

## 23. Bölüm / Elektrik Alanları

### Elektrik Üstleri

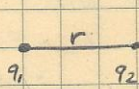
- 1-) İki adet yük vardır.
- 2-) (+), (-) denir.
- 3-) Yük korunmaktadır.
- 4-) Yük kuantumlidir.

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

kaları şeklinde bulunur.

Elektrik yüklerinin serbest hareket ettiği ortam gibi maddelere iletken, elektrik yüklerinin serbest hareket edemediği ortam gibi maddelere yalıtkan denir.

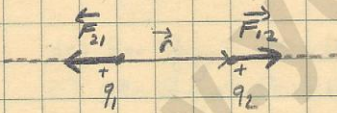
### Coulomb Yasası



$$F \propto \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \Rightarrow F_e = k_e \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$
$$k_e = 8,9875 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

$$q_1, q_2 = \text{C}$$
$$r^2 = \text{m}^2$$
$$F = \text{N}$$

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \epsilon_0 = \text{boşluğun elektriksel alan geçirgenliği}$$



$$|F_{12}| = |F_{21}|$$
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

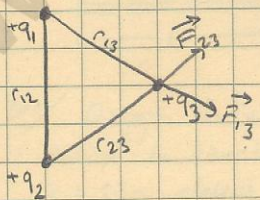
etki-tepki kuvvetler

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

$$\vec{F}_{12} = k_e \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \hat{r}$$

yükler hareketleri ile kullanılır.

### İksiden Fazla Yük Varsa



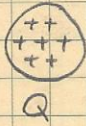
$+q_1$ 'e etkileyen kuvvet

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

Bir yük etkileyen net kuvvet, diğer yüklerin uyguladığı kuvvetlerin vektörel toplamıdır.



## Elektrik Alanı

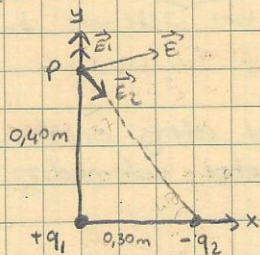


$$\vec{F} = \frac{k \cdot Q \cdot q_0}{r^2} \cdot \hat{r}$$

$$\vec{F} = \vec{E} = \frac{kQ}{r^2} \cdot \hat{r} \quad \text{N/C}$$

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}} \quad q = \begin{cases} + \text{ ise } \vec{F} \text{ ile } \vec{E} \text{ aynı yönde} \\ - \text{ ise } \vec{F} \text{ ile } \vec{E} \text{ ters yönde} \end{cases}$$

### Örnek 23.5 | =



$$q_1 = 7,0 \text{ mC} \quad \vec{E}(P) = ?$$

$$q_2 = -5,0 \text{ mC}$$

$$k_e = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$1 \text{ mC} = 10^{-6} \text{ C}$$

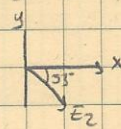
$$E_1 = \frac{k_e q_1}{r_1^2} = \frac{8,99 \times 10^9 \cdot 7,0 \times 10^{-6}}{(0,40)^2}$$

$$E_1 = 3,9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_1 = E_1 \cdot \hat{j} = 3,9 \times 10^5 \text{ N/C } \hat{j}$$

$$E_2 = \frac{k_e q_2}{r_2^2} = \frac{8,99 \times 10^9 \cdot 5,0 \times 10^{-6}}{(0,50)^2}$$

$$E_2 = 1,8 \times 10^5 \text{ N/C}$$



$$E_{2x} = E_2 \cos 53$$

$$= 1,8 \times 10^5 \cdot 0,6$$

$$= 1,1 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_{2y} = E_2 \sin 53$$

$$= 1,8 \times 10^5 \cdot 0,8$$

$$= 1,4 \times 10^5 \text{ N/C}$$

B) P noktasına  $q = 2 \times 10^{-8} \text{ C}$  bir yük konursa kuvveti bulunuz.

