

FİZ102 FİZİK-II

***Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
2. Hafta***

Aysuhan OZANSOY

Bölüm 2: Elektrik Alan

1. Elektrik Alan
2. Elektrik Alan Çizgileri
3. Sürekli Yük Dağılımları
4. Düzgün Elektrik Alan İçinde Yüklü Parçacığın Hareketi
5. Elektrik Dipolü

1. Elektrik Alan

Alan Kavramı: "Temas olmadan etkileşme (uzaktan etkime) → **Alan kavramı**" ("Alan" kavramını İngiliz bilim adamı Michael Faraday (1791-1867) ortaya atmıştır).



"Çevresinde başka bir cisim olsun ya da olmasın, elektrik yüklü bir cisim, bir alan oluşturarak çevresine yayar ve bu alan içinde bir noktaya yerleştirilen ikinci bir cisme etkiler."

→ Faraday'ın çalışmalarının bazıları;

- Elektroliz (Kaplama sanayisi bu sayede gelişti)
- Elektrot, anot, katot, iyon, elektrolit vb. terimleri adlandırdı.
- Klor gazını sıvılaştırdı.
- İlk elektroskobu geliştirdi, bu sayede alan kavramını ortaya attı.
- Manyetik alanın ışığın kutuplanma düzlemini döndürdüğünü buldu.
- Elektrik motorunu ve dinamoyu icat etti.
- Elektromanyetik indüksiyon kanunu: Değişen manyetik alan elektrik alan üretir (çalışmaları ~ 10 yıl sürdü)
- Elektrikle kimyasal bağlar arasındaki ilişkiyi ortaya koydu.

→ Tek bir noktasal yük kendisi etrafında bir “elektrik alan oluşturur”. Bu elektrik alan kendisini oluşturan yük üzerine bir kuvvet uygulamaz.

→ Herhangi bir noktadaki elektrik alanın varlığını anlamak için o noktaya bir “q₀ deneme yükü” koyulur.

Tanım:

$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}}{q_0}$$

(alan q₀ deneme yükü tarafından oluşturulmamıştır !)



q₀ deneme yükü, diğer yükleri hareket ettirmeyecek kadar küçük alınır ki, kendisinin oluşturacağı alanın, ölçülmek istenen alana etkisi çok çok küçük olsun. Matematiksel olarak bu ifade;

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q_0}$$

olarak verilir. Elektrik alan “ birim yüke etkiyen kuvvet ” olarak da düşünülebilir.

• Elektrik alanın birimi Newton / Coulomb (N/C) ' dir.

Hatırlatma:

Elektrik alan için verilen bu tanım yerin çekim alanı tanımına benzemektedir.

$$\vec{g} \equiv \frac{\vec{F}_G}{m_0}, \quad \vec{F}_G = -G \frac{M_D m_0}{r_D^2} \hat{r}$$

M_D : Dünyanın kütlesi
 m_0 : cismin kütlesi

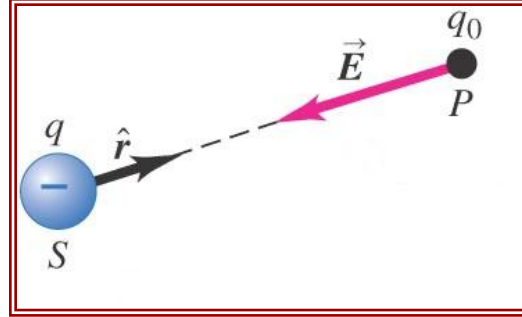
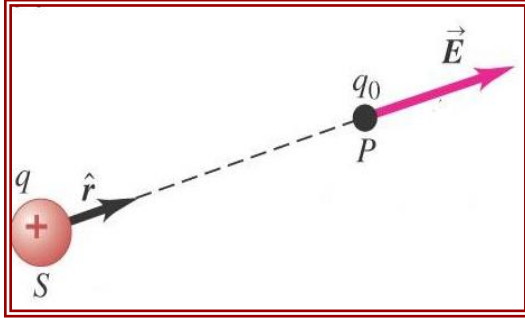
$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}}{q_0}, \quad \vec{F}_E = k \frac{qq_0}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}$$
$$\vec{w} = m_0 \vec{g}$$

Nokta yükün elektrik alanı:

Kaynak noktası (S)

Alan noktası (P)



(Şekil Kaynak [1]'den alınmıştır.)

$$F = k \frac{|qq_0|}{r^2}$$

$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Tanımı
kullanılırsa;

