



T.C.
KOCAELİ SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ
2023-2024 BAHAR YARIYILI FİZ120 FİZİK II DERSİ

ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

ELEKTRİK POTANSİYEL

Elektrik Potansiyel

Noktasal Yük Dağılımlarının Potansiyeli

Sürekli Yük Dağılımlarının Potansiyeli

İletkenler ve Eşpotansiyel Yüzeyler



ÜNİVERSİTESİ
2009

ELEKTRİK POTANSİYEL

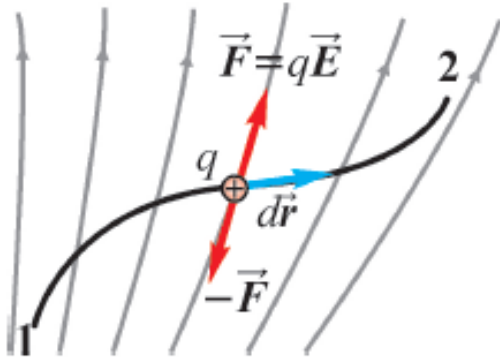


- Değişken bir kuvvetin yaptığı iş $W = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r}$ tanımlanmıştı.
- Elektrik alanın \vec{E} olduğu bir yere konulan q yüküne etkiyen kuvveti de tekrar yazalım:
- $\vec{F} = q\vec{E}$
- O halde, bu q yükünü bir noktadan diğerine götürürken elektriksel kuvvetin yapacağı iş, $W = q \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r}$ olur.

ELEKTRİK POTANSİYEL

Hatırlatma: Korunumlu kuvvete *karşı* yapılan iş, iki nokta arasındaki potansiyel enerji farkına eşit oluyordu:

$$- \int_1^2 \vec{F}_{\text{kor}} \cdot d\vec{r} = U_2 - U_1$$



Bir q yüküne \vec{E} alanında etkiyen kuvvet:

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

O halde, **elektrik potansiyel enerjisi** tanımı:

$$U_2 - U_1 = -q \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (\text{Elektrik potansiyel enerjisi})$$

Elektrik Potansiyel:

Gözlem: Elektrik potansiyel enerjisi hep q yükü ile orantılı. ▼

Birim yükün potansiyel enerjisine **elektrik potansiyel** denir:

$$V = \frac{U}{q} \quad (\text{elektrik potansiyel})$$

▼

Bunun tersi de doğrudur: Potansiyeli V olan bir noktaya konulan q yükünün sahip olacağı potansiyel enerji:

$$U = q V \quad \blacktriangledown$$

İki nokta arasındaki potansiyel farkı:

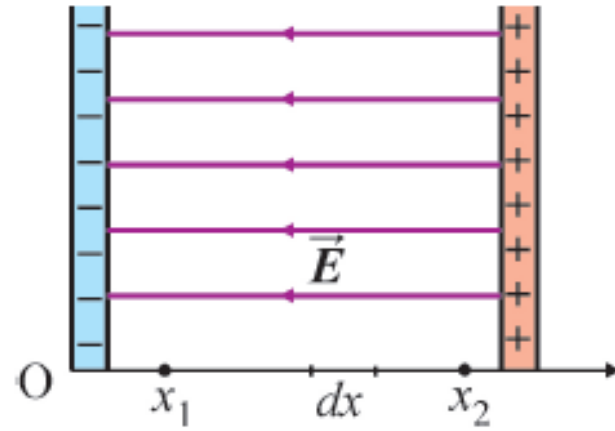
$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (\text{Elektrik potansiyel farkı})$$

- Potansiyel Birimi: $V = U/q$ tanımına göre:

$$1 \text{ joule/coulomb} = 1 \text{ volt} = 1 \text{ V} \blacktriangledown$$

- Teknolojide potansiyel farkı yerine **gerilim** ve **voltaj** terimleri de kullanılır. \blacktriangledown
- **Artı yüklere yaklaşırken potansiyel artar, eksi yüklere yaklaşırken azalır.** \blacktriangledown
- **Elektrik alan çizgileri yönünde gidildiğinde potansiyel azalır.** \blacktriangledown
- Potansiyel skaler nicelik olduğundan, elektrik alana göre, çalışması daha kolaydır.

Sabit Elektrik Alanın Potansiyeli



Hatırlatma:

$\pm\sigma$ yüzey yük yoğunluğu taşıyan iki düzlem levha arasında sabit elektrik alan oluşur. ▼

İki levhayı, elektrik alan $-x$ yönünde olacak şekilde yerleştirelim.

x_1 konumuyla x_2 konumu arasındaki potansiyel farkı:

$$V(x_2) - V(x_1) = - \int_{x_1}^{x_2} (-E) dx = -E \int_{x_1}^{x_2} dx = E(x_2 - x_1) \quad \blacktriangledown$$

Veya, $x_1 = 0$ orijinindeki negatif levhayı sıfır potansiyelde seçersek:

$$V(x) = Ex \quad (\text{sabit elektrik alanın potansiyeli})$$

Örnek:

- a) $2 \mu\text{C}$ luk bir yük bir elektrik alanı konulduğunda, $0,006 \text{ J}$ potansiyel enerji kazanıyor. Bu noktanın potansiyeli ne kadardır?
- b) Bir proton, potansiyeli 1000 volt olan bir yerdeki potansiyel enerjisinin tümünü kinetik enerjiye çevirdiğinde hızı ne kadar olur? (Protonun kütlesi $m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$, yükü: $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

a) Potansiyelin U potansiyel enerjisi cinsinden tanımı yazılır:

- $V = \frac{U}{q} = \frac{0.006}{2 \times 10^{-6}} = 3000 \text{ V}$

b) Potansiyelin V olduğu yerdeki protonun potansiyel enerjisi eV olur. Bunun tamamı kinetik enerjiye dönüşmüştür:

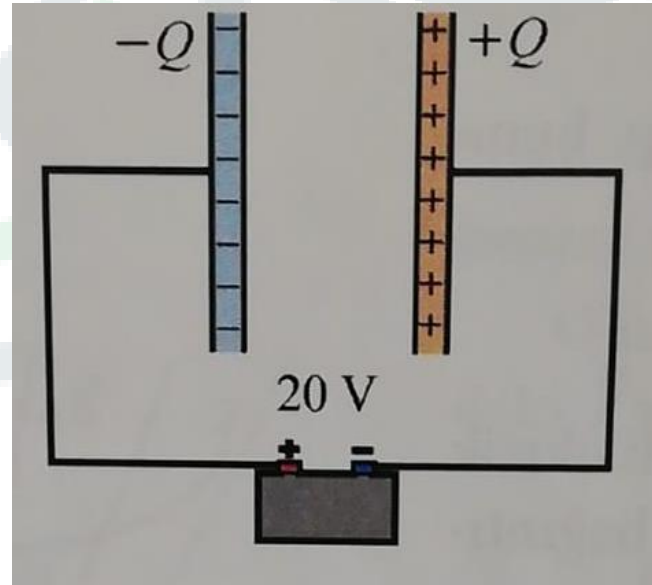
- $\frac{1}{2} m_p v^2 = eV \rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m_p}}$

- Verilen değerler yerine konup hız hesaplanır:

- $v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1000}{1.7 \times 10^{-27}}} = 4.3 \times 10^5 \text{ m/s}$

Örnek: Aralarında 5 mm mesafe bulunan iki paralel iletken levha, 20 V luk bir akünün kutuplarına bağlanıyor.

