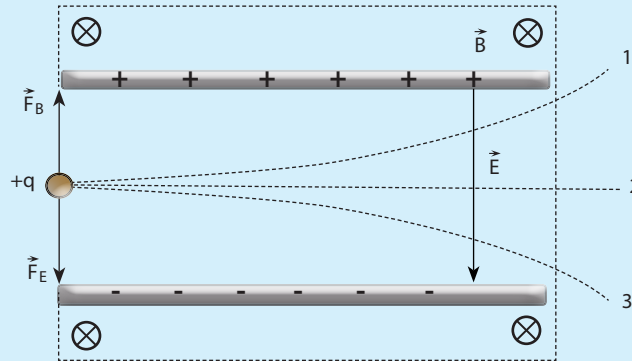
Sayfa düzleminden içeri doğru olan düzgün \vec{B} manyetik alanına sayfa düzleminde bulunan yüklü paralel levhalar yerleştirilerek şekildeki düzenek hazırlanmıştır. $+q$ yüklü parçacık yer çekiminin ve sürtünmelerin ihmal edildiği bu ortama levhalara paralel doğrultuda \vec{v} hızıyla fırlatılmıştır.



Buna göre yüklü parçacığın paralel levhalar arasındaki hareket yörüngesi için ne söylenebilir?

ÇÖZÜM

Yüklü levhalar arasında (+) yüklü levhadan (-) yüklü levhaya doğru bir \vec{E} elektrik alan oluşur. $+q$ yüklü parçacık paralel levhalar arasına girdiğinde hem \vec{B} manyetik alanına hem de \vec{E} elektrik alanına girmiştir. Bu durumda parçacığa hem manyetik kuvvet hem de elektriksel kuvvet etki eder. Elektriksel kuvvet elektrik alanla aynı yöndedir. Sağ el kuralına göre manyetik kuvvet $+q$ yüklü levhaya doğrudur. Elektriksel kuvvet \vec{F}_E ve manyetik kuvvet \vec{F}_B ise parçacığın kuvvet diyagramı şekildeki gibi olur. Bu durumda parçacığın hareket yörüngesini, elektrik ve manyetik alan kuvvetlerinin büyüklüğü belirler.



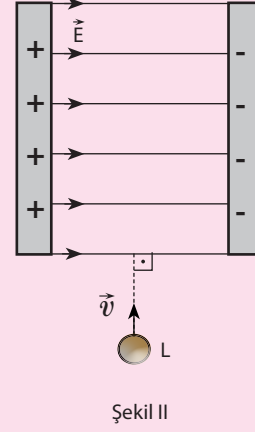
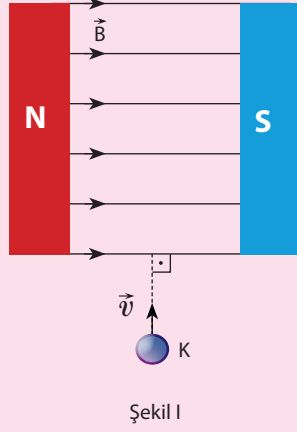
$F_B > F_E$ ise parçacık net kuvvetin etkisiyle 1 numaralı yörüngeyi izleyebilir.

$F_E = F_B$ ise parçacığa etki eden net kuvvet sıfır olur. Parçacık sapmaya uğramaz, 2 numaralı yörüngeyi izler.

$F_E > F_B$ ise parçacık net kuvvetin etkisiyle 3 numaralı yörüngeyi izleyebilir.

60. ALIŞTIRMA

Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde Şekil I'deki K protonu mıknatıslar arasına, Şekil II'deki L elektronu da yüklü iletken levhalar arasına sabit \vec{v} hızıyla girmektedir.



Buna göre proton mıknatıslar, elektron da iletken levhalar arasındayken kinetik enerjilerindeki değişim için ne söylenebilir? (Yerin manyetik alanı önemsizdir.)

ÇÖZÜM

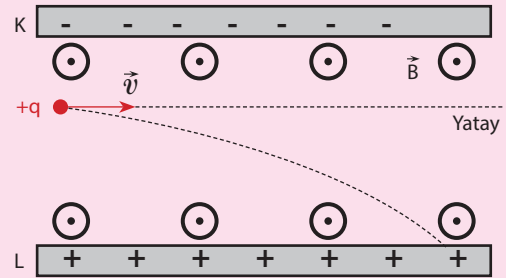


61. ALIŞTIRMA

Yükü $+q$ olan parçacık, iletken yüklü K ve L paralel levhalarının oluşturduğu \vec{E} elektrik alan ile sayfa düzleminden dışarıya doğru \vec{B} manyetik alanına \vec{v} büyüklüğünde hızla yatay olarak girmektedir. Parçacığın levhalar arasında izlediği yörünge şekilindeki gibidir.

Parçacığın ağırlığı ve sürtünmeler ihmal edildiğine göre

- Parçacığa etki eden elektriksel kuvvetin ve manyetik kuvvetin yönünü bulunuz.
- Parçacığa etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü ile manyetik kuvvetin büyüklüğünü karşılaştırınız.



ÇÖZÜM



I) ELEKTROMOTOR KUVVETİ

Üreteçler, bir devrede akımı oluşturan kaynaklardır. Bir iletken, üretee bağlanmaz ise iletkenin iki ucu arasında potansiyel farkı oluşmaz ve üzerinden akım geçmez. Bir üretelin akım taşıyıcılarının devrede akım dolaştırmak için harcadığı enerji, o üretelin elektromotor kuvveti olarak bilinir.

Elektromotor kuvvetini oluşturan sebepler Simülasyon 2.4 ile incelenebilir.



Simülasyon 2.4: Elektromotor Kuvvetini Oluşturan Sebepler



Simülasyonun Amacı
Elektromotor kuvvetin oluşumunu incelemek





Verilen karekodu okutarak simülasyonu açınız. Sayfanın üst kısmındaki "Jeneratör" sekmesini seçiniz. Karşınıza çıkan ekranın sağında yer alan menüde "gösterge" sekmesinde, lamba resminin yanında yer alan "voltaj" seçeneği seçili olmalıdır. Ekrandaki düzenek; musluk, merkezi etrafında dönebilen çubuk mıknatıs, iletken iki halka ve voltmetreden oluşmalıdır (Görsel 2.81).

Simülasyonun Uygulanması

1. Musluğun baş kısmında suyun akış hızının ayarlandığı düğmeyi sağa çekerek su akışını sağlayınız.
2. Suyun akış hızını değiştirerek voltmetredeki sapma miktarını gözlemleyiniz.

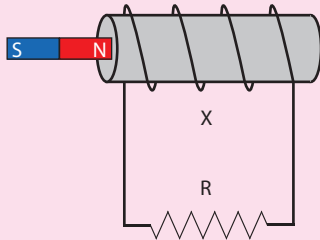
Değerlendirme

1. Musluk kapalıyken sapmayan voltmetre ibresinin musluk açılınca sapmasının nedeni nedir?
2. Musluktan akan suyun hızının artmasıyla voltmetrenin ibresinin sapma miktarında nasıl bir değişim gerçekleşmiştir?

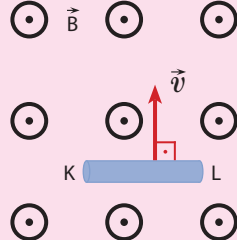
Çubuk mıknatıs, halkaların yanındayken halkaların içinde sabit bir manyetik akıya neden olur. Musluk açılıp su akışı sağlandığında mıknatıs dönmeye başlar. Bu durumda halkaların içindeki manyetik akı zamanla değişir. Bu manyetik akı değişimi halkaların üzerinde elektromotor kuvvet oluşmasına neden olur. Bu olayda suyun potansiyel enerjisinin bir kısmı mıknatısta kinetik enerjiye dönüşür. Mıknatısın dönmesiyle oluşan manyetik akı değişimi ile elektrik enerjisi elde edilir. Bu örnekte meydana gelen enerji dönüşümü ile hidroelektrik santrallerde meydana gelen enerji dönüşümü benzerlik gösterir. Hidroelektrik santrallerde suyun potansiyel enerjisi türbinlerde kinetik enerjiye dönüşür. Türbindeki manyetik akı değişimi dış devrede elektrik alan oluşturur. Böylece hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüşür.

62. ALIŞTIRMA

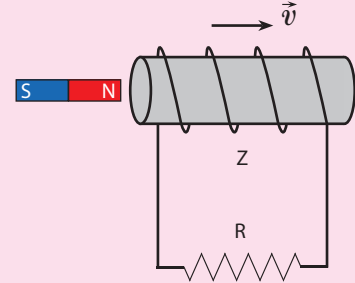
Şekil I'de çubuk mıknatıs X bobininin yanında hareketsiz durmaktadır. Şekil II'de iletken düz KL teli \vec{B} manyetik alanında v büyüklüğünde hızla hareket etmektedir. Şekil III'te ise Z bobini, hareketsiz olan çubuk mıknatıstan v büyüklüğünde hızla uzaklaşmaktadır.



Şekil I



Şekil II



Şekil III

Buna göre hangi şekildeki telde indüksiyon elektromotor kuvveti oluşur?

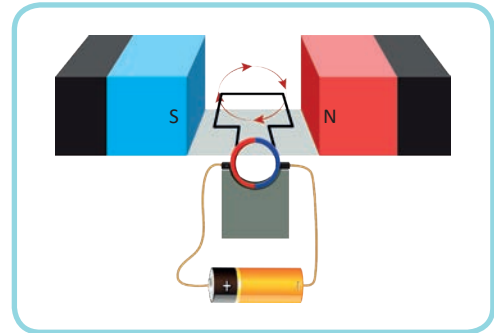
ÇÖZÜM



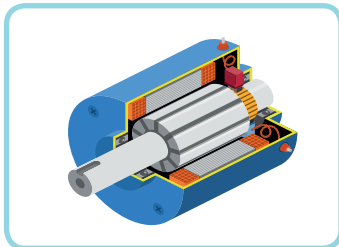
Elektrik motoru, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştürür. Dinamo ise hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Elektrik motoru ve dinamonun çalışma ilkelerini karşılaştırınız.

Elektrik Motoru ve Dinamo

Elektrik motorları elektromanyetizmanın temel ilkelerine göre çalışır. Basit bir elektrik motoru, üzerinden akım geçen bir çerçevenin dönebilecek şekilde manyetik alan içerisine yerleştirilmesiyle oluşturulur (Şekil 2.67). Manyetik alan içinde akım geçen iletken çerçeveye bir kuvvet etki eder. Bu kuvvet, çerçevenin bir tarafında yukarı doğru etki ederken diğer tarafında aşağı doğru etki eder. İletken çerçeve, manyetik kuvvetin etkisiyle dönmeye başlar.



Şekil 2.67: Basit bir elektrik motorunun yapılışı



Şekil 2.68: Dinamo

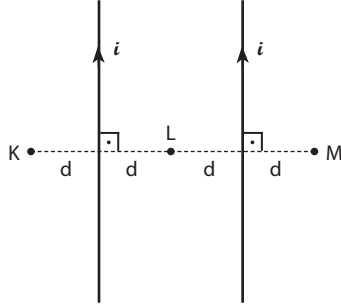
Dinamolar hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için tasarlanmış düzeneklerdir (Şekil 2.68). Manyetik alan içerisine yerleştirilen iletken çerçeve, alan içerisinde döndürüldüğünde çerçevenin içinde manyetik akı değişimi gerçekleşir. Değişen manyetik akı çerçeve üzerinde indüksiyon akımı oluşmasına neden olur. Bu şekilde mekanik enerji elektrik enerjisine dönüşür. Hidroelektrik santralleri, termik santraller, nükleer enerji santralleri ve rüzgâr enerjisi santrallerinde hareket enerjisi aynı prensiple elektrik enerjisine dönüştürülür. Bisikletlerde de uç kısmındaki çarkı tekerleğe temas eden dinamo kullanılır (Görsel 2.10). Tekerlek tarafından döndürülen dinamo, bisiklet lambasına enerji verir.



Görsel 2.10: Bisiklet dinamosu

4. BÖLÜM SONU SORULARI

1. Sayfa düzleminde bulunan paralel tellerde aynı yönlü i şiddetinde akımlar geçmektedir.

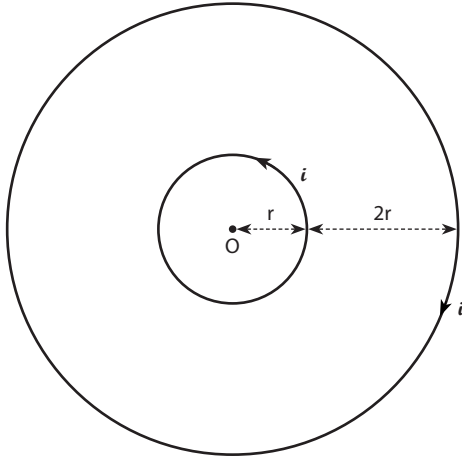


Buna göre tellerden bir tanesinden geçen akımın yönü değiştirilirse K, L ve M noktalarındaki bileşke manyetik alanın büyüklüğü nasıl değişir? (Yerin manyetik alanını ihmal ediniz.)

ÇÖZÜM



2. Sayfa düzleminde bulunan O merkezli r ve $3r$ yarıçaplı çembersel tellerden birbirine zıt yönlü i şiddetinde akımlar geçmektedir. r yarıçaplı telin O noktasında oluşturduğu manyetik alan \vec{B} 'dir.

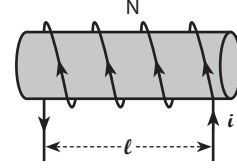


Buna göre tellerin O noktasında oluşturduğu bileşke manyetik alan kaç \vec{B} olur?

ÇÖZÜM



3. Sarım uzunluğu ℓ , sarım sayısı N olan akım makarasının üzerinden i şiddetinde akım geçmektedir. Bu durumda makaranın merkez ekseninde oluşan manyetik alan \vec{B} 'dir.

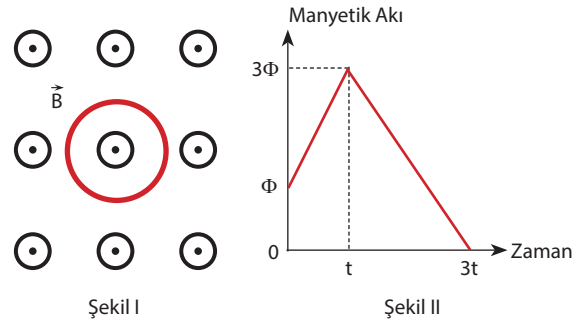


Buna göre sarım uzunluğu aynı kalmak şartıyla sarım sayısı 2 katına çıkarılıp i akımının yönü değiştirildiğinde makaranın merkez ekseninde oluşan manyetik alan kaç \vec{B} olur?

ÇÖZÜM



4. İletken halka şeklindeki tel Şekil I'deki gibi sayfa düzlemine dik ve dışarı doğru olan değişken \vec{B} manyetik alanında bulunmaktadır. Halka içinden geçen manyetik akının zamanla değişimini veren grafik Şekil II'deki gibidir.

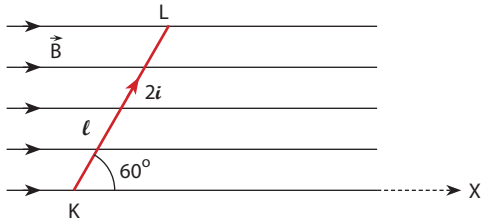


Buna göre tel halkada oluşan indüksiyon akımının büyüklüğü 0-t zaman aralığında i_1 ve t-3t zaman aralığında i_2 olduğuna göre $\frac{i_1}{i_2}$ oranı kaçtır?

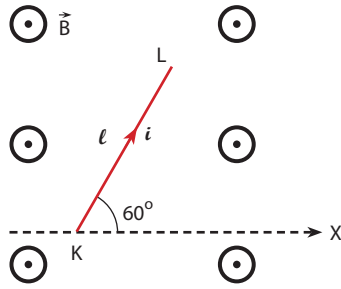
ÇÖZÜM



5. Uzunluğu ℓ olan iletken düz KL teli Şekil I'deki gibi düzgün B büyüklüğündeki manyetik alanda iken üzerinden $2i$ şiddetinde akım geçmektedir. Bu durumda tele etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü F_1 'dir. KL teli Şekil II'deki gibi B büyüklüğündeki manyetik alana konularak üzerinden i şiddetinde akım geçtiğinde tele etki eden kuvvetin büyüklüğü F_2 'dir.



Şekil I



Şekil II

Buna göre kuvvetlerin büyüklükleri $\frac{F_1}{F_2}$ oranı kaçtır? ($\sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$ ve $\cos 60^\circ = 1/2$ alınız.)

ÇÖZÜM



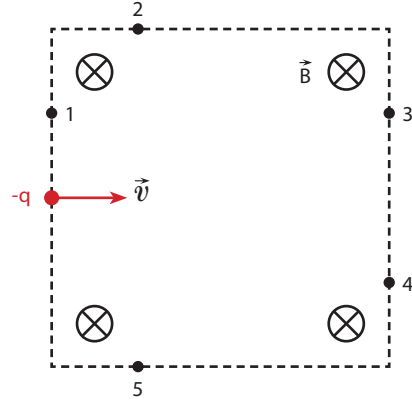
6. Şiddeti $0,2 \text{ T}$ olan düzgün bir manyetik alanda yüzey alanı 50 cm^2 olan iletken tel çerçeve, alan çizgileriyle 53° lik açı yapacak şekilde durmaktadır.

Bu durumda çerçevenin içindeki manyetik akı kaç Wb olur? ($\sin 53^\circ = 0,8$ ve $\cos 53^\circ = 0,6$ alınız.)

ÇÖZÜM



7. Yüğü $-q$ olan parçacık sayfa düzleminden içeri doğru \vec{B} manyetik alanına şekildeki gibi girmektedir.

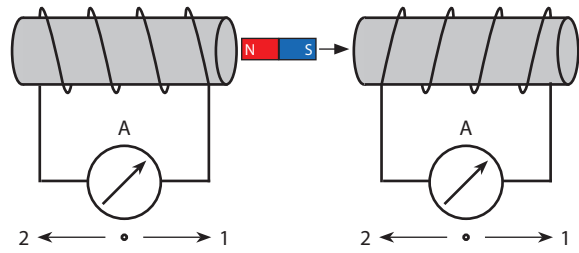


Buna göre parçacık manyetik alanı hangi noktalardan terk edebilir?

ÇÖZÜM



8. İki akım makarası arasına çubuk mıknatıs yerleştirilerek şekildeki düzenek hazırlanmıştır. Makaralar sabit tutularak mıknatıs ok yönünde hareket ettirilmektedir.



Buna göre devrelerde oluşan indüksiyon akımlarının yönü nedir?

ÇÖZÜM




2.5. ALTERNATİF AKIM

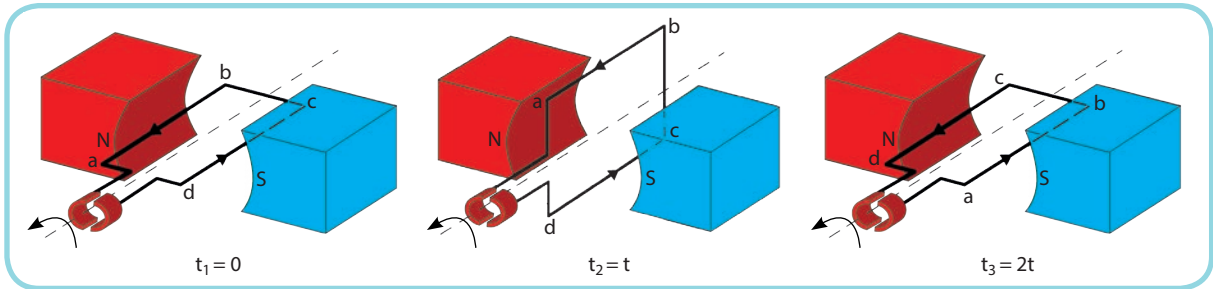


Görsel 2.11: Doğru akım kaynakları

Pil, akü, güneş pili, dinamo gibi elektromotor kuvvet kaynakları ile oluşturulan elektrik devrelerinde yönü değişmeyen bir elektrik akımı elde edilir. Bu tür akımlara doğru akım, kaynaklara ise doğru akım kaynağı adı verilir (Görsel 2.11). Doğru akım, İngilizcedeki "direct current" (dayrekt körint) kelimelerinin baş harflerinden oluşan DC şeklinde kısaltılarak ifade edilir. Doğru akımın yönü değişmez ama şiddeti, kaynak gerilimi değiştirilerek artırılıp azaltılabilir. Doğru akım; telekomünikasyonda, sinyal sistemleri gibi elektronik cihazlarda, maden arıtma ve kaplamacılığında (elektroliz), tren, metro, tramvay gibi elektrikli taşıtlarda ve elektrik motorlarında kullanılabilir.

Zamanla yönü ve şiddeti değişen akıma **alternatif akım** denir. Alternatif akım ış ve ev ortamlarında aydınlatma, ısıtma ve soğutmada, ayrıca elektrik motorları gibi elektronik cihazlarda kullanılır. Alternatif akım, İngilizcedeki "alternating current" (altirneyting körint) kelimelerinin baş harflerinden oluşan AC şeklinde kısaltılarak ifade edilir. Alternatif akım kaynakları elektrik devrelerinde  sembolü ile gösterilir.

A) ALTERNATİF AKIMIN ÖZELLİKLERİ




Şekil 2.69: Manyetik alanda dönen tel çerçevede oluşan akım şiddetinin zamana bağlı değişimi

Alternatif akım, iletken abcd çerçevesinin içindeki manyetik akı değişimi ile indüksiyon akımı elde edilmesi ilkesine dayanır. **Alternatif akım üretmeye yarayan araçlara alternatör denir.** Bir alternatör, yapısındaki mıknatısların oluşturduğu manyetik alan içinde bulunan çerçevenin dönmesiyle mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir. Şekil 2.69'daki gibi çerçeve, mıknatıslara dik iken çerçeve içindeki manyetik akı sıfırdır. Çerçeve, 0-t zaman aralığında mıknatıslara paralel hâle getirilirken çerçevenin içindeki manyetik akı artar. Çerçeve üzerinde indüksiyon elektromotor kuvveti ve indüksiyon akımı oluşur.

Çerçeve döndürülmeye devam edilerek (t-2t) zaman aralığında tekrar mıknatıslara dik konuma getirilirken çerçevedeki manyetik akı azalır. Çerçeve üzerinde yine bir indüksiyon elektromotor kuvveti ve indüksiyon akımı oluşur. Lenz Yasası gereği indüksiyon akımı kendisini oluşturan etkiye karşı koyacak yönde oluşur. Bu nedenle 0-t zaman aralığında oluşan indüksiyon akımının yönü ile t-2t zaman aralığında oluşan indüksiyon akımının yönü birbirine zıttır. Çerçeve periyodik olarak döndürüldüğü sürece halka üzerinde yönü ve şiddeti sürekli değişen alternatif gerilim ve alternatif akım elde edilir.

Alternatif akım, elektrik santrallerinde çok daha büyük ve çok sayıda alternatörle üretilir. Manyetik alandaki alternatörler hidroelektrik santrallerde akan suyun mekanik enerjisiyle; termik ve nükleer santrallerde ise buhar basıncıyla döndürülerek alternatif akım elde edilir. Santrallerde üretilen alternatif akım, insanların kullanımı için evlere ve iş yerlerine iletim hatlarıyla taşınır. Üretilen elektrik enerjisinin tüketiciye ulaşması sırasında iletim hatlarında akımın ısı etkisi nedeni ile oluşan enerji kaybının azaltılması hedeflenir. Enerji kaybını azaltabilmek için santralde üretilen alternatif akımın gerilimi yükseltilir. Santralde üretilen elektriğin gücü sabit kalmak koşulu ile $P = V \cdot i$ ifadesine göre gerilim yükseltildiğinde akım düşeceği için enerji kaybı daha az olur. Ayrıca akım düşeceği için iletim hatlarında daha ince teller kullanılabilir ve bu da iletim maliyetini azaltır. Elektrik akımının uzak mesafelere iletilmesi kolaylaşır.

Büyüklüğü ve yönü sürekli değişen akım ile gerilimin maksimum değerleri, manyetik akımın değişim hızına bağlıdır. Alternatörlerdeki çerçevenin dönme frekansı aynı zamanda alternatif akımın da frekansıdır. Kullanılan alternatif akımın frekansı ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilir.



ARAŞTIRMA KONUSU

Ülkemizde alternatif gerilimin etkin değeri 220 V, frekansı ise 50 Hz'tir. Farklı ülkelerin elektrik şebekelerinde kullanılan gerilim ve frekans değerlerini araştırınız. Tabloda verilen ülkelerin gerilim ve frekans değerlerini karşılarına yazınız. Bu değerlerin birbirinden farklı olmasının sebeplerini sınıf ortamında tartışınız.

Ülke	Gerilim (V)	Frekans (Hz)
Azerbaycan		
Venezuela		
Fransa		
Kanada		
Avustralya		

63. ALIŞTIRMA

Üniversite öğrencisi Mert, öğrenci değişim programı ile Kanada'ya gitmiştir. Türkiye'den getirdiği bilgisayar ve cep telefonunu buradaki şebekeye bağladığında şarj edemediğini fark etmiştir.

Cihazlar bozuk olmadığına göre bu olayın sebebi ne olabilir?

ÇÖZÜM



64. ALIŞTIRMA

Alternatif akımın

- I. Yönü ve şiddeti zamanla değişir.
- II. Bir frekansı vardır.
- III. Elde edilmesi manyetik akı değişimi ilkesine dayanır.

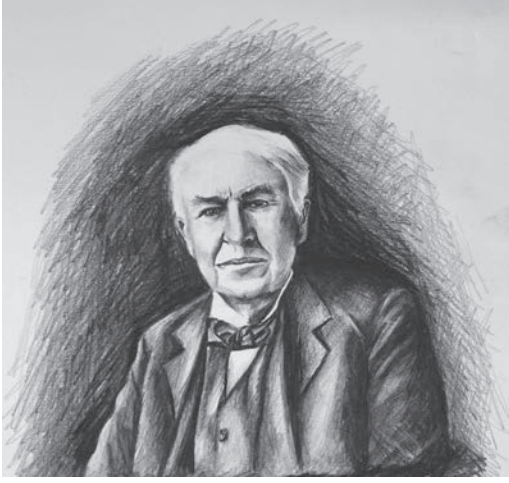
ifadelerinden hangileri doğrudur?

ÇÖZÜM





EDİSON VE TESLA



Görsel 2.12: Thomas Alva Edison (1847-1931)



Görsel 2.13: Nikola Tesla (1856-1943)

1880'lerde Thomas Alva Edison (Tamis Alva Edisin) (Görsel 2.12), mucidi olduğu akkor telli lambaya olan yoğun talebi karşılayabilmek için birçok yere lambaların çalışmasını sağlayacak doğru akım (DC) jeneratörleri kurmuştur. DC sistemi, gerilimi kaynaktan oluşan değerinde aktardığı için farklı gerilime ihtiyaç duyulduğunda kaynaktan başka bir hat çekilmesi gerekmiştir. Ayrıca kaynaktan uzaklaştıkça iletim hatlarında oluşan enerji kayıplarını önlemek için 2 km aralıklarla jeneratörler kurmuştur. Edison, üretebildiği düşük gerilimin elektrik çarpmalarında daha az tehlike oluşturacağı gerçeğini öne sürmüştür.

1890'larda yapılan çalışmalarda alternatif akım (AC) jeneratörü ile değişken akım elde edilmiş ve AC geriliminin yükseltip alçaltılabilmesi özelliği ortaya konulmuştur. Bu çalışmalardan sonra AC ve DC ile ilgili farklı fikirler ortaya atılmaya başlanmıştır. Nikola Tesla (Görsel 2.13) enerjinin uzak mesafelere yüksek gerilim ve alternatif akım ile aktarılabileceğini, kullanılacağı yerde de gerilimin düşürülerek tehlikelerin azaltılabileceğini açıklamıştır. Böylece birden fazla hat çekmeye gerek kalmadan çok daha uzun mesafelere elektrik enerjisinin daha az bir kayıpla aktarılmasının sağlanabileceğini ifade etmiştir.

Yaptığı buluşlarla bilimde adından epey söz ettiren Edison, dahice fikirlerini ve teorik çalışmalarını mühendis titizliğiyle hayata geçiren Tesla'nın bulduğu çözümleri dikkate almamıştır. Edison, alternatif akımın tehlikeli olduğu konusunda halkı ve yöneticileri ikna etmek için çalışmıştır. Sonra bir fuarın aydınlatma işleri için yapılan ihalede Edison'un sahibi olduğu elektrik şirketi, Tesla'nın araştırma ve geliştirme yaptığı şirketin iki katı teklif vermiştir. Maliyetin yüksek olmasının nedeni DC sistemin ihtiyacı olan ilave kablo ve jeneratör masraflarından kaynaklanmıştır. Aydınlatma işini Tesla'nın çalıştığı şirket üstlenmiştir. Tesla, fuara gelen ziyaretçileri kendi yaptığı devre ve lambalardan oluşan bir ışık gösterisiyle etkilemiştir. Böylece Tesla, alternatif akımın üstünlüklerini insanlara anlatabilme fırsatı yakalamıştır.

Fuarın hemen ardından Tesla'nın çalıştığı şirkete dev bir hidroelektrik santral kurma işi verilmiştir. Sonuç olarak, elektrik kullanımı yaygınlaşmış ve elektriği daha uzak mesafelere iletebilmek için doğru akımdan alternatif akıma geçilmiştir.

Düzenlenmiştir.

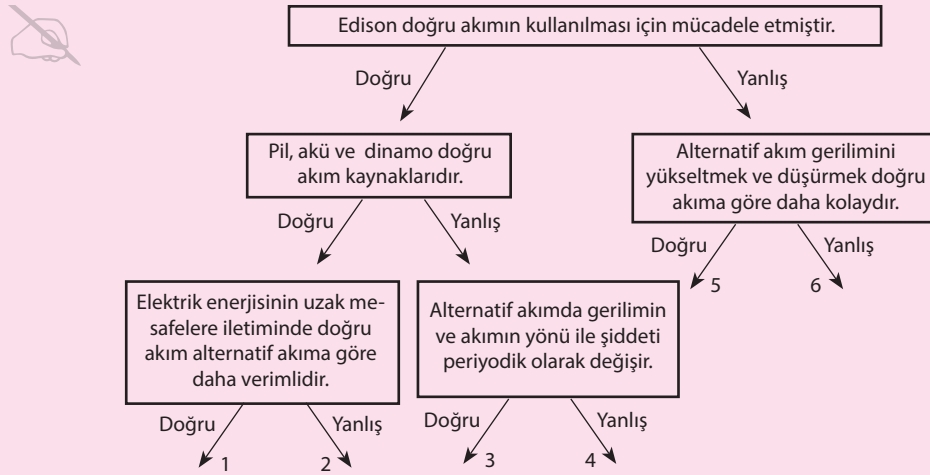
Tesla yaptığı araştırmalarda alternatif akımda verim açısından en uygun gerilimin 240 V, frekansın da 60 Hz olduğu sonucuna varmıştır. Tesla'nın frekans için 60 Hz önerisi benimsenmiştir. Bu duruma karşı çıkan Edison, insan sağlığını öne sürerek alternatif akımın voltajının düşürülüp frekansının yükseltilecek kullanılması desteklemiştir. Ayrıca 110 V gerilim düzeyinde çalışan cihazların değiştirilmesinin oluşturacağı aşırı maliyetler yüzünden değişiklik yapılmamış ve günümüze kadar Amerika'da 110 V gerilim kullanımı devam etmiştir. 110 V gerilim kullanılması 220 V'a göre daha maliyetlidir. Çünkü aynı güç aktarımı için kullanılan kabloların kesiti arttığından ısı kayıpları da artmıştır. Alternatif akımın yaygınlaşması ile Avrupa'da, Türkiye'de ve birçok ülkede bir ölçü standardı olması için gerilim değeri 220 V ve frekansı 50 Hz olarak benimsenmiştir. Elektrikli araçların kullanımı ve verimlilik açısından en uygun frekans 50-60 Hz arasındır.

Alternatif akım jeneratörlerinin elektrik üretim verimi, doğru akım jeneratörlerine göre çok büyüktür. Alternatif akım motorlarının maliyeti ise doğru akım motorlarına göre çok düşüktür ve bu motorlar çok bakım gerektirmez. Bunun yanında doğru akımın da avantajlı olduğu durumlar vardır. Doğru akım motorlarında gerilim sabit olduğundan devir ayarı ve düzenliliği alternatif akım motorlarına göre daha kolay yapılmaktadır. Doğru akım motorlarının kullanıldığı yerlerde alternatif akım, doğru akıma çevrilerek kullanılmaktadır. Alternatif akım ile elektroliz olayı ve akü şarjı yapılamaz. Doğru akımın depo edilmesi ve taşınması alternatif akıma göre daha kolaydır. Aynı gerilim altında doğru akım, alternatif akıma göre can güvenliği açısından daha az tehlikelidir.

65. ALIŞTIRMA

Doğru akım ve alternatif akım konularıyla ilgili aşağıda verilen tanılayıcı dallanmış ağaçtaki ifadelerin bazıları doğru bazıları yanlıştır. İlk ifadeden başlayıp ifadelerin doğru ya da yanlış olduğuna karar vererek yönlendirici okları takip ediniz. Son olarak ulaştığınız çıkışı işaretleyiniz. Unutmayınız, sadece bir çıkıştan çıkabilirsiniz.

ÇÖZÜM



66. ALIŞTIRMA

Alternatif akıma ve doğru akıma ait bazı özellikler tabloda verilmiştir.

Verilen özelliklerin hangi akıma ait olduğunu belirleyerek (x) ile işaretleyiniz.

ÇÖZÜM



Özellikler	AC	DC
Elektrik enerjisinin elektrik santrallerinden uzak mesafelere iletilmesi daha kolaydır.		
Yapılan elektrik motoru daha düzenli devirle çalışır ve devir ayarı gerekmez.		
Aynı gerilimde daha az tehlikelidir.		
Elektroliz ve kaplamacılıkta kullanılır.		
Üretim ve dağıtım maliyeti daha yüksektir.		
Akım yönü sürekli değişir.		
Yapılacak elektrik motoru daha verimlidir ve çok bakım gerektirmez.		
Pilleri ve aküleri şarj eder.		

67. ALIŞTIRMA

Tabloda bazı akım kaynakları verilmiştir. Bu kaynakların bir kısmı AC kaynağı, bir kısmı da DC kaynağıdır.

Buna göre kaynakları, ürettikleri akımlarla eşleştiriniz.

ÇÖZÜM



AC

Alternatör
Dinamo
Güneş pili
Pil veya akü
Termik santral
Hidroelektrik santrali

DC



Etkinlik 2.2: Edison mı, Tesla mı?

Etkinliğin Amacı

Edison ve Tesla'nın alternatif akım ve doğru akım ile ilgili görüşlerini karşılaştırmak



Etkinliğin Yapılışı

Thomas Edison'nun DC, Nikola Tesla'nın da AC ile ilgili görüşlerinden faydalanarak bu iki akımın günlük hayatımızda ve teknolojideki kullanım özelliklerini, avantajlarını ve dezavantajlarını tartışmak üzere bir münazara düzenleyiniz.

1. Dörder kişilik iki grup oluşturunuz. Graplardan birini Edison, diğerini Tesla grubu olarak belirleyiniz. Oluşturduğunuz gruplar için birer grup sözcüsü (başkan) seçiniz.
2. Münazaranızı değerlendirmeleri için en az üç kişilik bir jüri oluşturunuz.
3. Münazara kurallarını, konuşma, itiraz ve savunma sürelerini belirleyiniz.
4. Münazara konunuz hakkında bir hafta süreyle araştırma yapınız.
5. Münazaranızı bilimsel kaynaklara dayanarak ve tartışma kurallarına uyarak yapınız.

Değerlendirme

Jüri üyeleri, aşağıda verilen "Münazara Değerlendirme Formu"nu kullanarak grupları değerlendirir.

MÜNAZARA DEĞERLENDİRME FORMU				
Sıra No	Değerlendirme Kıstasları	Puan	Aldığı Puan	Düşünceler
1.	İnandırıcılık ve savunma performansı	15		
2.	Karşı görüşü eleştirme ve çürütme performansı	15		
3.	Doğru ve etkili konuşma	15		
4.	Zamanı doğru kullanma	10		
5.	Jest ve mimikler	15		
6.	Savunduğu tez ile ilgili bilimsel kaynakları etkili kullanma	15		
7.	Konuya hâkim olma	15		
TOPLAM		100		

Etkin Değer



Alternatif akım ile çalışan herhangi bir devre elemanında harcanan gücü bulmak için değişen akım ve gerilimin hangi andaki değeri kullanılmalıdır?

Alternatif akım devrelerinde gerilim ve akımın değeri sürekli değişir. Akım bir periyotluk sürede maksimum değerine iki defa ulaşır. Bu nedenle gücün hesabında gerilim ve akımın anlık değerinin veya maksimum değerinin kullanılması hatalara neden olur. Örneğin akım ve gerilimin maksimum değeri kullanılarak hesaplanan güç değeri, gerçek değerinden daha fazla olur. Bu nedenle güç hesaplaması yapılırken akım ve gerilimin anlık değerleri yerine etkin değerleri kullanılmalıdır.

Alternatif akımın bir dirençte belirli bir sürede sağladığı ısı miktarı, aynı dirençte ve aynı sürede doğru akımla da elde edilebilir. Bu enerjiyi sağlayan doğru akım geriliminin büyüklüğüne ve akım şiddetine, alternatif gerilimin ve alternatif akımın **etkin değeri** denir. Alternatif akım devrelerinde kullanılan ampermetre ve voltmetrenin ölçtüğü değerler akım ve gerilimin etkin değerleridir. Etkin değerlerin kullanılması, alternatif akım değerlerinin doğru akım cinsinden ifade edilmesinde kolaylık sağlar. Yapılan deneyler ve hesaplamalar akım ve gerilimin etkin değerlerinin maksimum değerlerinden daha küçük olduğunu göstermiştir.

68. ALIŞTIRMA

Günlük hayatta sıklıkla kullanılan cihazların bazıları verilmiştir.

- I. El feneri
- II. Radyo
- III. Çamaşır makinesi
- IV. Cep telefonu
- V. Ütü



Bu cihazların hangileri doğru akımla, hangileri alternatif akımla çalışır?

ÇÖZÜM



69. ALIŞTIRMA

Özdeş K ve L ısıtıcılarından K ısıtıcısı doğru akım kaynağına, L ısıtıcısı alternatif akım kaynağına bağlanmıştır.

Isıtıcıların aynı sürede yaydığı ısı enerjileri eşit olduğuna göre ısıtıcılardan geçen akımları ve ısıtıcıların gerilimlerini karşılaştırınız.

ÇÖZÜM



B) ALTERNATİF AKIMDA DİRENÇ, BOBİN VE SİĞACIN DAVRANIŞI



Etkinlik 2.3: Alternatif Akım ve Doğru Akım Devrelerinde Direnç (Lamba), Bobin ve Sığacın Davranışı



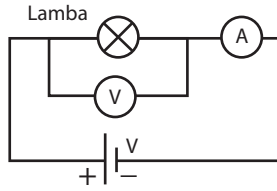
Etkinliğin Amacı

Alternatif akım ve doğru akım devrelerinde direnç (lamba), bobin ve sığacın davranışını incelemek

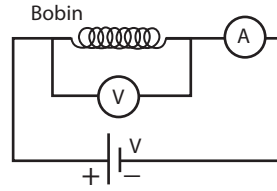
Araç Gereç

- » Lamba (12 V), sığaç (12 V'tan büyük olmalı) ve bobin
- » Ampermetre (DC ve AC) ve voltmetre (DC ve AC)
- » Doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) güç kaynağı
- » Bağlantı kabloları

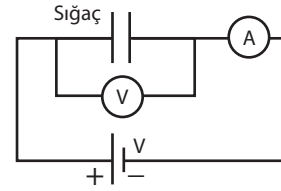
Etkinliğin Yapılışı



Şekil I



Şekil II



Şekil III

1. Lamba, DC ampermetre, DC voltmetre ve DC güç kaynağı ile Şekil I'deki devreyi kurunuz ve güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerleri ve lambanın davranışını gözlemleyiniz.
2. Devredeki ampermetre, voltmetre ve güç kaynağı yerine AC ampermetre, AC voltmetre ve AC güç kaynağı bağlayınız ve güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerleri ve lambanın davranışını gözlemleyiniz.
3. Bobin (indüktör), DC ampermetre, DC voltmetre ve DC güç kaynağı ile Şekil II'deki devreyi kurunuz ve güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız. Devredeki ampermetrenin ve voltmetrenin gösterdiği değerleri ve bobinin davranışını gözlemleyiniz.
4. Devredeki ampermetre, voltmetre ve güç kaynağı yerine AC ampermetre, AC voltmetre ve AC güç kaynağı bağlayınız ve güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerleri ve bobinin davranışını gözlemleyiniz.
5. Sığaç, DC ampermetre, DC voltmetre ve DC güç kaynağı ile Şekil III'teki devreyi kurunuz ve güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız. Devredeki ampermetrenin ve voltmetrenin gösterdiği değerleri ve sığacın davranışını gözlemleyiniz.
6. Devredeki ampermetre, voltmetre ve güç kaynağı yerine AC ampermetre, AC voltmetre ve AC güç kaynağı bağlayınız ve güç kaynağını 12 V'a ayarlayınız. Ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerleri ve sığacın davranışını gözlemleyiniz.

Değerlendirme

1. Lamba, DC ve AC kaynağına bağlı iken ampermetre ve voltmetrede gözlemlediğiniz değişiklikler ve lambanın davranışı nasıldır?
2. Bobin DC ve AC kaynağına bağlı iken ampermetre ve voltmetrede gözlemlediğiniz değişiklikler ve bobinin davranışı nasıldır?
3. Sığaç DC ve AC kaynağına bağlı iken ampermetre ve voltmetrede gözlemlediğiniz değişiklikler ve sığacın davranışı nasıldır?

Alternatif Akım Devrelerinde Direnç

Şekil 2.70'te potansiyel farkı V olan üreteç ve R büyüklüğündeki direnç ile doğru akım devresi kurulmuştur. Doğru akım devrelerinde bulunan R direnci elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştürür. Direncin uçları arasındaki gerilim ve direnç üzerinden geçen akım şiddeti sabittir. Büyüklüğü R olan dirençten geçen akım şiddeti i ve direncin gücü P ise

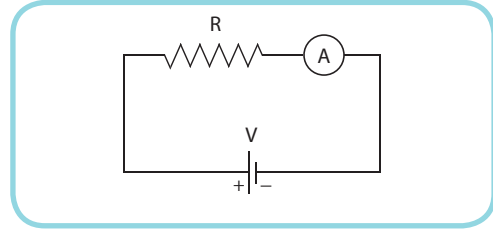
$$i = \frac{V}{R} \text{ ve } P = i^2 \cdot R \text{ olur.}$$

Şekil 2.71'deki gibi R direnci alternatif akım devresine bağlanırsa direnç yine Ohm Yasası'nda olduğu gibi akıma karşı gösterilen zorluğu ifade eder. Alternatif akım devrelerinde akıma gösterdiği zorluk sebebiyle sadece ısı kayıpları ile etki gösteren dirence **ohmik direnç** denir. Akımın yönünün ve şiddetinin değişmesi direncin devredeki davranışını değiştirmez. Alternatif akıma bağlı R direncinin gücü hesaplanırken akım ve gerilimin etkin değerleri kullanılır. Akımın etkin değeri i_e ise R direncinin gücü $P = i_e^2 \cdot R$ olur. Direnç değeri alternatif akımın frekansına bağlı değildir.

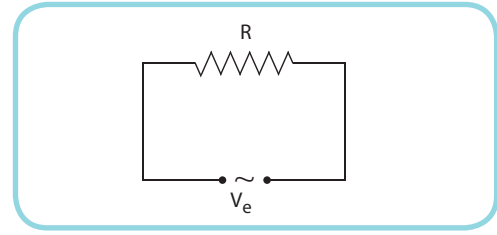
Şekil 2.72'de elektromotor kuvveti ε olan doğru akım üretici, bobin ve anahtar kullanılarak bir elektrik devresi oluşturulmuştur. Devredeki anahtar kapatıldığında akım sıfırdan maksimum değere hemen yükselmez. Akım zamanla arttıkça bobindeki manyetik akı da artar ve bobin üzerinde öz-indüksiyon elektromotor kuvveti oluşur. Lenz Yasası'na göre oluşan öz-indüksiyon elektromotor kuvvetinin yönü devrenin elektromotor kuvvetinin yönüne tersidir. Oluşan elektromotor kuvveti akımın aniden artmasını engeller. Anahtar açıldığında ise bobindeki manyetik akı azalır ve yine devrenin elektromotor kuvvetiyle aynı yönlü bir öz-indüksiyon elektromotor kuvveti oluşur. Oluşan elektromotor kuvveti akımın aniden azalmasını engeller.

Alternatif akım devresine bağlanan bir bobinin üzerinden geçen akımın yön ve şiddetinin sürekli değişmesi, bobinde de sürekli bir akı değişimine neden olur (Şekil 2.73). Bobin, oluşan öz-indüksiyon elektromotor kuvveti ile akımın değişimine karşı koyar. Bu nedenle gerilimin maksimum değerine ulaştığı anda akım henüz maksimum değerine ulaşmamış olur.

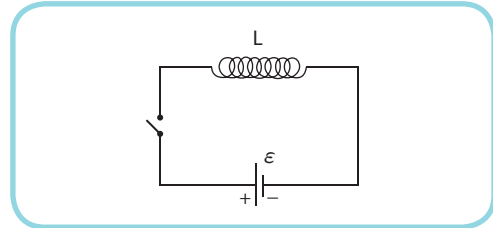
Alternatif akım devresine bağlı bobin, merkezinde oluşan manyetik alanda elektrik enerjisini depo eder ve depoladığı enerjiyi tekrar devreye verir. Bu nedenle bobinin ohmik direnci ihmal edilirse alternatif akım devresinde enerji harcanmaz. Bobinin geometrik özelliklerine, ortama ve diğer fiziksel karakteristiklerine bağlı olan büyüklüğe **indüktans** denir. İndüktans L sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi **henry**dir (**H**). İndüktans, bobinin depolayabileceği enerjinin bir ölçüsüdür.



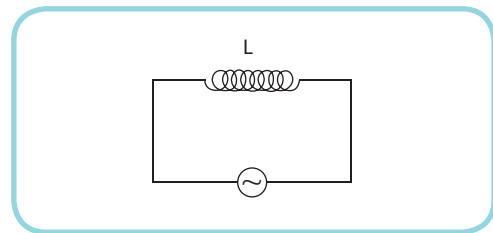
Şekil 2.70: Doğru akım üreteciye bağlanmış direnç



Şekil 2.71: Alternatif akım üreteciye bağlanmış direnç



Şekil 2.72: Doğru akım üreteciye bağlanmış bobin



Şekil 2.73: Alternatif akım üreteciye bağlanmış bobin

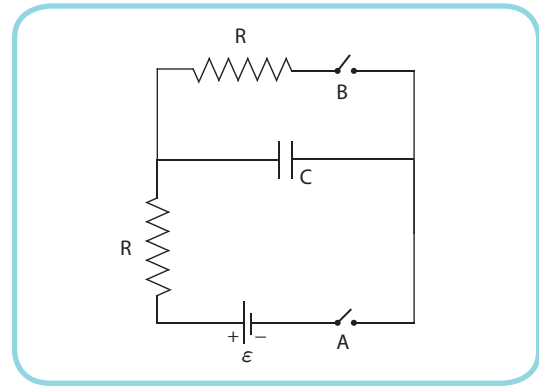
Alternatif akım devresinde bobinin yapıldığı iletkenin dolayısıyla sahip olduğu ohmik direncinin dışında öz-indüksiyon akımı nedeniyle devre akımına gösterdiği zorluğa **indüktif reaktans** denir. İndüktif reaktans X_L sembolü ile gösterilir ve SI'da birimi **ohmdur** (Ω). İndüktif reaktans, alternatif akımın frekansı ile birlikte bobinin fiziksel özelliklerine ve ortama bağlıdır.

Bobin, alternatif akım devrelerinde frekansı yüksek olan alternatif akıma daha fazla indüktif reaktans uyguladığı için bu frekanstaki akımları düşük şiddetle geçirir. Düşük frekanslardaki akımları da yüksek şiddette geçirdiğinden istenilen frekans ve akım şiddetleri ayarlanabilir. Bobinler; motorlarda, elektromıknatlarda, güç kaynaklarında, ısıtıcılarda, radyolarda vb. yerlerde istenilen frekans ve akım şiddetlerini elde edebildiğimiz elektronik filtre devrelerinde kullanılır. Radyo alıcı-verici devrelerinin yapımında da bobinler kullanılır. Akım değişimine karşı gösterdiği bu direnç etkisi sebebiyle evlerde ve sanayide devre koruyucu olarak da kullanılır. Yıldırım düşmesi ve diğer kaçak akımlarda canlıların ve elektronik cihazların zarar görmemesi için bobinli devreler kullanılır.

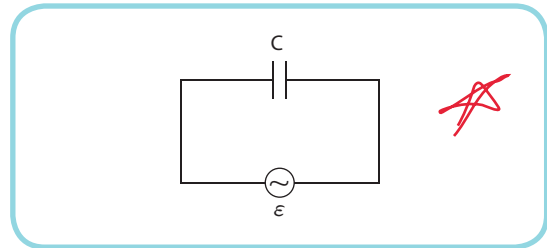
Şekil 2.74'te doğru akım kaynağı, sığaç, anahtarlar ve R dirençleri kullanılarak bir devre kurulmuştur. A anahtarı kapatıldığında teller üzerindeki kısa süreli yük hareketi ile sığaç yük depolar (şarj). Bu sürede sığağın gerilimi artarak doğru akım kaynağının elektromotor kuvvetine zıt ve eşit büyüklüğe ulaşır. Bu andan itibaren devreden akım geçmez. A anahtarı açılıp B anahtarı kapatıldığında sığaç boşalmış (deşarj) olur. Sığağın bulunduğu koldan sadece sığaç dolana kadar akım geçtiği için sığaç doğru akımı durdurucu bir etki oluşturur. Biriken yük ise kısa süreli ani akımlar oluşturur. Sığaçlar elektrik enerjisini levhaları arasında oluşan elektrik alanında depolar. Sığaç depoladığı enerjiyi bu alanın boşaltılması sırasında tekrar devreye verir. Fotoğraf makineleri ve kameralardaki flaş ışığı bu şekilde elde edilir.

Şekil 2.75'te sığası C olan bir sığaç, etkin gerilim değeri ϵ olan alternatif akım devresine bağlanmıştır. Alternatif akım devrelerinin gerilimi sürekli değişken olduğu için sığaçtaki gerilim ile kaynağın gerilimi eşitlenene kadar yük akışı olur ve bu gerilimler eşitlendiğinde yük akışı durur. Bu esnada gerilim yön değiştirdiği için aynı süre içinde sığaç boşalacaktır. **Alternatif gerilimin yönü sürekli değiştiği için sığaç sürekli dolup boşalacaktır.**

Sığağın yük depolayabilme kapasitesine **kapasitans** denir. Kapasitans **C** sembolü ile gösterilir ve birimi **faraddır** (F). Kapasitans, aynı gerilim altında sığağın depolayabileceği enerjinin bir ölçüsüdür. Alternatif akım devresindeki sığaçta doğru akımdaki yüklenmenin iki yönlü olarak gerçekleştiği gözlemlenir. Sığaçlar, gerilimin değişimine bağlı tepki gösterir. Sığağın uçlarına üzerindeki mevcut gerilimden daha düşük bir gerilim uygulanırsa sığaç devreye akım sağlar ve boşalır. Eğer sığaç uçlarına, üzerindeki mevcut olan gerilimden daha büyük bir gerilim uygulanırsa sığaç devreden akım çeker ve yüklenir. **Alternatif akım devrelerinde sığağın akıma karşı gösterdiği zorluğa kapasitif reaktans** denir. Kapasitif reaktans X_C sembolü ile gösterilir ve birimi **ohmdur** (Ω). Kapasitif reaktans alternatif akımın frekansı, sığağın fiziksel özellikleri ve levhalar arasındaki yalıtım malzemesine bağlı olarak değişir. Sığağın fiziksel yapısından dolayı ohmik direnci vardır. Bu nedenle elektronik devrelerde kullanılan sığaçlar zamanla ısınır. Sığağın ohmik direnci ihmal edilirse ısı kayıpları yok sayılabilir.



Şekil 2.74: Doğru akım üretecine bağlanmış sığaç ve direnç

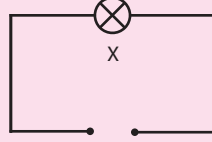


Şekil 2.75: Alternatif akım üretecine bağlanmış sığaç

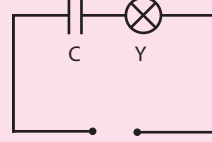
70. ALIŞTIRMA

Akım kaynaklarına bağlanan X, Y ve Z lambaları, sığaç ve bobinle Şekil I, Şekil II ve Şekil III'teki devreler kurulmuştur. Devrelerde X, Y ve Z lambaları sürekli ışık vermektedir.

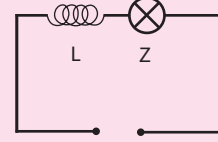
Akım kaynaklarından biri alternatif akım kaynağı diğerleri doğru akım kaynağı olduğuna göre



Şekil I



Şekil II



Şekil III

- Hangi devre alternatif akım kaynağına bağlıdır?
- Doğru akım kaynakları yerine aynı etkin gerilime sahip alternatif akım kaynakları kullanılırsa lamba parlaklıkları nasıl değişir?

ÇÖZÜM



Alternatif Akım Devrelerinde Empedans

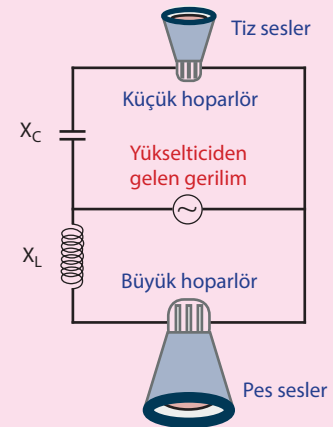
Her bir devre elemanı kendine has ohmik dirence sahiptir. Alternatif akım devrelerinde direnç, bobin ve sığaç tek başına bulunabileceği gibi amaca göre birlikte de bulunabilir. Birden fazla devre elemanının kullanıldığı alternatif akım devrelerinde devre elemanlarının gösterdiği dirençlerin eş değerine **empedans** denir. Empedans **Z** sembolü ile gösterilir ve birimi **ohmdur** (Ω).

71. ALIŞTIRMA

Yükseltici (amplifikatör), mikrofondan gelen elektrik sinyallerini yükselterek hoparlöre aktaran bir cihazdır. Şekilde yükselticinin hoparlörlere bağlandığı devre verilmiştir. Hoparlörlere aktarılan elektrik sinyalleri, yüksek ve düşük frekanslı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu elektrik sinyalleri devrenin farklı kısımlarında sese dönüşür. Devrede sığaçlı ve bobinli iki kısım bulunur. Pes seslerin çıktığı hoparlör bobine bağlı iken tiz seslerin çıktığı hoparlör sığaca bağlıdır.

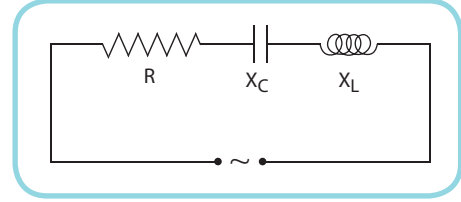
Buna göre devrede kullanılan sığaç ve bobinin işlevini açıklayınız?

ÇÖZÜM



Rezonans Durumu

Direnç, sığaç ve bobinin seri bağlanmasıyla alternatif akım devresi oluşturulmuştur (Şekil 2.76). Her devre elemanının bir direnci vardır. Sığacın kapasitif reaktansı ve bobinin indüktif reaktansı alternatif akım frekansına bağlı olarak değişir. **Belli bir frekans değerinde sığacın kapasitif reaktansı ile bobinin indüktif reaktansı birbirine eşitlendiğinde rezonans durumu oluşur. Bu durumda devrenin empedansı en küçük değeri aldığından akım en büyük değerini alır. Bunu sağlayan frekans değerine de rezonans frekansı denir.**



Şekil 2.76: Alternatif akım kaynağına bağlanmış direnç, sığaç ve bobinden oluşan devre

Bir radyo yayınının frekansı ayarlanırken alıcı devrenin frekansı ile gelen elektromanyetik dalgaların frekansı eşitlenir ve bu durumda rezonans oluşur. Böylece radyodan bu frekandaki sesler daha net çıkar. Çünkü diğer frekandaki dalgalar rezonansa giremediği için seslerin karışıklığı daha az olur. Bu rezonans frekansına yakın frekanda yayın yapan istasyonların sesleri çok az da olsa karışabilir. Radyo kanalı ayarlanırken sığaç kapasitansı ya da bobinin indüktansı değiştirilerek birbirine eşitlenir. Güvenlik noktalarında kullanılan metal dedektörlerinde devre rezonans durumuna getirilerek kullanılmaktadır. Kontrol esnasında bir metalle dedektöre yaklaşıldığında devre indüktansı artar ve devrenin akımı değişince cihaz uyarı verir.