$$B) \vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

$$\vec{F} = 2 \times 10^{-8} \cdot (2,5 \hat{j} + 1,1 \hat{i}) \times 10^5$$

$$= (5 \hat{j} + 2,2 \hat{i}) \times 10^{-3} \text{ N}$$

yönü  $\vec{E}$  ile aynı ( $q(+)$ )

$$\vec{E}_2 = E_{2x} \hat{i} - E_{2y} \hat{j}$$

$$\vec{E}_2 = 1,1 \times 10^5 \hat{i} - 1,4 \times 10^5 \hat{j}$$

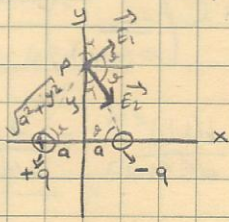
$$\vec{E}(P) = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$\vec{E}(P) = (3,9 \hat{j} + 1,1 \hat{i} - 1,4 \hat{j}) \times 10^5$$

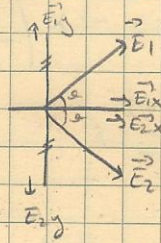
$$\vec{E}(P) = (2,5 \hat{j} + 1,1 \hat{i}) \times 10^5 \text{ N/C}$$



Örnek 23.6 Bir dipolun elektrik alanı



$y \gg a$



$$E_1 = E_2 = \frac{kq}{a^2 + y^2}$$

$$E = 2E_{1x} = 2E_1 \cos \theta$$

$$= \frac{2kq \cdot a}{(a^2 + y^2) (a^2 + y^2)^{1/2}}$$

$$E = \frac{2kqa}{(a^2 + y^2)^{3/2}}$$

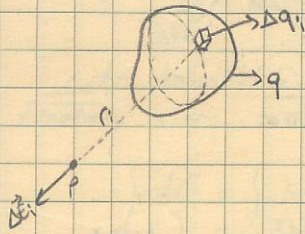
*Özellik*

$$a^2 + y^2 \approx y^2$$

$$(a^2 + y^2)^{3/2} \approx (y^2)^{3/2} \rightarrow y^3$$

Dipol =  $\frac{k2qa}{y^3}$

Sürekli Bir Yüzey Dağılımının Elektrik Alanı



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

$$\vec{E} = k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2}$$

$$\Delta q_i \rightarrow 0$$

$$\Sigma \rightarrow \int$$

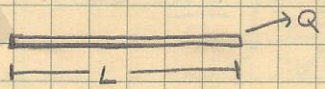
$$\Delta q_i \rightarrow dq$$

$$\vec{E} = \int_{\text{yüzey}} \frac{k dq}{r^2} \hat{r} \quad *$$

Sürekli Yüzler

- 1-) Bir Boyutlu = tel, tel aacerve, çember...
- 2-) İki Boyutlu = kare, dikdörtgen, disk
- 3-) Üç Boyutlu = küre, silindirik, küp

Bir Boyutlu Yüklü Cisim (telin) Elektrik Alanı

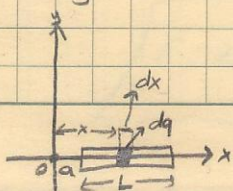


$$\lambda = \frac{Q}{L}, \text{ C/m} \quad [Q = \lambda \cdot L]$$

Örn/ Düzgen  $\lambda$  yük yoğunluğuna sahip L uzunluğundaki bir cismin elektrik alanı E nedir?

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

$$\vec{E} = \int_a^{a+L} \frac{k \cdot \lambda dx}{x^2} = k\lambda \int_a^{a+L} \frac{1}{x^2} dx$$



$r \rightarrow x$   
 $dq = \lambda dx$

$$k\lambda \cdot \left( \frac{-1}{x} \right) = \left. -\frac{k\lambda}{x} \right|_a^{a+L}$$



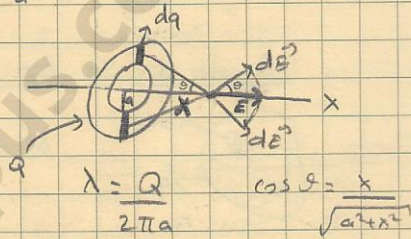
$$= -k\lambda \left( \frac{1}{a+L} - \frac{1}{a} \right) = -k\lambda \left( \frac{a-(a+L)}{(a+L) \cdot a} \right) = -k\lambda \left( \frac{-L}{a(a+L)} \right)$$

$$E = \frac{k(\lambda L) \cdot Q}{a \cdot (a+L)} = \frac{kQ}{a(a+L)} \quad (-x \text{ yönünde})$$

Özel durum:  $a \gg L$  olursa  
 $a+L \approx a$

$$E = \frac{kQ}{a^2} \text{ olur}$$

Örnek: 23.8) Düzgün Yüklü Halkanın  
 Elektrik Alanı



$\vec{E}$  ' +x yönünde

$$d\vec{E}_x = \left( \frac{k dq}{a^2 + x^2} \right) \cos \theta = \frac{k dq x}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$E = \int dE_x = \int \frac{k dq x}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{k x}{(a^2 + x^2)^{3/2}} \int dq$$

$$E = \frac{k Q x}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

Özel durum:  $x \gg a$  olsun

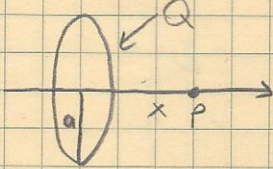
$$(x^2 + a^2)^{3/2} \approx x^3 \text{ olur}$$

$$E = \frac{k Q x}{x^3} = \frac{k Q}{x^2} \text{ olur}$$



Örnek 23.9 Düzgün yük dağılımı bir dairesel elektrik alanı

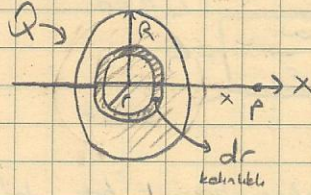
Matematika



$$E = \frac{k \times Q}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\lambda = \frac{Q}{L}, \text{ C/m}$$

Çözüm



$$\sigma = \frac{Q}{A}, \text{ C/m}^2$$

$\sigma$  = yüzey yük yoğunluğu  
 $\sigma$  = sabit ise yük dağılımı düzensiz

$$Q = \sigma \cdot A$$

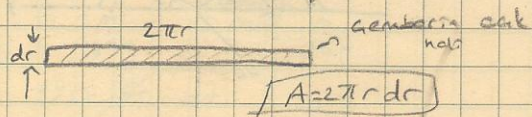
dr kalınlıklı çemberin elektrik alanı = dE

$$\int dE = \int \frac{k \times dq}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$E = \int \frac{k \times dq}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$dq = ?$$

$$dq = \sigma \cdot dA$$



$$dq = \sigma \cdot 2\pi r dr$$

$$E = k\sigma \pi x \int_{r=0}^{r=R} \frac{2r dr}{(x^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$x^2 + r^2 = u$$

$$2r dr = du$$

$$\int_{r=0}^{r=R} \frac{du}{u^{\frac{3}{2}}} = \int_{r=0}^{r=R} du \cdot u^{-\frac{3}{2}} = \frac{u^{-\frac{1}{2}}}{-\frac{1}{2}} \Big|_{r=0}^{r=R}$$

$$E = 2k\sigma\pi x \left( \frac{1}{\sqrt{u}} \right) \Big|_{r=0}^{r=R} = 2k\sigma\pi x \left( \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + 0}} \right)$$

$$E = 2\pi k\sigma \left[ \frac{x}{|x|} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right]$$



Özel Durum |  $R \gg x$  olsun

$$\sqrt{x^2 + R^2} = \sqrt{R^2} = R \quad \rightarrow \frac{x}{R} \rightarrow 0$$

$$E = 2\pi k \sigma \left[ \frac{x}{|x|} - \frac{x}{R} \right]$$

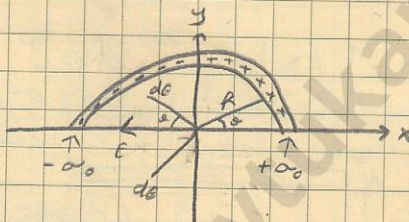
$$E = 2\pi k \sigma, \quad k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

$$E = 2\pi \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = E$$

Sabit

Örnek Soru |  $R$  yarıçaplı yarım çember boyunca bir telin yarıçapı  $x$  ile veriliyor. Çemberin merkezinde elektrik alanı bulunuz.

Toplam  $q_{top} = 0$



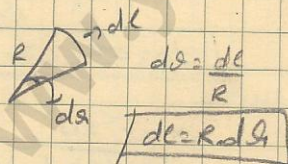
$$q_{top} = \int dq = \int \lambda dl$$

$$= \int_0^\pi \lambda \cos \theta R d\theta$$

$$= \lambda R \int_0^\pi \cos \theta d\theta$$

$$= \lambda R (\sin \theta) \Big|_0^\pi \rightarrow \lambda R \left( \frac{\sin \pi}{2} - \frac{\sin 0}{2} \right) = 0$$

$$= 0$$



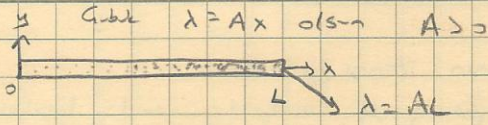
originde  $E \Rightarrow -x$  yönünde

$$E = \int \frac{k dq}{r^2} \quad idr \quad dq = \lambda dl = \lambda R d\theta$$

$$r \rightarrow R$$

$$E = \int \frac{k \lambda R d\theta}{R^2} \Rightarrow E = \frac{k \lambda}{R} \int_0^\pi d\theta \Rightarrow E = \frac{k \lambda}{R} \theta \Big|_0^\pi \Rightarrow E = \frac{k \lambda \pi}{R}$$





Cubgen toplam yuku  $q$  ise  $A$ 'yı bulun.

$$\lambda = A \lambda$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $\text{C/m}$   $\text{C/m}^2$   $\text{m}$

$$\int dq = \int \lambda dx$$

$$q = \int_0^L A x dx$$

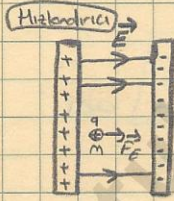
$$= A \frac{x^2}{2} \Big|_0^L$$

$$q = \frac{1}{2} AL^2 \rightarrow A = \frac{2q}{L^2}$$

$$A = \frac{2q}{L^2}$$

### Düzgen Bsc Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi

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



$$F = ma$$

$$qE = ma$$

$$a = \left( \frac{qE}{m} \right) \text{ sabit}$$

$$v_s = \cancel{v_i} + at$$

$$v_s = at = \frac{qE}{m} \cdot t \Rightarrow t \text{ anında}$$

hızı

$$x = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow t \text{ anında aldığı yol}$$

Sapıtıcı



$$x = v_0 t \quad (a_x = 0)$$

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$a_y = \frac{qE}{m}, \quad y = \frac{1}{2} \left( \frac{qE}{m} \right) t^2$$

$$v_{ys} = a_y t$$

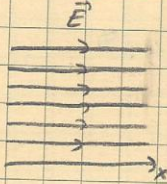
$$\vec{v} = v_0 \hat{i} - a_y t \hat{j}$$



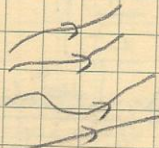
## Bölüm 24. Gauss Yasası

\* Elektrik alanı hesaplamak için yöntemi.

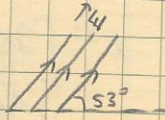
- Elektrik Akısı:  $\Phi_E$



Düzenli Elektrik Alanı  
(Yönü Sabit, büyüklüğü sabit)  
 $\vec{E} = E_0 \hat{i}$



$\vec{E}$  düzenli değil



$$\vec{E} = E_0 \cos 53^\circ \hat{i} + E_0 \sin 53^\circ \hat{j}$$

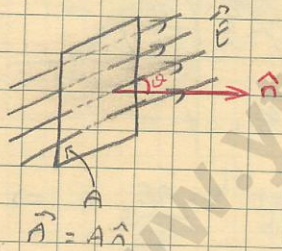
Düzenli Elektrik Alanı



$$\frac{E \cdot 2\pi r^2}{r^2}$$

$\vec{E}$  düzenli değil

Düzenli Bar Elektrik Alan için akı

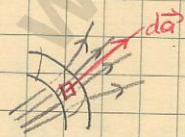


$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$$

$$= E \cdot A \cdot \cos \theta$$

$$\Phi_E = \begin{cases} > 0 & 0 \leq \theta < \pi/2 \\ = 0 & \theta = \pi/2 \\ < 0 & \pi/2 < \theta < \pi \end{cases}$$

Elektrik Alanı Düzenli Değilse



$$\int d\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{a}$$

$$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{a}$$



## Gauss Yasası

+q noktasal yükün etrafına R yarıçaplı bir küre yüzeyi koyalım ve kireden geçen akıyı hesaplayalım.



küre yüzeyinde  
r sabittir.

$$\Phi_E = \oint_{\text{yüzey}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = \int \frac{kq}{r^2} da (\hat{r} \cdot \hat{r})$$

$$\vec{E} = \frac{kq}{R^2} \hat{r}$$

$$d\vec{a} = da \cdot \hat{r} \quad \frac{kq}{R^2} \int da$$

→ küre yüzeyi =  $4\pi R^2$

$$\Phi_E = \oint_{\text{yüzey}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{kq}{R^2} 4\pi R^2 = kq 4\pi$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \text{ idi } \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot q \cdot 4\pi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\boxed{\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}}$$



$$\Phi_E = \Phi_{\text{giren}} - \Phi_{\text{çıkan}} = 0 \quad \rightarrow \quad q \text{ yük dışarıda ise net akı } = 0$$



$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \text{ 'dir.}$$

$$E \propto \frac{1}{R^2}$$

$$A \propto R^2$$



## Gök Sayıda Yık Var ise



$$\Phi = \frac{q_{\text{toplam}}}{\epsilon_0} = \frac{\sum q_1 + q_2 + q_3}{\epsilon_0}$$

$$q_{\text{toplam}} = \sum_i q_i \quad (\text{cebrsel toplam})$$

(işaretlerle birlikte)



$$\Phi = \frac{q_{\text{toplam}}}{\epsilon_0} = \frac{+q - q}{\epsilon_0} = \frac{0}{\epsilon_0}$$

## Sürekli Yık Dağılımları için $q_{\text{toplam}}$ hesabı

1-) Boyca yık dağılımı  $\lambda = \frac{q}{L}$  idi  $\rightarrow \int dq = \int \lambda dl \Rightarrow \boxed{q_{\text{toplam}} = \int \lambda dl}$

2-) Yüzeyce yık dağılımı  $\sigma = \frac{q}{A} \rightarrow \int dq = \int \sigma dA \Rightarrow \boxed{q_{\text{toplam}} = \int \sigma dA}$

3-) Hacimce yık dağılımı  $\rho = \frac{q}{V} \rightarrow \int dq = \int \rho dV \Rightarrow \boxed{q_{\text{toplam}} = \int \rho dV}$

**Örnek** Keresel simetrisi olan yık dağılımının elektrik alanı:

$a$  yarıçaplı,  $\rho$  düzgün yık yoğunluğu ve toplam yükü  $q$  olan kütü, yarıçap  $a$  olan bir küre içinde ve dışında elektrik alanını bulalım.



$$\rho = \frac{yık}{\text{hacim}} = \frac{q}{V}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi a^3$$

$$\boxed{\rho = \frac{3q}{4\pi a^3} = \text{semit}}$$

i)  $r < a \Rightarrow$  (küre içinde)

$$\vec{E} = E \cdot \hat{r}$$

$$d\vec{a} = da \cdot \hat{r}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{\text{toplam}}}{\epsilon_0} \rightarrow \frac{\int \rho dV}{\epsilon_0} = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3}{\epsilon_0}$$

$$\oint E da = E \int da = E 4\pi r^2 = \frac{q_{\text{toplam}}}{\epsilon_0}$$

$$q_{\text{toplam}} = \int \rho dV = \rho \int dV = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi a^3$$

$$E 4\pi r^2 = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3}{\epsilon_0}$$

$$\frac{q}{\frac{4}{3} \pi a^3} \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{q}{a^3} \cdot \frac{r^3}{3}$$

$$\boxed{E = \frac{\rho \cdot r}{3\epsilon_0}}$$

$$E = \frac{\rho q}{4\pi a^3} \cdot r = \frac{q r}{4\pi a^3 \epsilon_0}$$

KeskinColor

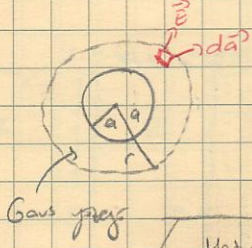
$$\boxed{q_{\text{toplam}} = \left(\frac{r}{a}\right)^3 q}$$

yık yoğunluğuna bağlı

$\frac{q}{\epsilon_0}$  yık başlı

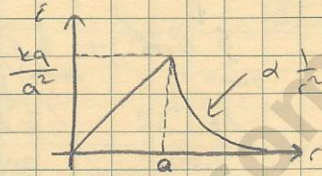
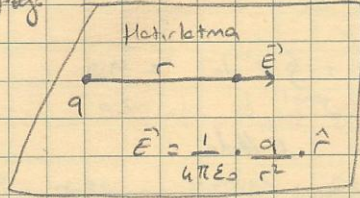


ii)  $r > a$  (Küresel Alan)

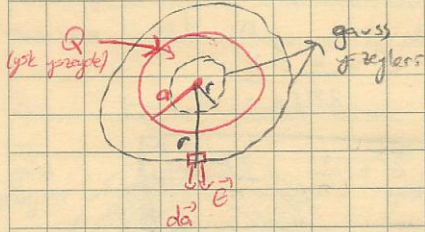


$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \int E da \cos 0^\circ = \int E da = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

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

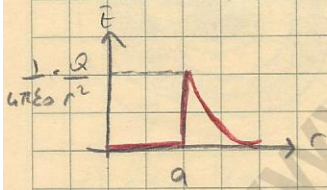


Örnek İnce küresel bir tabakanın elektrik alanı a yarıçaplı, toplam Q küresel içinde ve dışında elektrik alanı?



i)  $r < a$   
 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = 0 \quad \underline{E=0}$

ii)  $r > a$   
 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0}$



$$E 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

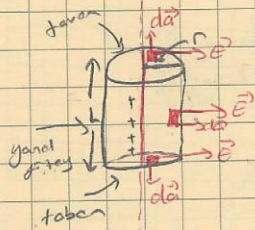
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \hat{r}$$

$\rho \rightarrow$  sbit  $\rightarrow$  alan  $\rightarrow$   $l \rightarrow r = \rho = \frac{A}{r^2}, \frac{A}{r}, A, Ar^2$



**Örnek** Silindirik simetrik bir yük dağılımının elektrik alanı.

$\lambda$  sabit doğrusal yük yoğunluğu sonsuz uzamda  
(+) işaretli  $r$  kadar uzamda elektrik alanı.



$$\int \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$\int_{\text{taban}} \vec{E} \cdot d\vec{a} + \int_{\text{yanar}} \vec{E} \cdot d\vec{a} + \int_{\text{yanar}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $\vec{E} \perp d\vec{a}$   $\vec{E} \perp d\vec{a}$   $\vec{E} \parallel d\vec{a}$   
 $\cos 90^\circ = 0$   $\cos 90^\circ = 0$   $\cos 0 = 1$

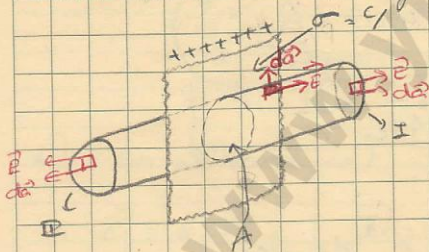
$$\int_{\text{yanar}} E da = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$E \int da = \frac{\lambda L}{\epsilon_0} \Rightarrow E \cdot \underbrace{2\pi r L}_{\text{yanar yüz}} = \frac{\lambda L}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{1}{2\pi \epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$

$$A = 2\pi r L$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{2\lambda}{r} \cdot \hat{r}$$

**Örnek** Yalıtık dielektrik yük tabakası



$$\int \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$2EA$$

$$\int_I \vec{E} \cdot d\vec{a} + \int_{II} \vec{E} \cdot d\vec{a} + \int_{III} \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \rightarrow " \rho A "$$

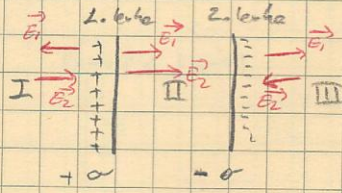
$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $EA$   $EA$   $0$

$$2EA = \frac{\rho A}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\rho}{2\epsilon_0}$$



Her 3 bölgede  $\vec{E}$ 'yi bul



$$|E_1| = |E_2|$$

$$\text{I} \Rightarrow \vec{E}_{\text{net}} = 0$$

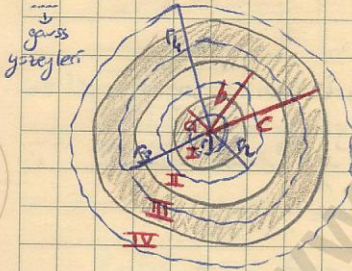
$$\text{III} \Rightarrow \vec{E}_{\text{net}} = 0$$

$$\text{II} \Rightarrow \vec{E}_{\text{net}} = 2\vec{E}_1 = 2 \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = E_{\text{net}}$$

### Elektrostatik Denge'deki İletkenler

- 1- Bir iletkenin içinde her yerde elektrik alan "0" dir.
- 2- Yalıtılmış bir iletkende yük varsa yüzeydedir.
- 3- Yüklü bir iletkenin hemen dışında elektrik alan iletken yüzeyine dikdir ve büyüklüğü  $\sigma/\epsilon_0$  kadirlerdir.
- 4- Düzensiz biçimde olmayan bir iletkenin yüzeyi eğri ise yarıçapının en küçük olduğu yerlerde yüzeysel yük yoğunluğu en büyüktür.

Örnek = Küresel tabaka içinde bir küre



a yarıçaplı dolu iletken bir kürede net  $2Q$  yük bulunuyor. İç yarıçapı b, dış yarıçapı c olan iletken küresel bir tabaka, dolu küre ile aynı merkezlidir ve  $-Q$  net yük taşımaktadır. Gauss yasasını kullanarak 4 bölgedeki elektrik alanı ve yüzey yük yoğunluklarını hesaplayınız.

i)  $r < a$  (I. bölge)

$$\vec{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} = 0$$

iii)  $b < r < c$

$$\vec{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} = 0$$

ii)  $a < r < b$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{\text{enc}}}{\epsilon_0} = \frac{2Q}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{2Q}{\epsilon_0}$$

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

iv)  $r > c$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_{\text{enc}}}{r^2} \Rightarrow \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(2Q - Q)}{r^2}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$