- a) Levhalar arasındaki elektrik alan şiddeti ne kadar olur?
- b) Bir levhanın yüzölçümü 100 cm^2 ise üzerinde ne kadar yük toplanır?



- \pm yüklü iki paralel levha arasında sabit E alanı oluştuğunu biliyoruz. Ayrıca, sabit elektrik alanda, eksi yüklü levhadan itibaren potansiyelin nasıl değiştiğini $V(x) = Ex$ formülüyle bulmuştuk.

- $V = Ex$

- Artı yüklü levhanın $x = 0.005 \text{ m}$ olan konumunu yerine koyar ve elektrik alanı buluruz:

- $E = \frac{V}{x} = \frac{20}{0.005} = 4000 \text{ V/m}$

- b) Levhaların boyutları, aradaki mesafeye göre büyük ise, sonsuz düzlem yük gibi kabul edebiliriz:

- $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

- Yüğü Q ve yüzölçümü A olan bir levhanın yüzey yük yoğunluğu yazılır:

- $\sigma = \frac{Q}{A}$

- $E = \frac{(Q/A)}{\epsilon_0} \rightarrow Q = \epsilon_0 EA$

- Sayısal veriler yerine konulup bir levhanın yükü bulunur:

- $Q = 8.85 \times 10^{-12} \times 4000 \times 100 \times 10^{-4}$

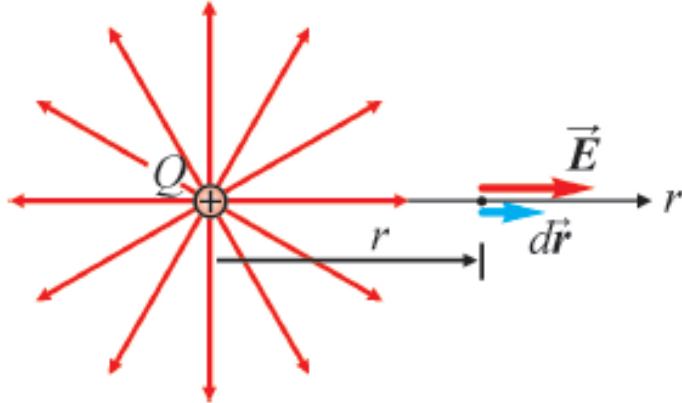
- $Q = 35 \times 10^{-11} \text{ C} = 0.35 \text{ nC}$

DÜZGÜN BİR ELEKTRİK ALAN İÇERİSİNDE İKİ NOKTA ARASINDAKİ
ELEKTRİKSEL POTANSİYEL FARK



NOKTASAL YÜK DAĞILIMLARININ POTANSİYELİ

Bir Noktasal Yükün Potansiyeli ▼



Orijindeki bir Q yükünün elektrik alanı:

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad \blacktriangledown$$

r_1 ve r_2 noktaları arasındaki potansiyel farkı (\vec{E} ile $d\vec{r}$ aynı yönde):

$$V(r_2) - V(r_1) = - \int_{r_1}^{r_2} E dr = - \int_{r_1}^{r_2} \frac{kQ}{r^2} dr = -kQ \left| -\frac{1}{r} \right|_{r_1}^{r_2} = kQ \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad \blacktriangledown$$

İntegrali $r_1 = \infty$ dan $r_2 = r$ noktasına kadar alırsak: $V(r) - V(\infty) = \frac{kQ}{r} \quad \blacktriangledown$

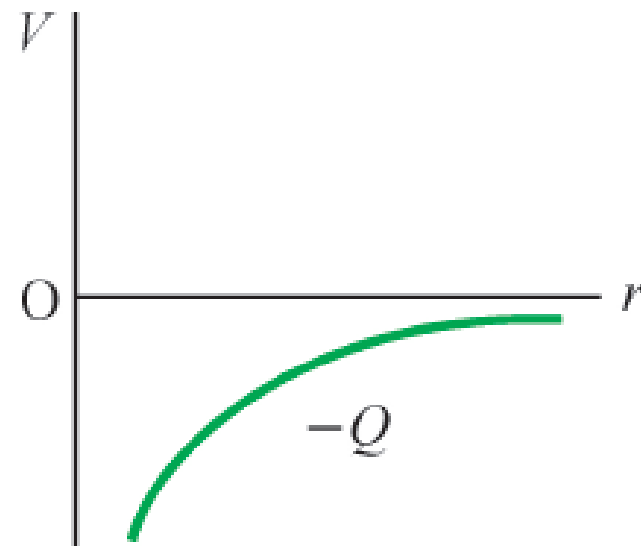
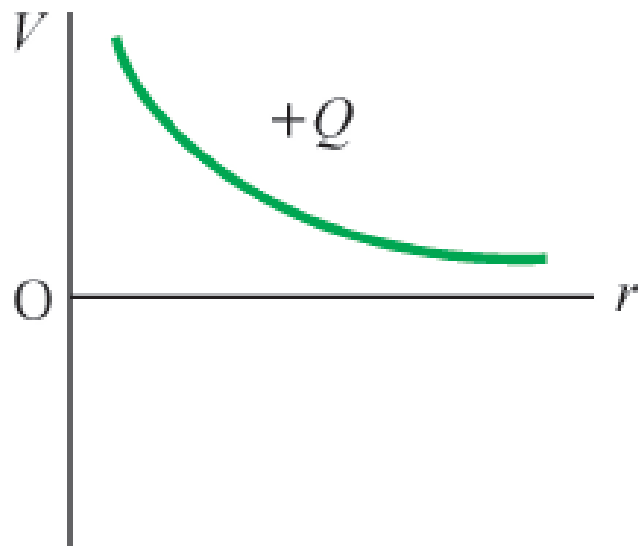
Potansiyelin referans noktası sonsuzda seçilirse ($V(\infty) = 0$):

$$V(r) = \frac{kQ}{r} \quad (\text{Noktasal yükün potansiyeli})$$

- Potansiyelin diğer bir yorumu:

Bir noktanın potansiyeli, birim yükü sonsuzdan o noktaya getirmek için yapılan iş. ▼

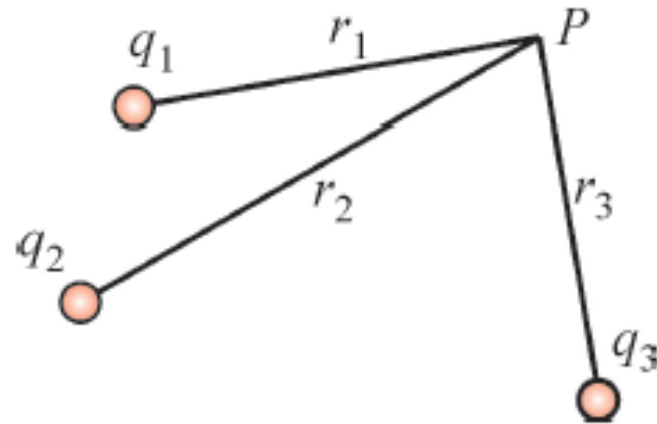
- + yükün potansiyeli pozitif, – yükün potansiyeli de negatif olur. ▼



- Pozitif yüke yaklaştıkça potansiyel artar, negatif yüke yaklaştıkça azalır.

