

ELEKTROMOSSÁGTAN :

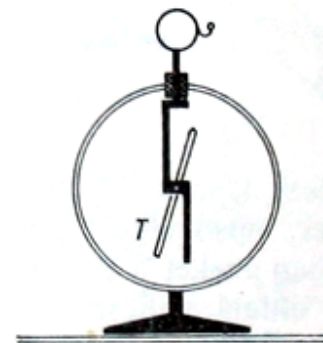
elektrosztatika

Thales, i.e. 600 : gyapjúval megdörzsölt borostyán
apró testeket vonz magához

ma : műanyag vonalzót száraz hajhoz dörzsölni,
ebonitrudat szőrmével, üvegrudat bőrrel,...
megdörzsölni, papírdarabokat, stb... vonz (majd
érintkezés után eltaszít)

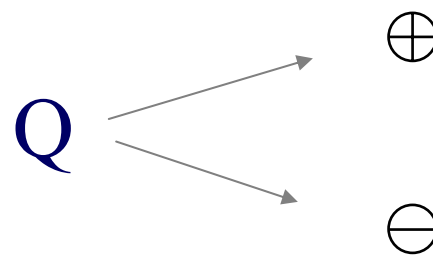


elektromos állapot
elektromos töltés



2 üveg v. 2 ebonit (egyforma töltés) taszítja egymást
de ebonit és üveg vonzza egymást

→ 2 féle töltés :



egyforma töltések taszítják
azonosak vonzzák } egymást

üveg – bőr
szőrme – ebonit } vonzzák egymást, egyforma
nagyságú töltés halmozódik fel
rajtuk



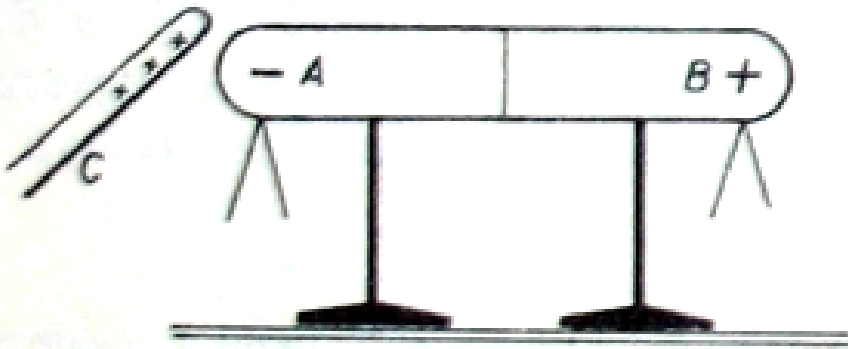
töltés-szétválasztás

vezetők – szigetelők :

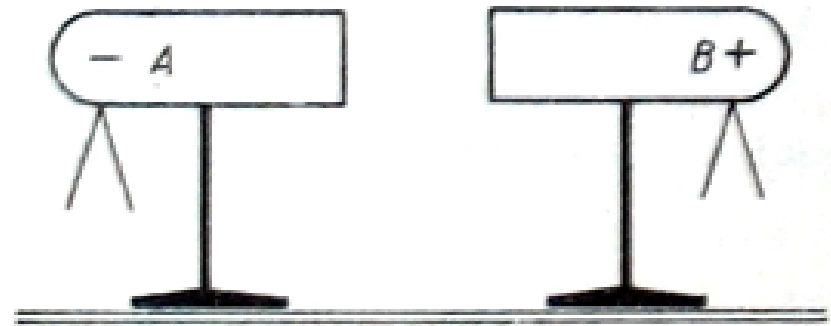
fémet nem lehet dörzsöléssel elektromossá tenni, csak
ha szigetelő nyélen van

szigetelő nyélen fém $\rightarrow$ egy pontjához érintve
töltött testet, az egész fém
töltött lesz !

elektromos megosztás:



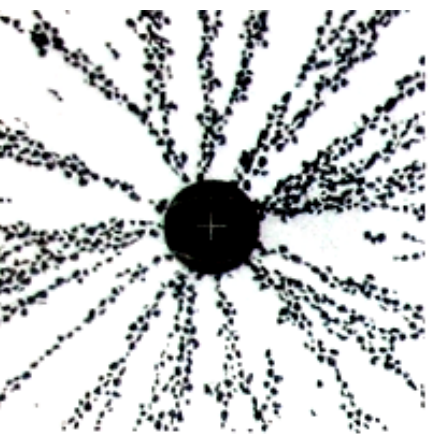
töltés-szétválasztás :



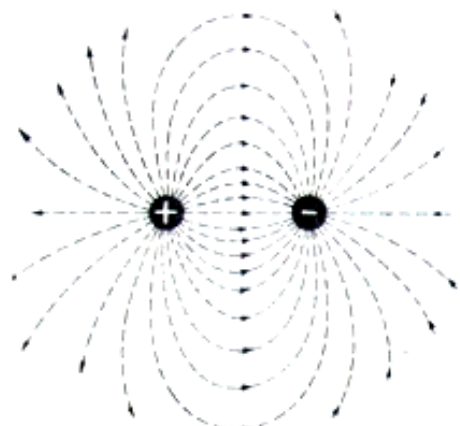
Coulomb-törvénye: $F \approx \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \rightarrow F \approx \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \vec{r}^0$

elektromos tér: $\vec{E} \left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right] = \left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right] \quad \vec{F} = Q \cdot \vec{E}$

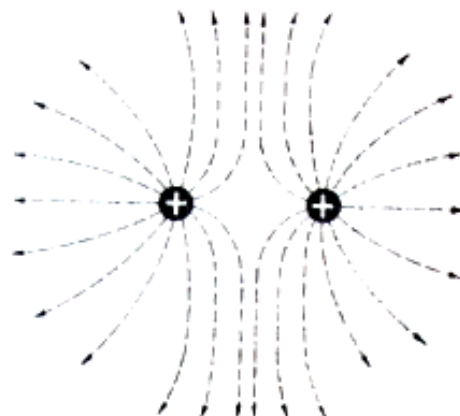
szemléltetése erővonalakkal :



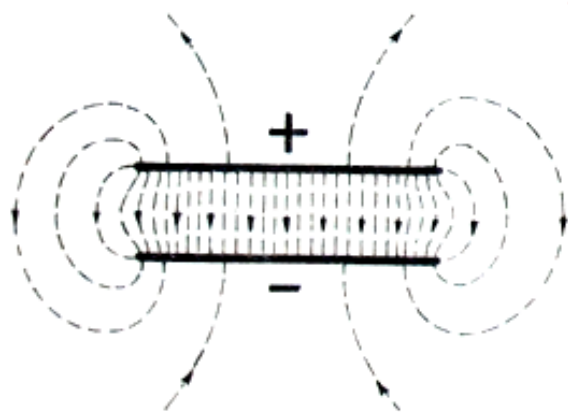
a



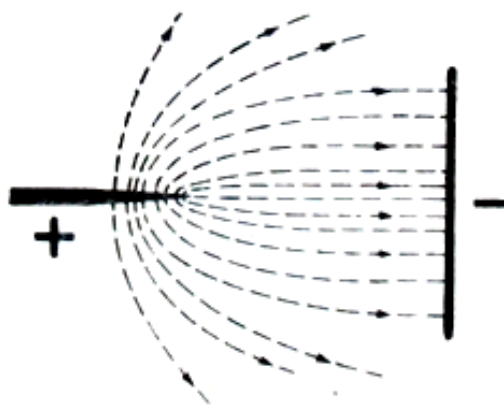
b



c

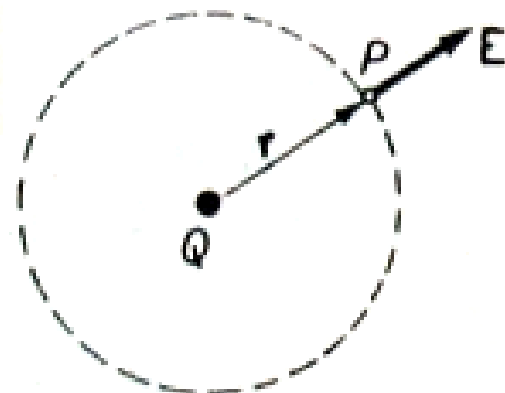


d

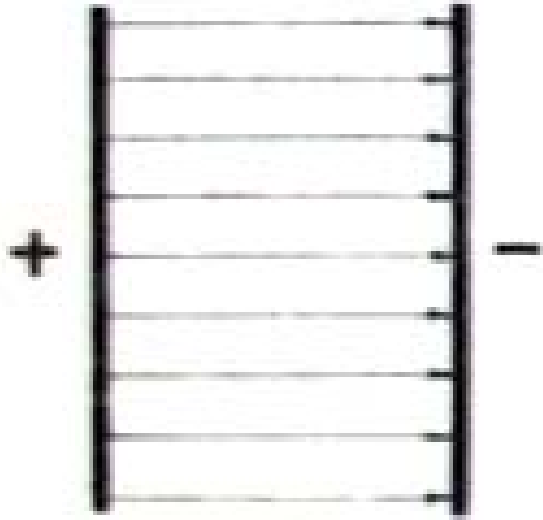


e

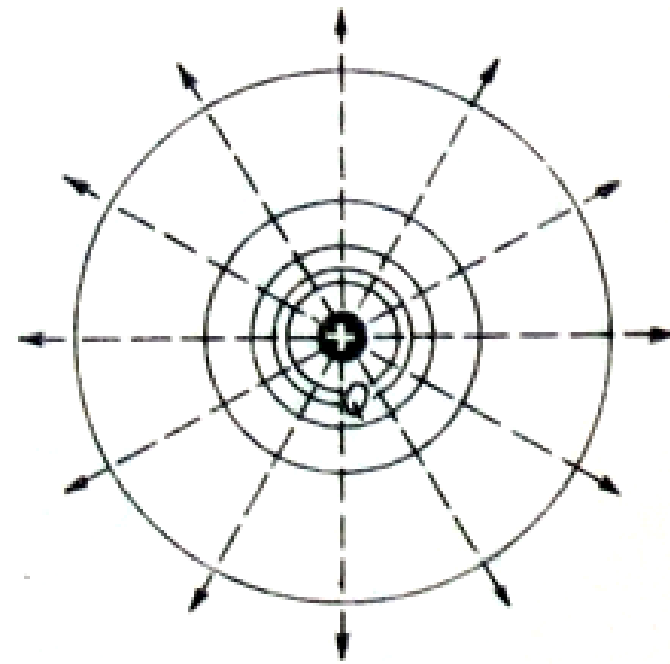
ponttöltés :



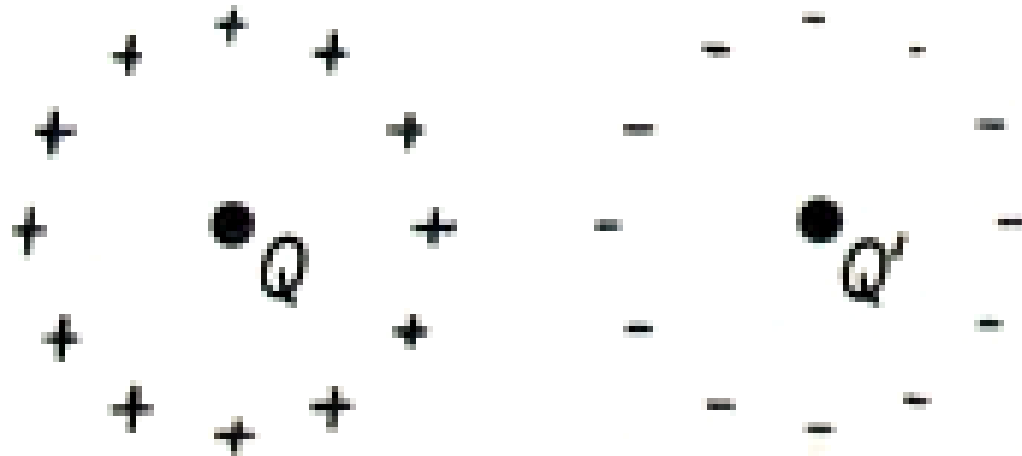
homogén tér



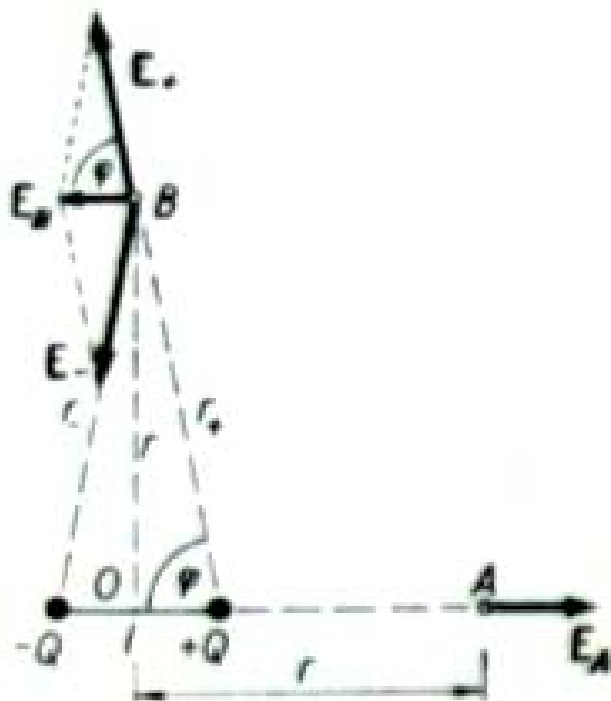
centrális tér



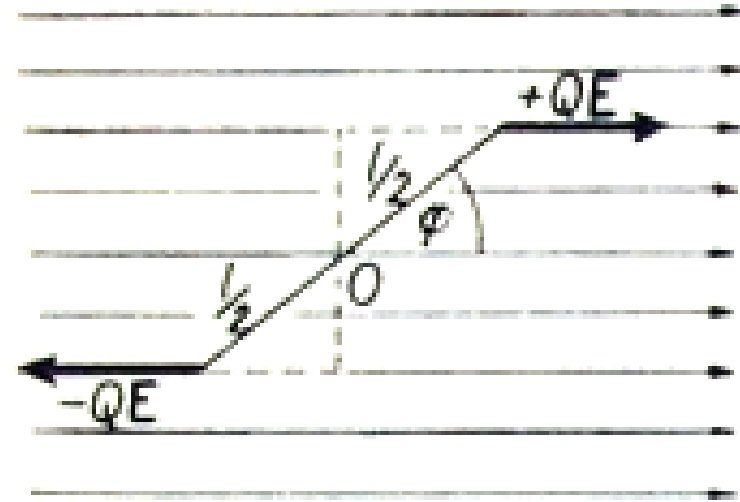
töltésközéppont (elektromos súlypont) :



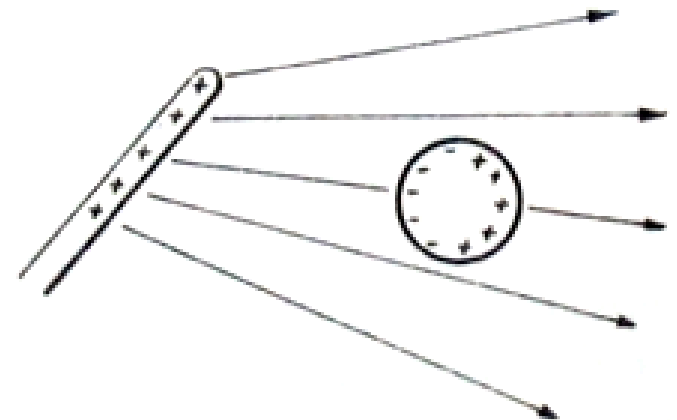
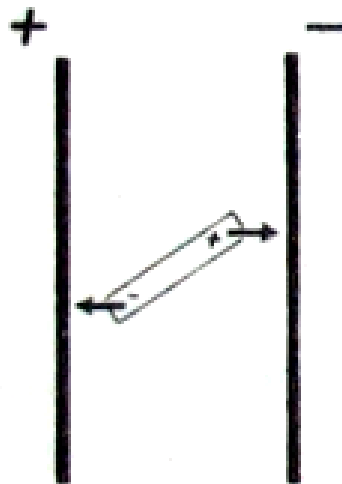
dipólus tere :



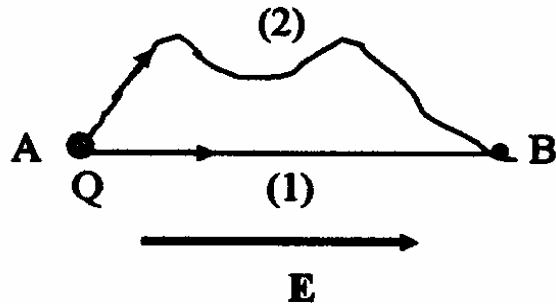
dipól elektr. térben :



töltetlen vezető elektr. térben :



az elektromos tér munkája, elektr. potenciál, feszültség :



munka

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}, \left[1 \frac{J}{C} = 1V \right]$$

*Az elektromos tér munkája
nem függ a munkavégzés
útvonalától, csak a kezdeti és
végállapottól.*

*KONZERVATÍV ERŐTÉR → tetszőleges
nullpont választható.*

Elektromos potenciál (U_p)

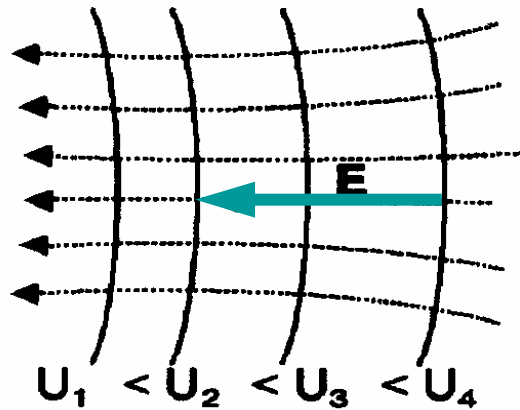
$$U_p = \frac{W_{po}}{Q} \quad U_{AB} = U_{AO} - U_{BO}$$

Elektromos potenciális energia:

$$E_{\text{pot}} = Q \cdot U_p$$

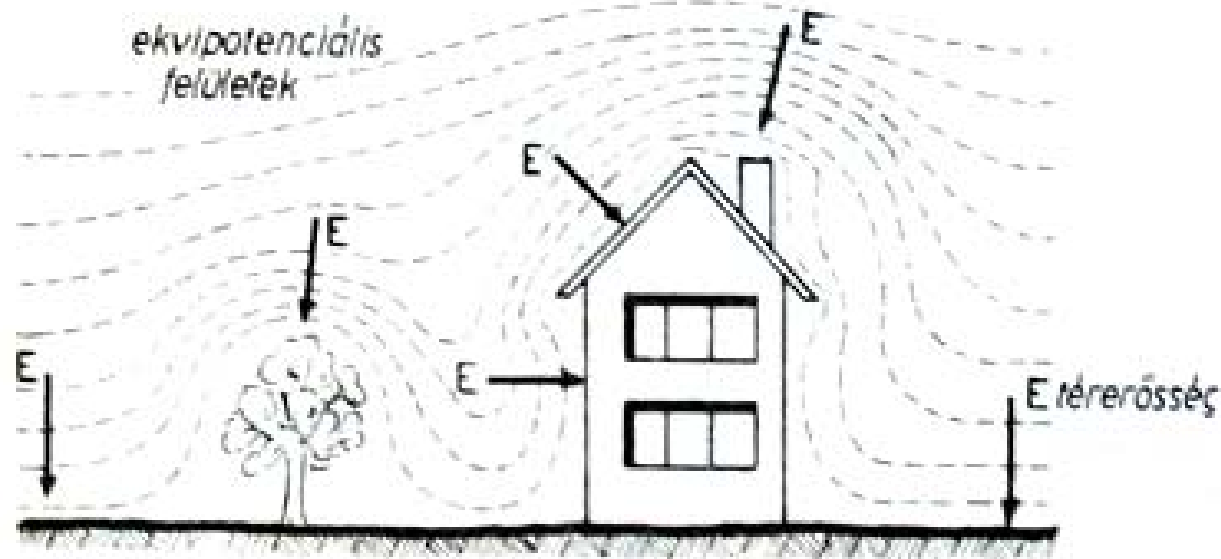
Ekvipotenciális felület :

az azonos potenciálú pontok összessége a térben



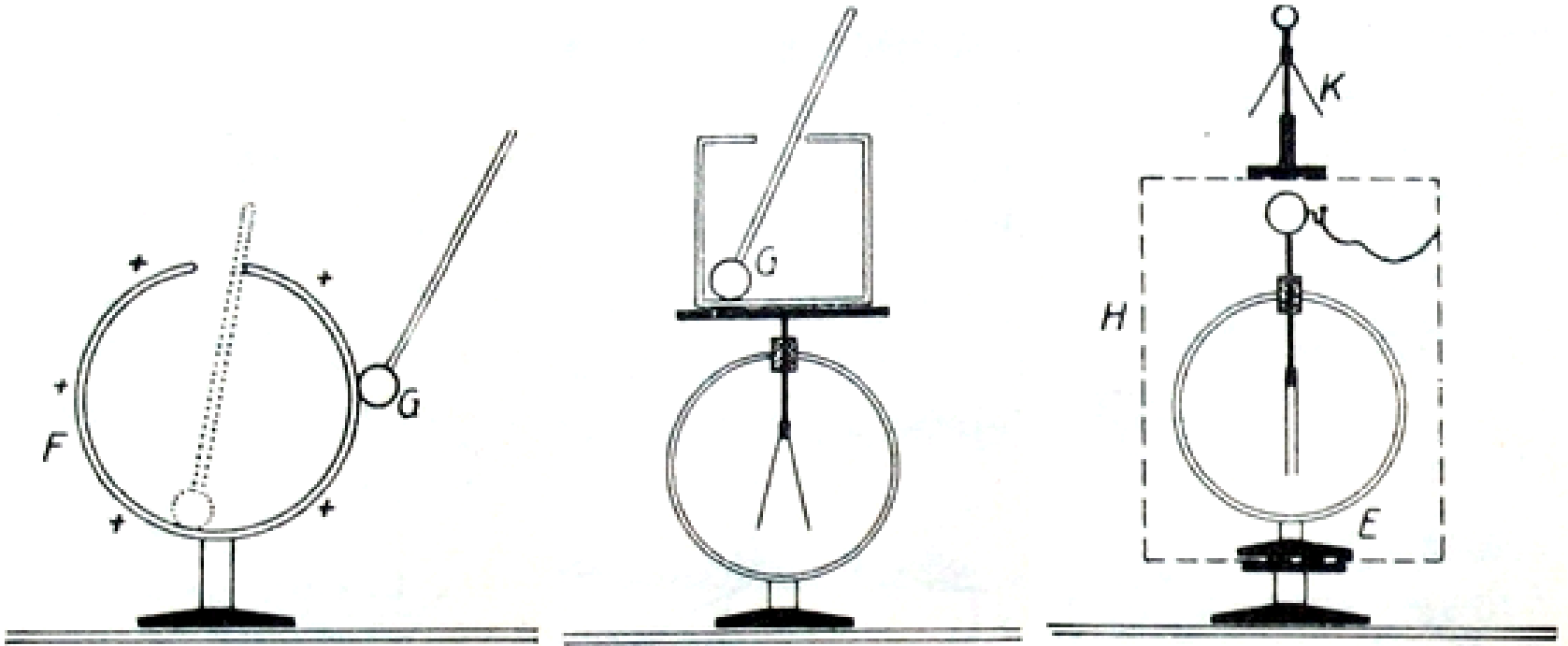
*A térerősség merőleges az
ekvipotenciális felületekre és a
csökkenő potenciál irányába
mutat.*

villámcsapás
villámhárító...



töltés elhelyezkedése a vezetõn :

a vezetõ külsõ felületén helyezkedik el:



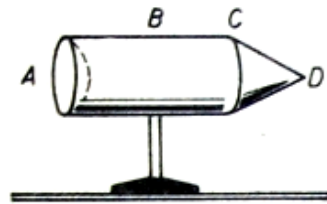
Kísérlet :

Faraday-kalitka

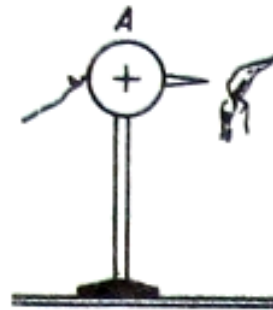


autóban ülve nem veszélyes a villámcsapás
→ elektromos árnyékolás

a töltéseloszl. a vezető felületén ált. NEM egyenletes :
függ a görbülettől :



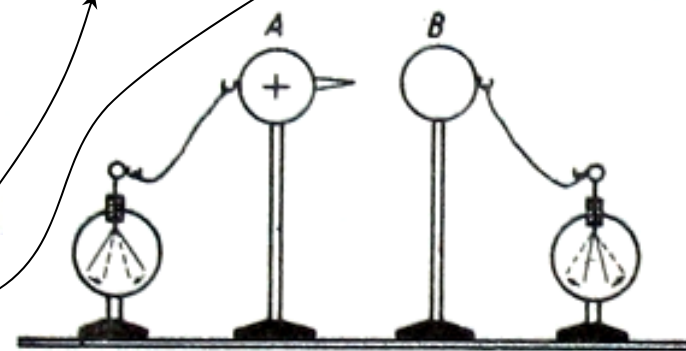
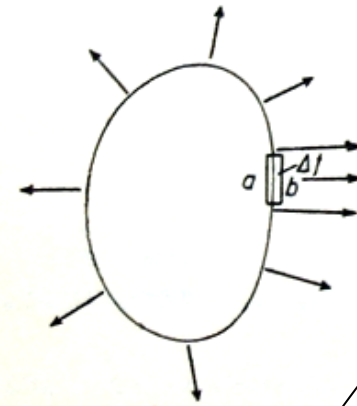
158,5. ábra



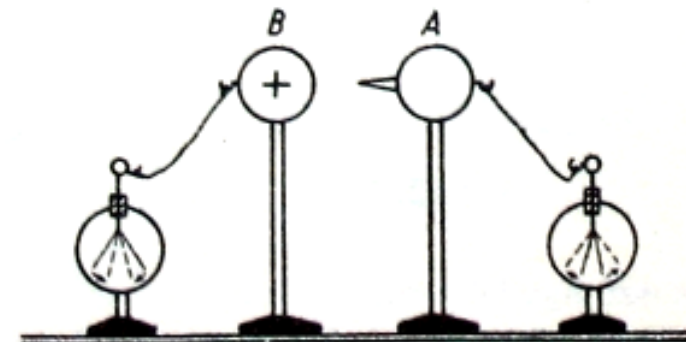
158,7. ábra



158,8. ábra



158,9. ábra



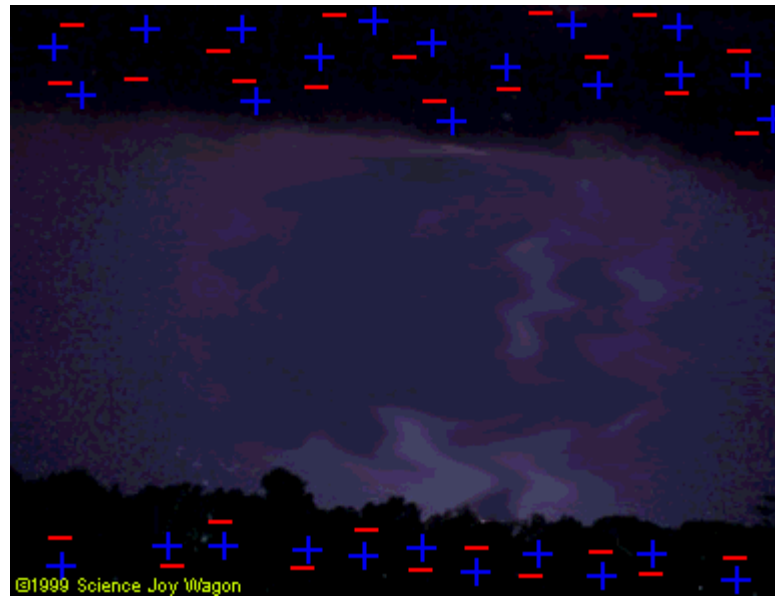
Kísérlet : csúcshatás :

gyertyát elfújja (= elektromos szél),
elektr. Segner-kerék,
csúcs (A) közelében másik test (B)
feltöltődik,
csúcsok szívóhatása

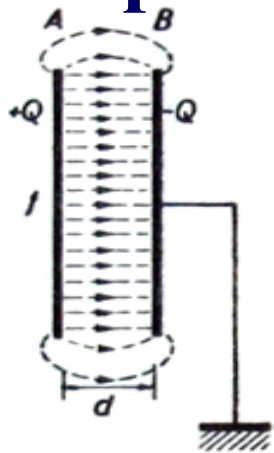
↓
elektrosztatikai gépek...
villámhárító







kapacitás, kondenzátorok :



$$Q \sim U$$

$$Q = C \cdot U$$

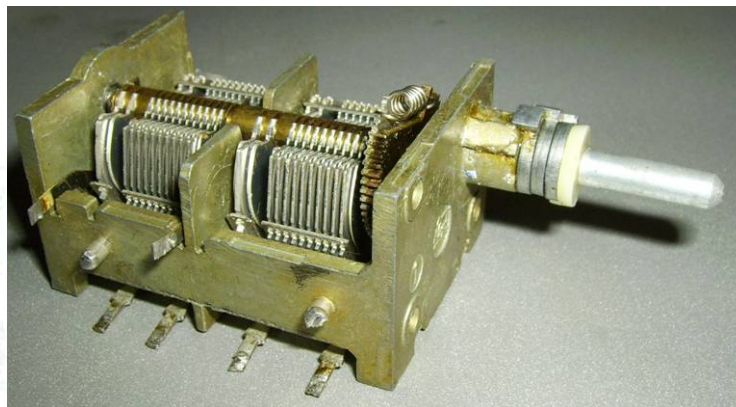
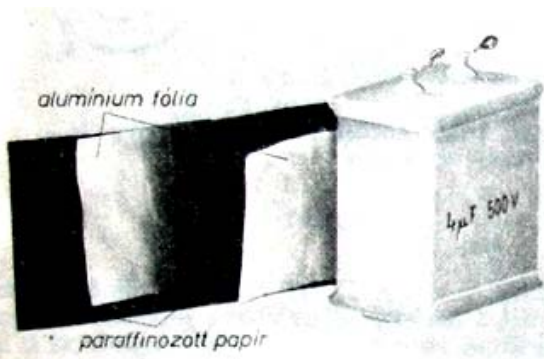
„kucu-törvény”

kapacitás [F] :

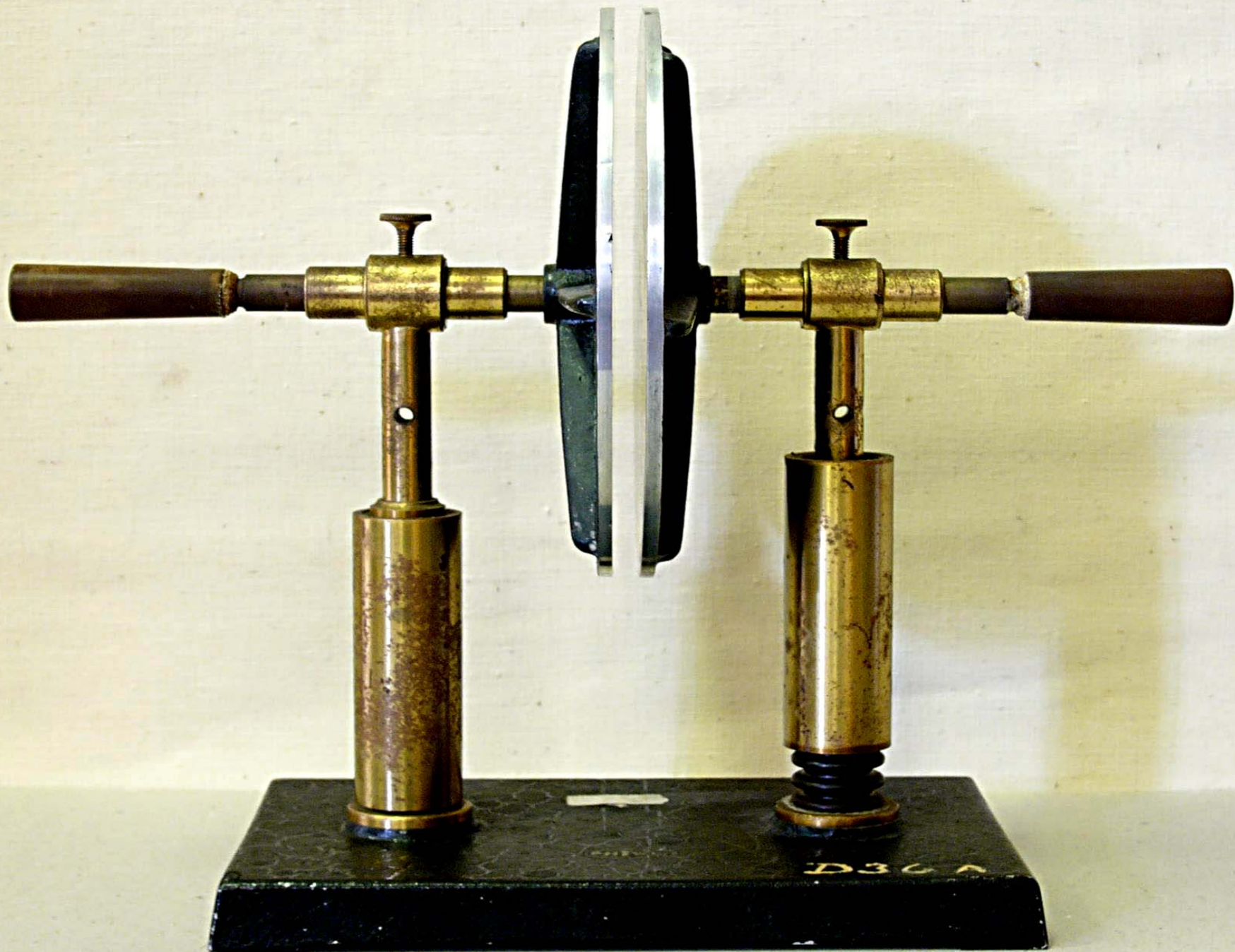
a kond. geometriájától függ, pl. síkkond. esetén f és d , valamint a fegyverzetek közötti anyagtól (vákuum v. dielektrikum)

$$\mu F = 10^{-6} F, \quad nF = 10^{-9} F, \quad pF = 10^{-12} F.$$

ld. később...



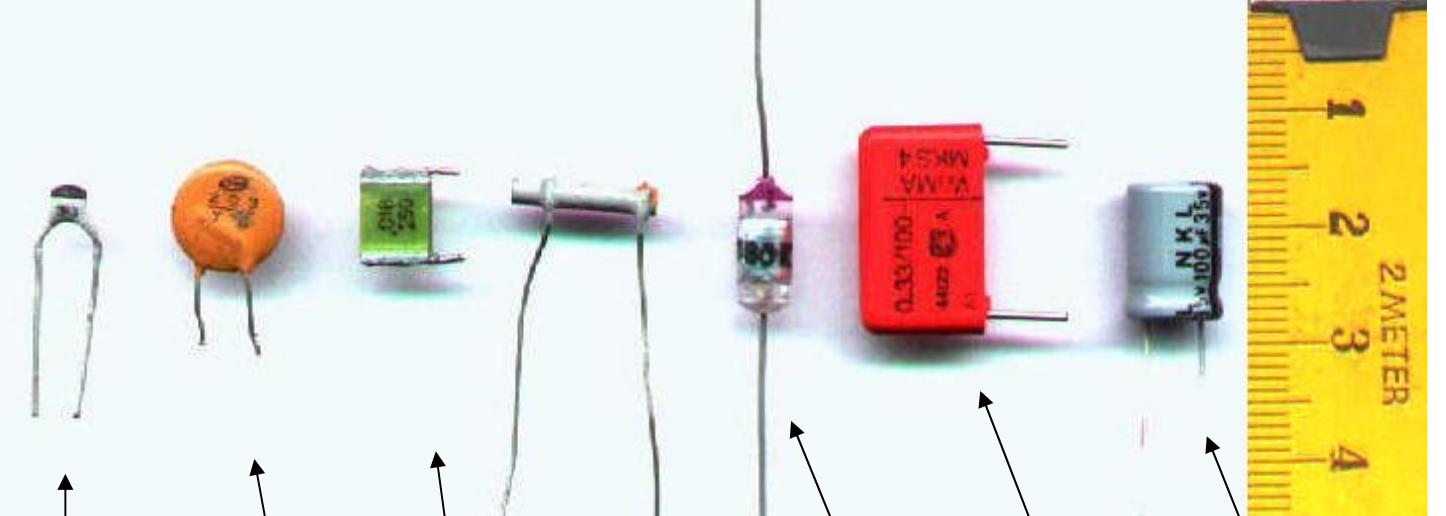
villanymotor,
fénycső,
elektronika,...



Leideni palackok







multiréteg
kerámia

kerámia
korong

multiréteg
poliészter film, cső

kerámia polystyrene

metalized
poliészter film

aluminum
elektrolit

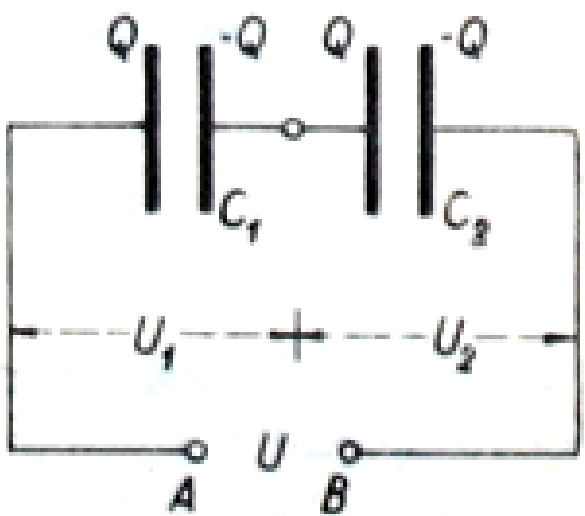
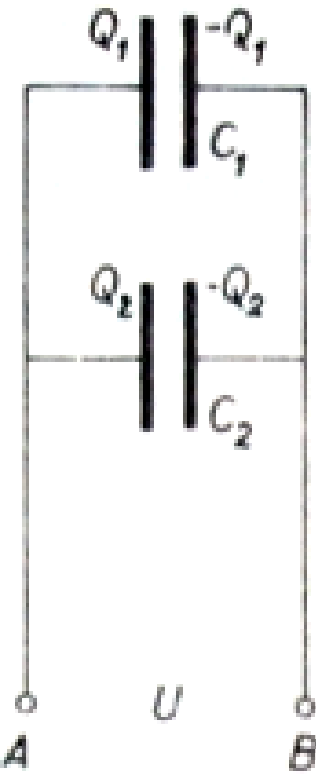


12 pF, 20 kV

ultranagy kapacitások:



kond.-k összekapcsolása :

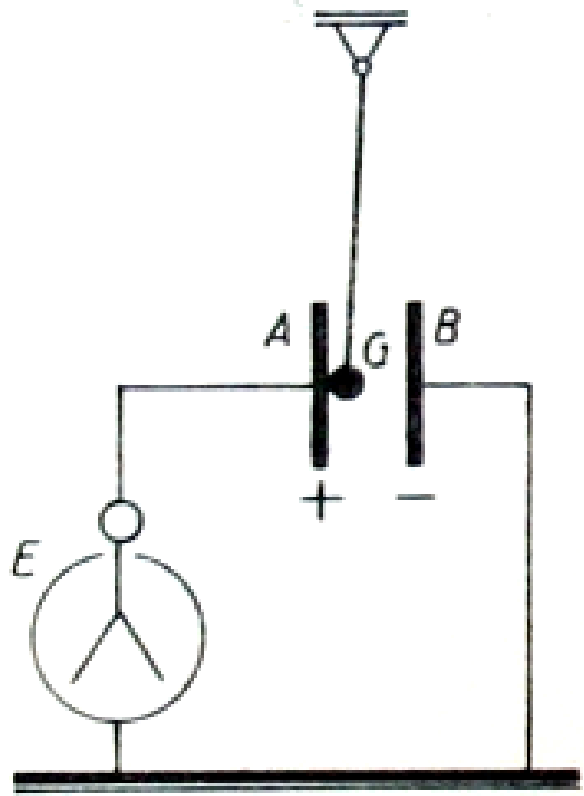


$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

kond. energiája :

Kísérlet :



$$E_{\text{kond}} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$



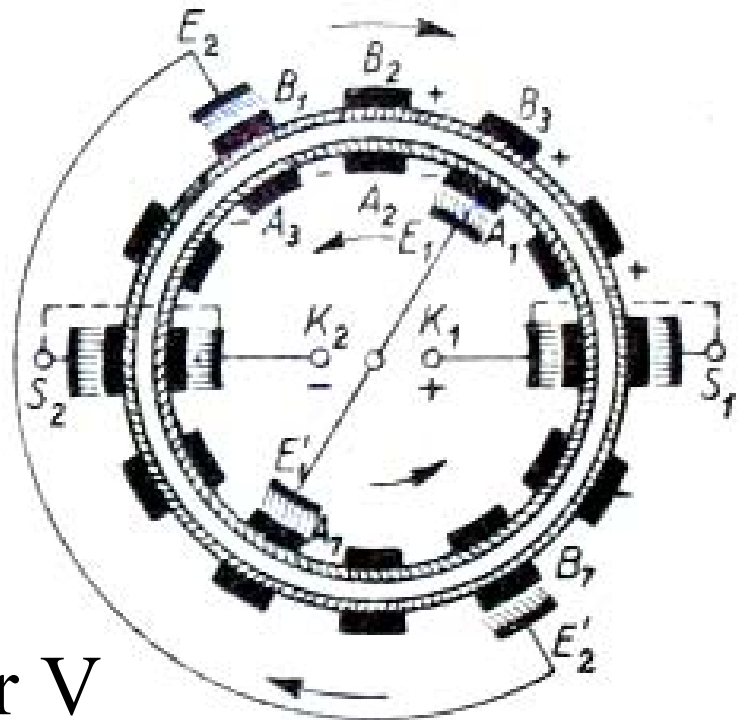
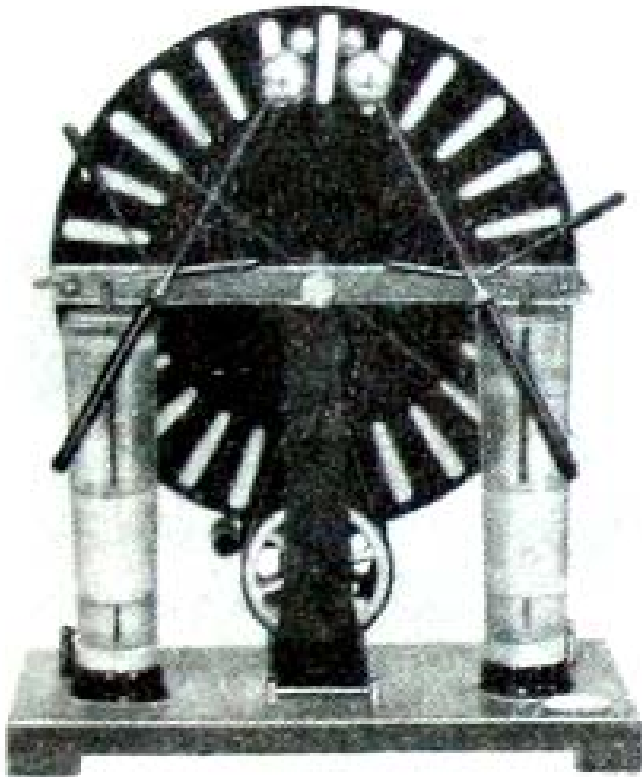
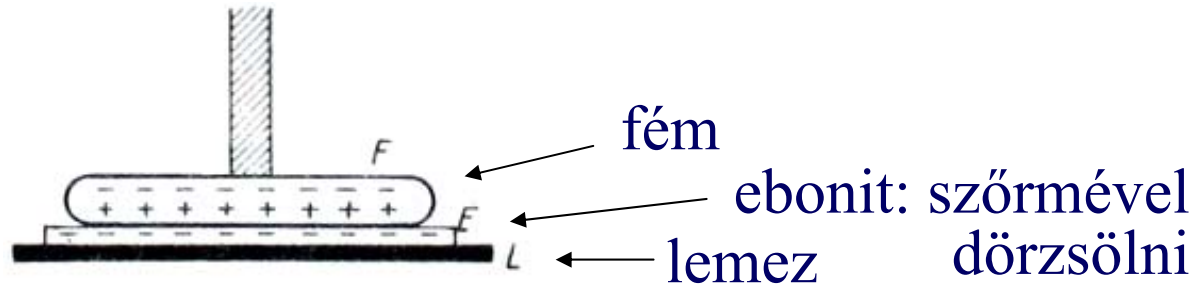
a golyó pattog (=mozog)
 → munkavégzés

elektrosztatikai gépek :

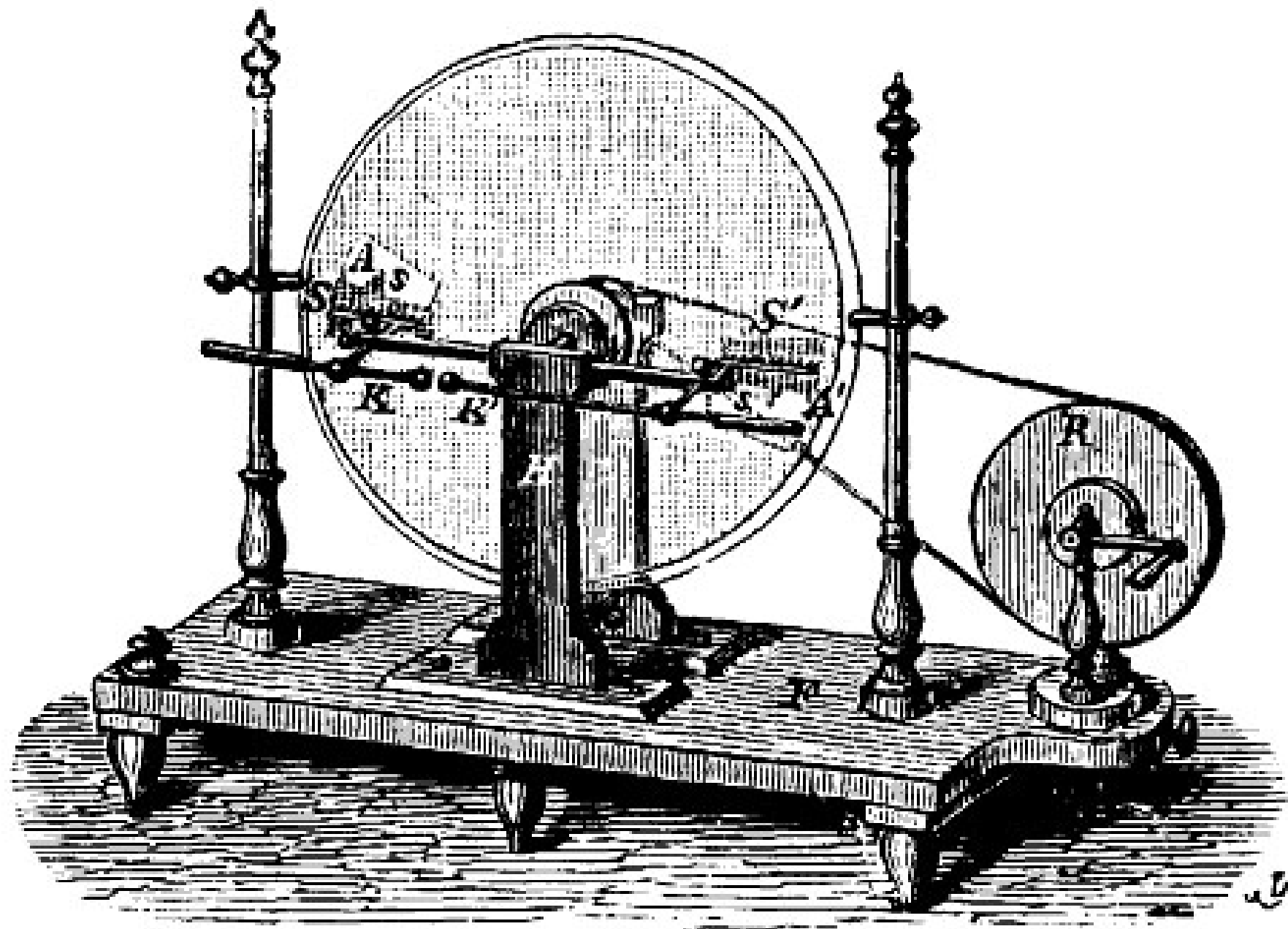
dörzselektromos gép (Guericke, 1672)

elektrofor (Volta) :

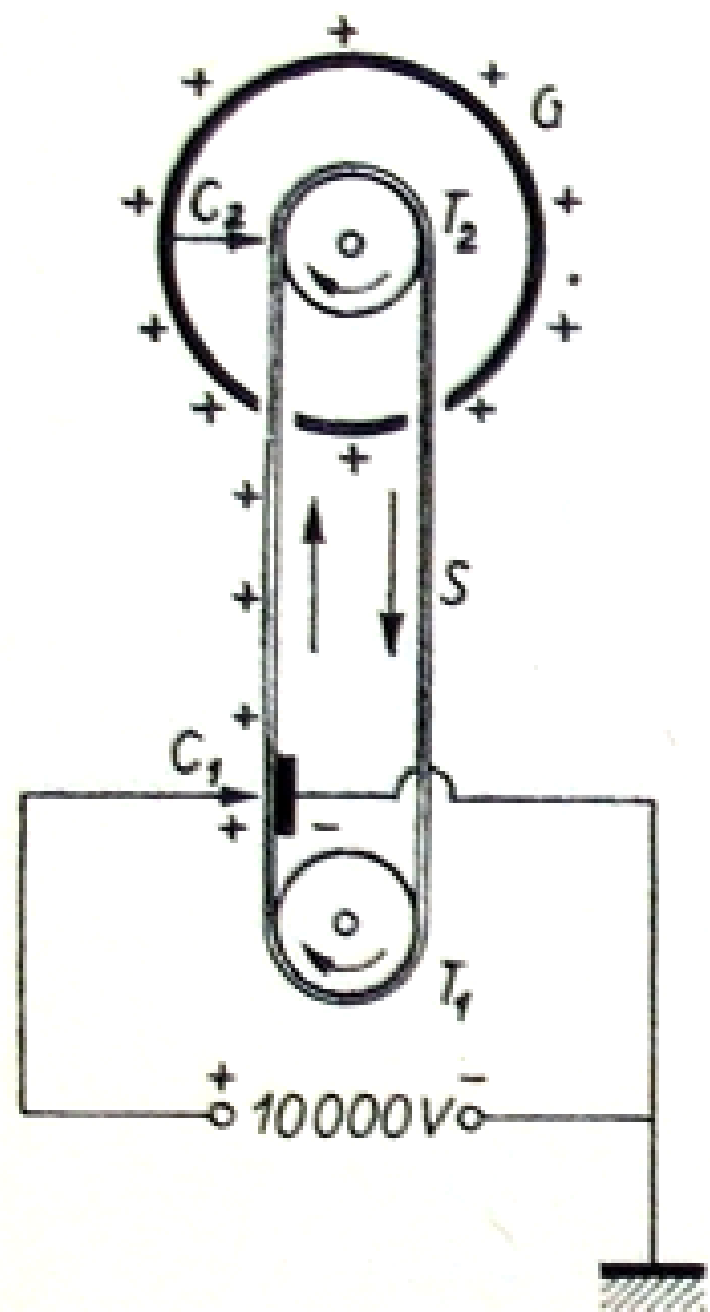
influenciagép :



$$U \approx 100\text{ezer V}$$

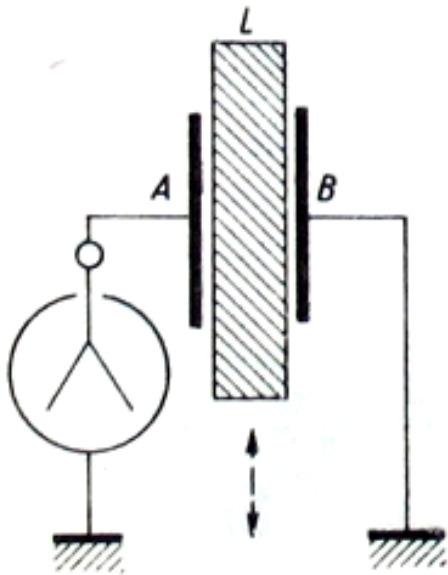


Van de Graaf generátor:



$U > 1\text{millió V} !!!$

el.sztat. tér szigetelőkben (dielektrikumban) :

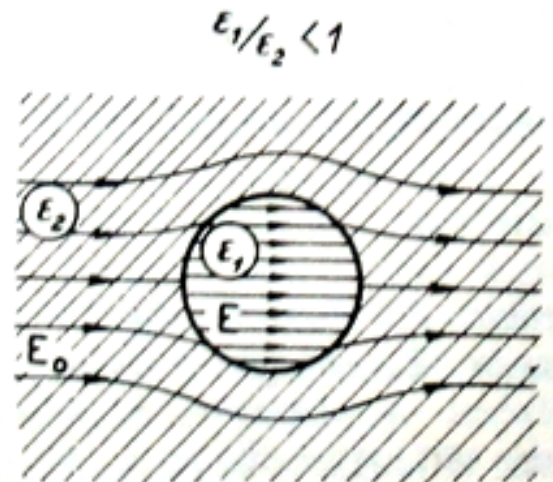
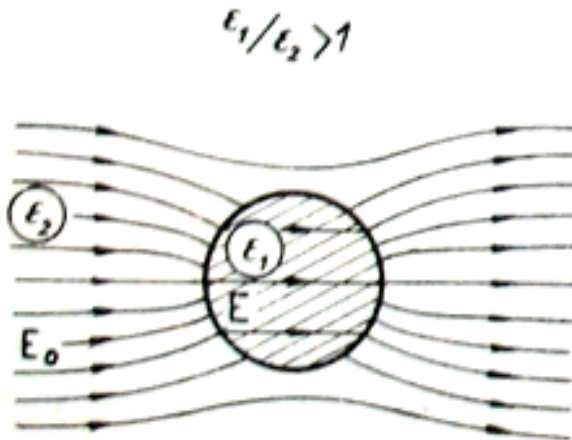


a szigetelő betolásával U csökken

→ C növekszik, kihúzva fordítva

dielektromos állandó : $\varepsilon = \frac{C}{C_0}$

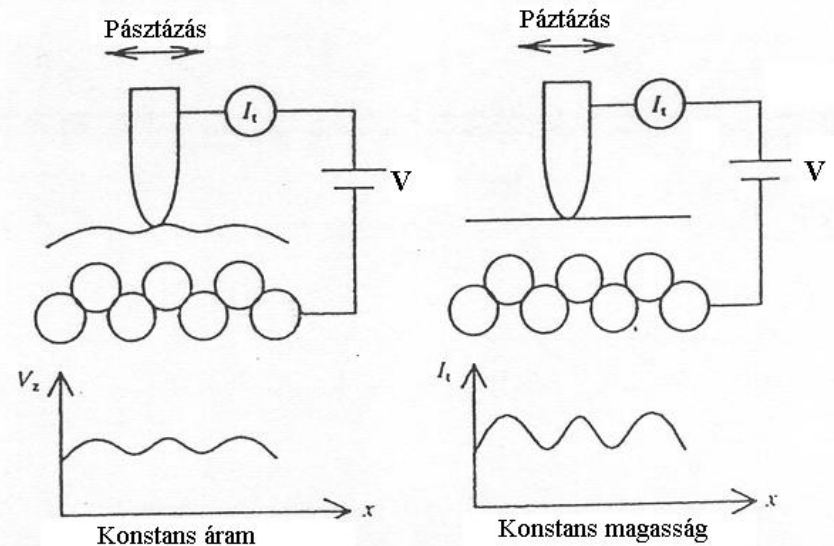
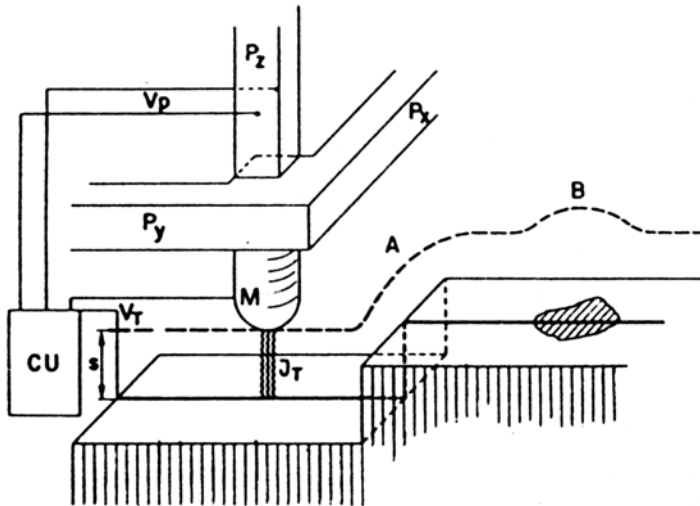
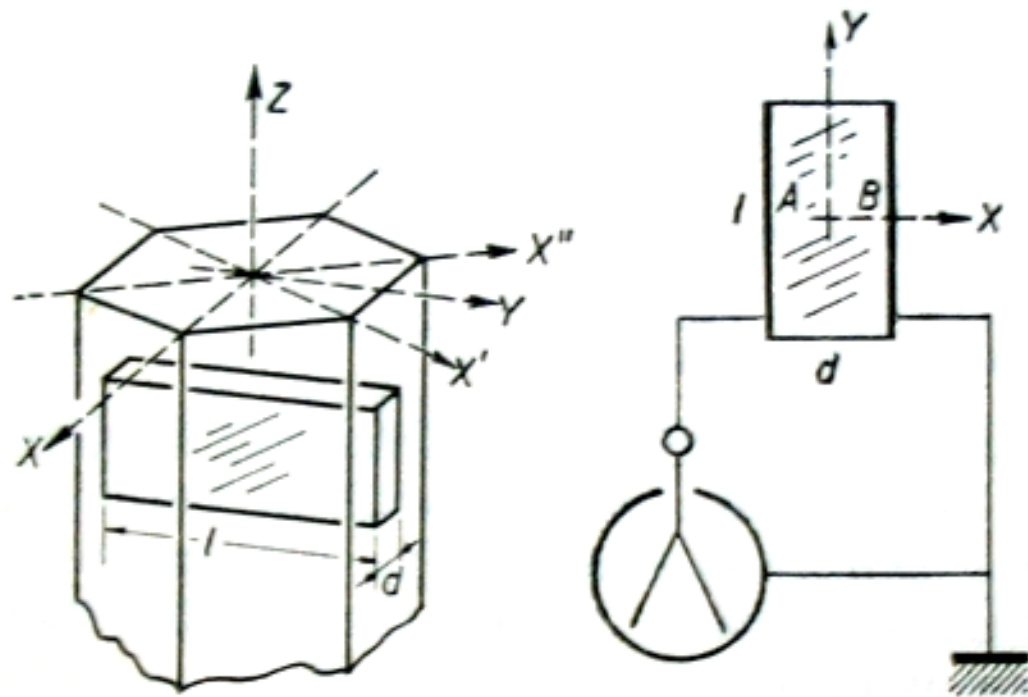
az elektr. tér behatol a szigetelőbe is, csak benne más lesz az erővonal-sűrűség :



piezoelektromosság :

alkalmazások:

mérlegek, STM, AFM,
injektor szelepek,...



érintkezési elektromosság :

2 kül. anyag érintkezése → rajtuk kül. töltések
(pl. ebonit+szőrme)

↓
 $\approx 1\text{ V}$ potenciálkül.

↓
 $\approx 10^4\text{-}10^5\text{ V}$
(az erővonalak széthúzása miatt)

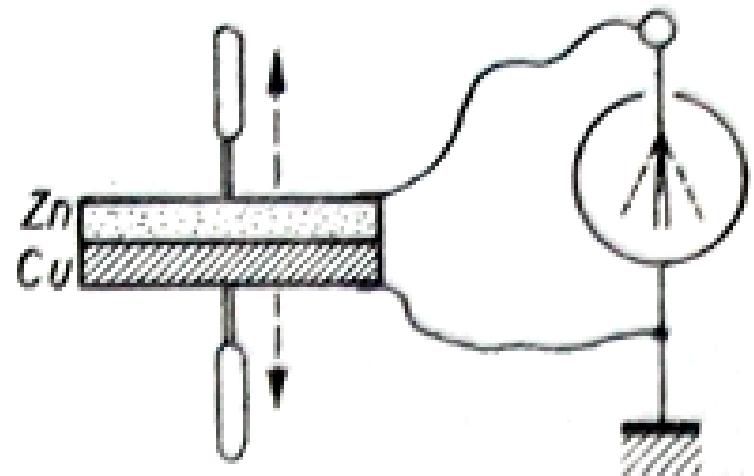
fémek érintkezése → Volta :

széthúzás után :

a Zn + lesz, a Cu -

(a Zn-ről e^- - k mennek Cu-re)

itt is $1\text{ V} \rightarrow 10\text{-}100\text{ V}$ lesz



az 1 és 2 fémek a levegővel is érintkeznek (f , f_1 , f_2 felületek)



3 érintkezési feszültség:

$$U_{01}, U_{12}, U_{20}$$

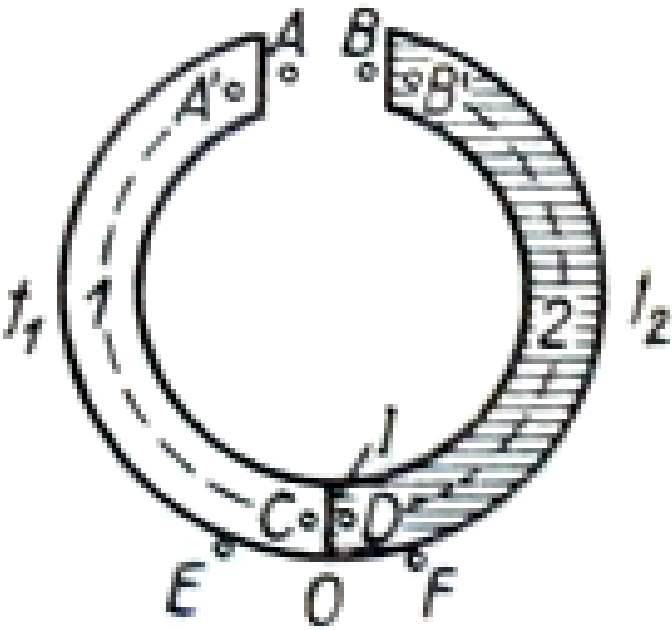
$$U_{G,12} = U_{12}$$

$$U_{V,12} = U_{01} + U_{12} + U_{20}$$

fémek anyagi minőségétől, hőm.-tól és a szigetelők anyagától is függ

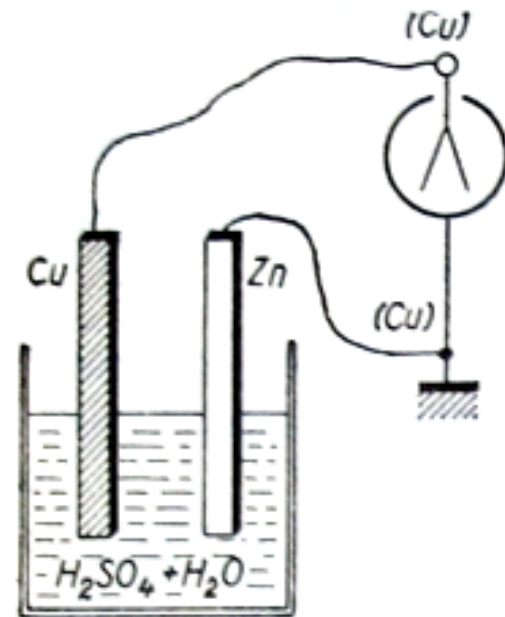
fém – folyadék érintkezése:

galvánelem



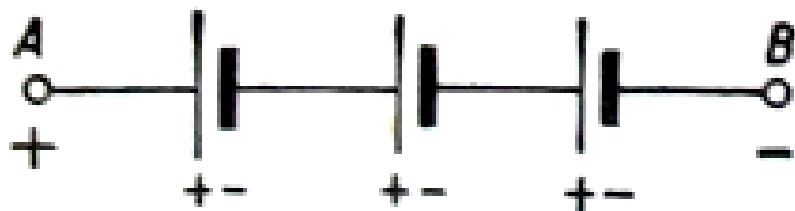
fém – folyadék érintkezése:

galvánelem →



nyitott pólusok → e.m.e. $\approx 1-2$ V

zárt áramkör → $\neq$ kapcsolófeszültség



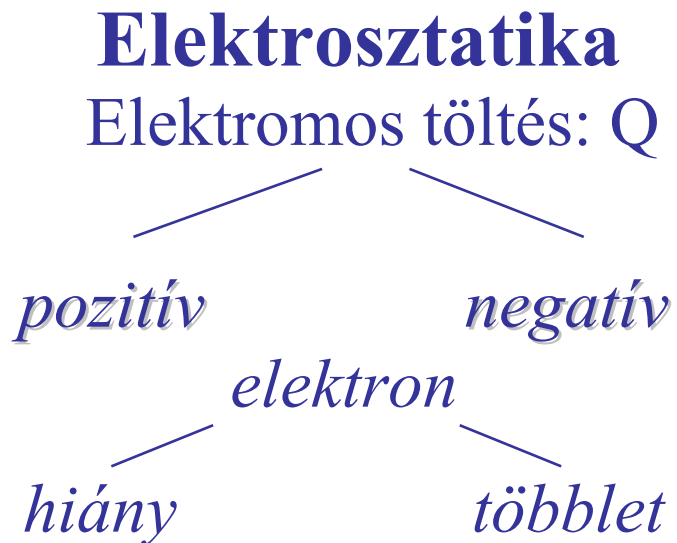
→ tetsz. nagy e.m.e.
kapható

az elektrosztatikai- és a magnetosztatikai tér :

Statikus tér: a térre jellemző fizikai mennyiségek időben állandóak.

Homogén tér: a térre jellemző fizikai mennyiségek a helytől sem függenek.

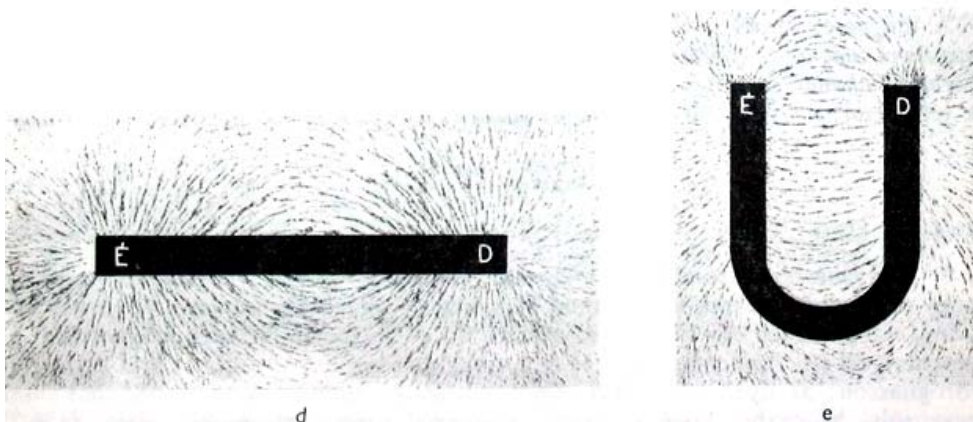
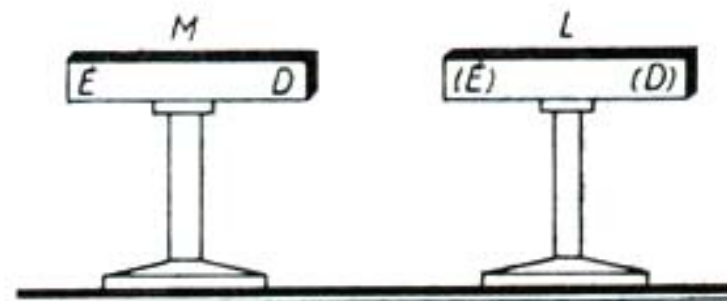
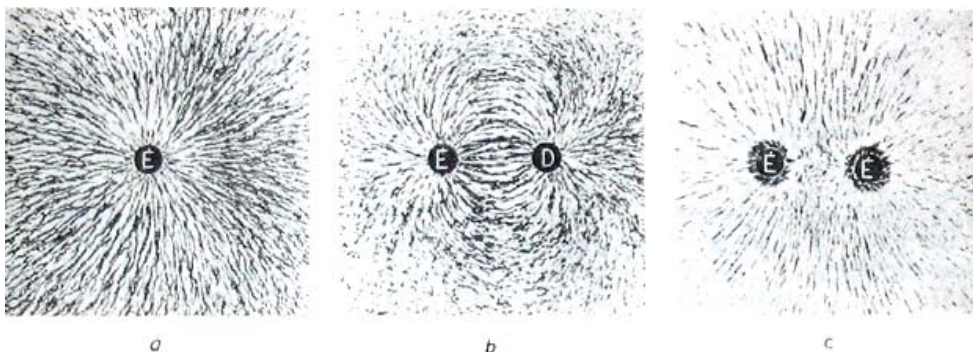
elektrosztat. és magnetosztat. analóg

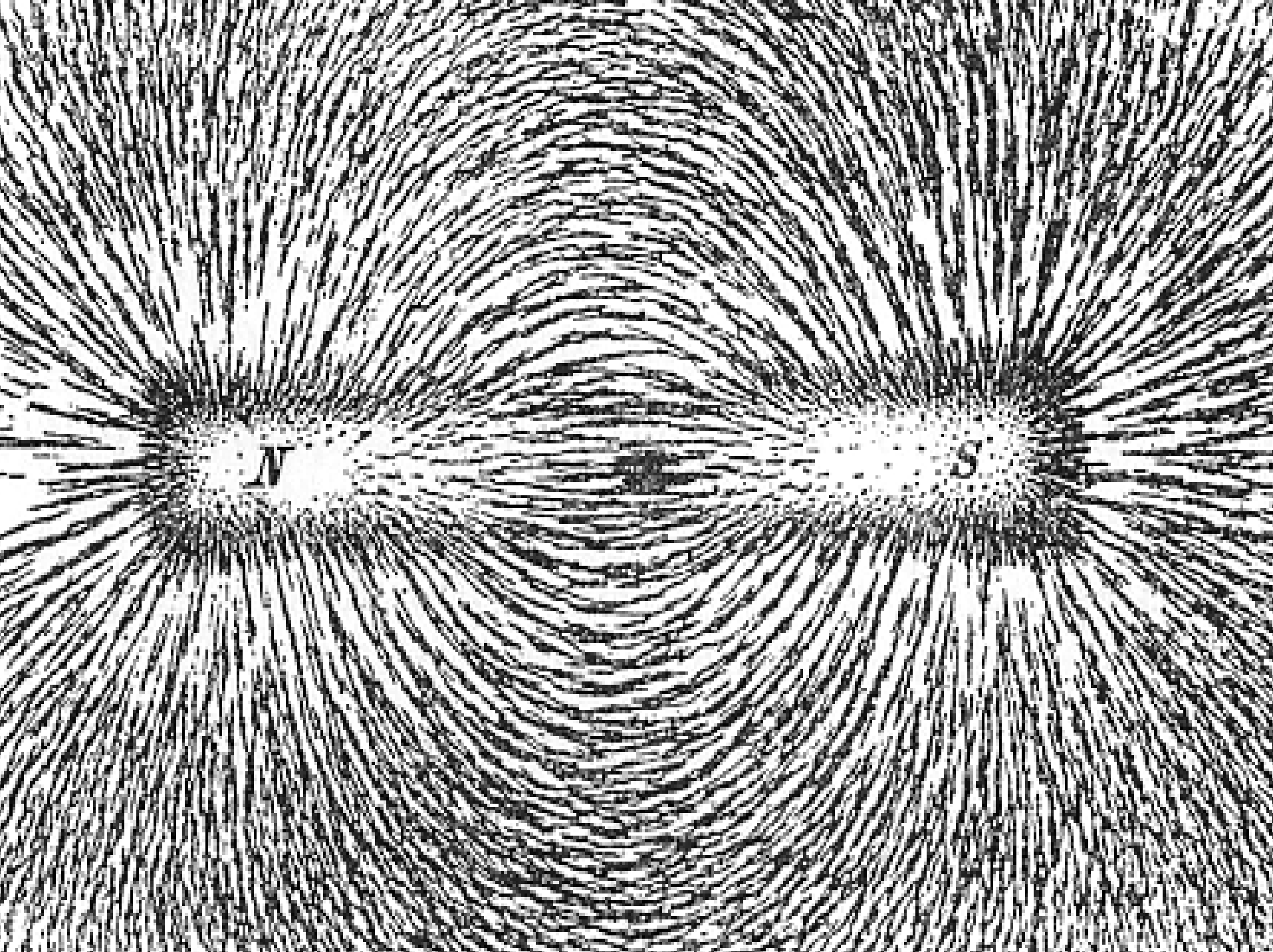


elektron
hiány többlet

*Semleges test
a pozitív és negatív
töltések algebrai
összege zérus*

pólusok
északi déli



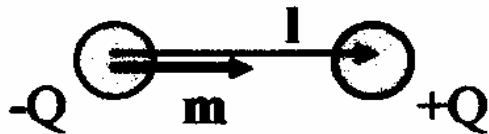


*Dipólmomentum: **m***

Elektrosztatika

Elektromos dipólus:

$$\mathbf{m} = Q \cdot \mathbf{l}$$



*Az elektromos dipólust alkotó
töltések fizikailag
különválaszthatók.*

Magnetosztatika

Permanens mágnes:

$$\mathbf{m} = p \cdot \mathbf{l}$$

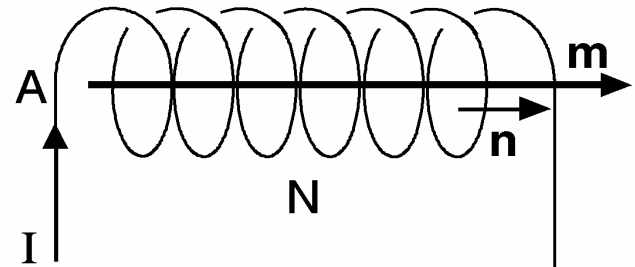


*A permanens mágnes pólusai
egymástól nem
választathatók el.*

*Dipólmomentum: **m***

Magnetosztatika

I erősségű árammal átjárt A irányított felületű hurok



$$\mathbf{m} = \mu \mu_0 N I \mathbf{A}$$

Erőhatások

Elektrosztatika

*Elektromos töltések között
fellépő erő*

vonzó

taszító

*A semleges testeket a töltéssel
rendelkező testek vagy
vonzzák vagy taszítják.*

Magnetosztatika

*Mágneses pólusok
között fellépő erő*

vonzó

taszító

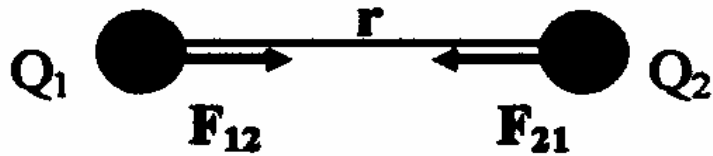
*A testek mágneses térben anyagi
minőségüktől függően különböző
képpen viselkednek.*

Erőhatások

Coulomb törvény

Elektrosztatika

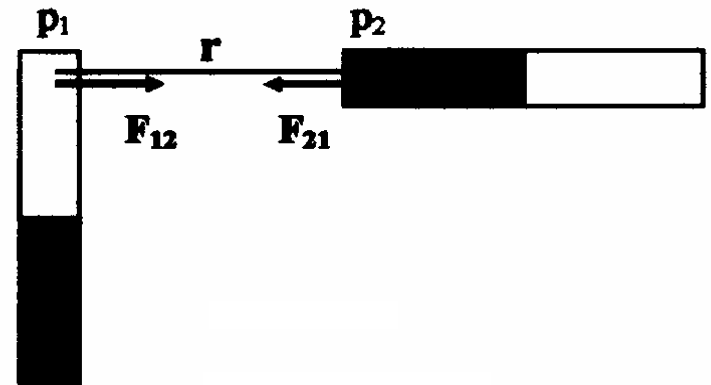
Pontszerű elektromos töltések között fellépő erő



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

Magnetosztatika

Mágneses pólusok között fellépő erő



$$\vec{F} = C \cdot \frac{p_1 p_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

Elektrosztatikai tér

Magnetosztatikai tér

létrehozása

Nyugvó elektromos töltés

*Nyugvó permanens mágnes,
ill. stacionárius áram*

szemléltetése

erővonalakkal

indukcióvonalakkal

jellemzése

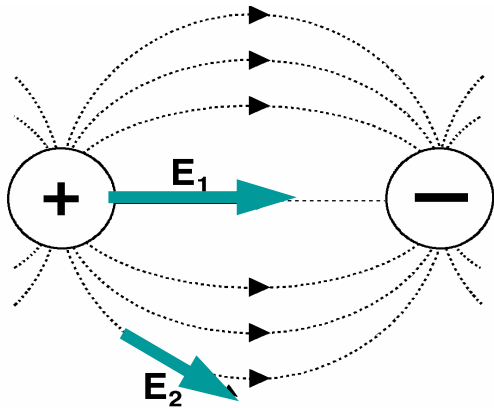
***E** térerősségvektorral
(**D** megosztási vektorral)*

***H** térerősségvektorral
(**B** indukció vektorral)*

Elektrosztatikai tér

Elektromos
térerősségvonalak

Érintőik a térerősségvektorok

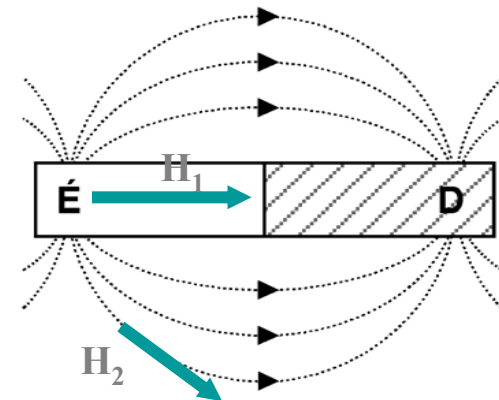


Az elektrosztatikus tér
forrásos, örvénymentes

Magnetosztatikai tér

Mágneses
térerősségvonalak és
indukcióvonalak

*Érintőik a térerősségvektorok
vagy indukcióvektorok.*



A permanens mágnes tere
forrásos, örvénymentes.

*A stacionárius áram mágneses tere
örvényes, forrásmentes.*

Elektrosztatikai tér

Elektromos térerősség (E)

Az elektromos tér egy adott pontját jellemző vektormennyiség

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}, \left[I \frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$$

Megosztási vektor (D)

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \cdot \vec{E}, \left[I \frac{\text{As}}{\text{m}^2} \right],$$

ϵ_0 a vákuum, ϵ a szigetelő
(anyagi minőségére jellemző)
dielektromos állandója

Magnetosztatikai tér

Mágneses térerősség (H)

A mágneses tér egy adott pontját jellemző vektormennyiség

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{p}, \left[I \frac{\text{N}}{\text{Wb}} \left(\frac{\text{newton}}{\text{weber}} \right) \right]$$

Indukcióvektor (B)

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \cdot \vec{H}, \left[I \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} = \text{IT (Tesla)} \right]$$

μ_0 a vákuum, μ a közeg (anyagi minőségére jellemző) mágneses permeabilitása.

Magnetosztatikai tér

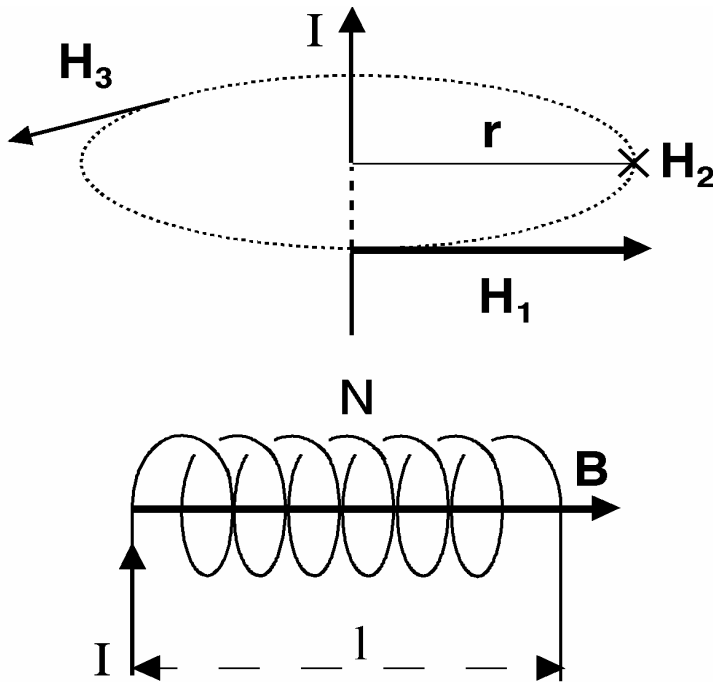
térerősség *indukció*

hosszú egyenes áramjárta
vezető terében

$$H = \frac{I}{2r\pi}, \text{ ill. } B = \mu\mu_o \frac{I}{2r\pi}$$

szoleonid belsejében

$$H = \frac{NI}{l}, \text{ ill. } B = \mu\mu_o \frac{NI}{l}$$



Megosztás (polarizáció)

Elektromos megosztás

Vezetők

Elektronok elmozdulása

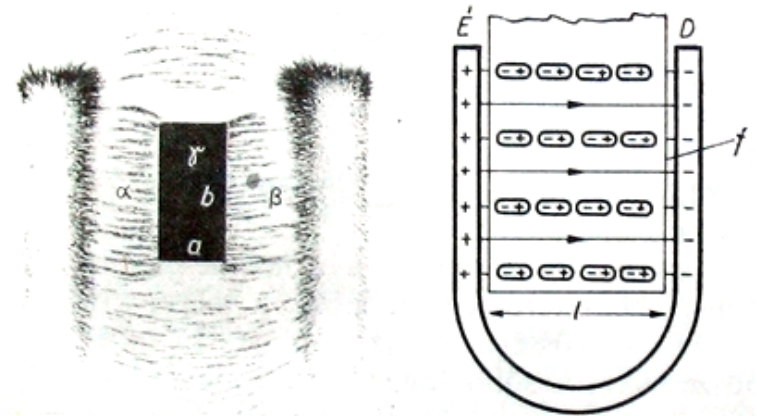
*Szigetelők
deformáció
(Bohr-modell)*



Mágneses megosztás

Ferromágneses

Fe, Ni, Co, bizonyos ötvözetek



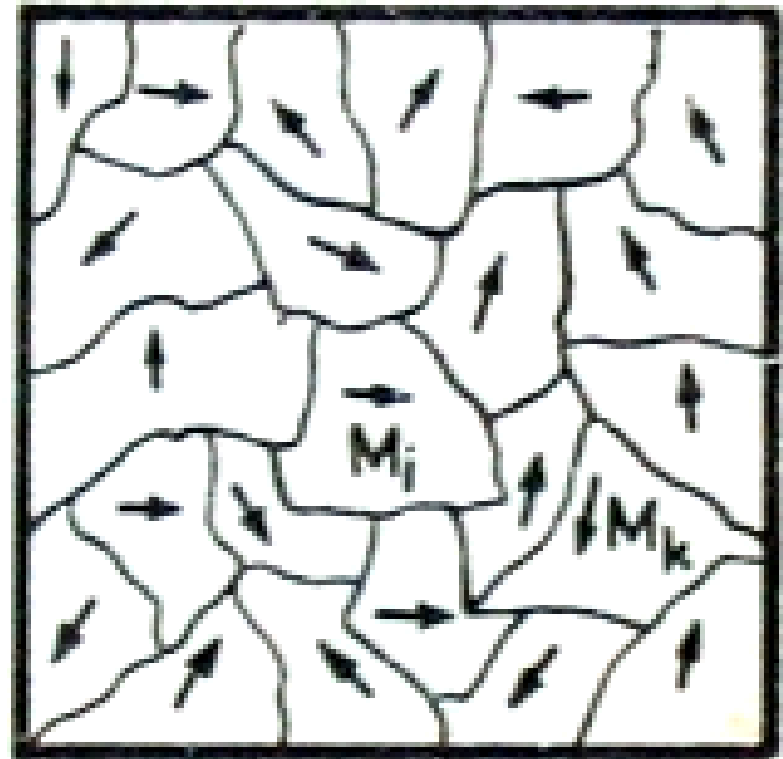
Paramágneses

*Bizmut, higany, réz, víz,
etilalkohol, nitrogén,
hidrogén*

Diamágneses

*palládium, króm, platina,
alumínium, oxigén, levegő*

doménszerkezet :



AZ ELEKTROMOS ÁRAM
ÉS
A MÁGNESES TÉR

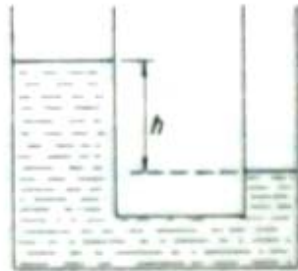
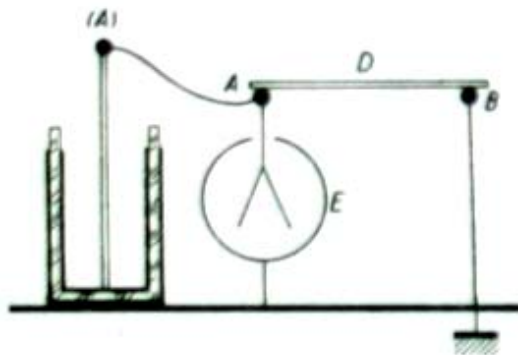
Elektromos töltéssel rendelkező részecskék mozgása :

Az elektromos áram

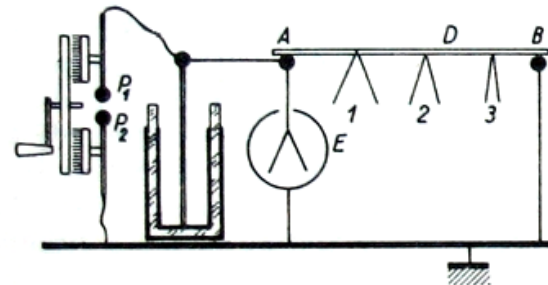
Konduktív

Vezetőkben
*elektromos tér
hatására*

Feltétel: **feszültség**



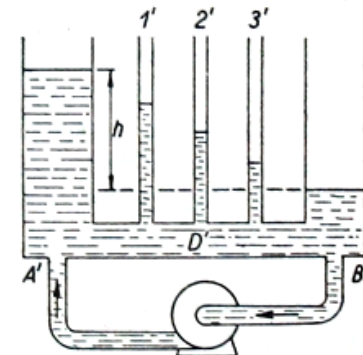
Szállítási
*mechanikai
úton
mozgatjuk*



Konvektív

Áramlási
*ionok
mozgása
gázokban*

Feltétel: **feszültség**



az elektromos áram jellemzése :

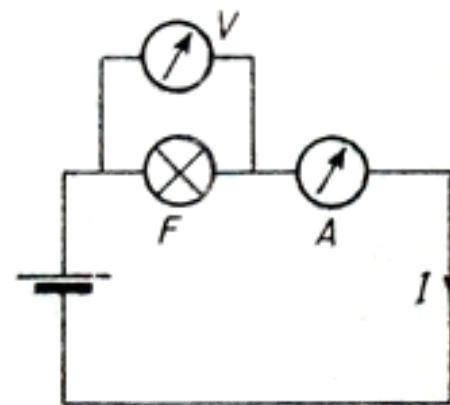
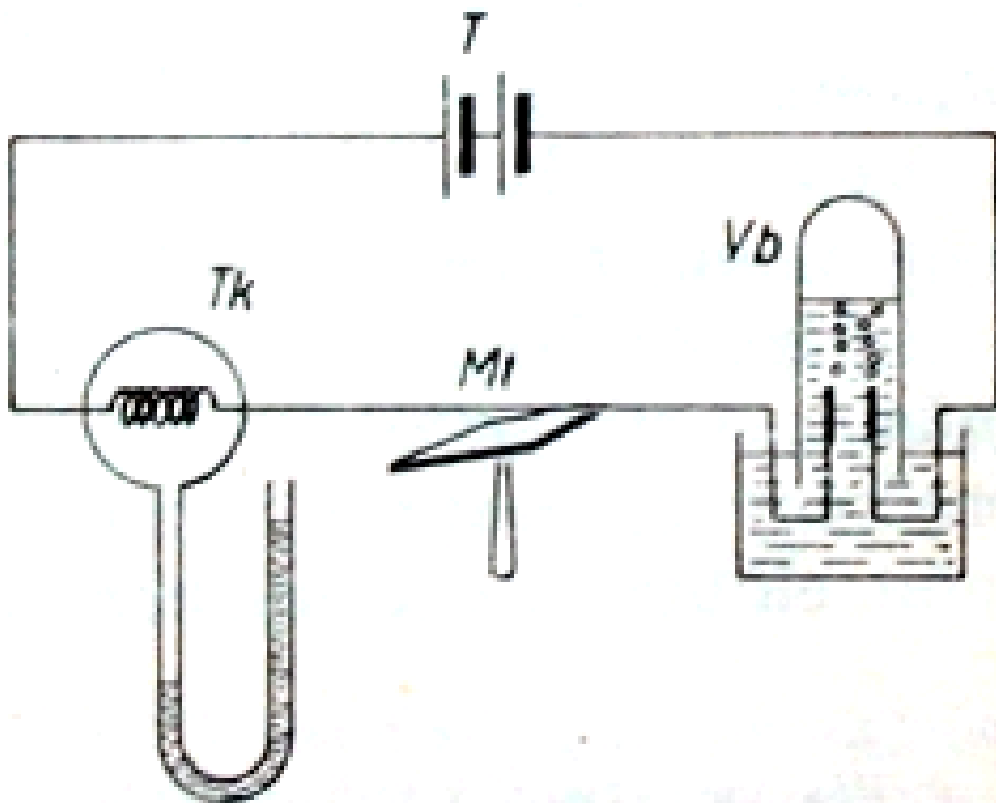
Elektromos áramerősség: I

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t};$$

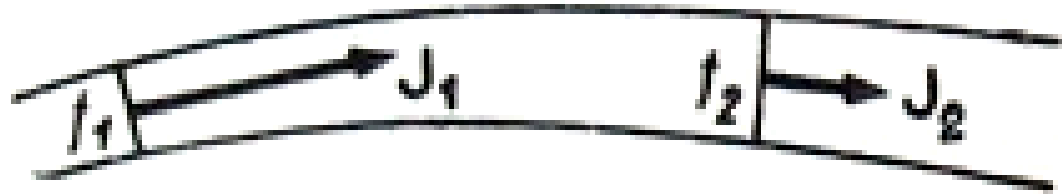
$$\left[1\text{A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} \right]$$

skalár mennyiség, de van iránya: a pozitív töltések haladási iránya

az áram hatásai:



áramsűrűség :



Elektromos áram

állandó

**egyenáram
stacionárius**

változó

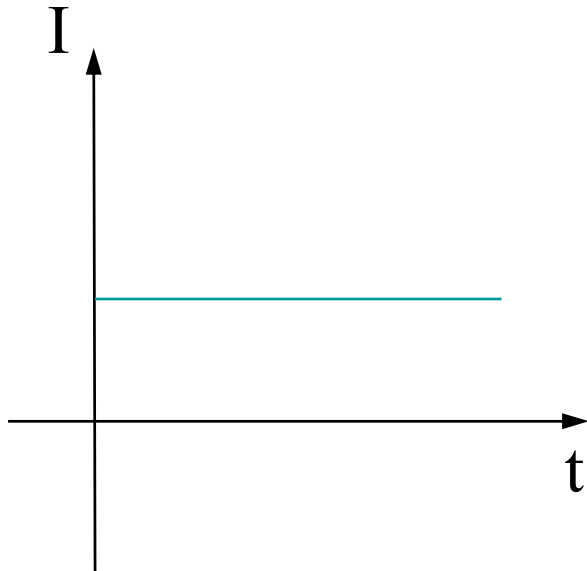
Nagysága
(változó)

Nagysága és iránya
(váltakozó)

**szinuszos
váltakozó
áram**

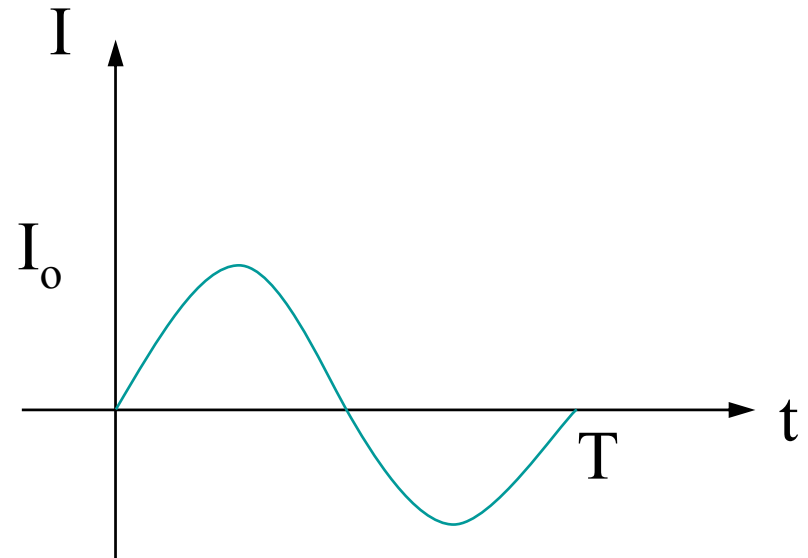
nem szinuszos
váltakozó áram

egyenáram



$$I = \frac{Q}{t} = \text{áll.}$$

szinuszos váltakozó áram

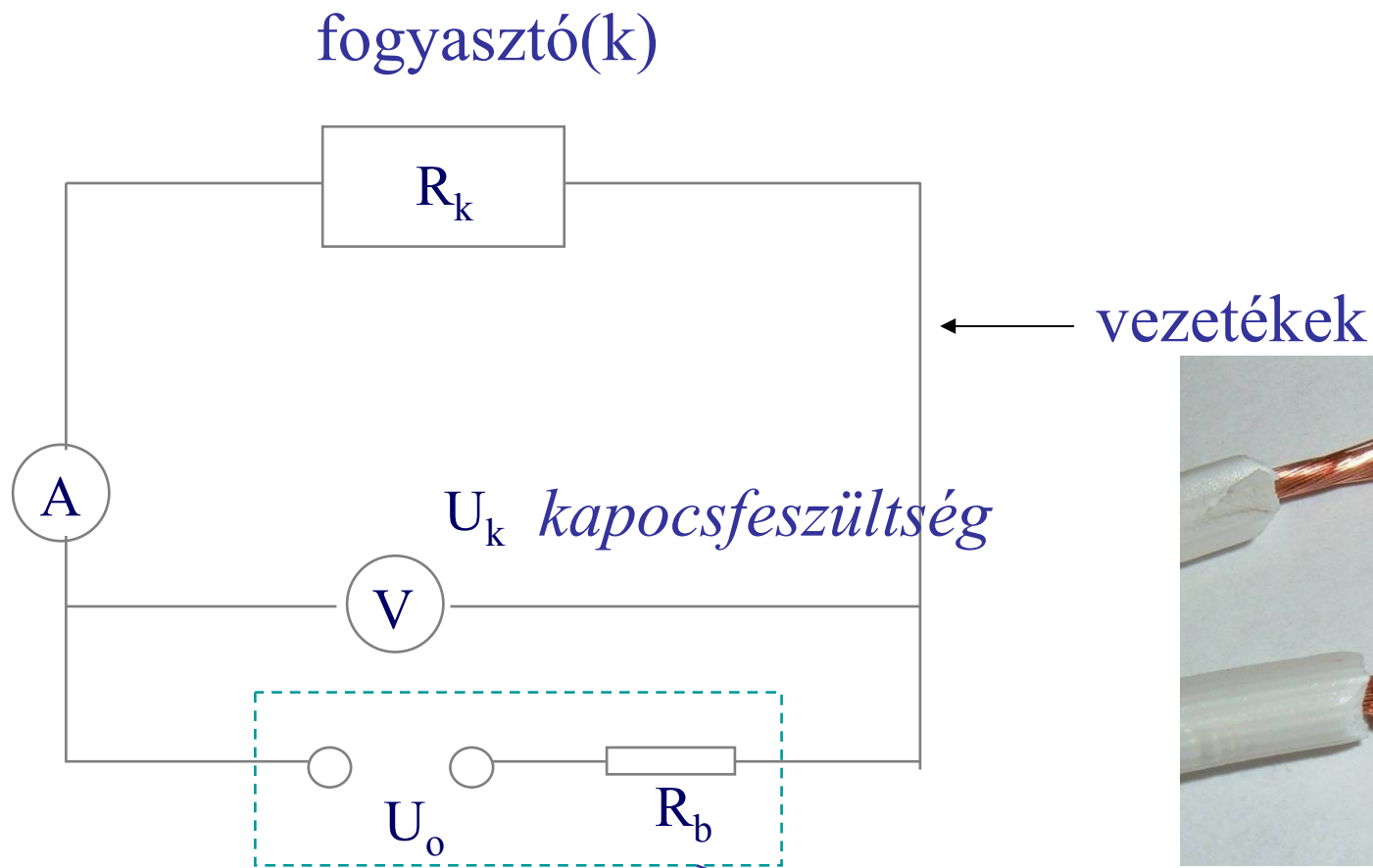


$$I = I_o \sin 2\pi \nu t$$

a váltakozó áram **effektív értéke:**

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

Elektromos áramkörök törvényei



üresjárási feszültség

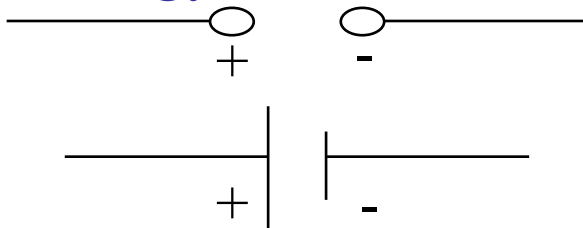
belső ellenállás

fogyasztó (ellenállás)



áramforrás

egyenáramú



váltakozó áramú

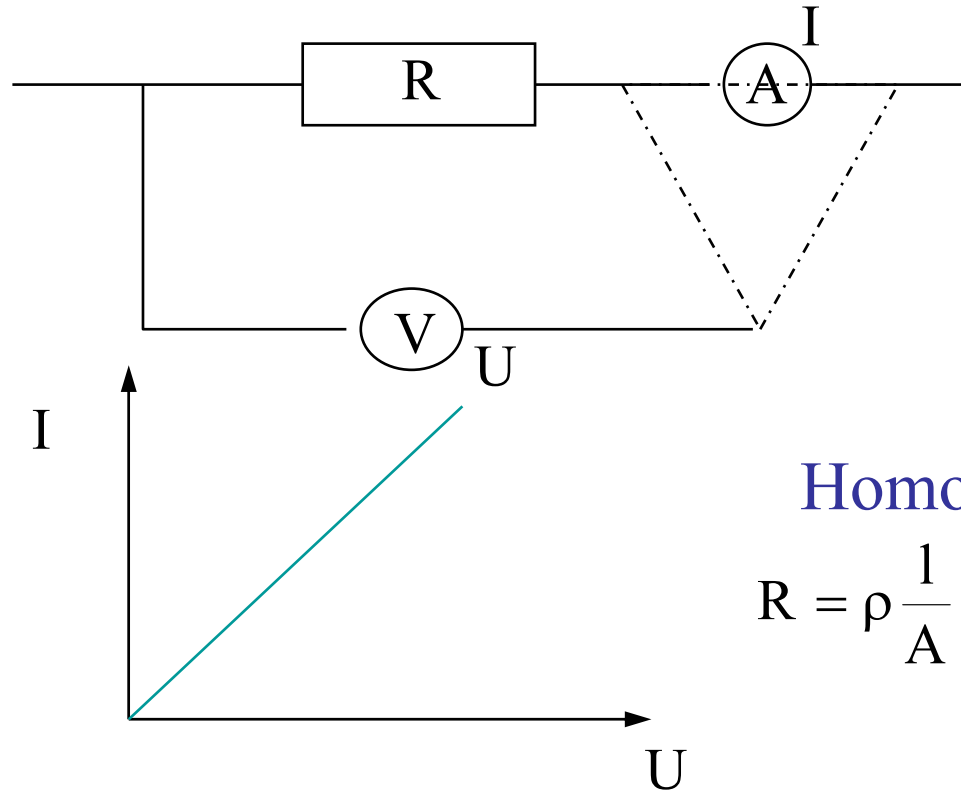


üresjárási feszültség

$$U_0 > U_k$$

kapocsfeszültség

Ohm törvénye vezető szakaszra :



Feltétel: $T = \text{áll.}$

$$U = R \cdot I \quad \left[1\Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}} \right]$$

Homogén vezetőszakasz ellenállása:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

l : hossz

A : keresztmetszet

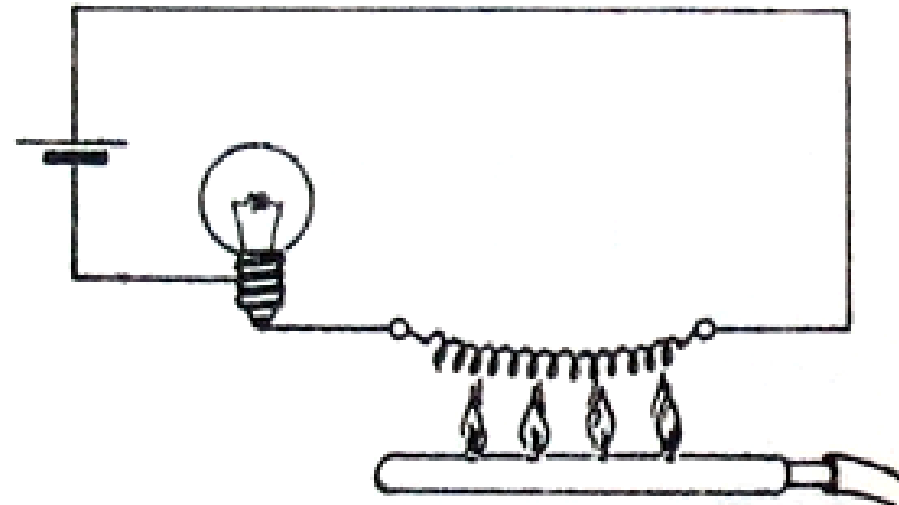
ρ : fajlagos ellenállás

Ha $T \neq \text{állandó}$:

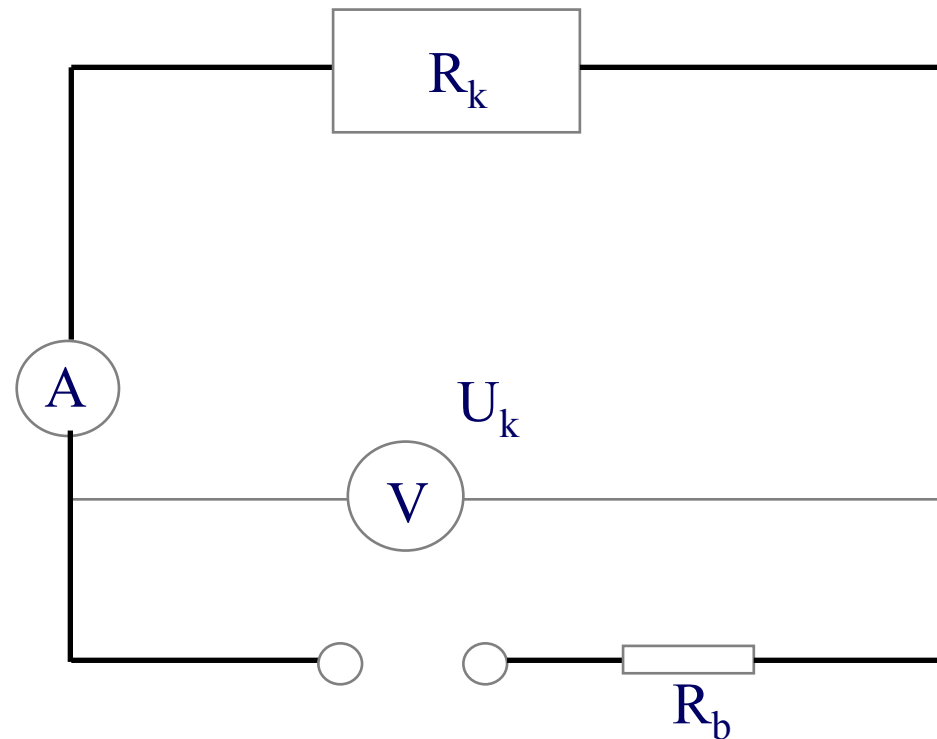
$$R_t \approx R_o [1 + \alpha(t - t_o)]$$

α : hőmérsékleti tényező

Kísérlet : üveg vezetése



Ohm törvénye teljes áramkörre :



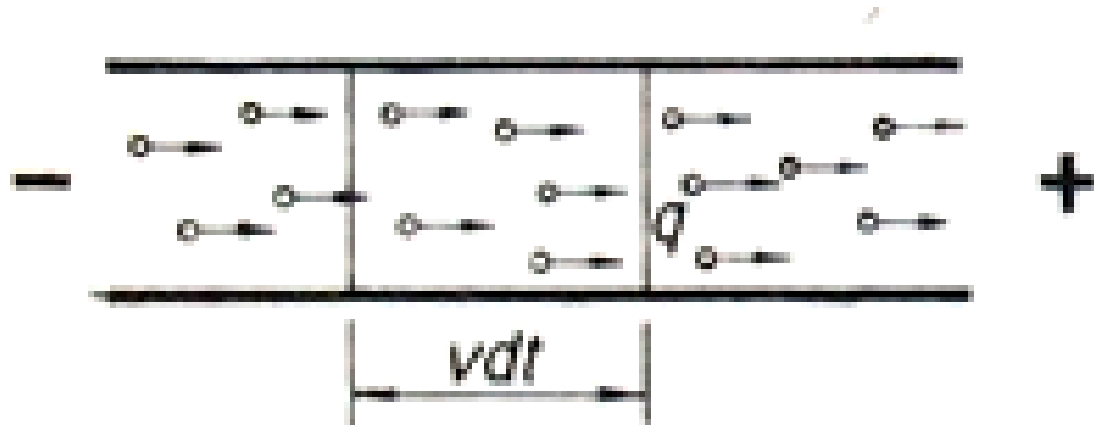
$$I = \frac{U_o}{R_k + R_b}$$

R_b kicsi



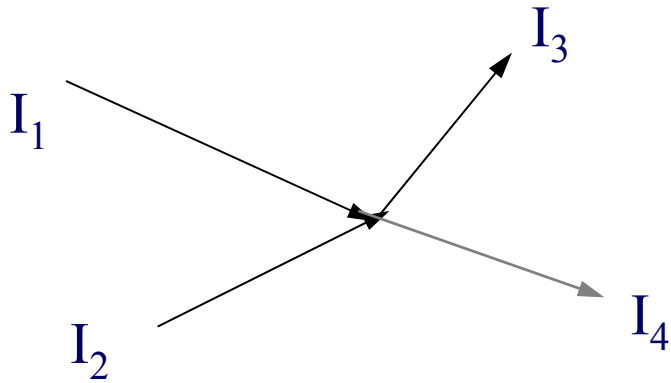
Ne zárd rövidre az áramforrást!

v = állandó, de kicsi !
de bekapcsoláskor
mégis azonnal
felgyullad a villany
???



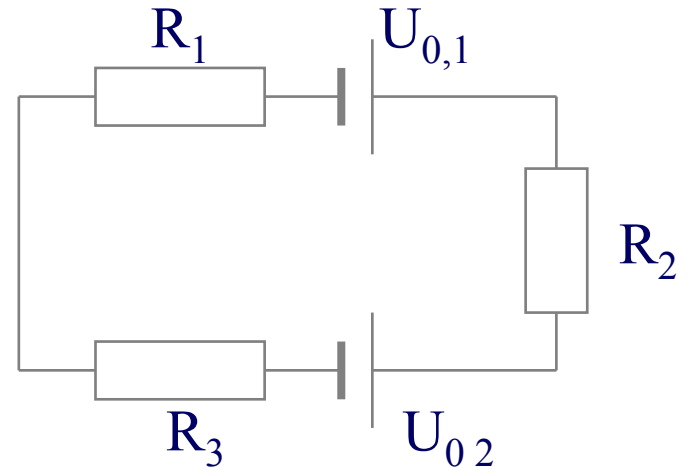
Kirchhoff törvényei :

I. Csomóponti törvény



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

II. Huroktörvény



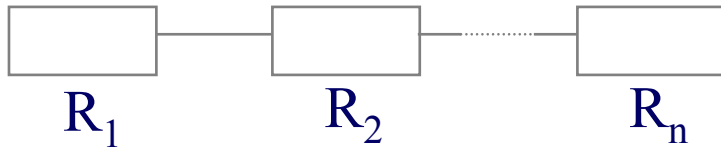
$$IR_1 + IR_2 + IR_3 - U_{0,1} + U_{0,2} = 0$$



ellenállások soros- és párhuzamos kapcsolása

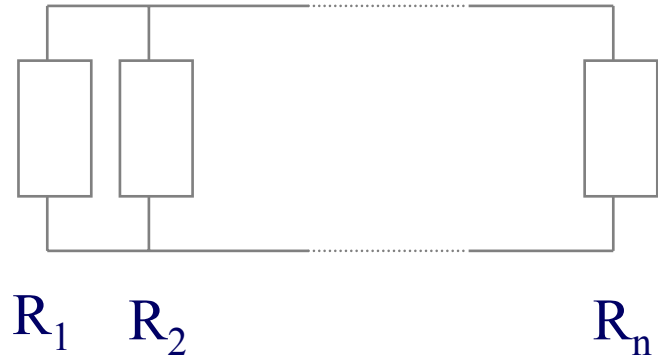
Ellenállások kapcsolása :

Soros kapcsolás



$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Párhuzamos kapcsolás

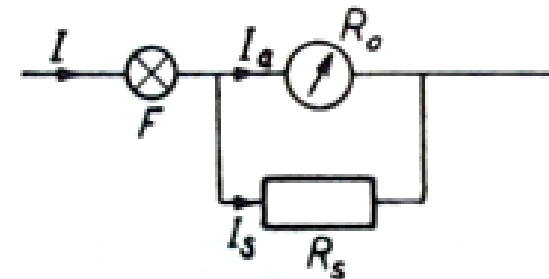
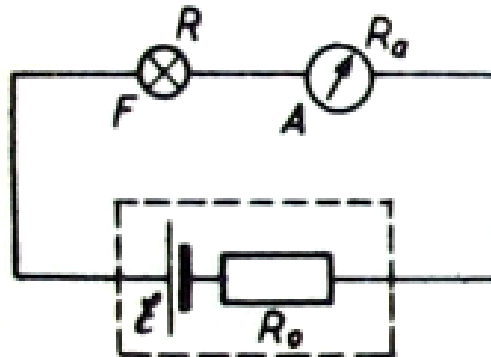


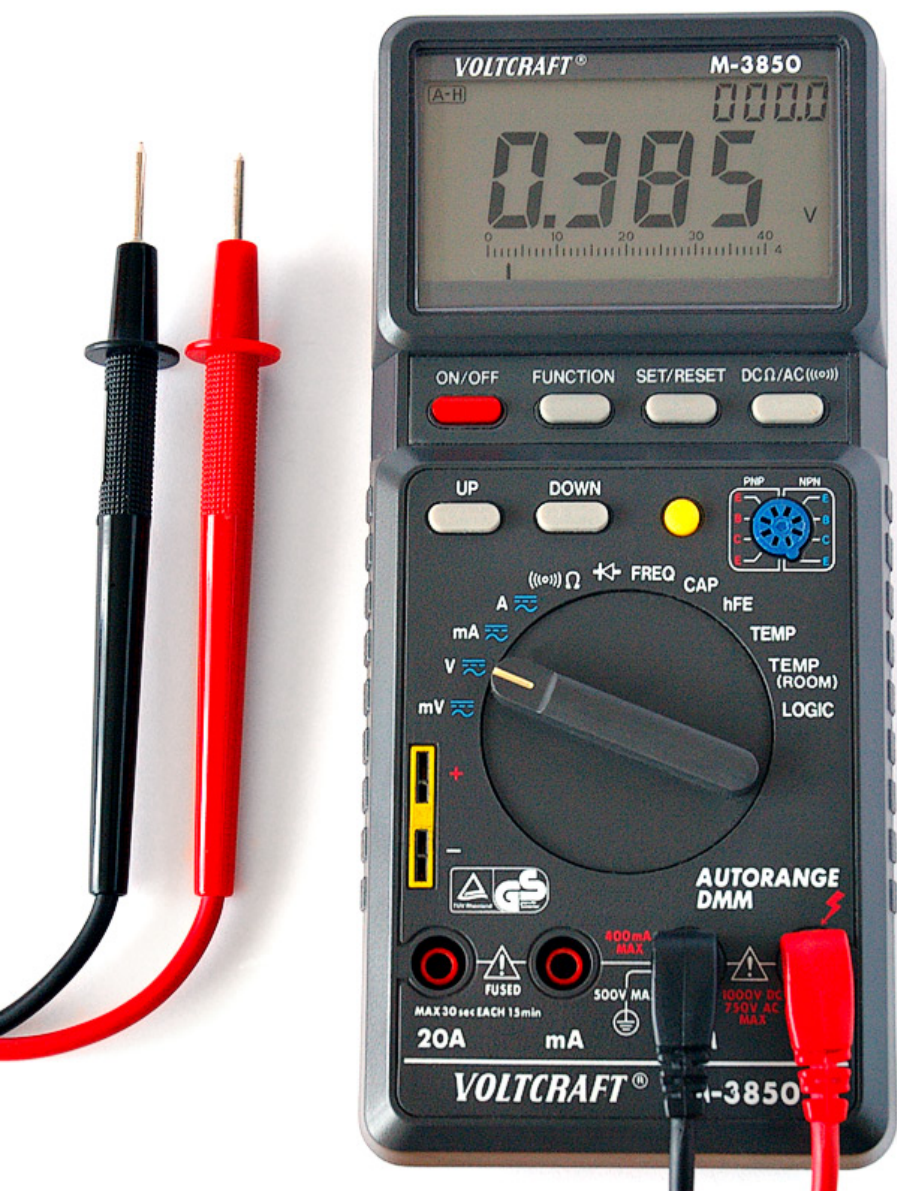
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

áram- és feszültségmérők :

pl nagy áram mérése : sönt :

nagy feszültség
mérése:
előtét ellenállás





Az elektromos áram hőhatása (Joule-hő), munka, teljesítmény :

Az elektromos árammal átjárt vezető felmelegszik.

Nagy fajlagos ellenállás

Elektromos melegítő berendezések :

rezsó, kályha, hőszugárzó, merülőforraló, vasaló, forrasztópáka

túláram ellen védő biztosítékok : *olvadó, bimetálos automata*

izzólámpa (*Edison, Bródi Imre*)



Joule törvénye :

Az elektromos tér munkát végez $\Rightarrow$ Hőmennyiség fejlődik
(+ egyéb, pl. fény)

$$W = U \cdot I \cdot t \quad [1J = 1VAs]$$

Teljesítmény : $P = U \cdot I$ $[1W = 1VA]$

A fogyasztókon feltüntetik:

névleges teljesítmény, megengedett áramerősség, ill. feszültség

Az elektromos áram kémiai hatása :

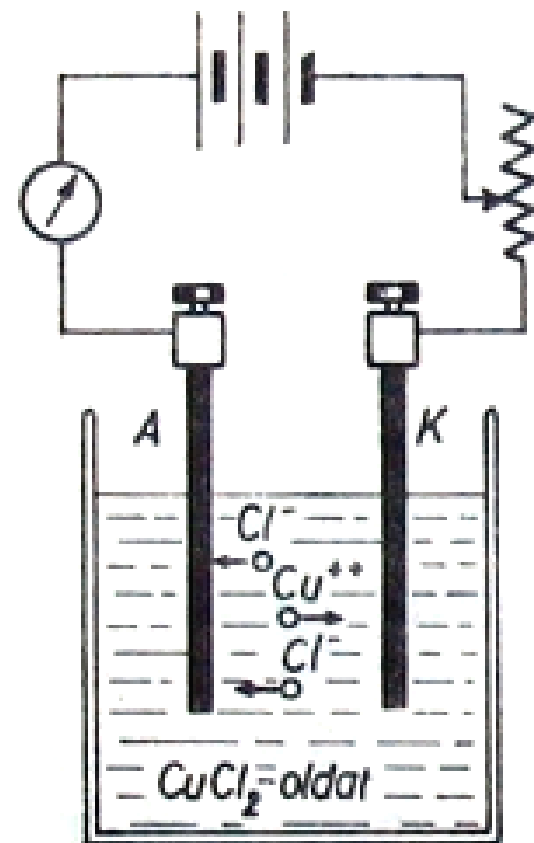
elektrolitok (sók, savak, bázisok)

elektrolitos disszociáció

elektródok

pozitív és negatív ionok mozgása

akkumulátorok : $(Pb + H_2SO_4 \rightarrow \text{kisüléskor } PbSO_4)$



Faraday első törvénye:

$$m = k \cdot Q, \quad \text{ill.} \quad m = k \cdot I \cdot t,$$

k: elektrokémiai egyenérték

Faraday második törvénye :

Egy mol egy vegyértékű anyag kiválásához 96500 C töltésre van szükség

Az elektrolízis gyakorlati alkalmazása :

Galvanizálás : *korrózió vagy kopás elleni védelem, díszítés*

Galvanoplasztika : *hanglemez fémnegatívja, varratmentes rézcsövek*

Elektrometallurgia : *Fémek ipari méretekben való előállítása és tisztítása*

Nátronlúg, kálilúg, klór, hidrogén, oxigén előállítása

Az elektromos áram élettani hatása

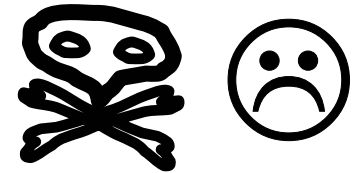
kémiai hatás

hőhatás

*A testfolyadékokban elektrolízis játszódik le,
ha a test két pontja között feszültség van.*

Biológiai elváltozások,

Égés,



A hatás függ

az áram útjától

az áram erősségétől

frekvenciától

a hatás időtartamától

4k Ω ellenállású emberi testen

15mA – es áramerősség még nem okoz maradandó változásokat

42 V – os feszültség érintése nem veszélyes

Elektromos berendezéseket érintésvédelmi célból földeléssel látnak el. + fí relé

Az érintési feszültség kisebb legyen 65 V-nál, ill. a biztosíték azonnal oldjon ki.

kettős szigetelés

villanyt szerelni csak 1 kézzel (jobb kézzel) szabad !!!

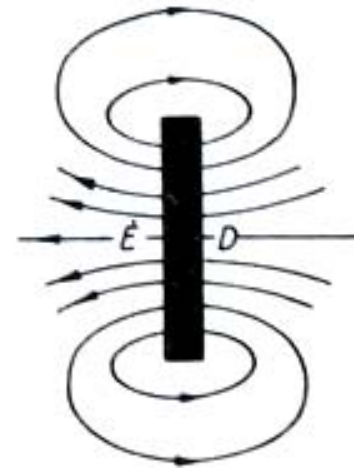
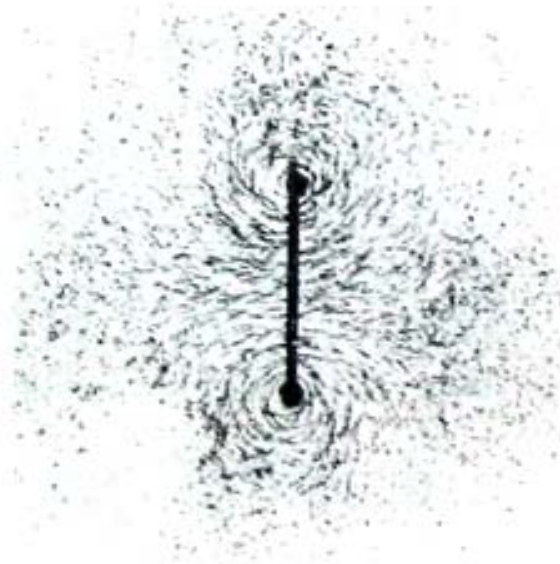
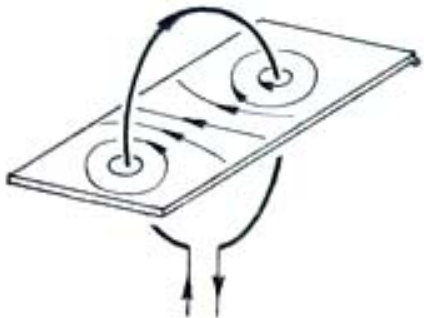
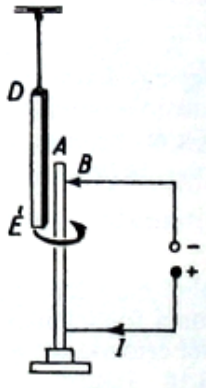
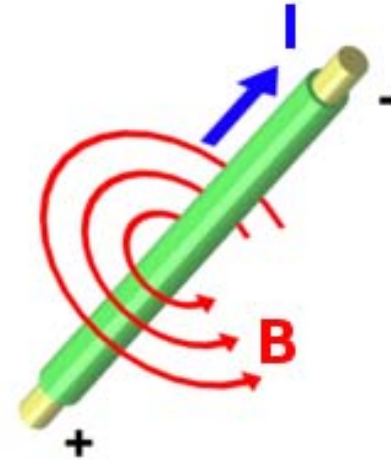
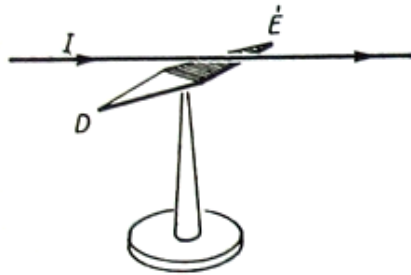
Fizikoterápia és kozmetika

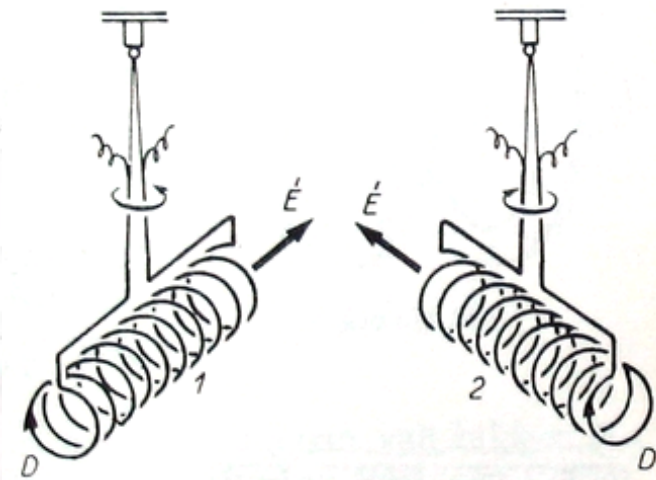
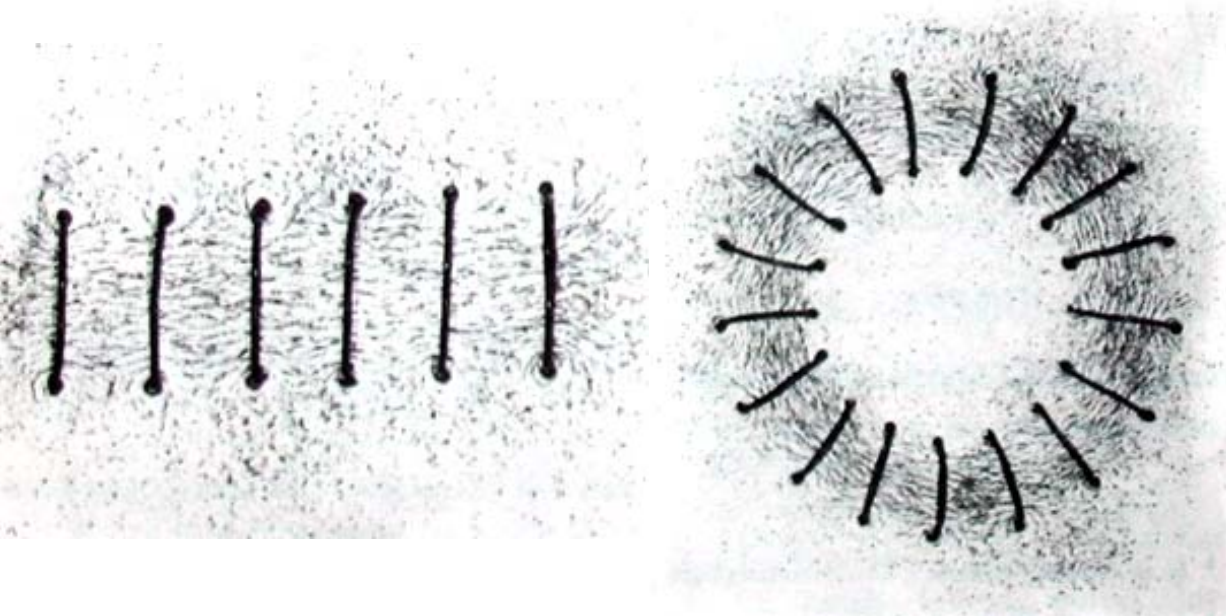
Bőrön át juttathatnak a testbe nyomelemeket, vitaminokat, gyógyszereket.

Az elektromos áram és a mágneses tér :

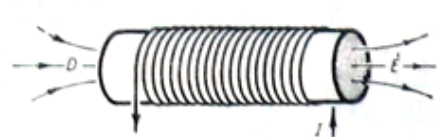
a mozgó töltés mágneses teret kelt maga körül :

a stacionárius áram
maga körül statikus
mágneses teret kelt

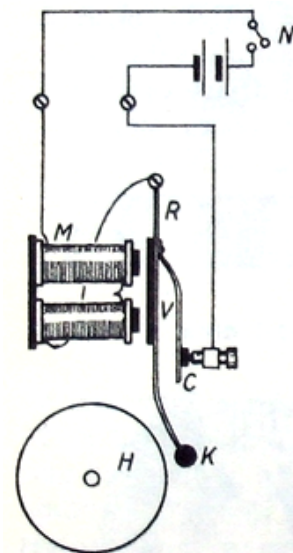
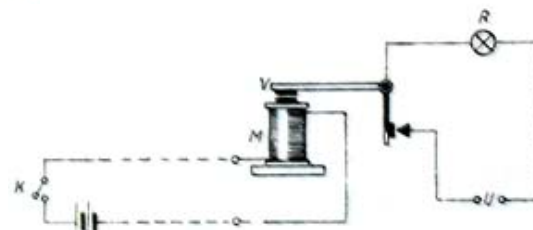
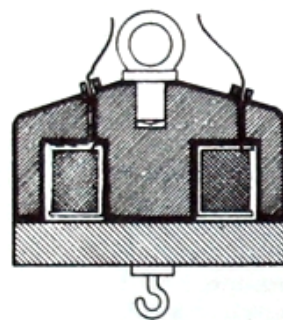
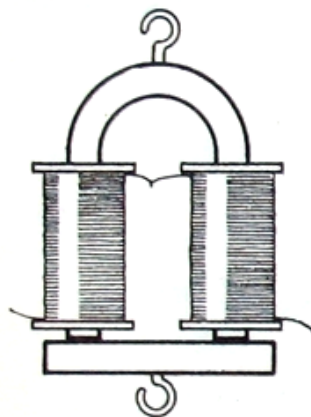
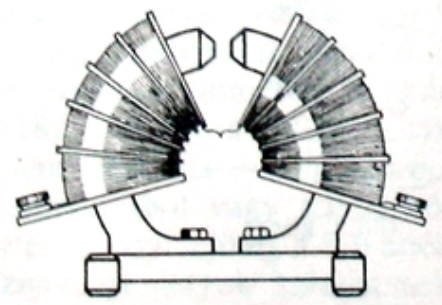




teheremelő mágnes, relé, elektromos csengő, Morse-távíró, fülhallgató, lágyvasas ampermérő stb. :



186,1. ábra



A mágneses tér hat a benne mozgó töltésekre

Mágneses térben mozgó töltésre erő hat: **Lorentz erő**

A sebesség és az indukció síkjára merőleges



alkalmazások :

TV-készülék, oszcilloszkóp, elektronmikroszkóp
tömegspektrográf

Mágneses térben elhelyezett áramvezetőre erő hat.

ha az áramvezető zárt felületet ölel körül



mágneses térben elfordulhat



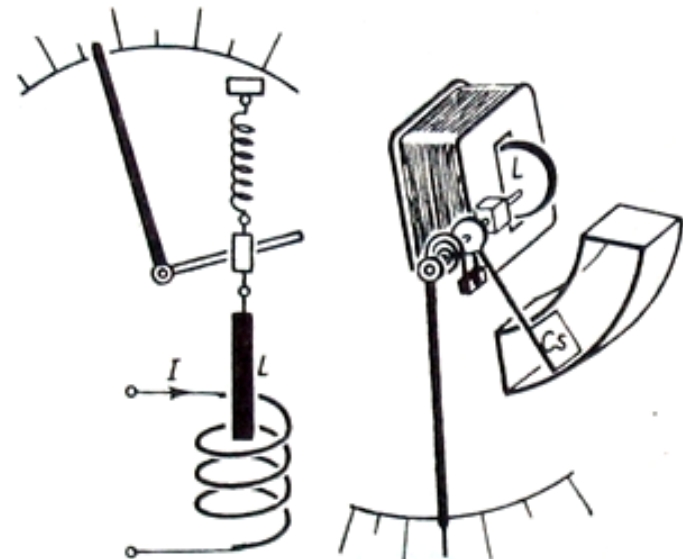
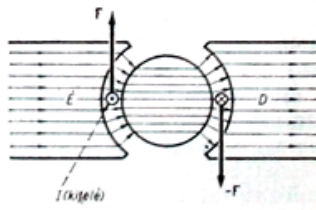
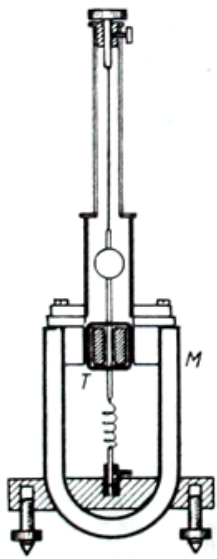
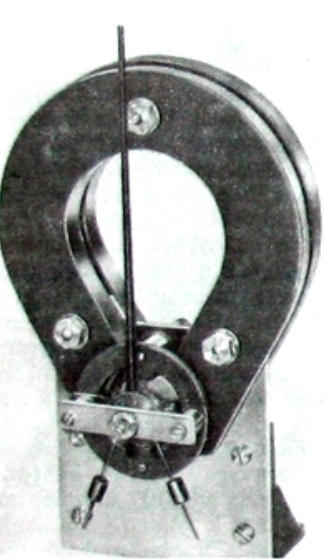
forgatónyomaték :

$$M = N \cdot I \cdot A \cdot \sin \alpha$$

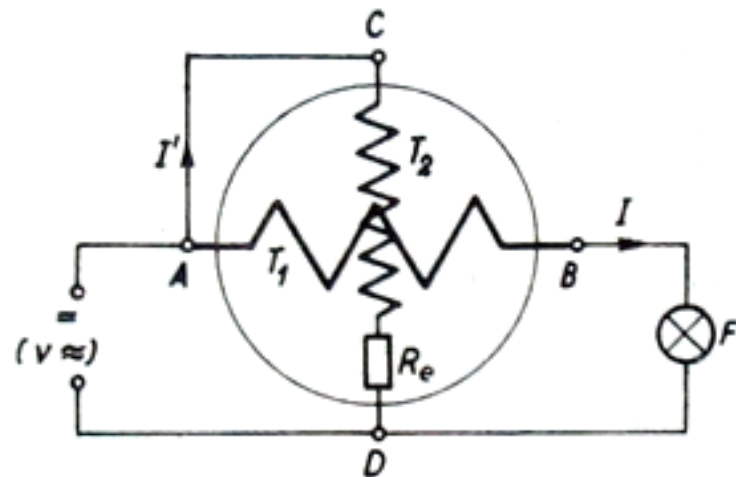
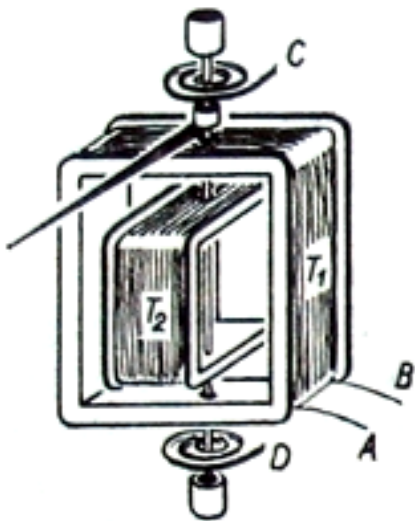
Gyakorlati alkalmazások :

*Áramerősség, és feszültségmérő műszerek,
wattmérő, villanyóra, magnetométer*

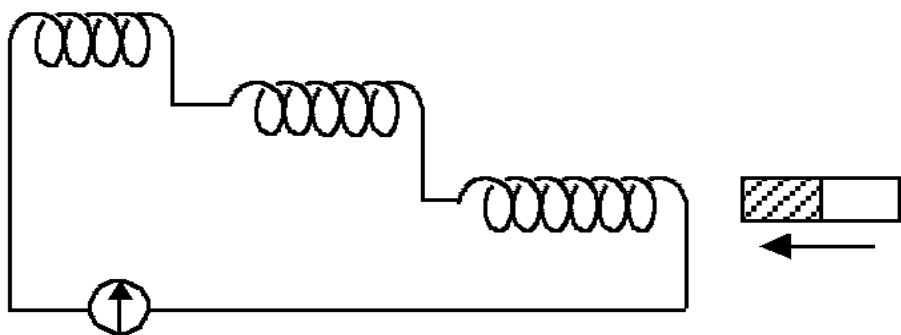
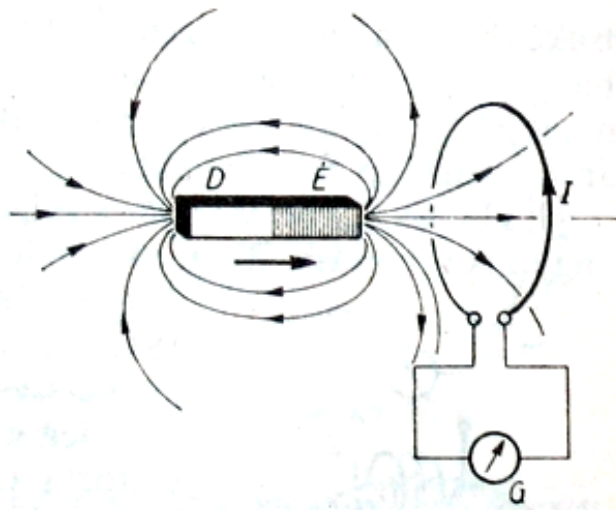
forgótekerceses műszer (Deprez) lágyvasas műszerek



elektrodinamikus műszerek



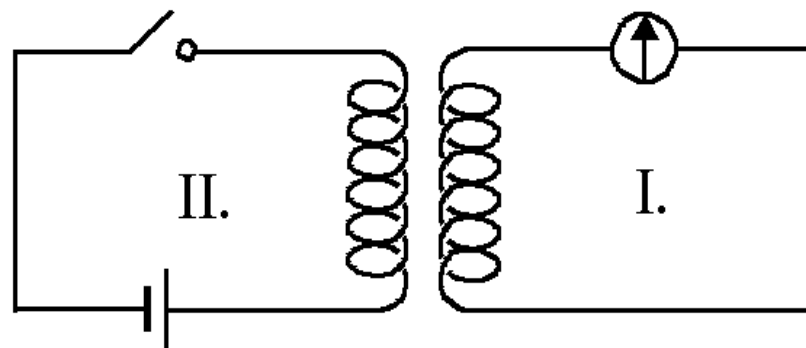
AZ ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ :



Tekercset és mágnes rudat
állandó sebességgel egymáshoz
közelítünk és távolítunk



Váltakozó áramú generátor



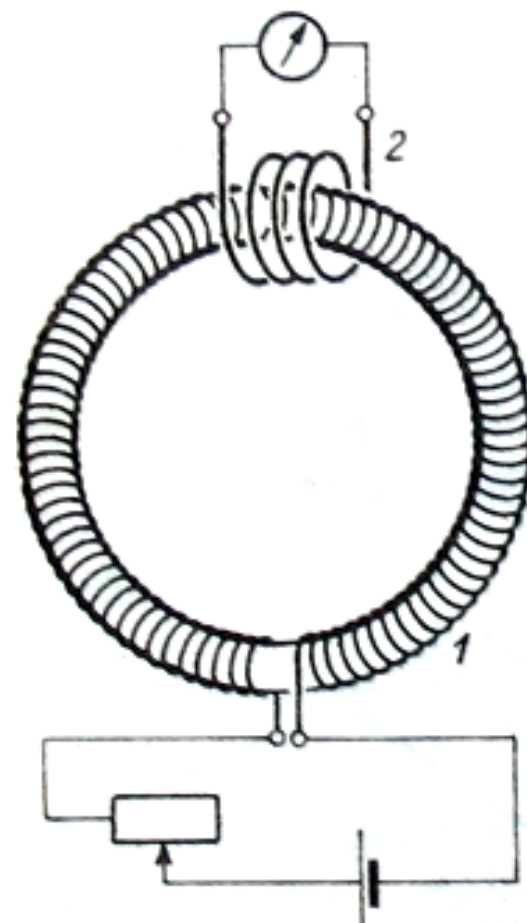
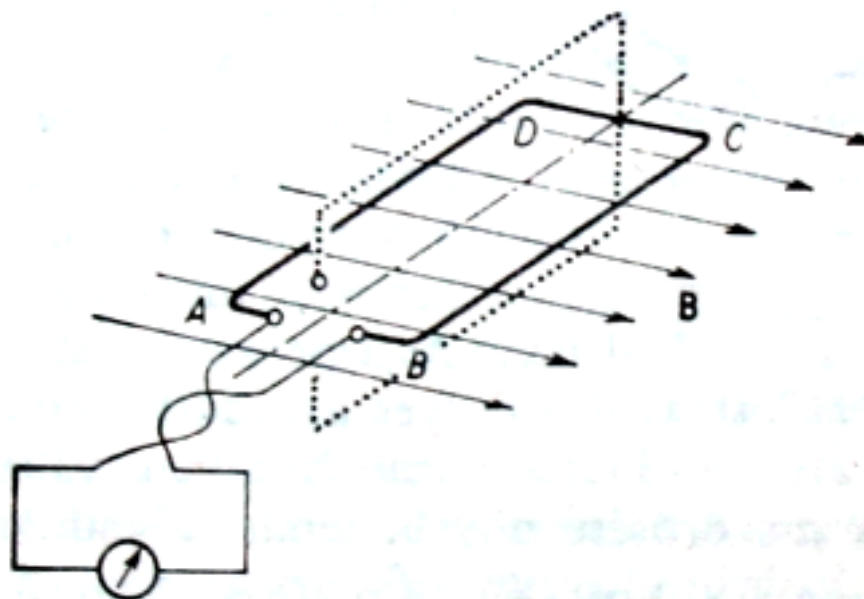
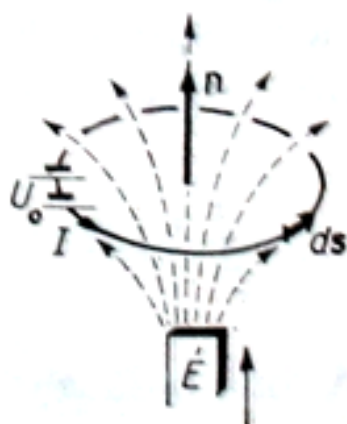
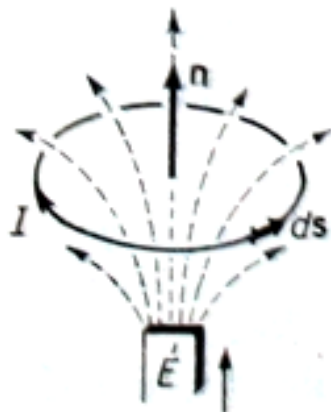
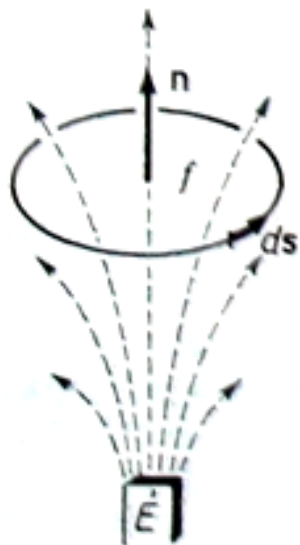
Az I. tekercs kapcsaihoz
feszültségmérőt csatlakoztatunk,
a II. tekercsben változtatjuk az
áram erősségét



Transzformátor

mágneses fluxus = adott felületnek, és a rajta átmenő mágneses indukciévonalak számának szorzata :

$$\Phi = \int_A B \cos \alpha \cdot dA$$



mágneses fluxus = adott felületnek, és a rajta átmenő mágneses indukciévonalak számának szorzata :

$$\Phi = \int_A B \cos \alpha \cdot dA$$

változása előidézhető a ***B*** mágneses indukció vagy az *A* felület nagyságának, ill. kölcsönös helyzetüknek (α) a megváltoztatásával:

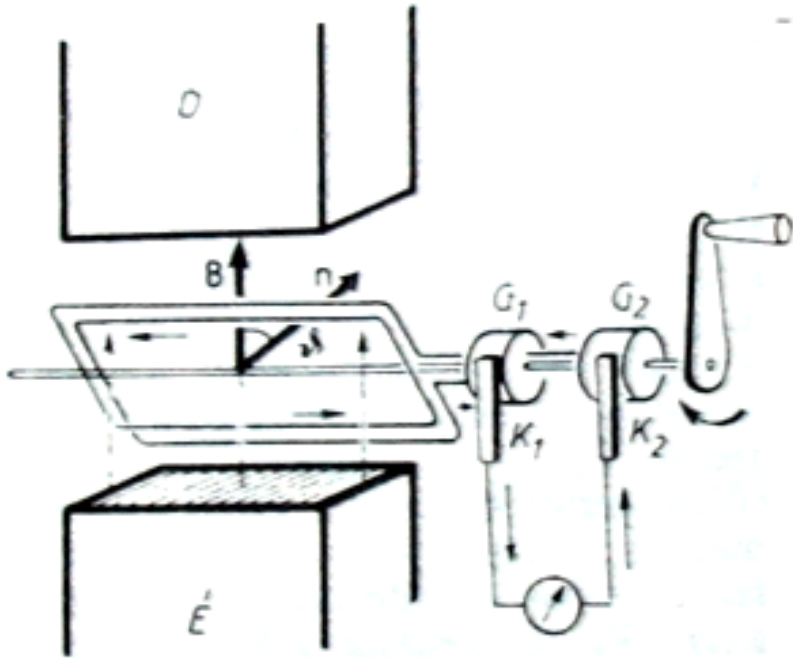


Faraday–féle indukciós törvény : $U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

Lenz törvénye :

Az indukált feszültség által létrehozott indukált áram olyan irányú, hogy mágneses tere akadályozza az őt létrehozó változást.

Váltakozó áramú generátor



Indukálódott feszültség:

$$U_i = U_o \sin \omega t$$

B indukciójú elektromágnes

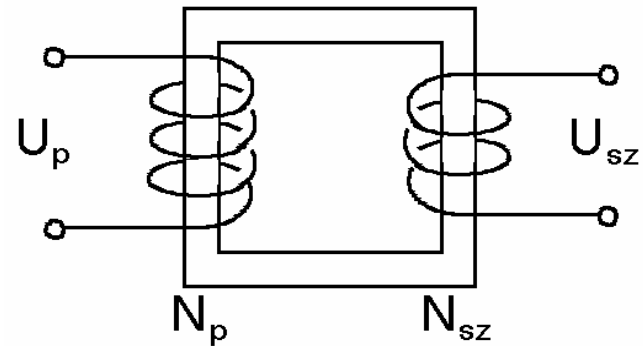
Ω szögsebességgel forog

N menetszámú

A keresztmetszetű tekercspár előtt

$$U_i = U_o \sin \omega t \quad \longrightarrow \quad U_o = NAB\omega$$

Transzformátor



Primer tekercs

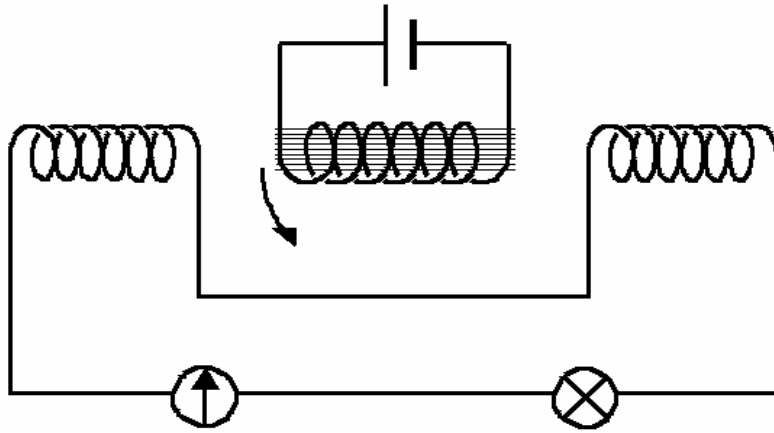
Szekunder tekercs

$$\frac{U_p}{U_{sz}} = \frac{N_p}{N_{sz}}$$

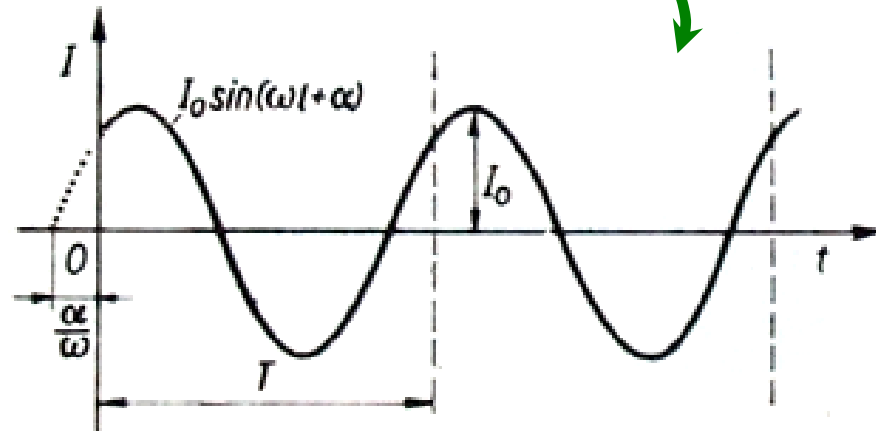
Bláthy-Déri-Zipernovszky

1885

egyfázisú generátor



$$U_i = U_o \sin \omega t$$



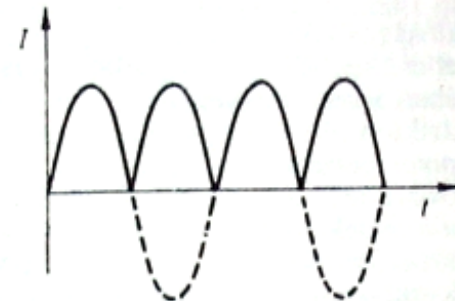
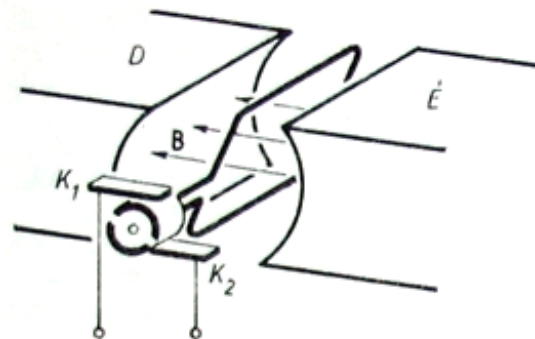
transzformátor áttétele

Hatásfok 90 % fölött van

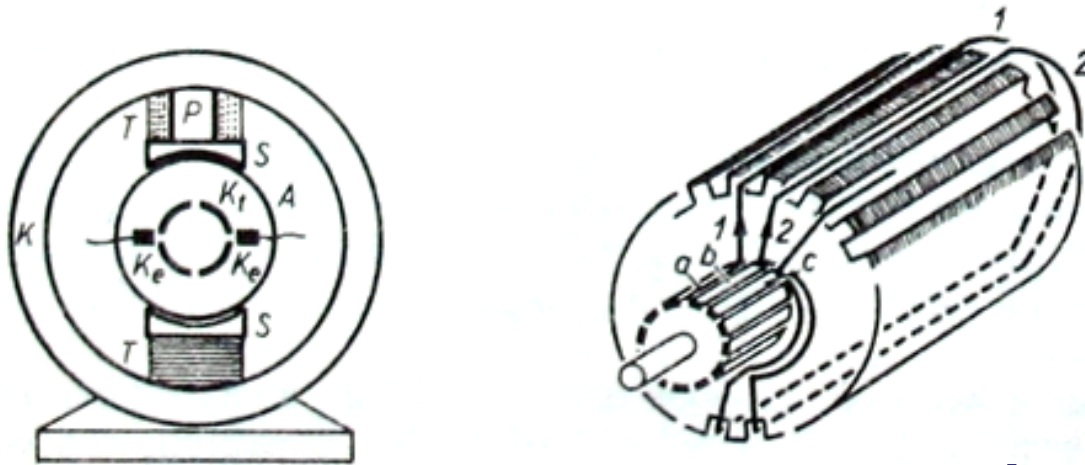
teljesítmény : $I_p U_p = I_{sz} U_{sz}$

→ egyenirányítás :
kommutátorral (kollektor) :

egyenáramú generátor



egyenáramú generátor :



öngerjesztő generátor = dinamó, Jedlik Ányos, 1861 :
a külső mágnes helyett elektromágnes, amit saját maga állít elő

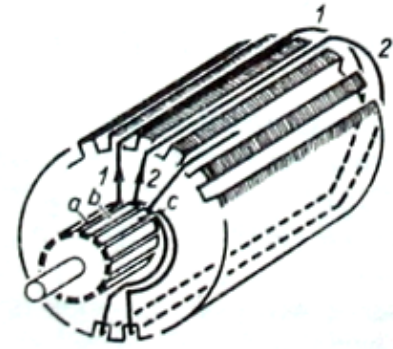
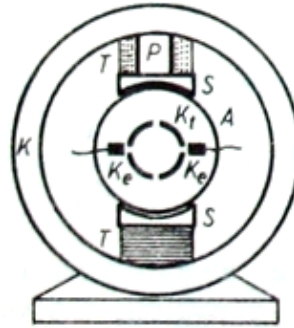
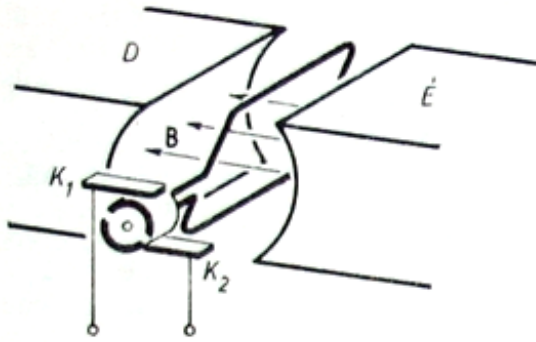
háromfázisú áramrendszerek :

3, egymással 120° szöget bezáró tekercs...
erőművek

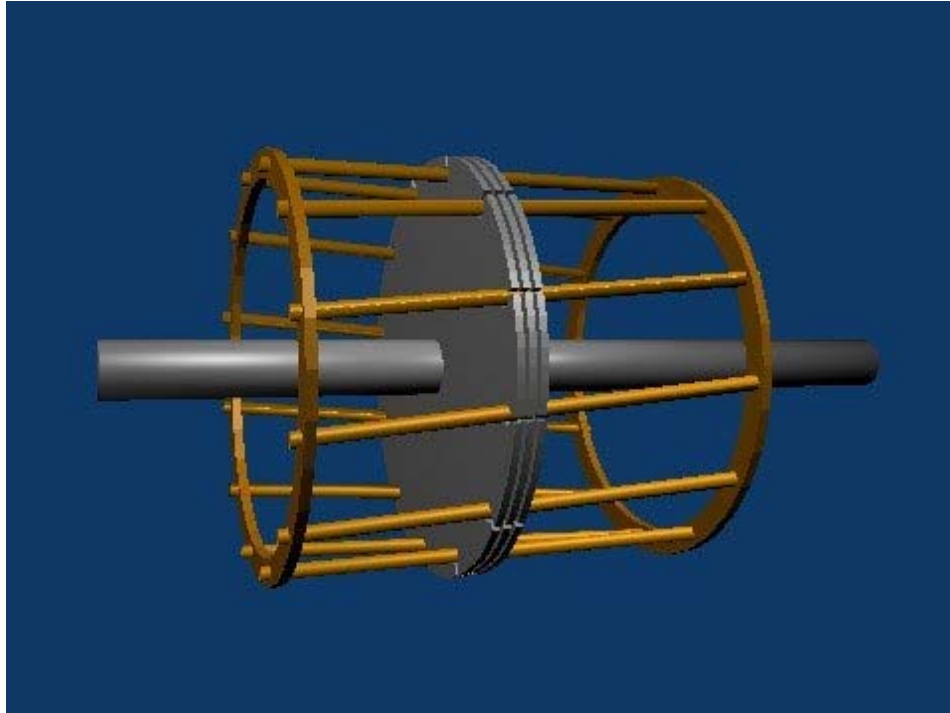
háztartásban ebből csak 1 fázis van (fázis
+ nulla + védőföldelés)

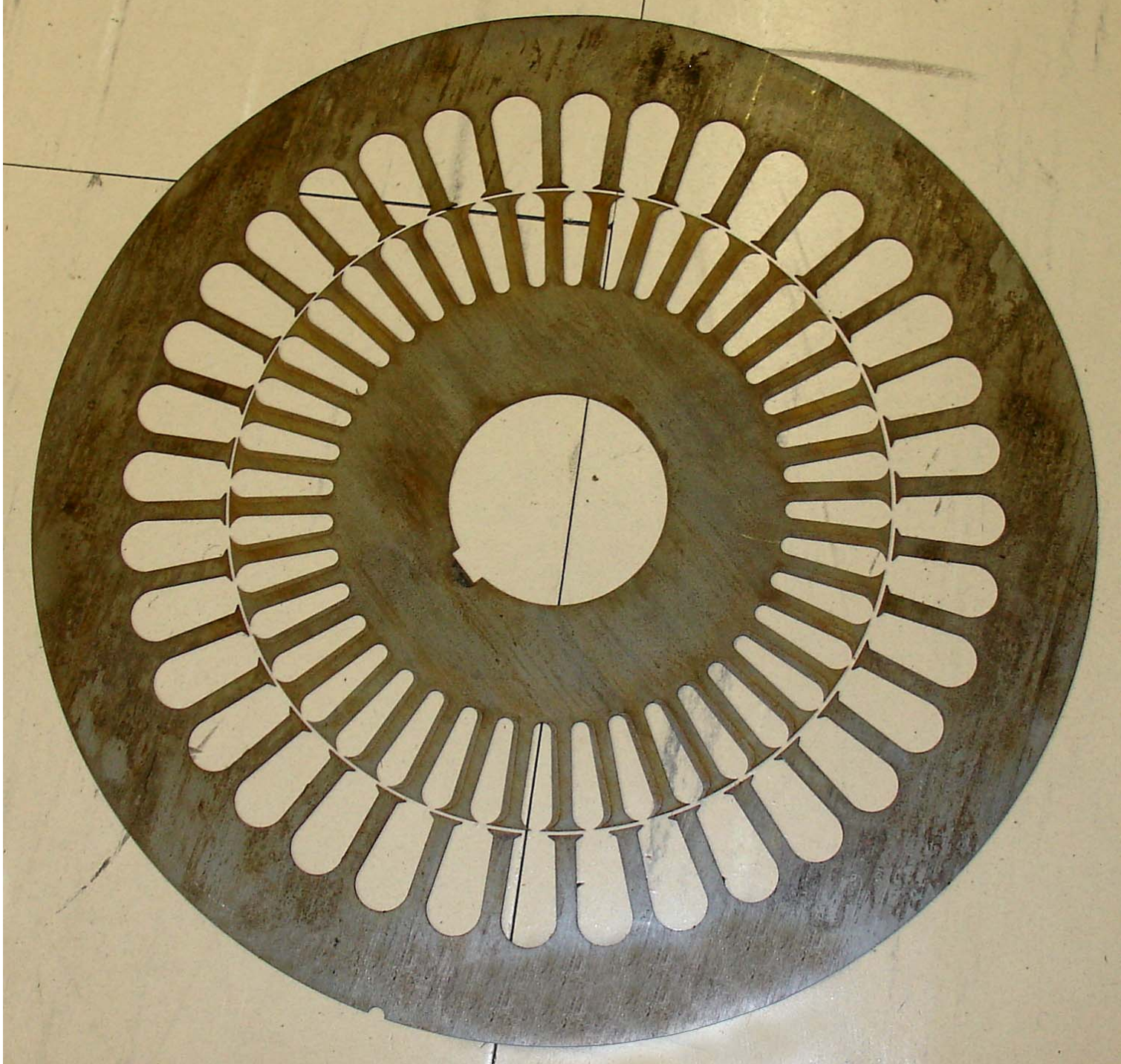
villanymotorok :

$\approx$ a generátor megfordítása



egyenáramú – váltóáramú motorok



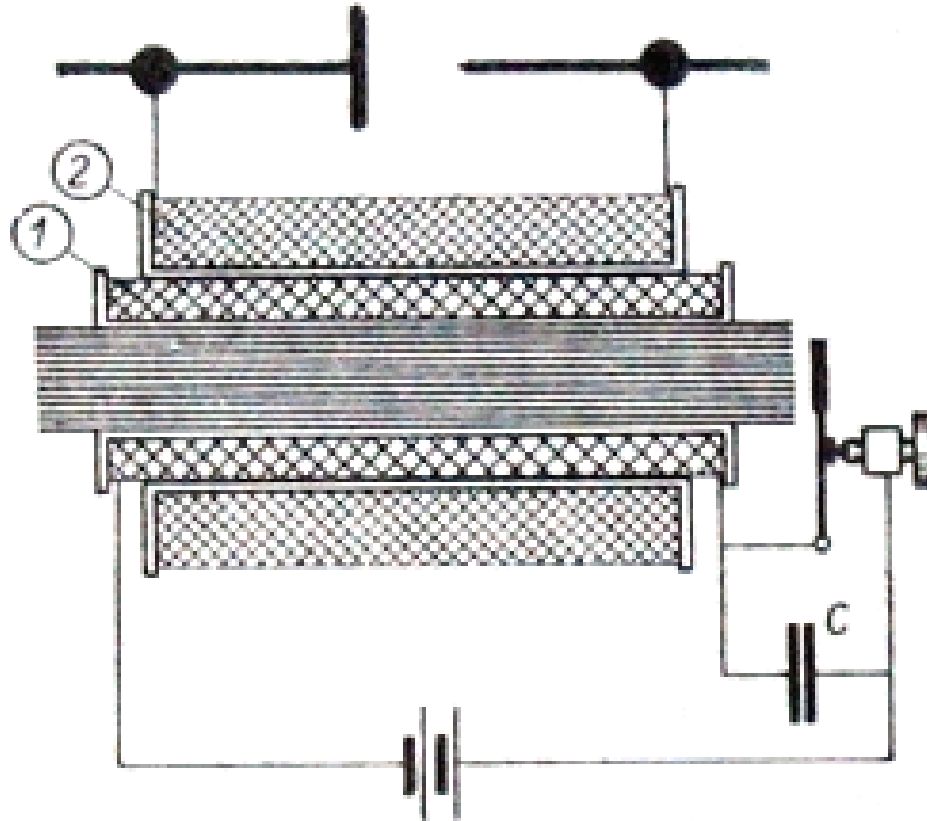


elektromos energia szállítása:

Nagy távolságra úgy szállíthatjuk gazdaságosan az elektromos energiát, hogy a generátornál nagyfeszültségre (750 kV,...) transzformáljuk, így az áram erőssége szállítás közben kicsi lesz és viszonylag kevés lesz a fejlődő Joule-hő (=veszteség).

A felhasználás helyén aztán a kívánt feszültségre transzformáljuk (villanyoszlopok, transzformátorházak, olajhűtés)

transzformátor → szikrainduktor :



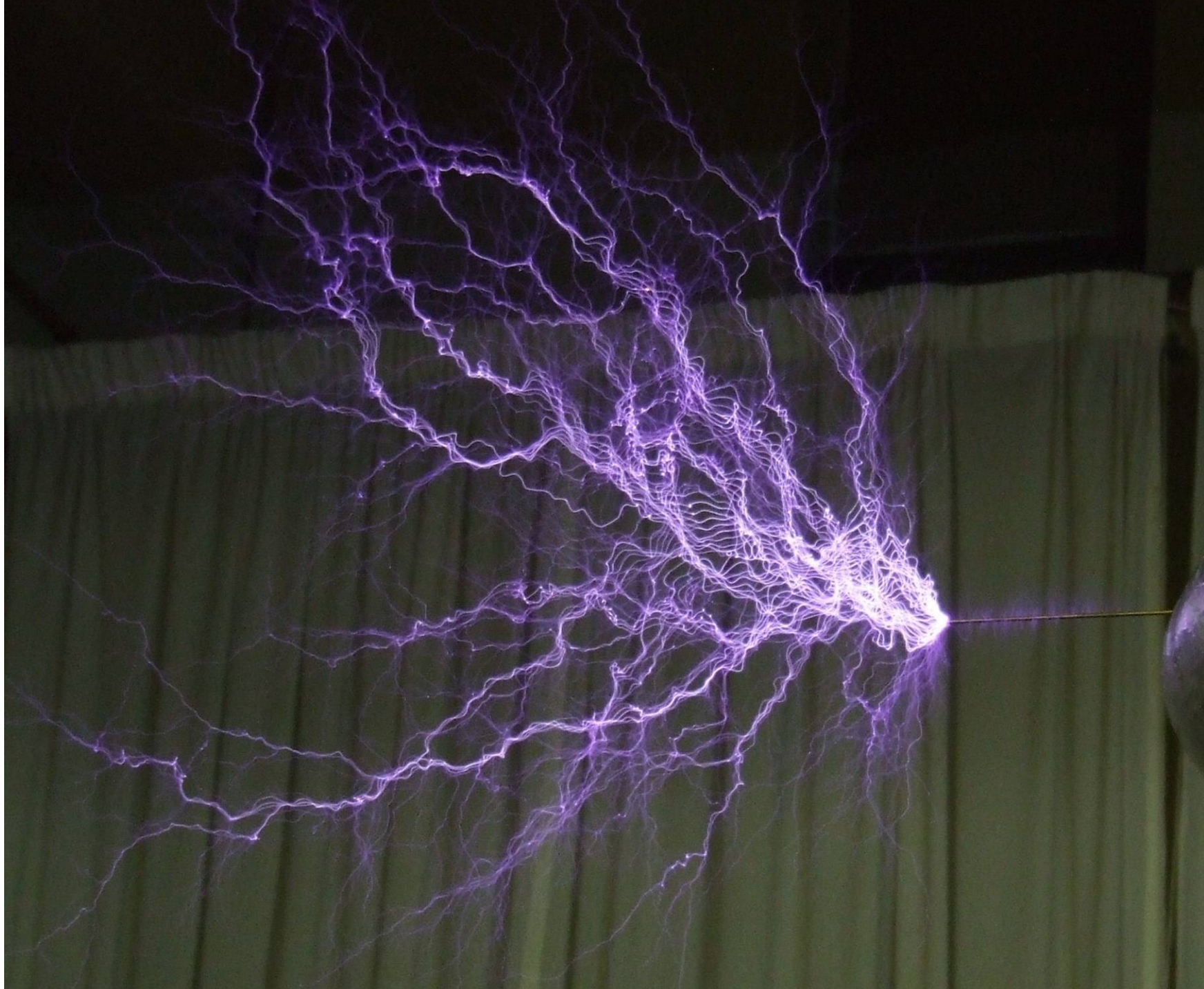
100 kV



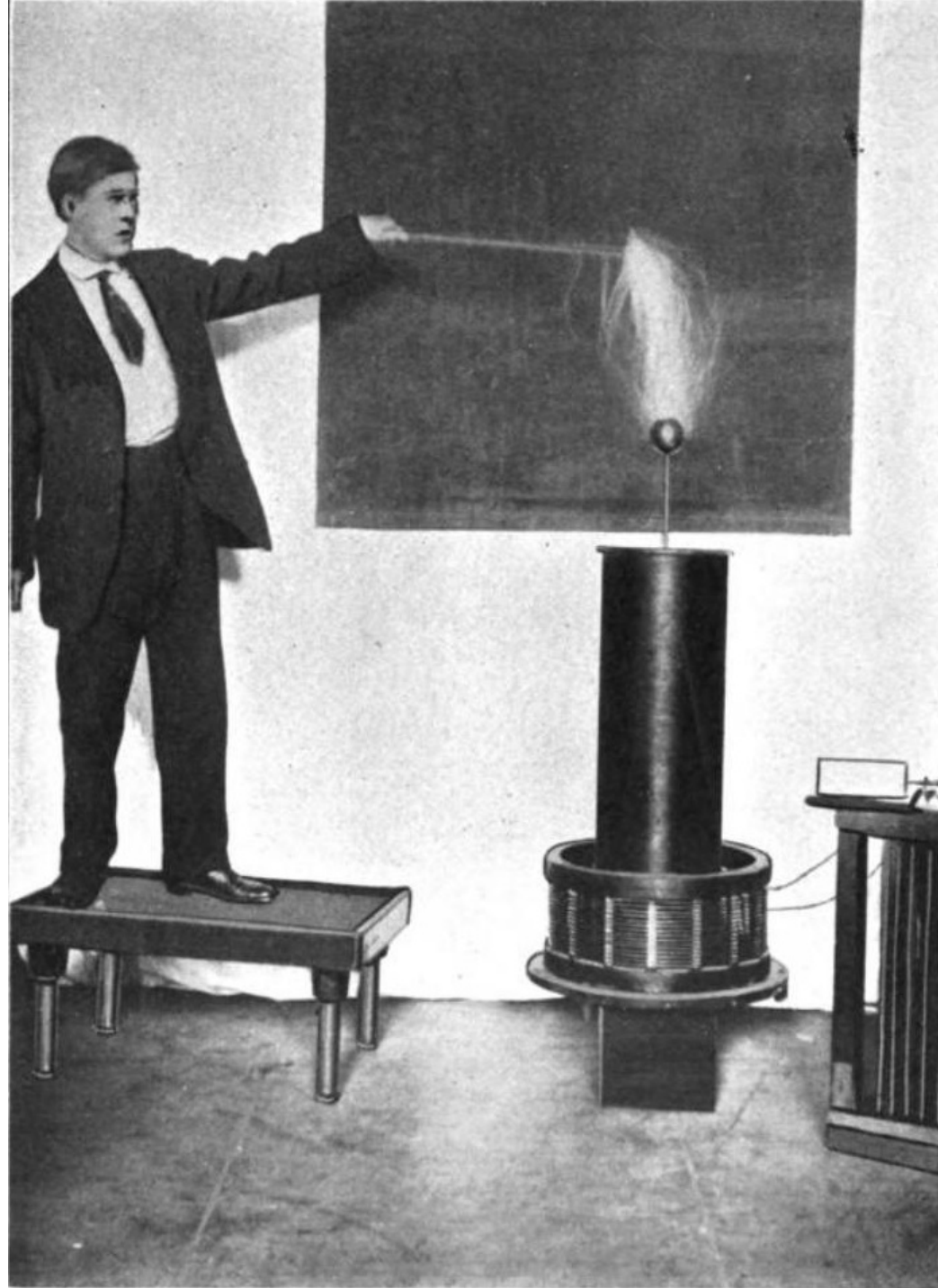
1m-es szikra !!!

Tesla-transzformátor:



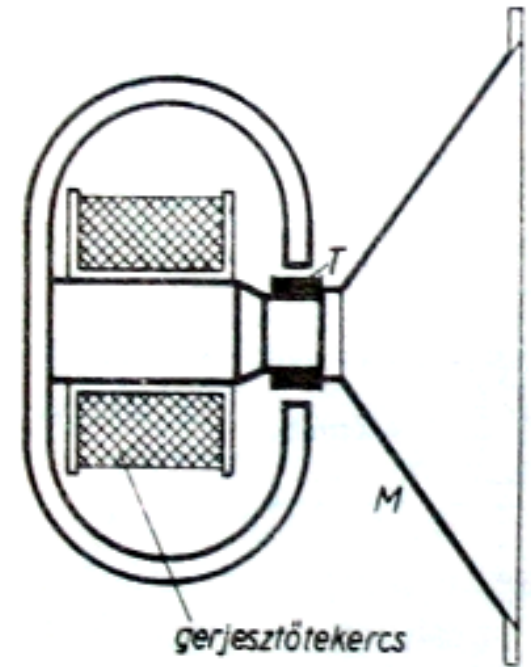
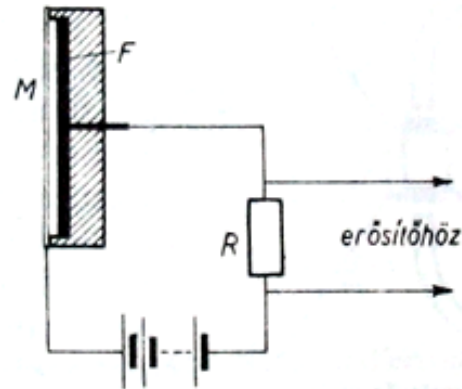
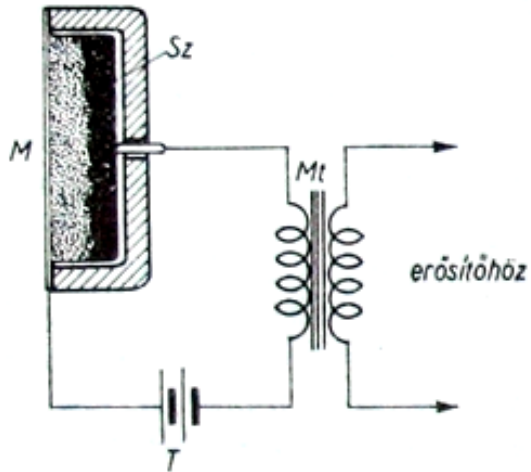


a nagyfrekv. nem káros az
egészségre



elektroakusztikai eszközök:

mikrofonok, hangszórók ...



Váltakozó áramú ellenállások

Egyenáramú áramkörben

Váltakozó áramú áramkörben

Az ohmos fogyasztó

Az ohmos ellenálláson áthaladó áram, és a kapcsain mért feszültség azonos fázisban van.

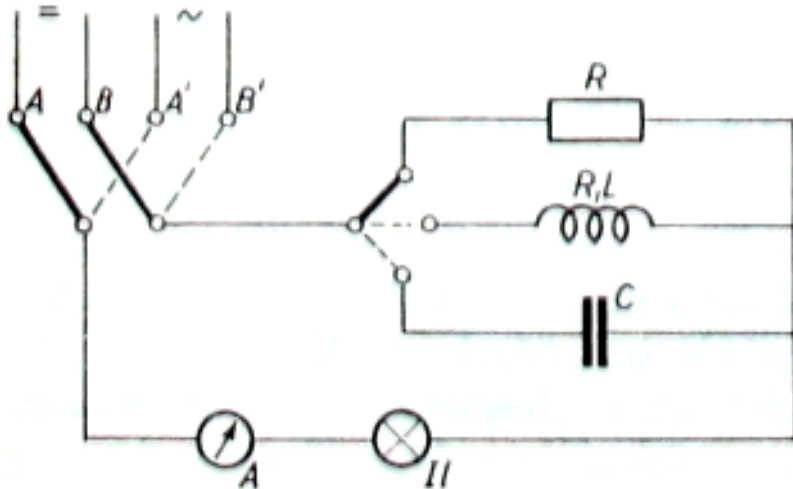
A kondenzátor

Végtelen nagy ellenállást képvisel

Annál kisebb ellenállást képvisel, minél nagyobb a frekvencia és a kapacitás:

$$X_c = \frac{1}{C_\omega}$$

A feszültség 90°-ot késik az áramerősséghez képest.



A tekercs

Ugyanakkora ellenállást képvisel,
mint az ohmos ellenállás

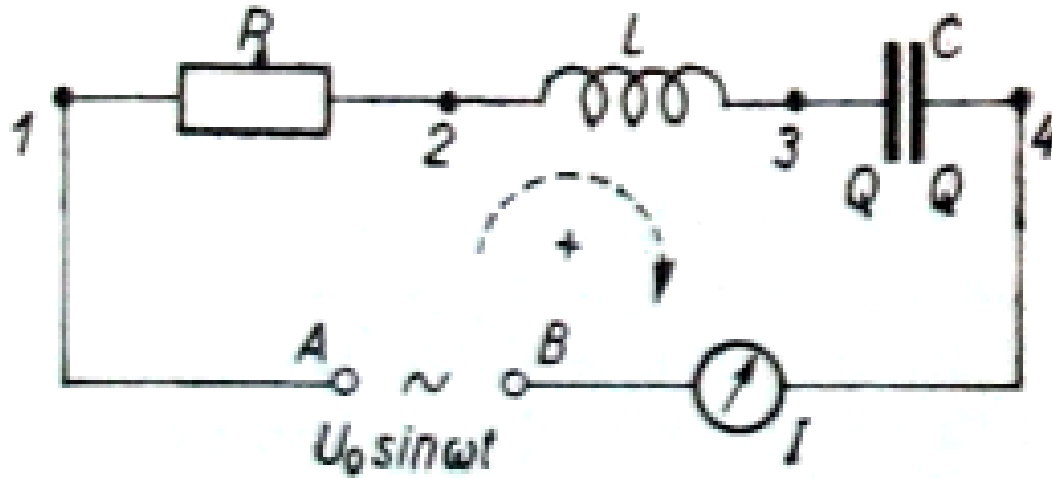
Annál nagyobb ellenállást
képvisel, minél nagyobb a
frekvencia, ill. a tekercs
induktivitása.

$$X_L = L \cdot \omega$$

$$L = \mu \mu_0 \frac{NN}{l}$$

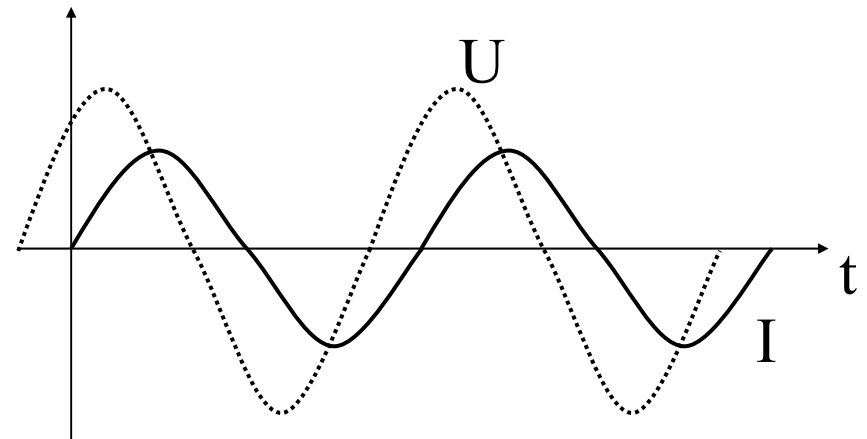
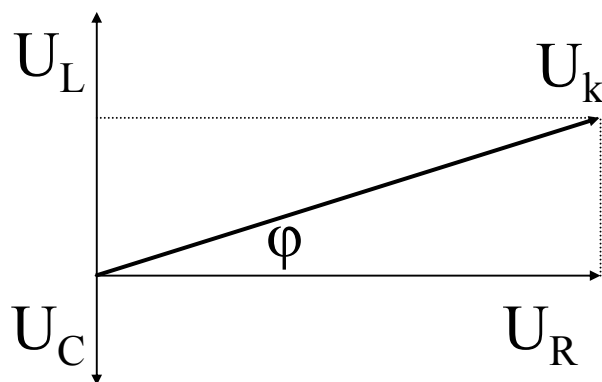
A tekercs önindukciós
együtthatója

az ohmos ellenállást, kondenzátort és tekercset tartalmazó
váltakozó áramú soros RLC-körben tartósan áram folyik, az áram
és a feszültség között φ fáziskülönbség van :

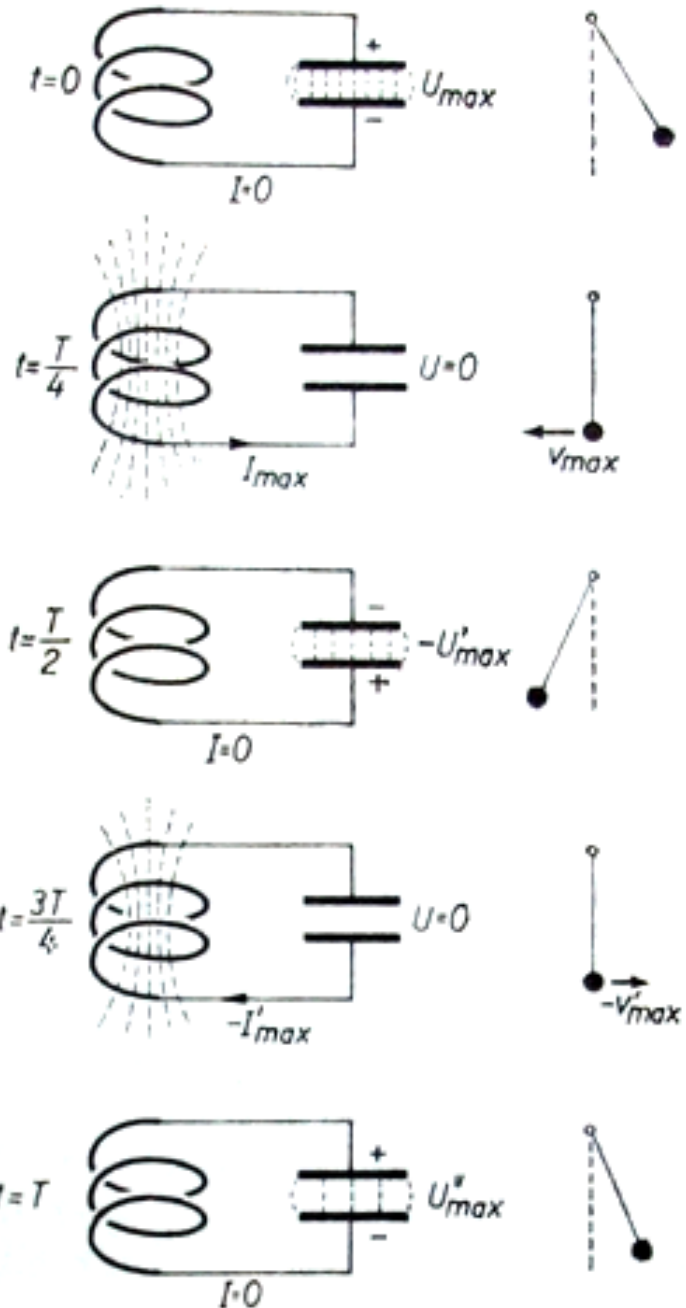
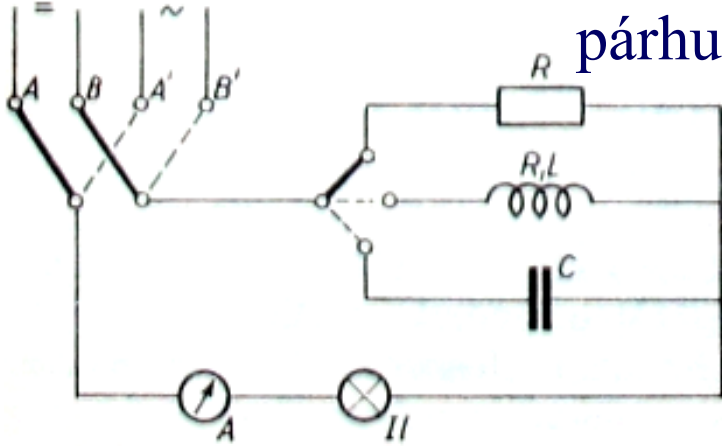


$$I(t) = I_0 \sin \omega t$$

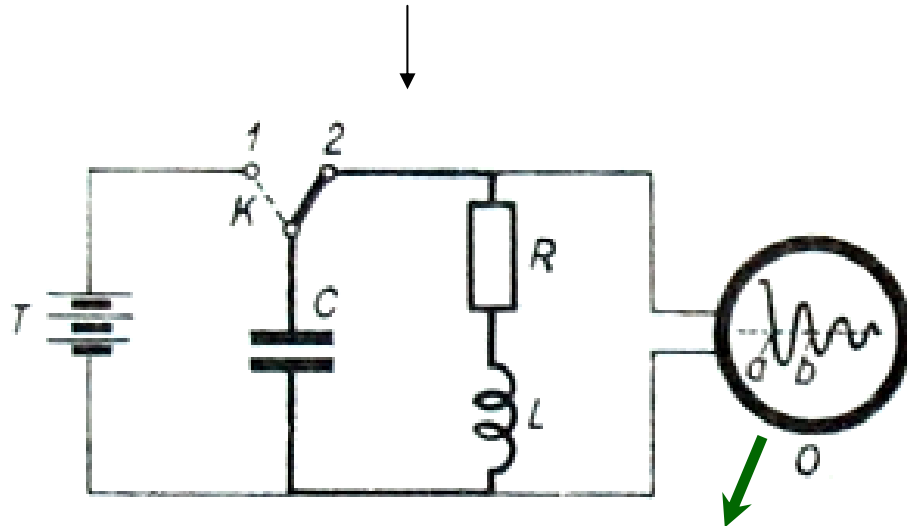
$$U(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$$



párhuzamos RLC-kör...

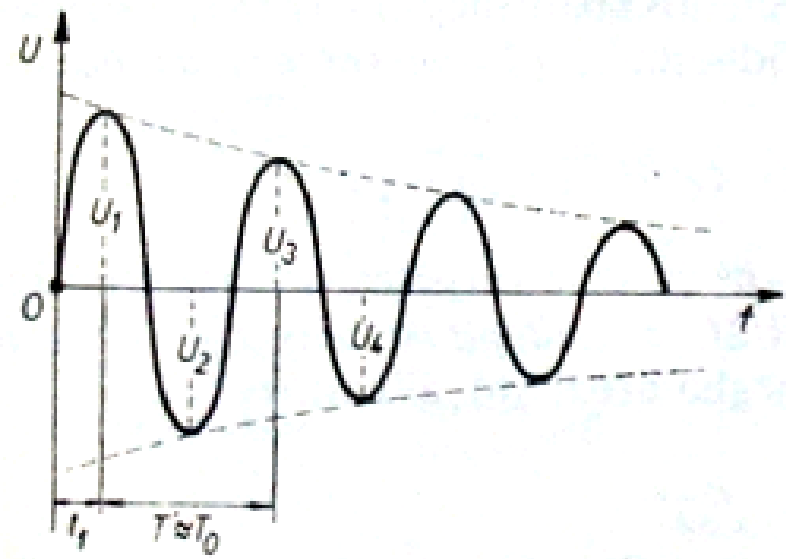


elektromágneses rezgések :
kondenzátor kisülése tekercsen át

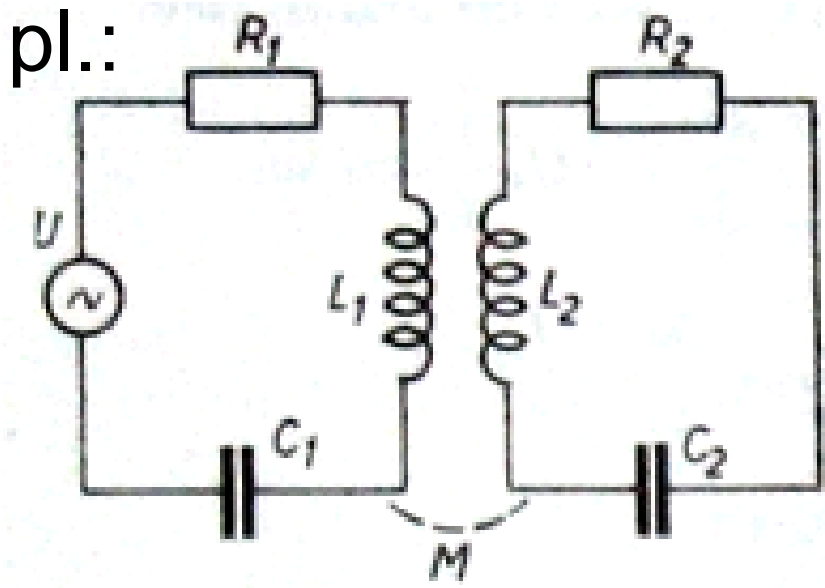


csillapodó elektromágn.rezgés

csillapodó elektromágn.rezgés:

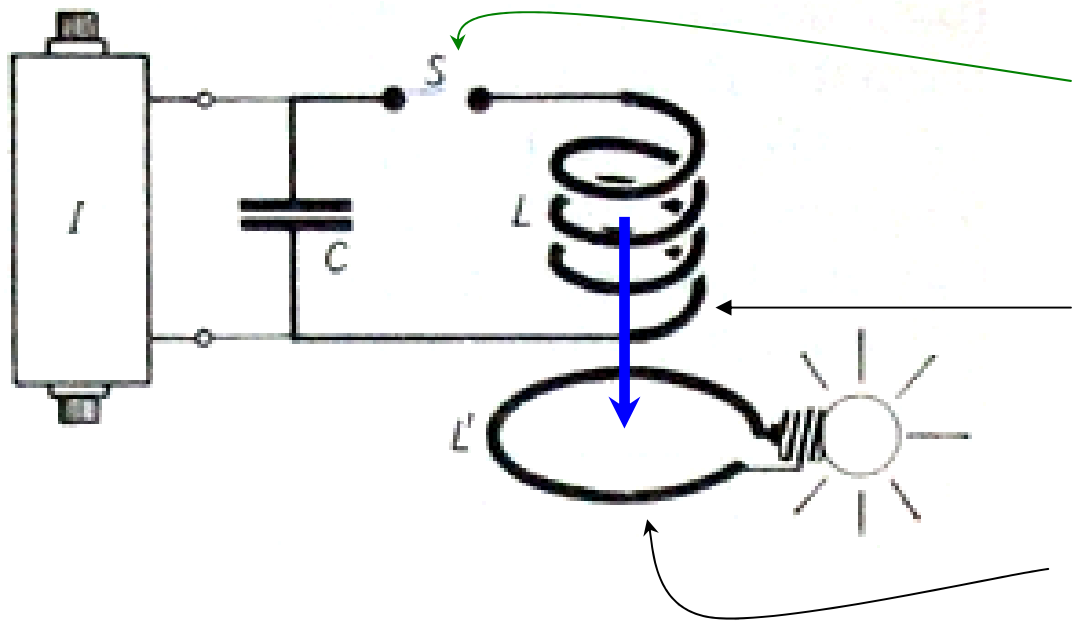


csatolt rezgőkörrel kényszerrezgést lehet csinálni :



nem fog csillapodni !

rezgéseket szikrakisüléssel is lehet csinálni :



szikraköz

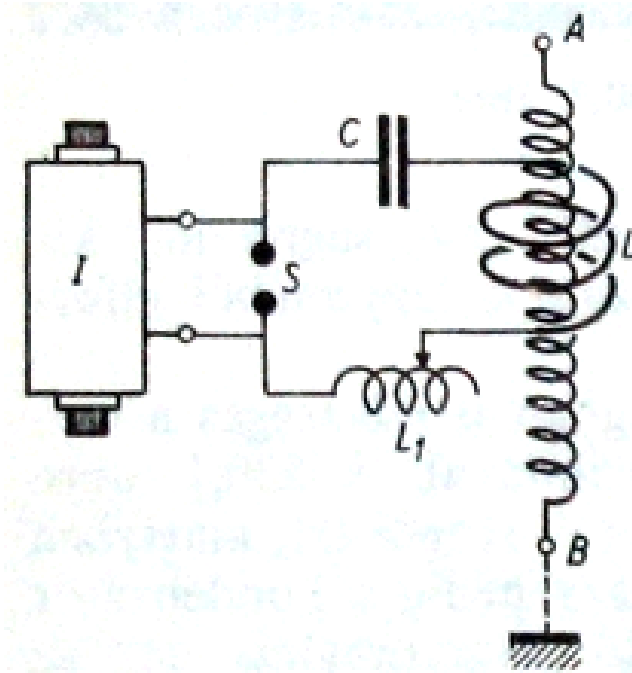
indukció
a lámpa világít

egyetlen menet is elég

Tesla-transzformátor :

A és B között nagy szikrák
(több 100 kV)

ha B-t földeljük → A-ból több m-es
szikrák indulnak

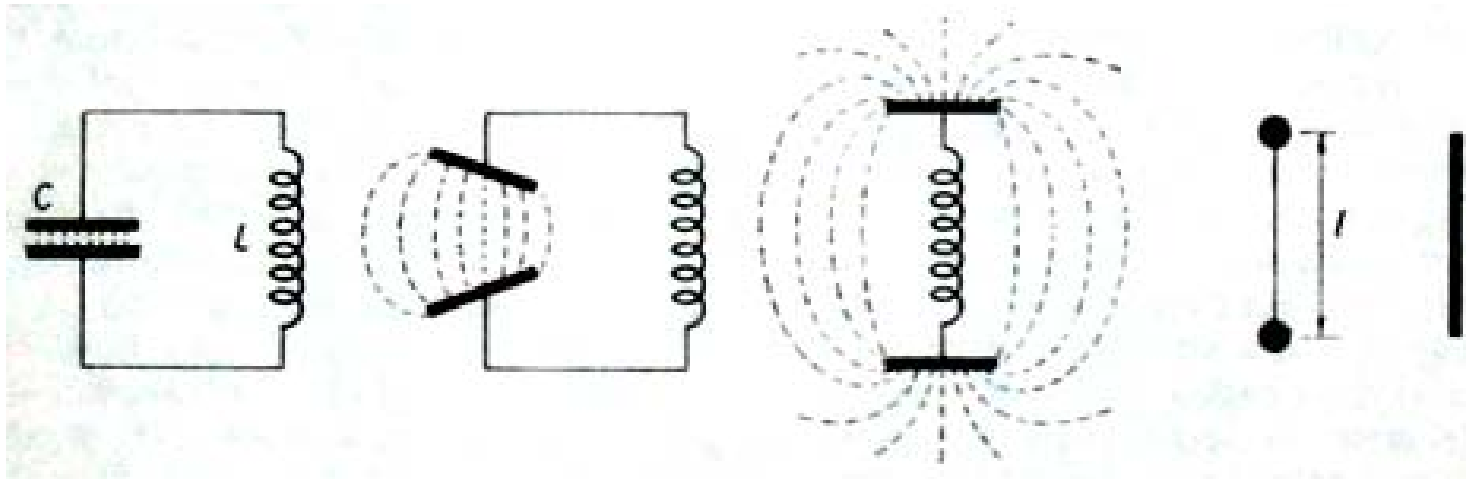


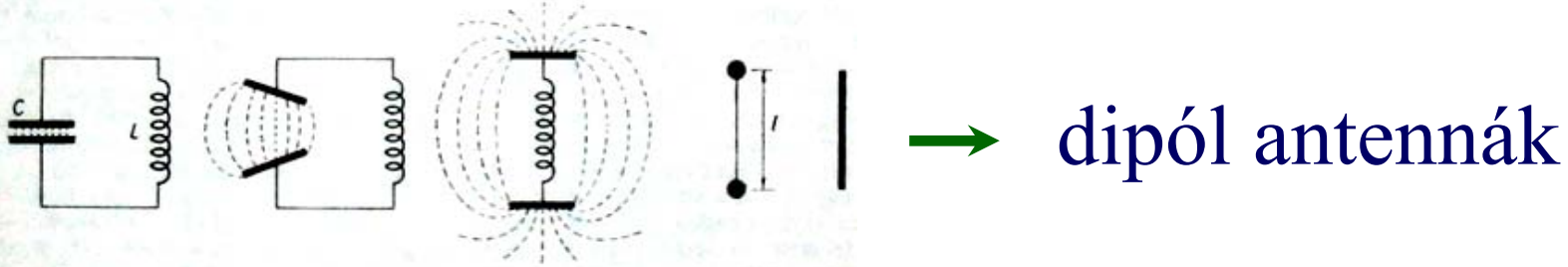
- ↓
- neoncső világít a tekercs mellett
 - izzólámpa egyik drótját kézben tartva a másikat A-hoz érintve a lámpa világít

↓

fiziológiai hatás : nem káros az emberre

szabad elektromágn. hullámok, dipólus sugárzása :





dipól antennák

kísérletek el.mágn.hullámokkal (Hertz) :

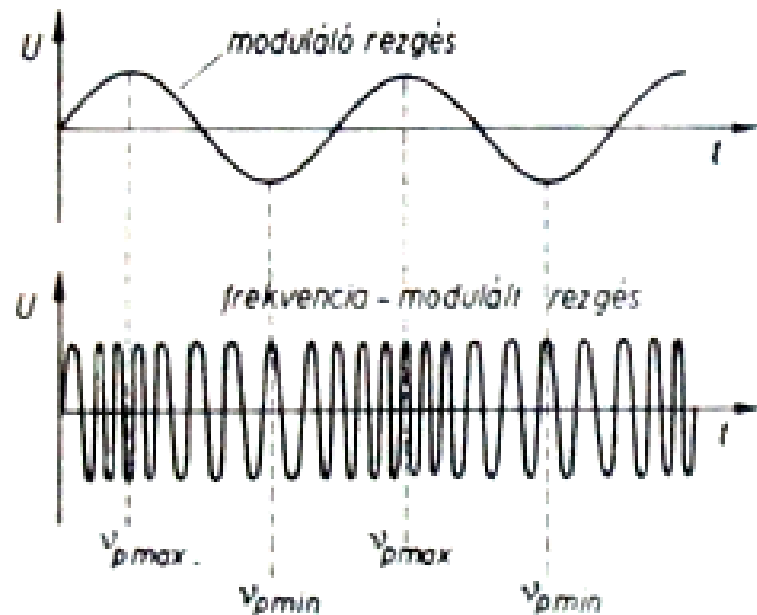
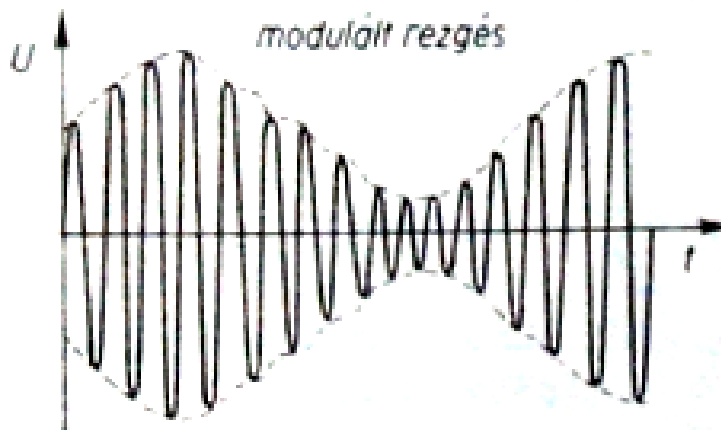
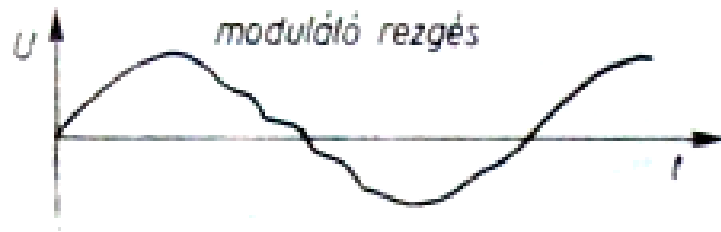


a térben energia terjed =
= elektromágneses hullámok
(hullámjelenségek:
törés, visszaverődés, stb... bemutathatók)

hosszú hullámok, rövid hullámok terjedése
rádió,... adások vétele...

rádió adó és vevő :

csillapítatlan sin-rezgést kell kelteni (vivő frekv.)
+ moduláció :



mikrohullámok :

hullámhossz $< 30\text{cm}$ ($\rightarrow$ GHz frekv.)



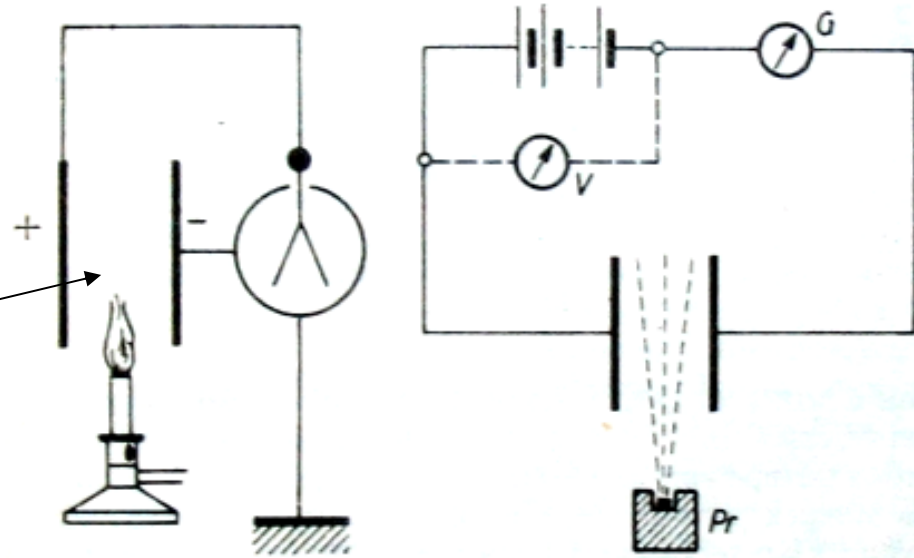
„mikrohullámú sütő”

televízió...

elektromos áram gázokban és vákuumban :

nem önálló vezetés gázokban :

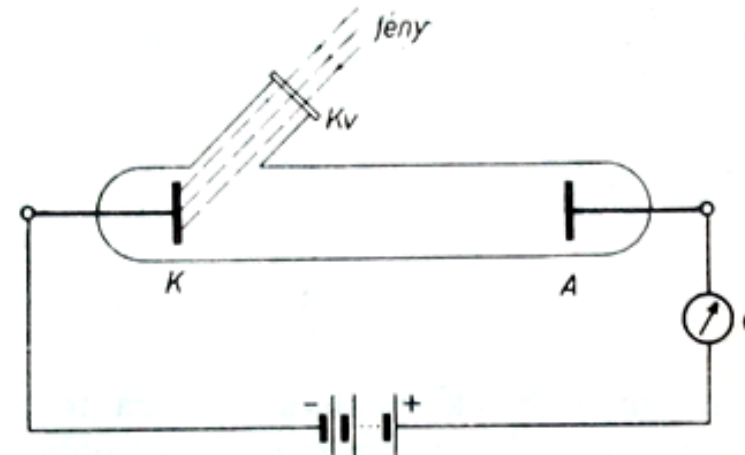
több töltéshordozó
(ionizáció miatt)



nem önálló vezetés nagy vákuumban :

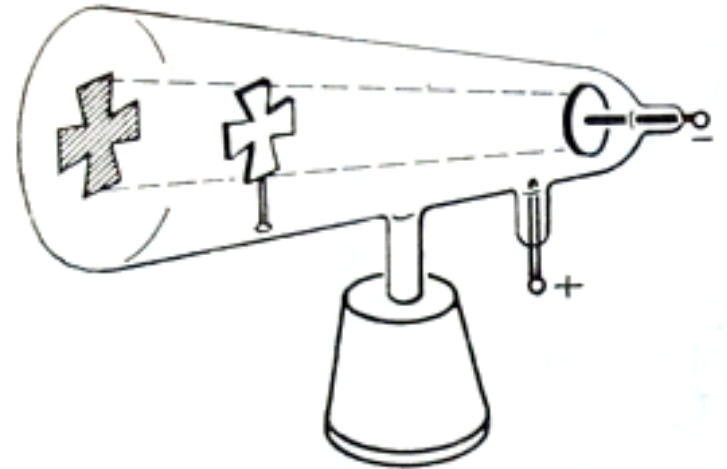
fotoeffektus

e^- - k kellene a vezetéshez

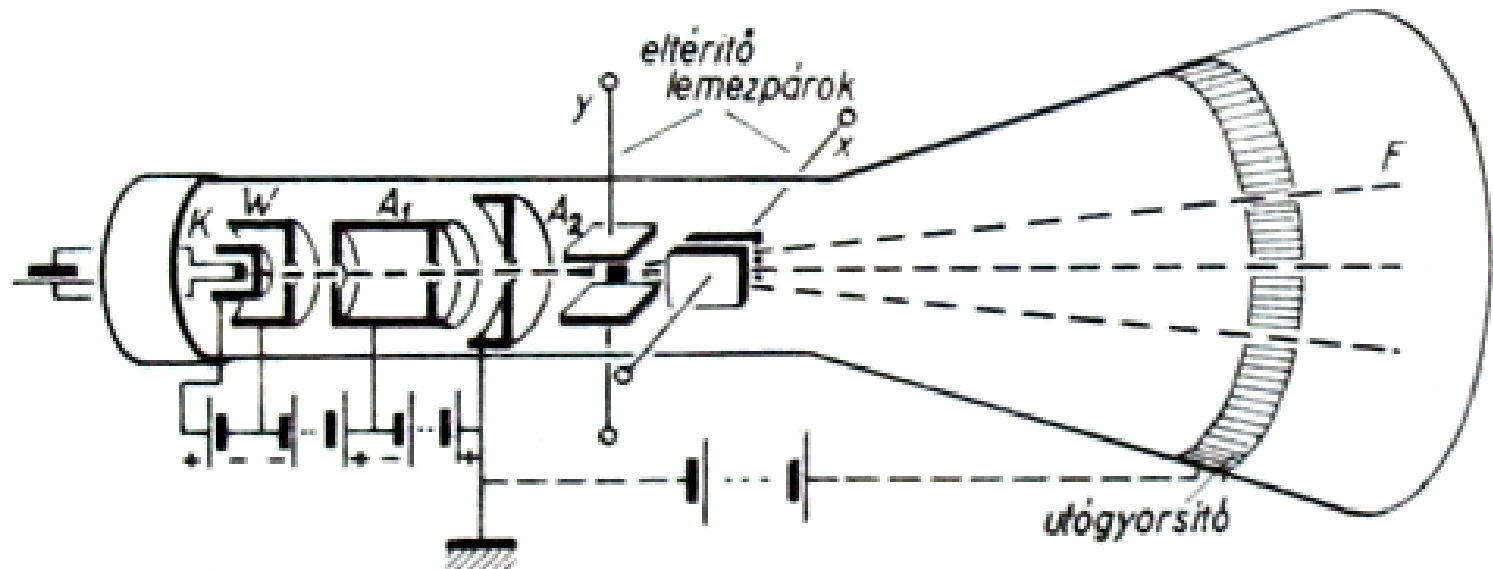


a K-ból kilépő e^- egyenesen halad:

kísérlet: Máltai kereszt $\longrightarrow$

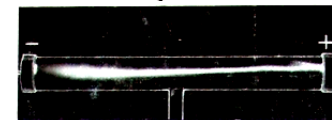
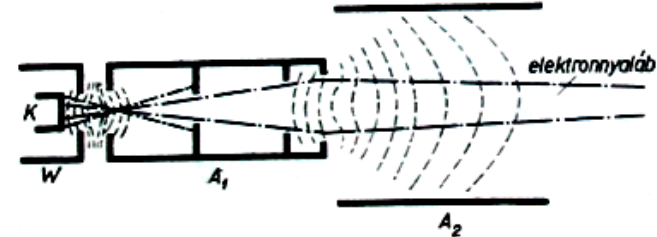
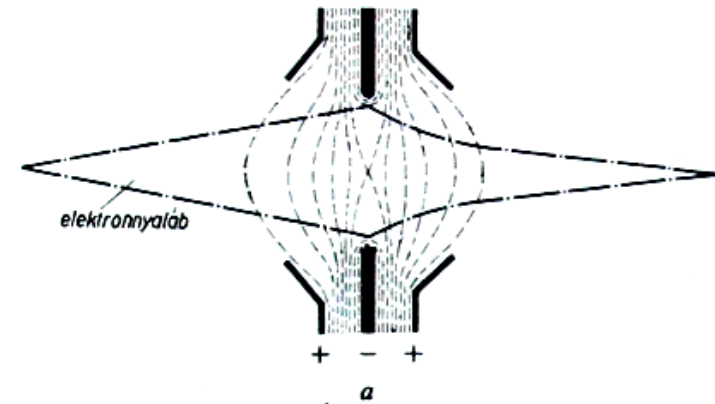
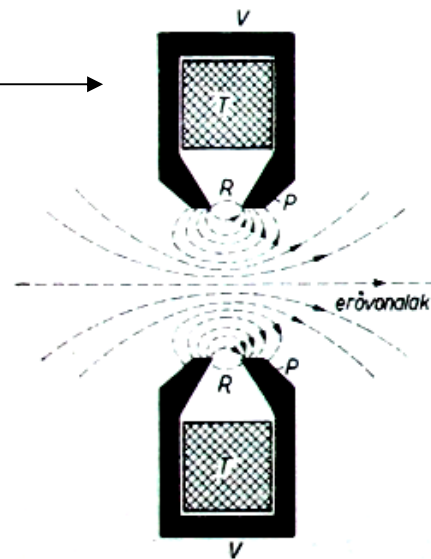


de az e^- - k pályája eltéríthető elektr. v. mágn. térrel :

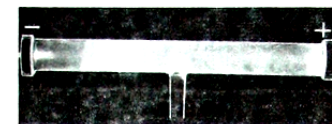


TV, monitor, oszcilloszkóp, elektronmikroszkóp

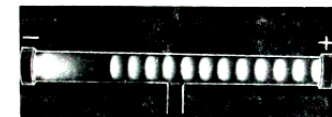
elektronmikroszkóp elektronoptika: mágneses lencsék



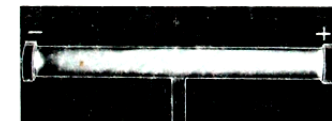
a



b



c



d

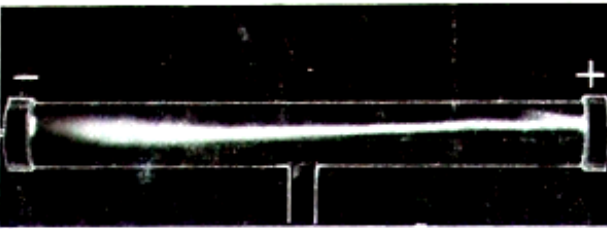
önálló vezetés ritka gázokban :

kísérlet : gázkisülési csövekkel

$p \approx 40$ torr

nyomás csökken

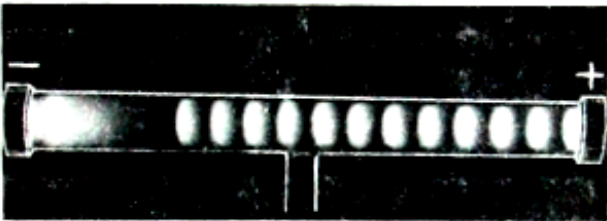
a színek a
csőben
levő gáztól
függnek



a



b



c



d

ködfénykisülés :

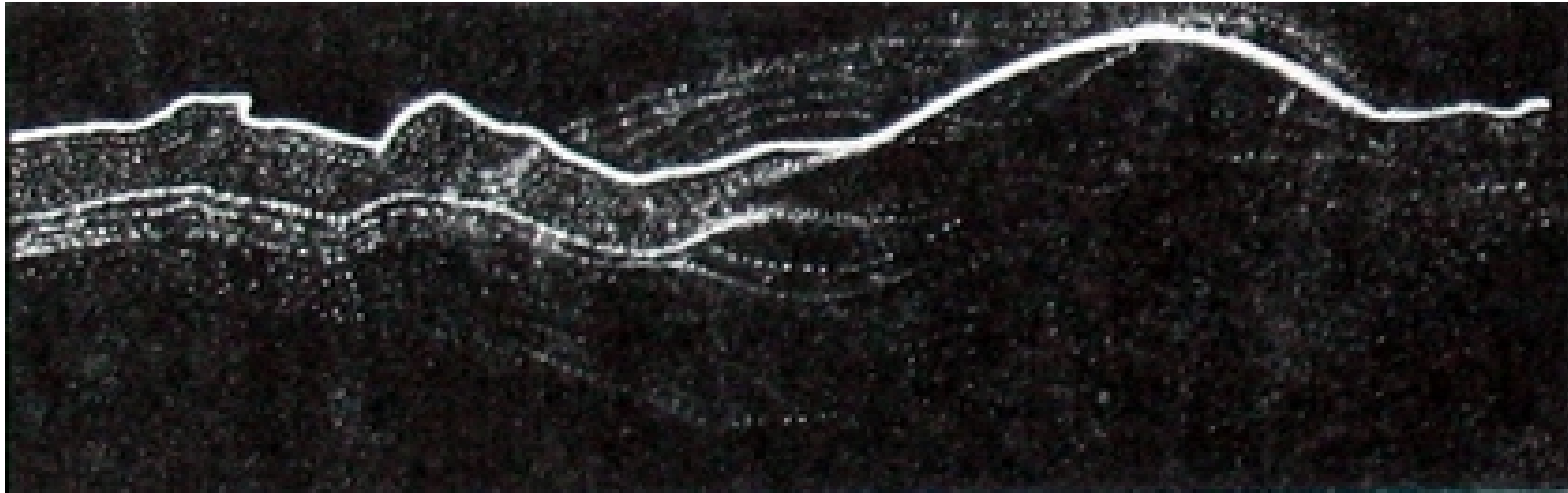
gázmolekulák – ionizáció – önálló vezetés

világít : gázmolek.-k – legerjesztődés – fény

felhasználás : „neoncsövek” (nem csak Ne-gáz!)

önálló vezetés közönséges nyomású gázokban :

szikra
villám



koronakisülés : nagyfesz. távvezeték mellett

ívkisülés $\rightarrow$ ívfény (lámpa), ívhegesztés

Hg-gőz lámpa,...



vonalas színekép

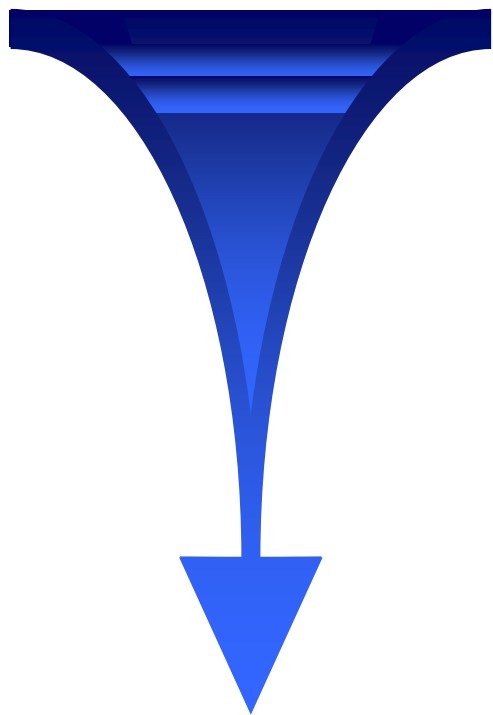
W-szálas izzó $\rightarrow$ folytonos színekép



anyag szerkezete

atom- és magfizika





HŐTAN :

hő, hőmérséklet, hőmennyiség,...

 testek állapotát jellemzi
tulajdonságok egy része függ a hőm.-től

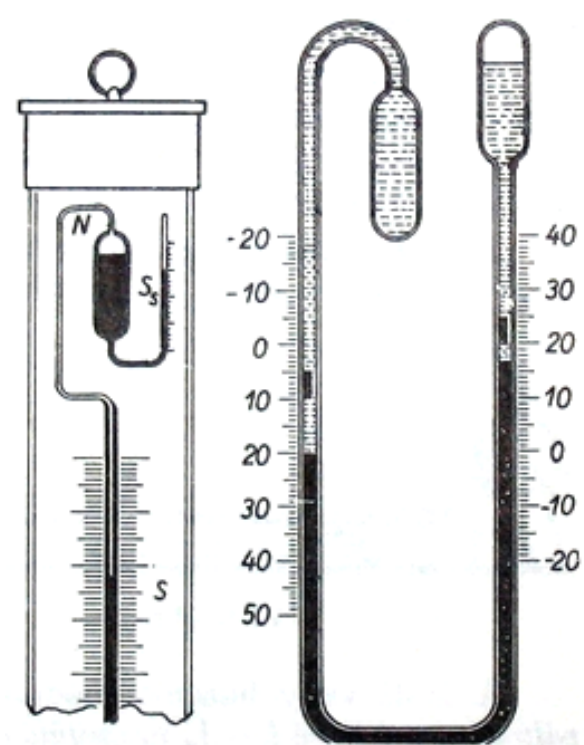
a hőm. kiegyenlítő hőmennyiség

előállíthatók jól reprodukálható hőm.-k : pl. adott
nyomás mellett olvadó jég, forrásban levő víz

hőmérők : folyadékos, gáz, szilárd test

Celsius-skála, egyéb skálák

Kelvin-skála, abszolút hőmérséklet



hőtágulás :

kísérlet :



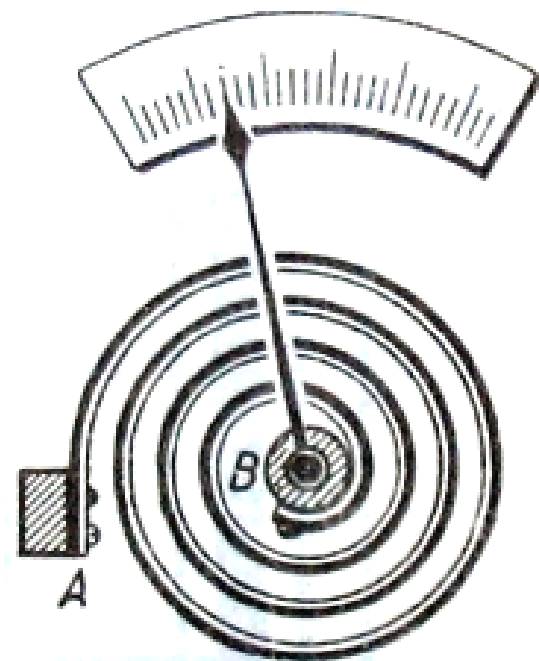
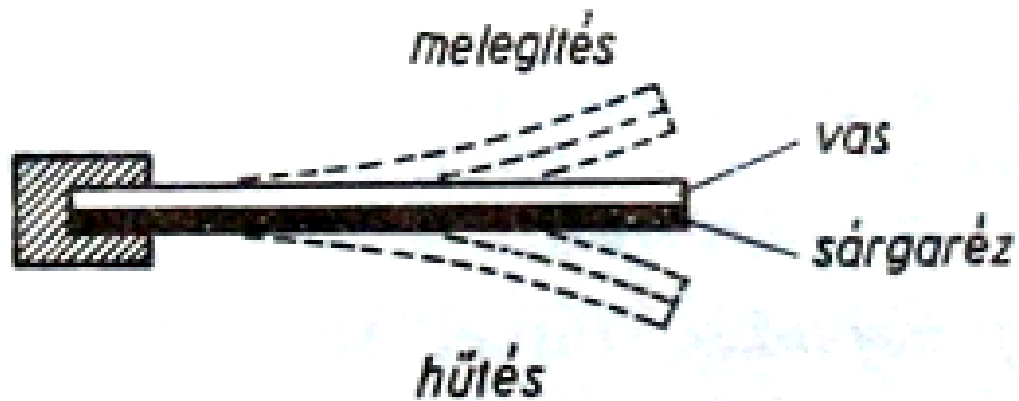
hőtágulás : $\Delta \ell = \alpha \ell_0 \Delta t$ $\xrightarrow{\text{pl.}}$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta t \quad \text{és} \quad \beta = 3\alpha$$

alkalmazások:

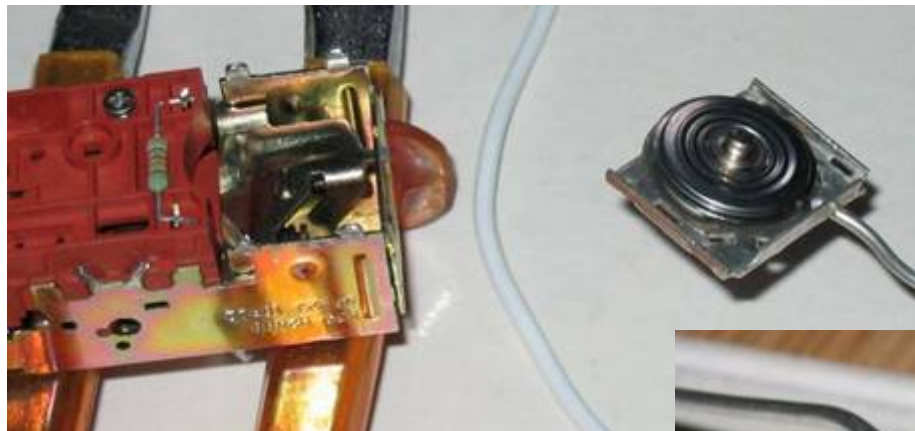
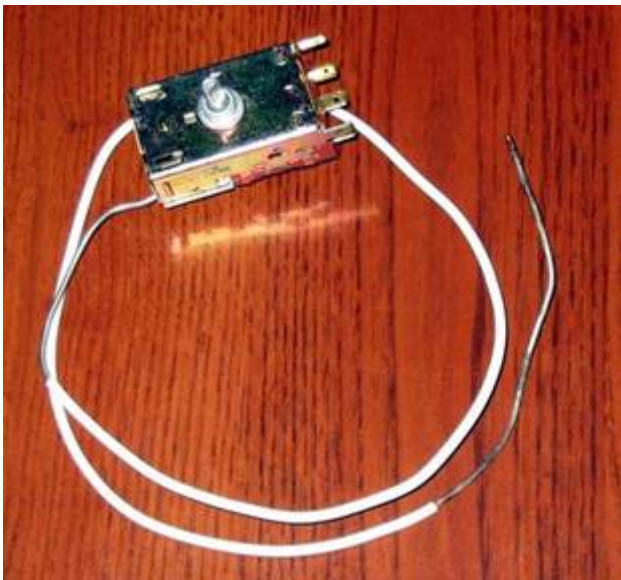


bimetál :



egyéb alkalmazások is (pl. kapcsolók,...)

Kísérlet : tűzjelző



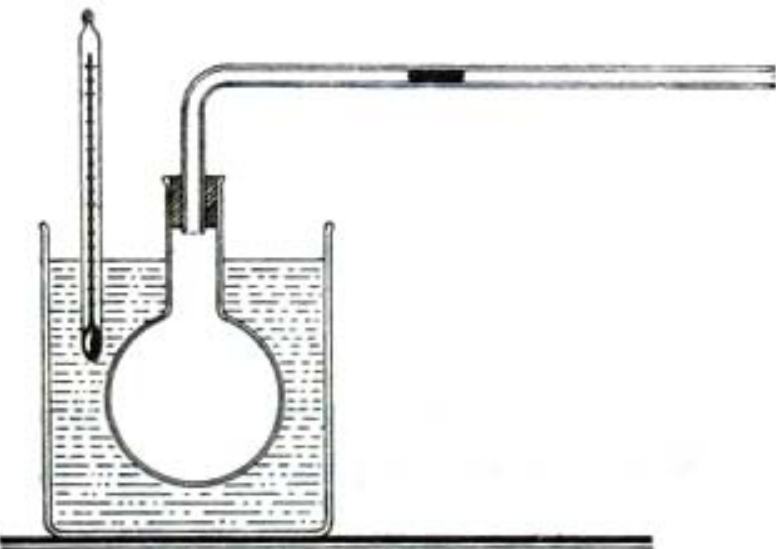
folyadékok hőtágulása : $\Delta V = \beta V_0 \Delta t$

víz speciális : 4 °C-on legnagyobb $\rho \rightarrow$ télen nem fagy be a tó alja

gázokra :

ha $T = \text{áll.}$ Boyle-Mariotte : $p \cdot V = \text{állandó}$

ha $p = \text{állandó} :$



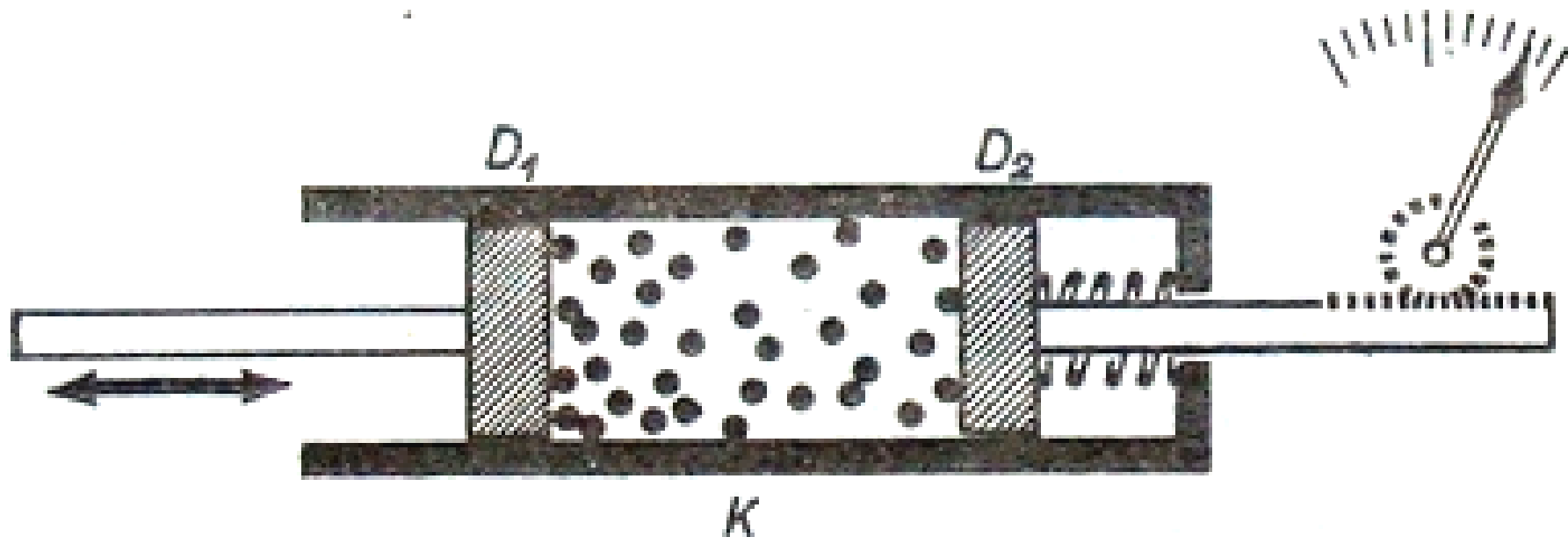
Gay-Lussac (1802) :

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta t$$

$$\beta = \frac{1}{273.15} \quad \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

minden gázra !

gázok nyomása :



Kísérlet : gázok nyomása

ha $V = \text{állandó}$: $\Delta p = p_0 \beta \Delta t$ ← Gay-Lussac II.



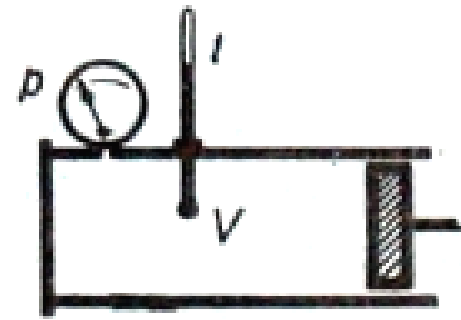
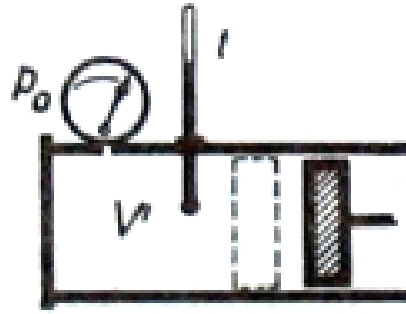
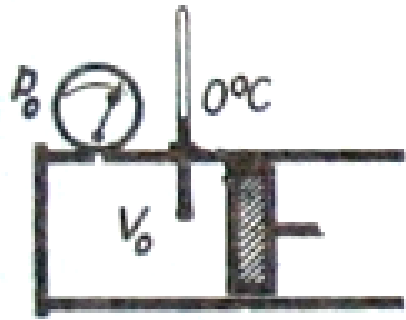
pl. gázpalackot, sprétet, nem szabad tűző napra tenni!

HAJNALATA TILOS.
A készülékben túlnyomás uralkodik. Felnyitni, ütögetni, felszúrni, sugárzó hő hatásának kitenni vagy tűzbe dobni még üres állapotban is tilos!

Kisgyerekektől elzárva kell tartani! A készítmény szembe jutását kerülje! Ha szembe kerül, azonnali bővizes öblítés szükséges! Elelmiszerektől távol tartandó!
Legfeljebb 35 °C hőmérsékletű helyen tárolható!
A KÉSZÜLÉK UTÁNTÖLTÉSE TILOS!

Felhasználható a gyártástól számított 24 hónapig.

egyesített gáztörvény, állapotegyenlet, ideális gáz :



$$\frac{pV}{T} = \text{áll.}$$

vagy

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$T \text{ [K]} = 273.15 \text{ } ^\circ\text{C} + t \text{ [} ^\circ\text{C]}]$$

valódi gázokra ez nem igaz

ha a gáz tömege m



$$pV = \frac{m}{M} RT$$

fajhő, hőkapacitás :

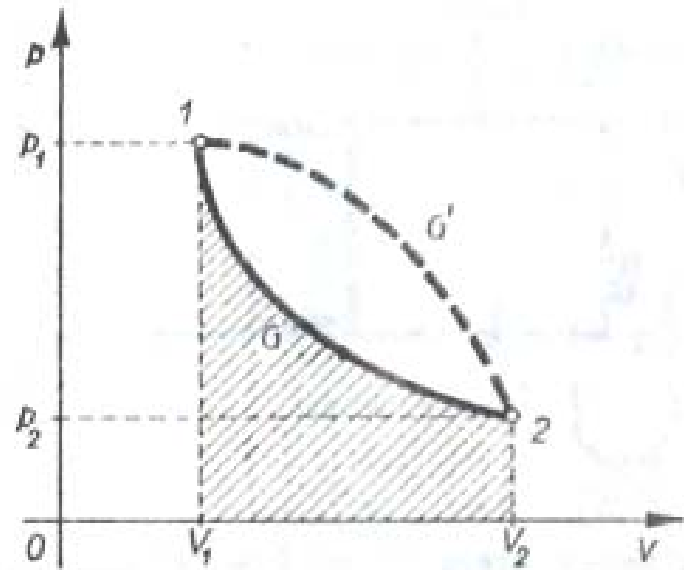
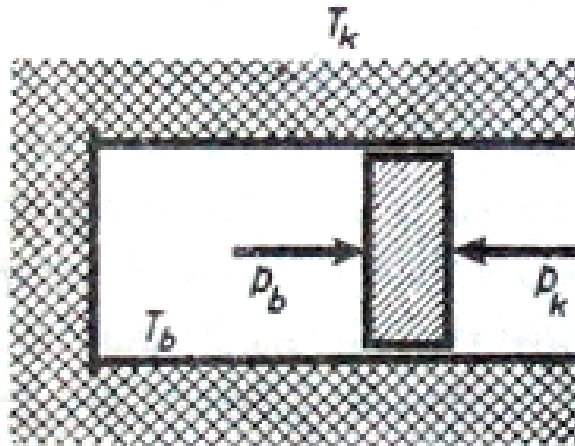
$$Q = \underbrace{cm\Delta t}_C$$

hő, hőmennyiség

$$\Delta U = Q + W \longrightarrow \text{1. főtétel} \longrightarrow \text{energiamegm.} \rightarrow$$

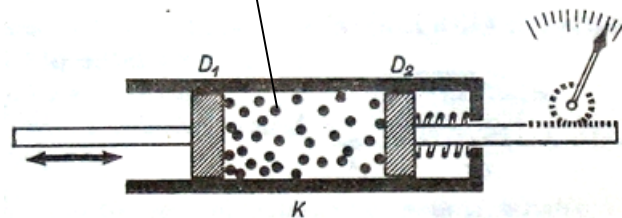
elsőfajú örökmozgó nem készíthető

munka (tágulási munka) :



$$W = p \cdot \Delta V$$

$$(\text{ha } p \neq \text{áll.} : W = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV)$$



belsőenergia növelése mechanikai munkavégzéssel:





ideális gáz állapotváltozásai :

izotermikus állapotvált. :

($T = \text{áll.}$)



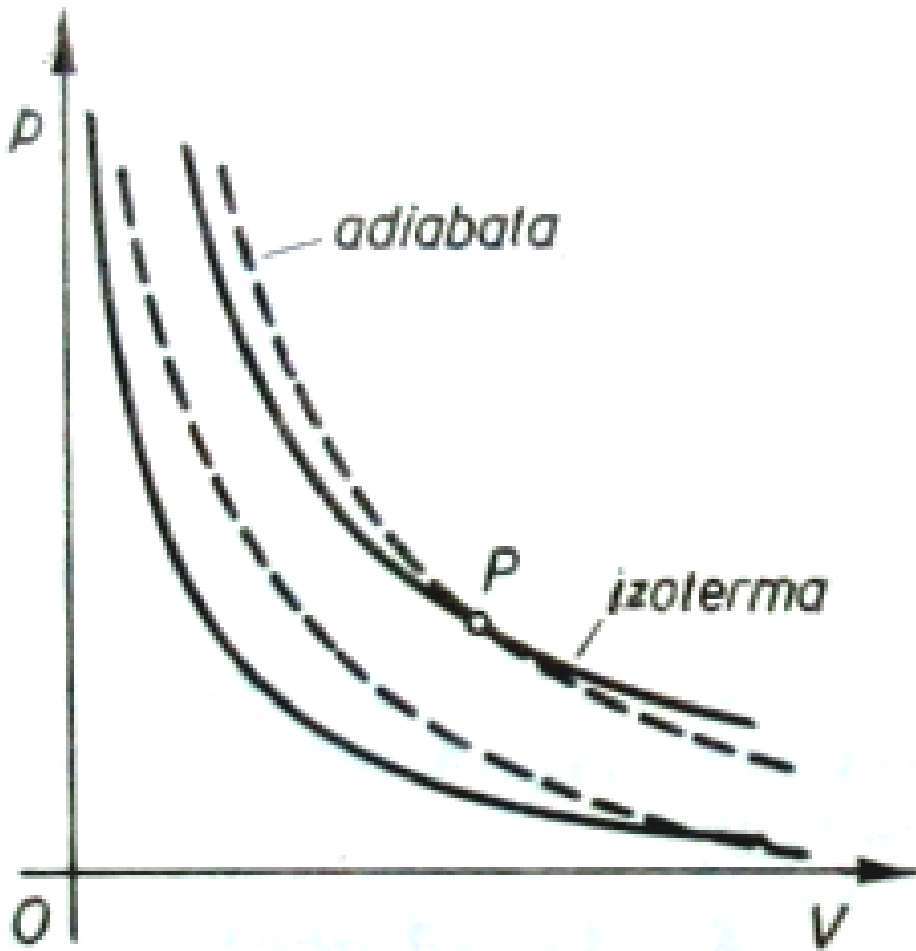
$$p \cdot V = \text{áll.}$$

izochor állapotvált. :

$$V = \text{áll.}$$

izobár állapotvált. :

$$p = \text{áll.}$$



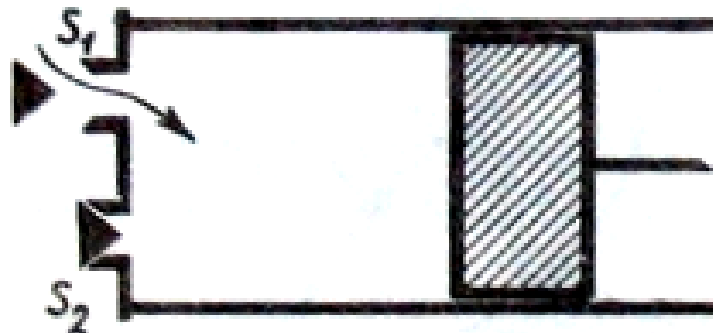
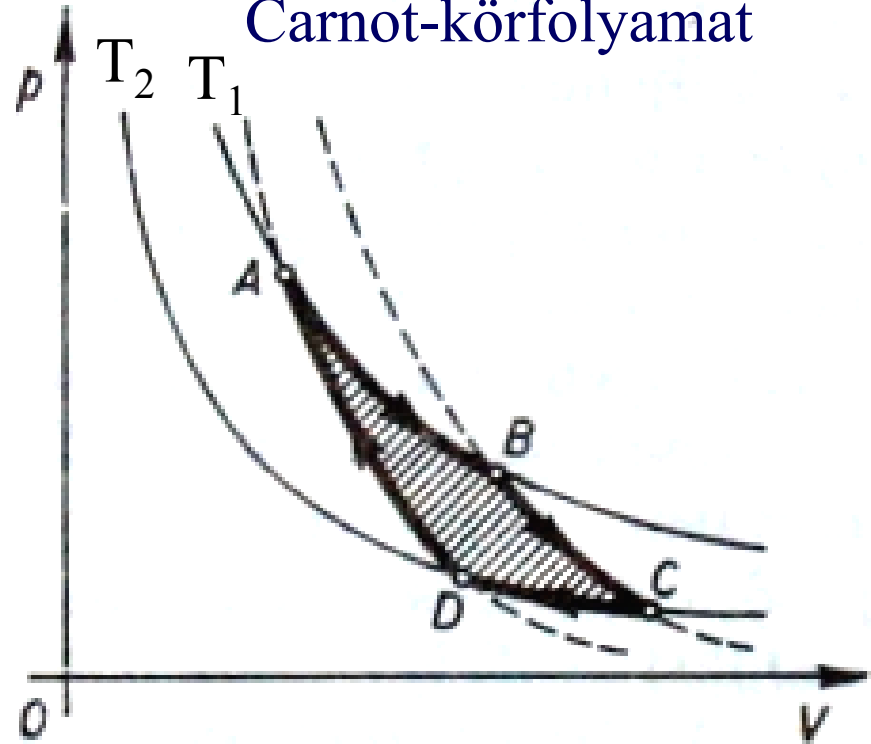
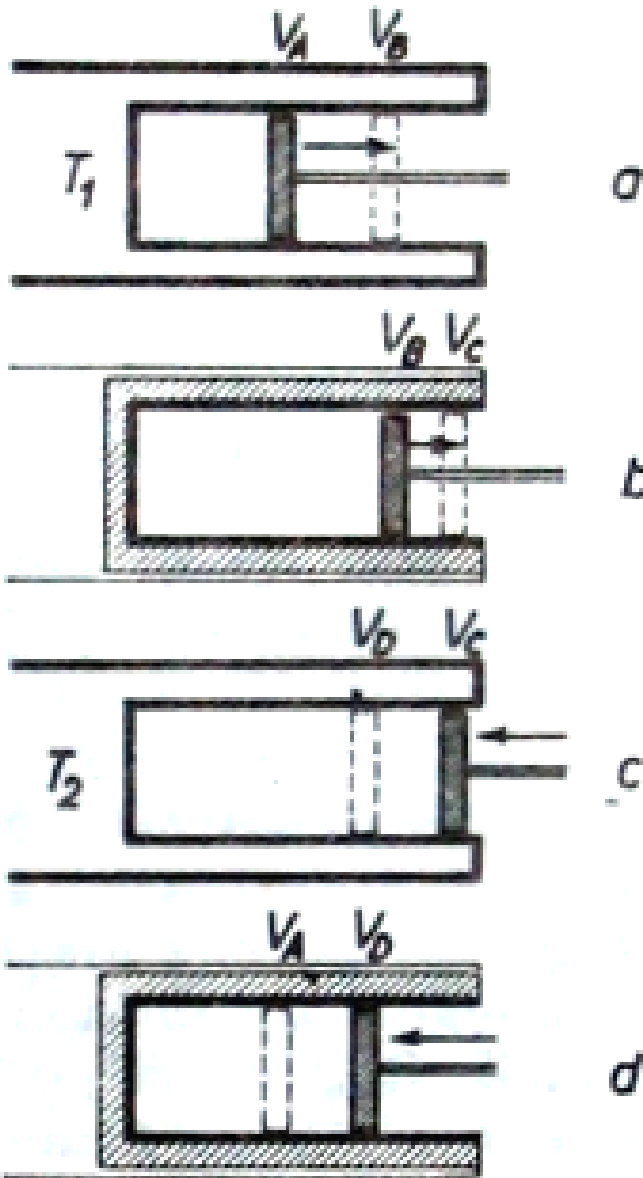
adiabatikus állapotvált. : $Q = 0$

pl. pumpa összenyomása → felmelegszik

körfolyamatok :

Carnot, 1824 (gőzgépek tökéletesítése)

Carnot-körfolyamat



hatásfok :

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

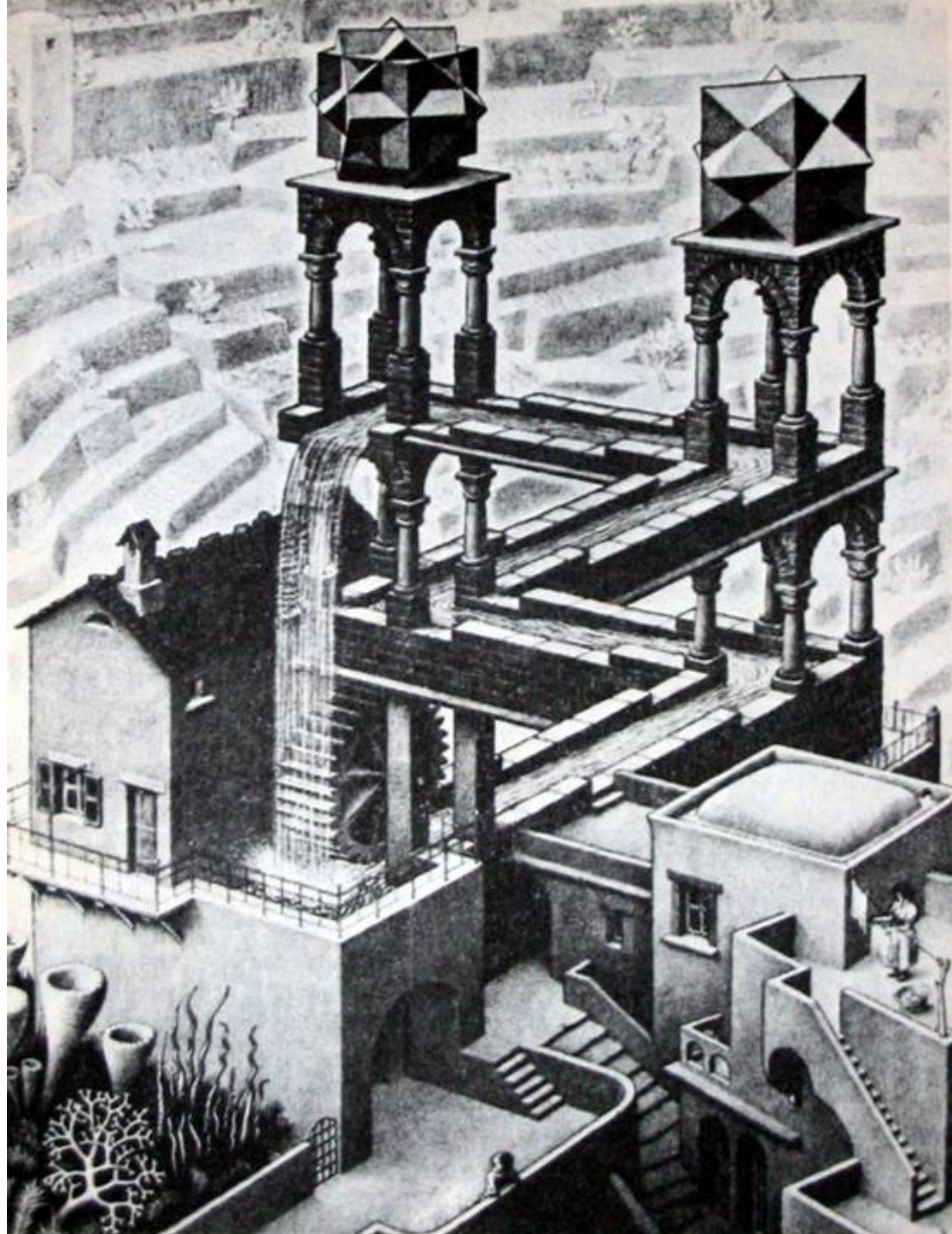
pl. : hűtőgép (léghkondicionáló is)
egy tartályt a környezeténél (T_1) alacsonyabb T_2
hőm.-en tart : munkavégzéssel vonja el a hőt a
tartályból

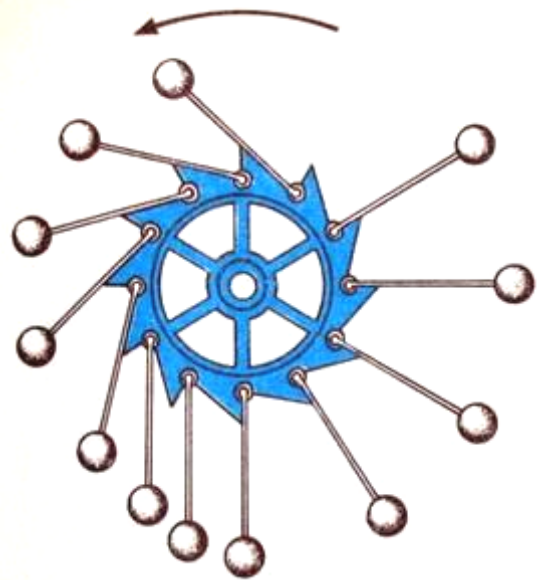
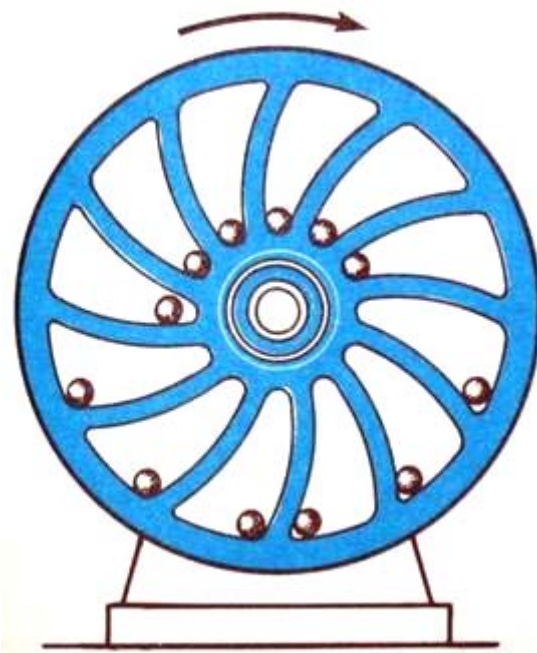
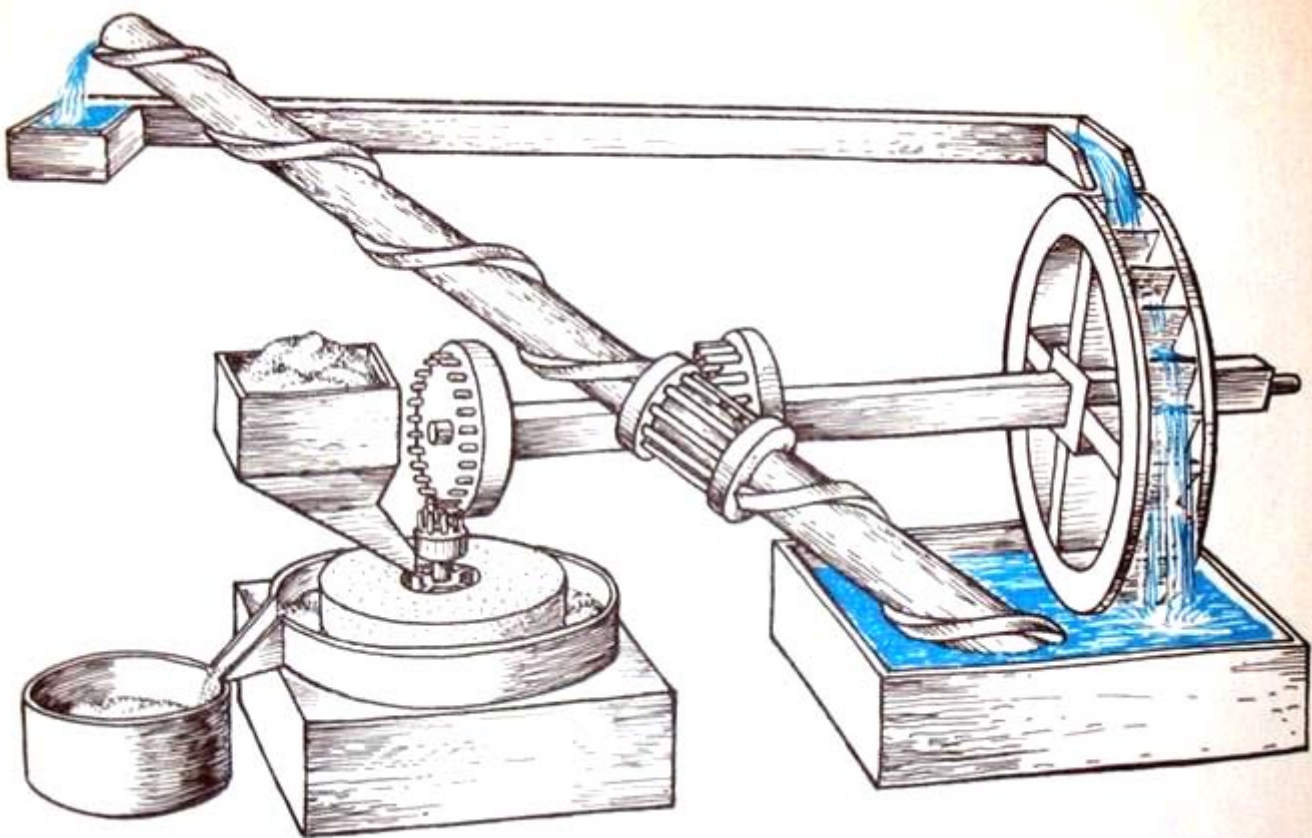
pl. : hőszivattyú
épület (T_1) fűtése a szomszédos tóból,
talajból,... (T_2) elvont hővel, munkavégzés

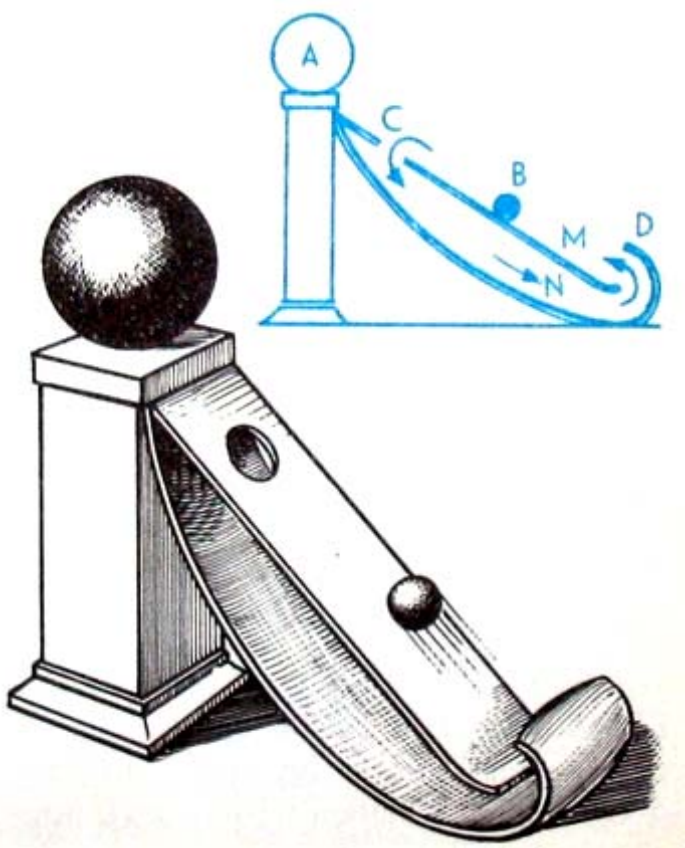
mindkettő megfordított Carnot-körfolyamat

2. főtétele :

másodfajú örökmozgó nem készíthető (tapasztalat) =
nem lehet o. gépet készíteni, ami egy hőtartályból hőmennyiséget von
el és azt egyéb változások bekövetkezése nélkül mechanikai munkává
alakítaná





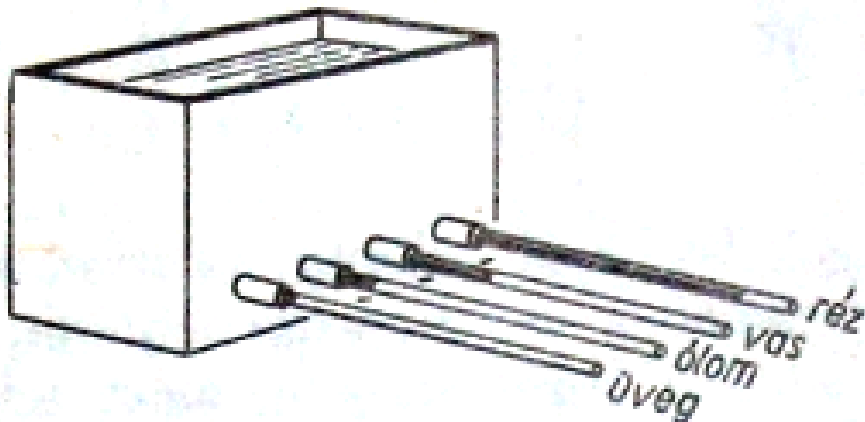
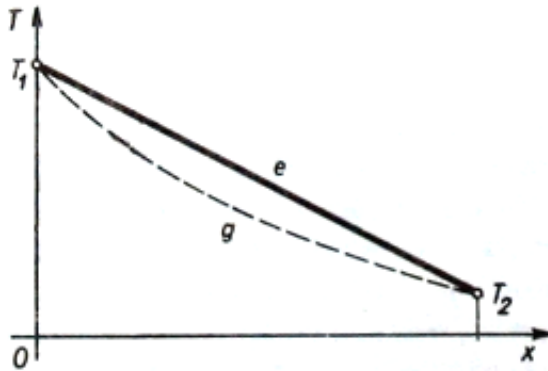
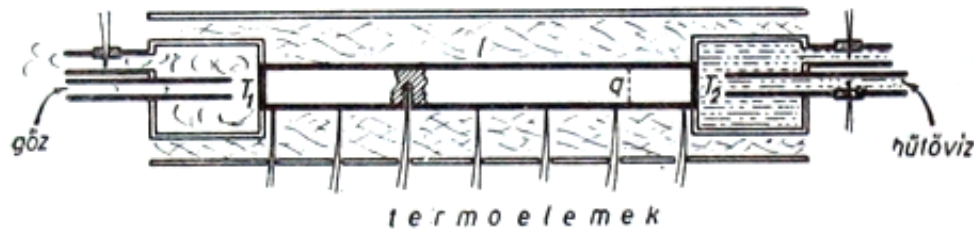


reverzibilis – irreverzibilis folyamatok

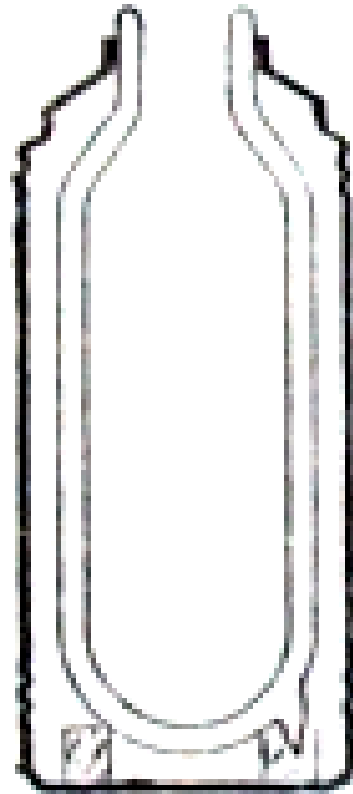
2. főtétele másképpen : zárt rdsz.-ben végbemenő
irrev. folyamatoknál a rdsz. entrópiája növekszik

a hő terjedése : hővezetés
hőáramlás
hősugárzás

hővezetés :



termosz;
Dewar-edény



szobahőm.-ű vas- ill.
hungarocel lapra
tenyerelve a vasat
hidegnek érezzük :
miért ???

hőáramlás : folyadékok, gázok
pl. gravitációs központi fűtés

kísérlet : papír-spirál tűz fölött forog → otthon
kipróbálni

pl. : lávalámpa :



hősugárzás : nem kell közvetítő közeg

pl. Nap $\rightarrow$ földfelszín

a levegő a földfelszíntől melegszik fel

a földfelszín is sugároz ki hőt $\rightarrow$ felhőkről, stb
visszaverődik $\rightarrow$ üvegházhatás

hősugárzás = elektromágn.
sug. (IR)

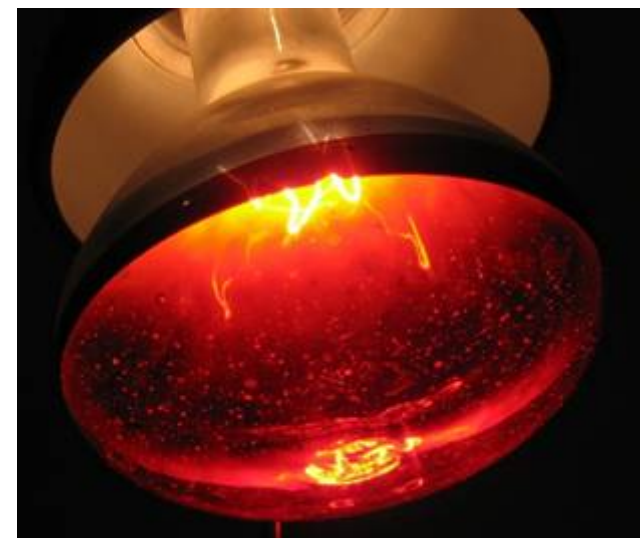


kísérlet : Nap $\rightarrow$ | éget

melegvíz készítése napenergiával :



vagy: fekete rézcső hullámlemez-tükör
fókuszpontjaiban, „üvegházban”



példák, alkalmazások : A SZOBÁK, LAKÁSOK KLÍMÁJA

1. Hogyan védekezhetünk a lakásban a hőség, ill. a hideg ellen?

A./ Fényvédőt helyezünk az ablakra

B./ Hűtjük, ill. melegítjük a szoba levegőjét

C./ Hőszigetelő réteget alkalmazunk $\Rightarrow$ építkezés

A.

1. Melyik a jobb: relaxa, redőny, spaletta, zsalugáter, függöny?

2. Miért jobb a redőny a relaxánál?

3. Milyen színű legyen a fényvédő?

hőelnyelés, hősugárzás törvényszerűségei $\Rightarrow$ öltözködés, napelemek, kályhák, radiátorok

4. Érdemes-e kitárni az ablakot, ha van fényvédőnk és kint hetedmagával süt a Nap?

Nem, mert ha nincs erőteljes légmozgás, csak azt érzük el vele, hogy bent is ugyanolyan meleg lesz, mint kint.

5. Hogyan juthatunk friss levegőhöz úgy, hogy mégis hűvösben maradjunk?

Kísérlet: állandó huzat kis réssel.

6. Hogyan szellőztessünk télen, hogy ne hűljön ki a szoba, de mégis friss levegő legyen a szobában?

Rövid ideig teljesen kitárt ablakokkal. Ekkor a szoba levegője kicserélődik, de kis fajhője miatt gyorsan felmelegszik újra. A tartósan résnyire nyitva tartott ablak miatt egyenetlen és kellemetlen a szobában a hőmérsékleti eloszlás és így tartósan az utcát is fűtjük.

B.

Hogyan hűthetjük, melegíthetjük a szoba levegőjét?

1. *Vízzel (nagy fajhő)* $\Rightarrow$ **tengerpart, tópart**

hőmérsékleti viszonyai

szobaszökőkút, engedjük tele a fürdőkádat hideg vízzel

2. *hideg levegő befúvásával* $\Rightarrow$ **légkondicionáló**
(= hűtőgép)

3. Hűti-e a szoba levegőjét a ventillátor? Miért hűsít?

$\Rightarrow$ hajszáritás, ruhaszáritás, leves hűtése,

$\Rightarrow$ Miért fázunk, ha kiszállunk a vízből a strandon?

4. Hogyan és mivel fűtjük a lakásokat?

vaskályha (fa, szén), cserépkályha (fa, szén),

villanykályha (hősugárzó, ill. hőtárolós kályha),

radiátor (víz, gőz, olaj), konvektor (gáz), padlófűtés

(víz, villany)



(kazán kell)

5. Hol legyen a fűtőtest?

Lehetőleg az ablak alatt (hőfüggöny)

Kísérlet: Papírkígyót helyezünk a radiátorra → hőáramlás

⇒ Miért tudnak körözni a gólyák szárnycsapás nélkül a magasban napsütéses nyári délutánokon?

⇒ Hogyan mozog a vitorlázó repülőgép?

→ „termik”

6. Hogyan kell tüzelni a cserépkályhában?

Kísérlet: Az égés is kölcsönhatás (égő gyertyát főzőpohárral borítunk le előbb légmentesen, majd légrést hagyva. Ellenőrzés égő gyufával. ⇒ az alsó légterben felgyülemelő széndioxid miatt életveszély (a borospincékben is CO_2)

7. Miért kell a kályha alsó ajtaját nyitva tartani? A magas, vagy az alacsony kémény a jobb?

Kísérlet: Egő gyertyát hosszabb-rövidebb üvegcsövekbe teszünk, előbb alul rés nélkül, majd réssel. $\Rightarrow$ huzat, kémény

$\Rightarrow$ Miért magas a gyárak kéménye?

8. Miért kell bezárni a kályha ajtaját a fűtés befejeztével? Miért nem szabad nyitogatni utána?

9. Áramlási viszonyok a fűtött lakásban

- Miért fázik a lábunk a cserépkályhával fűtött szobában?

- Hol van a legmelegebb a padlófűtésű lakásban?

- Miért jó, ha az ágynak lába van és nem közvetlenül a padlón van a matrac?

A lábas ágy alatt lehetőség van légáramlásra, de ha a matrac a padlón van, bennünket ér az áramló levegő.

C.

Házak, lakások szigetelése $\Rightarrow$ építkezés

1. Hová tesszük a szigetelő réteget:
a fal külső vagy belső felületére?

A kívülről szigetelt ház nagy hőkapacitású fala a belső levegővel és a berendezési tárgyakkal azonos hőmérsékleten van.

2. Az üres vagy a zsúfolt szoba fűthető be hamarabb?
Melyik hűl ki hamarabb? (hőkapacitás)

3. Melyik a jobb falazó anyag a lakás hőviszonyainak (hőszigetelés, hőtárolás, fajhő) szempontjából?
fa, vert fal, vályog, tömör tégl, lyukas tégl,
betontufa, szilikát, betonpanel? $\Rightarrow$ építkezés

hőszigetelő ablak (de vigyázni, ha gáztüzelés van,
+ levegőbeeresztés kell)

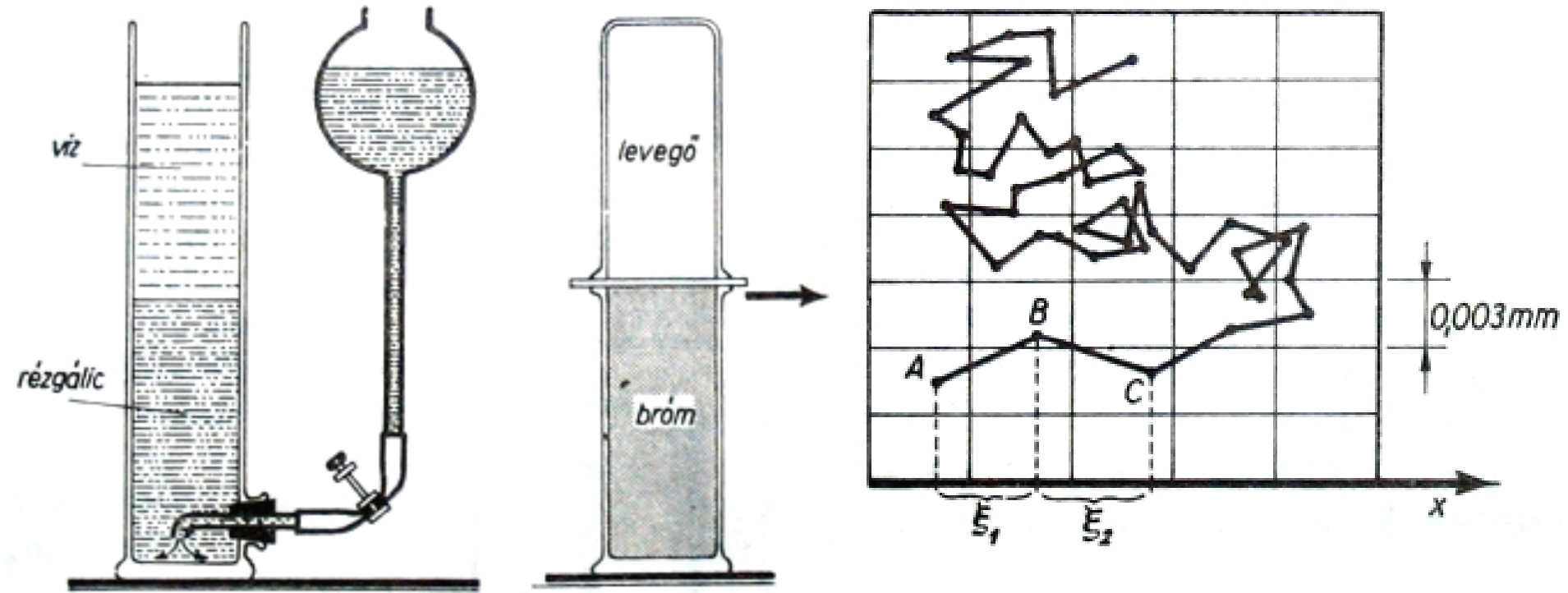
4. Milyen a jó tető?

lapos, sátortető $\Rightarrow$ **építkezés $\Rightarrow$ vízhatlan, víztaszító
anyagok, lejtők, a levegő mint szigetelő**

5. Melyik a jobb tetőfedő anyag a lakás hőviszonyai-
nak szempontjából?

szalma, nád (tűzveszélyes!), cserép, pala, hullámpala
 $\Rightarrow$ **építkezés**

diffúzió, ozmózis :



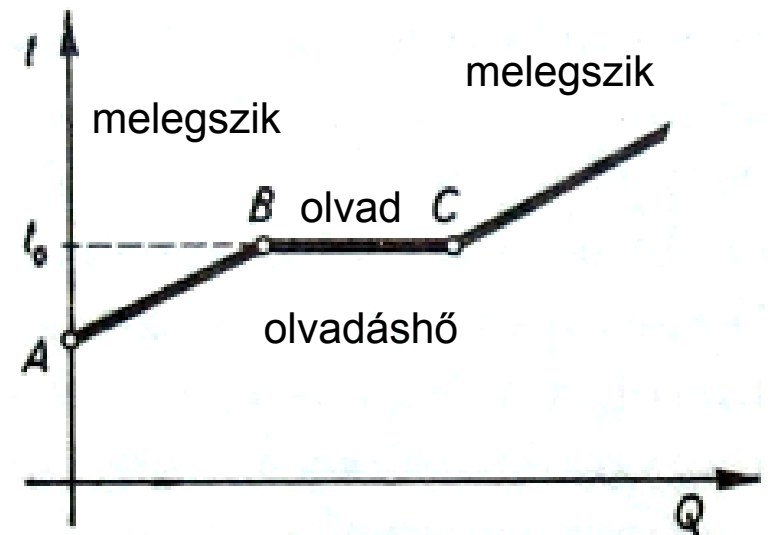
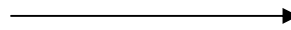
$$\Delta n = -Dq \frac{\Delta N}{\Delta z} \cdot \Delta t \rightarrow \text{Fick I. törv.}$$

halmazállapotok :

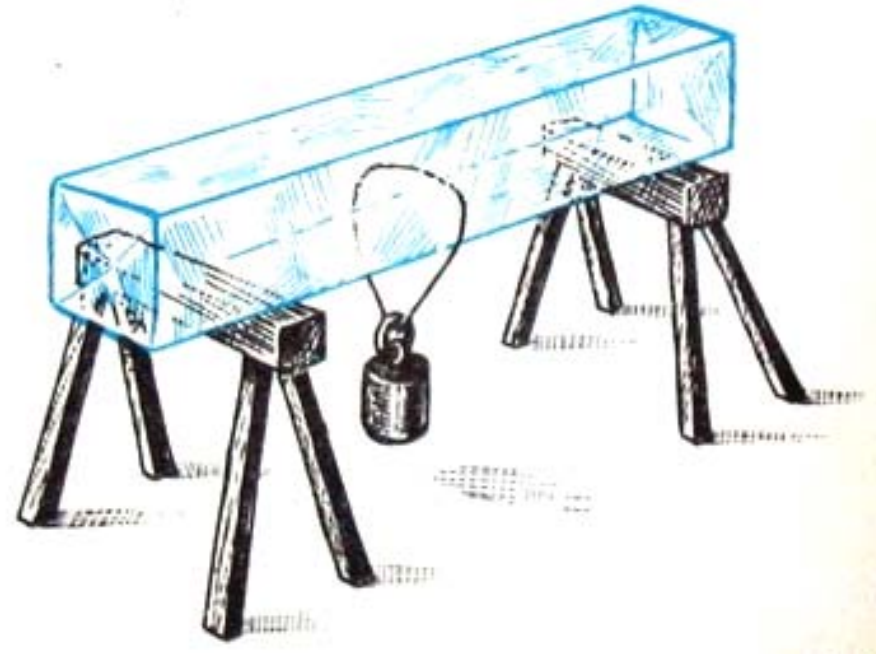


halmazállapot-változások :

olvadás – fagyás
párolgás, forrás
szublimáció



túlhevítés – túlhűtés → forrkő, kristályosodási magok
olvadás-fagyás közben térfogatváltozás (pl. víz)
olv.pont függ a nyomástól :



párolgás $\approx$ forrás (folyadék teljes térf.-ban párolog)

párolgáshő – forráshő

párolgásnál nagy tf.-növekedés

pl. : miért fázik az ember, ha vizes a teste (főleg szélben)

forrás:



a forráspont függ a nyomástól :





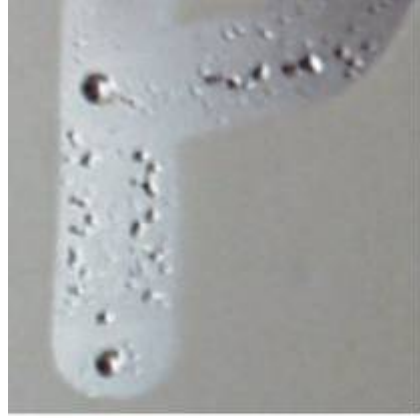








pl. : miért párasodik be az üveg, ha rálehelünk ?
a hideg felületek (hűtőgép belseje, fazék fedője,
stb...), ha párás levegő éri őket



pl. : desztillálás (forralás/párolgás + lecsapódás) :
pl. cefréből az alkohol és víz szétválasztása,
miért kell az első néhány %-t kiönteni ?

szublimáció:



zúzmara:



hőerőgépek :

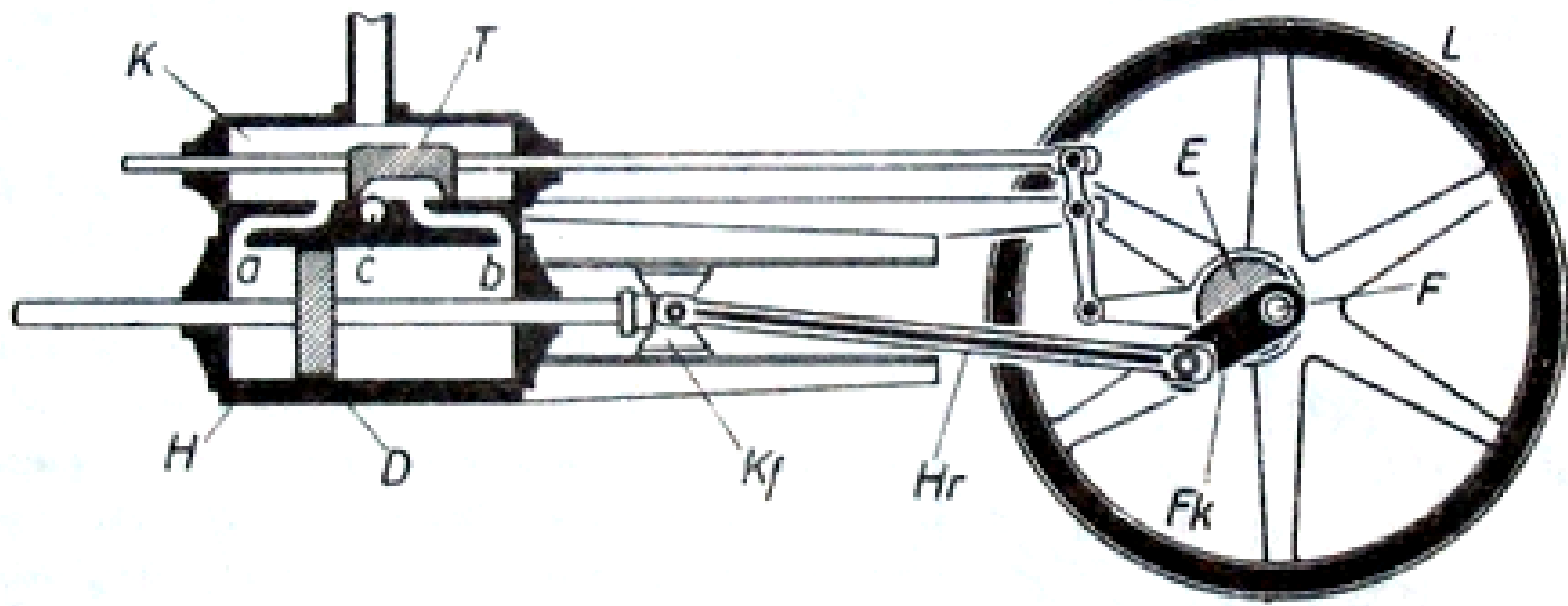
gőzgépek

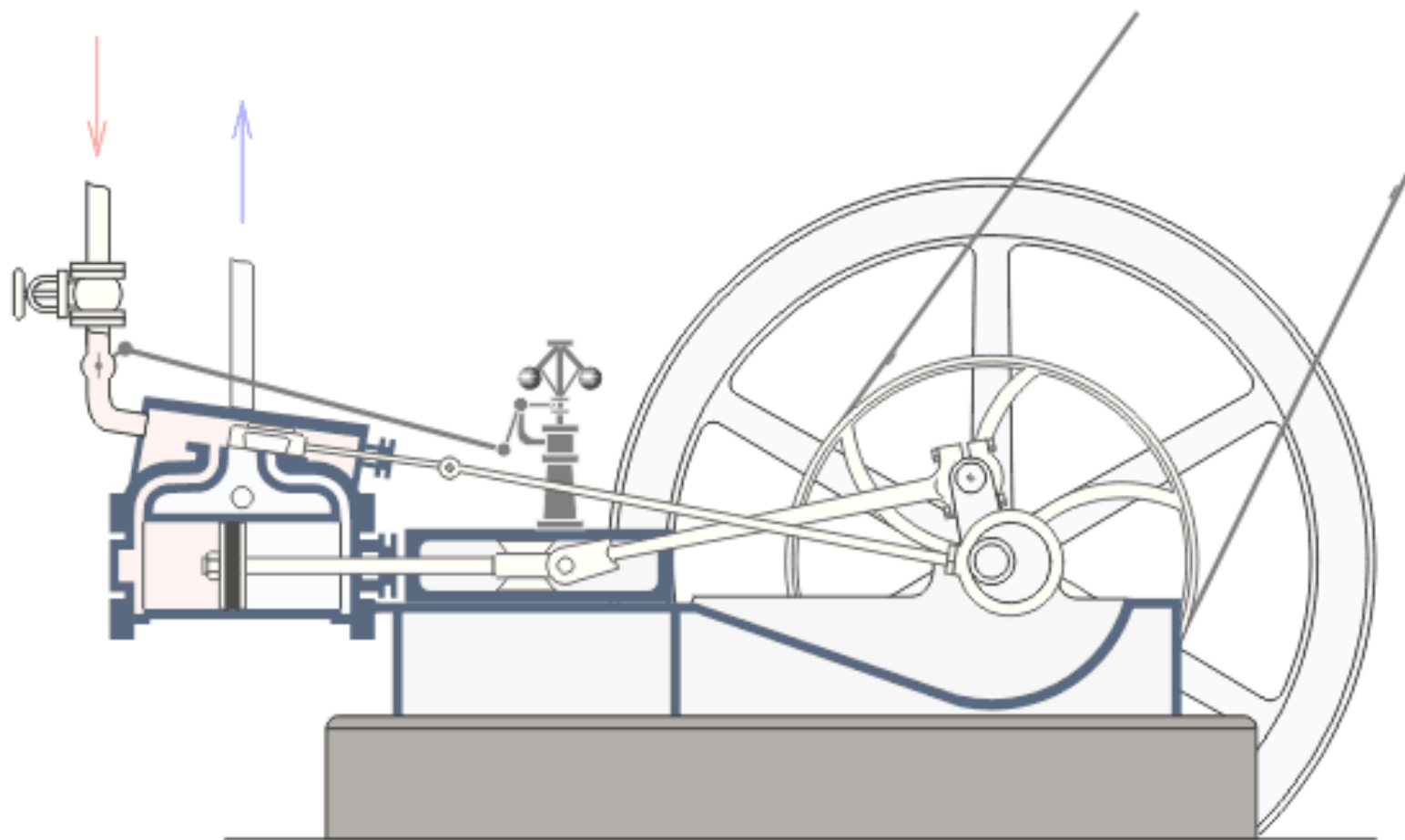
belső égésű motorok

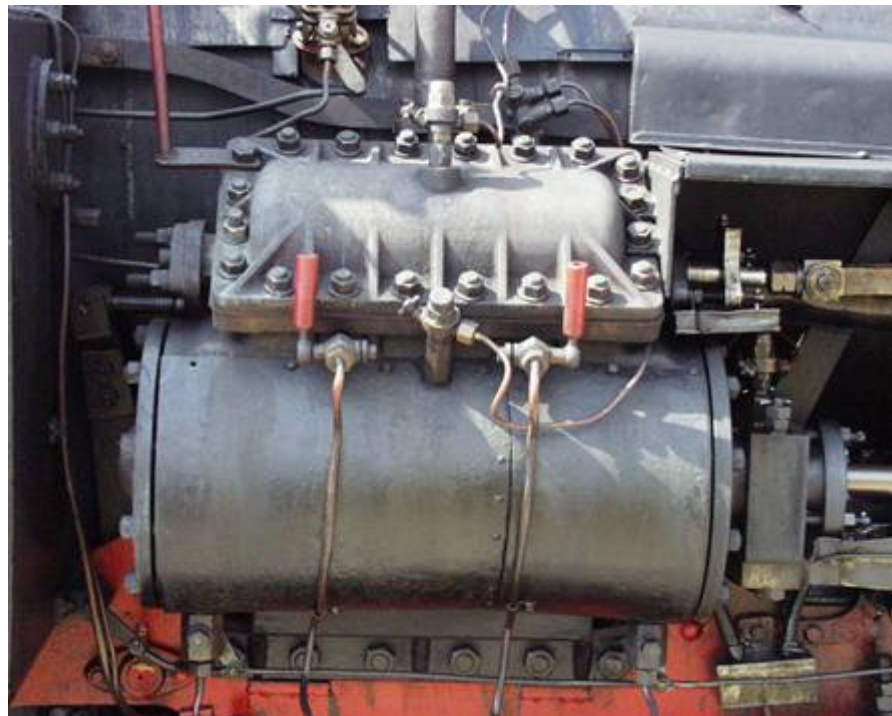
gázturbinák

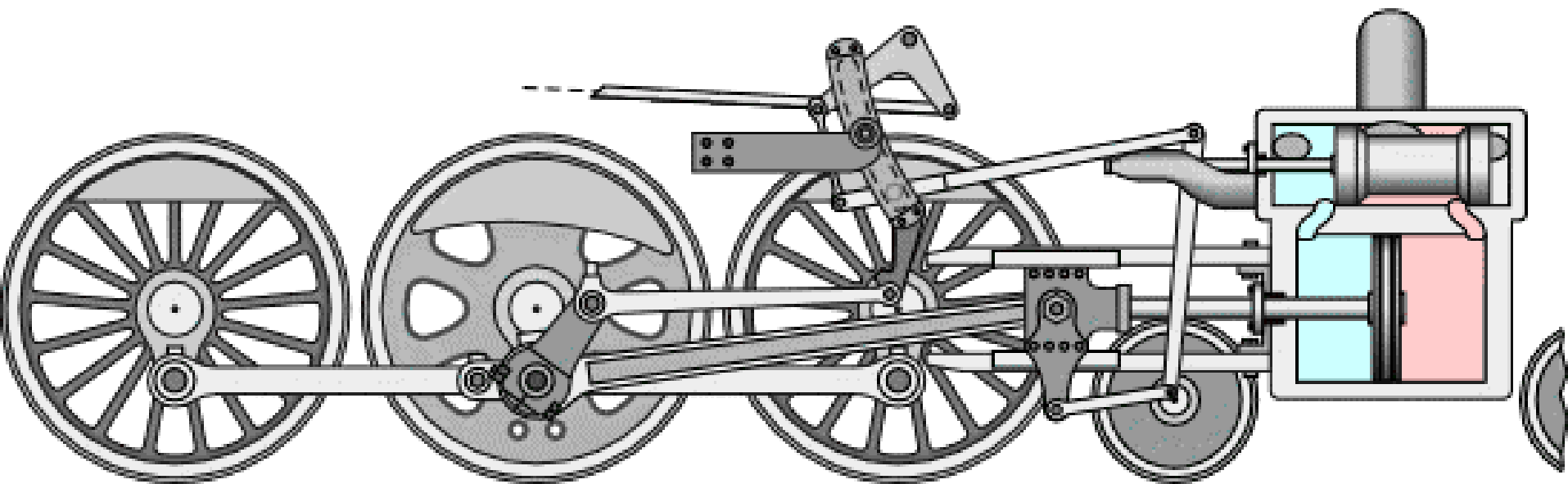


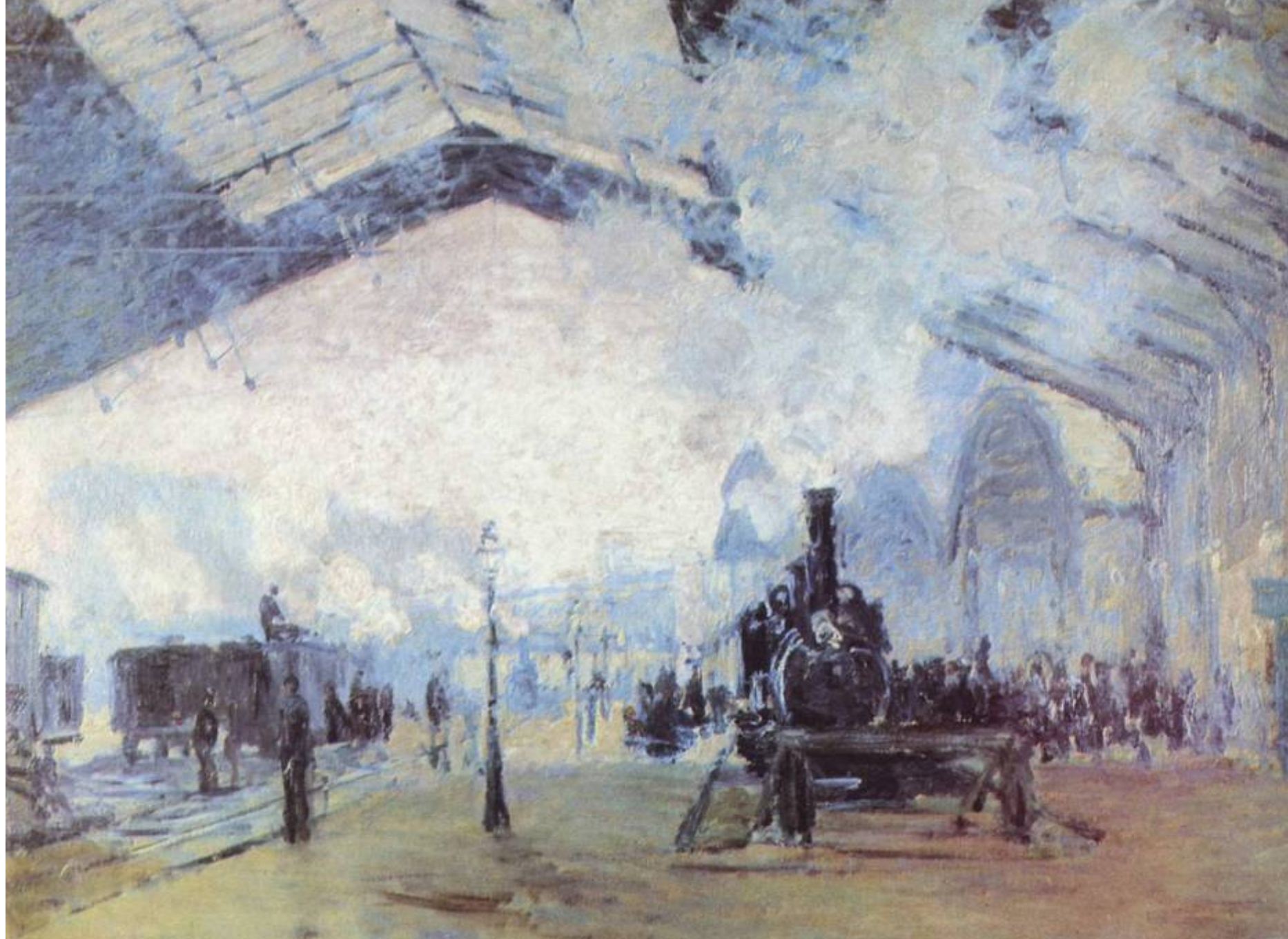
dugattyús gőzgép :



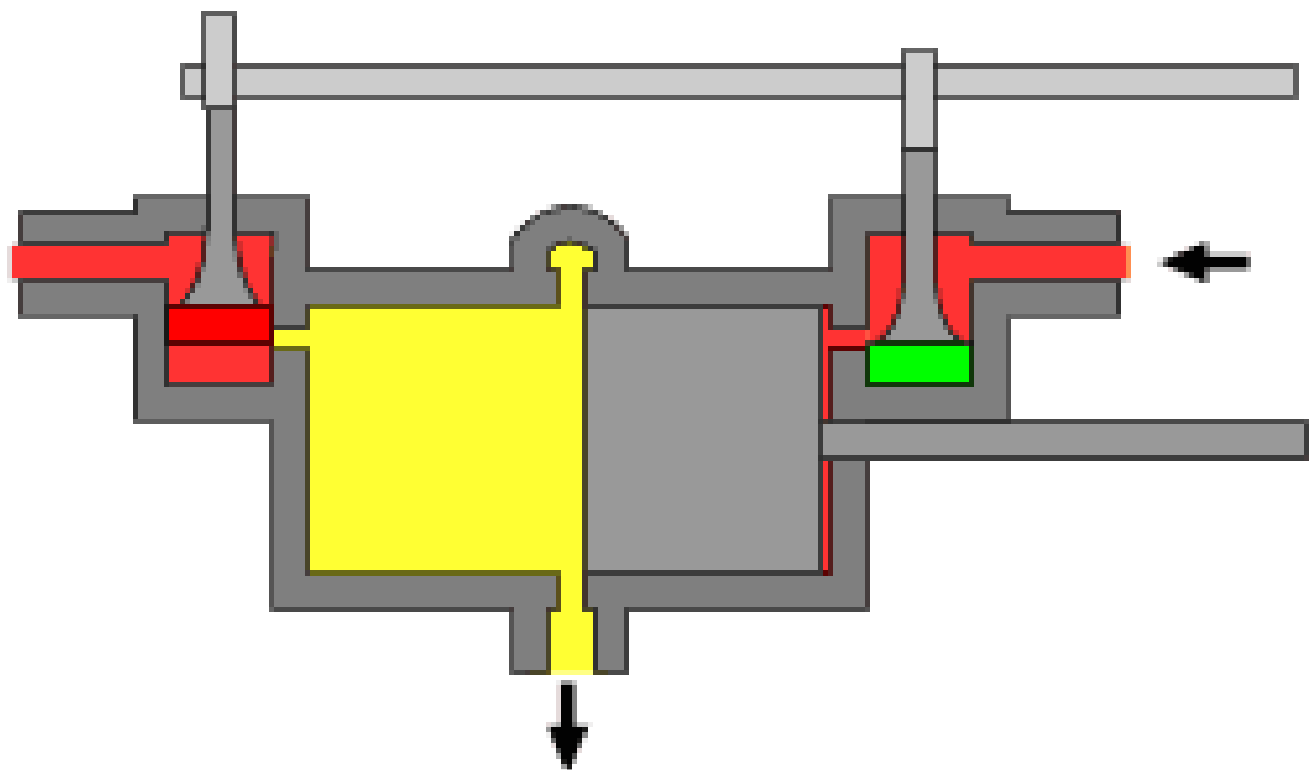




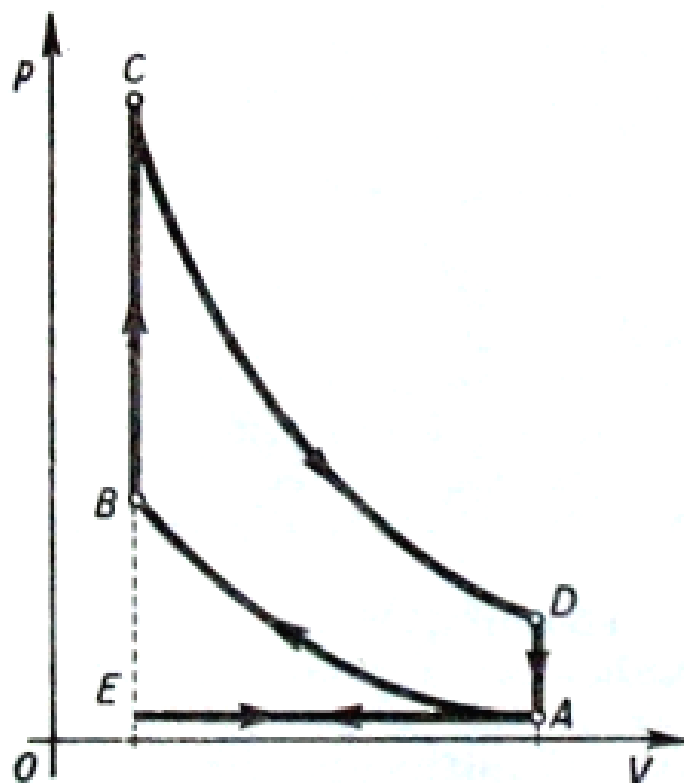
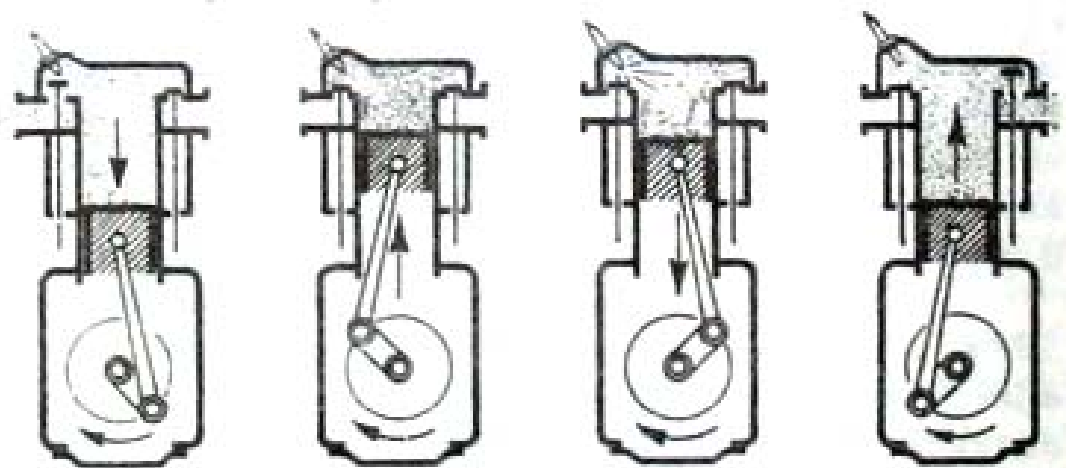
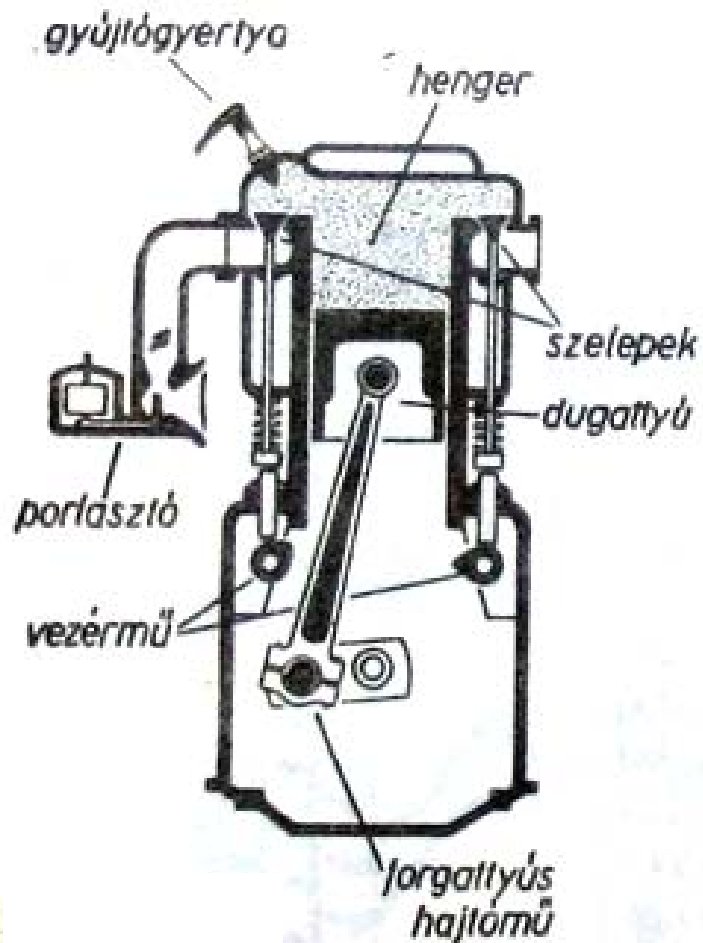


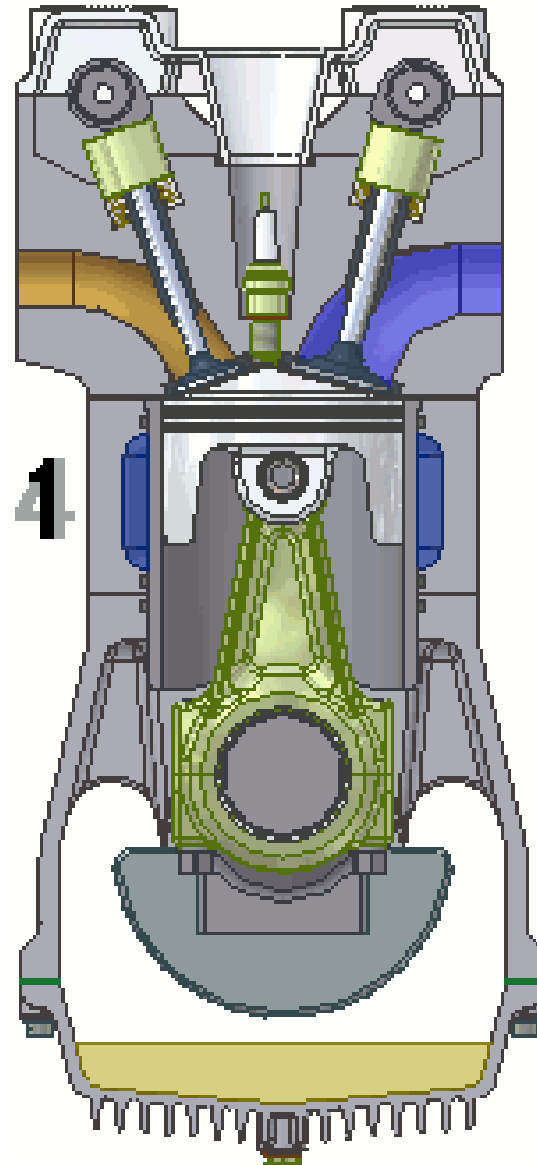


Claude Monet 77



4 ütemű benzinmotor :





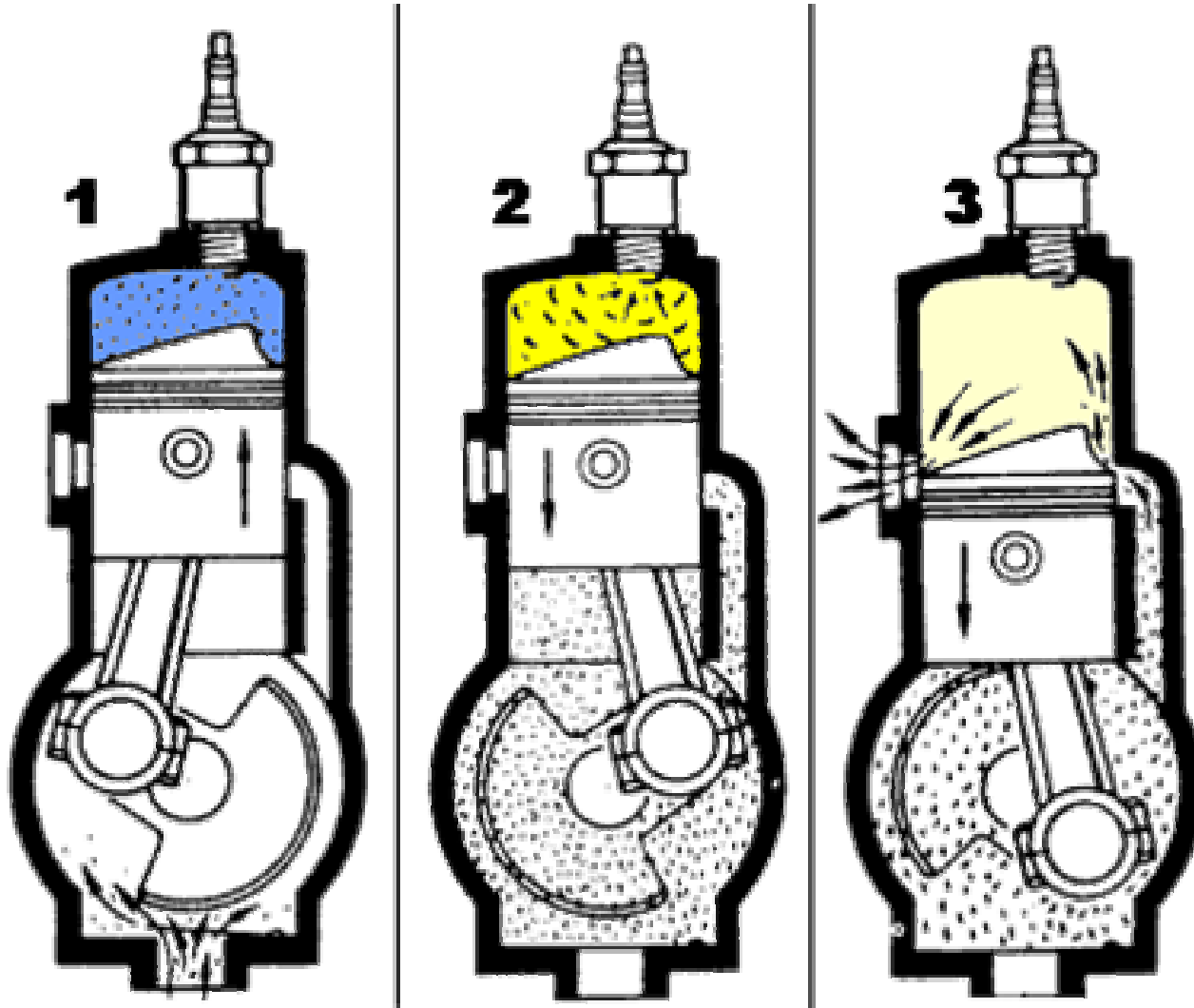






fizika

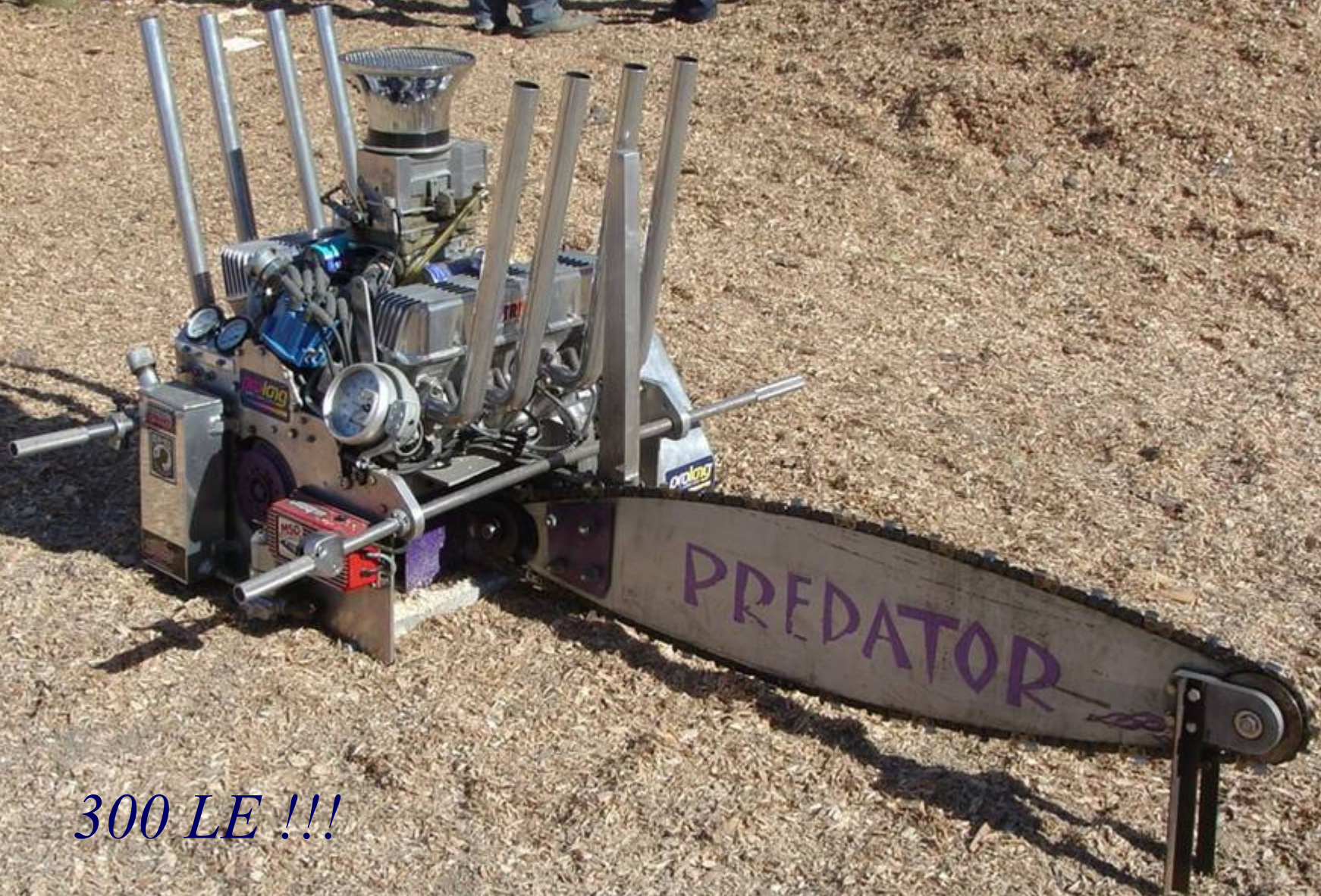
2 ütemű benzinmotor :



egyszerű, könnyű, motorbicikli, láncfűrész, ...

habár...

habár...

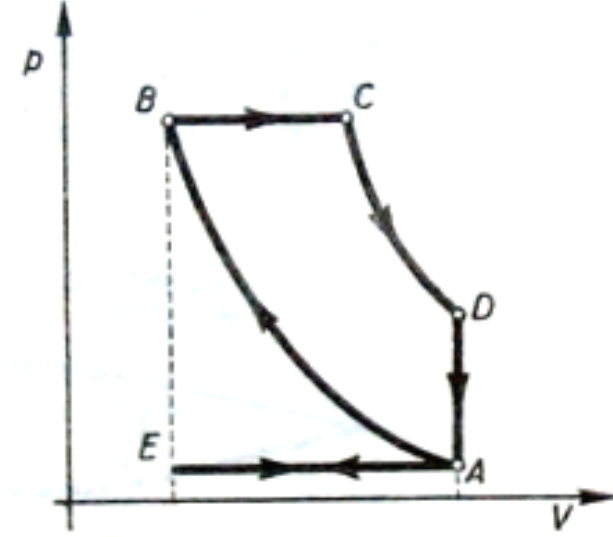


300 LE !!!

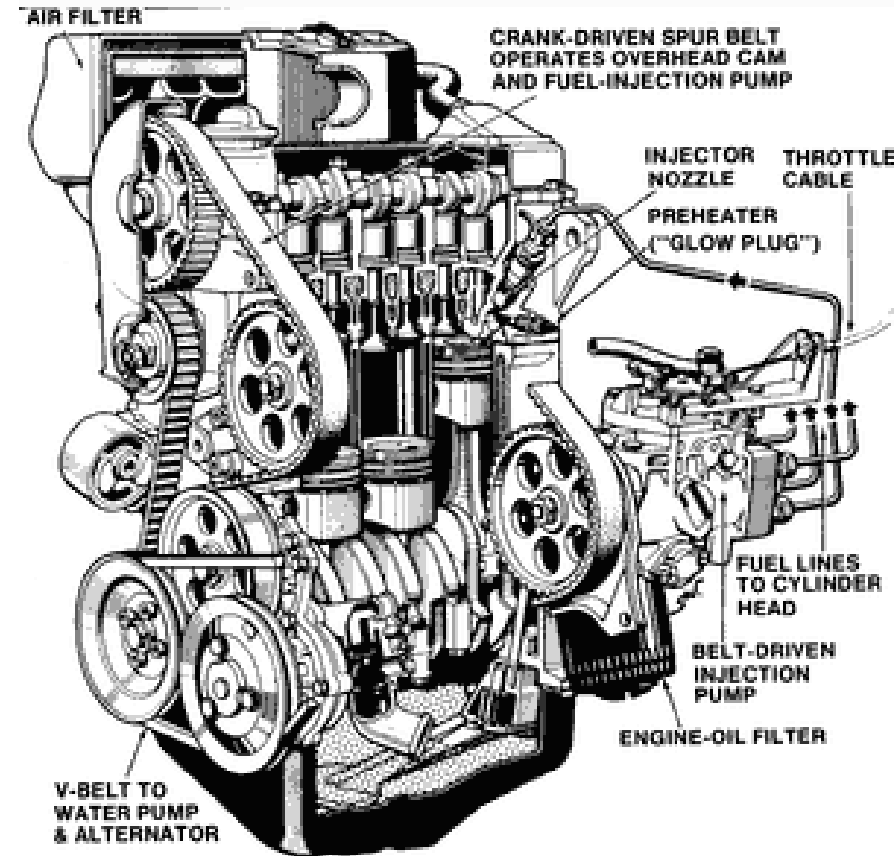
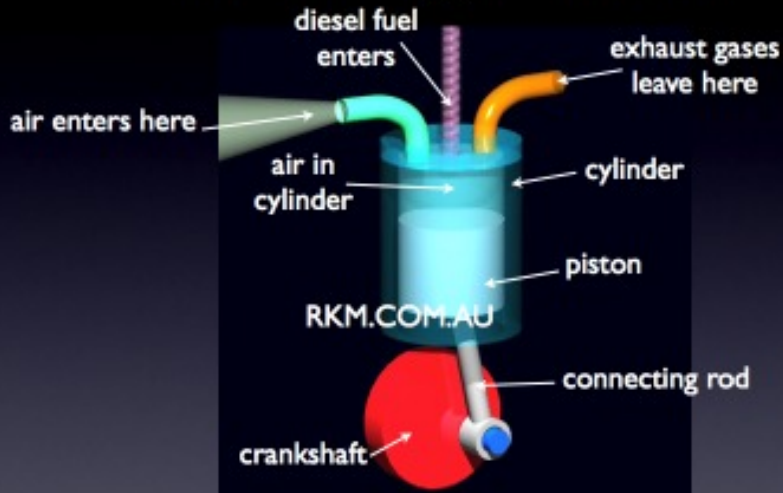
<http://www.youtube.com/watch?v=oOGJLoVi-Bg&feature=related>

Diesel-motor : öngyulladás

(lassabb fordulatszám, nagyobb forgatónyomaték, hajó, teherautó...)



Diesel engine model





hajómotor ~ 100 ezer LE

gőz- és gázturbina : helikopter, repülőgép,...



gőzturbina:



első gőzturbina hajtású hajó:





pl. : részeges kacska (ivó kacska) :

