

FİZ102 FİZİK-II

*Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
4. 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
5. Eş Potansiyel Yüzeyler
6. Elektriksel Potansiyelin Uygulamaları

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

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

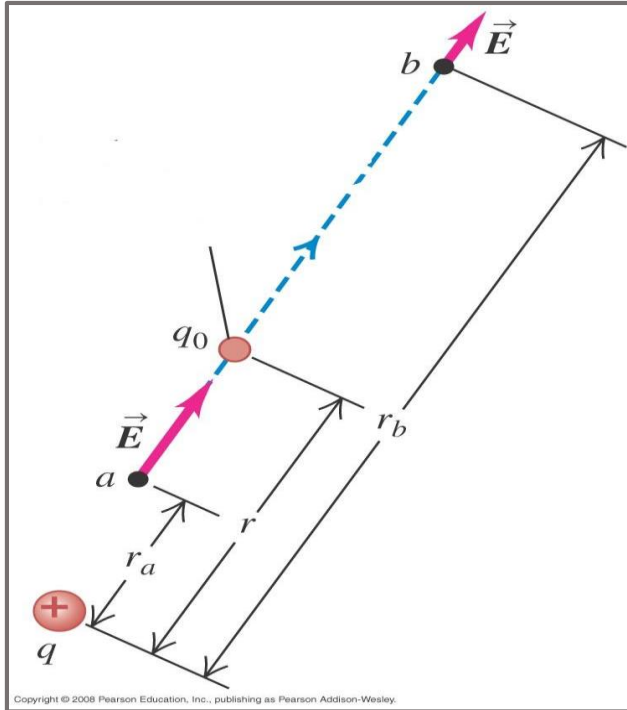
$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F}_{elk} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\Delta U = -(U_b - U_a)$$

→ 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:

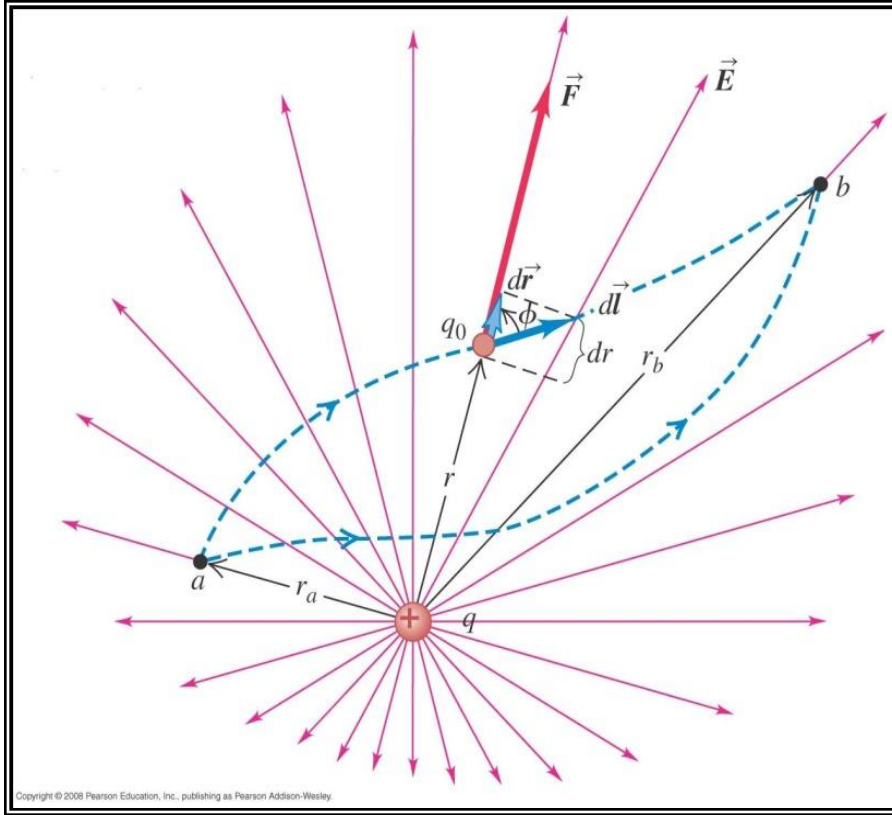


Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.

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

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

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

Şekil, Kaynak [1]' den alınmıştır.

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 V=1 J / C



V → E ' nin bir karakteristiği

U → Alan-yük sisteminin bir özelliği

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

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

→ Potansiyel de bir referans noktasına göre tanımlanır.

→ Elektrik alan çizgileri yönünde gidildiğinde potansiyel azalır.

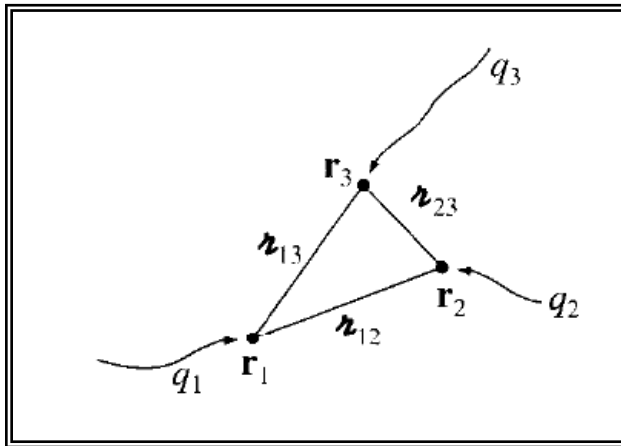
→ Artı yüklere yaklaşırken potansiyel artar, eksi yüklere yaklaşırken azalır.

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

→ İki den fazla noktasal yükten oluşan sistemin elektriksel potansiyel enerjisi



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

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

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:

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

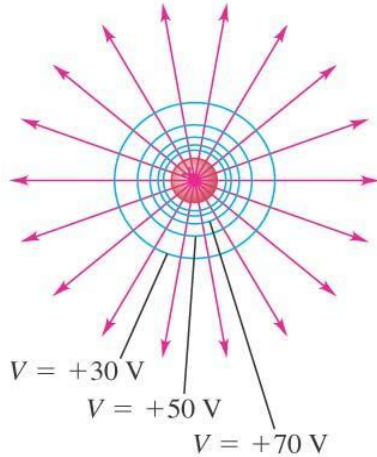
Sürekli yük dağılımları için:

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

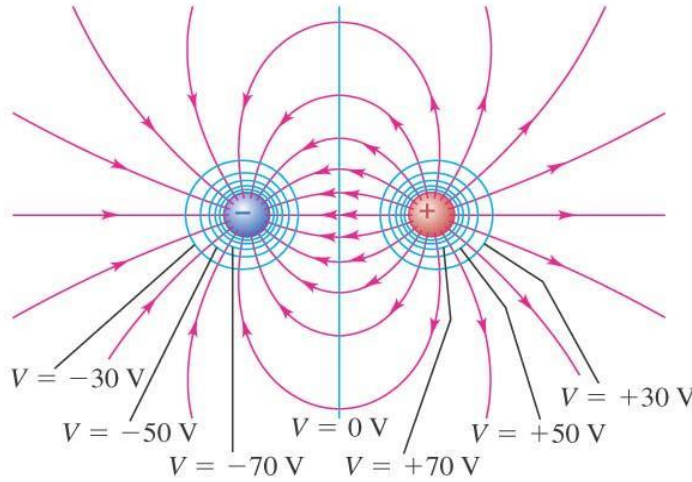
5. Eş potansiyel yüzeyler

Bir yük dağılımı tarafından oluşturulan potansiyelin aynı olduğu noktalara **eş potansiyel nokta** denir. Bu eş potansiyel noktalar üç boyutlu uzayda bir yüzey meydana getiriyorsa buna **eş potansiyel yüzey** denir.

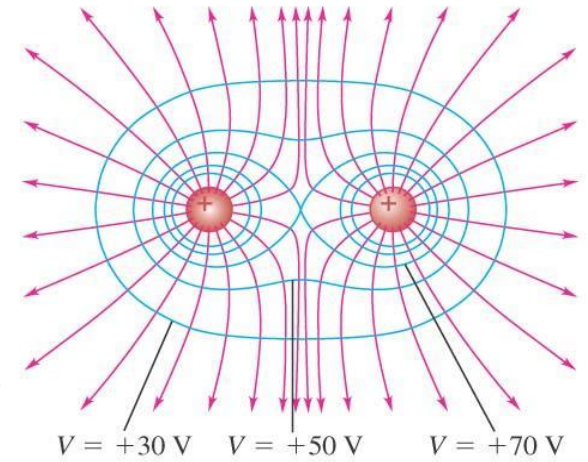
(a) Pozitif yük



(b) Elektrik Dipolü



(c) İki pozitif yük



→ E çizgileri

— Eş potansiyel yüzeylerin kesitleri

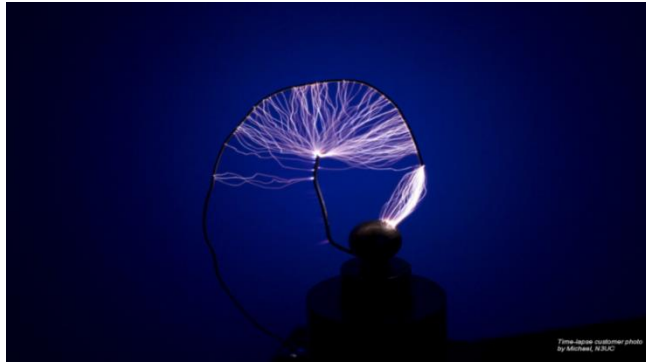
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.

- Eş potansiyel yüzeyler ve elektrik alan çizgileri her zaman birbirine diktir. → **eş potansiyel yüzey üzerinde hareket eden yük üzerine iş yapılmaz.**
- Farklı değerlere sahip eş potansiyel yüzeyler asla kesişmezler.
- Elektrostatik dengedeki bir iletkenin yüzeyi eş potansiyel yüzeydir.

Korona Dejarji: Nötral bir akışkan içindeki yüklü ve yüksek potansiyeldeki bir iletkenin akışkanı iyonize etmesi ile olur.

- İletkenlerde *küçük yarıçaplı bölgelerde* elektrik alan daha şiddetlidir.
- Elektrik alan yeterince büyükse ($\sim 3 \times 10^6$ V/m) *hava molekülleri iyonlaşır* (iletkenin serbest elektronları azot ve oksijen molekülleri ile çarpışır). Havanın iletkenliği artar. Böylelikle iletkenin görünen boyutu artmış olur.
- Artık ortalıkta daha çok serbest elektron var.
- Daha sonra iyonize olmuş hava molekülleri ve serbest elektronlar tekrar birleşirler. *Bu birleşme sırasında bir ışık görülür.*



Korona boşalmasının;

- uçuşlarda istenmeyen elektriksels boşalmalardan uçağın elektroniğini koruma,
- bazı kimyasalların atmosferden temizlenmesi
- düzlem yüzeylerde sürüklenmeyi azaltma
- vb. uygulamaları vardır.

Şekiller Kaynak [2]' den alınmıştır.

6. Elektriksel Potansiyelin Uygulamaları:

Elektriksel Potansiyelin Bazı Teknolojik Uygulamaları:

1. Van de Graff Üretici (Buradaki yüksek enerjili parçacıklar kanser tedavisinde, gıda sterilizasyonunda ve maddenin mikroskopik yapısının araştırılmasında kullanılır.)
2. Xerografi (fotokopi makinaları, laser yazıcılar ve dijital baskılamada kullanılan teknik)

Elektriksel Potansiyelin Tıpta Bazı Uygulamaları:

1. Aksonun Elektriksel Potansiyelleri (sinir hücrelerinde sinyali hücreden uzağa taşıyan yapılar)
2. Elektrokardiyograf (EKG)
3. Elektroensefalografi (EEG)

Kaynaklar:

1. *Üniversite Fiziği Cilt-I*, H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Corona_discharge ve <http://www.amazing1.com/tesla.htm>
3. <http://images.yourdictionary.com/van-de-graaff-generator>
4. *Fen ve Mühendislik için Fizik II*, R.A. Serway ve R.J. Beichner, (Çeviri Editörü: Prof. Dr. Kemal Çolakoğlu), 5. Baskıdan çeviri, Palme Yayıncılık 2002, Ankara.
5. *Biyoloji ve Tıpta Fizik*, P. Davidovits, (Çeviri Editörü. Prof. Dr. Fevzi Köksal), 3. baskıdan çeviri, Nobel Yayıncılık, 2012