



# (FZM 114) FİZİK -II

---

*Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU*

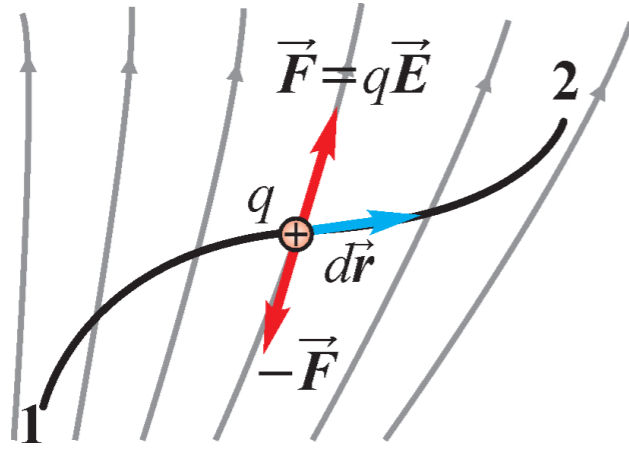


# İÇERİK

---

- + *Elektriksel Potansiyel*
- + *Elektriksel Potansiyel ve Potansiyel Fark*
- + *Noktasal Yüklerin Potansiyel Enerjisi*
- + *Elektriksel Potansiyelin Hesaplanması*

# ELEKTRİKSEL POTANSİYEL



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

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

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

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

**İki nokta arasındaki potansiyel farkı:**

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

# ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

Birim yük başına  $U/q_0$  potansiyel enerjisi,  $q_0$ 'ın değerinden bağımsızdır ve elektrik alan içinde her noktada tek değere sahiptir. Bu  $U/q_0$  niceliğine **elektiriksel potansiyel**  $V$  (veya kısaca **potansiyel**) denir. O halde elektrik alanın herhangi bir noktasındaki elektiriksel potansiyel

$$V = \frac{U}{q_0} \quad (25.2)$$

Elektiriksel potansiyel elektrik alanın skaler bir karakteristiğidir ve alan içinde bulunan yükten bağımsızdır. Fakat, potansiyel enerjiden bahsederken **alan-yük sistemini** kastederiz. Çünkü çoğu zaman, yükün bulunduğu yerdeki elektiriksel potansiyeli ve yükün alanla etkileşmesi sonucu ortaya çıkan potansiyel enerjiyi biliyor olduğumuzdan, sanki yüke aitmiş gibi, potansiyel enerji yaygın söylenişini kullanırız.

# ELEKTRİK POTANSİYEL

---

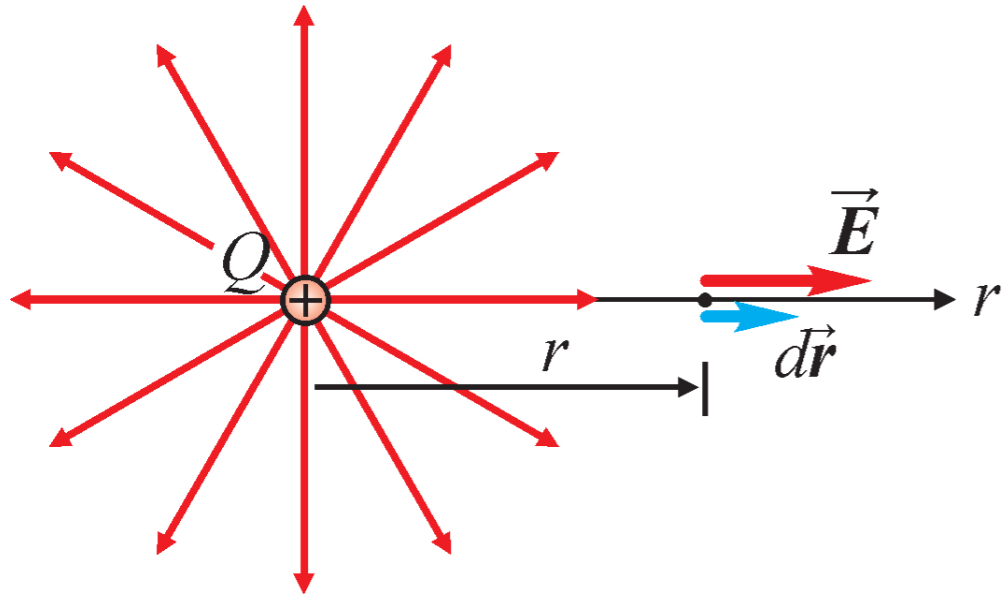
- Potansiyel Birimi:  $V = U/q$  tanımına göre:

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

- 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.

