



FİZ112 FİZİK-II

*Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
6. Hafta*

AYSUHAN OZANSOY

Bölüm 4. Elektriksel Potansiyel

1. Elektriksel Potansiyel Enerji
2. Elektriksel Potansiyel ve Potansiyel Fark
3. Noktasal Yüklerin Potansiyel Enerjisi
4. Elektriksel Potansiyelin Hesaplanması

1. Elektriksel Potansiyel Enerji

➤ Daha önce, iş, iş-enerji teoremi, potansiyel enerji ve enerjinin korunumu kavramlarını görmüştük. Özellikle enerjinin korunumu kavramı, bazı problemlerin çözümünde, Newton' un hareket yasalarını ve kinematik bağıntıları kullanmadan daha kolay bir şekilde çözüm yapabilmemizi sağlıyordu.

➤ Bu bölümde, potansiyel enerjiyi elektriksel etkileşmeler için tanımlayacağız.

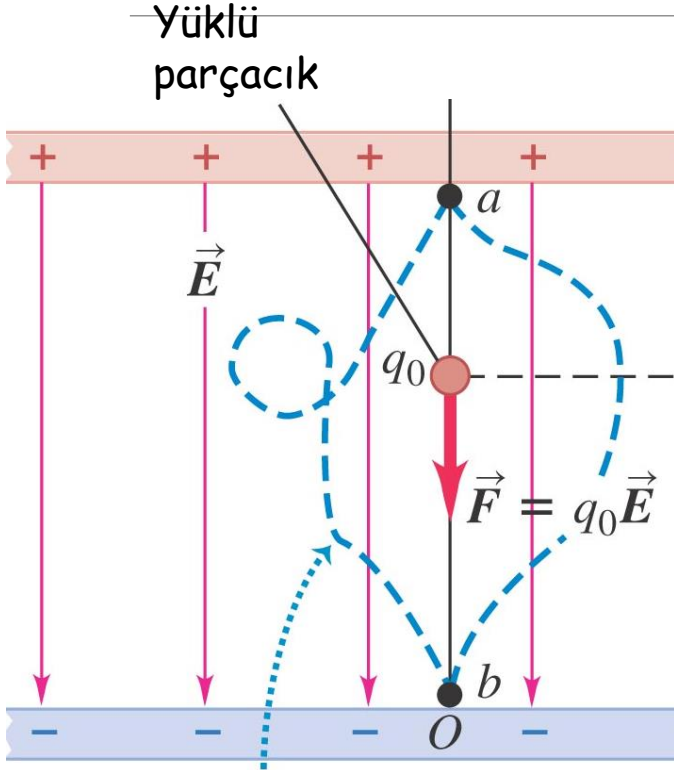
Potansiyel enerji: sistemin düzenlenişi ile ilgili olan, yapılan işle ortaya çıkabilen, sistemin depoladığı enerji türüdür.

→ Kuvvet korunumlu ise, bir potansiyel enerji fonksiyonu yazılabilir.

$$\Sigma W = \Delta K = -\Delta U$$

(Korunumlu kuvvet için iş-enerji teoremi)

K: Kinetik enerji, U: Potansiyel enerji



Korunumlu kuvvetin yaptığı iş, cismin izlediği yoldan bağımsızdır.

→ Yüklü bir parçacık bir elektrik alanın olduğu bölgede hareket ederse, elektriksel kuvvet parçacığın üzerine bir iş yapar.

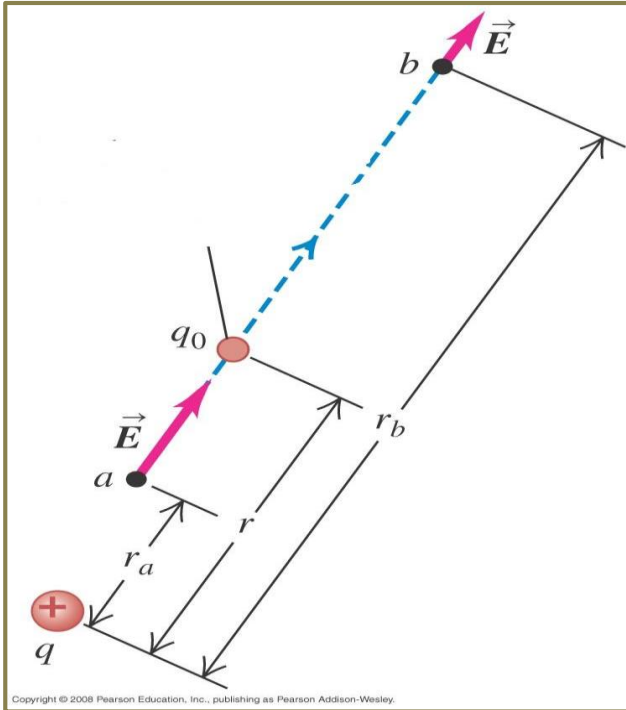
$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F}_{elk} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\Delta U = -(U_b - U_a)$$

→ Yüklü parçacık, elektrik alan içinde bir dış etki ile bir a noktasından bir b noktasına hareket ettiriliyorsa, dış etkinin yaptığı iş ($\Delta K=0$ ise), elektriksel kuvvetin yaptığı işin negatifine eşittir.