→ Buna göre, nokta q yükünün, kendinden r kadar uzakta oluşturacağı elektrik alan:

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

ile verilir. Şekillerden görüldüğü üzere, elektrik alan , **negatif yüke doğrudur ve pozitif yükten uzağa doğrudur.**

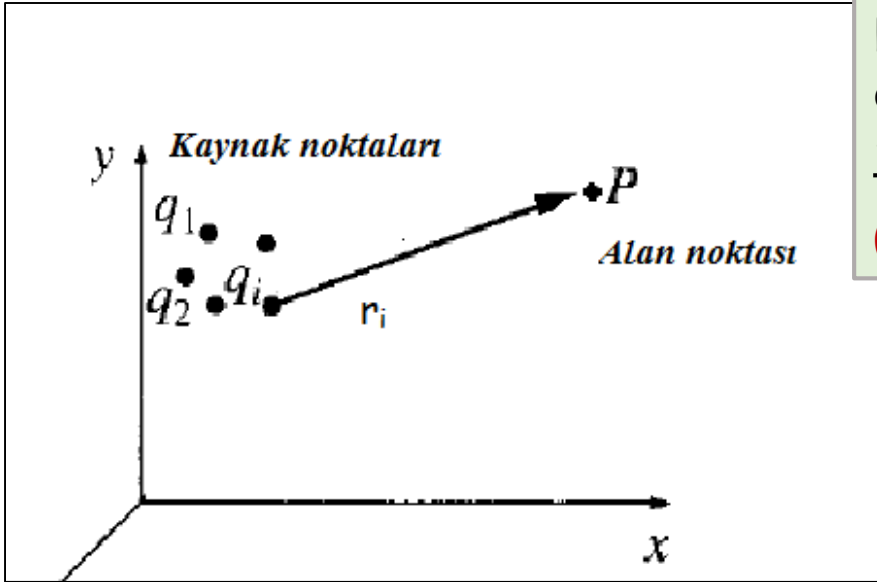


Burada sadece alanın, belli bir noktada hesaplanması üzerinde durduk.

\vec{E} , her yerde aynı olan tek bir vektör (uzayın her noktasında farklı bir değere sahiptir) olmadığından, tek bir vektörel büyüklük değildir.

Her noktada tanımlıdır ve süreklidir. Bundan dolayı sonsuz sayıda vektör söz konusudur. Elektrik alan bir vektör alan örneğidir.

Kesikli yük sistemi için alan:



Belli bir noktadaki elektrik alan, her bir noktasal yükün o noktada oluşturacağı elektrik alanların vektörel toplamıdır.

(Üst üste binme ilkesi)

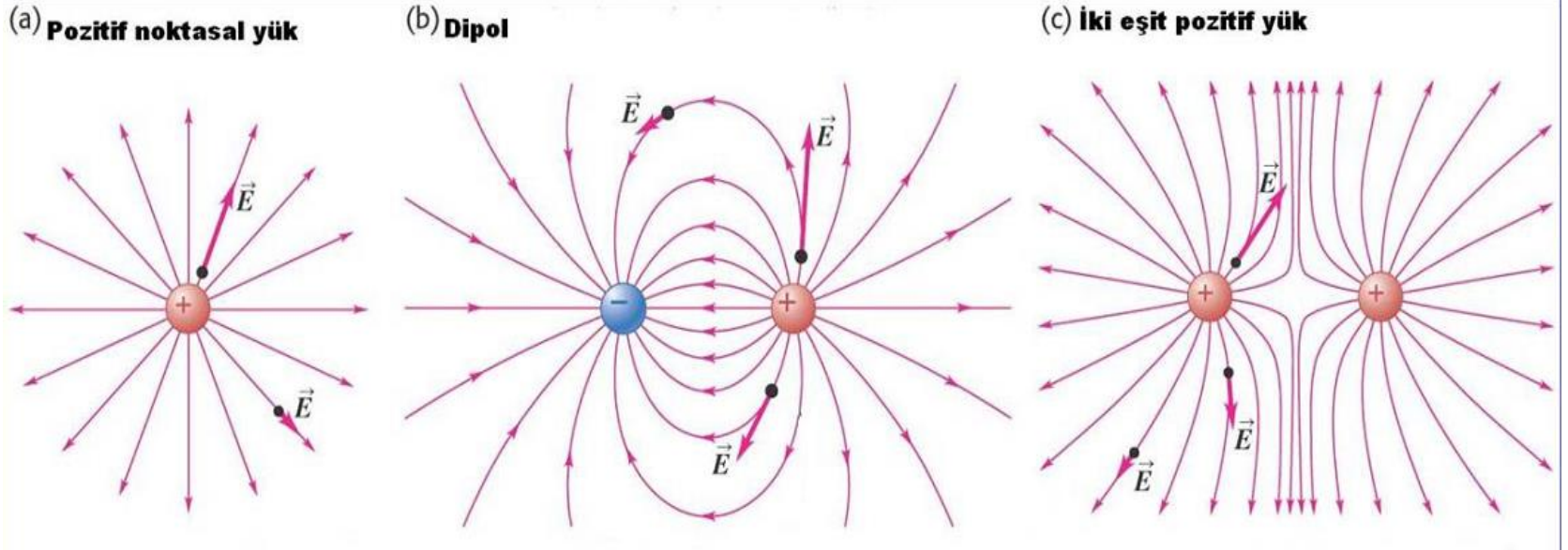
$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i = k \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