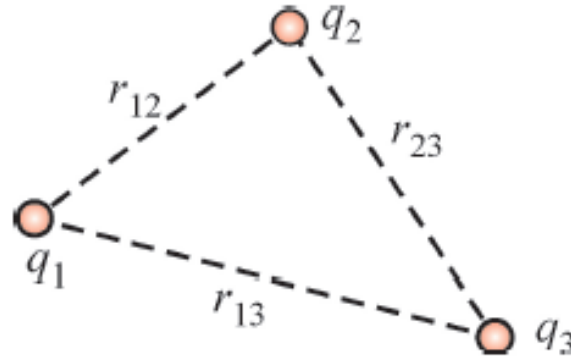
Çok Sayıda Noktasal Yükün Potansiyeli

Çok sayıda noktasal yükün bir P noktasındaki potansiyeli, her bir yükün potansiyelinin *cebirsel toplamı* olur:



$$V = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \dots + \frac{kq_N}{r_N} = \sum_i \frac{kq_i}{r_i}$$

Bir Yük Dağılımının Potansiyel Enerjisi:



Çok sayıda yükten oluşan bir sistemin potansiyel enerjisi ne kadardır? ▼

Cevap: Bu yükleri bu konumlara getirmek için yapılan iş kadardır. ▼

- Önce q_1 yükünü sonsuzdan alıp getiririz.

Bunun için bir iş yapmak gerekmez: $\longrightarrow U_1 = 0$ ▼

- Sonra, q_2 yükünü getiririz.

q_1 yükünün $V_1 = kq_1/r$ potansiyelinde,
 r_{12} uzaklığına gelen q_2 yükünün potansiyel enerjisi ($U = qV$):

$$U_2 = q_2 V_1 = q_2 \frac{kq_1}{r_{12}} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}}$$

- Daha sonra q_3 yükünü getirelim.
Daha önce gelmiş olan (q_1, q_2) yüklerinin potansiyelini içinde, sahip olduğu enerji:

$$U_3 = q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right) = k \left(\frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}} \right) \quad \blacktriangledown$$

- Sistemin toplam potansiyel enerjisi:

$$U_{\text{top}} = U_1 + U_2 + U_3 = k \left(\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}} \right) \quad \blacktriangledown$$

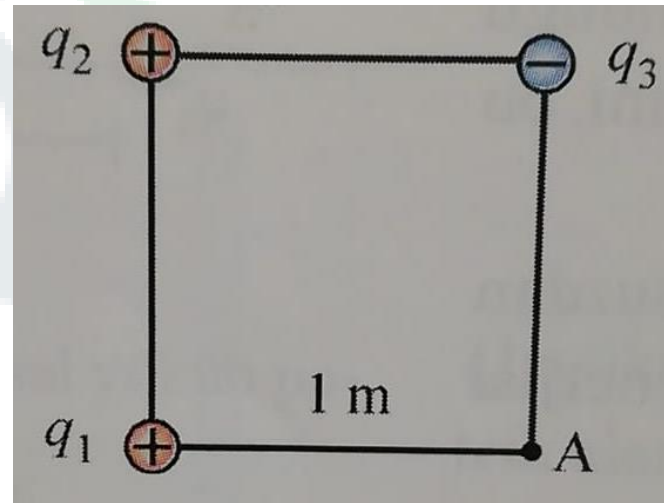
- N sayıda yük için genelleme:

$$U_{\text{top}} = k \sum_{i < j}^N \frac{q_i q_j}{r_{ij}}$$

Örnek: $q_1 = 1 \mu C$, $q_2 = 5 \mu C$ ve $q_3 = -2 \mu C$ yükleri, bir kenarı 1 m uzunlukta olan karenin üç köşesine şekildeki gibi konulmuşlardır.

a) A noktasındaki potansiyel ne kadar olur?

b) $q_4 = +4 \mu C$ yükü sonsuzdan A noktasına getirmek için ne kadar iş yapılması gerekir?



- $q_1 = 1 \mu C$, $q_2 = 5 \mu C$ ve $q_3 = -2 \mu C$ yükleri, bir kenarı 1 m uzunlukta olan karenin üç köşesine şekildeki gibi konulmuşlardır.

a) A noktasının potansiyeli, her üç yükün buradaki potansiyellerinin cebirsel toplamıdır.

- $$V_A = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \frac{kq_3}{r_3}$$
- $$V_A = 9 \times 10^9 \left(\frac{1 \times 10^{-6}}{1} + \frac{5 \times 10^{-6}}{\sqrt{2}} + \frac{-2 \times 10^{-6}}{1} \right)$$
- $$V_A = 22\,800 \text{ V}$$

Görüldüğü gibi potansiyelle çalışmak vektörel elektrik alanlarla çalışmaktan daha kolaydır.

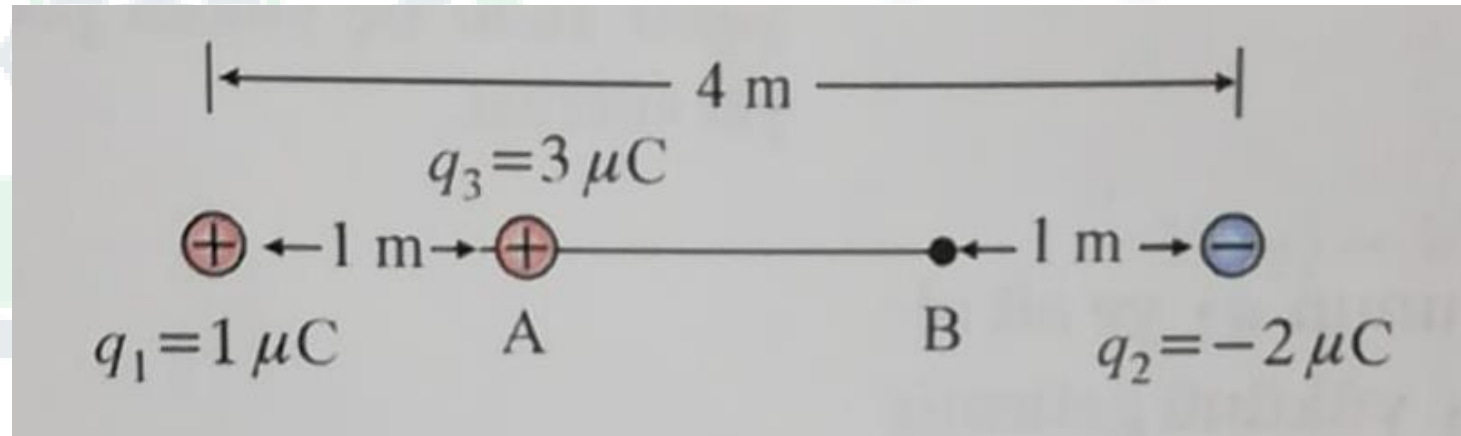
b) Potansiyel enerjinin diğer bir tanımı da, bir q yükünü sonsuzdan A noktasına getirmek için yapılan iştir. O halde, q_4 yükünün A noktasındaki potansiyel enerjisi, o noktanın potansiyeli cinsinden şöyle yazılır:

- $U_A = q_4 V_A$

Değerler yerine konulup hesaplanır:

- $U_A = 4 \times 10^{-6} \times 22800 = 0.09 \text{ J}$

Örnek: Şekilde, aralarında 4 m mesafe bulunan $q_1 = 1 \mu\text{C}$ ve $q_2 = -2 \mu\text{C}$ yükler, bulundukları yerlere tespit edilmişlerdir. Bu iki yük yukarısında, kütlesi 1 g olan $q_3 = 3 \mu\text{C}$ yükü A noktasından ilk hızsız bırakılıyor. B noktasına vardığında hızı ne olur?



- Bir q yükünün potansiyeli V olan bir noktadaki potansiyel enerjisi $U = qV$ dir. Böylece enerji korunumunu A ve B noktaları için yazarız:

- $\frac{1}{2}mv_A^2 + q_3V_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + q_3V_B$

- q_3 yükü A noktasından ilk hızsız bırakıldığı için, $v_A = 0$ alıp, V_B için çözeriz:

- $v_B = \sqrt{\frac{2q_3(V_A - V_B)}{m}}$

- Potansiyel farkını ayrı hesaplayalım:

$$\bullet V_A = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} = 9 \times 10^9 \left(\frac{1 \times 10^{-6}}{1} - \frac{2 \times 10^{-6}}{3} \right) = 3000 \text{ V}$$

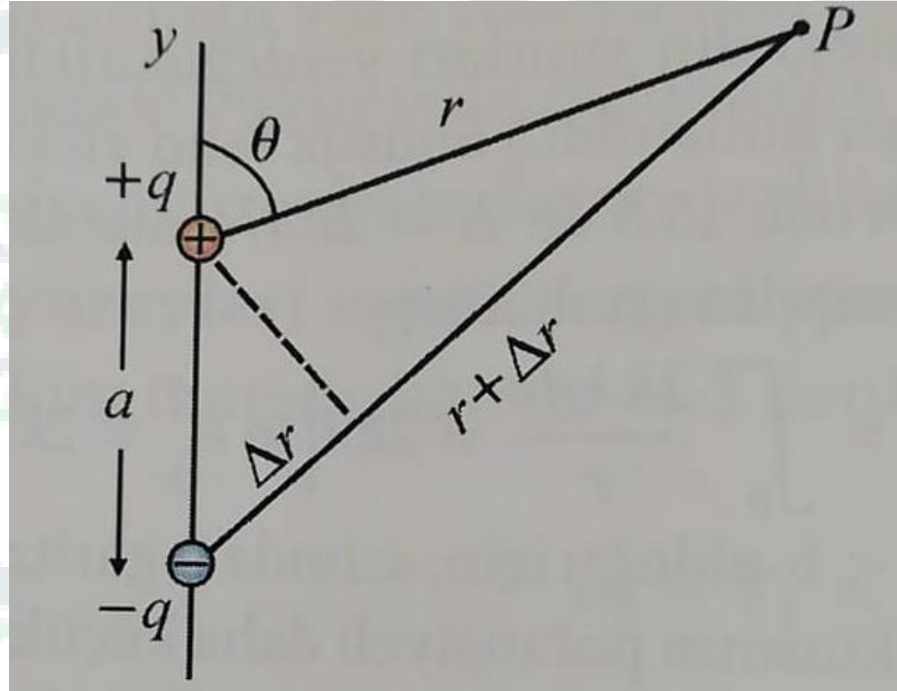
$$\bullet V_B = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} = 9 \times 10^9 \left(\frac{1 \times 10^{-6}}{3} - \frac{2 \times 10^{-6}}{1} \right) = -15\,000 \text{ V}$$

- Buradan V_B hızı hesaplanır:

$$\bullet v_B = \sqrt{\frac{2 \times 3 \times 10^{-6} (3000 + 15000)}{0.001}} = 10 \text{ m/s}$$

Örnek: Elektrik dipol:

Bir elektrik dipolün potansiyelini uzayın herhangi bir noktasında hesaplayın ve $r \gg a$ için limit değerini bulun.



- Şekilde $\pm q$ yükleri y-ekseni boyunca, aralarında a mesafesi olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Bu dipolün $+q$ yükünden r uzaklıkta ve y-ekseniyle θ açısı yapan bir P noktasındaki elektrik potansiyeli hemen yazabiliriz:

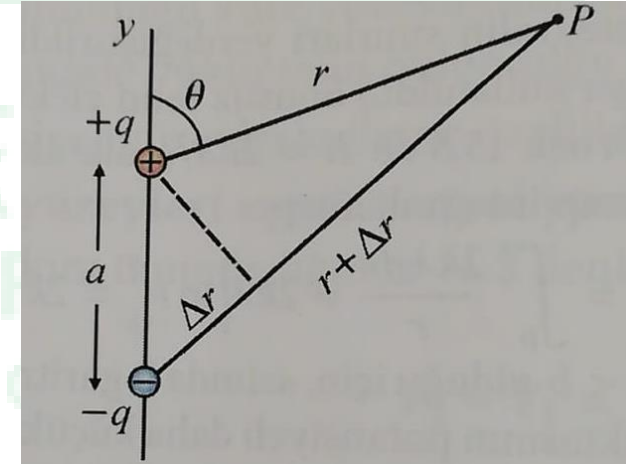
$$V = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r+\Delta r} = \frac{kq\Delta r}{r(r+\Delta r)}$$

- Burada P noktasının $+q$ yüküne uzaklığını r ile, $-q$ yüküne uzaklığını $r + \Delta r$ ile gösterdik. Verilen her P noktası için bu ifade hesaplanarak potansiyel bulunabilir.

- $r \gg a$ için yaklaşık olarak şu ifadeleri kullanırız:

$$\Delta r \approx a \cos \theta$$

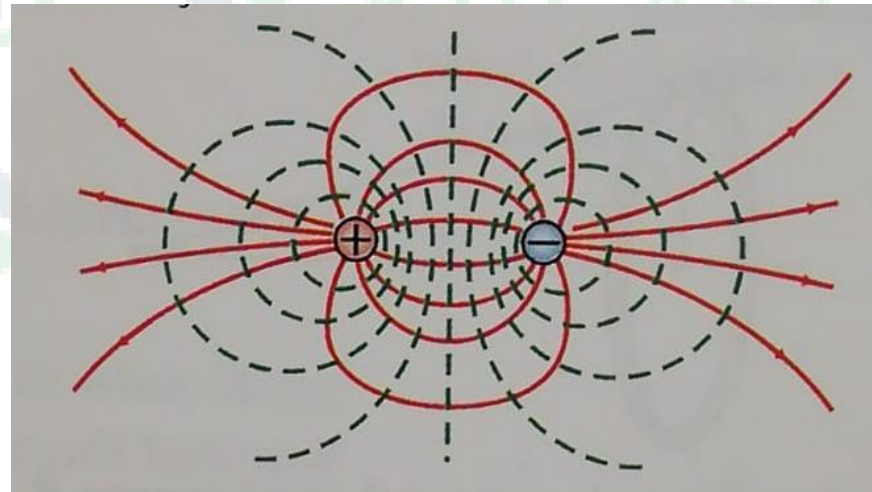
$$r(r + \Delta r) \approx r^2$$



- Ayrıca, $p = qa$ çarpımı elektrik dipol momentini olarak tanımlanmıştı. Buna göre, dipolden çok uzaklarda potansiyel ifadesi şöyle oluşur.

- $$V = k \frac{p \cos \theta}{r^2}$$

- Elektrik dipolün xy-düzlemindeki eşpotansiyel yüzeyleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu potansiyelin önemli özelliği r^2 ile azalıyor olmasıdır. Noktasal yükün potansiyeli r ile azalıyordu, dipol potansiyeli çok daha hızlı azalır. Dipolün elektrik alan çizgileri de, aynı şekil üzerinde, eşpotansiyel yüzeyleri dik kesecek şekilde, artı yükten eksi yüke doğru gösterilmişlerdir.



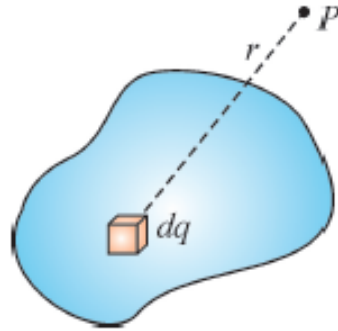
ELEKTRİK POTANSİYELDEN ELEKTRİK ALAN ELDE ETME



SÜREKLİ YÜK DAĞILIMLARININ POTANSİYELİ



Bir hacim, yüzey veya eğri üzerine sürekli dağılmış yük.



Yüklü bölgede küçük bir dq yük elemanı.
Bunun toplam potansiyele dV katkısı:

$$dV = \frac{k dq}{r} \quad \blacktriangledown$$

Tüm yük dağılımının potansiyeli:

$$V = k \int \frac{dq}{r} \quad (\text{Sürekli dağılmış yükün potansiyeli} \quad \blacktriangledown)$$

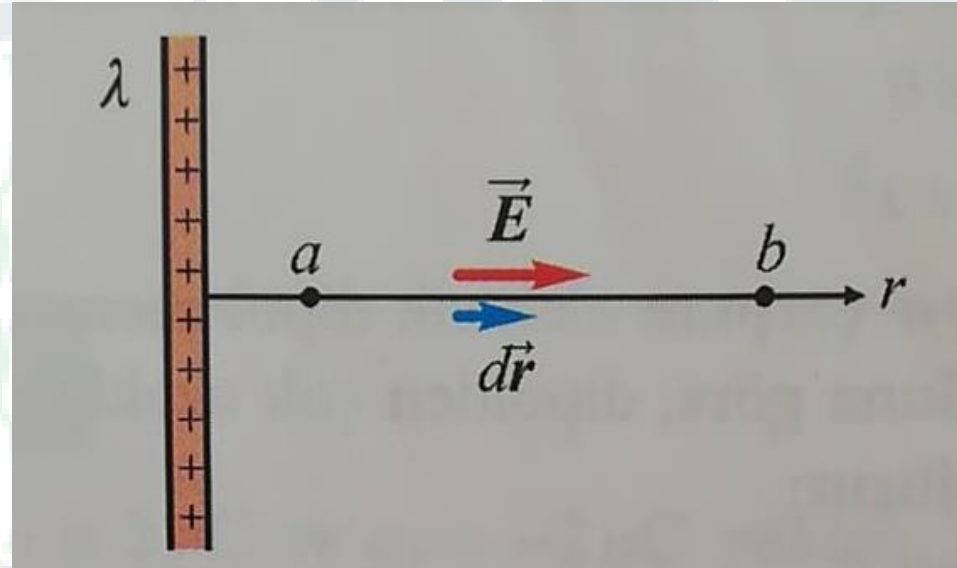
dq elemanı, yük yoğunluğu cinsinden şöyle ifade edilir:

$$dq = \rho dV \qquad dq = \sigma dA \qquad dq = \lambda dL \quad \blacktriangledown$$

Ayrıca, potansiyelin \vec{E} alanı cinsinden ifadesi de hesaplarda kullanılabilir:

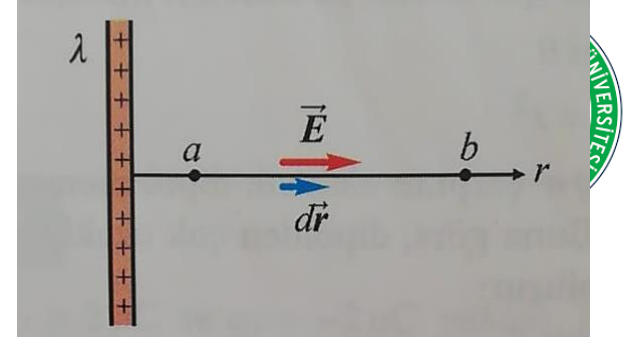
$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

Örnek: Yüklü sonsuz tel. Boyca yük yoğunluğu λ olan sonsuz bir telden a ve b uzaklıkta bulunan İki nokta arasındaki potansiyel farkını bulun.



- Yine elektrik alan bilindiği için, tanımdan gitmek daha kolaydır:

$$V_b - V_a = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_b^a E dr$$



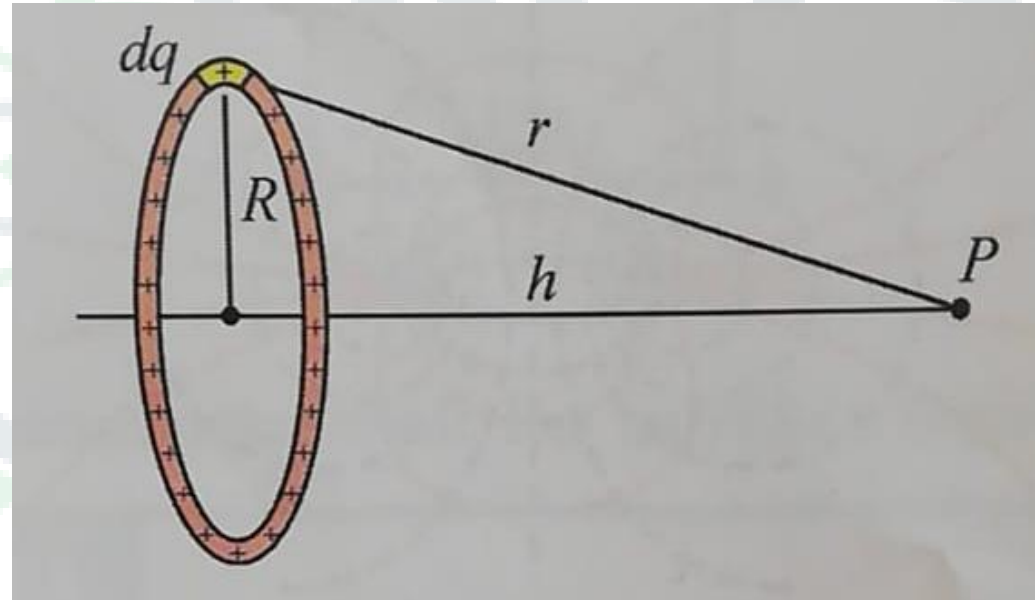
- (Son ifadede integralin sınırları yer değiştirildi ve \vec{E} ile $d\vec{r}$ nin paralel oluşu kullanıldı). Sonsuz telin elektrik alanı Gauss yasasıyla $E = \frac{2k\lambda}{r}$ olarak bulunmuştu. O sonucu kullanıp integrali alırız:

$$V_b - V_a = \int_a^b \frac{2k\lambda dr}{r} = 2k\lambda |\ln r| \Big|_a^b = 2k\lambda \ln(a/b)$$

- Bu formülde $a < b$ olduğu için, aslında logaritma eksi işaretlidir, yani b noktasının potansiyeli daha küçük olur. O halde, a ve b' nin yerlerini değiştirirsek pozitif bir ifade elde ederiz:

$$V_a - V_b = 2k\lambda \ln(b/a)$$

Örnek: Yüklü halka. Üzerinde toplam Q yükü taşıyan R yarıçaplı halkanın merkezinden h uzaklıkta potansiyeli hesaplayın.



- Halka üzerinde küçük bir ds yayına tekabül eden küçük bir dq yükü seçelim. Bunun P noktasındaki potansiyele katkısını yazıp, tüm halka üzerindeki ds katkılarını toplar, yani integralini alırız:

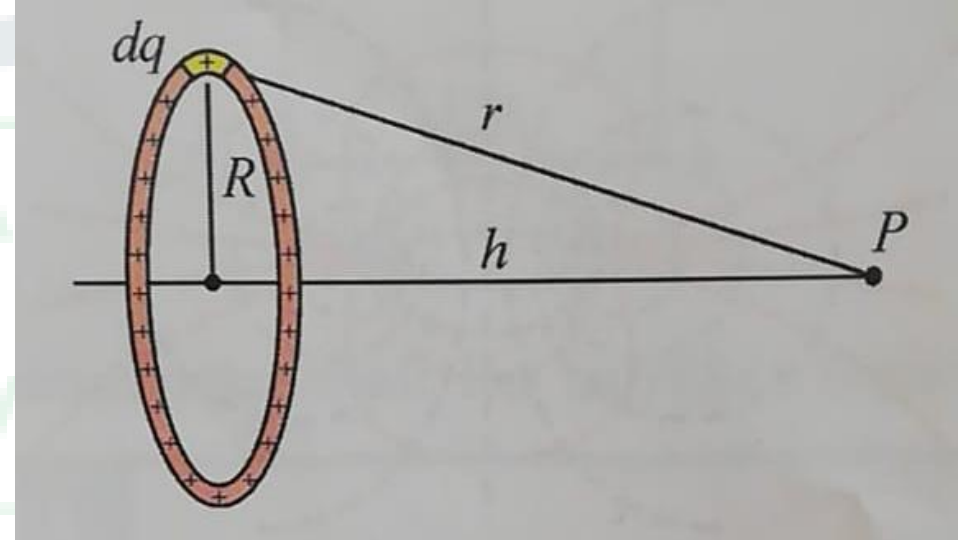
- $V = k \int \frac{dq}{r} = k \int \frac{dq}{\sqrt{R^2+h^2}}$

- İntegral içindeki payda, halkanın her yerinde aynı olduğu için, dışarı alınabilir:

- $V = \frac{k}{\sqrt{R^2+h^2}} \int dq$

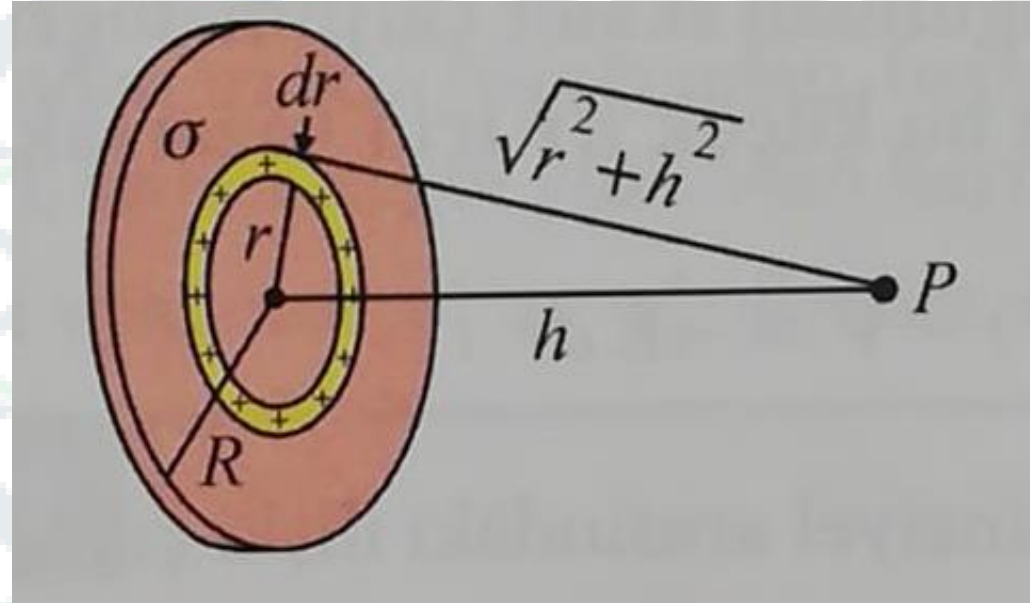
- Kalan integral tüm yüklerin Q toplamı olur:

- $V = \frac{kQ}{\sqrt{R^2+h^2}}$

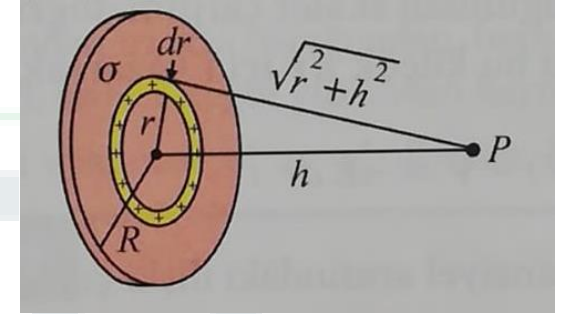


Örnek: Yüklü disk.

Üzerinde sabit σ yüzey yük yoğunluğu bulunan R yarıçaplı diskin ekseninde h uzaklıktaki P noktasında potansiyeli hesaplayın.



- Disk üzerinde, yarıçapı $[r, r + dr]$ aralığında olan dr kalınlığında ince bir halka göz önüne alalım. Bu halka üzerindeki küçük yük miktarına dq dersek, önceki örneğe göre (yükli halka), bunun P noktasındaki potansiyele katkısı şöyle olur:



- $dV = \frac{k dq}{\sqrt{r^2 + h^2}}$
- dq yük miktarını bulmak için, küçük halka yüzölçümünü yüzey yük yoğunluğu ile çarpıyoruz:
- $dq = \sigma dA = \sigma(2\pi r dr)$
- Bu değer yerine konur ve tüm halkaların katkısı integral alınarak bulunur:
- $V = \pi k \sigma \int_0^R \frac{2r dr}{\sqrt{r^2 + h^2}}$

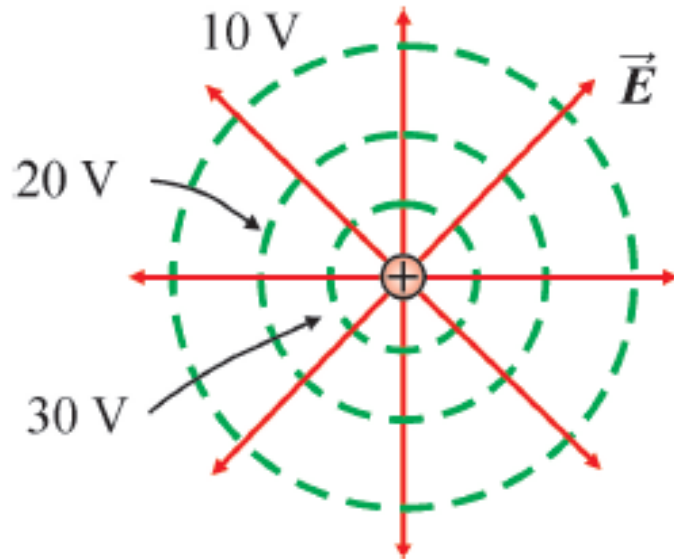
- Burada $u = r^2 + h^2$ değişkeni tanımlanırsa, $du = 2rdr$ olur. Bu u değişkeniyle integral basitleşir:

- $V = \pi kr \int u^{-1/2} du = \pi kr \left| 2\sqrt{r^2 + h^2} \right|_0^R$
- Sınır değerleri yerine konur ve sadeleştirilirse, diskin potansiyel ifadesi bulunmuş olur:
- $V = 2\pi kr [\sqrt{h^2 + R^2} - h]$

İLETKENLER VE EŞPOTANSİYEL YÜZEYLER



Potansiyelin aynı değerde olduğu yüzeylere **eşpotansiyel yüzey** denir. ▼



Örnek: Orijindeki q yükünün potansiyeli:

$$V = \frac{kq}{r} \quad ▼$$

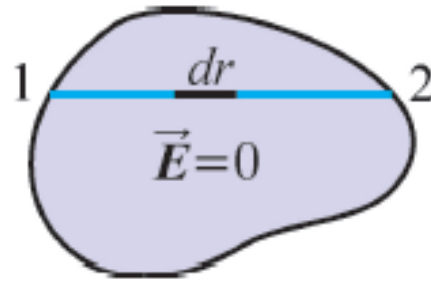
Noktasal yükün eşpotansiyel yüzeyleri: q yükünün merkezde bulunduğu küre yüzeyleri. ▼

Doğrusal telin eşpotansiyel yüzeyleri: Tel eksenli silindirik yüzeyler.

Eşpotansiyel yüzeylerin özellikleri:

- İletken yüzeyleri eşpotansiyel yüzeylerdir. ▼

İspat: Potansiyel farkı tanımı:



$$V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

1 ve 2 noktaları iletken yüzeyinde olsun. ▼

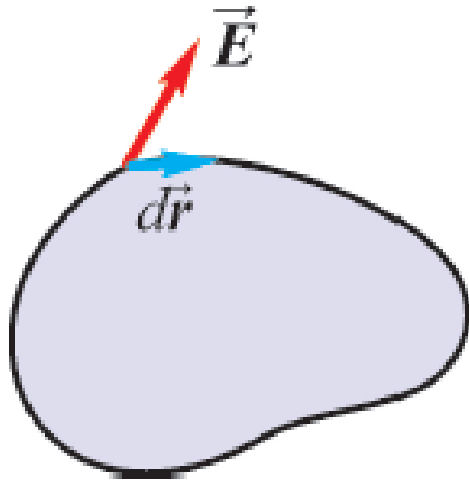
Potansiyel farkı gidilen yoldan bağımsızdır.

Gidilen yolu iletken içinde seçelim.

İletken içinde daima $\vec{E} = 0$ olduğundan, integralin sağ tarafı sıfır olur:

$$\vec{E} = 0 \implies V_2 = V_1$$

- Elektrik alan çizgileri daima eşpotansiyel yüzeylere dik olur. ▼



Eşpotansiyel yüzey üzerinde birbirine $d\vec{r}$ kadar çok yakın iki nokta seçelim.

Bu iki nokta aynı potansiyelde olacağından:

$$V_1 = V_2 \quad \Rightarrow \quad dV = -\vec{E} \cdot d\vec{r} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{E} \perp d\vec{r}$$

- **Elektrik alan ile potansiyel arasındaki ilişki.** ▼

V potansiyelli bir yüzeyden dik doğrultuda (yani, \vec{E} yönünde) küçük bir $d\vec{r}$ adımıyla, $V + dV$ olan diğer bir eşpotansiyel yüzeye varmış olalım.

\vec{E} ve $d\vec{r}$ vektörleri aynı yönde olduğundan,

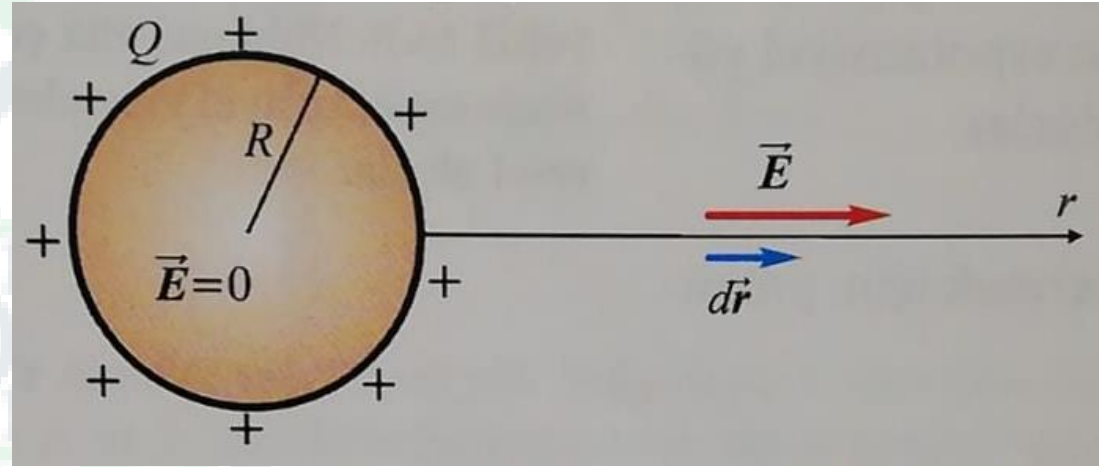
$$(V + dV) - V = -\vec{E} \cdot d\vec{r} = -E dr \quad \longrightarrow \quad E = -\frac{dV}{dr} \quad \blacktriangledown$$

Eşpotansiyel yüzeye dik doğrultudaki potansiyel artış oranına **potansiyel gradyanı** denir.

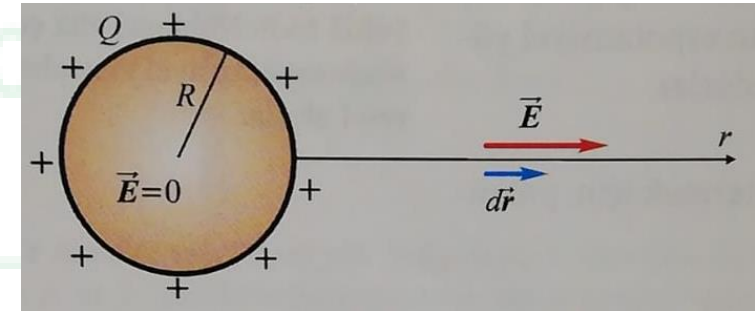
Elektrik alan negatif potansiyel gradyanıdır.

Negatif işaretin anlamı: Elektrik alanı yönünde gidilirken potansiyel azalır.