→ Elektrik alan \vec{E} , bir q yükü tarafından oluşturulmuş olsun. Bu elektrik alan içinde, bir q_0 deneme yükünü a noktasından b noktasına hareket ettirmekle potansiyel enerjide meydana gelecek değişime bakalım.

$$\vec{F} = k \frac{qq_0}{r^2} \hat{r}, \quad \vec{F} = q_0 \vec{E}$$

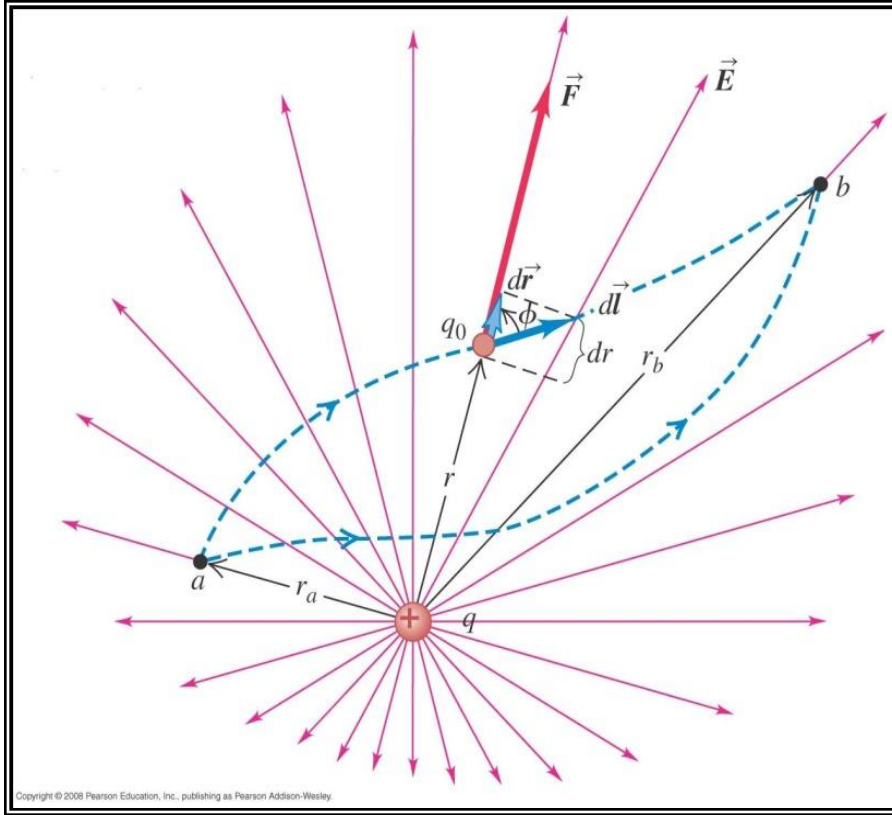
i) İlk olarak q_0 deneme yükünün **düz bir çizgi boyunca hareket ettiği** duruma bakalım:



$$\vec{E} \parallel \hat{r}$$

$$\begin{aligned} W_{a \rightarrow b} &= \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_a}^{r_b} \frac{dr}{r^2} \\ &= \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r} \right)_{r_a}^{r_b} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right) \end{aligned}$$

ii) İkinci olarak daha genel bir durumu ele alalım. q_0 deneme yükü **aynı çizgiler üzerinde yer almayan** a ve b noktaları arasında yer değiştirsin.



$$dr = \cos \Phi dl$$

$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b F \cos \Phi dl = \int_{r_a}^{r_b} F dr$$

$$= \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_a}^{r_b} \frac{dr}{r^2} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$

$$W_{a \rightarrow b} = -\Delta U = -(U_b - U_a) = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$

$$r_a = \infty, \quad r_b = r$$

$$U_a = 0$$

$$U(r) = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

→ Uygun bir noktada potansiyel enerji sıfır seçilebilir. Bu noktada elektrik alanı oluşturulan yüklerden sonsuz uzaktayız demektir.

• Potansiyel enerji her zaman bir referans noktasına göre tanımlanır.

• Potansiyel enerji q ve q_0 ' in ortak özelliği

2. Elektriksel Potansiyel ve Potansiyel Fark

Elektriksel Potansiyel: Birim yük başına elektriksel potansiyel enerji.

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

$$\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

V: Volt, $1 \text{ V} = 1 \text{ J} / \text{C}$



$V \rightarrow E$ 'nin bir karakteristiği

$U \rightarrow$ Alan-yük sisteminin bir özelliği

\rightarrow Uzayda herhangi bir noktanın potansiyeli, birim deneme yükünü sonsuzdan bu noktaya getirmek için yapılan iş demektir.

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

\rightarrow Potansiyel de bir referans noktasına göre tanımlanır.