2. Elektrik Alan Çizgileri

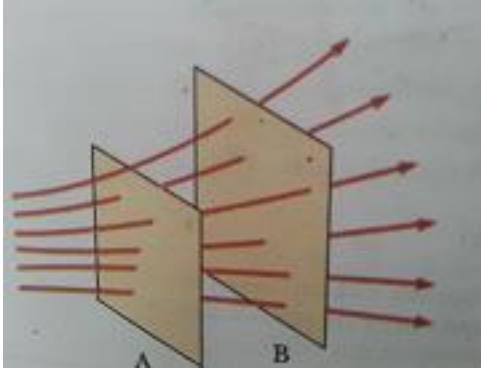
Bir yük ya da yük dağılımının oluşturduğu elektrik alanı gözümüzde canlandırmak için alan çizgileri kullanılır.

(Şekil Kaynak [1] den alınmıştır.)



1. Elektrik alan çizgileri sürekli dir. Pozitif yükten negatif yü ke doğrudur.
2. Belli bir noktada elektrik alan vektörü \vec{E} , o noktadan geçen alan çizgisine teğettir.
3. Alan çizgilerinin birbirine yakın oldu ğu yerlerde elektrik alan büyüktür.
4. Belli bir alan çizgisi üzerinde elektrik alan vektörü farklı de ğerler alabilir.

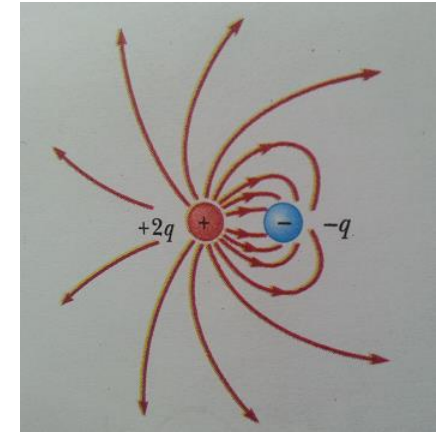
5. Alan çizgilerine dik bir birim yüzeyden geçen çizgilerin sayısı, o bölgedeki elektrik alanın büyüklüğü ile orantılıdır.



→ A yüzeyinde elektrik alan şiddeti daha büyük

6. Alan çizgileri sayısı yük miktarı ile doğru orantılıdır.

→ $+2q$ yükünden çıkan çizgi sayısı, $-q$ yükünde sonlanan çizgi sayısının 2 katıdır.



7. Alan çizgileri birbirlerini asla kesmezler.

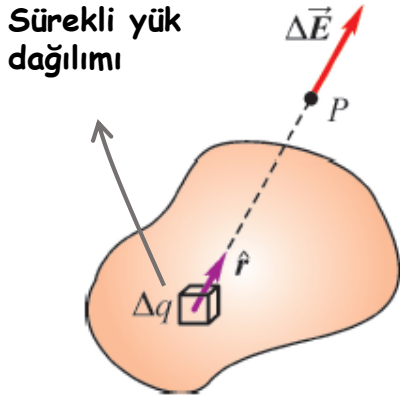
8. Alan çizgileri yörünge demek değildir.

→ Elektrik alan çizgilerini her konum için çizmek mümkün değildir, çizgiler sadece belli konumdakileri gösterir. Bu temsilci çizgilerle elektrik alanın bütünsel olarak nasıl görüldüğü ile ilgili bir fikir sahibi olunur. Ayrıca, çizim iki boyutla sınırlıdır, ancak elektrik alanın üç boyutta yayıldığını gözünüzde canlandırabilirsiniz.

