

FİZİK-II

BÖLÜM 2 : ELEKTRİK ALAN

Ders kaynakları:

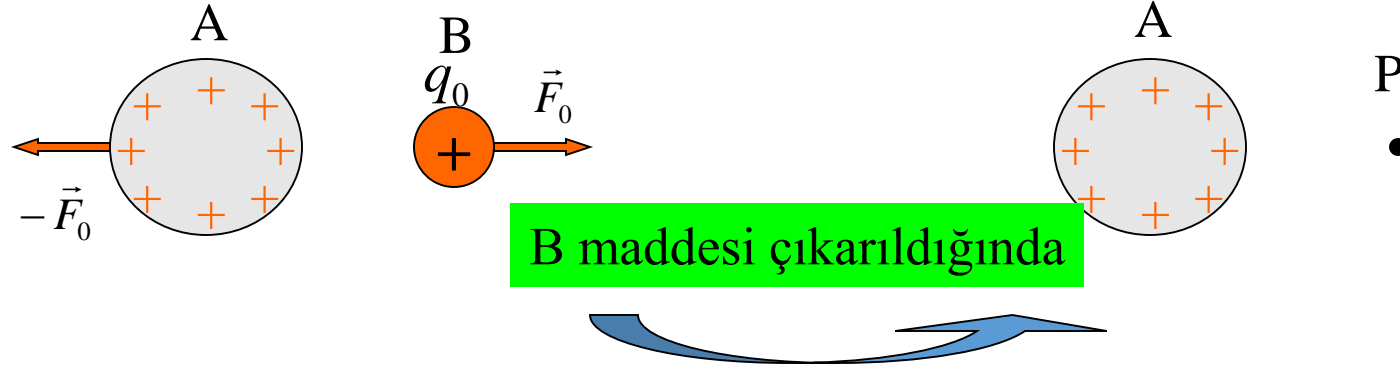
- 1. Serway Fizik II, Türkçesi (Farklı Baskılar).**
- 2. Temel Fizik II, Türkçesi.**
- 3. Üniversiteler İçin Fizik, Bekir Karaoğlu, 3. Baskı, 2015.**
- 4. Üniversite Fiziği II, Young-Freedman.**

ÖĞRENİM KONULARI

- Bir ve daha fazla sayıdaki yüklü noktasal parçacıkların oluşturduğu elektrik alanı,
- Sürekli yük yoğunluğunun elektrik alanı
- Elektrik alan şiddeti,
- Elektrik alan çizgileri,
- Elektrik dipollerinin oluşturduğu elektrik alan,
- Elektrik alan içerisindeki yüklü parçacığın davranışı

Noktasal Yüklerin Oluşturduğu Elektrik Alanı

Alan kuvvetleri, uzayda cisimler birbirlerine fiziksel olarak değmeseler bile etkileşeceklerini ifade eder. Mesela uzayda bir noktadaki (M kütesinin oluşturduğu) g kütle-çekim alanı, o noktadaki m deneme kütesine etkiyen F kütle çekimi kuvvetinin m ye oranıdır ($F=mg$, $g=F/m$). Benzer bir durumu uzayın herhangi bir noktasında bulunan bir q deneme yüküne etkiyen **elektrik alanı** için de düşünebiliriz.

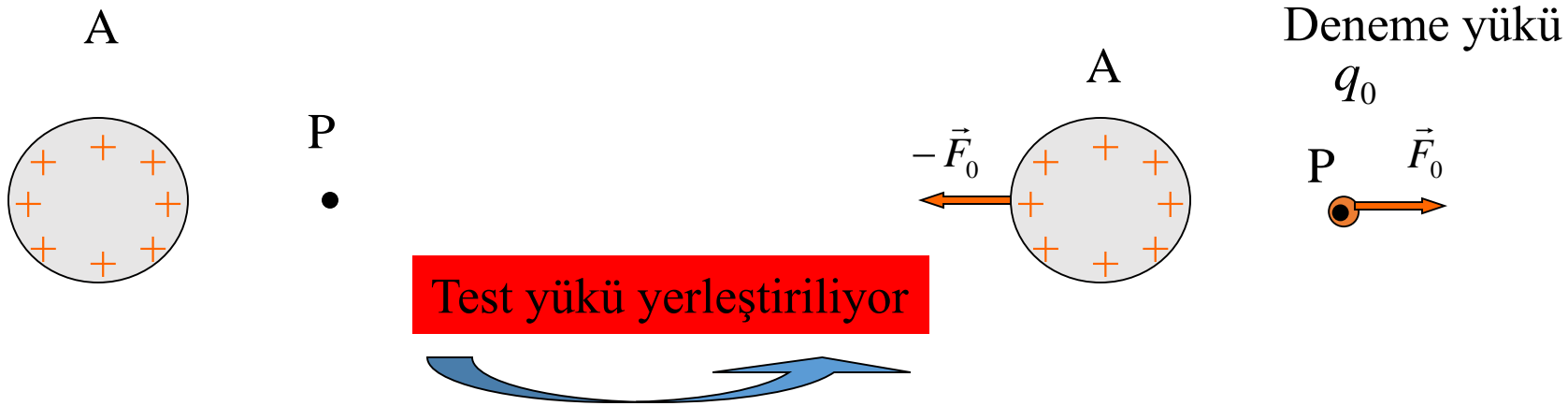


- Yüklü A maddesinin varlığı uzayın niteliğini değiştirir ve bir “elektrik alan”oluşturur.
- Yüklü B maddesi çıkarıldığında , B maddesi üzerinde meydana gelen kuvvet gözden kaybolursa da, A maddesinin oluşturduğu elektrik alan kalır.
- Yüklü madde üzerindeki elektrik kuvvet, diğer yüklü maddelerin meydana getirdiği elektrik alan tarafından oluşturulur.

