

4. Hafta	07-11 Mart	1. Deney
6. Hafta	21-25 Mart	2. Deney
8. Hafta	04-08 Nisan	3. Deney
10. Hafta	18-22 Nisan	4. Deney
12. Hafta	02-06 Mayıs	Telafi

BÖLÜM-1ELEKTRİK ALANLARI

• Elektrik Yüke:

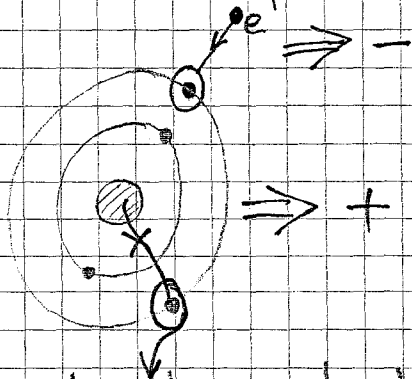
Atom $\equiv$ (Çekirdek + elektronlar)

$\downarrow$
[nötron + proton]
(+)

• Bir Cismin Elektrik Yüküyle Yükleneşi:

(Se+Sp) Nötr

Bir atomdaki protonların sayısı değiştirilemez.



1. yörünge	2 e ⁻
2. "	8 e ⁻
3. "	18 e ⁻
4. "	32 e ⁻
...	...

$2n^2$ ile bulunur
(yörünge)

Atomdan bir yolla daha fazla e⁻ çıkarılırsa ATOMUN İYONİZASYONU olur.

Bir cisimden e⁻ çıkarılıyorsa cisim + yükle yüklenir.

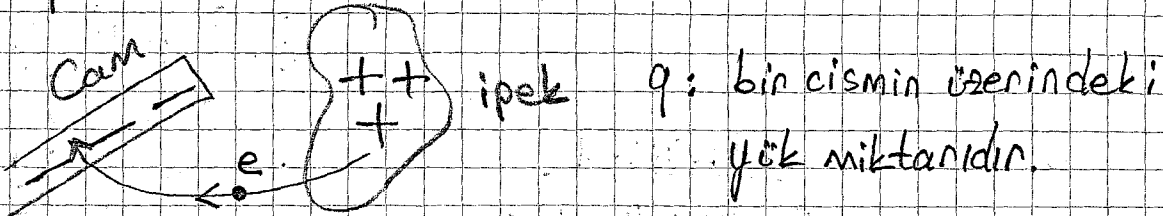
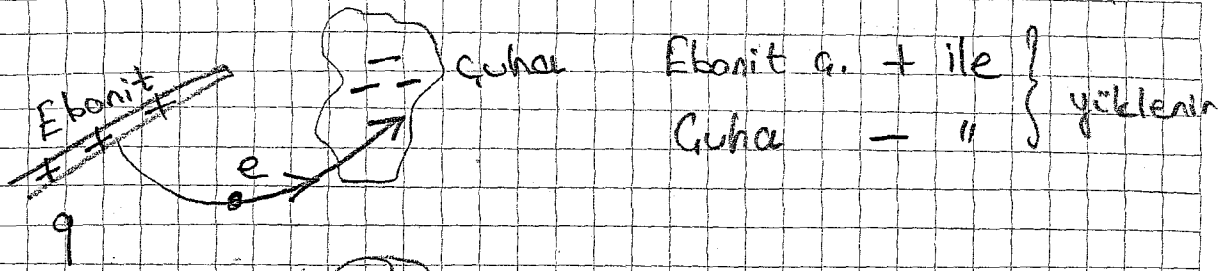
Bir cisme e⁻ katılıyorsa o cisim topkayın - yükle yüklenir.

• Sürtme ile elektrikleme

Abanit cubuk — çuha

Cam — ipek bez

} birbirlerine sürtülürse
her 2 si de elektrikleir.



$$q_{cam} = ?$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb} \rightarrow \text{elektrik yükünün birimidir.}$$

$$q = n \cdot e$$

n: elektronların sayısıdır
n e tam sayısı

* En küçük yük birimi elektronun yüküdür.

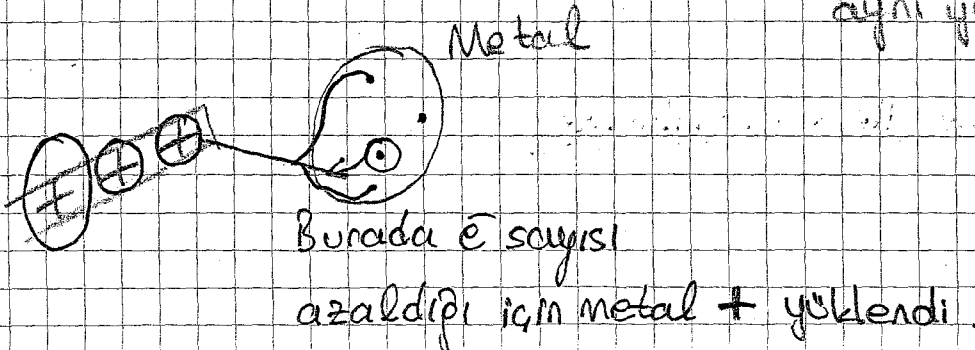
* Kuantumlu (Kuantize) $\Rightarrow$ Herhangi bir şeyin EN KÜÇÜK parçası var ise bu durumda o kuantumludur denir.

• Yük kuantumlu bir fiziksel büyüklüktür.
(Çünkü yığın EK birimi vardır ve bu da e yüküdür)

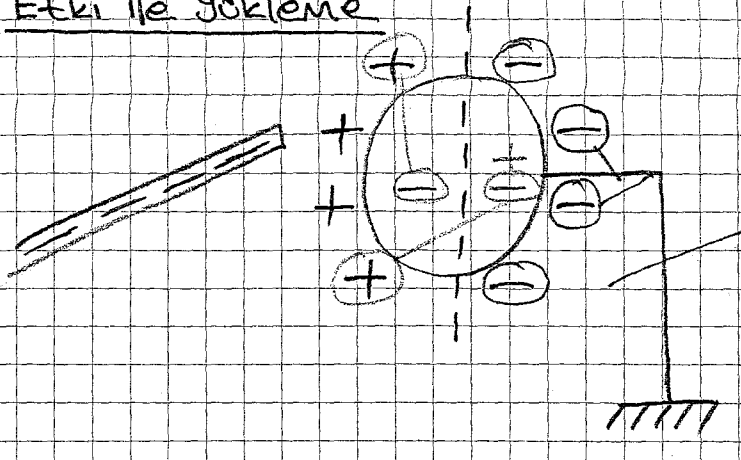
$$\begin{aligned} n_{eb} + n_{cu} &= \text{Toplam} \\ n'_{eb} + n'_{cu} &= \text{Toplam} \end{aligned} \quad \left[\begin{array}{l} \text{[eb: ebonit / cu: cu]} \\ \text{(birbirine eşittir)} \end{array} \right]$$

• ELEKTRİK YÜKÜ KORUNUMLUDUR.

• Değme (Dokunma) ile Yükleme $\rightarrow$ Her 2 cisim de aynı yöle yüklenir.



• Etki ile Yükleme



⇒ POLARİZASYON
(= KUTUPLANMA)
denir.

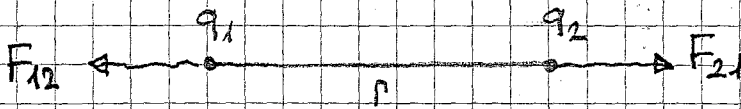
* Maddeler elektrik iletkenliklerine göre 3 gruba ayrılır:

- İletkenler
- Yarı-iletkenler
- Yalıtkanlar (=dielektrik)

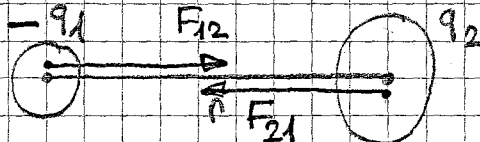
Coulomb Kanunu → deneysel bir kanundur

- Noktasal elektrik yükleri için ^{veya} geçerlidir.
- Küresel yükler için geçerlidir.

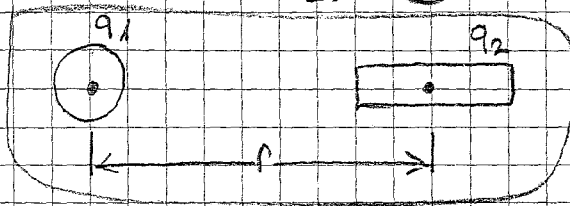
Coulomb Kanunu



⇒ Geçerli



⇒ Geçerli



⇒ GEÇERSİZ

Dönüştürme integral
gider.

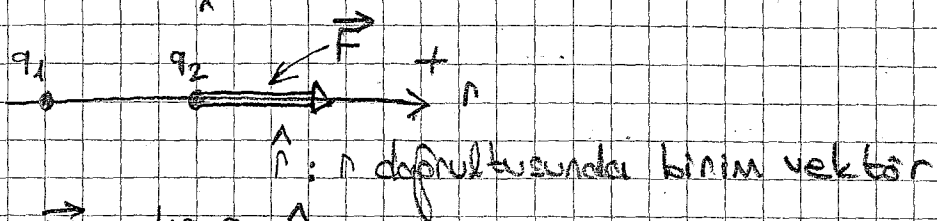
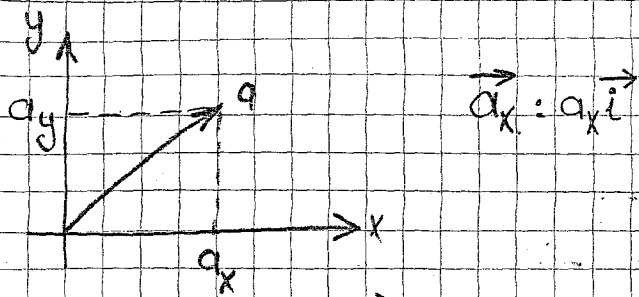
$$F_e \sim q_1 q_2 \quad (F_e: \text{Elektriksel kuvvet})$$

$$F_e \sim \left(\frac{1}{r^2} \right)$$

$$F_e \sim \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_e = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

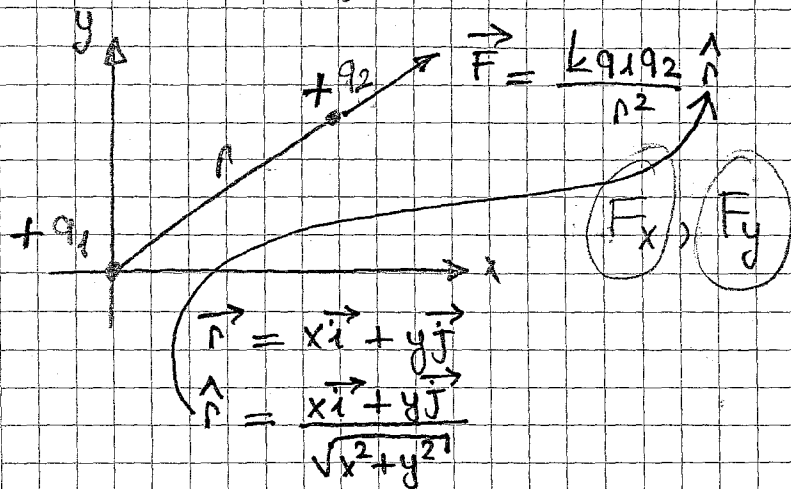
$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$



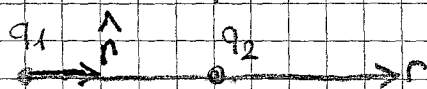
$$\vec{F}_e = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad (\vec{r} : \text{Yer vektörü})$$

$$\hat{r} = \frac{x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

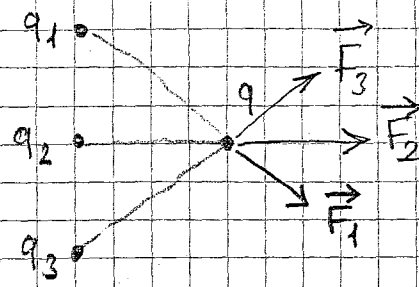


$$\vec{F}_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$



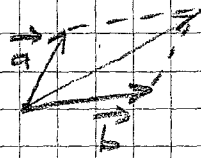
$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

$$1e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



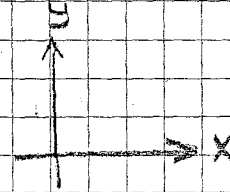
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

• Geometrik yol



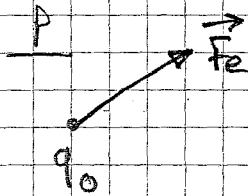
• Analitik yol

$$\begin{array}{r} F_{1x} \quad F_{1y} \\ F_{2x} \quad F_{2y} \\ F_{3x} \quad F_{3y} \\ \hline F_x \quad F_y \\ \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} \end{array}$$



• ELEKTRİKSEL ALAN

• Birim (+) yüke etkiyen elektriksel kuvvete elektriksel alandır



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0} \Rightarrow \left[\frac{N}{C} \right]$$

elektrik alanın birimi :

• Elektriksel alan enerji ve momentum taşır.

• Gerçek bir fiziksel büyüklüktür.

• Alan çizgileri vardır. (Bu alan çizgileri bize elektrik alanının dağılımını verir)

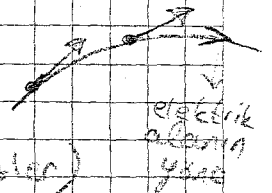
• Çizgilerin yönü $\vec{E}$ 'nin yönüdür.

• Çizgiler, elektriksel kuvvetin çizgilerine tepettir.

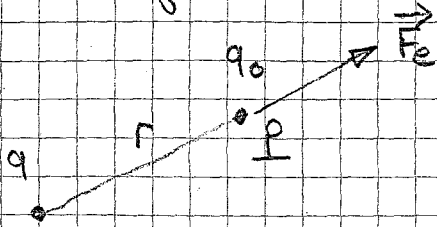
• Çizgiler asla birbirlerini kesmezler. (=hesasızlar)

• Birim yüzeyden geçen çizgi sayısı, alanın şiddeti ile orantılıdır

• $\oplus \longrightarrow \ominus$ (Yönü + dan - ye doğrudur)



- Noktasal yük
- Yük dağılımlarının alanı



$$\vec{F}_e = k \frac{q q_0}{r^2} \hat{n}$$

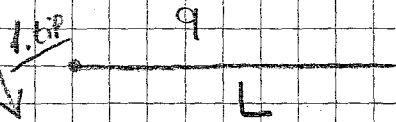
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0} = \frac{k q}{r^2} \hat{n}$$

($\Rightarrow$ NOKTASAL YÜKÜN ELEKTRİK ALANI)

Çizgisel Yük dağılımı

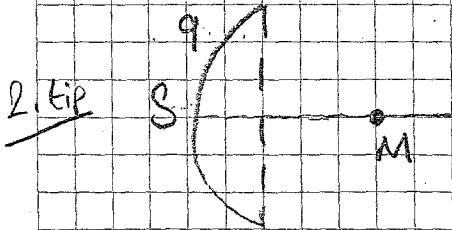
Yüzeysel " "

Hacimsel " "



Çizgisel yük yoğunluğu : Birim uzunlukta ki yük $\lambda = \frac{q}{L}$

Birimi $\rightarrow \frac{\text{Coulomb}}{\text{metre}}$



Yüzeysel :

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

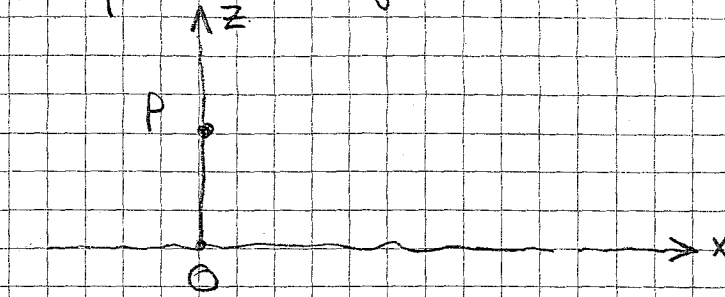
($\frac{\text{Coulomb}}{\text{m}^2}$)

Hacimsel :

$$\rho = \frac{q}{V}$$

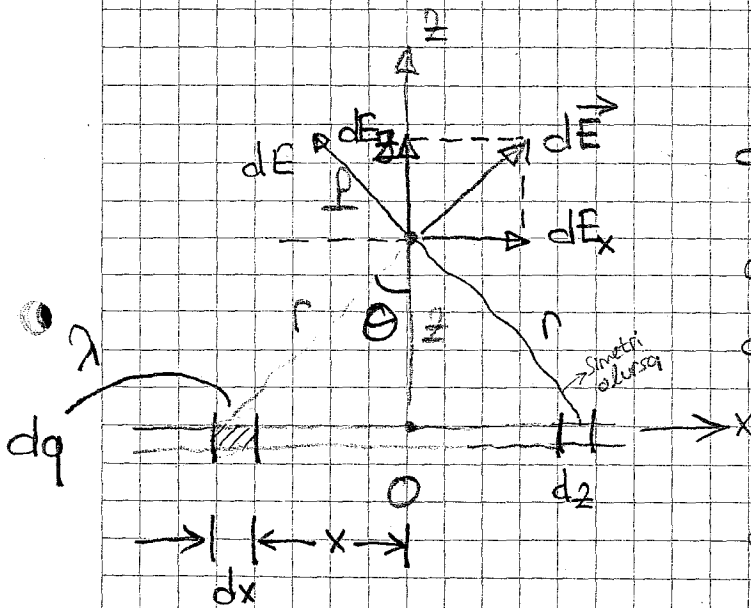
($\frac{\text{Coulomb}}{\text{m}^3}$)

• Çizgisel Yek Dağılımının Elektrik Alanı =



$$d\vec{E}_i = \frac{k dq_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n d\vec{E}_i = \sum_{i=1}^n \frac{k dq_i}{r_i^2} \hat{r}_i \Rightarrow \boxed{\vec{E} = \int \frac{k dq}{r^2} \hat{r}} *$$



$$d\vec{E} = d\vec{E}_x + d\vec{E}_z$$

$$dE_x = dE \sin \theta$$

$$dE_z = dE \cos \theta$$

$$dE_x = \frac{k \lambda dx \sin \theta}{r^2}$$

$$dE_z = \frac{k \lambda dx \cos \theta}{r^2}$$

$$\tan \theta = \frac{x}{z} \Rightarrow x = z \tan \theta$$

$$\frac{dx}{d\theta} = z \cdot \frac{1}{\cos^2 \theta}$$

$$\boxed{dx = \frac{z d\theta}{\cos^2 \theta}}$$

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

$$dq = \lambda dx$$

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

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

$$dE_x = \frac{k\lambda \frac{z d\theta}{\cos^2 \theta}}{\frac{z^2}{\cos^2 \theta}} \cdot \sin \theta = \frac{k\lambda}{z} \sin \theta d\theta$$

$$dE_z = \frac{k\lambda}{z} \cos \theta d\theta$$

$$E_x = \frac{k\lambda}{z} [-\cos \theta]$$

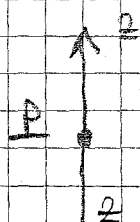
$$E_x = \frac{k\lambda}{z} \left[-\frac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right]$$

sabit $\rightarrow \cos \theta$ nin integrali $\sin \theta$ dir.

$$E_z = \frac{k\lambda}{z} [\sin \theta] = \frac{k\lambda}{z} \left[\frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right]$$

(a) $2L, q$

O noktası orta nokta



$$E_x = \frac{k\lambda}{z} \left[-\frac{z}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right]_{-L}^{+L}$$

$$= 0$$

Açıklama:

$$E_x = \frac{k\lambda}{z} \left[-\frac{z}{\sqrt{L^2 + z^2}} + \frac{z}{\sqrt{L^2 + z^2}} \right]$$

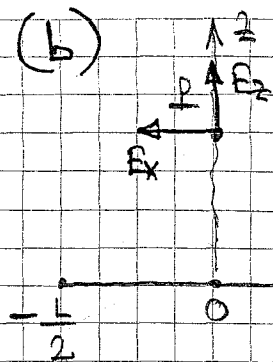
$$= 0$$

$$E_z = \frac{k\lambda}{z} \left[\frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right]_{-L}^{+L}$$

simetriden dolayı 0'dır. $\Sigma E_x = 0$
baştaki şekilde gösterdim.

$$E_z = \frac{k\lambda}{z} \frac{2L}{\sqrt{x^2 + z^2}}$$

(b)

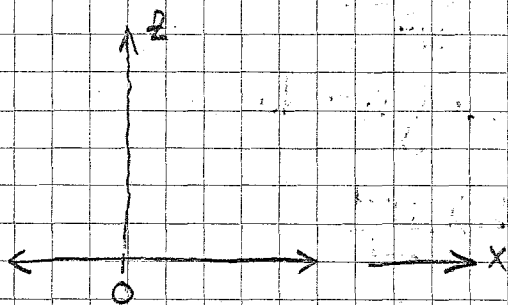


$$E_x = \frac{k\lambda}{2} \left[-\frac{z}{\sqrt{x^2+z^2}} \right] \Big|_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{3L}{2}}$$

$$E_z = \frac{k\lambda}{2} \left[\frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \right] \Big|_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{3L}{2}}$$

$$\vec{E} = E_x \vec{i} + E_z \vec{k}$$

(c)

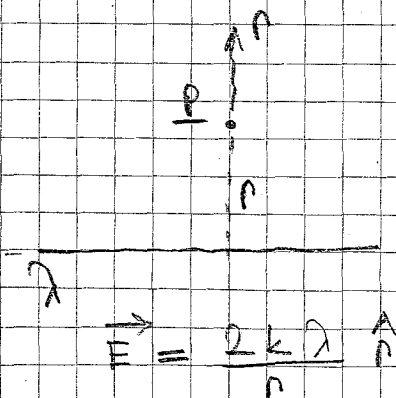


$$E_x = 0 \quad (\text{simetrik olduğu için})$$

$$E_z = \frac{2k\lambda}{z} \left[\frac{L}{\sqrt{1+(\frac{z}{L})^2}} \right]$$

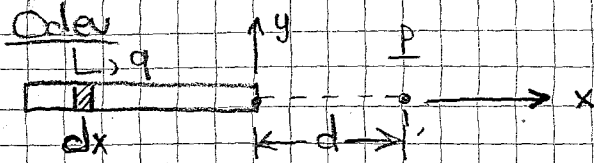
$$E_z = \frac{2k\lambda}{z}$$

Ekseni eksenine paralel olarak göre :



$$\vec{E} = \frac{2k\lambda}{z} \vec{k}$$

P noktasındaki elektrik alan şiddeti ?



$$dq = \lambda dx$$

$$dE = \frac{k dq}{r^2} = \frac{k \lambda dx}{(x+d)^2}$$

$$dE = \frac{k \lambda dx}{(x+d)^2}$$

$$x+d=u \Rightarrow du=dx$$

$$dE = \frac{k \lambda du}{u^2}$$

$$E = k \lambda \int u^{-2} du$$

$$E = k \lambda \frac{u^{-1}}{-1}$$

$$E = -\frac{k \lambda}{u}$$

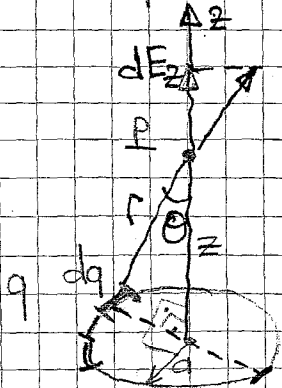
$$E = -\frac{k \lambda}{x+d} \Big|_0^{-L}$$

-L y'nin x den max. uzaklığı
nok
0 y'nin x eksenine olan
en yakın mesafesi

$$E = -\frac{k \lambda}{-L+d} + \frac{k \lambda}{d}$$

Düzensünlük yüklü bir halkanın elektrik alanı

Yarıçap : a olarak alalım



$$dE_z = \frac{k dq}{r^2} \cos \theta$$

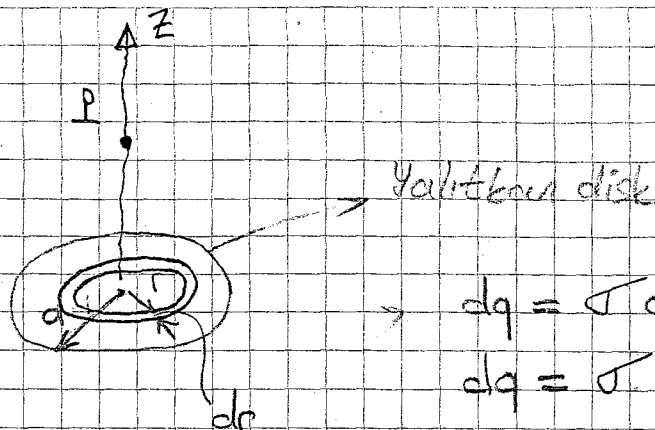
$$E_z = \frac{k}{r^2} \left[\int dq \right] \cos \theta$$

$$E_z = \frac{k q}{r^2} \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{z}{r} \Rightarrow E_z = \frac{k q z}{r^3} \Rightarrow E_z = \frac{k q z}{(a^2+z^2)^{3/2}}$$

Düzenli Yüze Dağılımlı Bir Diskin Elektrik Alanı

Örnek 2.1



$$dE_z = \frac{k dq z}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$

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

$$dq = \sigma dA$$

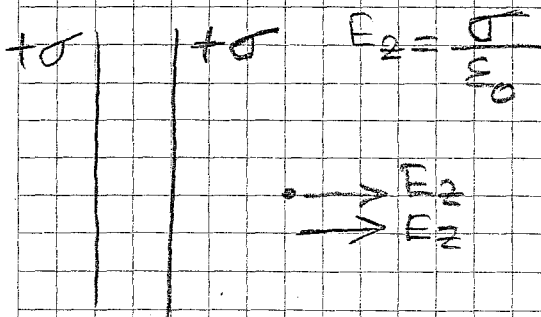
$$dq = \sigma 2\pi r dr$$

$$dE_z = \frac{2\pi k \sigma z r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$E_z = \pi \sigma k z \int_0^a \frac{2r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$

$$r^2 + z^2 = u \rightarrow \text{Her 2 tarafın diferansiyelini alalım}$$

$$du = 2r dr$$



$$E_z = \pi \sigma k z \int \frac{du}{u^{3/2}}$$

$$E_z = \pi \sigma k z \left[\frac{u^{-1/2}}{-1/2} \right]$$

$$E_z = -2\pi \sigma k z \left[\frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right]_0^a$$

$$E_z = 2\pi \sigma k \left[\frac{2\pi \epsilon_0 k z}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right]$$

$$E_z = 2\pi \sigma k \left[1 - \frac{z}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right]$$

$a \rightarrow \infty$ disk $\rightarrow$ sonsuz büyük levha

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

Sayılar da aynı, Aritmetik de da aynı, kesirler de aynıdır.

$$E_z = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \rightarrow E_z \text{ her yerde aynıdır}$$

Bölüm 2

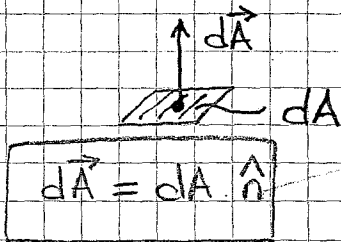
Gauss Yasası

- Yük dağılımlarının elektrik alanını hesaplamak için alternatif bir yol.

- Küresel simetrik
- Düzlemsel simetrik
- Çizgisel simetrik

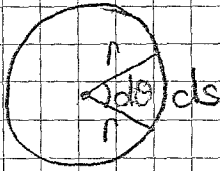
yük dağılımları için geçerlidir

- Yüzey $\Rightarrow$ Yüzey vektörü



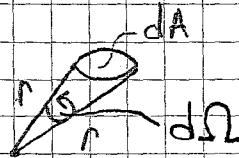
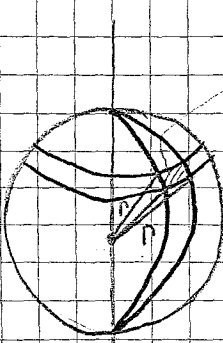
$\rightarrow$ Normal doğrultusundaki birim vektör.

- Katı açı $\Rightarrow$ (Uzayda açı demek, bir cisit koni demek)



$$d\theta = \frac{ds}{r}$$

(Açı: Yayın yarıçapına oranıdır)



$$d\Omega = \frac{dA}{r^2}$$

$$ds = r d\theta$$

$$s = r \int d\theta$$

$$2\pi r = r \int d\theta$$

$$\int d\theta = 2\pi$$

$$dA = r^2 d\Omega$$

$$A = r^2 \int d\Omega$$

$$4\pi r^2 = r^2 \int d\Omega$$

$$\int d\Omega = 4\pi$$

Küresel alanı

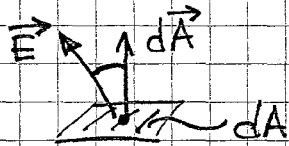
$$\int d\Omega = \int \frac{dA}{r^2} = 4\pi$$

• Elektrik Akısı $\rightarrow \phi_E$ (fie)

• Elektrik akısı bir yüzeyi delip geçen kuvvet çizgileri ile orantılıdır.

$$d\phi_E = \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

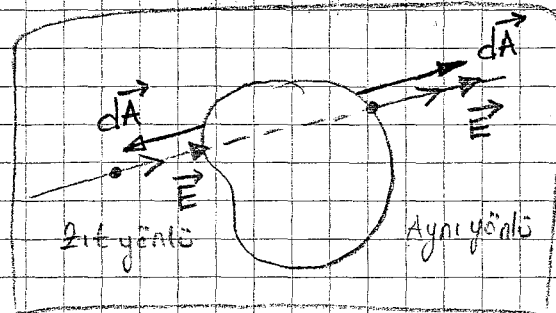
Elek. akısı, elek. alan vektörü ile yüzey vektörünün skaler çarpımıdır.
(+) olabilir, 0 olabilir, (-) olabilir.



$\vec{E}$ ile $d\vec{A}$ vektörü arasındaki açıdır.

$$d\phi_E = E dA \cos(\vec{E}, d\vec{A})$$

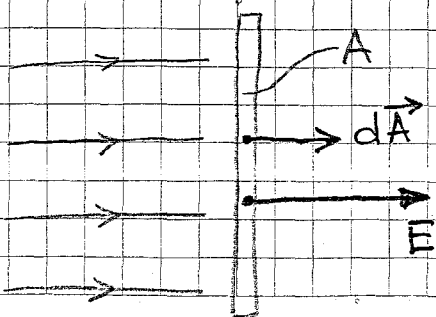
$$(a) \vec{E} \perp d\vec{A} \rightarrow d\phi_E = 0$$



$$(b) \vec{E} \parallel d\vec{A} \pm d\phi_E > 0$$

$$\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \rightarrow \phi_E' \text{ yi bu formülle bulunuz}$$

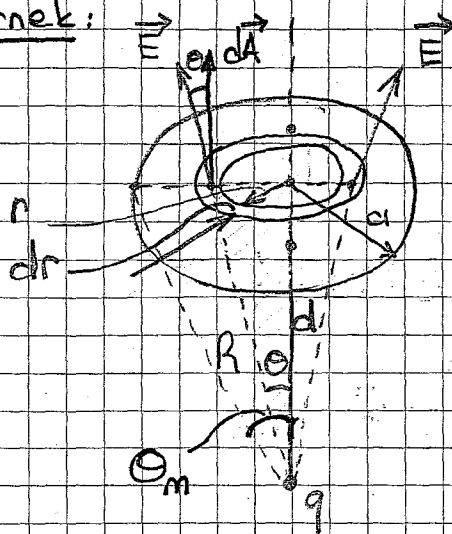
Örnek: Düzgün E alanı düzlem yüzey



$$\phi_E = \int E dA = EA$$

Φ_E birimi : $\frac{N}{C} \cdot m^2 : \frac{Nm^2}{C} : \frac{Joule \cdot m}{C}$ → daha çok bunu kullanacağız.

Örnek:



$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$ → Kümüle serielle alanı

$= \int E dA \cos \theta$

$E = \frac{kq}{R^2}$

$dA = 2\pi r dr$

$\cos \theta = \frac{d}{R}$

$R = \sqrt{d^2 + r^2}$

$\Phi_E = \int \frac{kq}{R^2} \cdot 2\pi r dr \cdot \frac{d}{\sqrt{d^2 + r^2}}$

$\Phi_E = \pi kq \int_0^a \frac{2r dr}{(d^2 + r^2)^{3/2}}$

$u = d^2 + r^2 \rightarrow du = 2r dr$

$\Phi_E = \pi kq \int \frac{du}{u^{3/2}} \rightarrow u^{-3/2}$

$\Phi_E = \pi kq \left. \frac{u^{-1/2}}{-1/2} \right|_0^a$

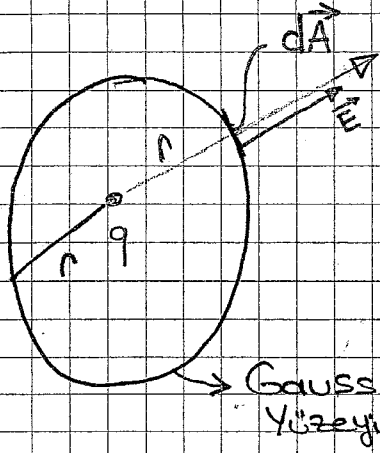
$\Phi_E = \frac{-2\pi kq}{\sqrt{d^2 + r^2}} \Big|_0^a$

$= \frac{2\pi kq}{d} - \frac{2\pi kq}{\sqrt{d^2 + a^2}}$

$= \frac{2\pi kq}{d} \left[1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + a^2}} \right]$

$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0 d} (1 - \cos \theta_m)$

Gauss Kanunu



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

$$d\vec{A} = dA \hat{n} = dA \hat{n}$$

$$\Phi_E = \int \frac{kq}{r^2} \hat{n} \cdot dA \hat{n}$$

$$= kq \int \frac{dA}{r^2}$$

$$= 4\pi kq$$

$$= \frac{q}{\epsilon_0}$$

İntegrali kapalı bir yüzey üzerinden alıyoruz

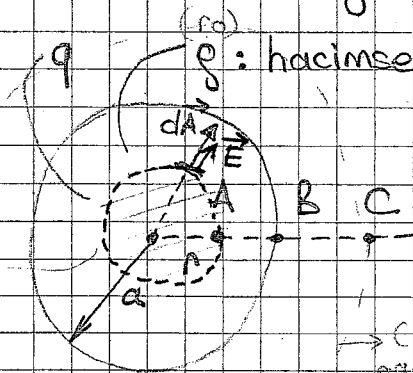
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{ic}}{\epsilon_0}$$

Kapalı yüzeyin içinde kalan yük

Gauss Yasası

Gauss Kanununun Uygulamaları:

- Küresel simetrik yük dağılımı



Gauss yüzeyini seçeriz.

Çift Gauss yüzeyi

ρ : hacimsel yük yoğunluğu = sabit

Gauss kanununu kullanarak

A, B, C noktalarındaki

elektrik alanlarının

şiddetlerini hesaplayalım.

$$\int E dA = \frac{q_{ic}}{\epsilon_0}$$

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

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

$$q_{ic} = \rho \cdot V_{ic}$$

$$q_{ic} = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} r^3$$

$$q_{ic} = \frac{q_T}{a^3} r^3$$

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

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_T}{a^3} \cdot r$$

$$E_{yüzey}(B) = \frac{\rho}{3\epsilon_0} a$$

2sinide kullanarak

$$E(C) : 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

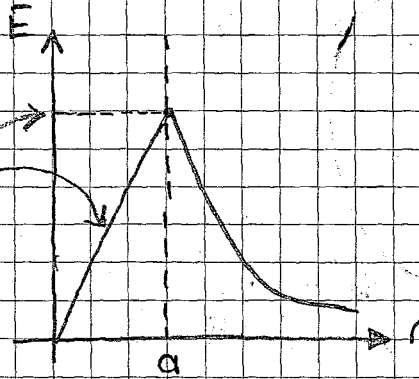
$$E(C) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{k \cdot q}{r^2}$$

Hatırlatma:

$$r < a \Rightarrow E = \frac{kq}{a^3} r$$

$$r = a \Rightarrow E = \frac{kq}{a^2}$$

$$r > a \Rightarrow E = \frac{kq}{r^2}$$

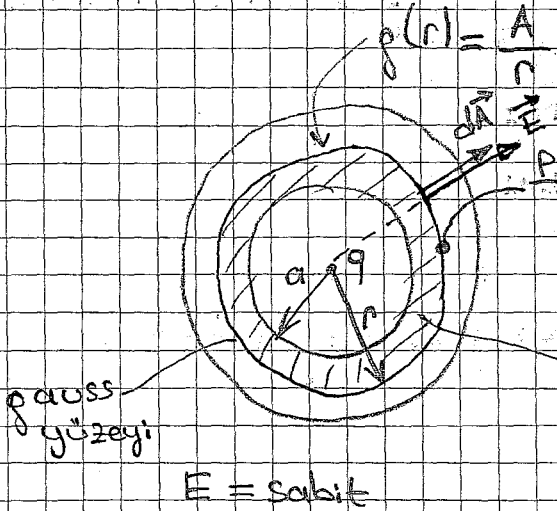


Elek alan yüzeyde en büyüktür.

Örnek:

Küre kabuğu içinde

elektrik alanın sabit olması için q yükünü hesaplayınız.



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{ic}}{\epsilon_0}$$

$\vec{E} \parallel d\vec{A}$ olduğundan

$$\oint E \cdot dA = \frac{q_{ic}}{\epsilon_0}$$

$$E \oint dA = \frac{q_{ic}}{\epsilon_0}$$

→ Küçük kare yüzeylerin alanlarının toplamı

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

$$q_{ic} = q + ?$$

$$m = \rho V$$

$$dm = \rho dV$$

$$m = \int \rho dV$$

$$\rho = \frac{dq}{dV}$$

$$dq = \rho dV$$

$$q = \int \rho dV$$

$$q_{ic} = q + \int_a^r \rho dV$$

$$q_{ic} = q + \int_a^r \frac{A}{r} dV$$

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

$$\frac{dV}{dr} = 4\pi r^2$$

$$dV = 4\pi r^2 dr$$

$$q_{ic} = q + \int_a^r 4\pi A r dr$$

$$q_{ic} = q + 4\pi A \frac{r^2}{2} \Big|_a^r$$

$$q_{ic} = q + 2\pi A (r^2 - a^2)$$

$$= q + 2\pi A r^2 - 2\pi A a^2$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{2\pi A r^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} - \frac{2\pi A a^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{A}{2\epsilon_0} - \frac{A a^2}{2\epsilon_0 r^2}$$

Sabitir. E'nin sabit olabilmesi için diğer 2'nin toplamı 0 olmalıdır.

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0} = \frac{A a^2}{2\epsilon_0}$$

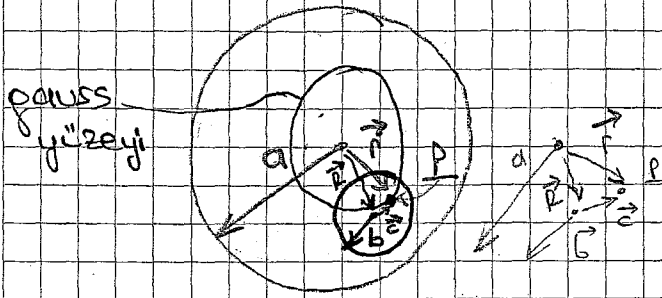
$$q = 2\pi A a^2$$

Örnek :

Örnek:

$\rho = \text{sabit}$

b yarıçaplı yüksüz bölgenin P noktasındaki elektrik alanını bulunuz.



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$q_{\text{ic}} = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot r^3$$

$$\vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{r}$$

$$\vec{E} = \frac{kq}{a^2} \cdot r \quad \text{'nin aynısıdır}$$

$$\rho - \rho = 0$$

$$\vec{E} = -\frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{c}$$

$$\vec{E}_P = \frac{\rho}{3\epsilon_0} (\vec{r} - \vec{c})$$

$$\vec{R} + \vec{c} = \vec{r}$$

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{c}$$

$$\vec{E}_P = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{R}$$

Üst üste

kayma

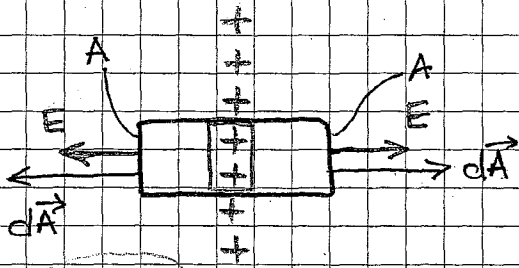
yöntemiyle

soruyu basitleş-

tirdik ve çözdük.

Düzlemsel Simetrik Yük Dağılımları

Örnek: $\sigma = \frac{q}{A} = \text{sabit}$



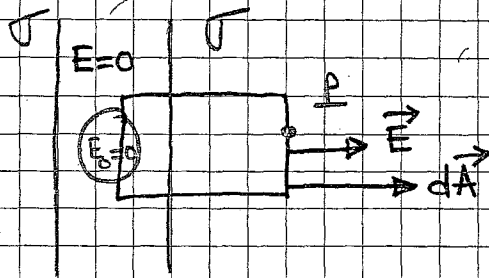
$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$E \oint dA = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot 2A = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \rightarrow \text{Sınıfta da, Amerika'da da hep aynıdır.}$$

Örnek:



NOT: İletkenlerin içinde elek. alan 0.

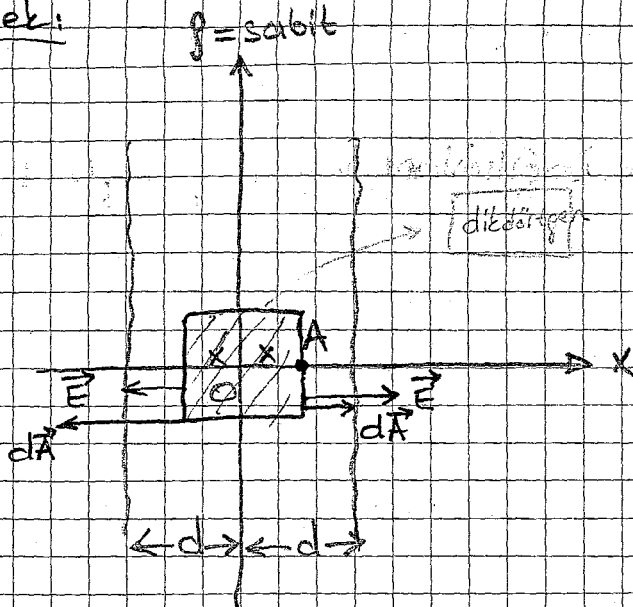
İletkenlerin elektrik alanı

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot A = \frac{\sigma \cdot A}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Örnek:



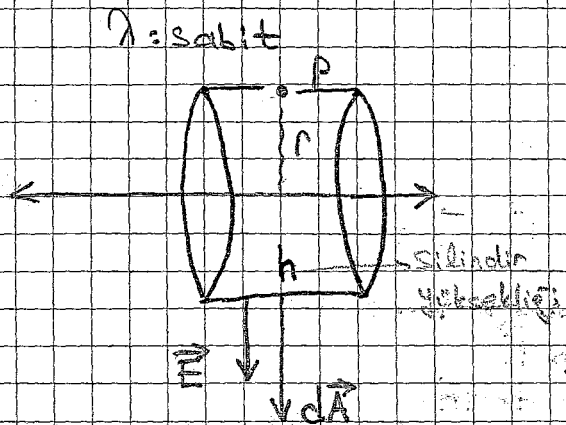
Boyle bir yük dağılımının
ortasından x kadar
uzakta A noktasının
yük dağılımını hesaplayınız.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$E \cdot A = \frac{(A \cdot 2x) \cdot \rho}{\epsilon_0}$$

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

Örnek:



Silindirik simetrik $\equiv$ Çizgisel
simetrik

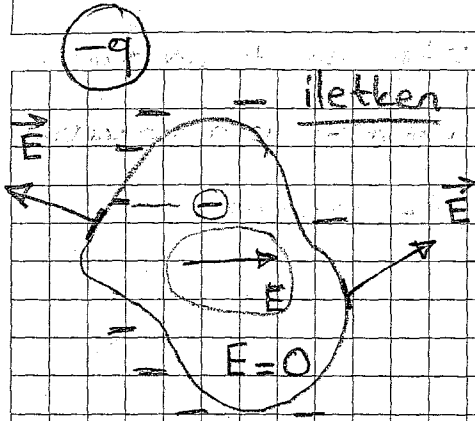
$$\oint E \, dA = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

$$E \oint dA = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

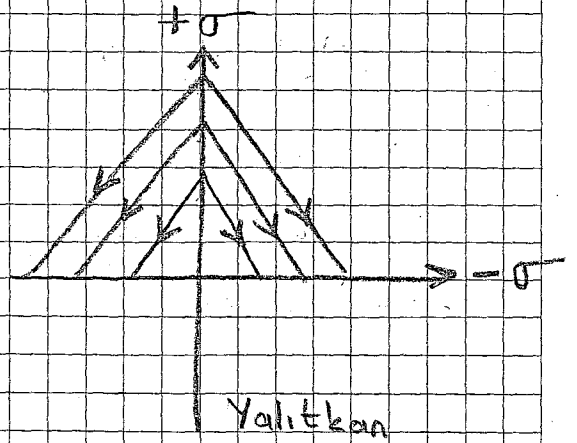
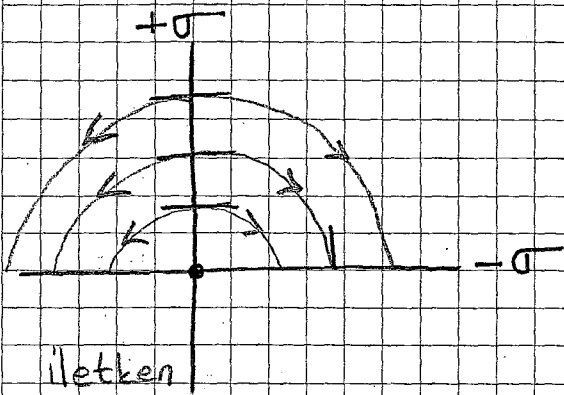
$$E \cdot 2\pi r h = \frac{\lambda \cdot h}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r} = \frac{2k\lambda}{r}$$

Gauss Kanununun Sonuçları



Yükü bir iletkenin yüzeyindeki elektrik alan, iletkenin yüzeyine diktir.



Bölüm-3

ELEKTRİKSEL POTANSİYEL

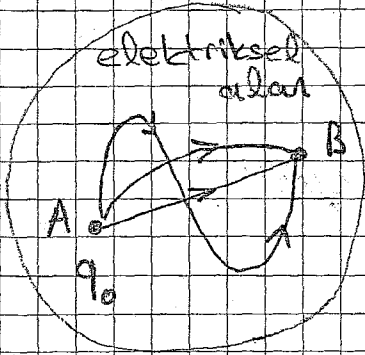
- Elektriksel Potansiyel Enerji
- Konumlu kuvvet varsa potansiyel enerjiden bahsedebiliriz.

$F = f(r)$ r 'ye (uzaklığa) bağlı olarak yazılabilen kuvvetlere konumlu kuvvet denir.

- İş yoldan bağımsız.
- İlk ve son konuma bağlı.
- kapalı yol boyunca yapılan iş sıfırdır.

NOT: Elektriksel kuvvet, konumlu bir kuvettir.

Potansiyel En.: Bir elektrik alan içinde yüklü bir cisim hızlandırmadan bir noktadan başka bir noktaya taşıdığımızda elektriksel kuvvetlerin yaptığı işin negatifine 2. nokta arasındaki potansiyel enerji farkı denir.



AB arasındaki potansiyel farkı, bu yollarla değişmezdir.

$$F_{uy} = F_e$$

$$W = \int \vec{F}_{uy} \cdot d\vec{r}$$

$$-F_e = F_{uy}$$

$$\vec{F}_e = q_0 \vec{E}$$

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

Potansiyel enerji farkı

$$\Delta U = U_B - U_A$$

$$\frac{\Delta U}{q_0} = \Delta V = V_B - V_A$$

$$\Delta V \rightarrow \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = \frac{J}{C} \rightarrow \text{Volt}$$

$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

Uygulama I:

$$\rho = (\rho_0)$$

- 1) Çizgisel bir yük $\lambda = +\lambda_0$ 'dan $+\infty$ 'a uzanmaktadır. Çizgisel yük yoğunluğu $\rho = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_0}{x}$ ise başlangıç noktasındaki elektrik alanı bulunuz

$$\vec{E} = \int_{x_0}^{\infty} \frac{k \lambda_0 \lambda_0}{x^3} dx$$

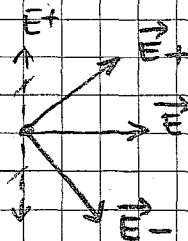
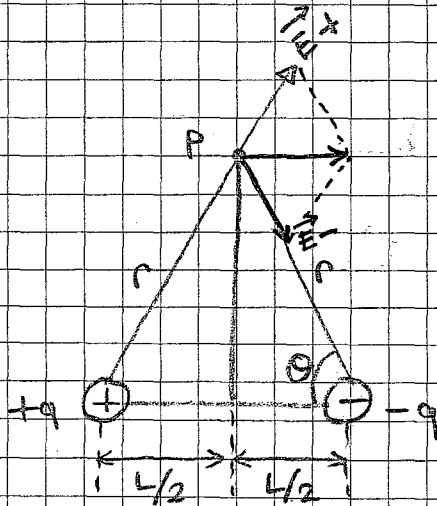
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{x \cdot \vec{r}}{r^2} dr \rightarrow x^3 \text{ buradan geliyor.}$$

$$\rightarrow = k \lambda_0 \lambda_0 \int_{x_0}^{\infty} x^{-3} dx$$

$$\boxed{E = \frac{k \cdot \lambda_0}{2x_0}}$$

vektörel bir büyüklüktür.

- 2) Şekilde gösterilen elektrik dipol momentinin yükler arasındaki uzaklığı r ($r \gg L$) olan P noktasındaki elektrik alanı bulunuz (P noktası 2 yük arasındaki orta noktasına dik olarak kesen eksen üzerindedir.)



$$\vec{E} = E_x \vec{i} = (E_{1x} + E_{2x}) \vec{i} = 2E_{1x} \vec{i}$$

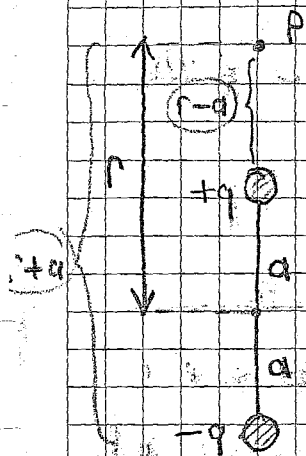
$$E_{1x} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\cos\theta}{r^2}, \quad \cos\theta = \frac{L/2}{r} = \frac{L}{2r}$$

$$\boxed{E_{1x} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{L}{2r^3}}$$

$$\vec{E} = 2 \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{L}{2r^3} \vec{i}$$

$$\boxed{\vec{E} = \left(\frac{qL}{4\pi\epsilon_0 r^3} \right) \vec{i}}$$

Verilen dipolün eksenini boyunca dipol merkezinden r kadar uzakta bulunan bir noktadaki elektrik alanının r 'nin büyük değerleri için $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p}{r^3}$ ile verildiğini gösteriniz.



$$E_p = kq \left(\frac{1}{(r-a)^2} - \frac{1}{(r+a)^2} \right)$$

$$E_p = kq \left[\frac{(r+a)^2 - (r-a)^2}{(r-a)^2 \cdot (r+a)^2} \right] = \frac{4kqra}{(r^2 - a^2)^2}$$

$$r \gg a \Rightarrow \text{ihmal}$$

$$= \frac{4kqra}{r^4} = \frac{4kqa}{r^3} = \frac{2kp}{r^3}$$

yerine
koy

$$p = q \cdot L$$

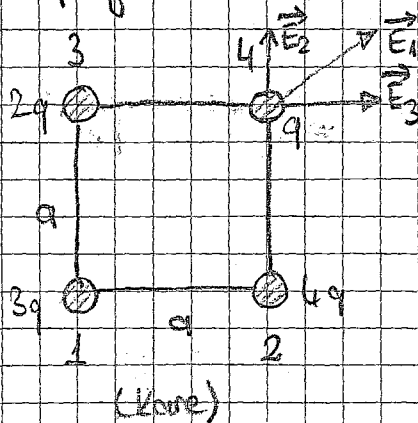
$$p = 2aq$$

$$\vec{E} = \frac{2kp}{r^3}$$

4) 4 nokta yük için,

a) q yükünün konumundaki elektrik alanın değeri ve yönü nedir?

b) q 'ya etki eden bileşik kuvvet ne kadardır?



$$\vec{E} = k \frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + k \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + k \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3$$

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

$$E = 5,91 \cdot \frac{kq}{a^2} \cdot 58,8^\circ$$

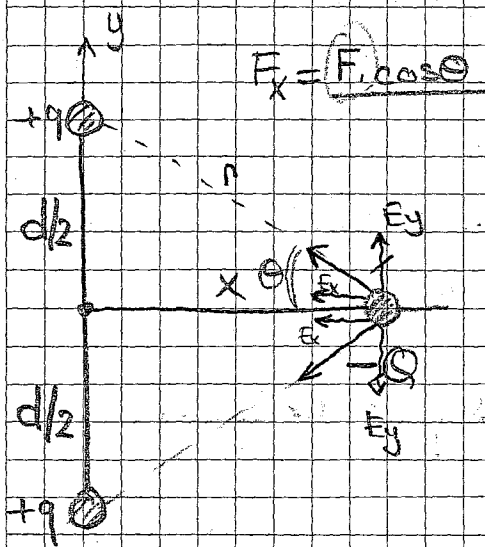
$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

$$\vec{F} = 5,91 \cdot \frac{kq^2}{a^2} \cdot 58,8^\circ$$

5) $+q$ yüklü iki paralel nokta yük arasında d uzaklıklarla sabitleştirilmiştir. m kütlesi 3 , bir $-q$ yüklü iki sabit yükün orta dikmesinde orta noktadan x uzaklığında durmakta olup, serbestçe hareket edebilmektedir.

a) x d 'ye göre çok küçük olduğunda $-q$ nun orta dikeye üzerinde B.H.H yapacağını gösteriniz. Bu hareketin periyodunu bul.

b) $-q$ yüklü orta noktada $a \ll d$ uzaklığında serbest bırakıldığında iki sabit yükün orta noktasına ulaştıracak hızı ne olur?



$$T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow$$

$$a = -\omega^2 x$$

$$F = ma$$

$$\frac{kqQ}{(d/2)^2 + x^2}$$

$$\text{ve } \theta = \tan^{-1}(d/2x)$$

$$\left(\frac{2kqQ}{\frac{d^2}{4} + x^2} \right) \cdot \left(\frac{(-x)^2}{\left(\frac{d^2}{4} + x^2 \right)^{3/2}} \right) = m \cdot a$$

$\downarrow$ ihmal $\downarrow$ ihmal

$$x \ll d \Rightarrow$$

$$a \approx \frac{-2kqQ}{md^3} \cdot x$$

$$\omega^2 = \frac{16kqQ}{md^3}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{md^3}{kqQ}}$$

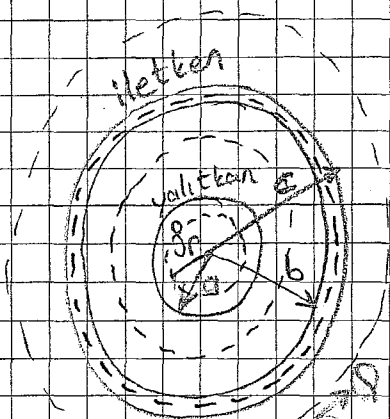
$$b) V = \omega^2 \cdot A$$

Gauss

6) a yarıçaplı, yalıtkan, dolu bir kürenin toplam yükü Q , dışın yük yoğunluğu ρ olur. Şekildeki gibi bu kürenin dışında aynı merkezli iç yarıçapı b , dış yarıçapı c olan yalıtkan, içi boş bir küre bulunuyor.

a) $r < a$ $a < r < b$ $b < r < c$ ve $r > c$ bölgelerinde elektrik alan büyüklüklerini bulunuz.

b) içi boş kürenin iç ve dış yüzeylerinde birim yüzölçüm başına düşen indüksiyon (etkiyle) oluşan yükleri bulunuz.



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{ic}}{\epsilon_0}$$

$$\oint E \cdot dA \cdot \underbrace{\cos \theta}_1 = E \underbrace{\oint dA}_{4\pi r^2}$$

$$E \cdot 4\pi r^2 \Rightarrow E_{ic} = k \cdot \frac{Qr}{a^3}$$

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

$$q_{ic} = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

$$q_{ic} = \frac{Q \cdot r^3}{a^3}$$

yerine geçer

$a < r < b$ için

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

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

$b < r < c$ için

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

$$E = 0$$

(iletkenin içinde)

$r > c$ için

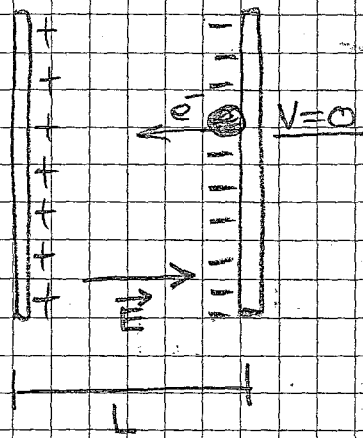
$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

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

7) Ters işaretli olarak yüklenmiş iki plakanın arasında düzgün bir elek. alan oluşmuştur. Bir e^- (-) yüklü plakanın yüzeyinden serbest bırakılarak 2 cm uzakta bulunan plakaya $1,5 \times 10^{-8}$ sn. sonra geliyor.

a) 2. plakaya gelme anında e^- 'nin hızı?

b) Elektrik alanın şiddeti nedir?



$$L = \frac{1}{2} a t^2$$

$$L = 2 \text{ cm}$$

$$t = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$a = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{(1,5 \cdot 10^{-8})^2} = \frac{16}{9} \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$$

$$v = \sqrt{2 a L} = \sqrt{2 \cdot \frac{16}{9} \cdot 10^{14} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 2,7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$b) \vec{F} = -e \vec{E}$$

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$-e \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{E} = \frac{-m \vec{a}}{e} = - \left(\frac{m}{e} \right) \cdot \vec{a}$$

sbtir

$$E = \frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \frac{16}{9} \cdot 10^{14} = 1000,0 \text{ N/C}$$

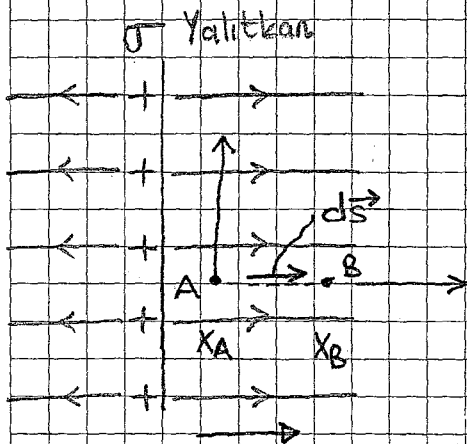
- Elektriksel Potansiyel'i anlayabilmek için önce elek. pot. enerji ve onun için de korunumlu kuvvet bilinmelidir.
(Elektriksel kuvvet, korunumlu bir kuvvettir.)

$$\Delta U = - \int_A^B (q_0 \vec{E}) \cdot (d\vec{s})$$

$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \checkmark$$

$V = \frac{U}{q}$	→ elektriksel potansiyel
$U = qV$	→ elektriksel potansiyel enerji

- Düzgün $\vec{E}$ içinde potansiyel farkı



$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$\Delta V = - \int_A^B E \, ds \, \underbrace{\cos(\vec{E}, d\vec{s})}_{0^\circ}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \text{sabit}$$

$$\Delta V = - \int_A^B E \, ds$$

$$\Delta V = -E \int_{x_A}^{x_B} ds$$

$$= -E(s) \Big|_{x_A}^{x_B}$$

$$= -E(x_B - x_A)$$

$$\Delta V = -Ed$$

$$V_B - V_A = -Ed$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0} \left[\frac{N}{C} \right]$$

ÖDEV:

$$\frac{N}{C} = \frac{V}{m} \text{ ispatla}$$

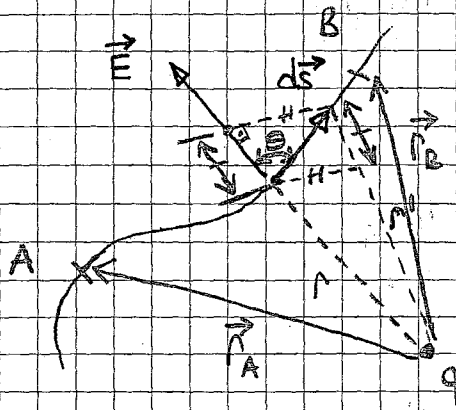
$$E = -\frac{\Delta V}{d} \left[\frac{V}{m} \right]$$

Her ikisi de $\vec{E}$ 'nin birimidir.

$$N \cdot m = C \cdot V = \text{Joule (dikkat et)}$$

- Nokta yükün E alanında potansiyel farkı

Bir q yükünü A'dan B'ye hızlandırmadan taşıyık.



$$r' - r = dr = ds \cdot \cos \theta$$

$E_r \rightarrow r$ doğrultusunda olduğu gösterir.

$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$= - \int_A^B E ds \cos(\vec{E}, d\vec{s})$$

$$= - \int_A^B E_r dr$$

$$= - \int_A^B \frac{kq}{r^2} dr$$

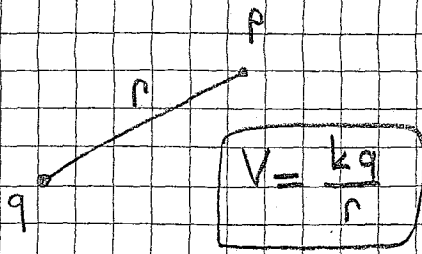
$$\Delta V = -kq \int_A^B \frac{dr}{r^2}$$

$$\Delta V = -kq \left[-\frac{1}{r} \right]_A^B$$

$$V_B - V_A = \frac{kq}{r_B} - \frac{kq}{r_A}$$

(Potansiyel enerjinin kendisi değil,

Değişimdir.)



$$\Delta V = - \int_{\infty}^r E dr$$

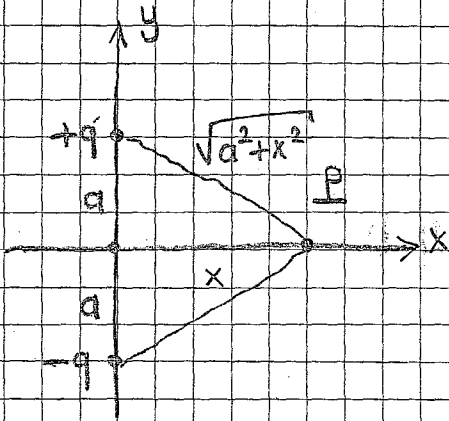
→ Mesela $r_A = \infty$ dan $r_B = r$ ye getirilirse

$$V(r) - \underline{V(\infty)} = - \int_{\infty}^r E dr$$

$$V(r) = - \int_{\infty}^r E dr$$

Örnek:1

P noktasındaki potansiyel?



$$V_P = V_{+q} + V_{-q}$$

$$= \frac{kq}{\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{kq}{\sqrt{a^2 + x^2}} = 0$$

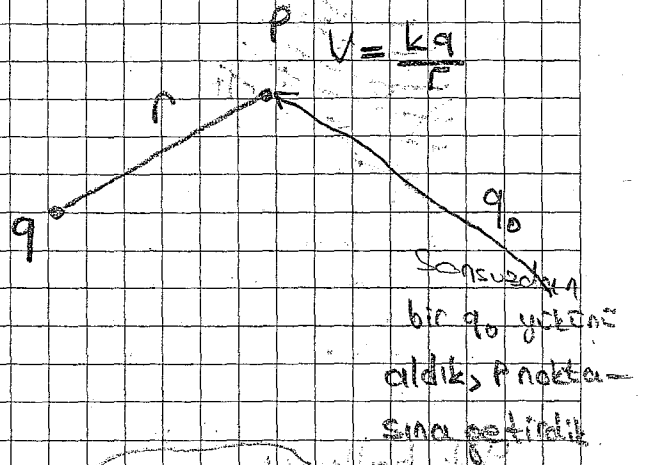
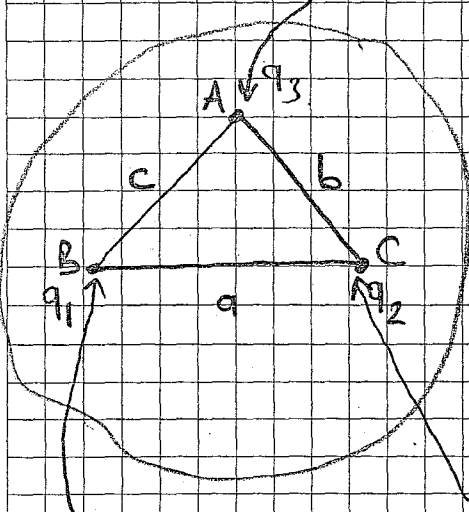
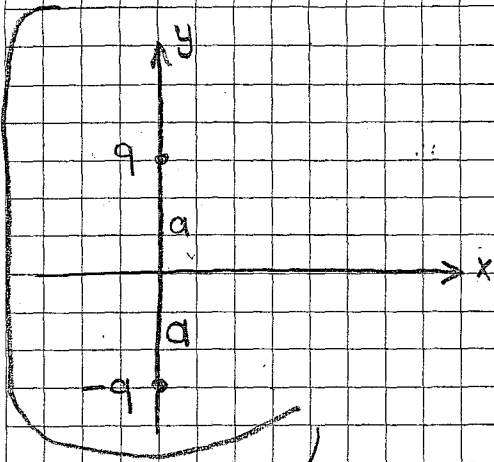
(x eks. üzerindeki bir noktada)

↓
-q değil de +q yükü
olsaydı bu - işareti
+ olurdu.

UYARI: Potansiyel, skaler bir büyüklüktür. Yani yükün
+ veya - olması işlem için önemlidir.

(Halbuki yükün işareti $\vec{E}$ ve $\vec{E}$ bulunurken sadece
yönü verildi. Büyüklüğe etki etmezdi.)

Örnek: 2



$$W = \frac{kq_1q_0}{r}$$

Yapılan iş esittir.

$$W = (0) + \left(\frac{kq_1q_2}{a} \right) + \left(\frac{kq_1q_3}{c} + \frac{kq_2q_3}{b} \right)$$

1. yükü getirmek için yapılan iş

2.

3.

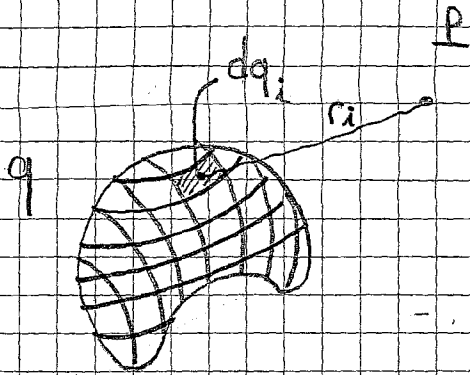
NOT: Sonsuzdan sırasıyla q_1 , q_2 ve q_3 yüklerini getiriyorsanız (bir üçgenin köşelerini oluşturacak şekilde)

q_1 i getirirken ortama bir F_e yok. $\Rightarrow W_1 = 0$

q_2 yi " " " q_1 var $\Rightarrow W_2 = \frac{kq_1q_2}{a}$

q_3 ü " " " q_1 ve q_2 var $\Rightarrow W_3 = \frac{kq_1q_3}{c} + \frac{kq_2q_3}{b}$

• Yük dağılımlarının potansiyeli



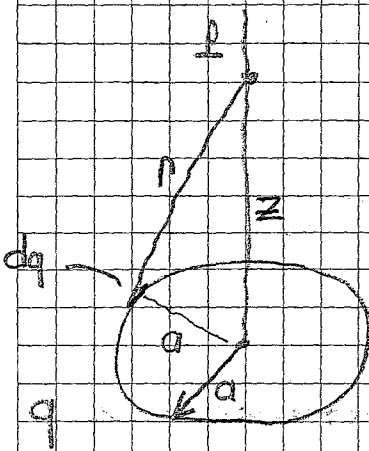
$$dV_i = \frac{k dq_i}{r_i}$$

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{k dq_i}{r_i}$$

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

[Yükün dağıldığı uzay] → integralin sınırlarını belirler

Yük halkası



$$dV = \frac{k dq}{r}$$

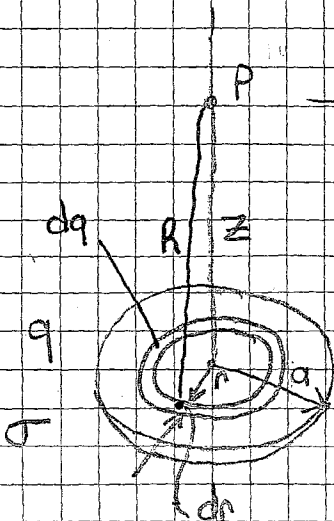
$$V = \int \frac{k dq}{r}$$

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

$$= \frac{kq}{r}$$

$$V = \frac{kq}{\sqrt{z^2 + a^2}}$$

Yüklü disk



$$\rightarrow dV = \frac{k dq}{R}$$

$$R = \sqrt{z^2 + r^2}$$

Halkanın yüzölçümü

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

$$dV = \frac{k\sigma 2\pi r dr}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

$$V = \int_0^a \frac{k\sigma 2\pi r dr}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

$$z^2 + r^2 = u$$

$$du = 2r dr$$

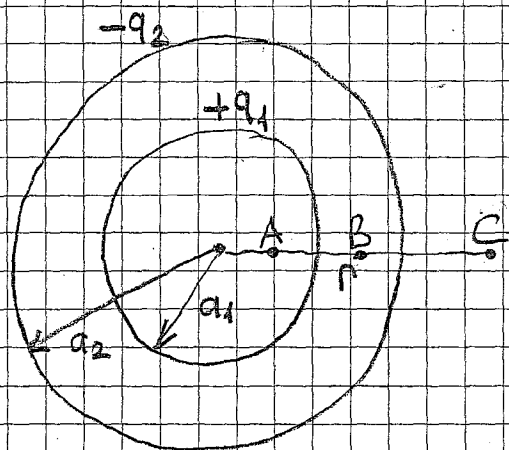
$$V = \pi k\sigma \int u^{-\frac{1}{2}} du$$

$$= 2\pi k\sigma u^{\frac{1}{2}} \Big|_0^a$$

$$V = 2\pi k\sigma \sqrt{z^2 + r^2} \Big|_0^a$$

$$V = 2\pi k\sigma \left[\sqrt{z^2 + a^2} - z \right]$$

Bölüm 25/Prob 65



A, B, C noktalarındaki potansiyelleri hesaplayınız.

$$a) V_c = - \int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$V_c = - \int_{\infty}^r E dr$$

$$E = \frac{kq_1}{r^2} - \frac{kq_2}{r^2}$$

$$V_c = - \int_{\infty}^r \left(\frac{kq_1}{r^2} - \frac{kq_2}{r^2} \right) dr$$

$$V_c = \left(\frac{kq_1}{r} - \frac{kq_2}{r} \right) \Big|_{\infty}^r$$

$$V_c = \frac{k(q_1 - q_2)}{r}$$

$$q_1 = 15 \text{ cm}$$

$$q_2 = 30 \text{ cm}$$

$$q_1 = 10 \text{ nC}$$

$$q_2 = -15 \text{ nC}$$

$r \rightarrow (\text{cm}) \rightarrow 10^{-9}$
ile çevrilir.

$$V_c = \frac{9 \times 10^9 (10 \times 10^{-9} - 15 \times 10^{-9})}{r}$$

$$V_c = -\frac{45}{r} \quad (\text{Kürelerin dışında potansiyel - işaretlidir})$$

(Çünkü - yükün büyüklüğü daha fazladır)

$$b) V_B = - \int_{\infty}^r E dr$$

$$= - \int_{\infty}^{a_2} E dr - \int_{a_2}^r E dr$$

$\downarrow$ kürelerin dışındaki alan $\downarrow$ kabuklar arasındaki alan

$\Rightarrow$ Çünkü sonsuzdan geliyoruz.

$r \rightarrow B$ 'nin merkeze olan uzaklığı.

$$E_{\text{ara}} = \frac{kq_1}{r^2}$$

$$E_{\text{ara}} = -$$

yazıp gösteremeyişin. Çünkü sınırları farklı

$$= - \int_{\infty}^{a_2} \left(\frac{kq_1}{r^2} - \frac{kq_2}{r^2} \right) dr - \int_{a_2}^r \frac{kq_1}{r^2} dr$$

$$V_B = \frac{k(q_1 - q_2)}{a_2} + \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{a_2}$$

$$V_B = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_2}{a_2}$$

$$V_B = \frac{90}{r} - \frac{135}{0.3}$$

$$V_B = \frac{90}{r} - 450$$

İletkenin içinde elektrik alan yoktur.

$$c) V_A = - \int_{\infty}^{a_2} E_{d12} dr - \int_{a_2}^{a_1} E_{ara} dr - \int_{a_1}^r E_{ic} dr$$

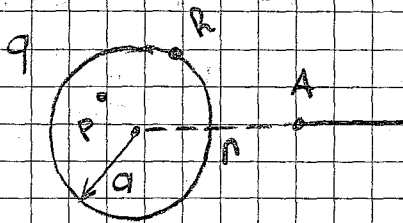
$$V_A = \frac{k(q_1 - q_2)}{a_2} + \frac{kq_1}{a_1} - \frac{kq_1}{a_2}$$

$$V_A = \frac{kq_1}{a_1} - \frac{kq_2}{a_2}$$

$$= \frac{90}{0.15} - \frac{135}{0.3}$$

$$= 150 \text{ V}$$

Örnek



A noktasındaki potansiyeli bulunuz.

Kürenin yüzeyindeki " "

Kürenin içindeki " "

$$V_A = \frac{kq}{R}$$

$$V_{\text{yüzey}} = \frac{kq}{a}$$

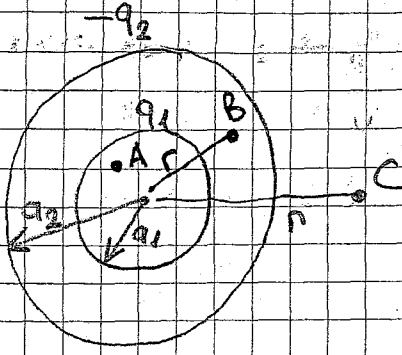
$$V_R - V_P = - \int_{R}^P \vec{E}_{ic} \cdot d\vec{s}$$

$$= 0$$

$$\underline{V_R = V_P}$$

$$V_{ic} = V_{\text{yüzey}} = \frac{kq}{a}$$

Az önceki soruyu bu mantıkla çözersek :



$$V_C = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_2}{r}$$

→ İntegral ile
kullandığımız
sonucun aynısı

$$V_C = \frac{k(q_1 - q_2)}{r}$$

$$V_B = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_2}{a_2}$$

İç küreden
meydana gelen
potansiyel

$$V_A = \frac{kq_1}{a_1} - \frac{kq_2}{a_2}$$

Biraz önce elde ettiğimiz sonuçların aynısı.

(Aynı sonucu iki yolla hesapladık)

Bölüm 4

SİĞA VE DİELEKTRİKLER

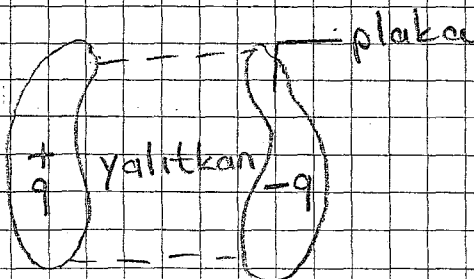
Kondansatöre ait bir kavramdır.

- Kondansatör: Yük biriktirmeye yarayan düzenek (Yük deposu)

- Bütün elektronik devreler
- flaş
- Klavye
- Radyo frekans ayarı

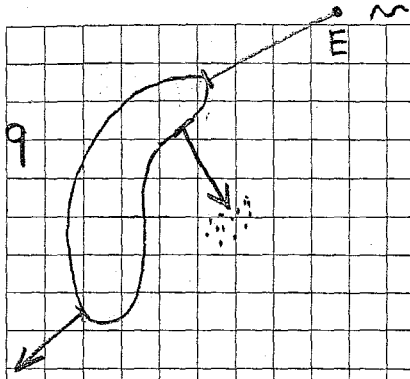
} gibi pek çok yerde kullanılır.

→ Karşılıklı iki iletken + arasında konulan bir yalıtkan



Sığa: Yük depolama yeteneğine sığa denir.

Gök aşırı yük yüklersek kıvılcım şeklinde elektrik boşalması olur,



Bir kondansatörün yükü, plakalarından biri üzerinde bulunan pozitif yüküdür. (negatif yük göz önüne alınmaz.)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

C : sığa $\rightarrow$ skaler bir büyüklüktür. Daima pozitiftir.

$q \uparrow$ $V \uparrow$

Yük miktarı artarsa potansiyel artar.

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$$

$\rightarrow$ geometrik şekli

$$\text{Sığanın birimi} \rightarrow \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}} = \text{Farad (F)}$$

$$\mu F = 10^{-6} F$$

1 mikrofaraad,
1 faradın
milyonda biridir.

$$pF = 10^{-12} F$$

(pikofaraad)

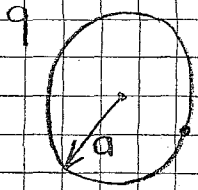
• Sığa hesapları

(i) iletken küre

• Önce sistemin potansiyeli bulunur

$$V = - \int_{\infty}^A \vec{E} \cdot d\vec{s}$$
$$= - \int_{\infty}^A E dr$$

$\rightarrow$ Tüm kondansatörlerin sığası için bu recipe geçerlidir.



$$V = \frac{kq}{a}$$

$$C = \frac{q}{V} = \frac{q}{k} = 4\pi\epsilon_0 a$$

Kürenin sırası yarıçapı ile orantılıdır. Zaten geometrik şekli yarıçap beliden.

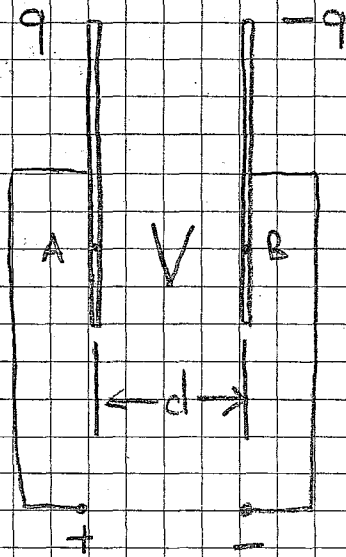
Örnek: $C = 1F$ olan bir iletken kürenin yarıçapı?

$$1 = \frac{q}{k}$$

$$a = k = 9 \times 10^9 \text{ m} \quad \left(\text{Bu, dünyanın yarıçapının 1,5 katıdır} \right)$$

Dolayısıyla böyle bir kondansatör yapmak imkansızdır.

• Paralel Plakalı Kondansatör



Kondansatörün toplam yükü 0

Bunun yerine

kondansatörün yükü q olur diyoruz.

$$V = E d$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

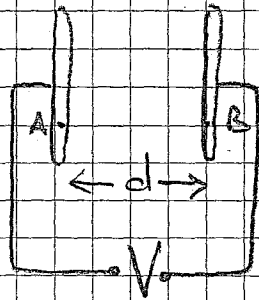
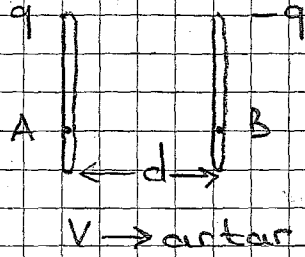
$$E = \frac{q}{\epsilon_0 A}$$

$$V = \frac{q d}{\epsilon_0 A}$$

$$C = \frac{q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

(Uzaklığın yorumuna dikkat)

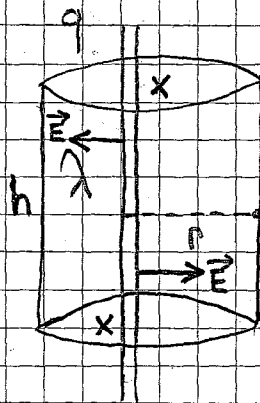
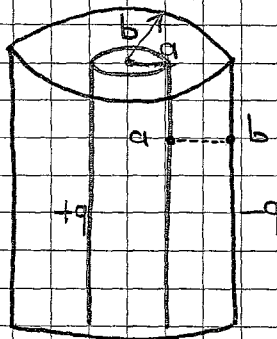
d uzaklığı büyütülürse



$V_{AB} = \text{sabit}$ (Çünkü yine aynı potansiyelin uçlarına bağlıdır)

• Silindirik Kondansatör :

Önce
Elektrik alanı gauss kanunuyla hesaplıyoruz.



gauss yüzeyi

$$V = - \int_a^b E dr$$

$$\lambda = \frac{q}{L}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{ic}}}{\epsilon_0}$$

Seklin enini/bayırını
↑ önemi yoktu

$$E \cdot 2\pi r \cdot h = \frac{\lambda h}{\epsilon_0}$$

Gauss kanunu
şekilden bağımsızdır

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} = 2k\lambda$$

Elek. alanı hesapladıktan sonra sorumuzu geri düşünürüz:

$$V = - \int_a^b \frac{2k\lambda}{r} dr$$

$$V = -2k\lambda \int_a^b \frac{dr}{r}$$

$$V = -2k\lambda \ln r \Big|_a^b$$

$$V = -2k\lambda [-\ln b + \ln a]$$

$$V = 2k\lambda \ln \frac{a}{b}$$

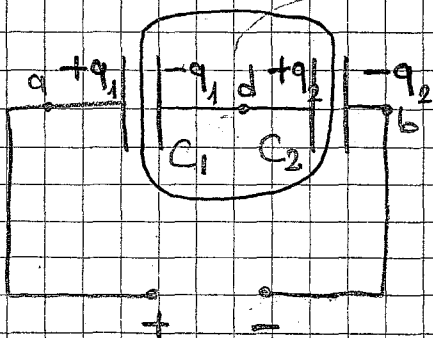
$$V = \left| \frac{2kq}{L} \ln \frac{a}{b} \right|$$

$$C = \frac{q}{V} = \frac{L}{2k \ln \frac{a}{b}}$$

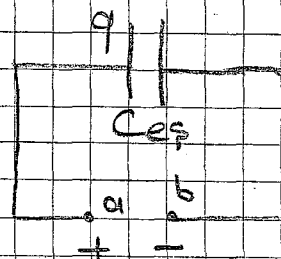
Sıfayı ancak geometriyi
değiştirerek değiştirebiliriz

Sıfaların Bağlanması (=Kondansatörlerin bağlanması)

• Seri bağlama



Bu alanda (boşlukta) harici vardır.
Bundan dolayı etkiyle elektriklenme
gerçekleşir.



$$q_1 = q_2 = q_3 = \dots$$

Seri bağlı kondansatörlerin
karakteristik özelliği

Kondansatörler seri bağlıysa bunlar üzerindeki
yükler eşittir. (Sıfalar tabiki farklı olabilir.)

$$C_1 \rightarrow V_{ad} = \frac{q}{C_1}$$

$$C_2 \rightarrow V_{db} = \frac{q}{C_2}$$

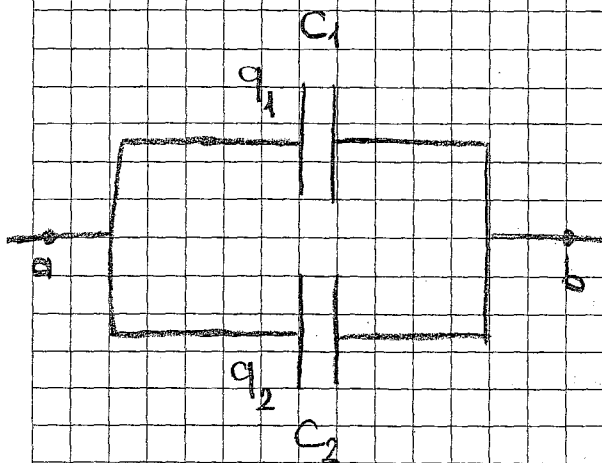
$$V_{ab} = V_{ad} + V_{db}$$

$$= \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$$

$$\bullet V_{ab} = \frac{q}{C_{es}}$$

$$\frac{1}{C_{es}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

• Paralel bağlanma



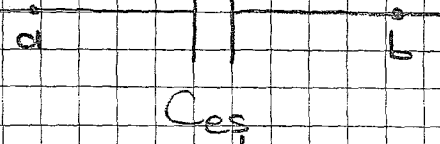
$$\bullet q_1 \neq q_2 \neq q_3 \neq \dots$$

$$V_{ab} = \frac{q_1}{C_1}$$

$$V_{ab} = \frac{q_2}{C_2}$$

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_3}{C_3} = \dots$$

$$q_{es} = q_1 + q_2$$



→ Diğer 2 kondansatörün yapmış olduğu etkiyi aynı gerçekleştiren.

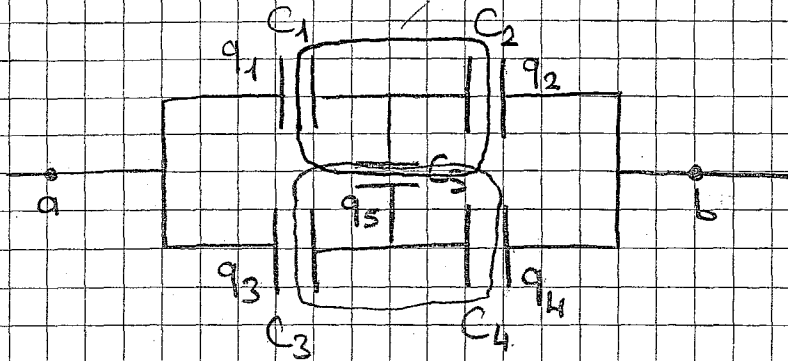
Seri bağlı kondansatörler yerine eşdeğer bir kondansater bağlayabiliriz ve onun sıfasını buluruz.

$$q_{es} = q_1 + q_2$$

$$C_{es} V_{ab} = C_1 V_{ab} + C_2 V_{ab}$$

$$C_{es} = C_1 + C_2 + \dots$$

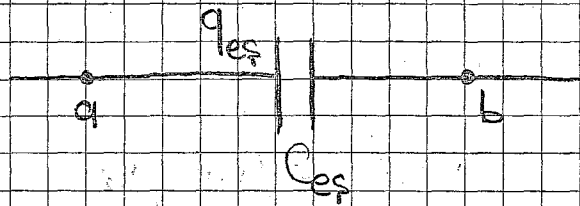
Gerçektenin içindeki
plakalara yük gitmez.
Bundaki yükler etkiyle
oluyor.



$$\bullet q_1 + q_2 + q_s = 0$$

$$\bullet q_3 + q_4 + q_s = 0$$

$$\bullet q_1 + q_3 = q_2 + q_4$$



$$V_{ab} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$$

$$V_{ab} = \frac{q_3}{C_3} + \frac{q_4}{C_4}$$

$$V_{ab} = \frac{q_3}{C_3} + \frac{q_s}{C_s} + \frac{q_2}{C_2}$$

$$V_{ab} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_s}{C_s} + \frac{q_4}{C_4}$$

Bu dört bağıntıyı da kullanabiliriz.

S yolu için ve } yolu için
böyle oluyor.

• Kondansatörde depolanan Enerji

Elektriksel potansiyel enerji' den bahsediyoruz.

$$V = \frac{dU}{dq}$$

$$dU = V dq$$

(elektriksel potansiyel enerji)

$$U = \int_0^q V dq$$

$$U = \int_0^q \frac{q}{C} dq$$

$$U = \frac{q^2}{2C}$$

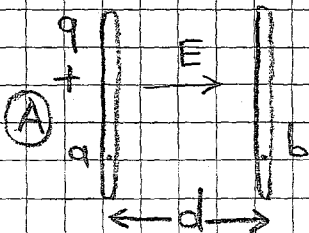
$$q = CV$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$U = \frac{1}{2} qV$$

Her 3 bağıntı da birbirinin eşidir.

* Kondansatörde depolanan enerjide şeklin bir önemi yok.



$$U = \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_0 A}{d} \right) (Ed)^2$$

$$U = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 (Ad)$$

$\downarrow$
V

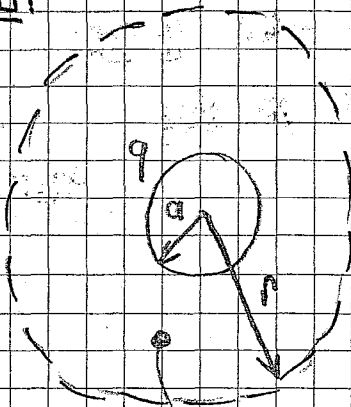
Herhangi
bir yüzün
alanıdır.

Birim hacimde bulunan enerjiye enerji yoğunluğu deriz

$$u = \frac{U}{V_{\text{hacim}}}$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad \text{Enerji Yoğunluğu}$$

SORU:



İki küre arasındaki elektriksel potansiyel enerjiyi hesaplayınız

Küresel hacim elemanı:

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

$$\frac{dV}{dr} = 4\pi r^2$$

$$dV = 4\pi r^2 dr$$

$$u = \frac{dU}{dV_{\text{hacim}}}$$

$$dU = u dV_r$$

$$U = \int_a^r u dV_r$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$E = \frac{kq}{r^2} \quad (\text{kürenin dışındaki alanla ilgilendiririz})$$

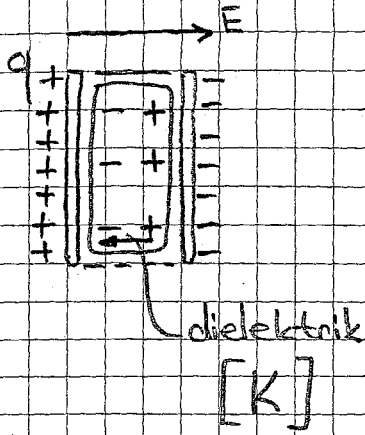
$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{k^2 q^2}{r^4}$$

$$U = \frac{1}{2} \epsilon_0 4\pi k^2 q^2 \int \frac{dr}{r^2}$$

$$U = \frac{1}{2} k q^2 \left[-\frac{1}{r} \right]_a^r$$

$$U = \frac{1}{2} k q^2 \left[\frac{1}{a} - \frac{1}{r} \right]$$

Dielektrik, havadan daha iyi yalıtkandır. Sıfayı 5, 10 kat artırır.



Plakalar arasında yalıtkan (Dielektrik) konulması yükü değiştirmez. Sıfayı artırır.
Potansiyeli azaltır.

$$V = E d$$

Levhalar arasındaki elektrik alan ters yöndedir ve azalır.

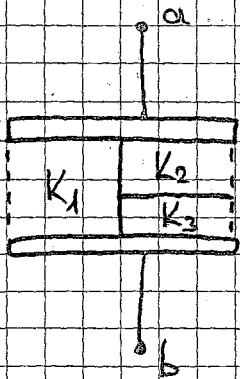
Yalıtkan konulduğunda

$$C = \frac{q}{[V_0/K]}$$

$$C_0 = \frac{q}{V_0}$$

$$C = K \left(\frac{q}{V_0} \right)$$

$C = K C_0 \rightarrow$ Bir yalıtkan koyduğumuzda sıfayı K kadar katlamış oluruz.

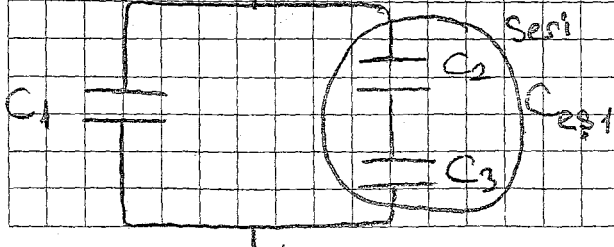


(Birden fazla dielektrik koyduğumuzda)

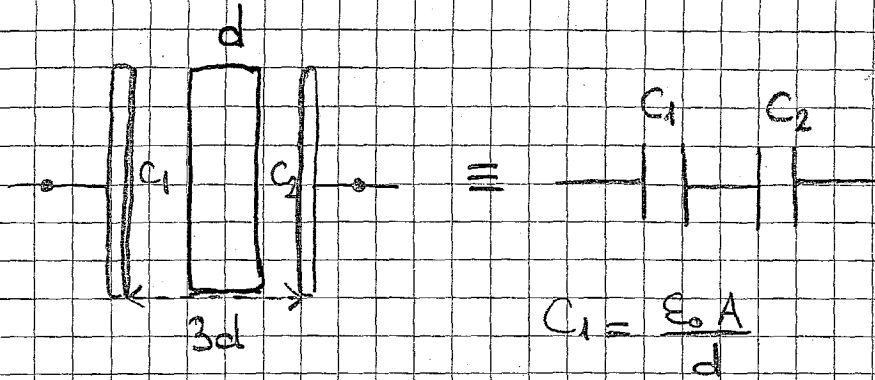
$$C_1 = K_1 \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot A/2}{d}$$

$$C_2 = K_2 \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot A/2}{d/2}$$

$$C_3 = K_3 \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot A/2}{d/2}$$



İki levha arasında iletken ile kaplılık:



Uygulama II

1) Nokta yük, kapalı dışında bulunmaktadır. Kapalı kapten geçen akıyı bulunuz.

1. yüzey 2. yüzey

Noktasal yük içteyse $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$

$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$

$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} + \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$

(1) (2)

Noktasal yük dışta ise $\Phi = 0$

$\Phi = \frac{Q}{2\epsilon_0}$

Difer 2. yüzey için de hesaplanırsa sonuç aynıdır.

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

$\Phi = 0$ (Yük kapalı yüzeyin dışında ise)

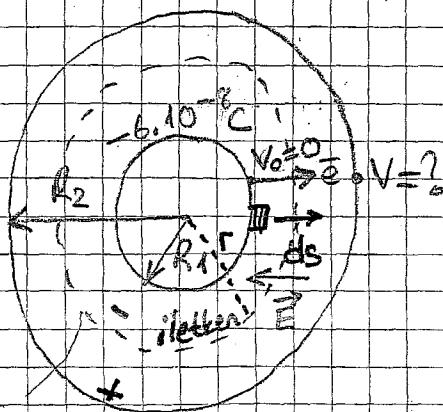
Ters yönde 180° Aynı yönde 0°

$\int \vec{E} \cdot d\vec{A} \cos 180^\circ + \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \cos 0^\circ$

(1) -1 (2) +1

2) Aynı merkezli iki küresel iletken kabuğun yarıçaplarını

0,145 m ile 0,207 m dir. İç kabuk -6×10^{-8} C ile yüklüdür. $\vec{E}$ iç kabuğun yüzeyini ihmal edilebilir bir hız ile terketmiştir. İki kabuk arasında boşluk kabul edilerek $\vec{E}$ 'un dış kabuğa karşılığı arasındaki hızını bulunuz.



$$R_1 = 0.145 \text{ m}$$

$$R_2 = 0.207 \text{ m}$$

$$\Delta K = K_s - K_i$$

$$\Delta K = W$$



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0}$$

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

$$\theta = 180^\circ$$

$$-E \cdot dA = \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0}$$

$$-E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{\text{enc}}}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{-Q_{\text{enc}}}{4\pi \epsilon_0 r^2} \Rightarrow E = k \frac{q}{r^2} \rightarrow \vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = -e \cdot \vec{E} \Rightarrow F = \frac{k q \cdot e}{r^2}$$

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{k q e}{r^2} dr = k q e \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = k q e \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right]$$

$$W = k q e \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right]$$

$$\Delta K = W = K_s - K_i \rightarrow 0$$

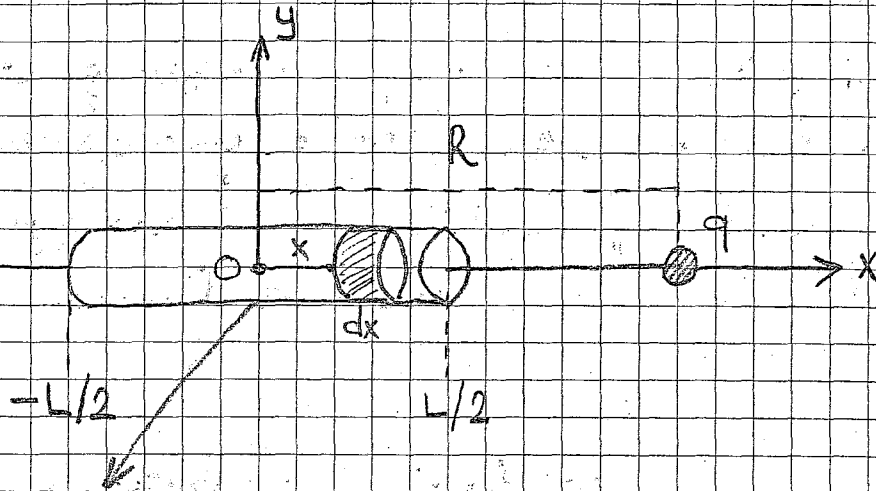
$$= \frac{1}{2} m v^2 = k q \cdot e \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]$$

$\downarrow$ $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $\downarrow$ $9,10^9 \text{ NC}^2/\text{m}^2$ $\downarrow$ $6,10^{-19} \text{ C}$ $\downarrow$ $0,145 \text{ m}$ $\downarrow$ $0,207 \text{ m}$

$$v^2 =$$

$$V = 2,0 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

3) Uzunluğu L olan bir çubuk şekilde gösterildiği gibi x eksenine yerleştirilmiştir. Çubuk üzerindeki toplam yük Q dır. (Yoğunluk merkezden sağa doğru $(+)$ sola doğru $(-)$ işaretlidir.) Yoğunluk $\lambda(x) = \frac{2\lambda_0 x}{L}$ fonksiyonu ile veriliyor. Çubuğun sağ tarafında ve x ekseninde bir R noktasında bulunan bir q yüküne etkileyen kuvveti bulunuz.



$$\vec{F} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \hat{r}$$

$$Q = \int \lambda dl, \sigma ds, \rho dV$$

$$dQ = \lambda dx$$

$$dQ = \frac{2\lambda_0 x}{L} dx$$

$$\int d\vec{F} = \int_{-L/2}^{+L/2} \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\lambda_0 x}{L} dx \cdot \frac{1}{(R-x)^2} \cdot \hat{i}$$

$$\vec{F} = \frac{q \cdot \lambda_0 \cdot \hat{i}}{2\pi\epsilon_0} \int_{-L/2}^{+L/2} \frac{x}{(R-x)^2} dx = A \cdot \hat{i}$$

Ankaya parabolü

$$\frac{x+R-R}{(R-x)^2} = \frac{x-R}{(R-x)^2} + \frac{R}{(R-x)^2} = \frac{-1}{(R-x)} + \frac{R}{(R-x)^2}$$

yerine koyarsak

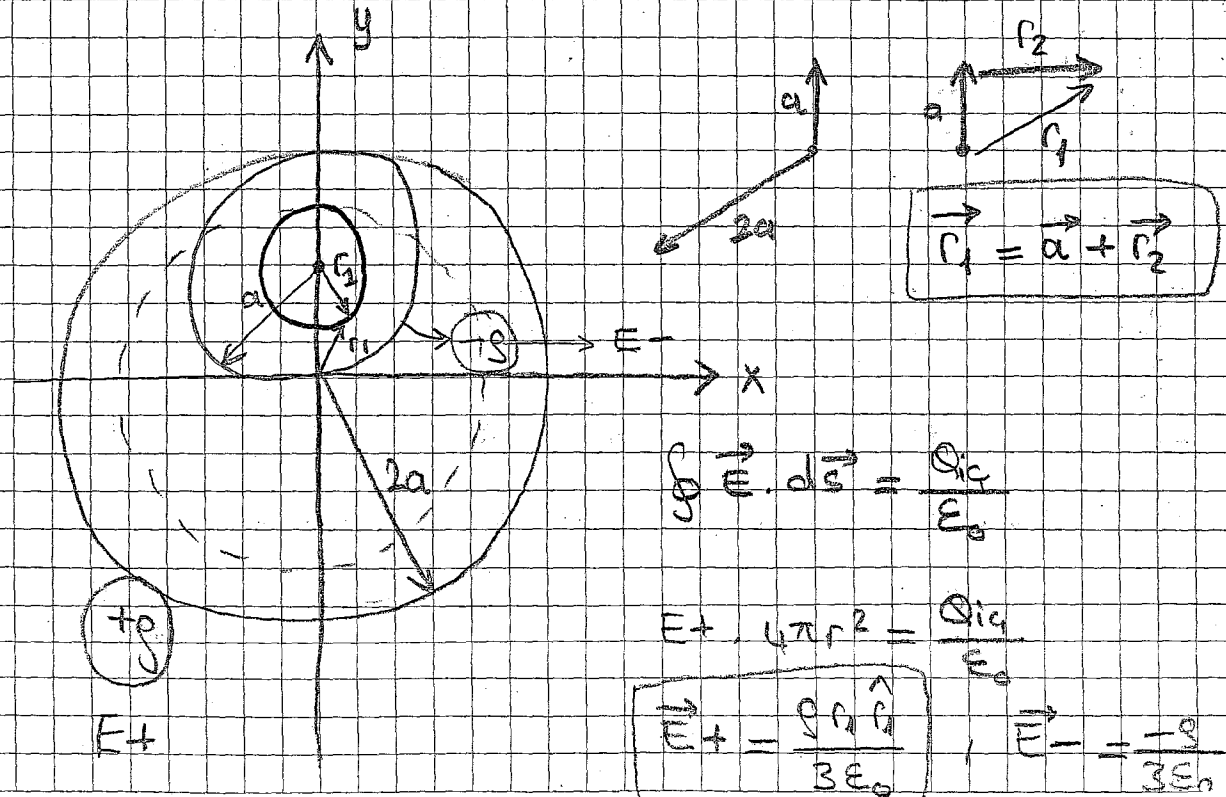
Bu değerleri integralde yerine koyarsak :

$$= A \cdot \vec{z} \left[\int_{-L/2}^{+L/2} \frac{R}{(R-x)^2} dx - \int_{-L/2}^{+L/2} \frac{1}{(R-x)} dx \right]$$

$$\Rightarrow \vec{E} = \frac{2q\lambda_0}{4\pi\epsilon_0 L} \left[\ln \left[\frac{R-(L/2)}{R+(L/2)} \right] + R \left[\frac{1}{R-(L/2)} - \frac{1}{R+(L/2)} \right] \right] \vec{z}$$

4) 2a yarıçaplı yalıtkan bir kürenin düzgün ρ hacimse, yük yoğunluğu vardır. Bu kureden a yarıçaplı bir küre çıkarılarak bir oyuk oluşturuluyor. Bu oyuk içinde elektrik alanın düzgün ve $E_x = 0$ $E_y = \frac{\rho \cdot a}{3\epsilon_0}$ ile verildiğini gösteriniz.

(Oyuktaki alan başlangıçtaki iç oyuklanmamış kürenin alanı ile oyuk büyüklüğünde düzgün $-\rho$ yük yoğunluklu kürenin alanının üstüste binmesinden oluşuyor.)



$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$$

$$= \frac{q r_1 \hat{r}_1}{3\epsilon_0} - \frac{q r_2 \hat{r}_2}{3\epsilon_0} \Rightarrow \vec{E} = 0 \cdot \hat{i} + \frac{q a}{3\epsilon_0} \cdot \hat{j}$$

$$\vec{r}_1 = \vec{a} + \vec{r}_2$$

$$\vec{r}_2 = \vec{r}_1 - \vec{a}$$

$\downarrow$
 E_x

$\downarrow$
 E_y

5) Gerilimi 12 volt olan bir aküye kapasitesi 100 μ F olan bir kondansatöre yükleniyor.

a) Kondansatörde depo edilen enerjiyi bulun.

b) Akünün verebileceği yük $3,16 \times 10^5$ C olarak bilindiğine göre akünün enerjisi ile kondansatörde depo edilen enerjiyi karşılaştırın.

$$a) U = \frac{C V^2}{2}$$

$$= \frac{(100 \cdot 10^{-6} \text{ F}) \cdot (12 \text{ V})^2}{2}$$

$$U = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

$6 \cdot 10^8$ katı olur.

$$U = Q V = (3,16 \cdot 10^5 \text{ C}) \cdot (12 \text{ V}) = 4,3 \cdot 10^6 \text{ J}$$

* NOT: Akünün enerjisi $U = Q V$ formülü ile hesaplanır.

Bölüm 5

AKIM ve DİRENÇ

NOT: Şimdiye kadar hep durgun yükler için konuştuk.

• Akım: Elektrik yüklerinin belli bir yön ve doğrultuda hareket etmesidir.

Yükleri → Yük taşıyıcılar taşıyor.

İletken: elektronlar (iletkenlerin yük taşıyıcısı elektronlardır)

Yarıiletken: elektronlar ve boşluklar (e⁻lar ve boşluklar zıt yönde hareket ederler)

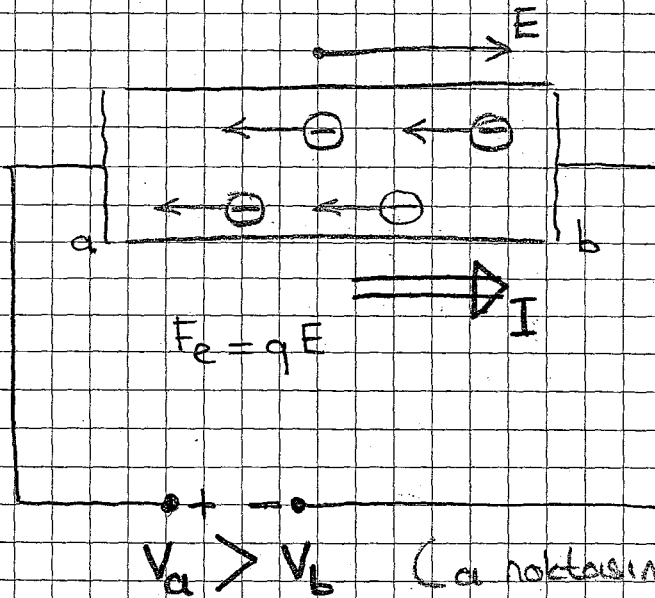
Çözümler: + ve - iyonlar

İletkenler:

• Serbest elektronlar vardır.

• Akım için elektrik alan gerekir.

*NOT: Yükler hareketli ise iletkenin içinde bir elek. alan var.



Yükler aynı yön ve doğrultuda hareket ediyorlar.

Şu halde bu bir akımdır.

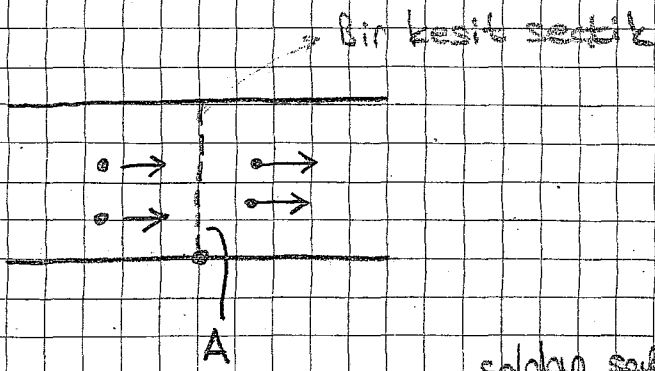
Akım, elektronların zıt tersi yönde hareket eder.
(Yani + yüklerin yönünde)

(a noktasının potansiyeli b'den büyüktür)

Zaten bu yüzden + diye adlandırılmış.

* Elek. akımı potansiyelin yüksek olduğu noktalardan, düşük olduğu noktaya doğru akan.

$$\begin{cases} F_e = qE \\ m \cdot a = qE \\ qE \end{cases}$$



→ soldan sağa
 Δt sürede Δq yükü geçsin.

$$\Delta q = \left(n_{\text{taşıyıcı sayısı}} \right) \times \left(\text{Bir taşıyıcının yükü} \right)$$

Diyeelim ki ortalama
 5 tane e^- saydık.

5

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$akım = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

→ ortalama akım

$$I_{or} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \frac{\text{Coulomb}}{s} \rightarrow \text{özel adı Amper (A)}$$

→ Ani akım

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Ör: $I = 2t + 1$ A ise 2s içinde akıma dik kesitten geçen yükü bulunuz.

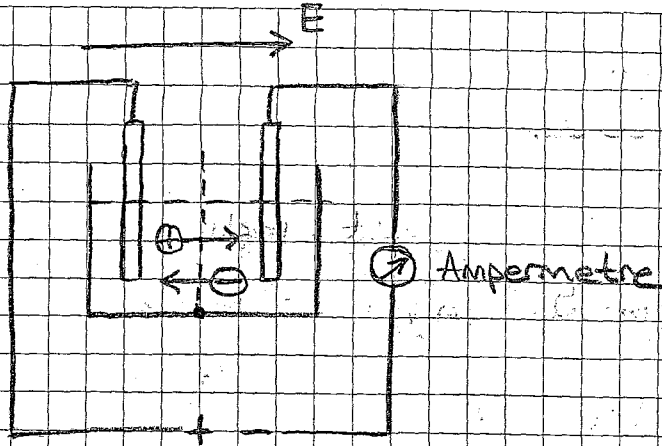
$$\frac{dq}{dt} = I = 2t + 1$$

$$dq = (2t + 1) dt$$

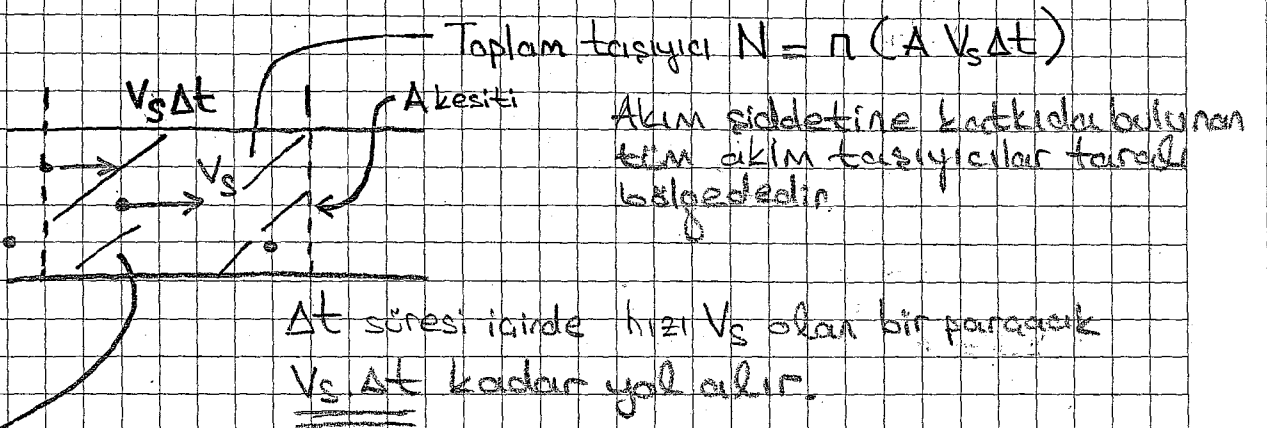
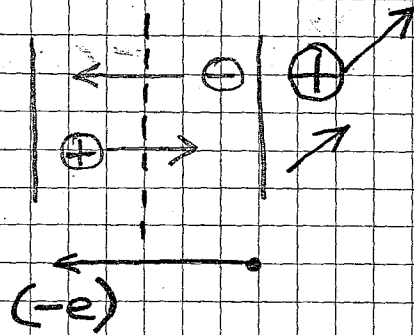
$$q = \left[t^2 + t \right]_0^2 = 6 \text{ C}$$

NOT: Yüklerin hareketine dik kesitten birim zamanda geçen yük miktarına akım şiddeti denir. Çoğu zaman sadece akım denir.

Ör:



$$\Delta q = q_+ + q_-$$



n : iletkenin birim hacminde bulunan akım taşıyıcısı sayısı.

n : $\frac{\text{tanecik sayısı}}{\text{cm}^3}$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$\Delta q = qN = nqA V_s \Delta t$$

$$I = nqA V_s$$

V_s : $V_{\text{sürüklenme}} = \text{Sürüklenme hızı}$

Ör: Bir bakır tel alalım. $A = 1 \text{ cm}^2$

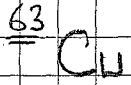
Yük taşıyıcı: elektron

Yük: e olacaktır.

$$I = 1 \text{ A}$$

Her bakır atomu: 1 serbest elektron veriyor.

$$\rho = ? \quad (\rho_{\text{Cu}} = 9 \text{ gr/cm}^3)$$



Kimyadan yararlanırsak:

$$A = 63$$

Atom numarası kadar e miktarı içinde N_0 kadar atom bulunur.
(A)

$$\frac{m}{A} = \frac{N}{N_0}$$

$$\frac{m}{A} = \frac{N}{N_0}$$

$$m = \frac{A \cdot N}{N_0}$$

$$m = \rho V$$

$$\rho V = \frac{A \cdot N}{N_0}$$

$$\left(\frac{N}{V} \right) = \frac{\rho N_0}{A}$$

$$n = \frac{\rho N_0}{A}$$

$$I = \frac{\rho N_0 e A V_s}{A_k}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 9 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 9000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

SI birim sistemine çevirdik.
Çünkü amper SI birim sisteminde tanımlanmıştır.

$$1 = \frac{9000 \cdot 6.02 \times 10^{23}}{63} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-4} \cdot V_s$$

SI
sistemine
pöre aldık

$$= 10^3 \times \left(\frac{86}{63} \right) V_s \Rightarrow V_s \approx 4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Özet:

- $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow$ Kesitin solundan sağına geçen yük miktarı
(or) $\Delta t \rightarrow$ Kesit üzerinde beklediğimiz süre } Ortalama akım

- $I(t) = \frac{dq}{dt}$ (Ani akım)

- n_0 (sayı yoğunluğu)

$I = q n_0 v_s A$

 v_s (Yüklerin sürüklenme hızı) , son derece düşüktür.

- $\frac{A s}{m g} = \frac{N_0}{N} \rightarrow$ Avogadro sayısı

$$\frac{m}{A} = \frac{N}{N_0}$$

$$m = \rho V$$

$$\frac{s}{A} = \frac{N/V}{N_0}$$

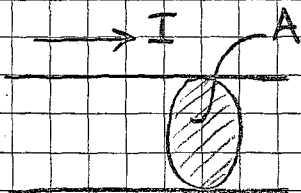
Ohm Kanunu:

- Bazı iletkenler için geçerlidir. Ancak biz tüm iletkenler için ohm kanununu kabul edeceğiz.

- $\Delta V = I R$

akım yoğunluğu: Iletkene dik birim kesitten birim zamanda geçen yük miktarına akım yoğunluğu denir.

$$J = \frac{I}{A} \rightarrow \frac{A}{m^2}$$



• J ve E ilişkisi

$$J \sim E \text{ (orantılı)}$$

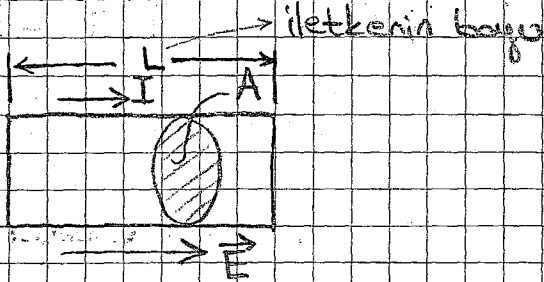
Yani akım yoğunluğu, elektrik alan ile doğru orantılıdır.

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E}$$

↓
iletkenlik

Yani akım yoğunluğu, vektörel bir büyüklüktür. Ama biz vektörellikle ilgilenmiyoruz. Ve $J = \sigma \cdot E$ diyoruz.

$$J = \sigma E$$



$$V = E L$$

$$\frac{I}{A} = \sigma \frac{V}{L}$$

$$V = \frac{L}{\sigma A} I$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \text{ (öz iletkenlik, öz direnç)}$$

$$V = \left(\rho \frac{L}{A} \right) I$$

↙
iletkenin
kimliği

$$V = R I$$

$\rho \rightarrow$ Sıcaklıkla değişir ve bu değişim uzunluğun sıcaklıkla değişimine benzer.
Biz iletkenlerin öz direncini 20°C 'de ölçeriz.

20°C (oda sıcaklığı) : ρ_0

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha \Delta T]$$

$\downarrow$ $^\circ\text{C}$ dir.

α : öz direncin sıcaklık kat sayısı

$$R = R_0 [1 + \alpha \Delta T]$$

$$\Delta T = T - 20 (^\circ\text{C})$$

$\alpha = \alpha(T) \rightarrow$ Yani α , T 'nin bir fonksiyonudur.

$$\Delta \rho = \rho_0 \alpha \Delta T$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta \rho}{\Delta T} \quad \alpha \text{ sabit}$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{d\rho}{dT} \quad \alpha \text{ değişiyor.}$$

Ör: $\alpha = aT$ olan bir iletkenin öz direncini bulunuz.

$$d\rho = \rho_0 \alpha dT$$

$$d\rho = a \rho_0 T dT$$

$$\rho = a \rho_0 \frac{T^2}{2} + C$$

$$T = 0^\circ\text{C} \quad \underline{\underline{\rho(0^\circ\text{C}) = b}}$$

Öncelikle bize bir akım lazımdır

Elektrik Enerjisi ve Güç

Akım bir yük hareketidir ve + elektrik yükleri, potansiyelin yüksek olduğu yerlerden potansiyelin düşük olduğu yerlere doğru hareket ederler.

(Yani su gibidirler, yüksekten düğüğe doğru akarlar)

— elektrik yükleri ise, potansiyelin düşük olduğu yerden yüksek olduğu yere doğru akarlar.

• Elektrik akımı üreten düzeneklere üreticiler denir.

pil } Kimyasal enerji → Elektriksel enerji

Akü }

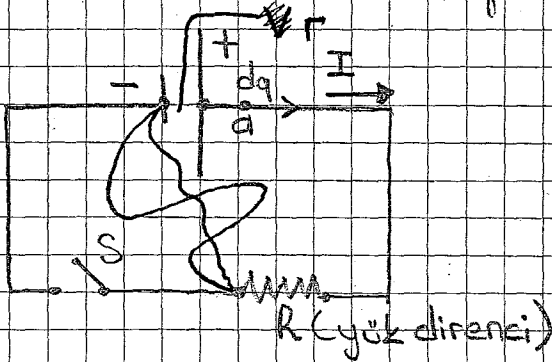
dinamo }

Türbin }

Mekanik enerji → Elektriksel enerji

ye dönüştürür.

Yani üreticiler, herhangi bir enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren düzenektir. Şöyle gösterilir:



Her iletken, yüklerin hareketine karşı bir güçlük çıkarır ve buna direnç denir.

$\mathcal{E}$: üreticiler

↳ bu şimge üreticinin elektromotor kuvveti:

(En basit devre budur.)

(emk)

dq yüküne devrede bir tam dolanım yaptırmak için, üreticinin harcadığı enerjiye, üreticinin elektromotor kuvveti yani emk'si denir.

$$\frac{dW}{dq} = \mathcal{E}$$
$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq}$$

Yani bir üreticinin emk'si üreticinin uçları arasındaki potansiyel fark demektir.

$$dW = \mathcal{E} dq$$

$$\left(\frac{dW}{dt}\right) = \mathcal{E} \left(\frac{dq}{dt}\right)$$

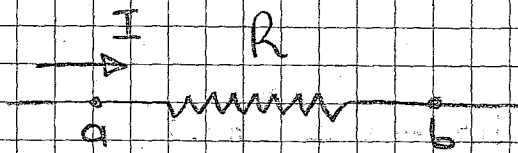
$$P = \mathcal{E} I$$

güç

→ Üreticinin uçları arasındaki potansiyel farkı

→ Üreticinin birim zamanda devreye verdiği enerji

• Dirençte Harcanan Enerji :



(Joule kanunu)

$$V_{ab} = V$$

$$dW = dq \cdot V$$

$$P_{\text{yük}} = IV$$

$$V = IR$$

$$P_{\text{yük}} = I^2 R$$

$$P_{\text{yük}} = \frac{V^2}{R}$$

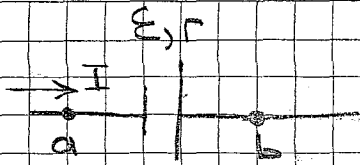
$$P_{\text{ik}} = I^2 \cdot r$$

Enerjinin korunumu

$$\mathcal{E} I = I^2 R + I^2 r$$

$$\mathcal{E} = I(R + r)$$

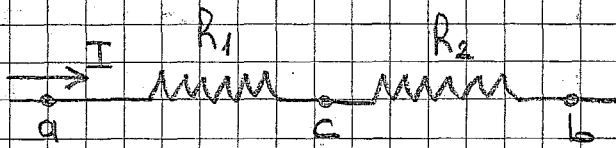
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$



$V_{ab} = V = \mathcal{E}$ açık devre (eğer akım yoksa uçlar arasındaki potansiyel fark emsine eşittir)

$V = \mathcal{E} - Ir$ kapalı devre (eğer akım varsa)

Dirençlerin Seri bağlanması → Su akışı şeklinde (akım akışı)



$$V_{ab} = V_{ac} + V_{cb} + \dots$$



Bunların yerine bir eşdeğer direnç koymak mümkün.

$$V_{ab} = I R_{es}$$

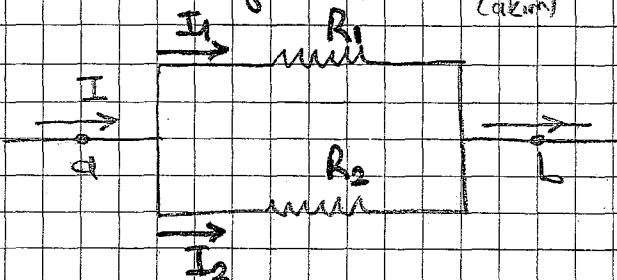
$$V_{ab} = IR_1 + IR_2$$

$$V_{ab} = I(R_1 + R_2)$$

$$R_{es} = R_1 + R_2 + \dots$$

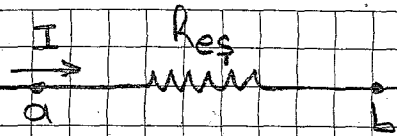
(R_{es} diğer dirençlerin en büyüğünden daha büyüktür.)

Paralel bağlama → Su iki boruya ayrılacak (akım)



$$V_{ab} = I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

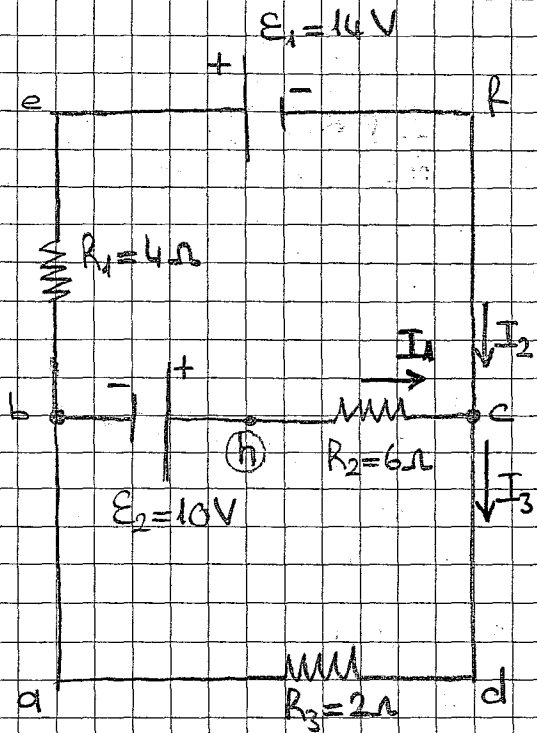


$$V_{ab} = I R_{es}$$

$$\frac{V_{ab}}{R_{es}} = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{es}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad (R_{es} \text{ diğer dirençlerin en küçüğünü daha küçükten})$$

Kirchhoff Kuralları → 2 tanedir.
Potansiyel fark = gerilim = voltaj



Burada akım yönlerini kafamızı göre seçtik.

1. kural:

• **Düğüm kuralı:** İki den fazla iletken bağlı olduğu noktalara düğüm denir. Bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı düğüm noktasından çıkan akımların toplamına eşittir.

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

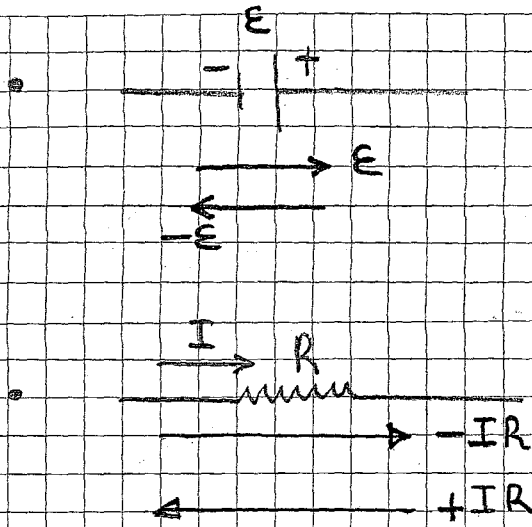
2. kural:

• **Potansiyel kuralı: (İlmek kuralı):**

$$(e f c b e) \equiv c b e f c$$

$$(b c d a b) \equiv d a b c d$$

Bir kapalı devre boyunca yürürken, potansiyeldeki artmalar toplamı, potansiyeldeki azalmalar toplamına eşittir.
(Bir ilmek boyunca potansiyel değişimi sıfırdır)



(aynı yönde)
Akımla birlikte yönersek potansiyel azalır.

Akıma karşı yönlü yönersek potansiyel artar.

$$1. (f \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow e \rightarrow f) \rightarrow 6I_1 - 10 - 4I_2 - 14 = 0$$

$$2. (c \rightarrow d \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c) \rightarrow -2I_3 + 10 - 6I_1 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (\text{Düğüm kuralından gelir.})$$

$$(-2) \times (-8I_1 - 2I_2 + 10 = 0)$$

$$6I_1 - 4I_2 - 24 = 0$$

$$22I_1 - 44 = 0$$

$$\boxed{I_1 = 2A}$$

$$I_2 = -3A$$

$$I_3 = -1A$$

> Yani bu akımlar seçtiğimiz akım yönünün tersi yönde akıyor demektir.

2 Ω luk direnç üzerinde harcanan güç

$$P(R=2\Omega) = (-1)^2 \cdot 2$$

$$= 2W$$

İki Nokta Arasındaki Potansiyel Farkı:

$a \rightarrow c$ ahe yoluna kullandık.

$$V_a + 10 - 12 = V_c$$

$$V_a - V_c = 2V$$

adc yolunu kullanırsak $I_3 R_3$

$$(adc) \rightarrow V_a - 2 = V_c$$

NOT: $I_3 = -1A$ çıktığından dolayı
gerçekten tersi yönde çıktığından

$-I_3 R$ oldu.

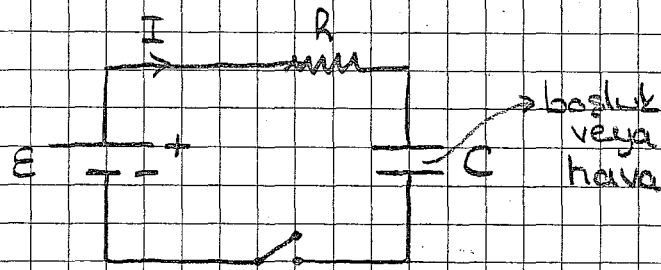
(abefc) yolunu da kullansak
sonuç hep aynı çıkar:

$$V_a + 12 - 14 = V_c$$

$$V_a - V_c = 2V$$

RC Devreleri

Uygulama



$$C = \frac{Q}{V}$$

$$t=0 \Rightarrow q(0)=0$$

$$t=\infty \Rightarrow q(\infty)=C \cdot E \rightarrow \text{anahtar kapalı}$$

$$E - I(t)R - \frac{q(t)}{C} = 0$$

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$\mathcal{E} - \frac{dq(t)}{dt} \cdot R - \frac{q(t)}{C} = 0$$

diferansiyel
denk

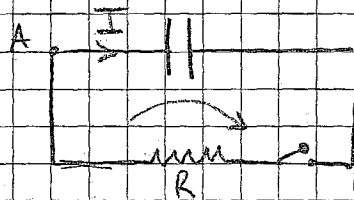
$$q(t) = CE \left[1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

$RC = \text{zaman sabiti} = \tau$

$$t=0 \Rightarrow I(0) = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$t=\infty \Rightarrow I(\infty) = 0$$

Deşarj



R dirençli deşarj ediliyordur

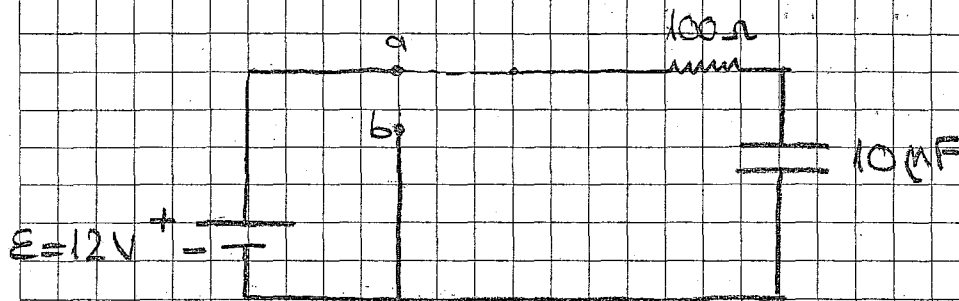
$$-\frac{q(t)}{C} - I(t)R = 0$$

$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

1) Şekildeki devrede $t=0$ anında anahtar a durumunda iken $E=12\text{ V}$, $R=100\text{ }\Omega$ ve $C=10\text{ }\mu\text{F}$ tir.

a) Zaman sabitini, kondansatörde depolanan max yükü, bataryanın yaptığı işi bulunuz.

b) Kondansatör max yükten % 99,9 unu ne kadar bir zaman içinde depolar?



a) $RC = 100 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 1,0\text{ ms (milisaniye)}$

$Q = C \cdot E = 10\text{ }\mu\text{F} \cdot 12\text{ V} = 1,2 \cdot 10^{-4}\text{ C}$

$W = C \cdot E^2 = 10 \cdot 10^{-6} \cdot (12)^2 = 1,4 \cdot 10^{-3}\text{ J}$

b) $q(t) = \underbrace{C \cdot E}_{Q_0} \left[1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$

$0,999 Q_0 = Q_0 \left[1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$

$0,999 = 1 - e^{-\frac{t}{RC}}$

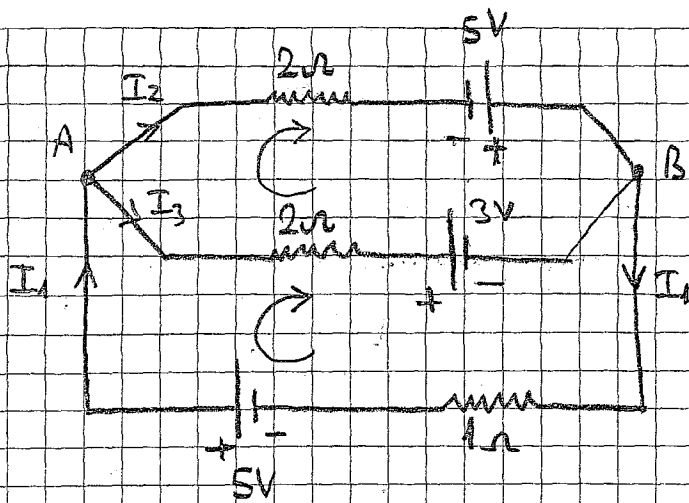
$e^{-\frac{t}{RC}} = 0,001$

$\ln e^{-\frac{t}{RC}} = \ln 0,001$

$-\frac{t}{RC} = -6,91 \rightarrow t = 6,91 RC$

$t = 6,91\text{ ms}$

2)



$$V_{AB} = ?$$

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$I_3 = ?$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

$$-2I_2 + 5 + 3 + 2I_3 = 0$$

$$-2I_3 - 3 - I_1 + 5 = 0$$

$$\rightarrow -2I_2 + 2I_3 = -8$$

$$I_2 - I_3 = 4 \quad (2)$$

$$\rightarrow -I_1 - 2I_3 = -2$$

$$I_1 + 2I_3 = 2 \quad (3)$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_2 - I_3 = 4$$

$$I_1 + 2I_3 = 2$$

$$+$$

$$I_1 - 2I_3 = 4$$

$$+$$

$$I_1 + 2I_3 = 2$$

$$2I_1 = 6$$

$$I_1 = 3A$$

$$I_1 + 2I_3 = 2$$

$$\downarrow$$

$$3 + 2I_3 = 2$$

$$2I_3 = -1$$

$$I_3 = -0,5A$$

$$I_2 + 0,5 = 4$$

$$I_2 = 3,5A$$

$$\text{Kontrol: } I_1 = I_2 + I_3$$

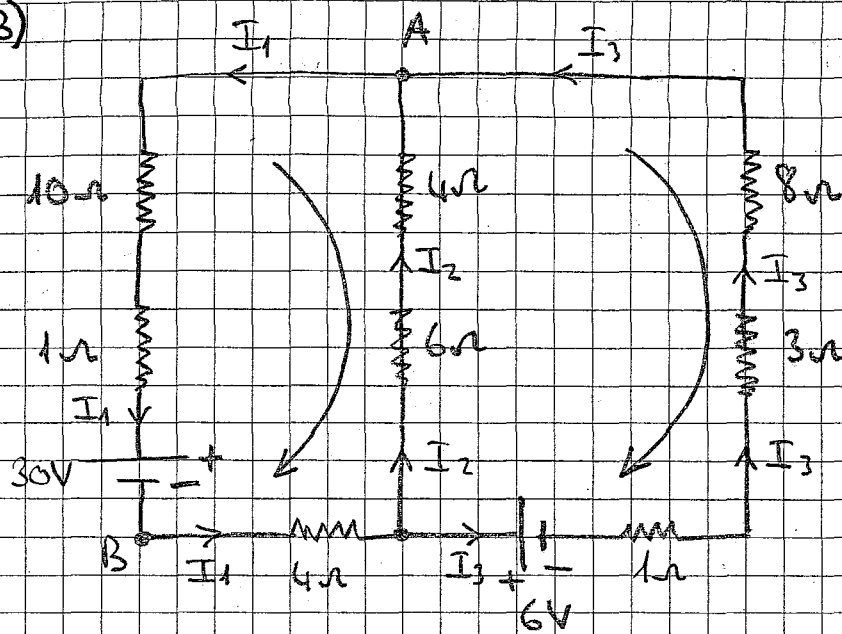
$$3 = 3,5 - 0,5 = 3 \quad \checkmark \text{ Richtig}$$

$$V_A - 2I_2 + 5 = V_B$$

$$V_A - V_B = 2I_2 - 5 = \underline{2V} = V_{AB}$$

$$V_A - V_B = V_{AB} = 2I_3 + 3$$

3)



$$V_{AB} = ?$$

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$I_3 = ?$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

$$+4I_1 - 30 + I_1 + 10I_1 + 10I_2 = 0$$

$$15I_1 + 10I_2 = 30 \quad (2)$$

$$+12I_3 - 6 - 10I_2 = 0$$

$$12I_3 - 10I_2 = 6 \quad (3)$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$3I_1 + 2I_2 = 6$$

$$6I_3 - 5I_2 = 3$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{3A}{5} = \underline{\underline{0,6A}}$$

$$5I_2 + 3I_3 = 6$$

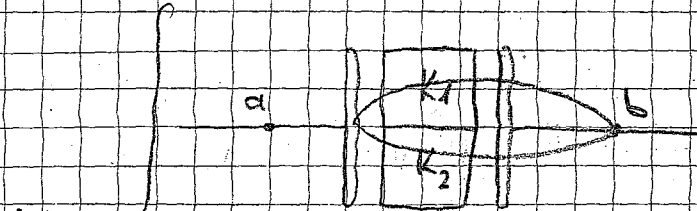
$$6I_3 - 5I_2 = 3$$

$$I_1 = 1,6A$$

$$9I_3 = 9$$

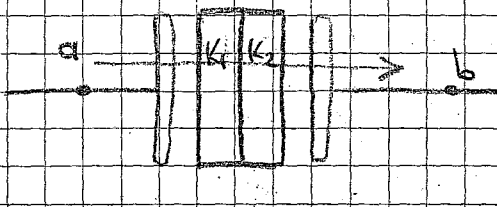
$$I_3 = 1A$$

4)

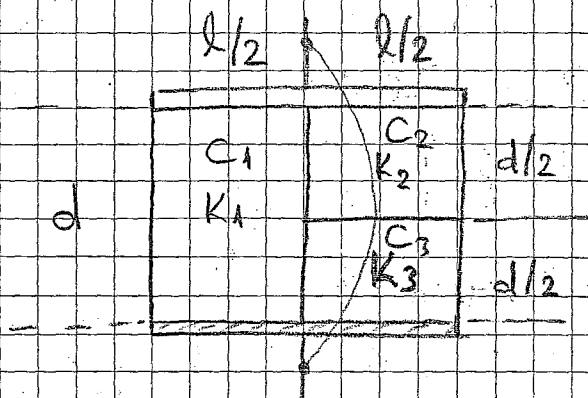


Paralel öz. güsterir

Bilgi:



Seri özelliği gösterir



$$C = \frac{Q}{V} = \frac{K \cdot \epsilon_0}{A} d$$

Genel formül:

$$C = \frac{K \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

→ Bir plakanın alanı

$$C_2 = \frac{K_2 \cdot \epsilon_0 \cdot A/2}{d/2}$$

$$C_3 = \frac{K_3 \cdot \epsilon_0 \cdot A/2}{d/2}$$

$$C_1 = \frac{K_1 \cdot \epsilon_0 \cdot A/2}{d/2}$$

$$\frac{1}{C_4} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

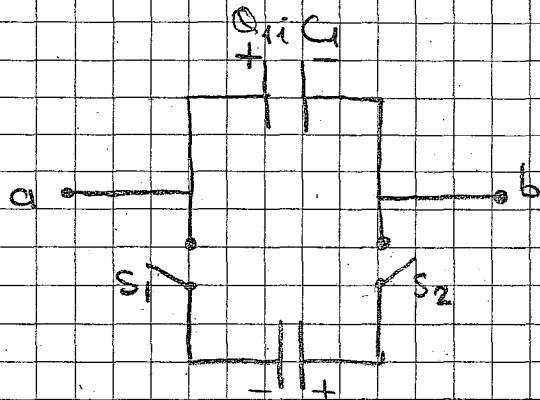
$$C_4 = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3}$$

$$C_{\text{es}} = C_4 + C_1$$

5) C_1 ve C_2 gibi 2 kondansatör aynı ΔV_i potansiyel farkında fakat zıt işaretli yükleniyorlar. Yükle kondansatörler, şekilde gösterildiği gibi birbirine bağlanıyor (battaryeden ayrılarak). Sonra S_1 ve S_2 anahtarları şekildeki gibi kapatılıyor.

a) Anahtarlar kapatıldıktan sonra a ve b noktaları arasındaki ΔV_f son potansiyel farkını bulunuz.

b) Anahtarlar kapatılmadan önce ve kapatıldıktan sonra kondansatörlere depolanan toplam enerjiyi bulunuz.



$$Q_{1i} = C_1 \cdot \Delta V_i$$

$$Q_{2i} = -C_2 \cdot \Delta V_i$$

$$Q_i = Q_{1i} + Q_{2i} = (C_1 - C_2) \Delta V_i$$

$$Q_s = Q_{1s} + Q_{2s}$$

$$Q_{1s} = C_1 \cdot V_s$$

$$Q_{2s} = C_2 \cdot V_s$$

$$Q_s = C_1 V_s + C_2 V_s$$