# NOKTASAL YÜKÜN POTANSİYELİ

## Bir Noktasal Yükün Potansiyeli ▼



Orijindeki bir  $Q$  yükünün elektrik alanı:

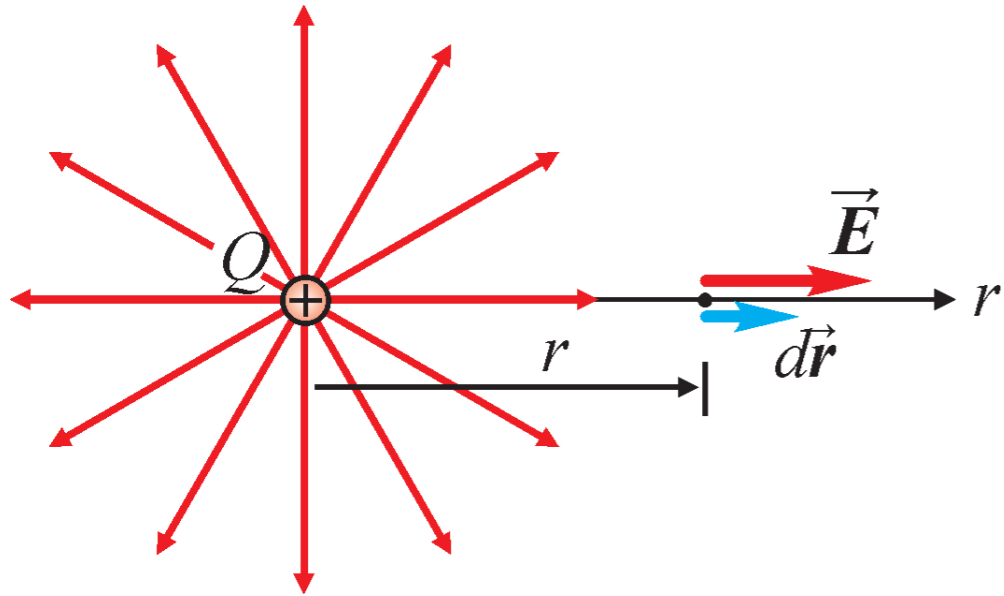
$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad \blacktriangledown$$

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

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

# NOKTASAL YÜKÜN 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:  $V(r) - V(\infty) = \frac{kQ}{r} \quad \blacktriangledown$

# NOKTASAL YÜKÜN POTANSİYELİ

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

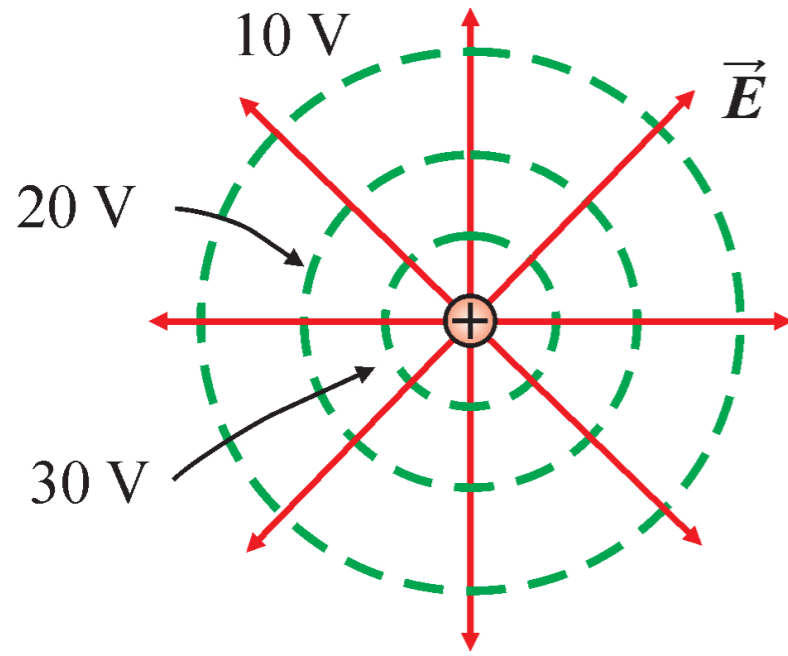
$$V(r) = \frac{kQ}{r} \quad (\text{Noktasal yükün potansiyeli})$$

- Potansiyelin diğer bir yorumu:  
**Bir noktanın potansiyeli, birim yükü sonsuzdan o noktaya getirmek için yapılan iş.** ▼
- + yükün potansiyeli pozitif, – yükün potansiyeli de negatif olur. ▼



# NOKTASAL YÜKÜN POTANSİYELİ

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



Örnek: Orijindeki  $q$  yükünün potansiyeli:

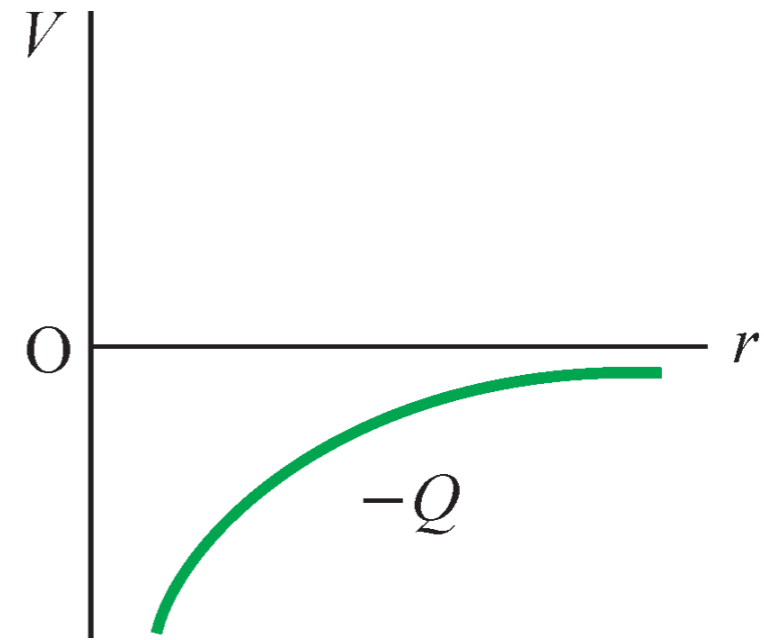
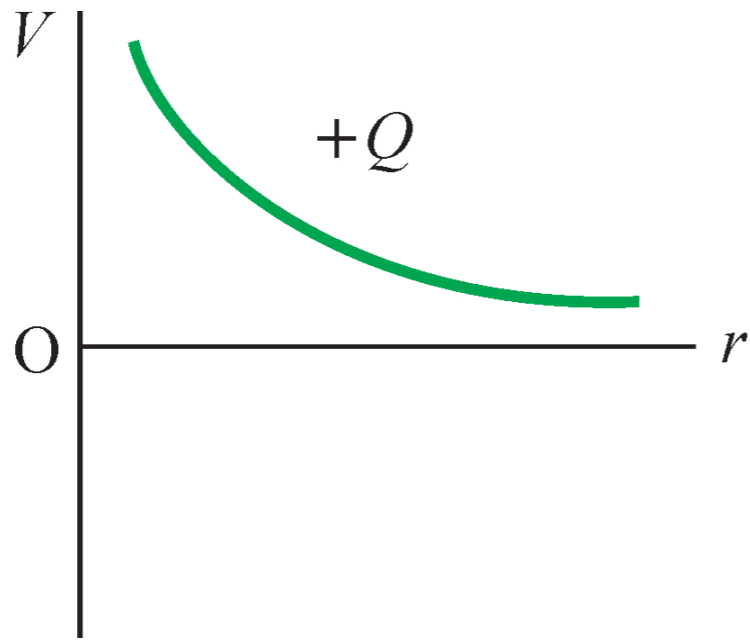
$$V = \frac{kq}{r} \quad \blacktriangledown$$

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

Doğrusal telin eşpotansiyel yüzeyleri: Tel eksenli silindirik yüzeyler.