Noktasal Yüklerin Oluşturduğu Elektrik Alanı

Bir yerde elektrik alanı tespiti?

- Belirli bir noktada elektrik alanın olup olmadığını deneysel olarak bulmak için, o noktaya yüklü küçük bir cisim (deneme yükü) yerleştiririz.



- Elektrik alan şu şekilde ifade edilir:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$$

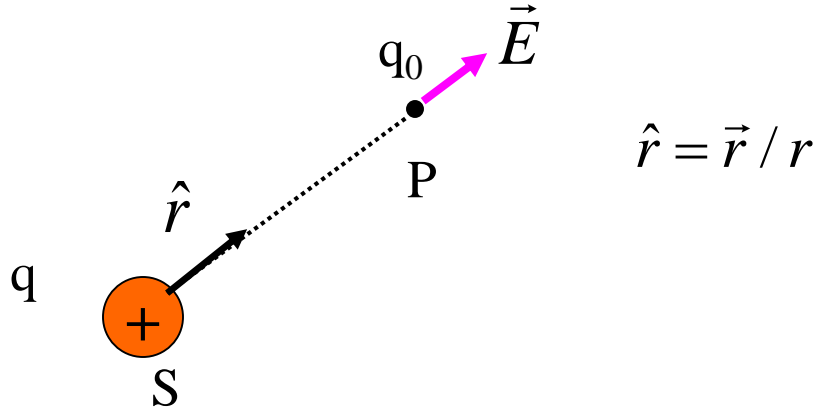
(SI biriminde N/C)

- Bir q yükü üzerindeki kuvvet:

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

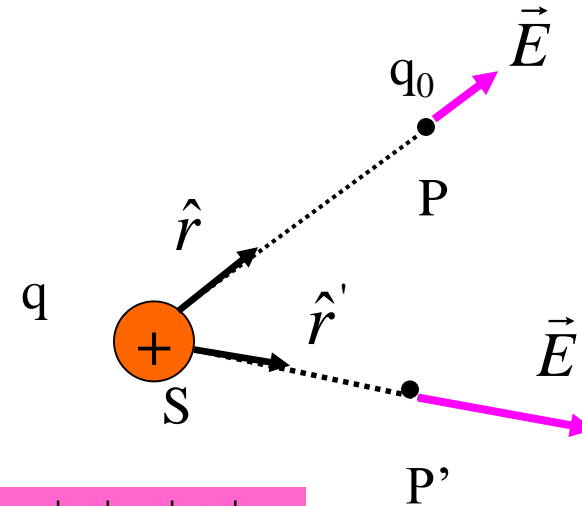
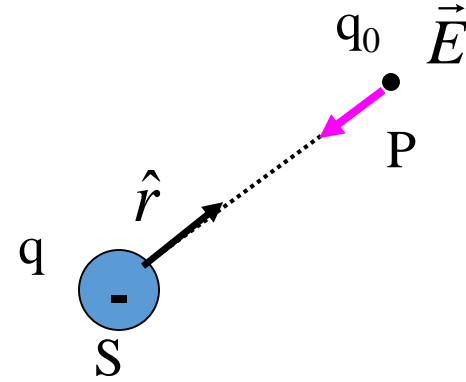
Noktasal Yüklerin Oluşturduğu Elektrik Alanı

□ Bir nokta yükün elektrik alanı



$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|qq_0|}{r^2} \quad \text{ve} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$$

→ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$



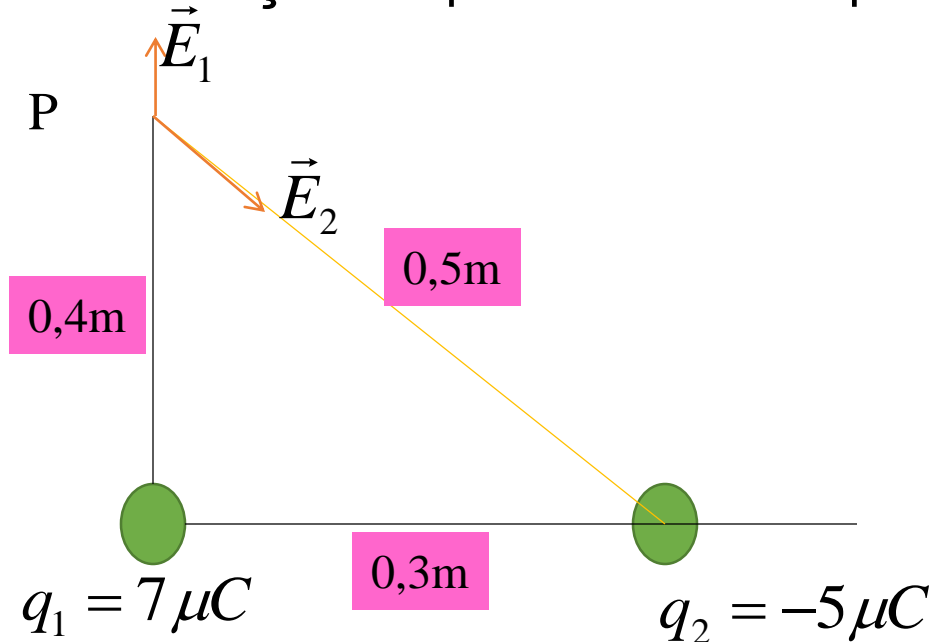
$$r > r' \rightarrow |\vec{E}| < |\vec{E}'|$$

Noktasal Yüklerin Oluşturduğu Elektrik Alanı

Bir alanda bir elektrik kuvveti belirlemek için o noktada bir yükün bulunması gerekir. Fakat bir noktada deneme yükün bulunup bulunmadığına bakılmaksızın o noktada elektrik alan olduğu söylenir. Bu bir yerdeki kütle-çekim alanına benzer, o noktada bir kütlenin bulunup bulunmadığına bakılmaksızın alanın var olduğu söylenir.

Yükler topluluğunun bir P noktada oluşturduğu elektrik alanı, bütün yüklerin elektrik alanlarının vektörel toplamıdır.

❑ **Örnek:** Şekilde p noktasındaki toplam elektrik alanı bulunuz



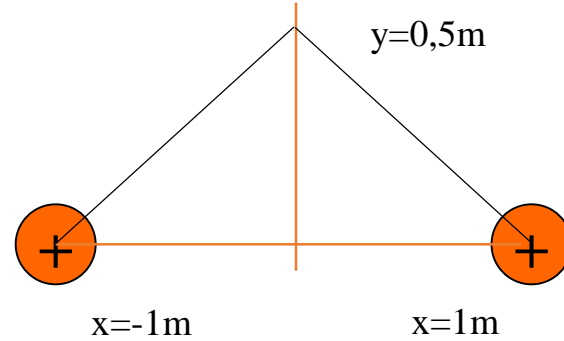
$$\vec{E}_1 = k \frac{q_1}{r_1^2}$$

$$\vec{E}_2 = k \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$\vec{E}_{top} = \vec{E}_x + \vec{E}_y$$

❑ **Örnek:** $2 \mu\text{C}$ luk iki nokta yük x eksenini boyunca durmaktadır. Birinci yük $x=1\text{m}$ ve ikinci yük $x=-1\text{m}$ dedir. A) y ekseninde $y=0,5\text{m}$ de elektrik alanı bulunuz. B) bu noktadaki $3 \mu\text{C}$ luk yüke etkiyen elektrik kuvvetini bulunuz.

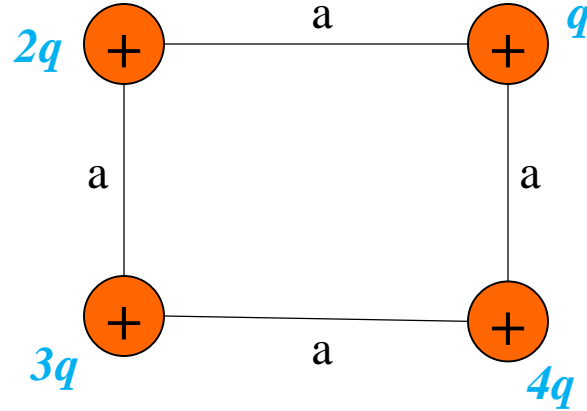
❑ **Çözüm:** Soru için uygun bir şekil çizilebilir. Ve $E_x=0$



$$E = \frac{k_e q}{r^2} = \frac{(8,99 \cdot 10^9)(2 \cdot 10^{-6})}{(1,12)^2} = 14,4 \text{ N/C} \cdot 10^3 \quad E_y = E \sin(26,6) = ?$$

$$F = Eq = (1,29 \cdot 10^4 \text{ j})(-3 \cdot 10^{-6}) = -3,86 \cdot 10^{-2} \text{ jN}$$

❑ **Örnek:** Şekilde a) q yükü noktasındaki elektrik alınının yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.
b) q yüküne etkiyen bileşke elektrik kuvvetini bulunuz.



$$E = \frac{k_e q_i}{r_i^2} \mathbf{r}_i$$

$$E = \frac{k_e(2q)}{a^2} i + \frac{k_e(3q)}{(2a)^2} \cos 45^\circ i + \frac{k_e(3q)}{(2a)^2} \sin 45^\circ j + \frac{k_e(4q)}{a^2} j$$

Sonuç: $E = 6 \frac{k_e q}{a^2}$ N/C ve 60 derece

- Sürekli bir yük dağılımının elektrik alanı

Bunlar 1, 2 veya 3 boyutlu olarak düşünülebilir.

Simgeleme(gösterim) için bazı yaygın kabuller vardır

Birim uzunluk başına yük λ ; birimi C/m *i.e*, $dq = \lambda dl$

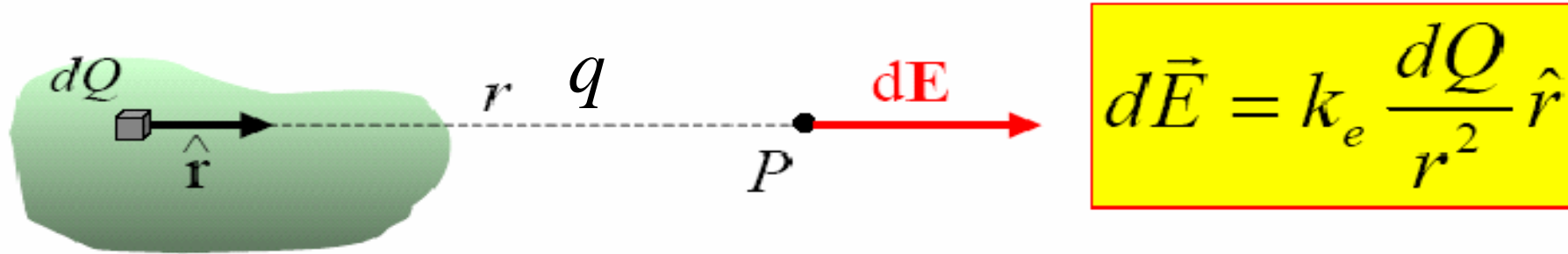
Birim alan başına yük σ ; birimi C/m² *i.e*, $dq = \sigma dA$

Birim hacim başına yük ρ ; birimi C/m³ *i.e*, $dq = \rho dV$

Sürekli Yük Yoğunluğunun Oluşturduğu Elektrik Alanı

Sürekli bir yük dağılımı küçük yük unsunlarına bölünebilir.
 $dQ = \rho dV$, burada ρ yük yoğunluğudur.

dQ yük unsurlarından dolayı P noktasındaki $d\vec{E}$ alanı :



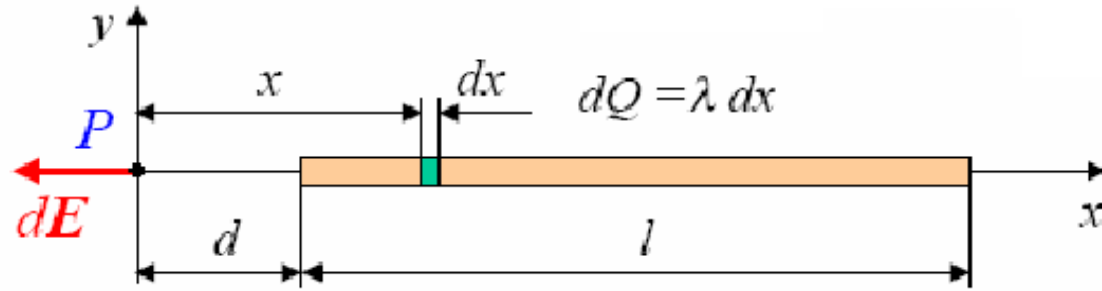
P noktasındaki toplam elektrik alanı bulmak için,dağılım içerisindeki tüm yük elemanlarını toplarız ve $dQ \rightarrow 0$ limit alırız.

$$\vec{E} = \lim_{dQ \rightarrow 0} \sum_i k_e \frac{dQ_i}{r_i^2} \hat{r}_i = k_e \int \frac{dQ}{r^2} \hat{r}$$

Yük dağılımının hacmi boyunca integral alınır.

❑ **Örnek:** Sonlu çizgi yükün elektrik alanı; l uzunluklu ve düzgün yük yoğunluklu çubuğun bir ucundan d kadar uzaklıktaki elektrik alanını bulunuz.

l uzunluklu çubuk λ birim uzunluk başına düzgün yük miktarına sahiptir. Çubuğun eksenini boyunca bir ucundan d uzaklıkta P noktasındaki elektrik alan hesaplanır. Not



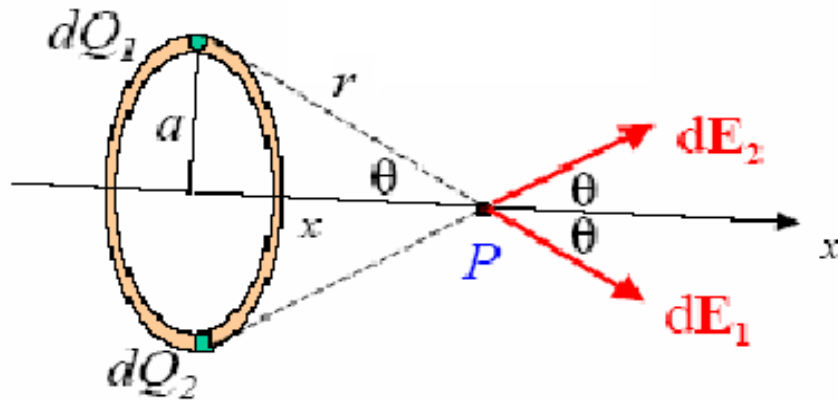
dQ parçasından dolayı P noktasındaki dE elektrik alanı negatif x yönündedir ve büyüklüğü $dE = k_e \frac{dQ}{x^2} = k_e \frac{\lambda dx}{x^2}$ dir. Şimdi çubuk içindeki bütün yük unsurları boyunca toplama yapalım.

$$E = \int_d^{d+l} k_e \lambda \frac{dx}{x^2} = k_e \lambda \int_d^{d+l} \frac{dx}{x^2} = k_e \lambda \left[-\frac{1}{x} \right]_d^{d+l} = k_e \lambda \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d+l} \right) = \frac{k_e Q}{d(d+l)}$$

Not: $l \ll d$, için E - alanı nokta yükün elektrik alanına benzer.

❑ Örnek: Yüklü halkanın elektrik alanı

a yarıçaplı halka birim uzunluk başına düzgün yüke sahiptir, ve toplam yük $Q > 0$ dir. Halka eksenı boyunca merkezden x uzaklığındaki P noktasındaki elektrik alan hesaplayalım.



$$dE_1 = k_e \frac{dQ_1}{r^2}$$

Simetri tartışmaları alanın x eksenı boyunca uzanması gerektiğini gösterir. (dik bileşenlerin toplamı sıfırdır.)

$$dE_{1x} = dE_1 \cos \theta$$

$$r = (x^2 + a^2)^{1/2}$$

$$\cos \theta = \frac{x}{r}$$

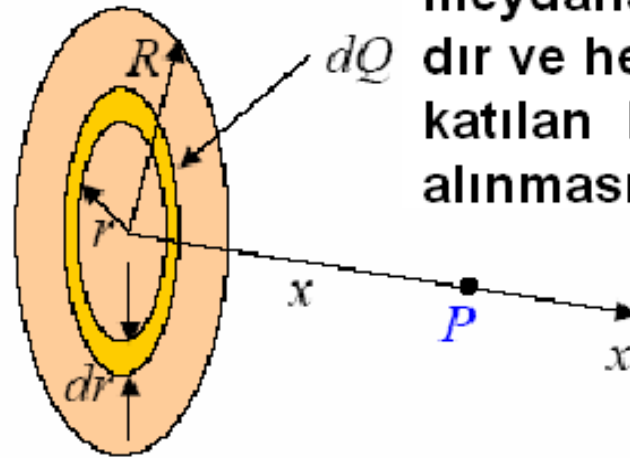
Tüm elemanlar P den eşit uzaklıktadırlar ve bu yüzden P deki alana eşit katkı sağlarlar.

$$E_x = \int dE_x = \int \left(k_e \frac{dQ}{r^2} \right) \frac{x}{r} = \int \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dQ = \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \int dQ = \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} Q$$

Kontrol: $x=0 \rightarrow E_x=0$; $x \gg a \rightarrow E_x = kQ/x^2$, Halkadan çok uzaklara gidildikçe nokta yüke benzer.

❑ Örnek: Düzgün bir şekilde yüklü diskin elektrik alanı

R yarıçaplı disk σ birim yüzey başına düzgün yüke sahiptir. Diskin merkez ekseninde merkezinden x kadar uzakta bulunan P noktasındaki elektrik alanı hesaplayalım.



Disk, yarıçapı $0 < r < R$ olan eşmerkezli halkalardan meydana geldiği düşünülebilir. Herbir halkanın alanı $2\pi r dr$ dir ve herbir halka üzerindeki yük $dQ = \sigma(2\pi r dr)$ dir. Böylece katılan her halka P de elektrik alan oluşturur, r yerine a alınmasıyla bir önceki örneğin aynısı olur.

$$dE = \frac{k_e x}{(x^2 + r^2)^{3/2}} (2\pi r dr \sigma)$$

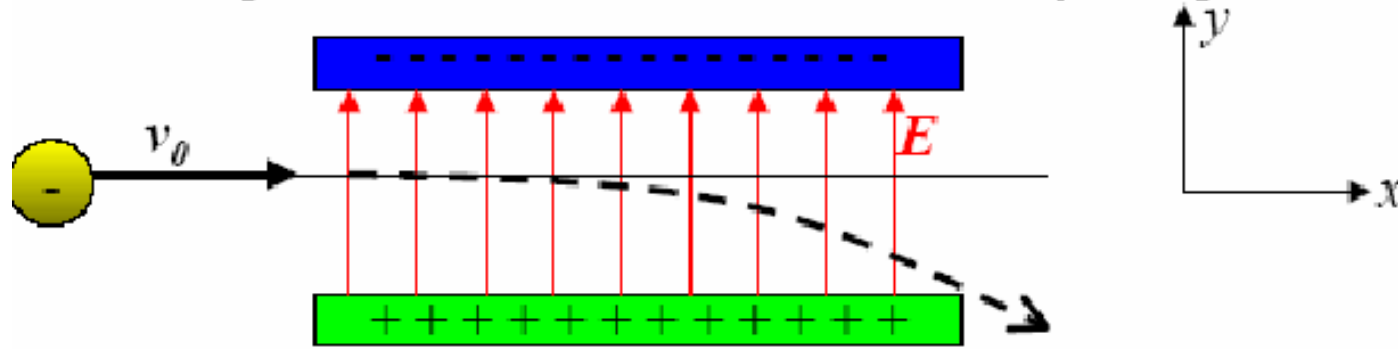
P deki toplam alan için bu ifadenin $r = 0$ ile $r = R$ arasında integralini almalıyız.

$$E = k_e x \pi \sigma \int_0^R \frac{2r dr}{(x^2 + r^2)^{3/2}} = k_e x \pi \sigma \left[\frac{(x^2 + r^2)^{-1/2}}{-1/2} \right]_0^R = 2\pi k_e \sigma \left(\frac{x}{|x|} - \frac{x}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \right)$$

Kontrol: $x \gg R$. Kullan $\frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} \approx 1 - \frac{R^2}{2x^2} + \dots \Rightarrow E = kQ/x^2$ **Nokta yük burada $Q = \pi R^2 \sigma$**

Düzgün elektrik alan içerisinde yüklü parçacığın yörüngesi

Başlangıçta v_0 hızına sahip elektron gösterildiği gibi elektron hızı ile dik açı yapan düzenli elektrik alan bölgesine girer. Zamanın fonksiyonu olarak elektronun hızı ve pozisyonu ifade edilir.



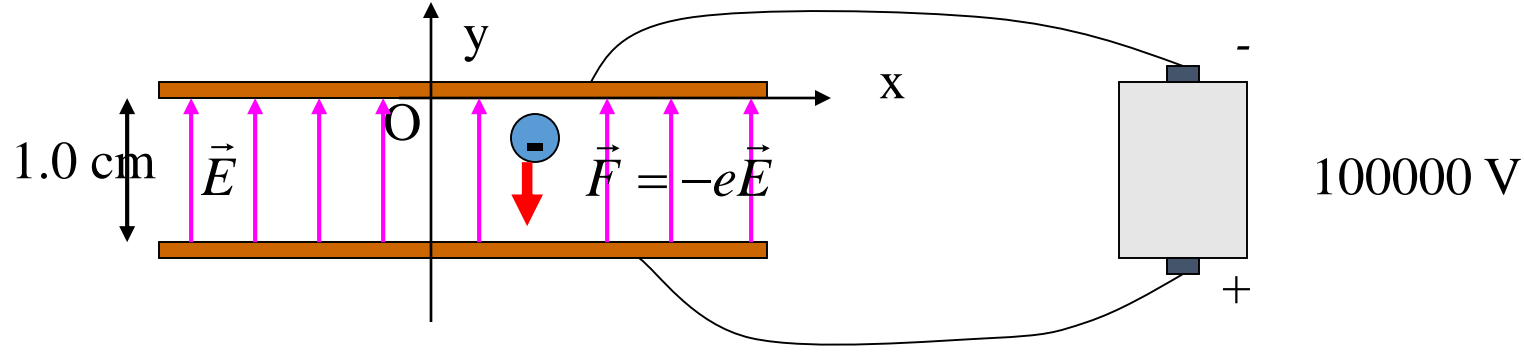
$$1 \quad \vec{a} = -\frac{eE}{m} \hat{j} \Rightarrow v_x = v_0 \quad \text{ve} \quad v_y = v_{0y} + a_y t = -\frac{eE}{m} t$$

$$2 \quad \text{hemde} \quad x = x_0 + v_{0x} t = v_0 t \quad \text{ve} \quad y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{eE}{2m} t^2$$

$$3 \quad \text{böylece, } t = \frac{x}{v_0} \text{ yerine koyarsak } y = -\frac{eE}{2mv_0^2} x^2 \quad \text{Parabolik yörünge}$$

Mermi hareketi gibi!

❑Örnek: Düzgün bir alan içinde elektron karşı plakaya ulaşma süresi nedir?



- Bataryaya bağlanmış iki geniş iletken paralel plaka düzgün elektrik alan üretir. (Bir sonraki bölüme bakınız)
- Elektrik kuvvet sabit olduğundan, ivmede sabittir $E = V/d$ $E = 1.00 \times 10^4 \text{ N/C}$

$$a_y = \frac{F_y}{m} = \frac{-eE}{m} = \frac{(-1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(1.00 \times 10^4 \text{ N/C})}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}} = -1.76 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

- Sabit ivme formülünden: $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2a_y(y - y_0)$

$$|v_y| = \sqrt{2a_y y} = 5.9 \times 10^6 \text{ m/s} \leftarrow v_{0y} = 0, y_0 = 0 \text{ iken } y = -1.0 \text{ cm}$$

- Elektronun kinetik enerjisi:

$$K = (1/2)mv^2 = 1.6 \times 10^{-17} \text{ J}$$

- Gerekli zaman:

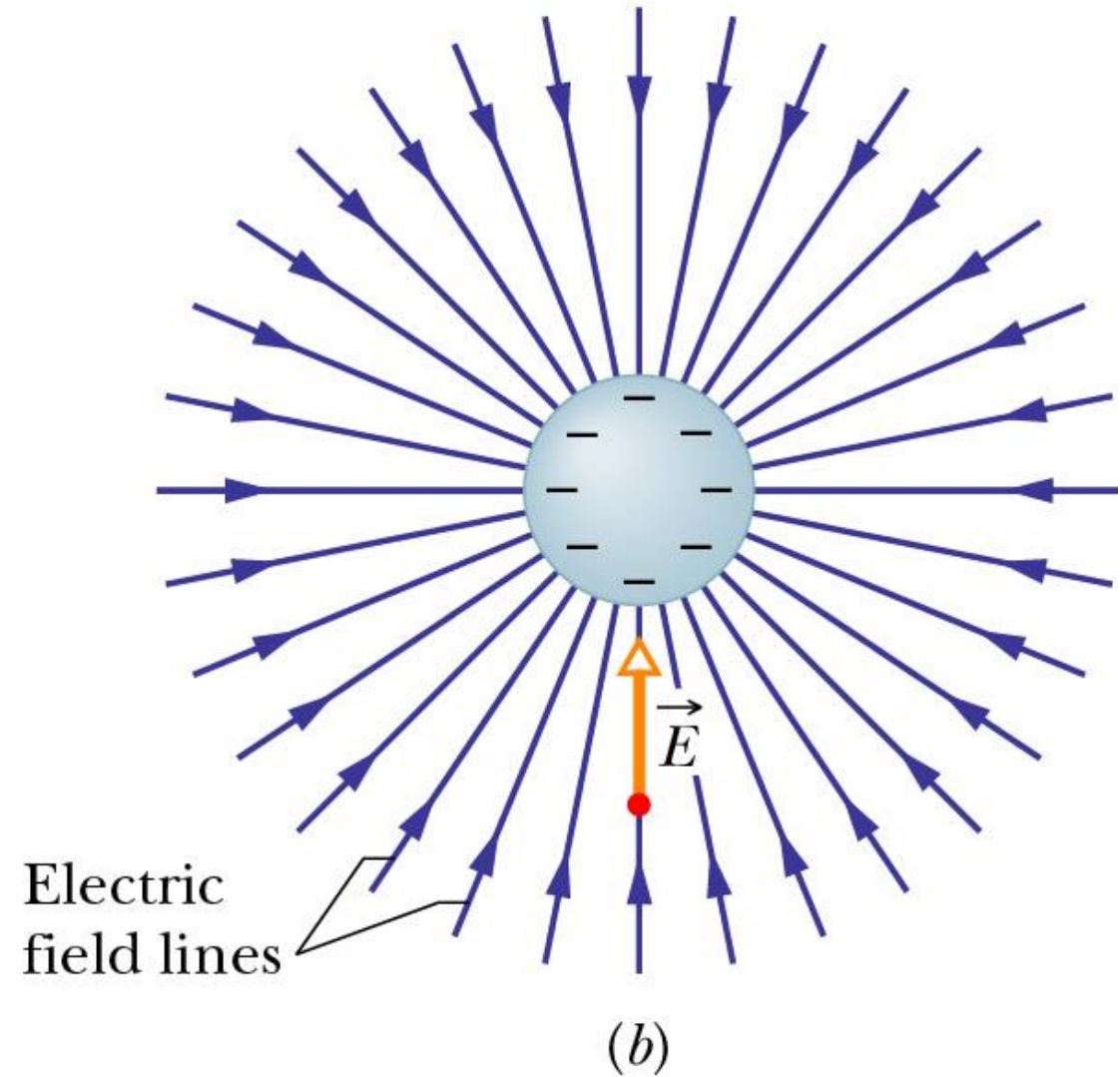
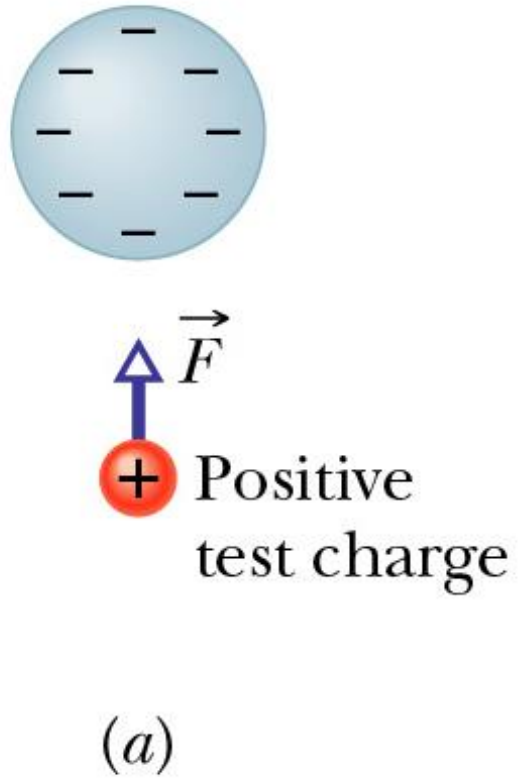
$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{a_y} = 3.4 \times 10^{-9} \text{ s}$$

- Bir elektrik alan çizgisi uzayın herhangi bir bölgesi boyunca çizilen hayali doğru ya da eğrilerdir, bu yüzden her noktadaki elektrik alan çizgilerinin teğeti o noktadaki elektrik alan vektörünün yönündedir.
 - Elektrik alan çizgileri her noktadaki \vec{E} yönünü gösterir, ve onlar arasındaki mesafeler her noktadaki \vec{E} şiddeti hakkında genel bir fikir verir.
 - Nerede \vec{E} güçlü ise, elektrik alan çizgileri birbirlerine yakın bir şekilde bir arada ilerlerler; nerede \vec{E} zayıf ise, elektrik alan çizgileri birbirine oldukça uzaktır.
 - Herhangi bir belirli noktada, elektrik alan tek yöne sahiptir bu yüzden alanın her noktasından sadece bir alan çizgisi geçer.
- Alan çizgileri asla birbirini kesmez.**

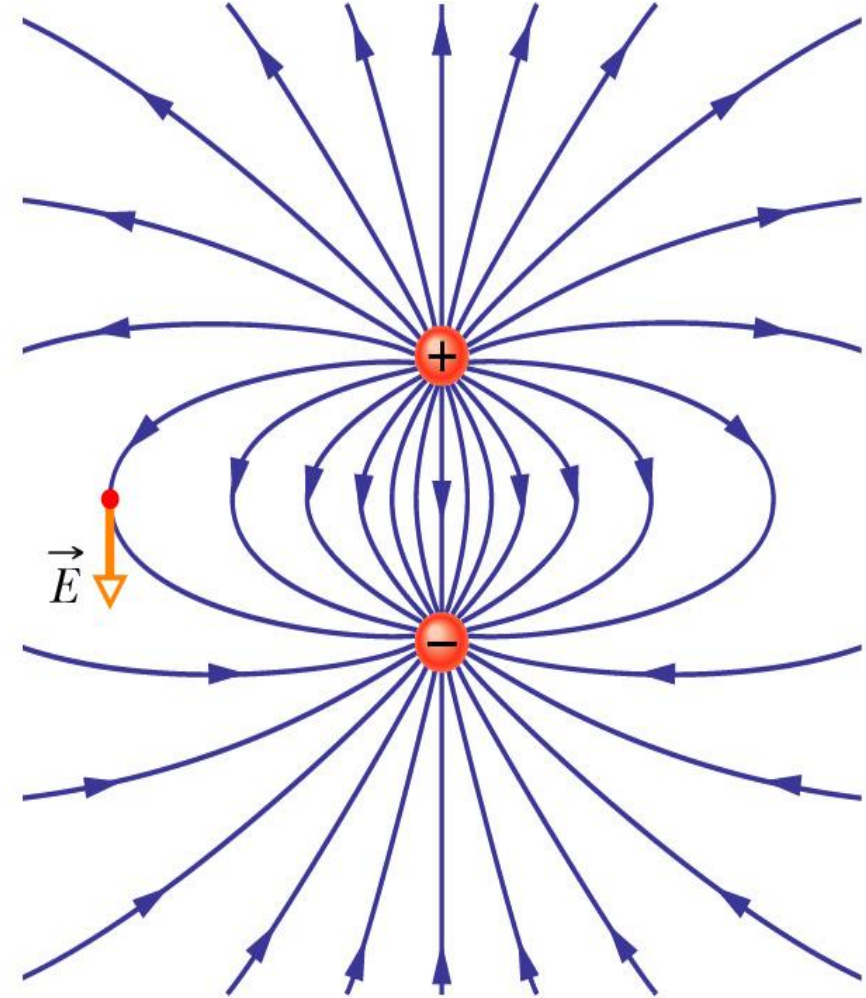
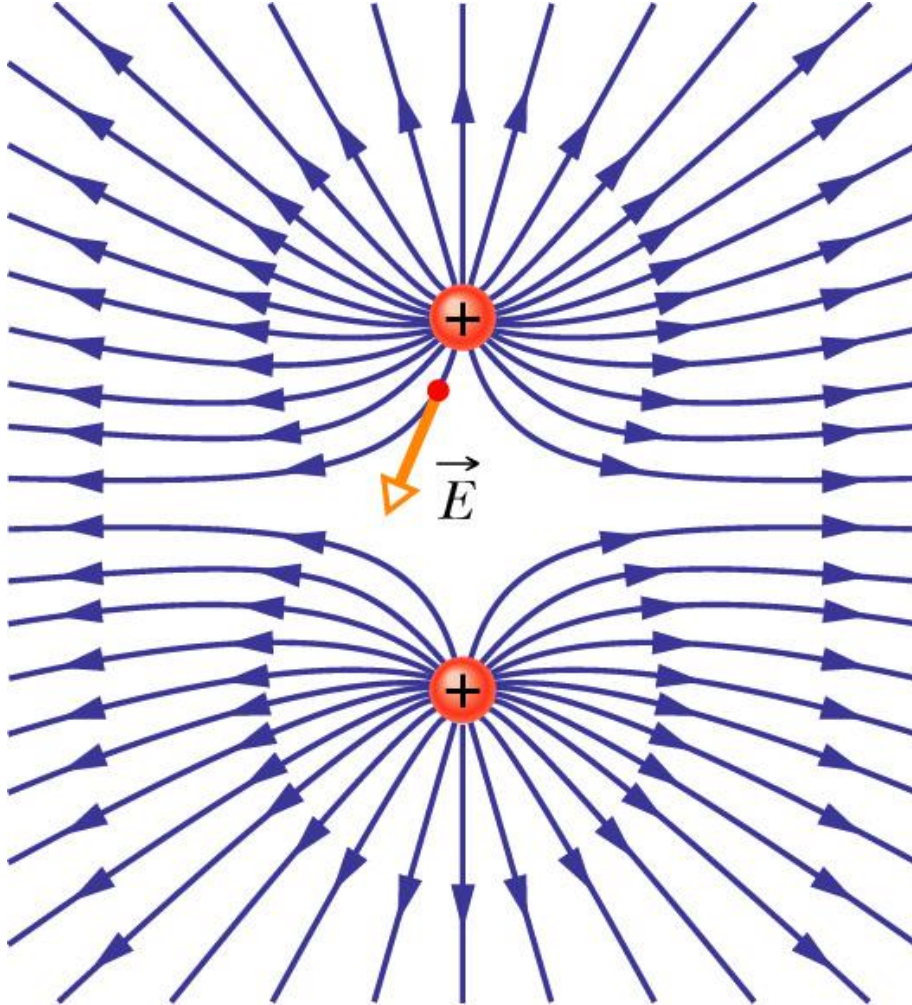
□ Alan çizgisi çizme kuralları:

- Elektrik alan çizgileri + yükten başlar – yükte son bulur. (yada sonsuzda)
- Çizgiler yüke simetrik olarak varır yada ayrılırlar.
- Yüke varan yada ayrılan çizgilerin sayısı yükü orantılıdır.
- Çizgilerin yoğunluğu o noktadaki elektrik alan şiddetini gösterir.
- Yükler sisteminden büyük uzaklıklarda çizgiler , sistemin net yüküne eşit tek bir nokta yükün oluşturduğu şekilde izotropik ve radyaldır.
- İki alan çizgisi kesişemez.

□ Alan çizgisi örnekleri

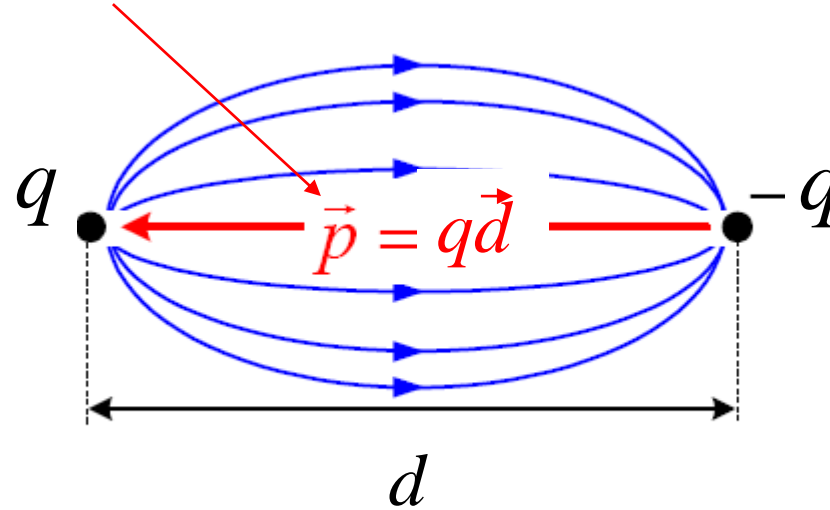


□ Alan çizgisi örnekleri

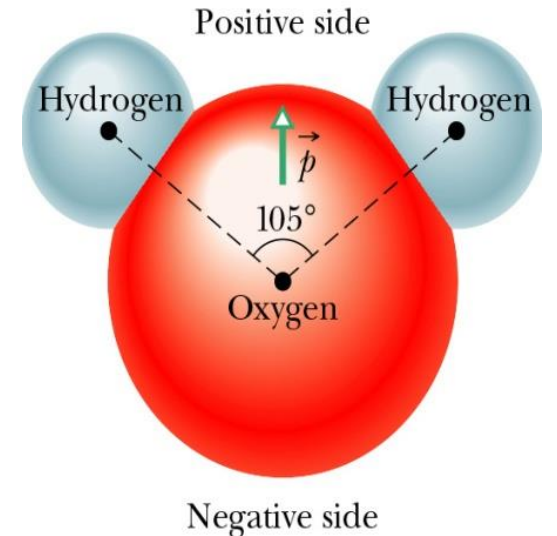


❑ Bir elektrik dipol eşit büyüklükte ve d uzaklığı ile ayrılmış zıt işaretli nokta yük çiftidir.

Elektrik dipol moment



❑ Su molekülleri ve elektrik dipolü



DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

ve

TEKRAR ETMEYİ UNUTMAYINIZ