72. ALIŞTIRMA

Tabloda verilen alternatif akımla ilgili kavram ve tanımları uygun şekilde eşleştiriniz.

ÇÖZÜM



1	İndüktans	.....	Alternatif akım devrelerinde bobinin akıma karşı gösterdiği zorluktur.
2	Kapasitans	.....	Alternatif akım devrelerinde akımın en büyük etkin değeri aldığı durumdur.
3	İndüktif Reaktans	.....	Alternatif akım devrelerinde sığacın akıma karşı gösterdiği zorluktur.
4	Kapasitif Reaktans	.....	Bobinin depolayacağı enerjinin bir ölçüsüdür.
5	Rezonans	.....	Alternatif akım devrelerinde devre elemanlarının gösterdiği dirençlerin eş değeridir.
6	Empedans	.....	Aynı gerilim altında sığacın depolayacağı enerjinin bir ölçüsüdür.

47. ÖRNEK

Bobin, sığaç ve dirençlerle seri bağlı bir alternatif akım devresi kurulmuştur. Alternatif gerilimin frekansı 100 Hz iken akım maksimum olmaktadır. Alternatif akım kaynağının maksimum gerilimi değiştirilmeden frekansı önce 50 Hz sonra 200 Hz yapılarak akım şiddetleri ölçülmüştür.

Buna göre alternatif akımın frekansı 50 Hz ve 200 Hz yapıldığında ölçülen akım şiddetleri ilk duruma göre nasıl değişir?

ÇÖZÜM

Alternatif akımın frekansı 100 Hz iken akım maksimum olduğuna göre devre rezonans frekansındadır. Empedans ohmik direnç kadardır. Bu frekansın altındaki 50 Hz'te ve üstündeki 200 Hz'te empedans artar ve devre akımı azalır.

2.6. TRANSFORMATÖRLER

Kullanım amacına göre alternatif akımın gerilimini yükseltmek ya da düşürmek için kullanılan araçlara **transformatör** (trafo) denir.

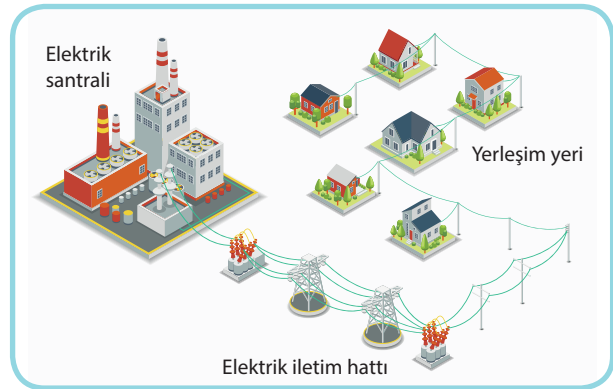


Gerilimin yükseltilmesi ya da düşürülmesi nasıl gerçekleştirilir?

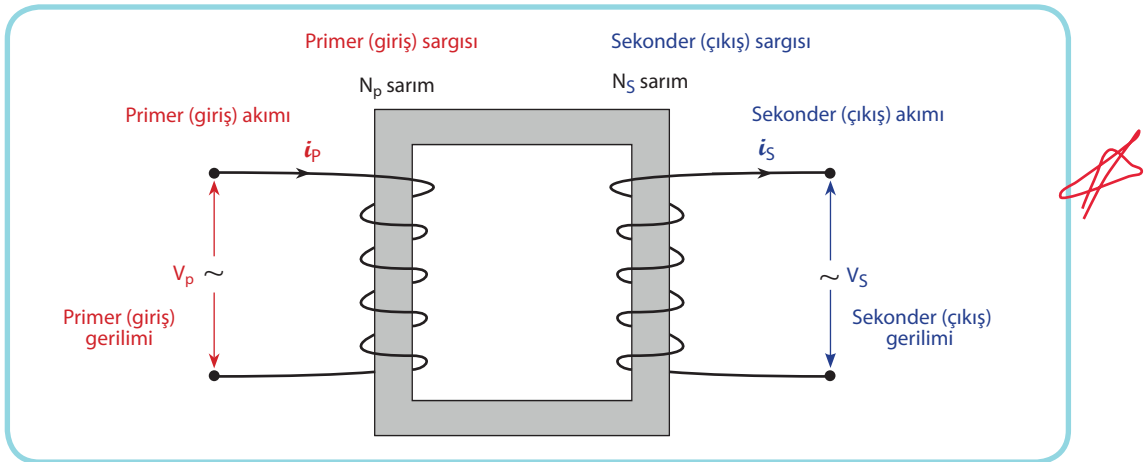
Elektrik akımının uzak mesafelere taşınması sırasında iletim hattının direnci yüzünden oluşan ısı kayıplarını en aza indirmek için yüksek gerilime sahip alternatif akım tercih edilir. Elektrik santrallerinde üretilen elektriğin gerilimi ihtiyaca göre yükseltilir. Yüksek gerilim, havayı iyonize ederek iletken hâle getirdiğinden doğa ve canlılar için tehlike oluşturabilir. Yüksek gerilim değerinin güvenlik açısından aşılması gereken bir sınırı vardır.

Genellikle 350 000 V civarında gerilim taşıyan iletim hatları kullanılır. Oldukça yüksek olan bu gerilimin evlerde ve iş yerlerinde doğrudan kullanılması mümkün değildir. Elektrik akımı yerleşim yerlerine veya iş yerlerine ulaştığında gerilim düşürülerek kullanılabilir seviyeye getirilir (Şekil 2.77).

Elektrik santralinde elde edilen gerilim V , akım şiddeti i ise iletim hattına sağlanan güç $P_{\text{verilen}} = V \cdot i$ ile hesaplanır. Gerilim arttırıldığında güç kaybını azaltmak için akım azaltılır.



Şekil 2.77: Santralde üretilen elektriğin yerleşim yerlerine aktarımı



Şekil 2.78: Transformatör

İdeal bir transformatörün ana bileşenleri iki bobindir. Bobinler birbirinden yalıtılmıştır. Ancak ikisi de aynı demir çekirdek üzerindedir (Şekil 2.78).

Bobinlerden birisi alternatif akım kaynağına bağlanır. Alternatif akım kaynağına bağlanan bobine **primer bobin**, diğer bobine ise **sekonder bobin** denir. Alternatif akım, primer bobinde değişken bir manyetik akı oluşturur. Oluşan manyetik akı değişimi demir çekirdek aracılığıyla sekonder bobine taşınır. Primer bobindeki manyetik akı değişimi, sekonder bobinde de oluşacaktır. Bu da sekonder bobinde bir indüksiyon elektromotor kuvveti oluşmasını sağlayacaktır.

Primer bobinde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti $\varepsilon_P = -N_P \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, sekonder bobinde oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti $\varepsilon_S = -N_S \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ dir. Buna göre



$$\frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

olur.

Sarım sayıları $N_P > N_S$ ise gerilimi alçaltan transformatördür ve çıkış gerilimi giriş geriliminden düşük olur.

Sarım sayıları $N_P < N_S$ ise gerilimi yükselten transformatördür ve çıkış gerilimi giriş geriliminden yüksek olur.

Demir çekirdeğinde ve tellerinde güç kayıpları ihmal edilen transformatör, ideal bir transformatördür ve verimi %100'dür. Bu durumda giriş gücü ile çıkış gücü eşit olur.

Primer ve sekonder gerilimleri V_P ve V_S

Primer ve sekonder akımları i_P ve i_S ise

Giriş gücü $P_P = V_P \cdot i_P$

Çıkış gücü $P_S = V_S \cdot i_S$

$P_{giriş} = P_{çıkış} \implies V_P \cdot i_P = V_S \cdot i_S$ olur.

Verim, çıkışta alınan gücün girişte verilen güce oranını ifade eder.

$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan (sekonderde) güç}}{\text{Verilen (primerde) güç}} \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

İdeal kabul edilen transformatörlerde verim %100'e ulaşırken gerçek hayatta verim %100'e ulaşamaz. Akımın ısı etkisinden dolayı bir süre sonra transformatör ısınır ve transformatörde güç kaybı olur. Isınmadan dolayı transformatöre girişte verilen enerji ile çıkışta alınan enerji eşit olmaz. Bu nedenle $P_{giriş} > P_{çıkış}$ olur. Bu tür transformatörler, ideal olmayan transformatörlerdir.

73. ALIŞTIRMA

Transformatörler

- I. Doğru akım devrelerinde gerilimi yükseltmek için kullanılabilir.
- II. Elektrik santrallerinde elde edilen elektrik akımının iletiminde gerilimi yükseltmek ve alçaltmak amacıyla kullanılır.
- III. 110 V'luk gerilimle çalışan bir elektrikli cihazı etkin gerilimi 220 V olan şehir şebekesinde çalıştırmak için kullanılabilir.
- IV. Daha fazla enerji elde edilmesini sağlar.

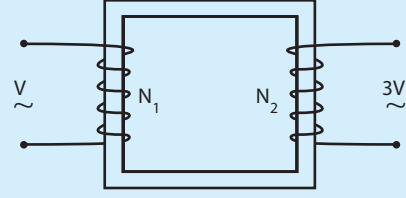
İfadelerinden hangileri doğrudur?

ÇÖZÜM



48. ÖRNEK

Şekildeki transformatörün girişine (primer) V alternatif gerilimi uygulandığında çıkışından (sekonder) $3V$ gerilimi alınmaktadır.



Buna göre

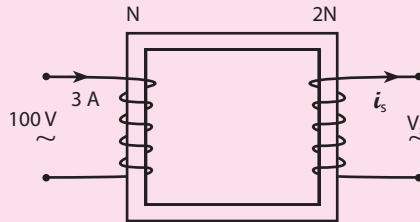
- Transformatör yükseltici mi yoksa alçaltıcı mıdır?
- Bobinlerin sarım sayılarının $\frac{N_1}{N_2}$ oranı kaçtır?
- Transformatörün verimi %100 ise primer akımı i iken sekonder akımı kaç i olur?
- Transformatörün verimi %60 ise sekonder akımı kaç i olur?

ÇÖZÜM

- Gerilim çıkışta yükseldiği için transformatör yükselticidir.
- $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{V}{3V} = \frac{1}{3}$
- Giriş (primer) gücü $P_p = V_p \cdot i_p$ ve çıkış (sekonder) gücü $P_s = V_s \cdot i_s$ olur.
Verim = $\frac{\text{Alınan (sekonderde) güç}}{\text{Verilen (primerde) güç}}$
%100 ise giriş gücü çıkış gücüne eşittir. $V \cdot i = 3V \cdot i_s \Rightarrow i_s = \frac{i}{3}$ olur.
- Verim %60 olduğunda sekonder akım $\frac{60}{100} = \frac{3V \cdot i_s}{V \cdot i} \Rightarrow i_s = \frac{i}{5}$ olur.

74. ALIŞTIRMA

İdeal bir transformatörün primerinde N ve sekonderinde $2N$ sarım yapılmıştır.



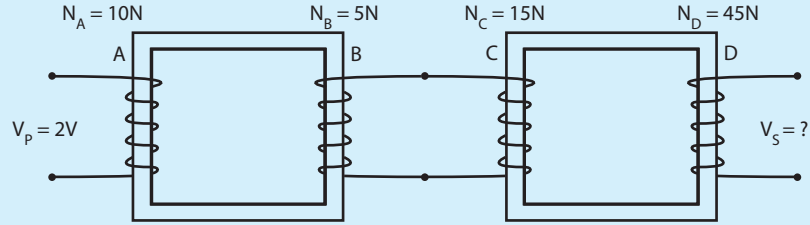
Buna göre primerindeki gerilim $100V$, akım $3A$ olduğuna göre sekonderindeki akım kaç amper, gerilim kaç volt olur?

ÇÖZÜM



49. ÖRNEK

İki transformatörün birbirine bağlanması sonucu oluşan sistemde A, B, C ve D bobinlerinin sarım sayıları sırasıyla 10N, 5N, 15N ve 45N'dir.



A bobinine uygulanan alternatif gerilimin etkin değeri 2V olduğuna göre D bobininden alınan gerilimin etkin değeri kaç V olur?

ÇÖZÜM

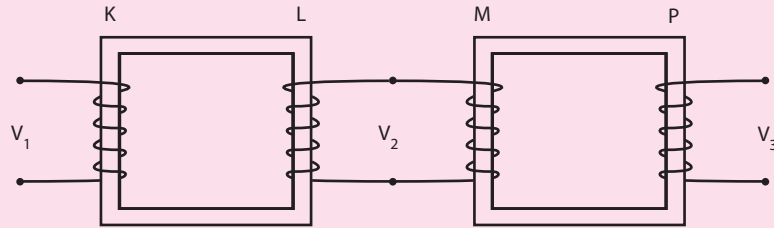
$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} \text{ olduğundan B bobininden alınan gerilim } \frac{10}{5} = \frac{2V}{V_B} \Rightarrow V_B = V \text{ olur.}$$

B ve C bobinlerinden aynı akım geçtiği için bu gerilim C bobinine aynen aktarılır.

$$D \text{ bobininden alınan gerilim ise } \frac{15}{45} = \frac{V}{V_S} \Rightarrow V_S = 3V \text{ olur.}$$

75. ALIŞTIRMA

İdeal iki transformatörün birbirine bağlanması sonucu oluşan sistemde K, L ve P kollarındaki sarım sayıları sırasıyla 3N, 12N ve N'dir. M kolundaki sarım sayısı N'nin tam katı olduğuna göre



- Sistemin alçaltan transformatör görevi görmesi için M'nin sarım sayısı N_M en az kaç N olur?
- V_1, V_2 ve V_3 gerilimlerini büyükten küçüğe sıralayınız.

ÇÖZÜM

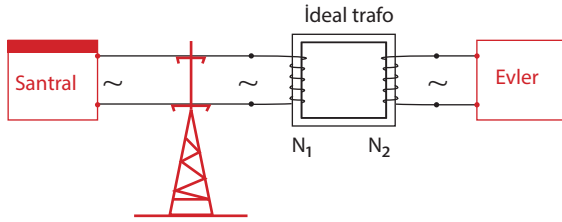


ARAŞTIRMA KONUSU

Transformatörlerin kullanıldığı yerleri araştırınız.

5 VE 6. BÖLÜM SONU SORULARI

1. Bir elektrik santralının trafo girişine ulaştığı gerilim düşürülerek evlerde kullanıma uygun hâle getirilmektedir.

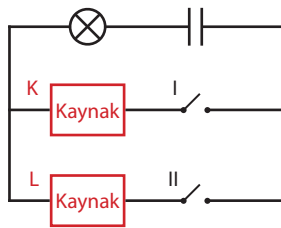


Santralin trafo girişinde oluşturduğu gerilim arttırıldığında evlerdeki elektrik kullanımı için trafoda ne gibi değişiklikler yapılabilir?

ÇÖZÜM



2. Lamba, sıgıaç ve kaynaklar kullanılarak şekildeki devre kurulmaktadır. I anahtarı kapatıldığında lamba bir an yanıp sönmektedir. II anahtarı kapatılıp I anahtarı açılınca lamba sürekli yanmaktadır.

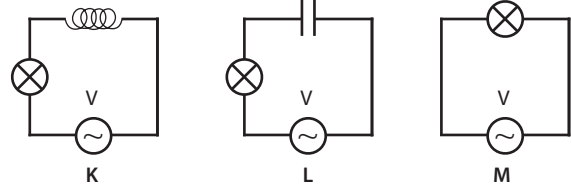


Buna göre kaynaklardan hangisi alternatif akım, hangisi doğru akım kaynağıdır?

ÇÖZÜM



3. Alternatif akıma bağlanan sıgıaç, bobin ve lambalarla kurulan devrelerde lamba parlaklığı arttırılmak istenmektedir.



Buna göre

- Kaynakların frekansı sabit tutularak V gerilimleri arttırılmalı
- Kaynakların V gerilimi sabit tutularak frekans arttırılmalı
- Kaynakların V gerilimi ve frekansı sabit tutulup lambaların direnci azaltılmalı

işlemlerinden hangileri yapılırsa lambaların parlaklıkları artar?

ÇÖZÜM



4. Alternatif akımla ilgili yazılan ifadelerden doğru olanların önüne (D), yanlış olanların önüne (Y) yazınız.

- I. İndüksiyon yolu ile elde edilebilir.
- II. Yönü ve büyüklüğü periyodik olarak değişir.
- III. Uzak mesafelere elektrik iletiminde tercih edilir.
- IV. Gerilimi yükseltmek ve düşürmek kolaydır.
- V. Pilleri ve aküleri şarj etmek için kullanılır.

ÇÖZÜM



5. İdeal transformatörlerle ilgili olarak

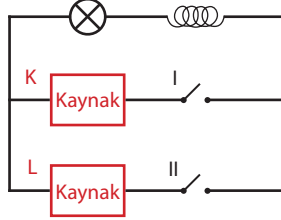
- Gerilimi yükseltir ya da düşürür.
- Doğru akımla çalışır.
- Çıkış gücü, giriş gücüne eşittir.

ifadelerinden hangileri yanlıştır? Yanlış olan ifadelerin doğrusunu yazınız.

ÇÖZÜM



6. Lamba ve bobin şekildeki gibi bağlı iken K ve L kaynakları ile devre çalıştırılmak istenmektedir. Devrede I anahtarı kapatıldığında lampa yanmaktadır. II anahtarı kapatılıp I anahtarı açıldığında lampa öncekinden daha parlak yanmaktadır. **Buna göre**



- I. İki kaynak da alternatif akım kaynağı olup K ve L'nin gerilimleri eşitse, L'nin frekansı K'den daha büyüktür.
- II. İki kaynak da alternatif akım kaynağı ise L'nin gerilimi K'ninkinden büyüktür.
- III. İki kaynak da doğru akım kaynağı ise L'nin gerilimi K'ninkinden büyüktür.

ifadelerinden yanlış olanı bulup ifadenin doğruluğunu yazınız.

ÇÖZÜM



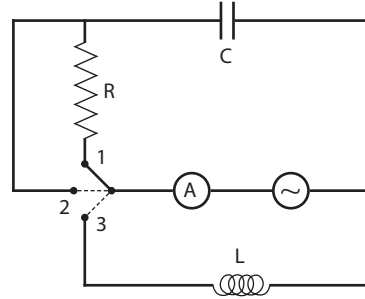
7. Transformörde kullanılan demir çekirdeğin işlevi için yazılan ifadelerden doğru olanların önüne (D), yanlış olanların önüne (Y) yazınız.

- () I. Bobinlerin sarılabileceği bir çubuk görevi görür.
- () II. Devredeki bobinlerin ve devrenin dayanıklı olmasını sağlar.
- () III. Giriş bobininde oluşan manyetik akının dolanım yaparak tamamına yakınının diğer bobinden geçmesini sağlar.
- () IV. İki bobin arasında indüksiyon oluşmasını sağlar.
- () V. Soğutma sağlar.

ÇÖZÜM



8. Şekildeki devre; direnç, bobin, sığaç ve ampermetre ile kurulmuştur. İndüktif reaktans ve kapasitif reaktansın eşit olduğu bu devrede ampermetrenin ölçtüğü akım; anahtar 1 konumunda iken i_1 , anahtar 2 konumunda iken i_2 ve anahtar 3 konumunda iken i_3 'tür.



Buna göre akım şiddetlerini karşılaştırınız.

ÇÖZÜM



9. Bir transformörde giriş ve çıkış sarımları sırasıyla N ve 4N'dir. Transformörün girişine 5i akım verildiğinde çıkışından i akımı alınmaktadır.

Buna göre

- I. Transformör alçaltan transformatördür.
- II. Transformörün verimi %80'dir.
- III. Giriş gücü değiştirilmeden bobinlerin yeri değiştirilirse çıkış gücü daha büyük olur.

ifadelerinden yanlış olanı bulup ifadenin doğruluğunu yazınız.

ÇÖZÜM



2. ÜNİTE SONU ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

1. Elektrik enerjisi vererek, duran kalbin yeniden çalışmasını sağlayan şok cihazı bir tür tır.
2. Bir bölgedeki elektrik alan çizgilerinin sıklaşması o bölgedeki şiddetinin arttığını gösterir.
3. Üretece bağlı paralel levhalar arasındaki uzaklık levhalar arasındaki elektrik alan artar.
4. Aynı tür elektrik yüküne sahip iki parçacık arasındaki uzaklık parçacıkların sahip olduğu elektriksel potansiyel enerji azalır.
5. Üzerinden akım geçen paralel iki iletken telin birbirine uyguladığı manyetik kuvvetler yönlüdür.
6. Düzgün bir manyetik alana dik olarak gönderilen yüklü parçacığa etki eden kuvvet ile parçacığın..... birbirine diktir.
7. Bir iletken tel çerçevesinin içindeki manyetik akı değişiminin iletkende oluşturduğu elektrik akımına akımı denir.
8. Periyodik olarak yönü ve şiddeti değişen akıma denir.
9. Sığaç, direnç ve bobinden oluşan alternatif akım devresinde empedansın en küçük değeri aldığı duruma denir.
10. Sekonder bobinin sarım sayısı, primer bobinin sarım sayısından büyük olan transformatöre transformatör denir.

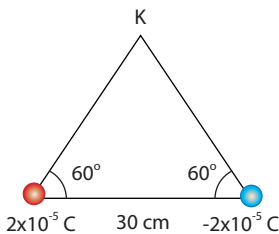
B Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını ilgili alanlara yazınız.

11. Yüklenen plastik bir balonun elektriksel potansiyeli 1 000 voltun üzerine çıkarılabilmektedir. Ülkemizdeki elektrik hatlarında ise 220 voltluk gerilim kullanılmaktadır. Elektriksel potansiyeli 1 000 voltun üzerinde olan balona dokunmak tehlike oluşturmazken hattaki 220 voltluk gerilim tehlike oluşturur.

Bu durumun nedenini açıklayınız.

.....

12.



Eşkenar üçgenin köşelerine $2 \times 10^{-5} \text{ C}$ ve $-2 \times 10^{-5} \text{ C}$ büyüklüğünde yüke sahip noktasal kürecikler yerleştirilmiştir.

Buna göre

a) Yüklerin K noktasında oluşturduğu bileşke elektrik alan şiddeti kaç N/C olur?

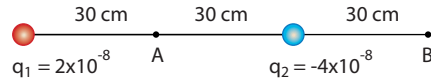
.....

b) K noktasının potansiyeli kaç V olur? ($\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos 60^\circ = 0,5$ ve $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ alınız.)

.....

.....

13. 2×10^{-8} C'luk q_1 yükü ve -4×10^{-8} C'luk q_2 yükü yatay düzlemde sabitlenmiştir.



Buna göre

- a) Şekilde verilen A ve B noktalarının elektriksel potansiyelleri kaç V olur?

.....

.....

.....

- b) q_1 ve q_2 yüklerinin elektriksel potansiyel enerjisi kaç J olur?

.....

.....

.....

- c) 10^{-5} C'luk başka bir yükü A noktasından B noktasına taşımakla yapılan iş kaç J olur?
($k = 9 \times 10^9$ N·m²/C² alınız.)

.....

.....

.....

14. Özdeş, iletken ve paralel iki levha arasına yalıtkan malzeme konarak sığaç elde edilir. Aşağıdaki tabloda K, L ve M sığaçlarının yapısal özellikleri verilmiştir.

Sığaç	Sığacın Levhalarının Yüzey Alanı	Sığacın Levhaları Arasındaki Uzaklık	Yalıtkan Malzemenin Elektriksel Geçirgenliği
K	A	d	3ϵ
L	$2A$	d	2ϵ
M	$2A$	d	ϵ

Buna göre sığaçların sığa büyüklüklerini sıralayınız.

.....

.....

.....

15. Alanı 900 cm^2 olan iletken tel çerçeve, şiddeti $0,1 \text{ T}$ olan düzgün manyetik alanda alan çizgilerine dik konumda iken $0,03$ saniyede alan çizgilerine paralel konuma getirilmektedir.

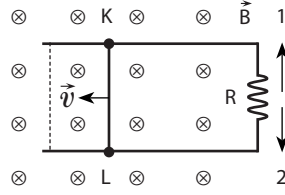
Buna göre tel çerçevede oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti kaç volt olur?

.....

.....

.....

16. Şiddeti 0,2 T olan düzgün \vec{B} manyetik alanında bulunan iletken tel çerçevesinin üzerindeki KL iletken teli çerçeve üzerinde hareket edebilmektedir. KL teli şekildeki gibi 2 cm/s'lik sabit hızla çekilmektedir.



KL telinin uzunluğu 50 cm olduğuna göre 5 ohmluk R direncinin üzerinden hangi yönde kaç amperlik indüksiyon akımı geçer?

.....

.....

.....

.....

.....

17. Aşağıdaki tabloda doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) ile ilgili ifadeler verilmiştir.

İfadelerden doğru akıma ait olanları tablonun DC sütununa, alternatif akıma ait olanları AC sütununa X koyarak işaretleyiniz.

	DC	AC
Belirli zaman aralıklarında yönü sürekli değişen akımdır.		
Pil, akü ve dinamo gibi akım kaynaklardan üretilir.		
Uzaktan kumanda cihazlarının çalışmasında kullanılır.		
Pillerin şarj edilmesinde kullanılır.		
Transformatörlerle gerilimi yükseltilebilir veya alçaltılabilir.		
Üretildiği yerden uzak yerlere taşınmasında ısı kayıpları az olduğu için genellikle tercih edilir.		

18. Thomas Alva Edison ve Nikola Tesla'nın doğru akım ve alternatif akımla ilgili görüşlerini karşılaştırarak bu akımların avantaj ve dezavantajlarını yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

19. Bir alternatif akım devresinde lamba, bobin ve sığaç bağlı iken lamba ışık vermektedir. Devreden sadece bobin çıkarıldığında lambanın parlaklığı azalmaktadır. Sadece sığaç çıkarıldığında da lamba parlaklığı azalmaktadır. Ancak bobin ve sığaç birlikte çıkarıldığında lambanın parlaklığı aynı kalmaktadır.

Buna göre

- a) Bobin devreden çıkarıldığında lambanın parlaklığının azalmasının sebebi nedir?

.....

.....

.....

.....

- b) Sığaç devreden çıkarıldığında lambanın parlaklığının azalmasının sebebi nedir?

.....

.....

.....

.....

- c) Bobin ve sığaç birlikte devreden çıkarıldığında lambanın parlaklığının aynı kalmasının sebebi nedir?

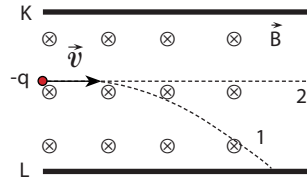
.....

.....

.....

.....

20. Yükü $-q$ olan parçacık, iletken (+) yüklü K ve (-) yüklü L paralel levhalarının oluşturduğu E büyüklüğünde elektrik alan ile sayfa düzleminde içeri doğru B büyüklüğünde manyetik alana \vec{v} hızıyla girmektedir. Parçacığın ağırlığının ihmal edildiği ortamdaki levhalar arasında 1 numaralı yörüngeyi izlemektedir.



Buna göre

- a) Levhalar arasında yüke etki eden elektriksel kuvvet ile manyetik kuvvetin büyüklüğünü karşılaştırınız.

.....

.....

.....

- b) Yüken 1 numaralı yörünge yerine 2 numaralı yörüngeyi izleyebilmesi için B, E ve v büyüklükleri ne şekilde değiştirilmelidir?

.....

.....

.....

C Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları çözünüz.

21. Yükleri q_K , q_L ve q_M olan K, L ve M cisimleri sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlemde şekildeki gibi tutulmaktadır.



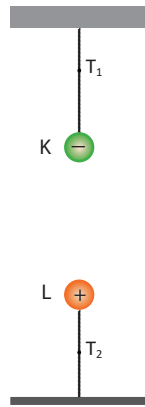
L cismi serbest bırakıldığında dengede kaldığına göre

- I. L ve M cisimleri zıt cins elektriklerle yüklüdür.
- II. Ortamın elektriksel geçirgenliği küçültülürse Coulomb sabiti ve yükler arasındaki elektriksel kuvvetin değeri büyür.
- III. $q_M = 3q_K$

ifadelerinden hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I ve III

22. Özdeş küreciklerden K (-), L (+) elektrik yüküne sahiptir. Kürecikler ağırlığı ihmal edilen yalıtkan esnemeyen iplerle aynı düşey doğrultuda olacak şekilde bağlanmıştır. Bu durumda iplerde \vec{T}_1 ve \vec{T}_2 gerilme kuvvetleri oluşmaktadır.



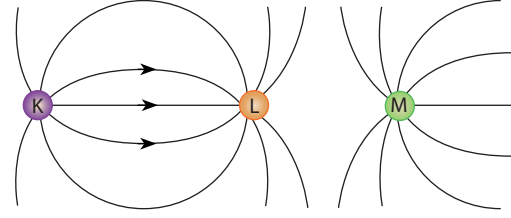
Buna göre \vec{T}_2 gerilme kuvvetinin büyüklüğü

- I. K ve L küreciklerinin yük miktarı
- II. Ortamın elektriksel geçirgenliği
- III. Küreler arasındaki uzaklık

niceliklerinden hangilerine bağlıdır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

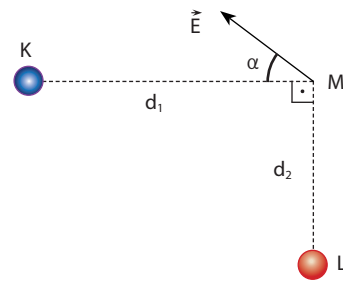
23. K, L ve M yükleri arasındaki elektrik alan çizgileri ve bazılarının yönleri çizilmiştir.



Buna göre yüklerin cinsi nedir?

- K L M**
A) (+) (-) (-)
B) (-) (+) (+)
C) (+) (-) (+)
D) (+) (+) (+)
E) (-) (-) (-)

24. Aynı düzlemde bulunan yüklü K ve L cisimlerinin M noktasında oluşturduğu bileşke elektrik alan \vec{E} 'dir. α açısı 45° den küçüktür. Buna göre

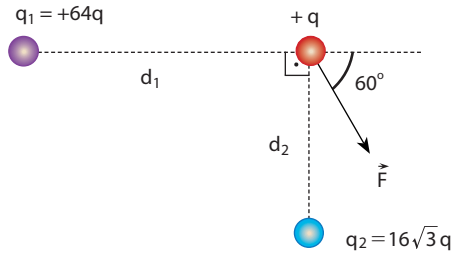


- I. K ve L cisimlerinin yük işaretleri zıttır.
- II. K yükü M noktasına yaklaştırılırsa α açısı küçülür.
- III. K'nin yükü L'nin yükünden büyüktür.

ifadelerinden hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

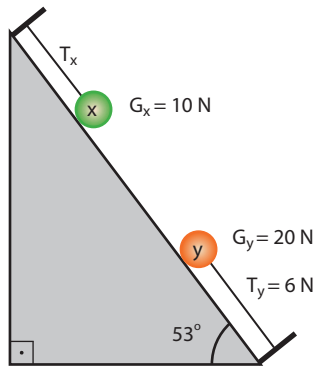
25. Yatay yalıtkan düzlemdeki q_1 , q_2 ve $+q$ yüklerinin konumları verilmiştir. $+q$ yüküne etki eden bileşke elektriksel kuvvet şekildeki gibidir.



Buna göre yükler arasındaki uzaklıkların $\frac{d_1}{d_2}$ oranı kaçtır? ($\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ve $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$ alınız.)

- A) 1 B) 2 C) $\frac{1}{2}$ D) 4 E) $\frac{1}{4}$

26. Sürtünmelerin ihmal edildiği eğik düzlem üzerindeki x ve y cisimlerinin ağırlıkları sırayla 10 N ve 20 N'dır. Cisimler esnemeyen iplerle bağlanarak dengelenmiştir.

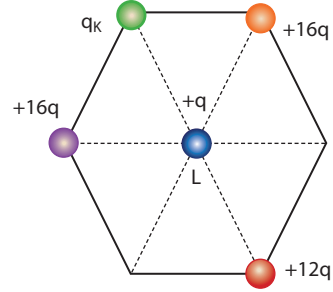


Buna göre x cisminin bağlı olduğu ipteki \vec{T}_x gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

($\cos 53^\circ = 0,6$ ve $\sin 53^\circ = 0,8$ alınız.)

- A) 6 B) 8 C) 18 D) 24 E) 30

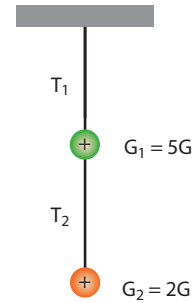
27. Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay düzlem üzerindeki beş yük, düzgün altıgenin dört köşesine ve L noktasına yerleştirilmiştir. L noktasındaki $+q$ yükü, serbest bırakıldığında hareketsiz kalmaktadır.



Buna göre q_k yükü kaç q olur?

- A) -4 B) +4 C) -28 D) 28 E) -44

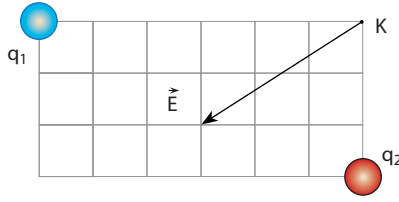
28. Ağırlıklarının büyüklüğü G cinsinden verilen (+) yüklü cisimler esnemeyen iplerle bağlanarak asılmıştır. İplerdeki gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri T_1 'in T_2 'ye oranı $\frac{7}{3}$ 'tür.



Buna göre yükler arasındaki kuvvetin büyüklüğü kaç G olur?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 7 E) 10

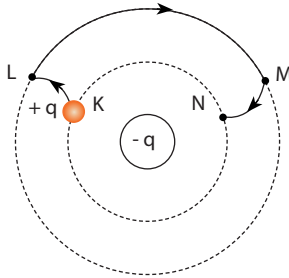
29. Yalıtılmış düzlemdeki yükler birimkareler üzerindedir. q_1 ve q_2 yüklerinin K noktasında oluşturduğu elektrik alan \vec{E} 'dir.



Buna göre yüklerin büyüklükleri $\frac{q_1}{q_2}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{6}$ B) 6 C) $\frac{1}{2}$ D) 2 E) $\frac{3}{2}$

30. Şekildeki $-q$ yükünün etrafındaki eş potansiyel yüzeylerinden iki tanesi kesikli çizgilerle gösterilmiştir. K noktasındaki $+q$ yükü sırayla L, M ve N noktalarına oklarla gösterilen yönde taşınmıştır.



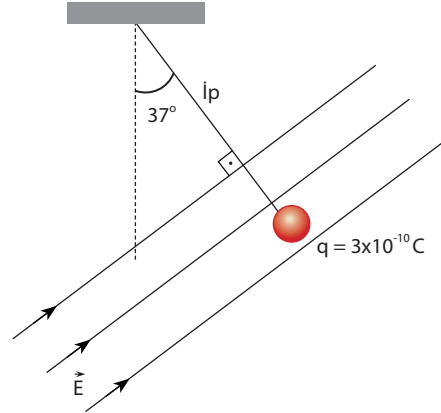
Buna göre

- I. Yük, K'den L'ye taşınırken elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır.
- II. Yük noktalar arasında taşınırken yapılan iş LM arasında en büyüktür.
- III. Yük, M'den N'ye taşınırken elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

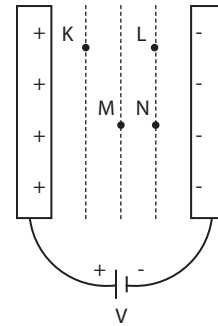
31. Ağırlığı ihmal edilen ipe asılı yüklü kürecik düzgün elektrik alanında şekildeki gibi dengededir. Elektrik alan 50 N/C büyüklüğündedir.



Buna göre q yükünün ağırlığının büyüklüğü kaç N olur? ($\sin 37^\circ = 0,6$ ve $\cos 37^\circ = 0,8$ alınınız.)

- A) 25×10^{-9} B) 15×10^{-9} C) 12×10^{-9}
D) 9×10^{-9} E) 6×10^{-9}

32. Üretece bağlı levhalar arasındaki eş potansiyel yüzeylerden üç tanesi kesikli çizgilerle gösterilmiştir.



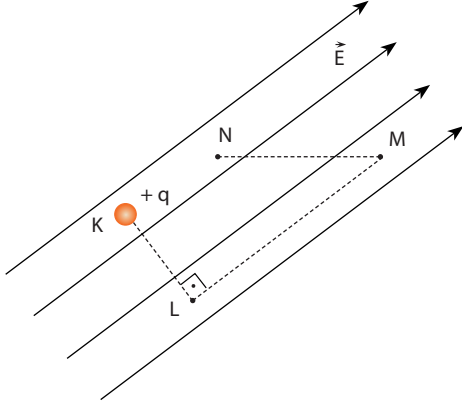
Buna göre

- I. L ve N noktalarındaki elektriksel potansiyeller eşittir.
- II. M ve N noktalarındaki elektriksel potansiyeller eşittir.
- III. K noktasındaki elektriksel potansiyel, M noktasından büyüktür.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

33. Düzgün elektrik alan içindeki $+q$ yükü, KLMN yolunu izlemektedir.



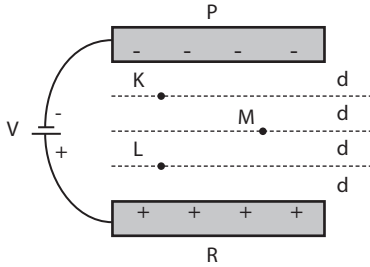
Buna göre

- I. KL arasında iş yapılmaz.
- II. LM arasında elektriksel kuvvetler iş yapar.
- III. MN arasında elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) II ve III E) I, II ve III

34. P ve R paralel levhaları potansiyel farkı V olan üretece bağlıdır. K, L ve M noktaları levhalara paralel kesikli çizgiler üzerindedir. Levha ve kesikli çizgiler arasındaki uzaklıklar d olarak verilmiştir.



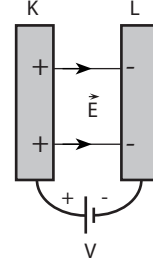
Buna göre

- I. K ve M noktalarının elektriksel alan büyüklükleri birbirine eşittir.
- II. K, L ve M noktalarından geçen elektrik alan çizgileri birbirine paraleldir.
- III. P levhası üretelin (+) ucuna R (-) ucuna bağlanırsa K noktasının elektriksel potansiyeli en büyük olur.

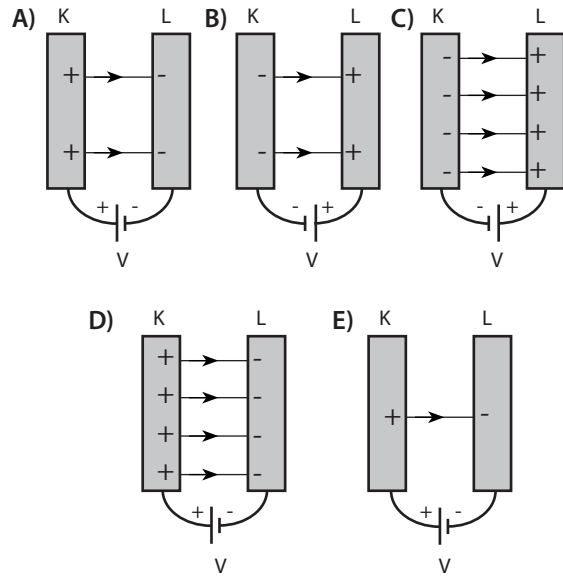
ifadelerinden hangileri doğru olabilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

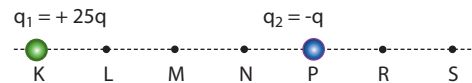
35. Özdeş levhalardan oluşan sığaç V potansiyel farkı altında yüklenmiştir.



Buna göre levhalar arasındaki uzaklık yarıya indirilirse alan çizgileri aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



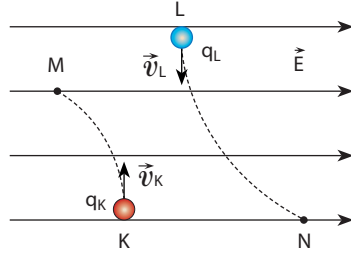
36. Doğru üzerindeki ardışık noktalar arasındaki uzaklıklar eşittir. K noktasına q_1 , P noktasına q_2 yükü yerleştirilmiştir.



Buna göre hangi noktada yüklü cisimlerin oluşturduğu bileşke elektrik alan sıfırdır?

- A) L B) M C) N D) R E) S

37. Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda düz-
gün bir elektrik alan vardır. Kütleleri önemsenmeyen
K ve L parçacıkları elektrik alana aynı anda ve dik
olarak girmektedir. Hız büyüklükleri v_K ve v_L olan
parçacıklar kesikli çizgilerle gösterilen yörüngeleri
izleyerek aynı anda M ve N noktalarına ulaşmakta-
dır.



Buna göre

- I. $q_K (-)$, $q_L (+)$ yüklüdür.
- II. q_L yükü N noktasından alana dik olarak fırlatılırsa alanı L noktasından terk eder.
- III. $v_L > v_K$ 'dir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

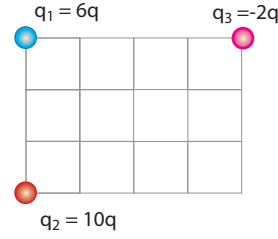
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

38. Sığası C olan bir sığaç, potansiyel farkı V olan üre-
tece bağlandığında sığaçın yükü q olmaktadır.
Sonrasında sığaçta bir değişiklik yapılmadan yalnız
üreticinin potansiyel farkı 3 katına çıkarılmaktadır.

Buna göre sığaçın sığası öncekine göre nasıl de-
ğişir?

- A) Değişmez. B) 3 katına çıkar. C) $\frac{1}{3}$ katına çıkar.
D) 4 katına çıkar. E) $\frac{1}{4}$ katına çıkar.

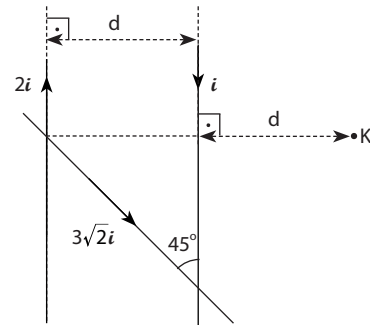
39. Yalıtılmış düzlemdeki yükler birimkareler üzerin-
dedir. q_1 yükünün q_2 yükünden dolayı sahip oldu-
ğu elektriksel potansiyel enerji 20 J'dür.



Buna göre üç yükün toplam elektriksel potansi-
yel enerjisi kaç J olur?

- A) 7 B) 13 C) 24 D) 27 E) 28

40. Sayfa düzleminde bulunan düz iletken tellerden
şekildeki yönlerde i , $2i$ ve $3\sqrt{2}i$ şiddetinde akımlar
geçmektedir. Üzerinden i akımı geçen telin K nok-
tasında oluşturduğu manyetik alan \vec{B} olmaktadır.

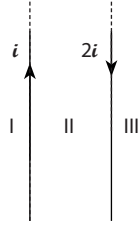


Buna göre tellerin K noktasında oluşturduğu
bileşke manyetik alan kaç \vec{B} olur?

($\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ alınız.)

- A) 1 B) -1 C) 2 D) -3 E) 3

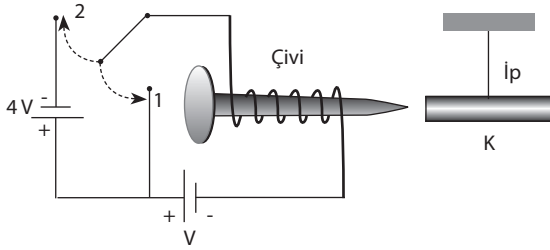
41. Sayfa düzlemindeki paralel tellerden şekildeki yönlere i ve $2i$ şiddetinde akımlar geçmektedir.



Yerin manyetik alanı ihmal edildiğine göre hangi bölgelerde bileşke manyetik alan sıfır olur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

42. Potansiyel farkları V ve 4V olan üreteçler ile çivi, anahtar ve iletken teller kullanılarak şekildeki devre kurulmuş ve K cismi çivinin yanına asılmıştır.



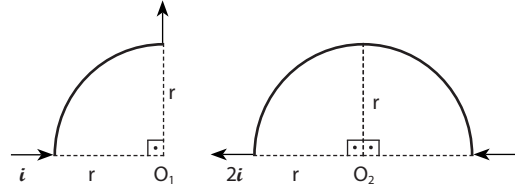
Anahtar 1 konumuna getirildiğinde çivinin K cismini çektiği ve 2 konumuna getirildiğinde ittiği gözlemlendiğine göre

- I. Akım geçen sarımların merkez ekseninde manyetik alan oluşur.
- II. Akımın yönü değişirse sarımların merkez eksenindeki manyetik alanın yönü de değişir.
- III. K çubuğu mıknatıstır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

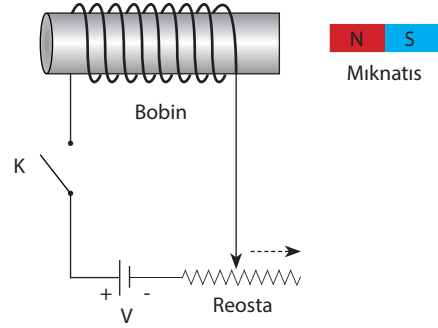
43. Şekildeki gibi i akımı geçen r yarıçaplı çembersel telin merkezinde oluşturduğu manyetik alan \vec{B}_1 , $2i$ akımı geçen r yarıçaplı telin merkezinde oluşturduğu manyetik alan \vec{B}_2 'dir.



Buna göre $\frac{\vec{B}_1}{\vec{B}_2}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{4}$ B) $-\frac{1}{4}$ C) $\frac{1}{2}$ D) -2 E) 4

44. Üreteç, bobin, reosta ve anahtar ile oluşturulan elektrik devresinin yakınında şekildeki gibi bir mıknatıs bulunmaktadır.



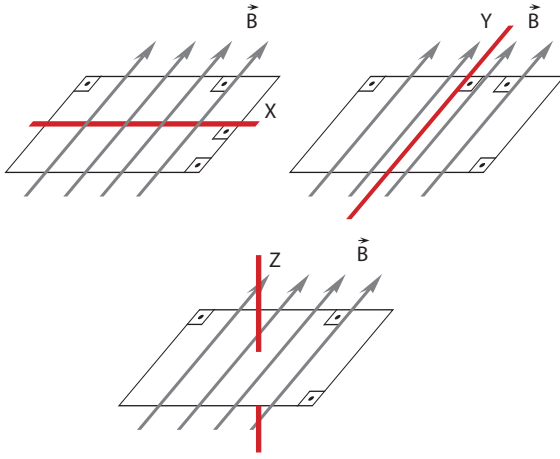
Buna göre

- I. Anahtar açıkken mıknatıs bobine yaklaştırılırsa bobin üzerinde indüksiyon akımı oluşur.
- II. Devredeki K anahtarı kapatılırsa bobin üzerinde öz-indüksiyon akımı oluşur.
- III. Devredeki K anahtarı kapatılıp reostanın sürgüsü ok yönünde çekilirse bobin üzerinde öz-indüksiyon akımı oluşur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

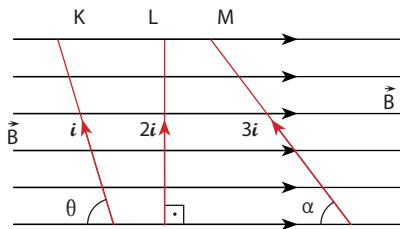
45. Sayfa düzlemine paralel \vec{B} manyetik alanının içerisinde sayfa düzlemine paralel X ve Y telleri ile sayfa düzlemine dik Z teli şekildeki gibi yerleştirilmiştir.



Buna göre tellerden elektrik akımı geçirilirse hangi tellere manyetik kuvvet etki eder?

- A) Yalnız X B) Yalnız Y C) Yalnız Z
D) X ve Z E) Y ve Z

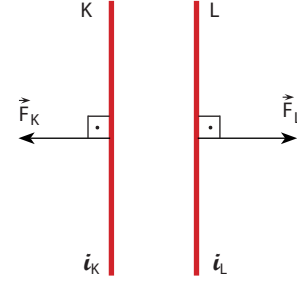
46. Düzgün \vec{B} manyetik alanında bulunan K, L ve M tellerinden sırasıyla i , $2i$ ve $3i$ şiddetinde akımlar geçmektedir. Tellere etki eden manyetik kuvvetlerin büyüklükleri F_K , F_L ve F_M 'dir.



Teller arasındaki etkileşim ihmal edildiğine ve $\alpha < \theta$ olduğuna göre F_K , F_L ve F_M arasındaki büyüklük sıralaması ne olur?

- A) $F_K > F_L > F_M$ B) $F_M > F_L > F_K$ C) $F_K = F_L > F_M$
D) $F_K > F_L = F_M$ E) $F_K = F_L = F_M$

47. Sayfa düzleminde bulunan paralel K ve L tellerinin üzerinden i_K ve i_L akımları geçmektedir. K telinin L teline uyguladığı manyetik kuvvet \vec{F}_L , L telinin K teline uyguladığı manyetik kuvvet ise \vec{F}_K olmaktadır.



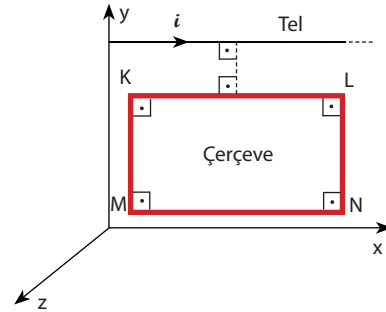
Buna göre

- I. i_K ve i_L akımları aynı yönlüdür.
II. i_K ve i_L akımları zıt yönlüdür.
III. F_K ve F_L kuvvetlerinin büyüklükleri eşittir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) II ve III

48. xyz koordinat sisteminde üzerinden akım geçen düz iletken tel ve çerçeve xy düzlemine şekildeki gibi yerleştirilmiştir.



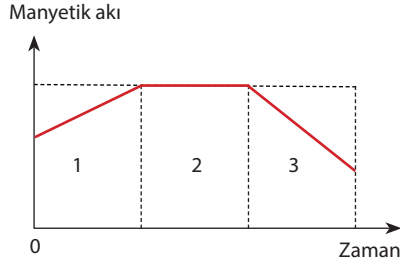
Buna göre

- I. Çerçeve x ekseninde döndürülürse
II. Çerçeve y ekseninde döndürülürse
III. Çerçeve +z yönünde hareket ettirilirse

hangi durumlarda çerçeveden geçen manyetik akı değişir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

49. Bir iletken tel halkanın içinden geçen manyetik akının zamanla değişim grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre

- I. 1. bölgede halkada indüksiyon akımı oluşur.
- II. 2. bölgede halkada indüksiyon akımı oluşmaz.
- III. 1. ve 3. bölgelerde halkada aynı yönde indüksiyon akımı oluşur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

50. Sığaçlar günlük hayatta pek çok alanda kullanılmaktadır.

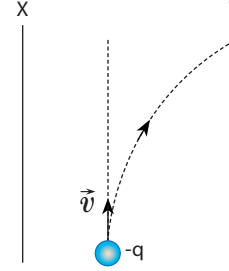
Buna göre

- I. Sığaçlar hızlı şekilde yük depoladığı gibi akım kesildiğinde devreye hızlı yük akışı sağlar.
- II. Bir sığaçta yumuşak yalıtkan kullanılmasının amacı, gerektiğinde sığacın yükünü arttırabilmektir.
- III. Sığaçların tükenme süreleri, yapısına ve bulunduğu devreye göre farklılık gösterir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

51. Sayfa düzleminde bulunan paralel X ve Y tellerinin üzerinden elektrik akımı geçmektedir. Teller arasındaki bölgeye \vec{v} hızıyla fırlatılan $-q$ yüklü parçacık şekildeki yörüngeyi izlemektedir.



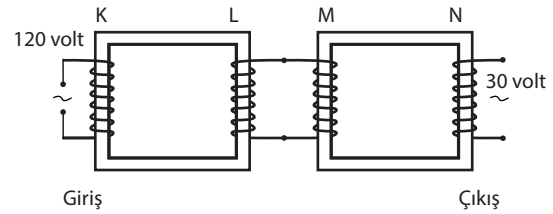
Buna göre

- I. Tellerden aynı yönde akım geçmektedir.
- II. Tellerden zıt yönde akım geçmektedir.
- III. Teller arasında iken yüklü parçacığın hızının büyüklüğü artar.

ifadelerinden hangileri doğru olabilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

52. Şekildeki gibi bağlanmış transformatörlerin girişine 120 volt alternatif gerilim uygulandığında çıkıştan 30 volt alternatif gerilim elde edilmiştir.



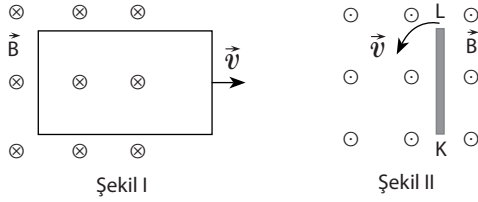
Buna göre

- I. Transformatörlerden en az birisi gerilim düşürücüdür.
- II. K'nin sarım sayısı, L'den büyüktür.
- III. M'nin sarım sayısı, N'den büyüktür.

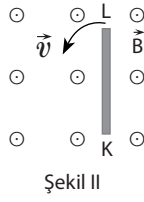
ifadelerinden hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

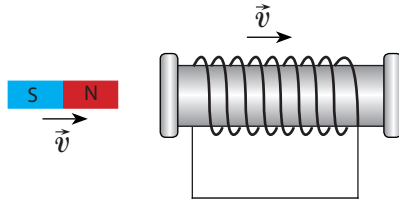
53. Şekil I'de düzgün manyetik alan içindeki çerçeve \vec{v} hızıyla alan dışına çekilmektedir. Şekil II'de düzgün manyetik alandaki KL iletken çubuğu K noktası etrafında döndürülmektedir. Şekil III'te ise çubuk mıknatıs ve bobin \vec{v} hızıyla hareket ettirilmiştir.



Şekil I



Şekil II



Şekil III

Buna göre

- I. İletken tel çerçevede indüksiyon elektromotor kuvveti oluşur.
- II. KL çubuğunda indüksiyon elektromotor kuvveti oluşmaz.
- III. Bobinde indüksiyon elektromotor kuvveti oluşur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

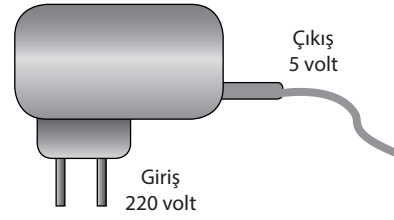
54. Sayfa düzleminde bulunan U mıknatısın kutupları arasında sayfa düzlemi içinde \vec{v} hızı ile bir elektron fırlatılmıştır.



Buna göre elektrona etki eden elektromanyetik kuvvetin yönü için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) N'den S'ye doğrudur.
B) S'den N'ye doğrudur.
C) \vec{v} ile aynı yöndedir.
D) Sayfa düzlemine dik ve dışarı doğrudur.
E) Sayfa düzlemine dik ve içeri doğrudur.

55. İçinde ideal transformatör bulunan şarj cihazının üzerinde giriş (input) ve çıkış (output) gerilimleri verilmiştir.



Buna göre

- I. Transformatörün sarım sayıları oranı $\frac{N_{giriş}}{N_{çıkış}} = 44$ olur.
- II. Transformatör gerilim düşürücü olarak kullanılmıştır.
- III. Transformatörün girişindeki akım, çıkışındaki akımına eşittir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I ve III

56. Transformatörler gerilimi değiştirmek amacıyla kullanılır.

Buna göre

- I. 16 A'lık şehir şebekesine 5A'lık akımla çalışan cihaz bağlanmak istendiğinde
- II. Elektrik santralinde üretilen elektrik uzak bir şehre gönderilirken
- III. 110 V gerilim kullanan bir ülkeye göre yapılmış cihaz, ülkemizdeki şebekeye bağlandığında

işlemlerinden hangilerinde gerilim yükseltici bir transformatör kullanılmalıdır?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III