# ELEKTRİK POTANSİYEL

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

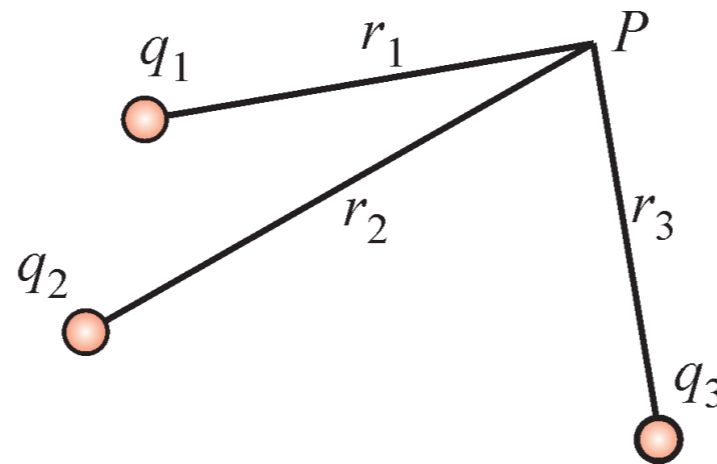


- Pozitif yüke yaklaştıkça potansiyel artar, negatif yüke yaklaştıkça azalır.

# ÇOK SAYIDA YÜK DURUMUNDA POTANSİYEL

## Çok Sayıda Noktasal Yükün Potansiyeli

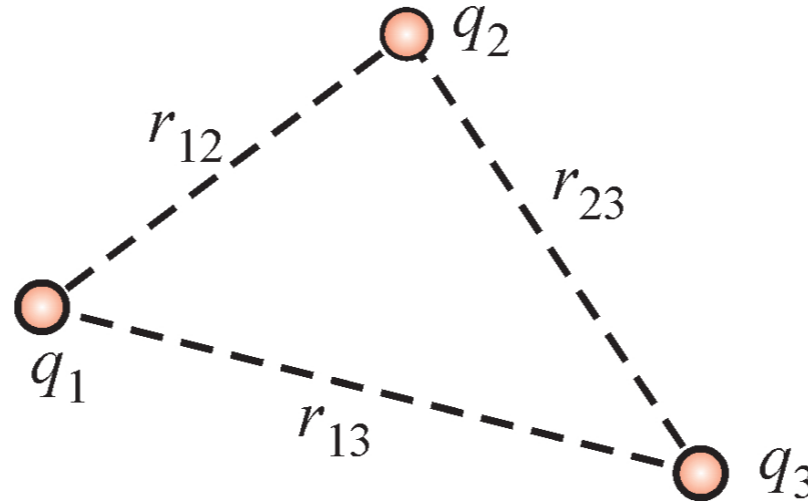
Çok sayıda noktasal yükün bir  $P$  noktasındaki potansiyeli, her bir yükün potansiyelinin *cebirsel toplamı* olur:



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

# ÇOK SAYIDA YÜK DURUMUNDA POTANSİYEL ENJ

## 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:  $\longrightarrow U_1 = 0$  ▼

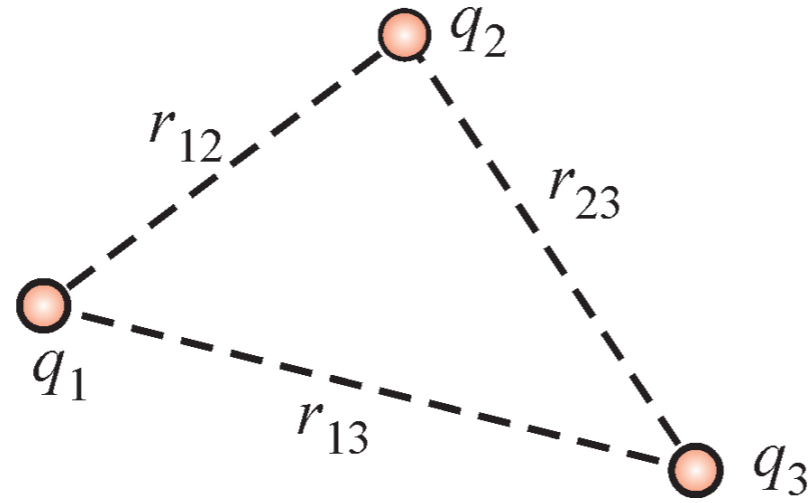
- Sonra,  $q_2$  yükünü getiririz.

$q_1$  yükünün  $V_1 = kq_1/r$  potansiyelinde,

$r_{12}$  uzaklığına gelen  $q_2$  yükünün potansiyel enerjisi ( $U = qV$ ):

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

# ÇOK SAYIDA YÜK DURUMUNDA POTANSİYEL ENJ



- Sistemin toplam potansiyel enerjisi:

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

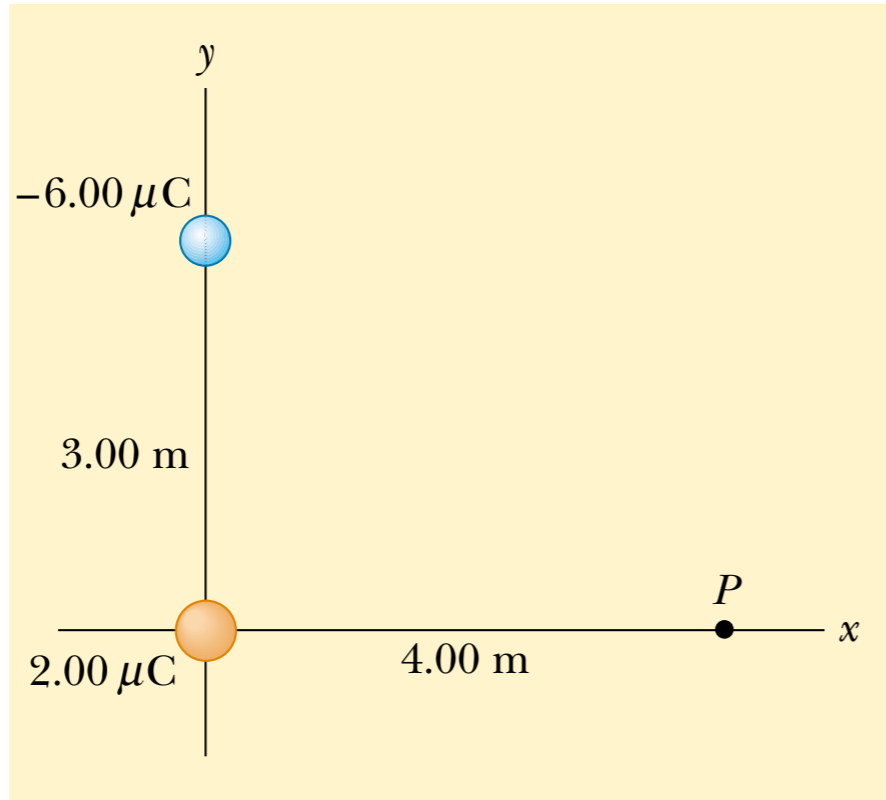
- $N$  sayıda yük için genelleme:

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

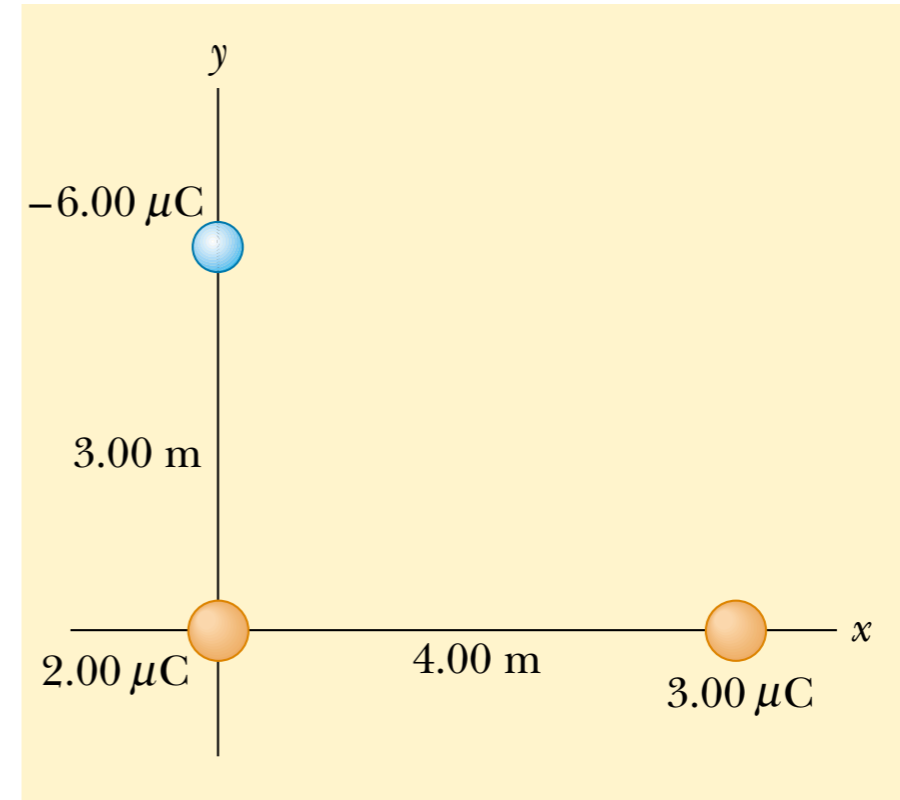
# ÖRNEK

## ÖRNEK 25.3 İki Nokta Yükün Elektriksel Potansiyeli

Şekil 25.11a'da görüldüğü gibi,  $q_1 = 2,00 \mu\text{C}$ 'luk yük orijinde,  $q_2 = -6,00 \mu\text{C}$ 'luk yük  $(0; 3,00)$  m'dedir. (a) Bu yüklerin  $(4,00; 0)$  m koordinatındaki  $P$  noktasında oluşturduğu toplam elektriksel potansiyeli bulunuz.



(a)



(b)

# ORNEK

$$\begin{aligned} V_P &= k_e \left( \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right) \\ &= 8.99 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \left( \frac{2.00 \times 10^{-6} \text{ C}}{4.00 \text{ m}} + \frac{-6.00 \times 10^{-6} \text{ C}}{5.00 \text{ m}} \right) \\ &= -6.29 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

Oradan sorular:

(b) Sonsuzdan  $P$  noktasına getirilen  $3,00 \mu\text{C}$ 'luk yükün potansiyel enerjisindeki değişimi bulunuz (Şekil 25.11b).

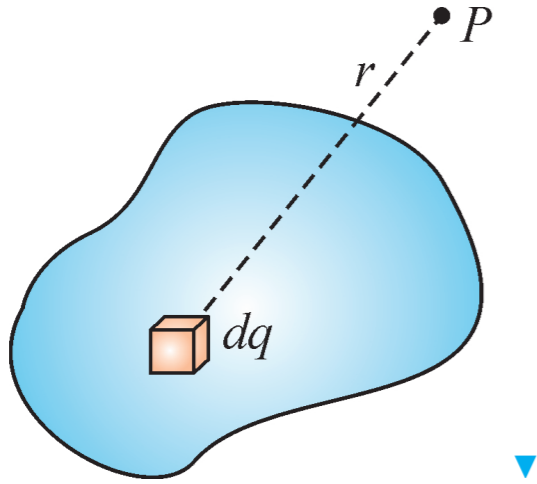
**Çözüm** Yük sonsuzda olduğunda  $U_i = 0$  ve  $P$  noktasında olduğu zaman  $U_s = q_3 V_P$  dir. O halde,

$$\begin{aligned} \Delta U &= q_3 V_P - 0 = (3,00 \times 10^{-6} \text{ C}) (-6,29 \times 10^3 \text{ V}) \\ &= -18,9 \times 10^{-3} \text{ J} \end{aligned}$$

Buna göre,  $W = -\Delta U$  olduğundan,  $P$  noktasındaki yükün sonsuza geri götürebilmesi için dış kuvvetler tarafından pozitif bir iş yapılmalıdır.

# SÜREKLİ BİR YÜK DAĞILIMINDA

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:

$$dq = \rho dV$$

$$dq = \sigma dA$$

$$dq = \lambda dL \quad \blacktriangledown$$

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

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



# ELEKTRİK ALAN-POTANSİYEL İLİŞKİSİ

- 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.

# ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

## 4. Elektriksel Potansiyelin Hesaplanması

a) Elektrik alan biliniyorsa:

$$V = -\int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

b) Elektrik alan bilinmiyorsa:

Nokta yük için:

$$V = \frac{kq}{r}$$

Nokta yükler topluluğu için:

$$V = k \sum_i \frac{q_i}{r_i}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Sürekli yük dağılımları için:

$$V = k \int \frac{dq}{r}$$

# KAYNAKLAR

---

1. <http://www.seckin.com.tr/kitap/413951887> (“Üniversiteler için Fizik”, B. Karaođlu, Seçkin Yayıncılık, 2012).
2. Fen ve Mühendislik için Fizik Cilt-2, R.A.Serway,R.J.Beichner,5.Baskıdan çeviri, (ÇE) K. Çolakođlu, Palme Yayıncılık.
3. Üniversite Fiziđi Cilt-I, H.D. Young ve R.A.Freedman, (Çeviri Editörü: Prof. Dr. Hilmi Ünlü) 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara.