

~~FIZIKA~~
A hővezetés és a
hőjel

Ha egy testet ΔT fokkal — térfogat változ:
— melegebb = belső energiája nő

nővekedés

$$\Delta Q = \Delta U$$

1 főtétel

hőtel $Q = \alpha$ belső energia változása

hőtel energia: az atomok molekulák közötti hő mozgásukban történt
energia 1 molekulai foka $\frac{1}{2} k \cdot T$ $U \sim T$

$$\Delta U \sim \Delta T$$

$\Delta Q = \Delta U \Rightarrow \Delta Q \sim \Delta T$ a hőtel hővezetési állandója α
lőm. hővezetési

Adott tömegű anyag melegebbé

$$\Delta Q = C \Delta T, \text{ ahol } C \text{ az adott anyag melegebbé}$$

hővezetési

állandó hőtel és hőtel foka

1 kg anyag hővezetési $\frac{C}{m}$

$$\text{hőtel} : C = \frac{C}{m}$$

$$\Delta Q = C \cdot m \cdot \Delta T \text{ — ahol hőtel foka állandó}$$

állandó hőtel és hőtel foka

FÉLÉV
FIZIKAI ALAPOK II

$$T = \text{áll.} \quad PV = \text{áll.}$$

$$P = \text{áll.} \quad \frac{V}{T} = \text{áll.}$$

$$V = \text{áll.} \quad \frac{P}{T} = \text{áll.}$$

állapategyenlet:

$$pV = N \cdot z \cdot T = \frac{n}{M} RT$$

Termodinamika I. főtétel

$$\Delta U = Q + W$$

Hőteljesítmény

1, Szilárd a.

$$\Delta l \sim \Delta T$$

↑
mátrix



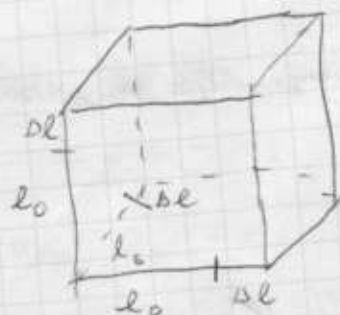
Térfogati hőtágulás

szilárd
test

$$\Delta V \approx l \cdot \Delta T - \text{term. vált.}$$

linéris hőtágulási elv.

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$



$$V = l_0^3 (1 + \alpha \Delta T)^3 \approx V_0^3 \cdot 3\alpha \Delta T$$

2. order

2, Folyadékok

szilárd anyag térfogati hőtágulása

$$V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

térfogati hőtágulási együttható

3, Gázok

áll. hőmérséklet

Hőkapacitás
és a foglő

Hővezetés (Q) \rightarrow hősi energia n6ver6s6r
 \rightarrow t6rfoget n6ver6s6r

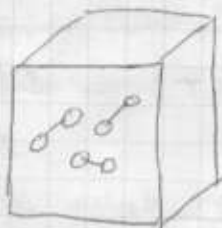
Sz6l6nd t6r6r6l 6s f6l6p6l6r6l $\Delta V \approx 0 \Rightarrow W=0$

A h6s6 energia v6ltoz6s = a r6s6lt h6m6nyv6ltoz6s
 $\Delta U = Q (*)$

T6rfoget 6s. $\Delta U \sim \Delta T (**)$

H6m6nss6r6let d6sf:

H6m6nss6r6leti s6p6rs6l6s6ban 6z anyag m6l6d6n h6s6i m6l6d6s6r6f6i
f6l6s6r6 $\frac{1}{2} 2 \cdot T$ energia fut



$Q \sim \Delta T (***)$ r6s6lt6s6i 6r6l6p6s6
a h6m6nss6r6let v6ltoz6s6r6l

$$Q = C \Delta T$$

C6s6p6r6r6l 6r6l6p6s6r6f6s6k6t6r6r6r6 6r6l6p6s6r6f6i t6rfoget
neve h6r6p6c6t6s

$$[C] = \frac{J}{K}$$

$C \sim m$
t6rfoget

$C = c \cdot m$
f6l6s6 t6rfoget

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c \text{ f6l6s6} \quad [c] = \frac{J}{kg \cdot K}$$

6r6f6r6r6 f6ll6r6r6r6 "6ll6r6r6r6"

$T \rightarrow 0 \quad C \neq \text{6ll} \quad C \rightarrow 0$

A f6r6r6r6 f6l6s6f6t6:

ΔT h6m6nss6r6let n6l6r6d6nt 6d6r6r6r6r6r6r6r6r6r6

"V6ltoz6s6"

$$W=0$$

$$\Delta U = Q$$

2, $\Delta V \neq 0$

$$V = \text{all}$$

$$Q_V = \Delta U = C_V \cdot n \cdot \Delta T$$

"adondi térfogat nem fogl"

$$ZAV \neq 0 \quad \text{if } P = \text{all}$$

$$Q_P = \Delta U - W = \Delta U - [P \Delta V] = \Delta U + P \cdot \Delta V$$

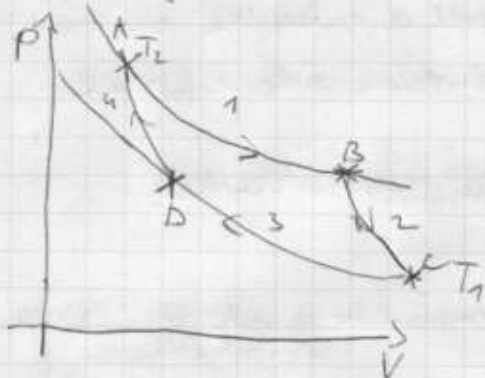
$$\text{ez is } Q_P = C_P \cdot n \cdot \Delta T$$

C_P adondi egyenlő nem fogl

$$C_P > C_V$$

Carnot-féle körfolyamat
(~~hőmotor~~)

ideális gáz



1, izoterm tágulás

2, adiabatikus tágulás
 $Q = 0$ nincs hőcseré

3, izoterm összenyomás

4, adiabatikus összenyomás

$$1, \Delta U_{AB} = 0 = Q_{\text{fel}} - W_{AB} \quad Q_{\text{fel}} = W_{AB}$$

$$2, \Delta U_{BC} = 0 - W_{BC} \quad \text{---}$$

$$3, \Delta U_{CD} = 0 = -Q_{\text{le}} + W_{CD} \quad Q_{\text{le}} = W_{CD}$$

$$4, \Delta U_{DA} = 0 + W_{DA} \quad \text{---} \quad |W_{DA}| = |W_{BC}|$$

$$|W| = W_{BC} - W_{DA}$$

$$W_{BC} - W_{DA} = Q_{\text{fel}} + W_{BC} - (Q_{\text{le}} + W_{DA})$$

$$|Q_{\text{fel}}| - |Q_{\text{le}}|$$

← a hőmotor munkát a gáz által végzett munka és az általa befektetett munka különbsége

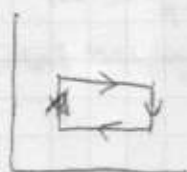
Hatásfok: η - értéke

$$\eta = \frac{\text{szomsz. munka}}{\text{befektetett munka}}$$

$$\eta = \frac{|Q_{\text{fel}}| - |Q_{\text{le}}|}{|Q_{\text{fel}}|} = 1 - \frac{|Q_{\text{le}}|}{|Q_{\text{fel}}|}$$

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} < 1$$

↑
részecskellátó



megmutatható, hogy a Carnot ciklus
hatékonysága a maximális

Termodynamika II. feltevése:

- (1) Nem létezik olyan gép amely a lá hővesztéssel
közbe a hő a hidegebb helyre a melegítés nem áll
- (2) Nincs olyan gép amely a lá 100%-os hatásfokkal
a hővesztést elkerülte
(zártságban)
- (3) Felgyártó rendszer az entropia nem csökkenhet.

Entropia:

"Százalékos" mérték

/mennyi szennyező a víz körül van
az entropia

ΔS : entropia változás A és B állapotok között

$$\Delta S_{AB} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q_i}{T_i}$$

reversibilis
folyamatok



$$\frac{\Delta Q}{T} \text{ növekedet hő}$$

a rendszer hőmérsékletének növekedése

Entropia tétel

Zárt rendszer entropia változása ≥ 0 .

Zárt rendszer entropia nem csökkenhet

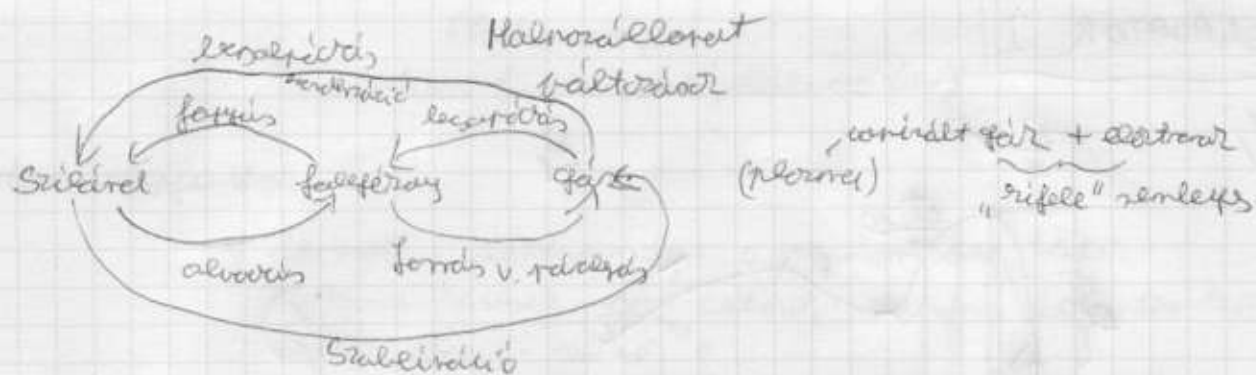
Általánosan egyértelmű folyamatok lépéseire nézve mindig entropia

Termodynamika III feltevése (Nernst tétel)

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$$

$$T > 0$$

az abszolút 0 fokban létezik az összes rendszer entropiaja a
0-ban tart



2. átalakítások során történő mérés

terület S és az átalakított anyag tömegével

$Q = L \cdot m$ L : anyag minősége és a felületre "fellet" állása

Pl L_f fűtési

Pl 1 kg víz fűtési hővezetési tényezője

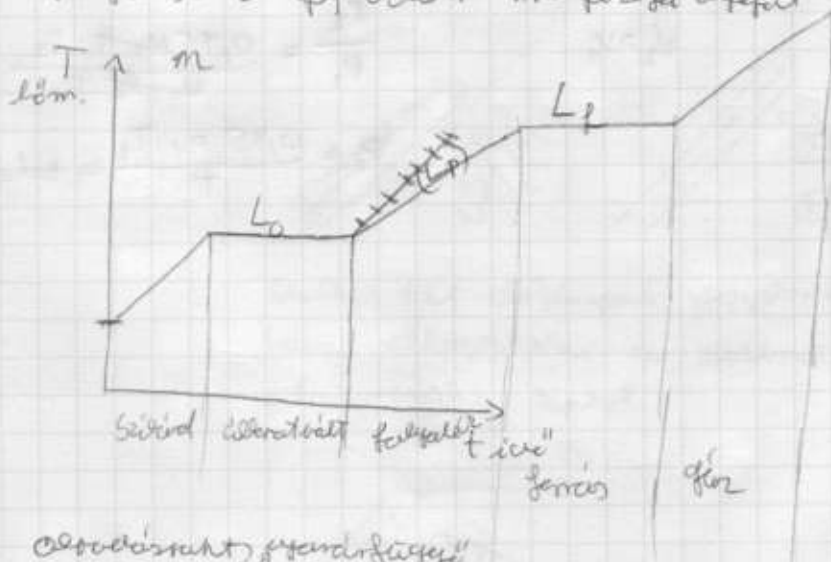
$$Q = L_{fűt} \cdot 1 \text{ kg}$$

↑
fűt

L_0 - alvadási

L_p - párolgási

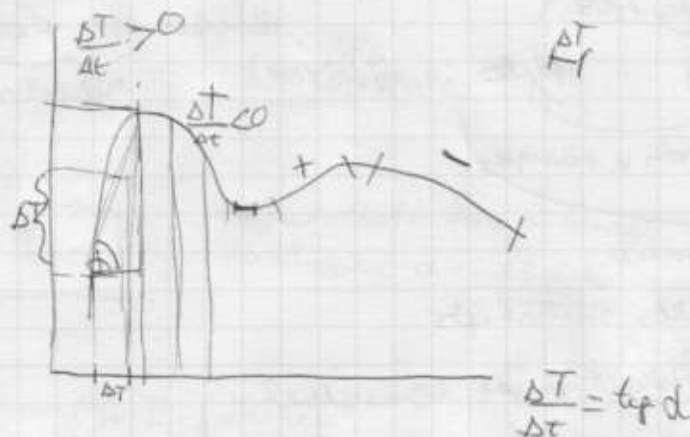
Melapításkor egy adott mennyiségű anyagot



alvadási és párolgási fűtési

FELADATOK I

1,



$\frac{\Delta T}{\Delta t}$: hőmérséklet változása

$$\Delta T = T_{\text{vég}} - T_{\text{kez}}$$

2,

$$P_1 = 4 \times 10^6$$

$$T_1 = 27^\circ = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

$$N_1$$

$$m_1$$

$$V_1$$

$$P_2 = ?$$

$$T_2 = 7^\circ = 280 \text{ K}$$

$$N_2 = 0,75 \cdot N_1$$

$$m_2 = 0,75 \cdot m_1$$

$$V_2 = V_1$$

$$PV = NkT = \frac{m}{M}RT$$

$$P_1 V_1 = N_1 k T_1$$

$$P_2 V_1 = 0,75 N_1 k T_2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{0,75 N_1 k T_2}{N_1 k T_1}$$

$$P_2 = \frac{0,75 \cdot P_1 \cdot T_2}{T_1} = \text{beosztás}$$

3,

teljesen
 $P = ?$

$$V_{\text{levegő}} = 2,5 \text{ dl}$$

$$t = 20^\circ \text{C}$$

$$\Delta t = 5 \text{ s} = 300 \text{ s}$$

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \quad \text{szélesít ki}$$

$$Q = ? \quad Q = C \cdot m \cdot \Delta t =$$

$$C_{\text{víz}} = 4183 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ \text{C}}$$

$$m = ? \quad m = \rho \cdot V = 0,25 \text{ kg}$$

Elektronoságyon statikus (előző előző) elektronos test

Elektronos ábrák

1. dörzselési elektronoságy: a megdörzsölt test
vagyoni részén nincs testet, - elektronos állandóan kúlsó
száll. elektron - mínusz $-$
mag - bős $+$

az elektronos állandóan van.

táblát nagy hirtelen elektronos táblát

kétféle táblát $+$ $-$

negatív táblát károsít az elektron e^-

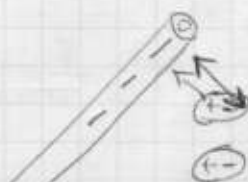
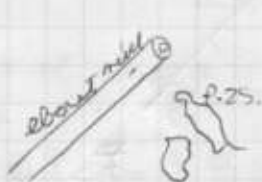
pozitív táblát károsít a pozitív atomok az pozitív $+$



2. elektronos megpontosítás:

Samleap test egyenrangú pozitív és negatív táblát
táblát károsít

az elektronos állandóan lévő test károsít rész a
samleap testet



elektronos táblát károsít
a pozitív negatív táblát



Samleap test elektronos "megpontosít" a pozitív táblát test
táblát elhagyhatja az elektronos állandóan állandóan az
állandóan rész.



megpontosítás károsít fémeken állandó



magnetikus erőtérrel



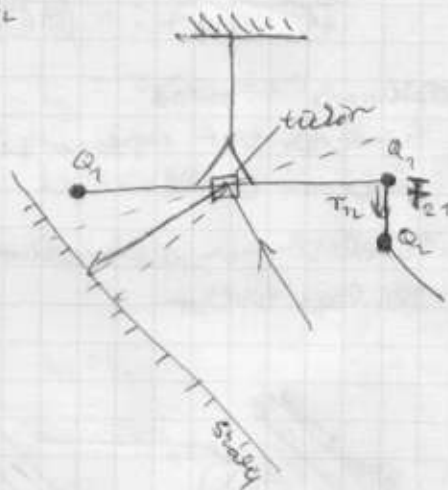
Elektromos áramúter áramúterrel: elektromágnesség

Próbatest / elektromos ugrás



Coulomb törvénye:

Két pontszerű elektromos töltéssel rendelkező test között működő erőket



$$F_{12} = 2 \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2}$$

$$F_{12} = 2 \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2}$$

$$\epsilon = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

zártság

végtelen távolság

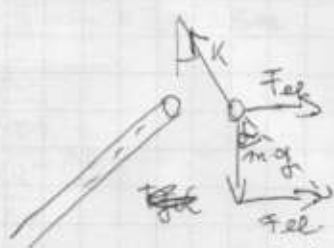
$$\vec{F}_{12} = 2 \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

A töltés mértékegysége: Coulomb

1 Coulomb (C) az az a töltés, amely a töltés

1 méter távolságra lévő 1C töltéssel próbatestre $9 \cdot 10^9 \text{ N}$ erőt fejt ki

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{C}^2} \cdot 1 \text{C} \cdot 1 \text{C}$$



$$\tan \alpha = \frac{F_{el}}{mg}$$

$$F_{el} = \tan \alpha \cdot mg$$

Az elektromos mező (tér)

Az elektromos térerősség mértékét a térerősség vektorával egyező orvosi diagnosztikai probatérrel mérhetjük.

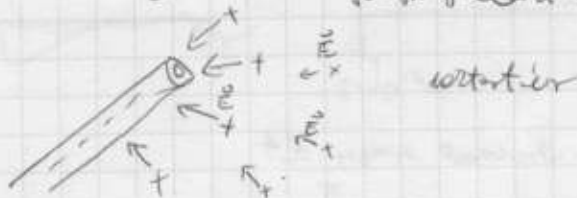
Probaterrel mérhető: Q , térerősség.

Elektromos térerősség fogalma:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad \text{a probaterrel mérhető}$$

- probaterrel térerősség (+)

\vec{E} minden pontban függőleges az elektromos mezőre



$$\text{ált. } \vec{E} = \vec{E}(x, y, z, t)$$

Speciális esetek

\vec{E} nem függ az időtől

Stacionárius

- \vec{E} helytől független homogén



PL Q pontszerű el. töltés

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q'}$$

Q probaterrel

$$\text{minden } \vec{F} = \frac{Q \cdot Q'}{r^2}$$



$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} = \frac{Q}{r^2} \cdot \frac{\vec{F}}{Q}$ ha $Q > 0$ kifelé, ha $Q < 0$ befelé

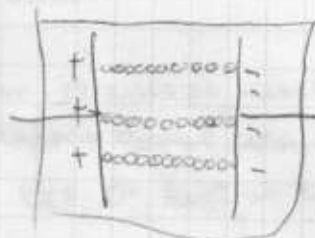
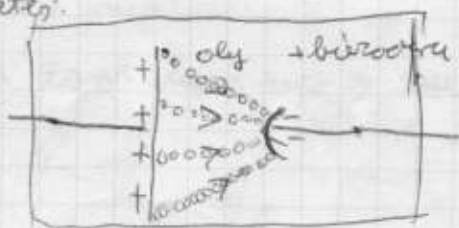
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} = \frac{Q}{r^2} \cdot \frac{\vec{F}}{Q}$$



Az elektromos tér felépítése
szimmetriával

Gyökök: olyan görbék az elektromos térben amelyek minden pontban az elektromos térerősség vektorával egyeznek és az elektromos térerősség vektorát megadják.

Semléltetés:



az elektromos ~~ter~~ fluxus

Ha A az elektromos mező felületén áthaladó a felület felületén a $\Phi = E \cdot A$ mennyiséget értjük
norm

Hozzávetőleges:

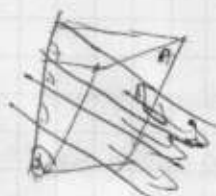
szögletes felületen E de irányát megadjuk

Ezzel a Φ Φ az A felületen áthaladó átlagos irányát adja.



$$\Phi = A \cdot E$$

Ha a felület nem merőleges az irányára



$$\Phi = E \cdot A \cdot \cos \alpha$$

\bar{A} felület vektora $A \cdot \vec{n}$

normális felületre merőleges egyenest

$$A_{\perp} = A \cdot \cos \alpha$$

Általános esetben az elektromos mező fluxusa a Φ térbeli vektor felületén

$$\text{integrálva} \quad \Phi = \sum_i E_i \Delta A_i = \int E \cdot d\vec{A}$$

$\Delta A \rightarrow 0$

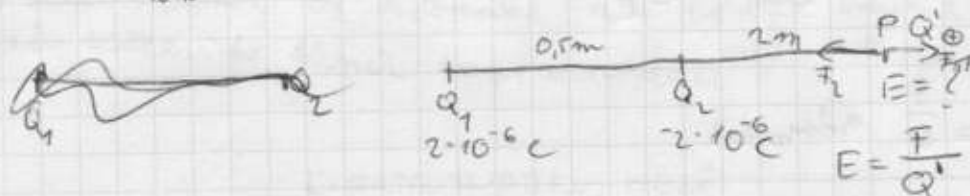
Coulomb law

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

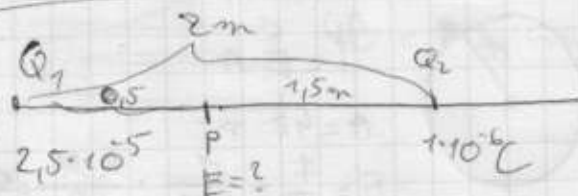


$$F_1 = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q'}{(2,5m)^2} = 2,88 \cdot 10^3 \cdot Q'$$

$$E = \frac{F_1 + F_2}{Q'} = \frac{(2,88 - 4,5) \cdot 10^3}{Q'}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{Q_2 \cdot Q'}{2m^2} = 4,5 \cdot 10^3 \cdot Q'$$

$$E = -1,62 \cdot 10^3 \frac{N}{C}$$



$$F_1 = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q'}{(0,5m)^2} = 9 \cdot 10^5 \cdot Q'$$

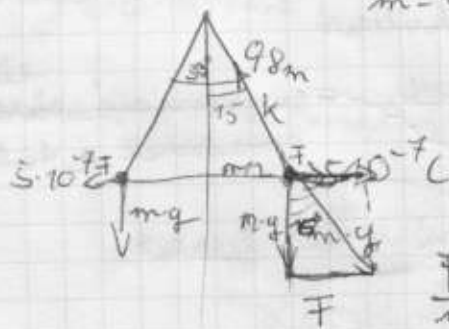
$$F_2 = k \cdot \frac{Q_2 \cdot Q'}{(1,5m)^2} = 4 \cdot 10^3 \cdot Q'$$

$$E = \frac{(9 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^3) Q'}{Q'}$$

$$E = 89,6 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

II/2

m = ?



$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

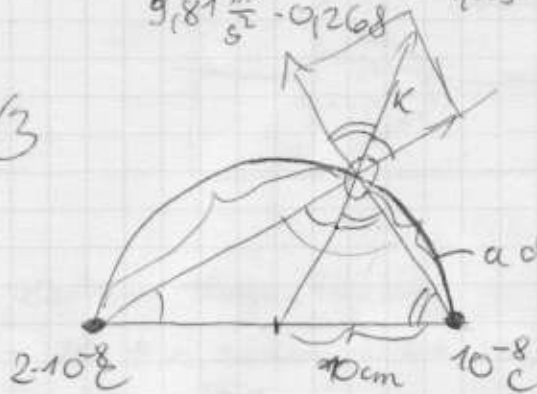
a d'acò és a quantitat
és recorre fàcilment

$$\frac{F}{m \cdot g} = \tan 15^\circ$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{(5 \cdot 10^{-7} C)^2}{(0,414m)^2} = m \cdot g = \frac{F}{\tan 15^\circ} \quad m = \frac{F}{g \tan 15^\circ} \quad \sin 15^\circ = \frac{r/2}{0,8m}$$

$$m = \frac{1.312 \cdot 10^{-2} \text{ N}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.268} = 4.99 \cdot 10^{-3} = 5 \text{ g}$$

I/3

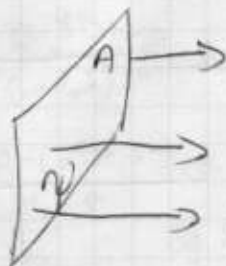


úszótest \Rightarrow a gravitációs erőt nem kell

a dőrt lényegesen figyelembe venni

K + a "felhő" súgárvárási

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \text{ számolás}$$



Ψ fluxus a fluxus az A felületen átmenni számolás némi

$$\Psi = E \cdot A$$

Számoljuk ki egy Q ponttöltésű gömb felület fluxusát



$$\Psi = E \cdot A$$

$$A = 4\pi \cdot r^2$$

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

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

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

Ez az eredmény bármely zárt felületre alkalmazható

- töltes ponttöltés - szimmetria ^{elvé} miatt lehet számolni a töltésről

- nem gömb alakú de zárt felület



$\Psi = \frac{Q}{\epsilon_0}$ minden Q töltést tartalmazó zárt felület fluxusa ~~egyenlő~~ egyenlő



Gauss tétel

Maxwell I. törvénye egy adott Q töltésmennyiségű
rögzített zárt felület fluxusa

$$\Psi = \frac{1}{\epsilon_0} \epsilon_r Q$$

Zárt felület fluxusa az a frás sűrűsége

az elektrosztatikus tel.-ferránsz ferránsz a töltés

Elektrosztatikus tel. az sűrűsége a + tel. felület felület és a
negatív töltés felület felület vagy a négyzet

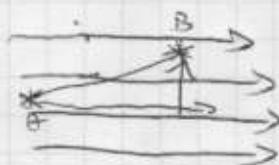
ELEKTROSZTATIKUS MEZŐ MUNKÁJA ÉS A FESZÜLTISÉG

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad \vec{F} = Q \vec{E} \text{ a } Q \text{ töltésre ható erő}$$



egyenletes
elektromos mező $\vec{E} = \text{állandó}$

$$\text{munka: } W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{s} = Q \cdot \vec{E} \cdot s$$



$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

integrálás
integrálás



$$W = \sum_{A \rightarrow B} \vec{E} \cdot Q \, ds \cos \alpha$$

$$\text{Munka } (W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{s})$$

$$\text{Jól: } W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} \cos \alpha =$$

$$= \int_A^B \vec{E} \cdot Q \cdot d\vec{s} \cos \alpha$$

→ vonal menti integrál

Elektrosztatikus mező generálása



W_{AB} nem függ az úttól csak
A és B helyzetétől.

3

Feszültség és potenciál:

Feszültség
A

B

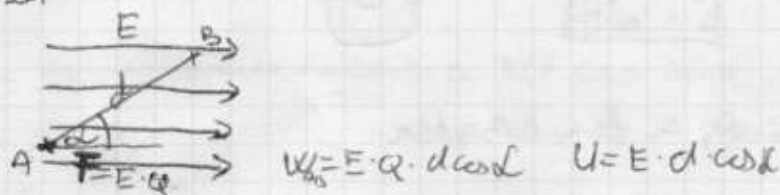
 W_{AB} csak a kezdő és a végponttól függegyen: V_{AB} feszültség

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

$\frac{W_{AB}}{Q}$ — a mértékegység a feszültség
 — mértékegység megadása

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = \frac{\int_A^B \vec{E} \cdot Q \cdot d\vec{s} \cos \alpha}{Q} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \cos \alpha$$

egyszerű eset



Potenciál:

egy A pontból egy tetszőlegesen választott 0 pontba viszonyított
 feszültsége 0 pont lehet a végtelenben
 0 pont lehet a föld is

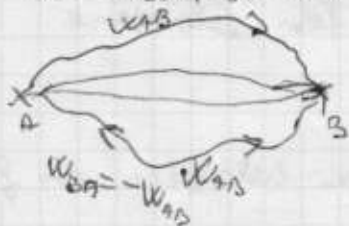
Potenciál tehát $V_A = \int_A^\infty \vec{E} \cdot d\vec{s} \cos \alpha$

↑
A pont választása

Feszültség Potenciál mértékegysége

$$[V_{AB}] = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} = 1 \text{ V}$$

Az elektrosztatikus mező munkája zárt körben mindig 0.



$$W_{AB} = W_{AB} + (-W_{AB}) = 0 \text{ tetszőlegesen választott pont}$$

0 a munka

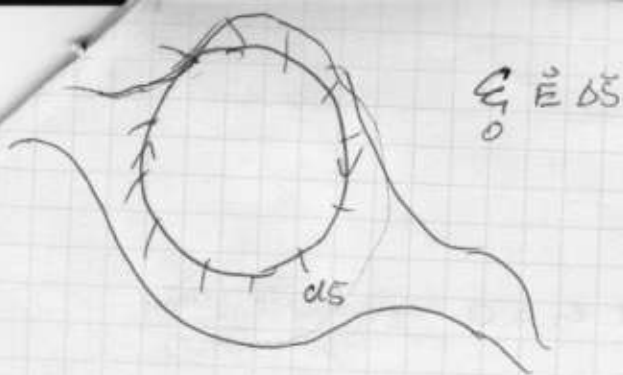
Maxwell II. tétel.

Az elektrosztatikus tétel
 erővonalai 0 az elektrosztatikus tétel
 tétel erővonalai

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

— erővonalai

*6



Az elektromos térer nem maradhat töltéssel zárt felületen

Vezető az elektromos
mezőben

- töltés töltés fém testben a felületen helyezkedik el



- térerősség a fém belsejében



$$E = \frac{F}{Q}$$



- Egyenlőség a térerősség a fém belsejében

lehetőleg ~~töltés~~ töltés

$\vec{E} = 0$ minden pontban a fém belsejében

- A térerősség \vec{E} a fém felületére

- a térerősség a fém belsejében és felületén

- ahol nagyobb a görbület az nagyobb a térerősség

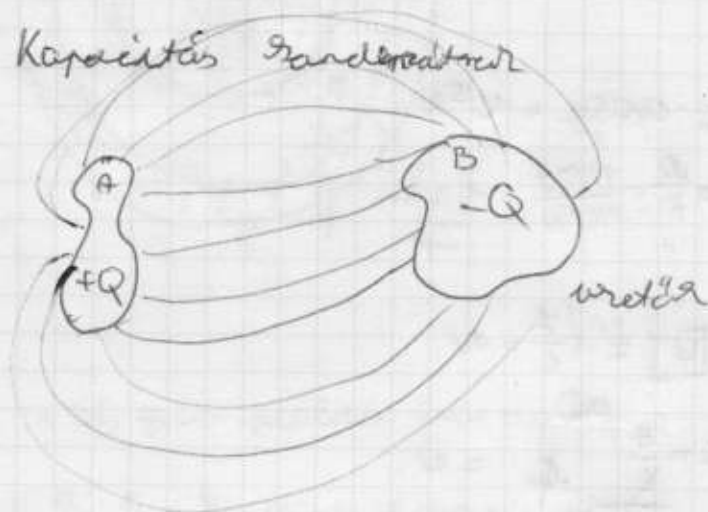


Sűrűsítés

5 - Antenna



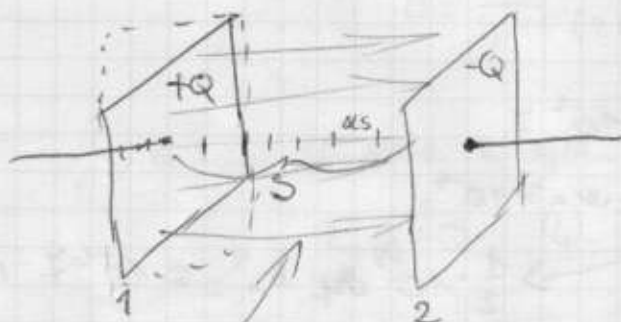
Kapacitás szandráltor



Az elektromos tétel szandráltor a két test közt U_{AB}

Kapacitás: $C = \frac{Q}{U_{AB}}$ $[C] = 1 \frac{C}{V} = 1F$ (Farad) (Faradays)
 μF

Sírkondlktor kapacitása búrumben



Homogén elektromos tétel

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

$$U = ?$$

$$U = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s} \cos \alpha = E \cdot s$$

$$E = ?$$

Gauss tétel: $\Psi = E \cdot A = \frac{1}{\epsilon_0} Q$

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

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

a szandráltorban homogén elektromos tétel

$$U = E \cdot s = \frac{Q \cdot s}{\epsilon_0 \cdot A}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{Q \cdot s}{\epsilon_0 \cdot A}} = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{s}$$

két lemezt közt

két felület

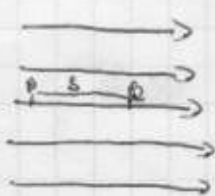
$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{\frac{Q \cdot s}{\epsilon_0 \cdot A}} = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{s}$$

$$Q = 0,05C$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \frac{V}{m}$$

$$S = ?$$

$$W = 120J$$



$$E = \frac{F}{Q}$$

$$W = F \cdot S$$

$$S = 0,0012 \text{ m} = 1,2 \text{ mm}$$

$$F = E \cdot Q = 2 \cdot 10^6 \frac{V}{m} \cdot 0,05C = 10^5 N$$

$$S = \frac{W}{F} = \frac{120J}{10^5 N} = 1,2 \text{ mm}$$

$$1V/m$$

$$U = \frac{W}{Q} \quad [U] = 1 \frac{J}{C} = 1V$$

$$\frac{V}{m} \cdot C = \frac{J}{m} \cdot \frac{C}{A \cdot s} = N$$

2/3

$$U = 500V$$

$$m = 10^{-5}g$$

$$q = 10^{-8}C$$

$$U_0 = 0$$

$$U_1 = ?$$

$$W_{\text{int}} = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2$$

$$U_{\text{int}} = \frac{W_{\text{int}}}{q}$$

$$500V = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \cdot v^2$$

$$500V = 0,000005 v^2$$

$$= v^2$$

$$0,682236067$$

$$W = U \cdot q = 500V \cdot 10^{-8} = 5 \cdot 10^{-6} J$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \cdot v_1^2 = W = 5 \cdot 10^{-6}$$

$$10^{-5} q \cdot v_1^2 = 10 \cdot 10^{-6} J$$

$$v_1^2 = 1 \quad N$$

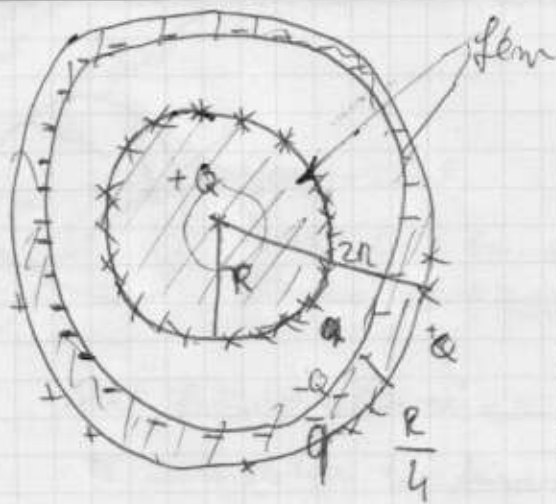
$$v_1 = 1 \frac{m}{s}$$

$$\frac{1}{2} \cdot 10^{-8} \text{ def } v_1^2 = 5 \cdot 10^{-6} J \quad 1/2$$

$$10^{-8} \text{ def } v_1^2 = 10^{-5}$$

$$v_1^2 = 10^3 \frac{m^2}{s^2}$$

$$v_1 = \sqrt{1000} = 31,622$$



innen hohl $-Q$
außen $+Q + q$

$$E_R = ?$$

$$E_{2R - \frac{R}{4}} = ?$$

$$E_{2R} = ?$$

Gesamte
Zust. fließt fließen
 $\Psi = \frac{1}{\epsilon_0} \epsilon_1 Q$

a) in innerer hohler hohl $E=0$ $\Psi = E \cdot A$

a) E in innerer hohler hohl

$$E \cdot A = E \cdot 4\pi R^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot Q$$

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

b) a) innerer hohl hohl hohl (a) hohl

$$E \cdot A = E \cdot 4\pi (2R - \frac{R}{4})^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot Q$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 4\pi (2R - \frac{R}{4})^2}$$

c) a) innerer hohl hohl hohl

$$\sum Q = 0 \quad \Psi = E \cdot A = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \epsilon_1 Q = 0$$

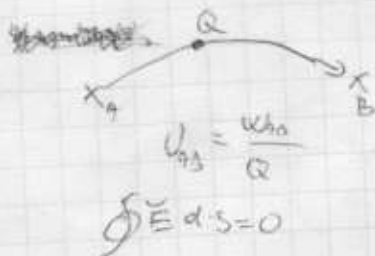
$$E = 0$$

d) a) innerer hohl hohl hohl

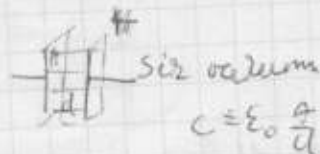
$$\sum Q = Q + q$$

$$E \cdot 4\pi (2R)^2 = \frac{1}{\epsilon_0} (Q + q)$$

$$E = \frac{Q + q}{4\pi \epsilon_0 \cdot 4R^2}$$

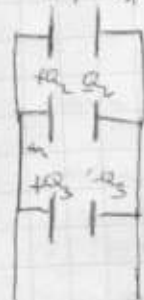


$$C = \frac{Q}{U} \quad 1F$$



Kondensatorin kapasitanssi

Palkkajärjestelmä:



3. ed. kapasitanssi: usestaan 1 kondensatorin U ja Q ja C on sama ja C on kapasitanssi

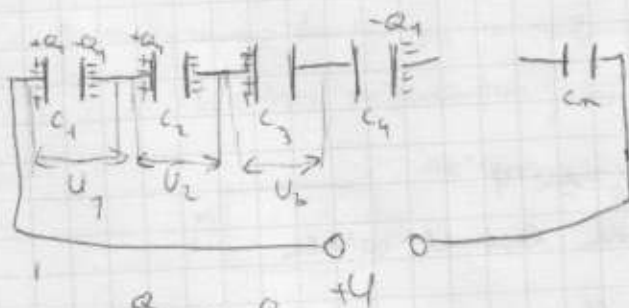
4. ed. kapasitanssi: latauksen jälkeen myös täydet ladotus

Monen kondensatorin U ja Q on sama

$$C_n = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{U} = \frac{Q_1}{U} + \frac{Q_2}{U} + \dots + \frac{Q_n}{U} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



Sarjaan kytketty



Monen kondensatorin Q on sama ja U on täydet

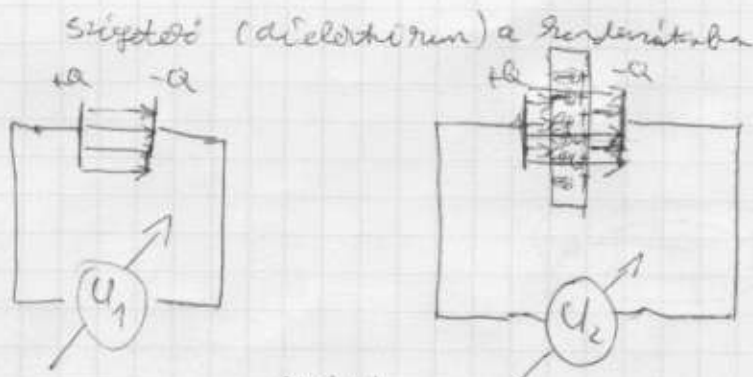
$$C = \frac{Q}{U} \quad U = \frac{Q}{C}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

$$\frac{U}{Q} = \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Palkkajärjestelmä $C_p = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

Sarjaan $C_s = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$



$$U_2 < U_1$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\epsilon_r}$$

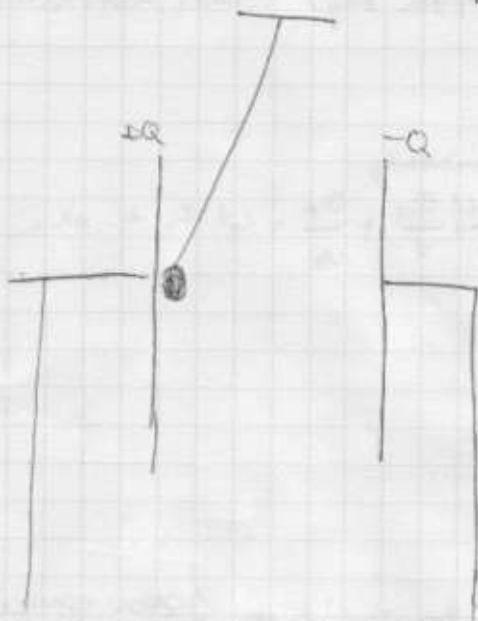
ϵ_r a szigetelőanyagok dielektikus állandója

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{\epsilon_r}$$

$C_2 = \epsilon_r C_1$ ← megegyezik a kapacitás

életről $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$

Homogén elektrosztatikus mező
energiája



Mennyi az átlagos mező, amely körül a
szárazkötet.

$$W = ?$$

1. lépés elemi munka $\Delta W = \Delta Q \cdot U$

a felrakásnál minden lépésnél változik



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

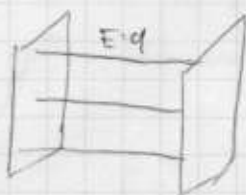
Ha a feszültség adott, mennyi

$$W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C U^2$$

az elemi munkát végző a szigetelőn az egyenlő
szélességű és elektromos tér megegyezik

A dielektrikum elektromos térerőssége

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} \cdot E^2 d^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r \cdot E^2 V$$



Elektrosztatikus térerősség sűrűsége

$$\rho = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2$$

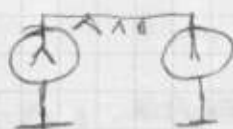
A statikus áram (áramok)

áram - töltésmozgás

technikus: csak töltésmozgás mind. irány.

$\oplus \rightarrow \ominus$ áramirány

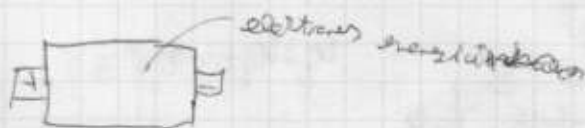
Pl két áramkörben emelkedő és lecsökkenő áram



Pl két áramkör
A töltés elmozdul és a potenciál gradiens
létezik.

Áramfolyás: folyamat a potenciálkülönbség két pont között.

→ fizikai jelenségek, hő, kémiai, mechanikai, nukleáris, biológiai



Áram: az elektromos áramlás hő, kémiai, mechanikai, nukleáris, biológiai
jelenségek okozója

Létező áram



Áramirányi áramirány $i = \frac{dq}{dt}$ [A]

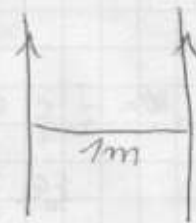
áramirány $i = \frac{dq}{dt}$

$$i = \frac{Q}{t}$$

$$[i] = 1A = 1 \frac{C}{s}$$

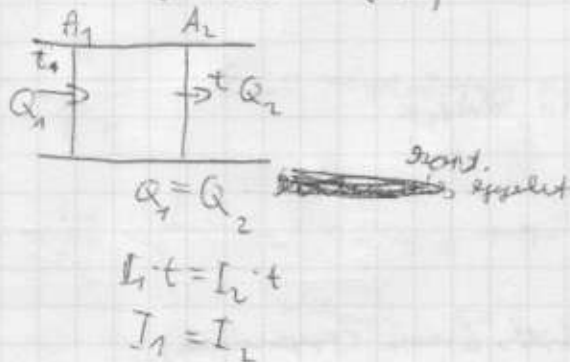
Si -ben az áramerősség alap mértéke

def 2 db 1A árammal átfutó vezeték 1m
 $F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$



Töltésmegmaradás törvénye

a töltés megmaradás megvalósul



Ohm törvénye $I \sim U$



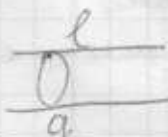
$$I = \frac{U}{R}$$

R a vezető ellenállása
 a vezető felületi arányára

$$[R] = 1 \frac{V}{A} = 1 \Omega$$

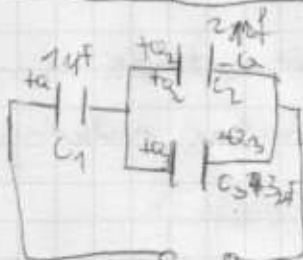
$$R \sim l$$

$$R \sim \frac{1}{q}$$



S felületre eloszlás $R = \rho \frac{l}{q}$

3/4



$$Q_1 = ?$$

$$Q_2 =$$

$$Q_3 =$$

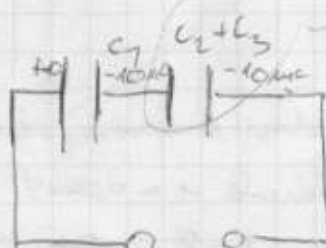
$$C = \frac{Q}{U}$$

$$U_2 = U_3$$

$$U_1 + U_2 = 12V$$

$$+U = 12V = (-Q_2) + (-Q_3) = -Q$$

szokás szerint áramlás Q irányát



$$U = 12V$$

$$C_5 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3}}$$

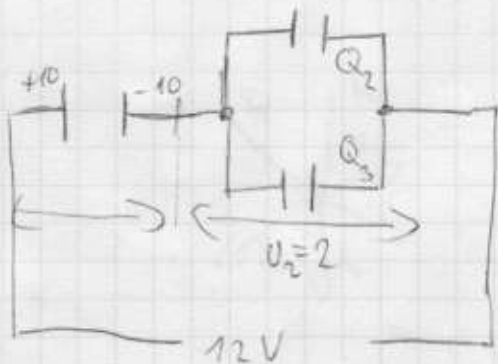
$$U = 12V$$

$$\frac{1}{C_5} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3}$$

$$C_5 = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{1(2+3)}{6} \mu F$$

$$C_5 = \frac{5}{6} \mu F$$

$$Q = C_5 \cdot U = \frac{5}{6} \mu F \cdot 12V = 10 \mu C$$



$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{10 \mu C}{1 \mu F} = 10 V$$

$$U_2 = 2 V$$

$$Q_1 + Q_2 = 10 \mu C$$

$$2 V = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{10 \mu C - Q_2}{C_3}$$

$$\frac{Q_2}{2 \mu F} = \frac{10 \mu C - Q_2}{5 \mu F}$$

$$3 Q_2 = 20 \mu C - Q_2$$

$$Q_2 = 4 \mu C$$

$$Q_3 = 6 \mu C$$

4/1

$\oplus \rightarrow$

$\leftarrow \oplus$

$E_{\text{moy}} \text{ moy}$

$E_{\text{moy}} \text{ divisible}$

$E_{\text{moy}} = 0$

$E_{\text{Potentiel}} \text{ moyenné} \rightarrow$ A tén moyenne mds a fait est a 0 centre fait est

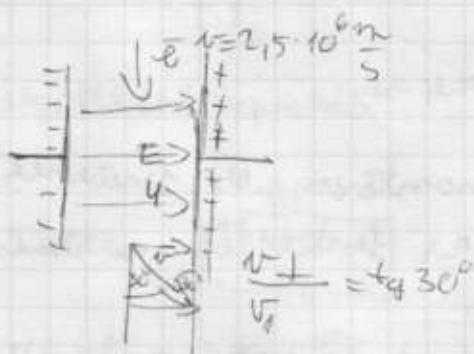
$$|dE_{\text{moy}}| = |dE_{\text{pot}}|$$

$$U = \frac{V_{\infty} - 0}{Q}$$

$$W_{\infty} = Q \cdot U$$

$$U = \int_0^{\infty} E \cdot ds$$

4/2



$$v_{\perp} = ? \quad \frac{1}{2} m v_{\perp}^2 = e \cdot U$$

$$U = E \cdot d$$