(Bu sayfadaki şekiller Kaynak [2]' den alınmıştır.)

3. Sürekli Yük Dağılımları:

❖ Belli bir yük topluluğunda, yükler arasındaki uzaklıklar, alanın hesaplanacağı noktaya göre çok küçükse bu **yük dağılımı sürekli** denir.



1. $\Delta q \rightarrow$ küçük parça

2. Bu küçük parçanın oluşturduğu alan

$$\Delta \vec{E} = k \frac{\Delta q}{r^2} \hat{r}$$

3. Tüm Δq parçaları üzerinden toplam alınır.

$$\vec{E} = \sum \Delta \vec{E} = k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r^2} \hat{r}_i$$

(Şekil Kaynak [3] ten alınmıştır.)

4. $\Delta q_i \rightarrow 0$ limit durumuna bakılır.

$$\vec{E} = \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum \Delta \vec{E} = \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r^2} \hat{r}_i \Rightarrow \int d\vec{E} = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \int d\vec{E} = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

❖ Sürekli bir yük dağılımı bir uzunluk boyunca, bir yüzeye ya da hacme dağılmış olabilir.

$$\lambda \equiv \frac{Q}{L}, \quad \sigma \equiv \frac{Q}{A}, \quad \rho \equiv \frac{Q}{V}$$

Boyca (çizgisel) yük yoğunluğu

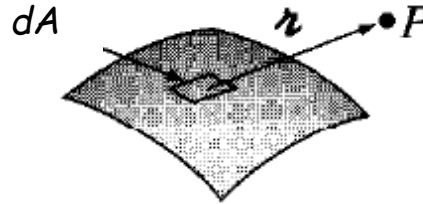


dl : sonsuz küçük çizgi elemanı

$$dq = \lambda dl$$

$$\vec{E} = k \int \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{r}$$

Yüzeysel yük yoğunluğu

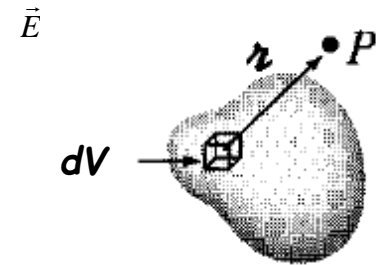


dA : sonsuz küçük yüzey elemanı

$$dq = \sigma dA$$

$$\vec{E} = k \int_A \frac{\sigma dA}{r^2} \hat{r}$$

Hacimsel yük yoğunluğu



dV : sonsuz küçük hacim elemanı

$$dq = \rho dV$$

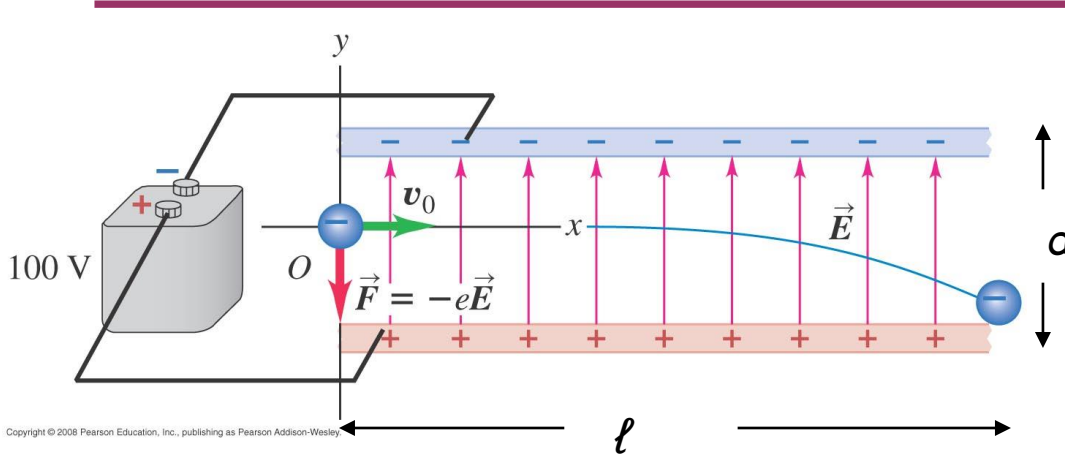
(Bu sayfadaki şekiller Kaynak [4]'ten alınmıştır.)

4. Düzgün elektrik alan içinde yüklü parçacığın hareketi

➤ Düzgün bir elektrik alan içerisindeki noktasal yüke etkiyen kuvvet:

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

$$\vec{F} = m\vec{a}, \quad a = \frac{q|\vec{E}|}{m}$$



(Şekil Kaynak [1]'den alınmıştır.)

Şekilde düzgün elektrik alan içine v_0 ilk hızı ile fırlatılan elektron gösteriliyor. Parçacık, $-y$ yönündeki ivmeden dolayı bu yönde bir hız kazanacak. Sabit ivmeli hareketin kinematiki kullanılarak;

$$\vec{v} = v_0 \hat{i} + \frac{qE}{m} t (-\hat{j}), \quad v_y = \frac{qE}{m} t$$

$$v_0 = \frac{l}{t}, \quad y = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} \frac{l^2}{v_0^2}$$

l : levhaların boyu

d : levhalar arası uzaklık

y : levhalar arasındaki sapma

5. Elektrik dipolü

- Aralarındaki uzaklık d olan eşit büyüklükte zıt işaretli iki yükten oluşan sisteme **elektrik dipolü** denir. Elektrik dipolü bir elektrik dipol momente sahiptir.

$$\vec{p} = q\vec{d}$$

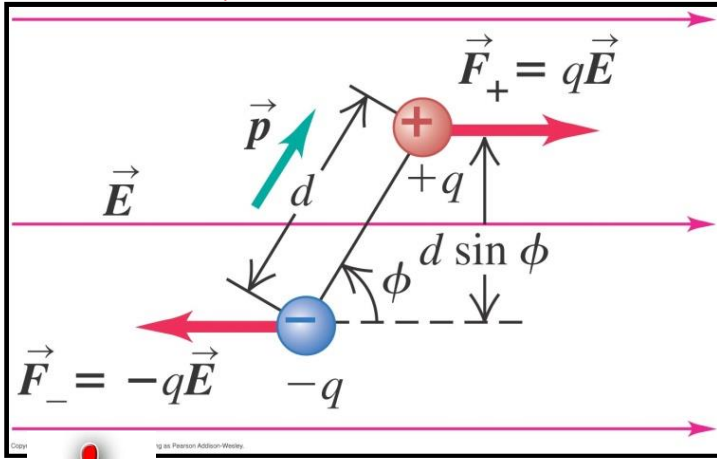
Elektrik dipol moment

- Elektrik dipol moment (\vec{p}), vektörel bir niceliktir ve yönü (-) yükten (+) yüke doğrudur.

- **Düzgün elektrik alanda dipole etkiyen kuvvet:**

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_+ + \vec{F}_- = 0$$

(Şekil, Kaynak [1]'den alınmıştır.)



→ Dipol merkezine göre tork;

$$\tau = qE \frac{d}{2} \sin \phi + qE \frac{d}{2} \sin \phi$$

$$\tau = pE \sin \phi$$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$



Tork, dipol elektrik alana paralel olana kadar dipolü döndürür.

Dipolün potansiyel enerjisi :

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

Φ	τ	U	durum
0	0	Minimum ($U=-pE$)	p ve E paralel (kararlı denge)
$\pi/2$	Maksimum ($\tau=pE$)	0	p dik E
π	0	Maksimum ($U=pE$)	p ve E antiparalel (kararsız denge)

Elektrik dipolünün enerjisini soğuran bir mekanizma olmadığı sürece, salınımını sürdürür. Örneğin elektrik dipolü $\Phi=\pi/2$ ile salınımına başladığında tork maksimum, açısal hız sıfırdır. Dipol $\Phi=0'$ a doğru gelirken tork azalır, açısal hız artar. $\Phi=0'$ da dipol ve elektrik alan paraleldir, potansiyel enerji minimumdur (kararlı denge durumu), açısal hız maksimum değerdedir.

Kaynaklar

1. "Üniversite Fiziği Cilt-I ", H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara
2. " Fen ve Mühendislik için Fizik, Cilt-2", R.A. Serway, R.J. Beichner, 5. baskıdan çeviri, Palme Yayıncılık 2002.
3. "Üniversiteler için Fizik", B. Karaoğlu, Seçkin Yayıncılık, 2012.
4. " Introduction to Electrodynamics", 3.rd. Eddition, D. Griffiths, Prentice Hall, 1999.