Örnek: İletken küre. R yarıçaplı Q yüklü iletken kürenin dışında ve içinde potansiyeli hesaplayın.



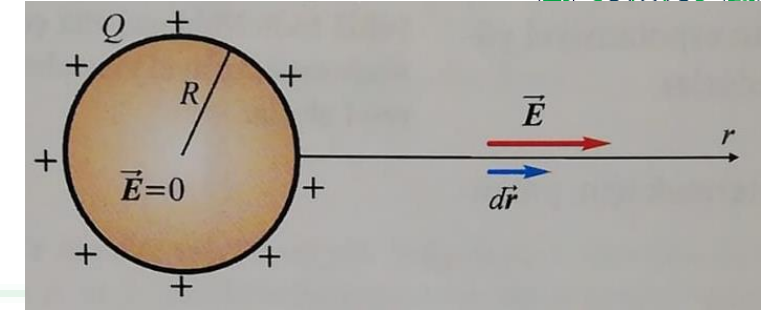
- Bu problemde potansiyeli elektrik alanın integral olarak hesaplamak daha kolaydır.
- $V_2 - V_1 = - \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{r}$
- Bu formülde $r_1 = \infty$ alınırsa, $V_1 = 0$ olur ve r noktasının potansiyeli $V_2 = V(r)$ yazılır:
- $V(r) = - \int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{r}$
- Eksi işareten kurtulmak için integrali tersine çeviririz, yani r den sonsuza gideriz:
- $V(r) = \int_r^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_r^{\infty} E dr$
- Burada \vec{E} ile $d\vec{r}$ aynı yönde olduğundan, $\vec{E} \cdot d\vec{r} = E dr$ alındı.



- İletken kürenin dışında ($r > R$), elektrik alan noktasal yükün $E = kQ/r^2$ alanı ile aynıdır:

- $V(r) = \int_r^\infty \frac{kQdr}{r^2} = \left| -\frac{kQ}{r} \right| \quad \infty$

- $V(r) = \frac{kQ}{r} \quad (r > R)$



- İletken kürenin içinde ($r < R$) bir r noktası için, integrali iki parçada yazalım:

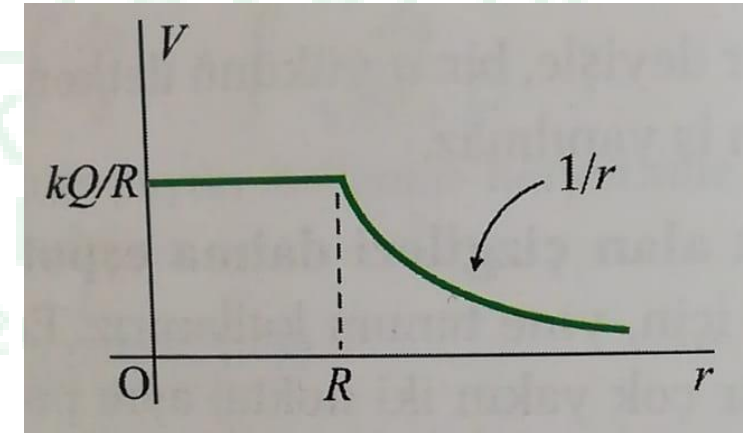
- $V(r) = \int_r^\infty Edr = \int_r^R Edr + \int_R^\infty Edr$

- İletken içinde daima $E=0$ olduğundan birinci integral sıfır verir. Diğeri, iletken dışındaki potansiyelin $r=R$ yüzeyinde aldığı değerdir:

- $V(r) = \frac{kQ}{R} \quad (r < R)$

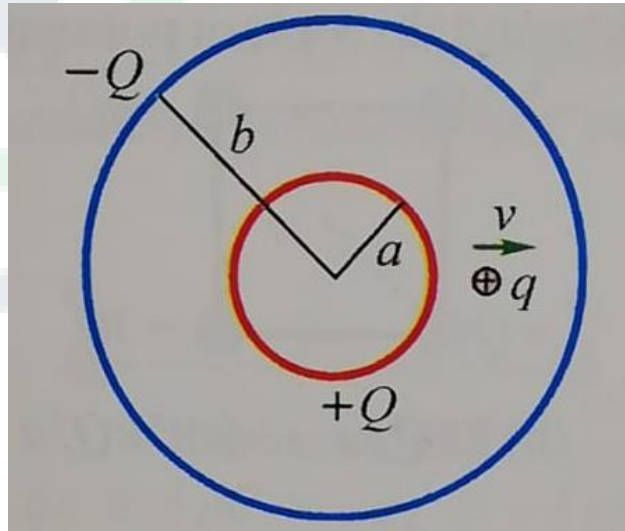
- İletken içinde potansiyel sabit olup, yüzeydeki değerine eşittir.

- Sonuç olarak, iletken kürenin potansiyel grafiğini öğrenelim.



Örnek: Eş merkezli iki iletken küreden $a=1$ m yarıçaplı olanı üzerinde $Q=+1$ μC , $b=2$ m yarıçaplı olanı üzerinde $-Q$ yükü bulunmaktadır.

- a) İki küre arasındaki potansiyel farkını bulunuz.
- b) Kütlesi 1 g olan $q=2$ μC luk noktasal bir yük, artı yüklü küre yakınında ilk hızsız bırakılıyor. Eksi yüklü küreye vardığında hızı ne kadar olur?



- a) İletken kürenin içinde elektrik alan sıfır, dışında ise noktasal yükün alanı gibi olur. Buna göre, küreler arasındaki potansiyel farkı, içteki $+Q$ yüklü kürenin a ve b uzaklıklarındaki potansiyellerinin farkı olur:

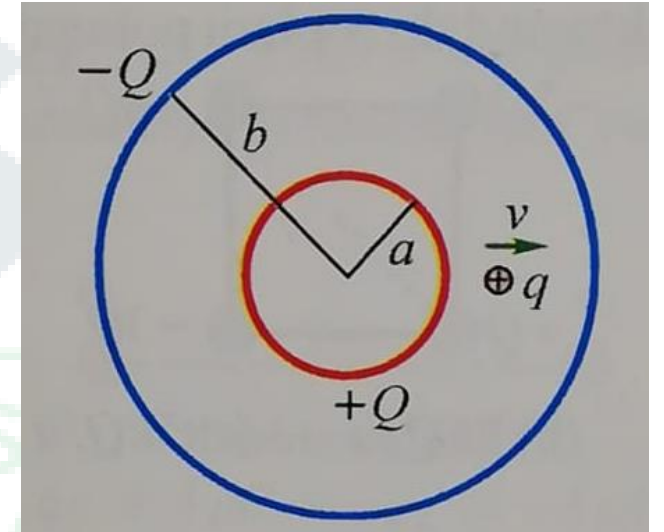
- $V_a - V_b = kQ\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$

- $V_a - V_b = 9 \times 10^9 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2}\right) = 4500 \text{ V}$

- b) q yükünün potansiyel enerjisi $U = qV$ olarak yazılır:

- $\frac{1}{2}mv_A^2 + qV_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + qV_B$

- $v = \sqrt{\frac{2q(V_A - V_B)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 10^{-6} \times 4500}{0.001}} = 4.2 \text{ m/s}$



TEŞEKKÜR EDERİM

KOCAELİ SAĞLIK
VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ
— 2009 —