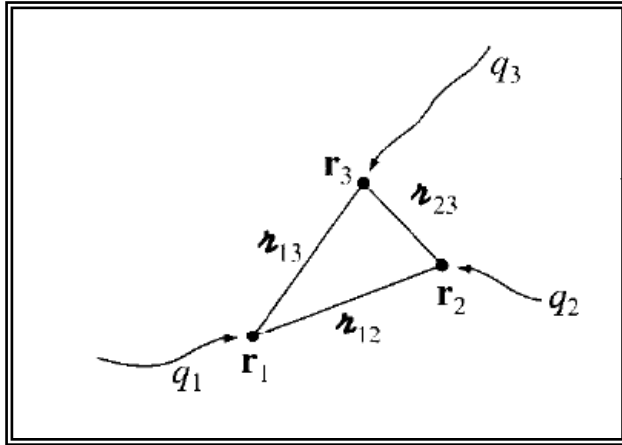
\rightarrow Elektrik alan çizgileri yönünde gidildiğinde potansiyel azalır.

\rightarrow Artı yüklere yaklaşırken potansiyel artar, eksi yüklere yaklaşırken azalır.

Potansiyel Fark (Voltaj ya da gerilim)

$$\Delta V = V_b - V_a \equiv V_{ba} : b \text{ noktasının } a \text{ noktasına göre potansiyeli}$$

3. Noktasal Yüklerin Potansiyel Enerjisi

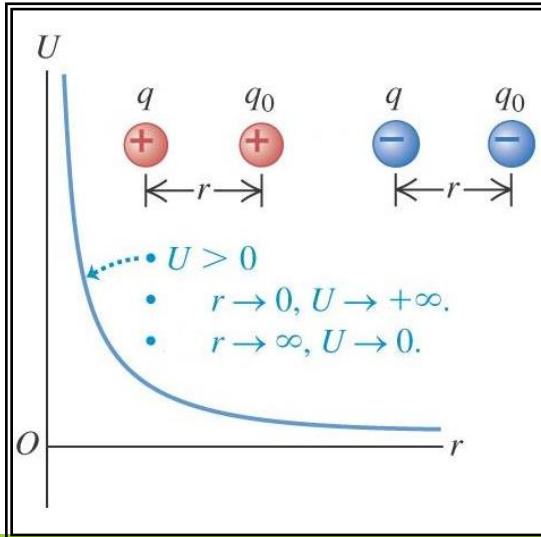


$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j>i}^n \frac{q_i q_j}{r_{ij}}$$

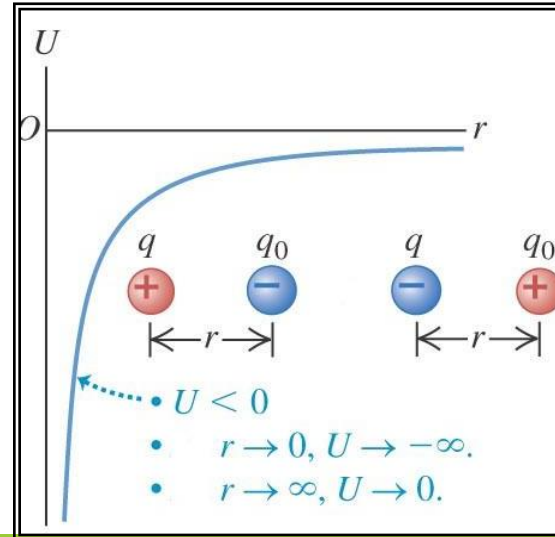
$$U = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j\neq i}^n \frac{q_i q_j}{r_{ij}}$$

→ İki nokta yük için;

q ve q_0 aynı işaretli iken



q ve q_0 zıt işaretli iken



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:

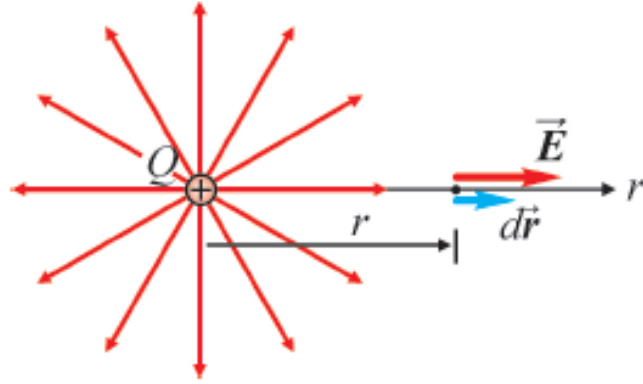
$$V = k \sum_i \frac{q_i}{r_i} \quad , \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Sürekli yük dağılımları için:

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

Bu kısım, [1]' den alınmıştır.

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 ($V(\infty) = 0$):

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

Kaynaklar:

1. <http://www.seckin.com.tr/kitap/413951887> ("Üniversiteler için Fizik", B. Karaođlu, Seçkin Yayıncılık, 2012).
2. Diğer tüm şekiller ; "Üniversite Fiziđi Cilt-I ", H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara