

(3) 60 Veda o elektrine a magnetizmu

A, Elektrostatické pole.

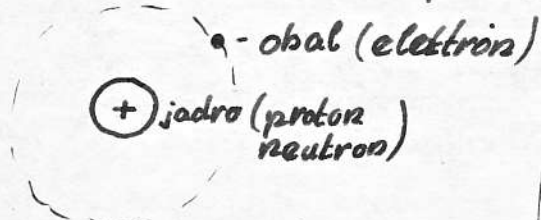
1600 - Gilbert (angl. lekár.)

javlar : elektron.

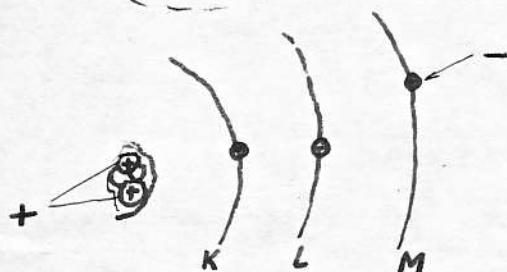
Pojem elektrického náboja

Kvantitativne charakterizovanie elektr. vlastnosti telies.

Nosiče el. stavu: proton, elektrón. - základné častice at.



- elektroneutralita



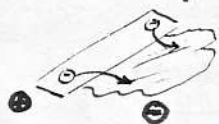
Rovnaký veľký náboj elektr. a protónu.

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

Počet elektronov (prot) = poradové č. v p.e.

Telesa za norm. stavu sú el.-neutrálné. Za urč. podmienok ich možno dostať do elektr. stavu.

Sklen. tyč sa nab. kladným; koža záporným nábojom. Sklen., ebanitová tyč - trenie s kožou.



Dufay - elektr. označ.: -

Resúblasné náboje sa priťahujú (Dufay 1733)

Elektr. nabitá telesa sú späté s el. polom ich okolia. - forma materia.

$E=mc^2$ El. pole sa vyznač. hmotnosťou, energiou.

Elektr. nabitá telesa v klude - príslušný pole sa nazýva elektrostatickým.

Telesa:
 - vodivé - volné elektróny (alebo $+$ $-$ ióny)
 - nevodivé (sklo, porofin, oleje, vákuum)
 - polovodiče (medzi vod. a izolátory) Ge. Si. Se ...

Pod vplyvom el. polá nosiče el. sa usporiadajú do pohybu.

Príťažlivé sily:

Coulombov zákon (exper. zákony)



$$f = k_0 \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

k_0 - konst. úmernosti

Bodový náboj: elektr. telesa s zanedbat. rozmermi.

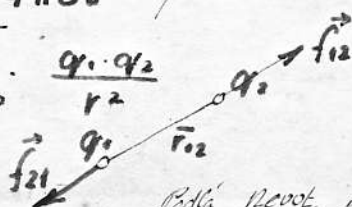
$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ϵ_0 - dielektrická konst. vakuu.

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$\vec{f}_{12} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{r}_{12}$$

Vektorový tvar:



Podľa Newton. zákona akcie - reakcie: $\vec{f}_{12} = -\vec{f}_{21}$

Jednotka náboja: q .

ρ intenzity prúdu: $I = \frac{q}{t}$

I - je definované [1A ... 1m ... $2 \cdot 10^{-9} N$] $\Rightarrow$

$$q = I \cdot t.$$

$$1 \text{ coulomb} = 1 A \cdot 1 s.$$

menšia jednotka: $1 \mu C = 10^{-6} C$.

ϵ_0 :

$$\epsilon_0 = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi r^2} \quad [\epsilon_0]_{SI} = \frac{A^2 s^2}{kg m^3 s^{-2}} = A^2 kg^{-1} m^{-3} s^4$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} A^2 s^4 kg^{-1} m^{-3} \sim \text{velhoť d.k. vo vák.}$$

Dieloktrická konštanť prostedia:

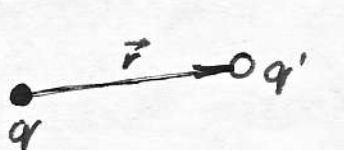
$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \quad \rightarrow \quad \epsilon_{rel.} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Rov. fyz. vel.:

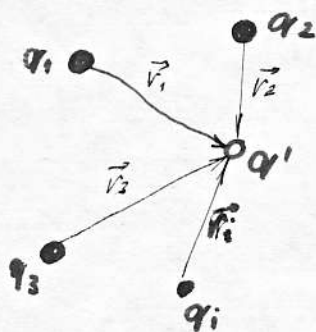
Intenzita el. polá: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

$\vec{F}$ - sila p.
 q - rel. náboj.

a) int. p. v okolí jediného bodového náboja:


$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q \cdot q'}{r^2} \cdot \vec{r}}{q'} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \vec{r}$$

b) int. p. v okolí sústavy bodových nábojov:



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} = \frac{\sum_i \vec{F}_i}{q'} = \frac{\sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_i \cdot q'}{r_i^2} \cdot \vec{r}_i}{q'}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \vec{r}_i = \sum_i \vec{E}_i$$

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i \quad \sim \text{vektorový súčet intenzit.}$$

c) int. el. st. polá v okolí nabitého telesa:

1.) ak náboj vyplňuje urč. objem - je spojitě rozložený s objemovou hustotou ρ ; $dq = \rho \cdot dV$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{dq}{r^2} \cdot \vec{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_V \frac{\rho dV}{r^2} \cdot \vec{r} \quad / V - \text{objem.}$$

2.) ak náboj sa nach. na povrchu telesa; splošnou hustotou σ ; $dq = \sigma \cdot dS$

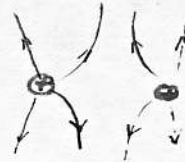
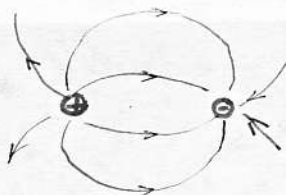
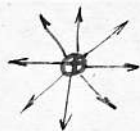
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{dq}{r^2} \cdot \vec{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_S \frac{\sigma dS}{r^2} \cdot \vec{r} \quad / S - \text{plocha}$$

Rozmer intenzity E ; $[E]_{SI} = \frac{1N}{1C} = \frac{kg m s^{-2}}{As} = kg m A^{-1} s^{-3}$

El. pole znáz. pomocou siločiar.

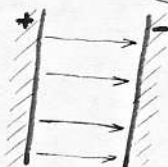
Siločiar v každom bode norm. dotýcajúce určujú smer intenzity.

* Siločiarý:



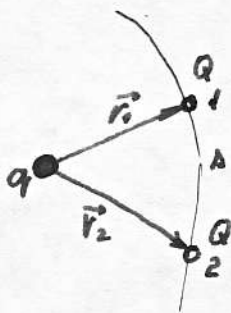
(4)

homogenizé el. st. pole:



Práca v elektr. poli:

$$A = \int \vec{f} \cdot d\vec{r} = \int Q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{r}$$



$$A = \int \vec{f} \cdot d\vec{r} = \int Q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_{r_1}^{r_2} Q \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \vec{r} \cdot d\vec{r}$$

$$A = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot Q \cdot Q \cdot \int_{r_1}^{r_2} \frac{\vec{r} \cdot d\vec{r}}{r^2}$$

$$A = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot Q \cdot Q \cdot \int_{r_1}^{r_2} \frac{r dr}{r^3}$$

$$A = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot Q \cdot Q \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\vec{r} \cdot d\vec{r} = r \cdot dr$$

$$\vec{r} \cdot \vec{r} = r^2$$

$$d\vec{r} \cdot \vec{r} + \vec{r} \cdot d\vec{r} = 2r dr$$

$$2\vec{r} \cdot d\vec{r} = 2r \cdot dr$$

Práca závisí len od konca a poč. dráhy, nezávisí na tvare dráhy.

$$A = U_1 - U_2$$

$$\text{Potenc. er.}_1: U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot Q \cdot Q \cdot \frac{1}{r_1}$$

Potenciál v elektr. poli: V

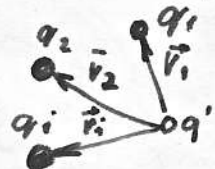
$$V = \frac{U}{q'}$$

a) potenc. v okolí bodového náboja:



$$V = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot Q \cdot Q' / r}{Q'} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$$

b) potenc. v okolí sústavy hmotných bodov:



$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \sum_i V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

c) el. potenc. v okolí nabitého telesa:

a) spojite rozlož. objemová hustota náboja: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{\rho dV}{r}$

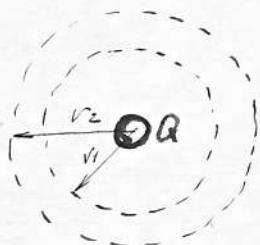
b) spoj. rozlož. plošnou hustotou n. σ : $V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{\sigma dS}{r}$

Jednotka potenciálu:

$$V = \frac{U}{q} \rightarrow [U]_{SI} = \frac{J}{As} = \frac{kgm^2s^{-2}}{As} = kgm^2A^{-1}s^{-3}$$

Takýmto pot. sa vyjadruje náboj
1c. j v mieste v ktorom má 1j pot. energie. } 1Volt.

Ekvipot. plochy - pl. s rovnakým potenciálom.



Súvis medzi int. - a potenc. elektrického p.

$$A = \int \vec{f} \cdot d\vec{r} = U_1 - U_2$$

$$dA = \vec{f} \cdot d\vec{r} = -dU \quad / : Q$$

$$\frac{\vec{f}}{Q} \cdot d\vec{r} = -\frac{dU}{Q} = -d\left(\frac{U}{Q}\right) \quad \left| \frac{\vec{f}}{Q} = \vec{E}; \frac{U}{Q} = V \right.$$

$$\vec{E} \cdot d\vec{r} = -dV \rightarrow [E] = V.m^{-1}$$

Ep. potenciál ako aj pot. energia je funkciou polohy.

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz = \left(\frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k} \right) \cdot (dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k})$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k} \right) = \text{grad } V$$

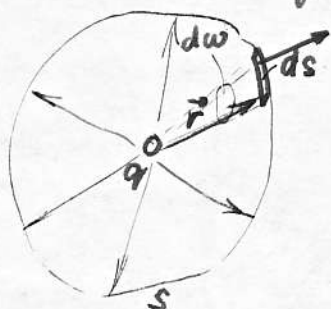
$$dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k} = d\vec{r}$$

$$dV = \text{grad } V \cdot d\vec{r}$$

Porovnaním:

$$\text{grad } V = -\vec{E} \quad ; \quad \vec{E} = -\text{grad } V$$

Ostrogradského - Gaussova veta



(ploške priradíme vektor ds ; $\perp$)
 $|ds| = \text{vel'kosť plochy}$

$$\text{lok intenzity: } dT = \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad T = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \vec{r} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot r \cdot ds \cdot \cos\alpha \quad / \quad d\vec{s}; \vec{r} \neq k$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot ds \cdot \cos\alpha$$

Pri guľ. ploche $\alpha = 0$.

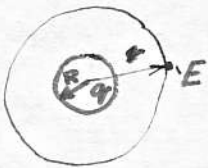
$$S = 4\pi r^2$$

$$ds = dw \cdot r^2$$

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot q \cdot \int dw$$

$$T = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot q \cdot \int dw = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot q \cdot 4\pi = \frac{q}{\epsilon} = T$$

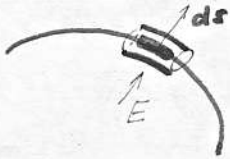
1. ~~získanie~~ int. elektost. polá v okolí guľi s polom. R ; s Q rozlož. s objemovou hustotou ρ :



$$T = \frac{Q}{\epsilon} \quad T = \int \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot 4\pi r^2$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon} \rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

2. Vri. int. elektost. polá v ľavej blíž. povrchu elektrický nab. vodiča.



ds - dĺžka elementu

dS - plošný el. povrch vodiča

ϵ - dielektr. konšt. prostredia

σ - plošná hustota náboja.

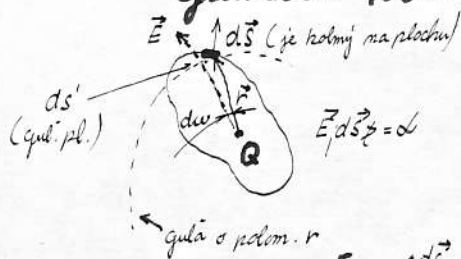
$$T = \frac{Q}{\epsilon} = \frac{\sigma \cdot S}{\epsilon} \quad - \text{Lok. vln. cez celú plochu}$$

$$dT = \frac{dq}{\epsilon} = \frac{\sigma \cdot dS}{\epsilon} \quad dT = E \cdot dS$$

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

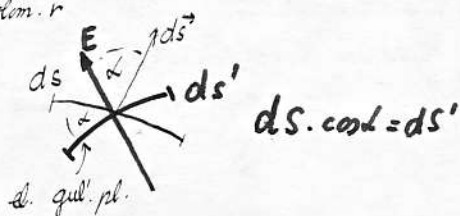
$\sim$ Coulombova veta.

Gauzova veta - pre bodový náboj



T = tok intenzity cez uzavretú plochu

$$T = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_S E \cdot ds \cdot \cos \alpha$$



$$T = \int_S \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2} ds' = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \int_S \frac{ds'}{r^2} \quad | ds' = r^2 d\omega$$

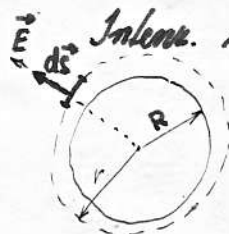
$$T = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \int_S d\omega = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \int_0^{4\pi} d\omega = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \cdot 4\pi$$

$$T = \frac{Q}{\epsilon} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q - \text{náboj} \\ \epsilon - \text{dielektr. konst. prostredia} \end{array} \right.$$

viac bod. náboj.

$$T = \frac{\sum Q_i}{\epsilon} = \frac{Q}{\epsilon} \quad (\text{ma' obechné platnosť})$$

Intenz. v okolí guľ. vodiča:



$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

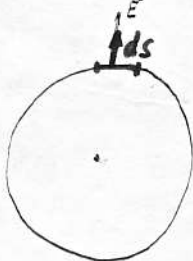
$$T = \int \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int E \cdot ds \quad | \text{lebo } \vec{E} \parallel d\vec{S} ; \cos 0 = 1$$

$$T = \int_0^{4\pi} E ds = E \cdot 4\pi r^2 \quad \text{podľa G.v.} = \frac{Q}{\epsilon}$$

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

Guľ. vodič s rozložením náboj. plošnou hustotou σ má vlastnosť ako bodový náboj, ktorý bol umiestnený v strede guľy.

Elektr. náboj na mach. na povrchu vodiča:



$$T = \frac{Q}{\epsilon} = \int E \cdot ds$$

| Int. el. poľa vo vnútri vodiča = 0 :
statický stav (nie tok)!

Int. elektr. poľa bl. k povrchu je rovinné.



$$\vec{E} \cdot \vec{s} = 0 \quad | \vec{E} \perp \vec{s}$$

$$T = \oint E \cdot ds = \int E \cdot ds = \frac{Q}{\epsilon} = \frac{\sigma \cdot ds}{\epsilon}$$

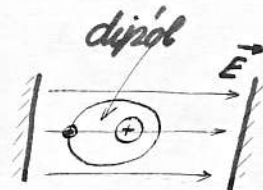
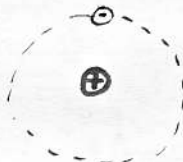
$$\left. \begin{array}{l} E = \frac{\sigma}{\epsilon} \\ \text{Coulombova veta.} \end{array} \right\} \quad \sigma - \text{plošná hustota}$$

Polarizácia dielektrika

Látky v hl. elektr. pole majú existovať: vodivé; nevodivé (izolanty).
 Izolanty (dielektriká) - neobsahujú voľné náboje. (silná väzba)
 Len silné elektr. pole dokáže oddeliť elektr. od atómov.
 Posun na svojich rovnovážnych polohách.
 Vznikajú elektrické póly - polarizácia.

Typ. podstata polarizácie:

1.) atómovej:



at. sústavy je posunutá

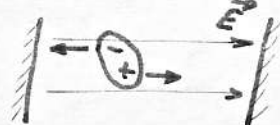
dipól: sústava 2 op. nábojov (určí sa vzdialenosť).
 polarizácia berstratorá.

2.) niehl. látky; samostatná molekula správa ako dipól



orientačná polarizácia.

(určí sa časť elektr. polá na premení na teplo.)



Kapacita vodiča, kondenzátora

$$\frac{Q}{V} \dots \frac{2Q}{2V} \dots \frac{nQ}{nV}$$

Podiel náboja a potenci. ostáva konšt.; závisí na geom. parametroch vodiča (a prostredí) - kapacita vodiča:

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

$$\frac{A \cdot S}{V} = 1F \text{ (farad)}$$

$$[F] = \frac{A \cdot S}{V} = \frac{A^2 \cdot s^2}{kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}} = A^2 \cdot s^4 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2}$$

Kapac. guľ. vodiča:



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

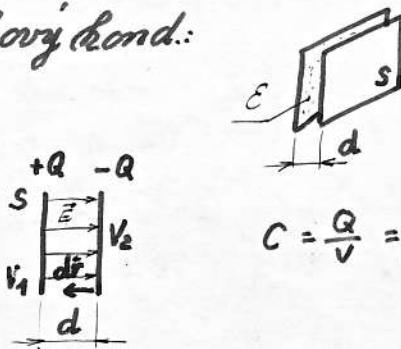
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$C = \frac{Q}{\frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}} = 4\pi\epsilon \cdot r$$

Kondenzátor : sústava 2 vodičov :

© 11 ...

Doskový kond.:



$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

$$C = \frac{Q}{\frac{Q \cdot d}{\epsilon \cdot S}} = \frac{\epsilon \cdot S}{d}$$

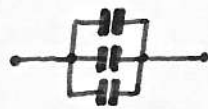
$$\begin{aligned} -dU &= \vec{f} \cdot d\vec{r} \quad / \cdot \frac{1}{q} \\ \frac{\vec{f}}{q} \cdot d\vec{r} &= -\frac{dU}{q} \\ \vec{E} \cdot d\vec{r} &= dV \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{r} = E \cdot dr \quad (\text{so } 180^\circ = -) \\ V &= \int_0^d E \cdot dr = E \int_0^d dr = E \cdot d = \\ &= \frac{Q}{\epsilon} \cdot d = \frac{Q \cdot d}{\epsilon \cdot S} \end{aligned}$$

Ťmačka kond.: —||—

Bateria kondenzátorov.

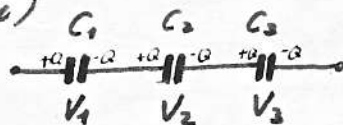
1. Paralelné zapojovanie (vedľa sebou)



$$\begin{array}{l|l} C_1 - Q_1 & Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ C_2 - Q_2 & \\ C_3 - Q_3 & \end{array} \quad \begin{array}{l} \\ \\ C_1 V + C_2 V + C_3 V = Q \end{array}$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots = \sum C_i$$

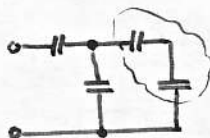
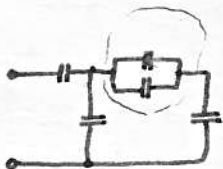
2. do série - (za sebou)



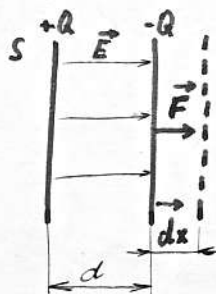
$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad / \quad C = \frac{Q}{V}$$

$$\frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = \frac{Q}{C}$$

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



Energia elektrického poľa.



$$\begin{cases} dA = \vec{f} \cdot d\vec{x} = f \cdot dx & (\text{rovnobežní}) \\ F = Q \cdot E \Rightarrow f = \frac{1}{2} E \cdot Q & (\text{intenzita } E \text{ počítame len od 1-ho náboja}) \\ dA = \frac{1}{2} E \cdot Q \cdot dx \\ dA = \frac{1}{2} E \cdot \epsilon \cdot S \cdot dx \\ dA = \frac{1}{2} E \cdot \frac{Q}{E} \cdot \epsilon S \cdot dx \\ dA = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot E^2 \cdot dT = dW = \text{prírastok energie} \end{cases} \begin{cases} Q = \epsilon \cdot S \\ \cdot 1 = \frac{\epsilon}{E} \\ \frac{Q}{E} = E ; S \cdot dx = dT \end{cases}$$

Hustota energie: $w = \frac{1}{2} \epsilon E^2$

$$W = \frac{1}{2} \epsilon E^2 S \cdot d \quad / \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{Q/S}{\epsilon}$$

$$W = \frac{1}{2} \epsilon \cdot \frac{Q^2}{\epsilon^2 S^2} \cdot S \cdot d = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{\epsilon \cdot S} \quad / \quad \frac{\epsilon \cdot S}{d} = C \quad \text{kap. dach. kond.} = \frac{C}{E}$$

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

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

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

Elektrický prúd

Vodivé 1. triedy - volné elektróny
" 2. " - elektrolyty (kyseliny, soli, roztoky kyselín, soli)

(V jedn. objeme je rovnaký počet $+$ a $-$ iónov)

V el. poli e.p. pôsobí na n. náboje elektrostat. silou
Kladné ióny sa pohybujú v smere intenzity.
Usporiadaný tok n. nábojov - elektrický prúd.

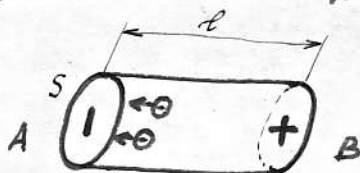
$$dt \dots dQ$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{m. náboja prech. priemerom vodiča za jednotk. času})$$

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

$$1A = \frac{1As}{s} = \text{jedn. } I.$$

Elektromotorické napätie.

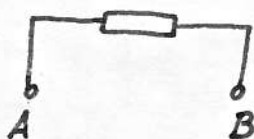


Urc. hmot. pri mech. tlaku - tot. uspr. el.

Vodici umiestn. do pol. cudzích sil. Pole pôsobí na náboje silami. Elektróny sa budú pohybovať urč. smerom - i + vo vodiči vznikne el. pole. (E_e)

Ked' $E = E_e$; jav prestane.
Potenciálny rozdiel - elektromotorické napätie.

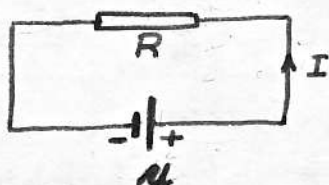
vonk. časť
okruhu



Na AB bude pot. rozdiel; keď AB je usavr. prechádza el. prúd. Vplyvom "cudzích sil" sa elektr. dopĺňajú. (vo vonk. časti okruhu)

$$R_m: -|+$$

Ohmov ráhon



smer el. prúdu = sm. toku + náboje
Kovový materiál toku elektr. bráni -
- elektrický odpor: R

R - závisí od kvality a rozmerov vodiča

$$\begin{matrix} U \dots 2U \dots nU \\ I \dots 2I \dots nI \end{matrix}$$

$$\frac{U}{I} = R \text{ - odpor vodiča}$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad | \quad \rho \text{ - merný odpor} \quad 1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

$$[\Omega] = \dots$$

Merný odpor: $\rho = \frac{R \cdot S}{l}$

$$[\rho] = \Omega m$$

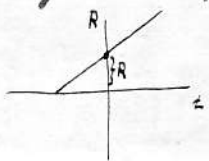
$$[\rho] = \Omega mm^2 m^{-1}$$

Najb. vodiče: Ag; $Cu = 0,017 \Omega mm^2 m^{-1}$; $Al = 0,029 \Omega mm^2 m^{-1}$

Vodivosť: $G = \frac{1}{R}$ (siemens)

Merná vodivosť: $\gamma = \frac{1}{\rho}$

Teplotná závislosť elektr. odporu: U kovov ryzý. teploty rastie odpor a elektrolytov je opačná závislosť.
(s rast. teploty znižujú sa počet elektr. v obj. ja)



$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

α - tepl. koef. odporu
(deg⁻¹)

Teplné účinky el. prúdu.

Pri nárákoch odporu elektrický časť kinetickej energie.
materiál sa ohrieva.

Joule - Lenc : $Q = 0,24 \cdot U \cdot I \cdot t$ / t - čas. $[V; A; s - cal]$

Práca el. prúdu: $A = U \cdot I \cdot t$ $1W_s; kWh$

výkon: $P = U \cdot I$ $1W = 1V \cdot 1A$

Kirchhoffove zákony

Uplatňujú sa na spojovú sústavu vodičov.

I. K.z.



Alg. súčet prúdov v uzle = 0

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

$$\sum I_k = 0$$

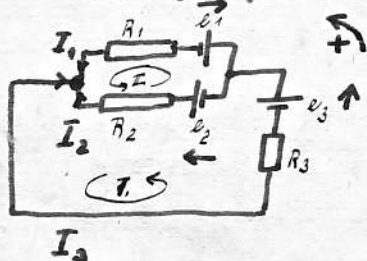
$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$$

II. K.z.

Alg. súčet elektromot. napätí v uzavretej časti obvodu (súčte) sa rovná súčtu ohmmických napätí na jednotlivých odpočítanej istej uzav. časti.

$$\sum e_i = \sum I_k \cdot R_k$$

Postup pri riešení siete:



1. zvol. ľubov. uhol a v ňom ľubov. smery prúdov.

2. Označ. smery elektromot. napätí súhlasom od + ; -

3. zvolímekladný smer dbehania.

4. zvol. $(n-1)$ uzavretých častí obvodu a vypracujeme súčtami $(n-1)$ rovníc.

5. Nap. I. K.z. pre zvol. uhol

6. Nap. II. K.z. pre zvol. súčty.

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

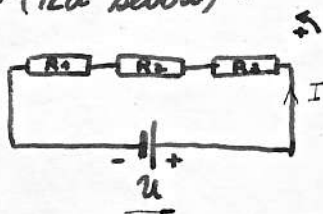
$$I_1 \quad e_3 + e_2 = -I_3 R_3 + I_2 R_2$$

$$II \quad -e_2 - e_1 = -I_2 R_2 + I_1 R_1$$

} $\Rightarrow I_1, I_2, \dots$
determina

zapojovanie odporov:

a.) do série (za sebou):

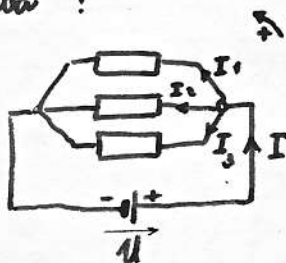


$$U = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

$$I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 \rightarrow R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = \sum R_i$$

b.) vedľa seba:



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$U = R_1 \cdot I_1 \quad I_1 = \frac{U}{R_1}$$

$$U = R_2 \cdot I_2 \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$U = R_3 \cdot I_3 \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

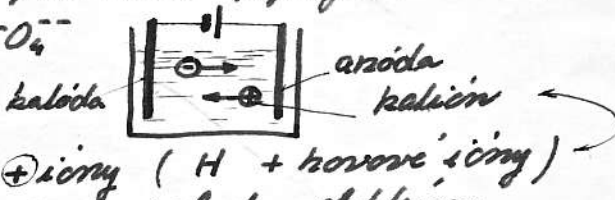
$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = \frac{U}{R}$$

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

Vedenie el. prúdu elektrolytmi Faradayove zákony

el. - vodné roztoky kys., zásad a soli.

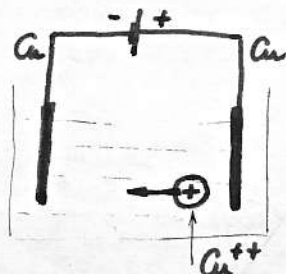
Vedenie spôsobujú ióny. - rozklad elektrolytickou disociáciou: rozpad neutrálnych molekúl vplyvom rozpúšťadla



el. prúd - 2x ióny

ióny na elektrodách odovzd. prebytk. elektróny.

$CuSO_4$:



Na katóde sa do usadzuje meď
 SO_4^{--} na anóde vytvorí $CuSO_4$.
Koncentrácia roztoku je stále.

Elektrolýza: vylučovanie sa látky vplyvom el. prúdu
v roztoku na elektrodách. (porušovanie...)

Ohmovo Z. : $U = R \cdot I$

potr. sa vodivosť: $U = \frac{I}{G}$

$G = \frac{1}{R}$ = odpor = vodivosť

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\sigma S}$$

Spec. vodivosť s klesaj. koncentr. spočiatku klesá.

Existuje optimálna koncentr., keď spec. vod. je maximálna.

Sp. v. s teplotou stúpa. (väčší počet iónov roztoku)

Typ. koef. odporu u elektrol.: ρ je náporný.

I. Hmotnost látky m při elekt. rozkladu vyliční
alebo inak chem. premenený je úmerné celkovému
elekt. náboji prešlomu cez rozklad:

$$m = k \cdot Q = k \int I dt$$

ak $I = \text{konš.}$:

$$m = k I t$$

k - elektrochemický ekvivalent
(závisí od druhu rozkladu)

V vš. prvky vyliční mno. sú ekvivalentní:

H 1,008 g
Ag 107,87 g

$$Q = \frac{63,54}{2} g$$

$$\frac{\text{atomová váha}}{\text{mocnosť}} = 1 g$$

Chem. gram-ekvivalent: množstvo látky, ktoré činí
atomová váha rovná mocnosti:

$$X = \frac{\rho}{\nu} \cdot \text{gram} = \frac{A}{\nu} \quad \left| \begin{array}{l} \rho - \text{at. váha} \\ \nu - \text{mocnosť} \end{array} \right.$$

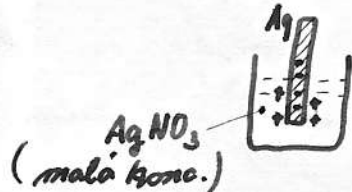
II. Na vyliční 1 gr. ekv. akýchkoľvek látky je rovný
rovnaký náboj, rovný Farad. náboji:

$$F = 96484 C$$

$$\begin{aligned} m &= k \cdot Q \\ X &= k F \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{m}{X} = \frac{Q}{F} \end{array} \right. \rightarrow m = \frac{X Q}{F} = \frac{A}{\nu \cdot F} \cdot I \cdot t$$

Galvanické články - akumulátory.

Ponorme kov do elektrolytu, povolí sa rovnováha:



- S tým roztokom I. a II. triedy - obecný jav.
potenciál elektrolytu je iný ako roztok I. tr.
Vznikne elektrolytický potenciál.

Meria sa vzhľadom k vodíkovému elektro.

$$Cu: +0,34V$$

$$Ag: 0,81V$$

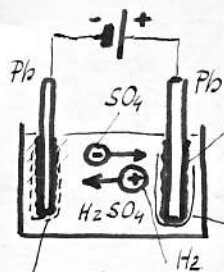
$$Zn: -0,762V$$

Voltov článok.

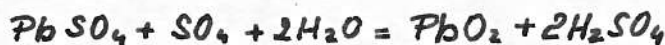


$$E = 0,34 - (-0,76) = 1,1V$$

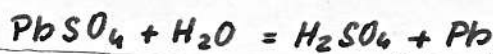
V sústavu II. rozličných elektrod, ponorených do elekt.
roz. pot. rozdiel; elektromotorické napätie.



Na elektrodach nem. obal $PbSO_4$ (be pripojenia pr.)



vytvára sa

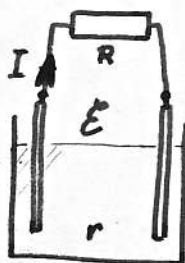


↑ Sekundárny článok; akumulátory.

Pripojenie vonk. zdroja: nab. akumulátora.

Do spojení vonk. obvodu: vyb. akumulátora (opační proud)

NiFe - akumulátor (KOH)



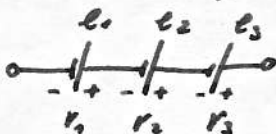
$$\mathcal{E} = I.R + I.r \quad / \quad I.R = U - \text{vorhové napätie}$$

$$\mathcal{E} = U + I.r \rightarrow U = \mathcal{E} - I.r$$

Teraz. nap.: od elektromot. nap. odčítame úbytok ^{nap.} na vnút. odporu zdroja.

Zapojovanie zdrojov el. mot. napätia:

do seri:
bateriá.



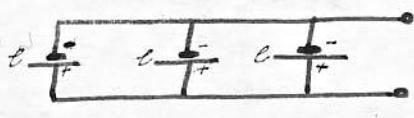
$$\mathcal{E} = \sum e_i$$

$$r = \sum r_i$$

väčš. nap.

vedľa seba:

len s rovnaký hodnotu elektromot. nap.!



$$\mathcal{E} = \text{konst.}$$

$$r = \frac{r_i}{3}$$

väčš. proud.

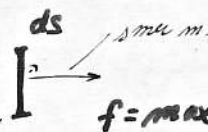
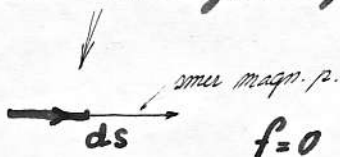
Magnetické pole.

Ak sa elektr. náboj pohybuje von. sil. pole, klóní pôsobí na pohybujúci sa elektrický náboj.
(všetchní v ruce magnetorca)

V okolí proudovodice (když proud. pr.) existuje magn. pole

Magn. pole charakterizujeme hodnotou pom. sil. účinného pole na pohybující sa elektr. náboj, zavedením fyzik. veličiny.

Ampere: existuje 1 poloha vloženého proudovodice, když mechan. síla (při na pr. v.) je rovna 0. Je to směr vektoru magn. pole.



→ při 1 délce orientaci je síla maximální:

$$f \sim \sin L$$

$$f \sim ds$$

Mech. síla roste s překrývajícím proudem.

$$df = I \cdot \sin L \cdot ds \cdot B$$

$$df_{\max} ds \cdot I \cdot B \rightarrow B = \frac{df_{\max}}{ds \cdot I} \sim \text{magnetická indukce}$$

číslo se rovná síle, která působí na jednot. délku pr. vod., když min. překrývá proud 1 A.

B - je vektor; jeho směr je směr magn. pole:

$$d\vec{f} = I(d\vec{s} \times \vec{B})$$

ds značíme v smere přech. elektr. proudu I.

$$\vec{f} = \int_0^l I(d\vec{s} \times \vec{B})$$

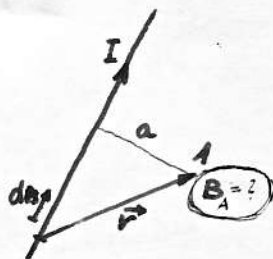
→ Ak $d\vec{s} \perp \vec{B}$:

$$f = \int_0^l I \cdot B \cdot ds = I \cdot B \cdot l$$

I = koul.;

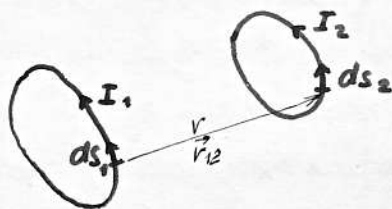
B = koul.;

Biot-Savartov zákon



Indukcia v okolí prúdovodca vyjde:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3} \quad \mu_0 - \text{permeabilita vákuu.}$$



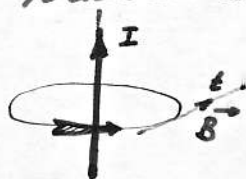
$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{4\pi} \oint \frac{d\vec{s}_1 \times \vec{r}_{12}}{r_{12}^3}$$

$$\vec{F}_{12} = \oint_1 I_2 (d\vec{s}_2 \times \vec{B}_1) = \oint_2 I_2 (d\vec{s}_2 \times \frac{\mu_0 I_1}{4\pi} \oint_1 \frac{d\vec{s}_1}{r_{12}^3})$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi} \oint_1 \oint_2 \frac{d\vec{s}_2 \times d\vec{s}_1 \times \vec{r}_{12}}{r_{12}^3} \quad \sim \text{silu pôsobia na se 2 prúdovodiče.}$$

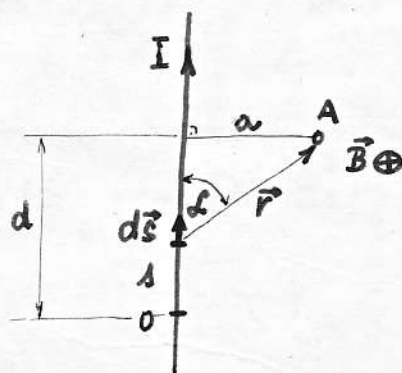
Únarovn. magn. polä:

Indukčné čiary sú geomel. miesta bodov, v ktorej ktorom bode v smere dotýčnice udávajú smer vektora $\vec{B}$;



(pravidlo pravej ruky)

Pr: Magn. ind. v okolí nekonečne dlhého prúdovodca:



$$\text{B.S. z: } \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{ds \cdot r \cdot \sin \phi}{r^3}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^\pi \frac{a}{\sin^2 \phi} d\phi \cdot \sin \phi = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^\pi \frac{a}{\sin \phi} d\phi$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{1}{a} \int_0^\pi \sin \phi d\phi$$

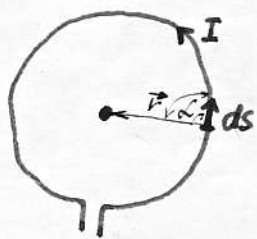
$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \cdot [-\cos \phi]_0^\pi = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (1+1) = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$a = d - a \cdot \cot \phi$$

$$ds = a \cdot \frac{1}{\sin^2 \phi} d\phi$$

$$\sin \phi = \frac{a}{r} \rightarrow r = a / \sin \phi$$

Pr: Magn. ind. v strede kruhového ráviku.



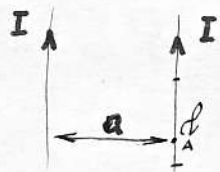
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{ds \cdot r \cdot \sin \phi}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^{2\pi} \frac{ds}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \int_0^{2\pi} ds = \frac{2\pi r \mu_0 I}{4\pi r^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

Jednotky magnetické indukce :

1A :



1A - je ust. proud, který při působení 2 || rovných vodičů, velmi dlouhých, rovnoběžných, umístěných ve vákuu ve vzd. 1m vyvolá na 1m délky vodiče sílu 2.10⁻⁷ N

$$F = B \cdot l \cdot I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$F = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \cdot l \cdot I = \frac{\mu_0 l I^2}{2\pi a} \rightarrow$$

$$\mu_0 = \frac{2\pi a \cdot F}{l I^2} = \left[\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}}{1^2 \text{ A}^2} \right] \cdot \left[\frac{4\pi \cdot 10^{-2} \text{ m}}{\text{A}^2} \right]$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A}^{-2} \text{ kg m s}^{-2}$$



$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A}^{-2} \text{ kg m s}^{-2} \cdot 1 \text{ A}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 2\pi \cdot 10^{-5} \text{ A}^{-1} \text{ kg s}^{-2}$$

$$[B] = \text{A}^{-1} \text{ kg s}^{-2} = 1 \text{ T (tesla)}$$

$$[B] = \frac{\text{A}^{-1} \text{ kg s}^{-2} \text{ m}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}$$

Syst. CGS :

Magn. ind. v soustavě soustředěného rovinného proudového okruhu o poloměru $r = 10^{-2} \text{ m}$ má přecházející proudem 1A hodnotu $\frac{2\pi}{10} \text{ G}$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A}^{-2} \text{ kg m s}^{-2} \cdot 1 \text{ A}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = \frac{2\pi}{10} \text{ Gauss}$$

$$1 \text{ Gauss} = 10^{-4} \text{ A}^{-1} \text{ kg s}^{-2} = 10^{-4} \text{ T}$$

Intenz. magn. polä.

náhon celkového prúdu.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

μ_r - relat. permeabilita prostredia

Magnetické siločiarý v každ. bode dráha udáva smer vektora $\vec{H}$. (vo vákuu, a homog. prostredí m. siloč., a indukčné čiary splývajú)

Jednotky: $[H] = \frac{[B]}{[\mu_0]} = \frac{A^{-1} kg s^{-2}}{A^{-2} kg m s^{-2}} = \frac{A}{m}$

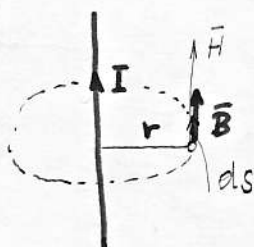
n. CGS: Oersted:

[aby sa rovnali merne č. magn. ind. v Gaussovi a intenz. v oerstedoch rovnali:]

$$1 Oe = \frac{1 \text{ gauss}}{\mu_0} = \frac{10^{-4} A^{-1} kg s^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} A^{-2} kg m s^{-2}} = \frac{10^3}{4\pi} \frac{A}{m}$$

$$1 Oe \approx 80 A/m$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} = \frac{I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3} \quad (\text{nom. Biot.-Sav. m.})$$



$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = \int_0^{2\pi r} H \cdot ds = H 2\pi r$$

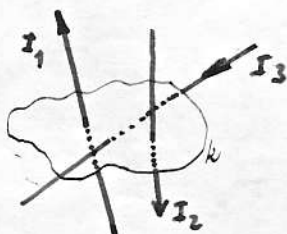
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \sim \text{pre nekón. dlhý vodič.}$$

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad \text{dos. hore:}$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = I$$

Všade tam, kde prevedieme integr po ľub. čiare, ktorá obklopuje vodič.

Integrál po tej uzavr. čiare je rovný prúdu ktorým vyvolať m.



$$\oint_K \vec{H} \cdot d\vec{s} = \sum I \quad \sim \text{ob. forma zákona prúdu}$$

urč. int. magn. polá v toroide:



μ_0

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = \int_0^{2\pi R} H_x \cdot ds = H_x \cdot 2\pi R \quad | \quad |\vec{H}| = H_x$$

$$H_x \cdot 2\pi R = NI$$

$$H_x = NI / 2\pi R$$

Magnetické vlastnosti látek

Magnetikum, látka, která vykazuje urč. magn. vlastnosti.

Imagnetování na tělesa:

Sluč. elektrony okolo jádra vytv. elektrický sluček.

Magnetický moment z. slučky: $\vec{M} = \mu_0 I \vec{S}$



$\vec{S}$ - vektor plochy
 I - intenzita proudu

V magn. poli působí síla na průřezovnici (na slučku), malou slučku do jedné směry:



Na dráti se m.m. vykompenzují
(na povrchu okolo přet. proud.)

B_0 - vonější m. pole

B - výslední

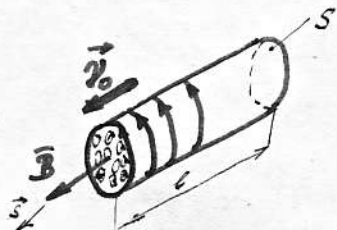
$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$$

Magnetizace: $\vec{J}$

Vektorový součet magn. mo. elementárních sluček, případ. na jednotku objemu magnetika = $\vec{J}$

viz 1. st.

$$\vec{J} = \frac{\vec{M}}{V}$$



$$B' = \frac{\mu_0 NI}{l}$$

~ magn. indukce
pro solenoid.

$$\vec{B}' = \frac{\mu_0 NI}{l} \cdot \vec{V}_0 \quad \sim \text{ind. magn. pole od magnetika.}$$

$$\vec{M}' = \mu_0 I \vec{S} = \mu_0 I S \vec{V}_0$$

$$\vec{M} = N \cdot \mu_0 I S \vec{V}_0 \quad | \quad \sim \text{vekt. součet element. mo.}$$

$$\vec{J} = \frac{\vec{M}}{V} = \frac{N \cdot \mu_0 I \cdot S \cdot \vec{V}_0}{S \cdot l} = \frac{N \cdot \mu_0 I \cdot \vec{V}}{l} \Rightarrow \vec{B}' = \vec{J}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{J}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J}$$

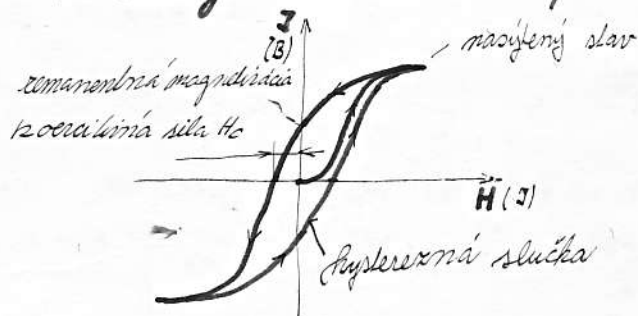
Pre väčšinu látok: $\vec{J} = \mu_0 \chi \cdot \vec{H}$ / χ magn. susceptibilita
[schopnosť látok m. polm. m. "magnetizovať"]
 $\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{H} \cdot \chi = \mu_0 (1 + \chi) \cdot \vec{H}$ / $\vec{B} = \mu \vec{H}$

permeabilita prostredia: $\mu = \mu_0 (1 + \chi) \Rightarrow \mu_r = (1 + \chi)$

μ_r a χ sú bezrozmerné čísla.

Silnomagnetické látky - feromagnetické $\chi \gg 0$ ($\mu_r \sim 10^5$) Fe; Co
slabomagnetické látky: a. $\chi > 0$; $\mu_r \geq 1$ paramagnetické (μ_r)
b. $\chi < 0$; $\mu_r \leq 1$ diamagnetické

F.m. látky: $\mu_r \gg 1$; χ nie je konštantná, závisí od pol.



Hysterezné dráhy
(rozm. orientácii el. sl.)

magnetické tvrdé f.m. látky - veľké H_c (permanenčné magn.)

Magnetický indukčný tok.

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$$



Prúd ind. čiar, ktoré prech. plochou S

čp. pr.: $\Phi = B \cdot S$

Jednotka Φ : $[\Phi] = [B] \cdot [S] = A \cdot kg \cdot m^{-2} \cdot m^2 = Wb$

V CGS Maxwell: $1M = 1Gauss \cdot 1cm^2 = 10^{-4} \frac{Wb}{m^2} \cdot 10^{-4} m^2 = 10^{-8} Wb$

$$\sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,7$$

Zákon elektromagn. indukcie

$$\vec{F} = \int I \cdot (d\vec{s} \times \vec{B}) \quad \sim \text{A. na vodičoch} \quad / \quad I = \frac{dQ}{dt}$$

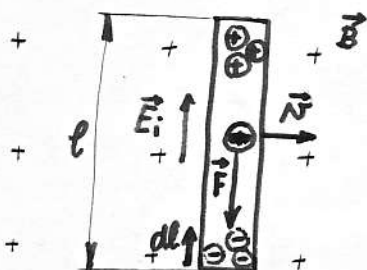
$$\vec{F} = \int \frac{dQ}{dt} \cdot (d\vec{s} \times \vec{B}) = \int dQ \left(\frac{d\vec{s}}{dt} \times \vec{B} \right)$$



$$= \int dQ (\vec{n} \times \vec{B}) = (\vec{n} \times \vec{B}) \cdot Q$$

v - rýchlosť náboja

špeciálne pre elektrón: $\vec{F} = -e(\vec{n} \times \vec{B})$
 $\vec{F} = e(\vec{B} \times \vec{n})$



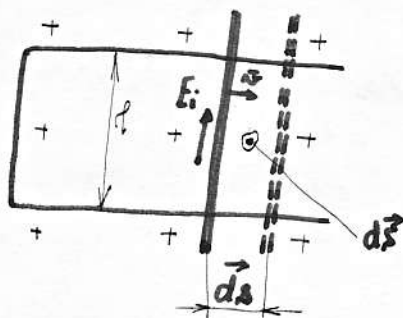
Pohybom vodiča v m. p. sa indukuje na vrchách vodiča ind. elektromot. napätie.

Medzi $\oplus; \ominus$ sa vytvorí elektr. pole (Nastane rovnováha)
 Indukovaná intenzita. $\vec{E}_i$

$$\vec{E}_i = \vec{n} \times \vec{B}$$

Ind. napätie:

$$\mathcal{E}_i = \int \vec{E}_i \cdot d\vec{\ell} = \int E_i \cdot d\ell = \int_0^\ell n \cdot B \cdot d\ell = n \cdot B \cdot \ell$$



$$d\phi = \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \cdot d\ell \quad / \cdot \frac{1}{dt}$$

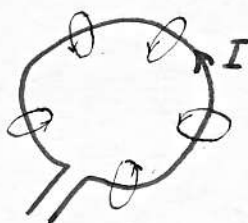
$$\frac{d\phi}{dt} = -B \cdot \frac{d\ell}{dt}$$

$$\frac{d\phi}{dt} = -B \cdot \ell \cdot \frac{d\ell}{dt} = -B \cdot \ell \cdot n$$

Zákon elektrom. indukcie. $-\frac{d\phi}{dt} = \mathcal{E}_i$

Časová zmena ind. toku - vzniká ind. nap.

Samoindukcia a vzájomná indukcia



Ind. tok spôsobujú prúdom vo vlast. vodiči sa mas. vlastný indukčný tok.

$$\Phi = L \cdot I$$

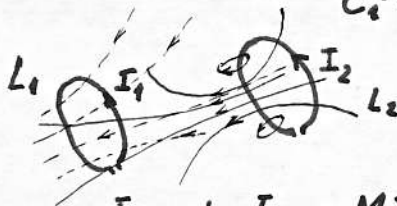
L - koef. samovind. vlastná indukčnosť.

Závisí od geom. rozmerov vodiča a od magn. vlastností prostredia.

Indukčný tok prech. plochou bude premenlivý keď prem. elektr. prúd vyvoláva prem. magnetické pole.

Indukuje sa samovind. elektromotorické napätie:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d}{dt}(L \cdot I) = - L \frac{dI}{dt}$$



$$\Phi_1 = L_1 \cdot I_1 + M I_2$$

$$\Phi_2 = L_2 I_2 + M I_1$$

M - koef. vzájomnej indukcie závisí od vz. polohy, od magn. vlastností prostredia, ...

$$\mathcal{E}_1 = - \frac{d\Phi_1}{dt} = - \frac{d}{dt}(L_1 I_1 + M I_2) = - L_1 \frac{dI_1}{dt} - M \frac{dI_2}{dt}$$

$$\mathcal{E}_2 = - \frac{d\Phi_2}{dt} = - \frac{d}{dt}(L_2 I_2 + M I_1) = - L_2 \frac{dI_2}{dt} - M \frac{dI_1}{dt}$$

} ak obe prúdy premenné

Jednotky:

$$\Phi = LI \rightarrow [L] = \frac{[\Phi]}{[I]} = \frac{[Wb]}{A} = \frac{A^{-1} kg m^2 s^{-2}}{A} = A^{-2} m^2 s^2 kg$$

$$1 \text{ henry} = 1 A^{-2} m^2 s^2 kg = \frac{V \cdot s}{A} \rightarrow$$

$$Vs = 1Wb$$

$$[M] = \text{henry}$$

Pr. Indukčnosť dlhý tenkej cievky:

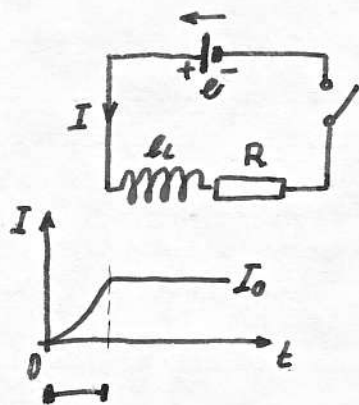
2R  /N $R \ll l$ $B = \frac{\mu_0 n I}{l}$

$$\Phi_1 = B \cdot S = \frac{\mu_0 n I}{l} \cdot \pi R^2$$

$$\Phi = N \cdot \Phi_1 = \frac{\mu_0 I n^2 \cdot \pi R^2}{l}$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 n^2 \pi R^2}{l}$$

Energia magnetického poľa.



R - miera ohmického odporu vodiča a prevodov

$$\text{K.K.} : \quad \mathcal{E} + \mathcal{E}_L = R \cdot I$$

$$\mathcal{E} - L \frac{dI}{dt} = R \cdot I \quad / \cdot dQ = I \cdot dt$$

$$\mathcal{E} \cdot dQ = R \cdot I \cdot dQ + L \frac{dI}{dt} dQ$$

$$\mathcal{E} \cdot dQ = R I^2 dt + L \cdot I \cdot dI$$

$$\int_0^{Q_0} \mathcal{E} \cdot dQ = \int_0^{t_0} R I^2 dt + \int_0^{I_0} L I \cdot dI$$

$$\int_0^{Q_0} \mathcal{E} \cdot dQ = R I^2 t_0 + \frac{1}{2} L I_0^2$$

práca
odporu

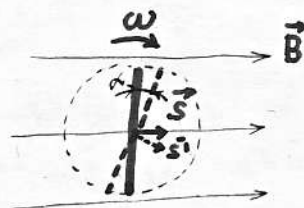
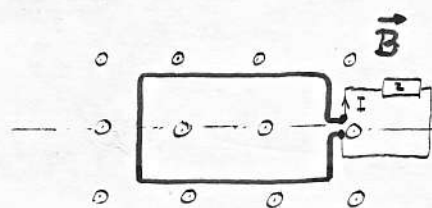
energ. prev.
na uplo.

energ. magn.
poľa.

$$W = \frac{1}{2} L I^2$$

3.XI. 1969.

Vznik jednoduchej harmonického prúdu.



$t=0$

$\vec{S}$ - vektor plochy

$$\phi = \omega t \quad \Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

$$t=0 \dots \Phi_0 = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos 0 = B \cdot S$$

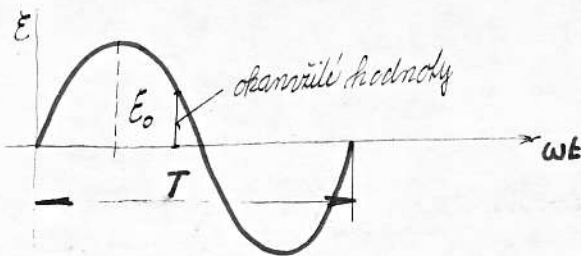
$$t \neq 0 \dots \Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos t = B \cdot S \cdot \cos \omega t =$$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d}{dt} (B \cdot S \cdot \cos \omega t) = - B \cdot S \cdot (-\omega \cdot \sin \omega t) = + B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

$$\mathcal{E} = \Phi_0 \cdot \omega \cdot \sin \omega t \quad \sim \text{harmonická funkcia času.}$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 = \Phi_0 \cdot \omega \quad \sim \text{max. hodnota.}$$

$$\underline{\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t}$$



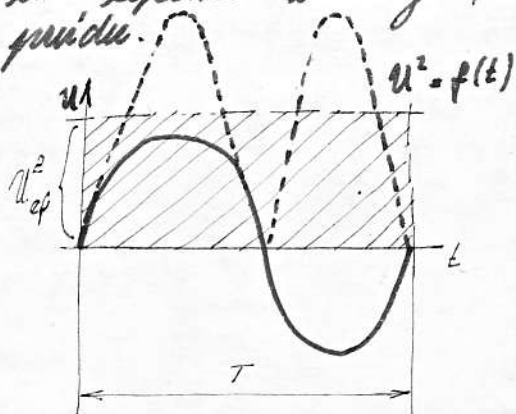
$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

φ - fázový posun medzi napätím a prúdom

Frekvencia: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad | \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$

Efektívne hodnoty striedavých veličín.

ef. mer. prístroje meria kvadratický priemer - efektívna hodnota. E.h. - taká hodnota str. p., ktorá vyvola vo vodiči tie isté tepelné účinky, ako rovnaká hodnota jednosmerného prúdu.



$$U_{ef}^2 \cdot T = \int_0^T U_0^2 \sin^2 \omega t \cdot dt \quad | \quad U = U_0 \sin \omega t$$

$$U_{ef}^2 \cdot T = U_0^2 \int_0^T \sin^2 \omega t = U_0^2 \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt =$$

$$= \frac{U_0^2}{2} \int_0^T dt - \frac{U_0^2}{2} \int_0^T \cos 2\omega t dt = \frac{U_0^2}{2} T - \frac{U_0^2}{2} \left[\frac{1}{2\omega} \sin 2\omega t \right]_0^T = \frac{U_0^2}{2} T$$

$$U_{ef}^2 T = \frac{U_0^2}{2} T$$

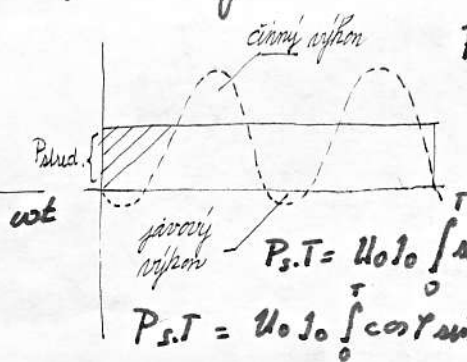
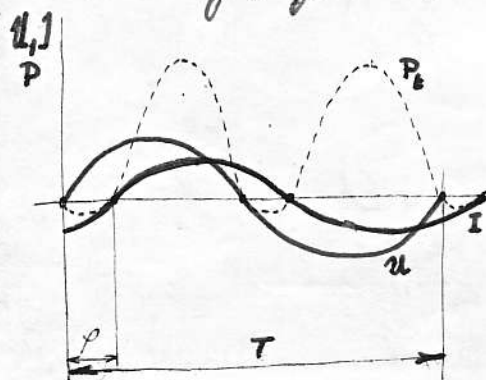
$$U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

Výkon striedavého prúdu.

$P = U \cdot I$ ~ okamžitý výkon. $| \quad U = U_0 \sin \omega t$
 $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Stredný výkon za dobu 1. periódy



$$P_s \cdot T = \int_0^T P_s \cdot dt = \int_0^T U \cdot I \cdot dt$$

$$| \quad U = U_0 \sin \omega t$$

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

$$P_s \cdot T = U_0 I_0 \int_0^T \sin \omega t (\sin \omega t \cos \varphi - \cos \omega t \sin \varphi) dt$$

$$P_s \cdot T = U_0 I_0 \int_0^T \cos \varphi \sin^2 \omega t dt - U_0 I_0 \int_0^T \sin \varphi \sin \omega t \cos \omega t dt$$

$$P_s.T = U_0 I_0 \cos \varphi \cdot \int_0^T \frac{1}{2} dt - \underbrace{U_0 I_0 \cos \varphi \cdot \int_0^T \frac{1}{2} \cos 2\omega t dt}_{=0}$$

$$\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \quad \text{ako v predch. príklade.}$$

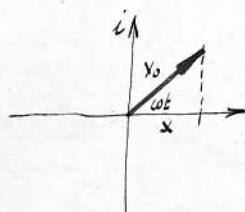
$$- U_0 I_0 \sin \varphi \int_0^T \sin \omega t \cdot \cos \omega t dt$$

$$\text{priníf.} \rightarrow \left[\frac{1}{2\omega} \sin^2 \omega t \right]_0^T = 0$$

$$P_s.T = \frac{U_0 I_0}{2} \cos \varphi \cdot T$$

$$P_{\text{stred}} = \frac{U_0 I_0}{2} \cos \varphi = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cos \varphi = \underline{U_{\text{ef}} \cdot I_{\text{ef}} \cos \varphi = P_{\text{stredne}}}$$

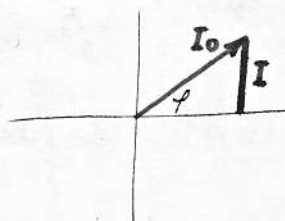
Zohľadnenie veličín stried. prúdu v komplexnej rovine.
(pom. rotujúcich vektorov)



$$x = x_0 \cos \omega t$$

v mechanike vieme dosť, v el. do g.

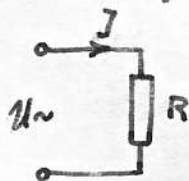
$$I = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$$



podrobnejšie: konily a vlny.

Okruchy so str. pr. konštantnej frekvencie

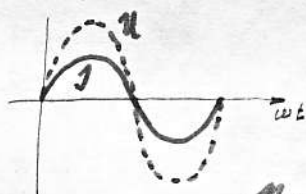
1. Ohmický odpor (ideálny) v okruhu str. pr.



$$u = U_0 \sin \omega t$$

$$u = R \cdot I \rightarrow I = \frac{u}{R} = \frac{U_0}{R} \sin \omega t = \underline{I_0 \sin \omega t}$$

$$\text{Fázový posun } u, I = 0$$

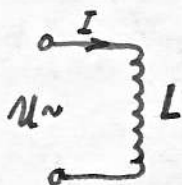


$$\varphi = 0$$

$$\vec{I}^* \quad \vec{u}^*$$

Napätie a prúd sú vo fáze.

2. Ideálna indukčnosť v striedavom obvode.
(zanedbávame ohm. odpor cievky)



- vlastný premenlivý ind. tok pôsobí na indukciu vlastný indukčn. napätia.

$$\mathcal{E}_L = -L \frac{dI}{dt}$$

U. Kirch. z. $\mathcal{E}_L + U = 0 \rightarrow U_0 \sin \omega t - L \frac{dI}{dt} = 0$

$$L \frac{dI}{dt} = U_0 \sin \omega t$$

$$dI = \frac{U_0}{L} \sin \omega t \cdot dt$$

$$I = \frac{U_0}{L} \cdot \frac{1}{\omega} (-\cos \omega t)$$

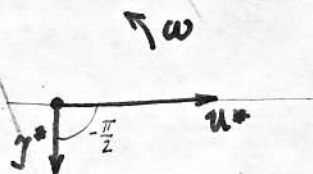
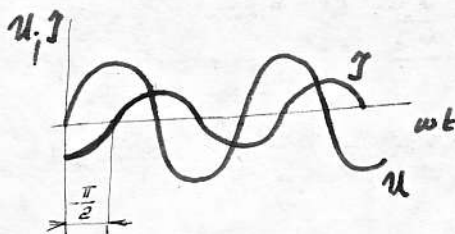
$$I = \frac{U_0}{L} \int \sin \omega t \cdot dt$$

$$I = \frac{U_0}{L \cdot \omega} \left[\sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right]$$

$L \cdot \omega$ - reaktívny odpor : X - reaktancia
(ktorý závisí cievky prechodu stried. prúdu)

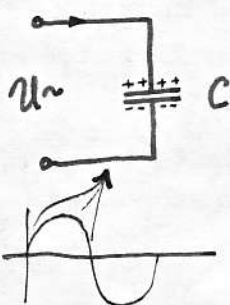
$$I = I_0 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) ; I_0 = \frac{U_0}{L \omega}$$

Prúd naskočí na napätím o $\frac{\pi}{2}$.



Id. indukčnosť pôsobí naoslabovanie nap. prúdu na nap.

3. Ideálna kapacita



$$U = U_0 \sin \omega t$$

na ur. okamih t konč. sa práve sdrojím napätia:

$$-\frac{dQ}{dt} = I$$

akbylok maloba nahond. prs. I.

$$Q = C \cdot U_c$$

$$dQ = C \cdot dU_c$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = C \cdot U_c \\ dQ = C \cdot dU_c \end{array} \right\} \rightarrow -C \frac{dU_c}{dt} = I \rightarrow U_c = -\frac{1}{C} \int I dt$$

U. K. z. : $U + U_c = 0$

$$U_0 \sin \omega t - \frac{1}{C} \int I dt = 0$$

$$U_0 C \sin \omega t = \int I \cdot dt$$

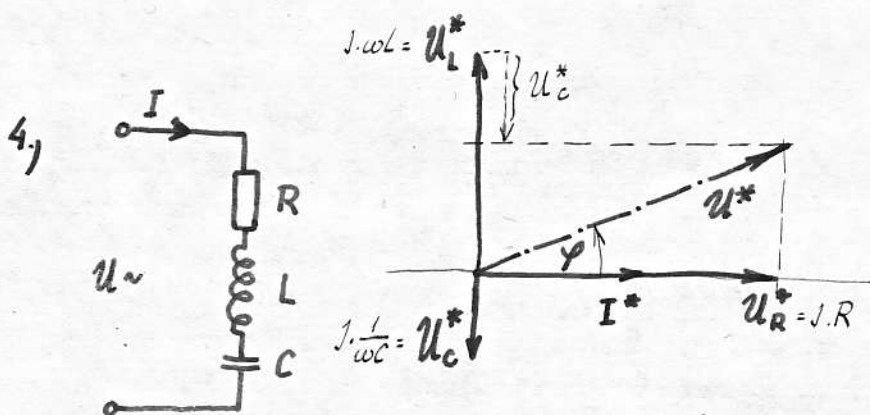
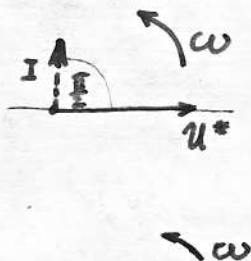
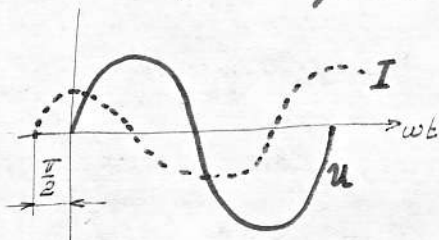
→

$$U_0 C \omega \cos \omega t = I \cdot \frac{dt}{dt} = I$$

$$\frac{U_0}{\frac{1}{C\omega}} \cdot \cos \omega t = I = I_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad \text{Kapacitancia: } Y = \frac{1}{\omega C}$$

$$\frac{U_0}{Y} = I_0$$

Prúd predbieha napätie o $\frac{\pi}{2}$.



$$U^* = I \cdot Z$$

Z - impedancia
(zdaniový odpor)

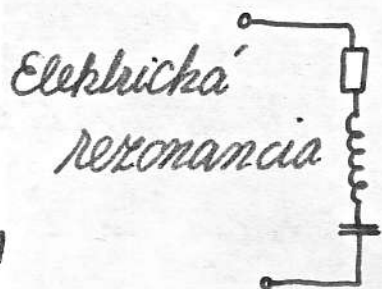
$$I^2 Z^2 = I^2 R^2 + I^2 (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Ohmov zákon pre striedavé prúdy: $I = \frac{u}{Z}$

Obvody so st. pr. rôznej frekvencie.



Keď sa f. mení na $\underline{Z}$ a $\underline{Y}$.
Keď sa f. môže dostať na $X = Y$;
 $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$; $Z = R$; $\tan \varphi = 0$
sériová (napätová) rezonancia.

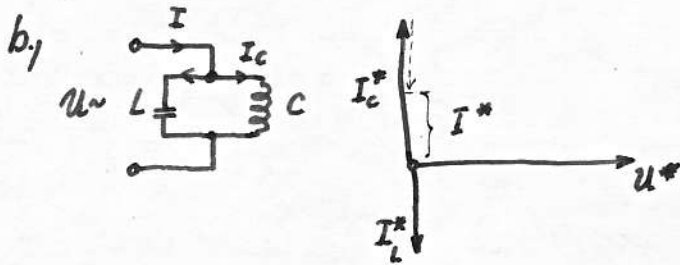
$\omega = \omega_r$ - rezonančná f.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \sim \text{Thomsonov prúd}$$

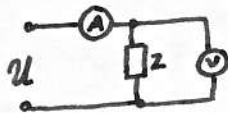
V pred. prípade: $I_0 = \frac{U_0}{R}$ [ako tuhy L, C - prvky vôbec tam neboli]
a fázový posun $\varphi = 0$

stav rezonancie: $\vec{U}_L$ $\vec{U}_C$ $\vec{I}^*$ $\vec{U}_R =$ výsled. napätie $\left| U_L = U_C \right\}$ vektorový diagram rezonancie



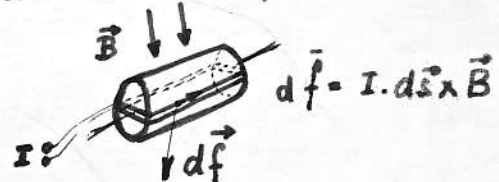
rezonančný prúd (paralelný r.): $I = I_C - I_L = 0$; $\omega = \omega_r$

Klasické meracie prístroje



Princíp meracích prístrojov

1. Deprez d'Arsonval — deprez-systém
využí vzájomné silové pôsobenie medzi vodičom
a magn. polom.



Knačka: $\square$

Keda' sa povie "na mer. slúch. prístroj len s uvoľnením..."

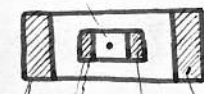
2. Elektromagnetický pr.



Feromagn. mat. je ťahovaný

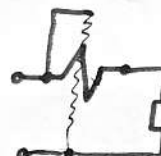


3. Elektrodinamický:

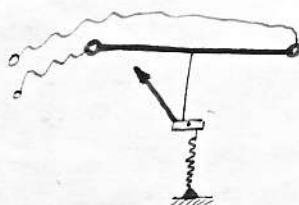


sa používa na wattmeter

prúdová cievka
magn. cievka



4. Tepelný s.



majú kvadratickú stupnicu

knačka: ∇

5. Elektrostatický s.

5.1 elektron. s. (mer. vys. napätí)



— používá v termost. slane ...

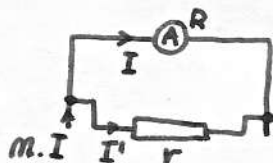
★ ~ skúšobné napätie 3kV

≈

0,5 ~ presnosť

Zmena rozsahov meracích prístrojov:

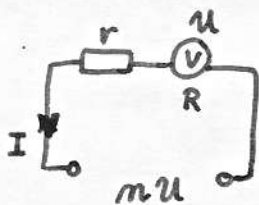
a.) Ampérmeter:



r - Ročník (schůb) - paralelně!

$$\left. \begin{aligned} m \cdot I &= I + I' & \rightarrow I' &= mI - I \\ 0 &= I \cdot R - I' \cdot r & \rightarrow r &= \frac{IR}{I'} \end{aligned} \right\} r = \frac{IR}{I(m-1)} = \frac{R}{m-1}$$

b.)



$$mU = IR + I'r = U + I'r \rightarrow I'r = mU - U$$

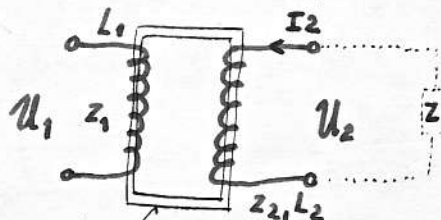
$$r = \frac{U}{I}(m-1) = R(m-1)$$

10. XI. 1969.

Transformátory

Využitie elektromagn. indukcie.

Plaví na nmemu stried. nap.



feromagnetický jadro

U₁ stried. napätie (primárna c.
- časove premenlivé napätie -

$$\left. \begin{aligned} \phi_1 &= N_1 \phi \\ \phi_2 &= N_2 \phi \end{aligned} \right\} \text{zanedbáme straty} \\ \text{magn. poľa.}$$

$$U_2 = - \frac{d\phi_2}{dt} = - \frac{d(N_2 \phi)}{dt} = - N_2 \cdot \frac{d\phi}{dt} = - N_2 \cdot \frac{1}{N_1} \frac{d\phi_1}{dt}$$

$$U_1 = U_0 \sin \omega t$$

$$I_1 = \frac{U_0}{\omega L_1} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) = - \frac{U_0}{\omega L_1} \cos \omega t$$

$$\phi_1 = L_1 I_1 = - L_1 \frac{U_0}{\omega L_1} \cos \omega t$$

⇒ dos.

$$U_2 = - \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{d}{dt} \left(- \frac{U_0}{\omega} \cos \omega t \right)$$

$$U_2 = - \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{U_0}{\omega} \cdot \omega \cdot \sin \omega t = - \frac{n_2}{n_1} \cdot U_0 \sin \omega t = - \frac{n_2}{n_1} \cdot U_1$$

$$\frac{U_2}{U_1} = - \frac{n_2}{n_1}$$

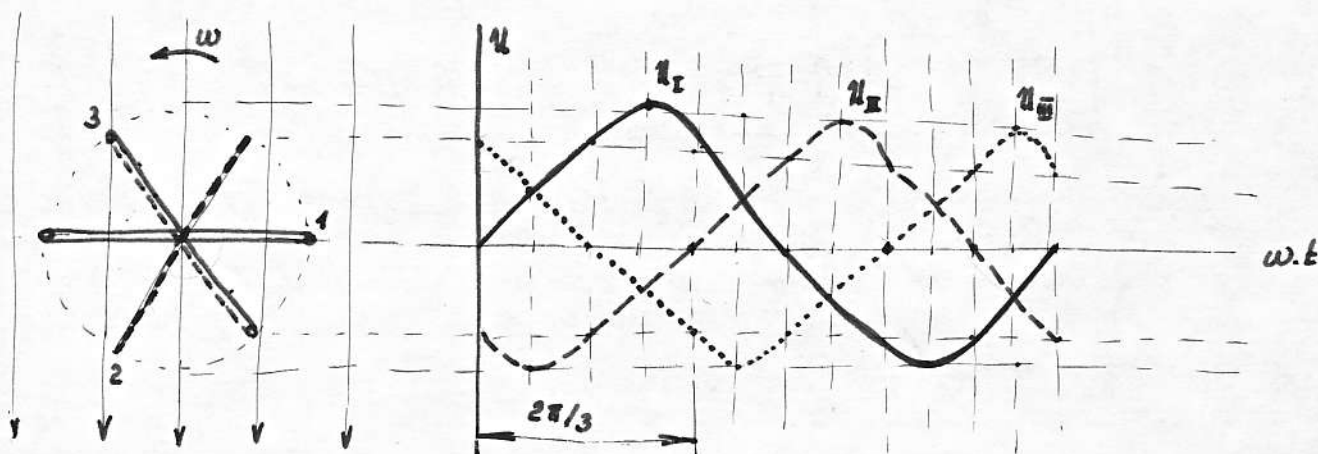
Nap. na sekundárnej strane je opačné
Otočenie fáze napätia o 180°

Práca elektr. prúdu:

$$U_1 \cdot I_1 \cdot t = U_2 \cdot I_2 \cdot t$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = - \frac{n_2}{n_1}$$

Trojfázový prúd



1 - prvá fáza
2 - druhá fáza

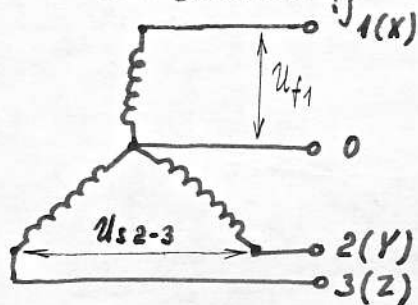
$$U_{f1} = U_f \cdot \sin \omega t$$

$$U_{f2} = U_f \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$U_{f3} = U_f \cdot \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

Zapojenie do hviezdčky:

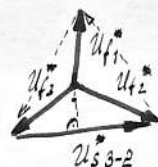
a.)



redukované napätie: U_s 2-3

fázové nap. : $U_{f.1}$

$$I_f = I_n$$



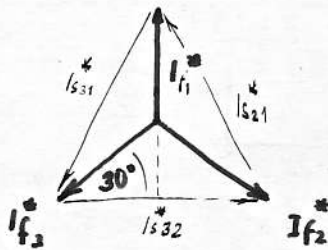
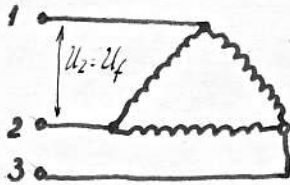
- rovnostranný Δ

$$\frac{U_s}{2} = U_f \cdot \cos 30^\circ = U_f \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$U_s = \sqrt{3} \cdot U_f$$

$$I_s = I_f$$

b. Zapojenie do trojuholníka

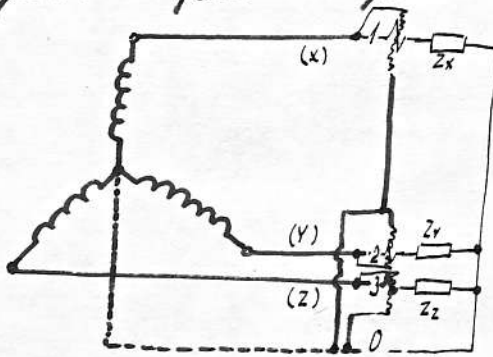


$$\frac{I_s}{2} = I_f \cdot \cos 30^\circ$$

$$I_s = 2 \cdot I_f \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = I_f \cdot \sqrt{3}$$

$$U_s = U_f$$

Výkon 3-fázového prúdu:



Naťah : $Z_x = Z_y = Z_z = Z$

$$P_1 = U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

$$P = 3 \cdot P_1 = 3 U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

$$\left| \begin{array}{l} U_f = \frac{U_s}{\sqrt{3}} \\ I_f = I_s \end{array} \right.$$

$$P = 3 \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}} \cdot I_s \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot I_s \cdot U_s \cdot \cos \varphi$$

Výkon 3f. prúdu je súčet : $\sqrt{3} \cdot I_s \cdot U_s \cdot \cos \varphi$

Elektronika

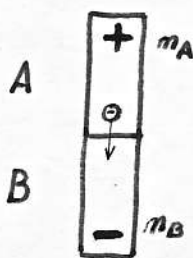
Termoelektrický jav: v objeme kovu sa voľne pohybujú elektróny
 z kovu sa môžu dostať von len s dodaním energie.
 Každý kov potrebuje inú hodnotu energie:
 Táto veličina sa nazýva výstupnou prácou.
 (aby elektrón práve opustil povrch kovu)

Výst. práca meria sa v 1eV - elektrónvolt.

1eV - je rovná práci, ktorú vykonajú sily el. poľa pri premiestnení 1 element. náboja (elektrón : $1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$) medzi 2 bodmi s potenc. rozdielom 1V .

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 1\text{V} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

Rôzna výstupná práca, r. hustota elektrónov:



Elektrón z kovu s väčším počtom elektr. a menšou výstupnou prácou prechádza do druhého kovu.

Vznik kontaktného elektronomol. napätia.
 Keď nastane rovnováha, jav prestane preb.

$$\mathcal{E}_{AB} = k \cdot T \cdot \ln \frac{m_A}{m_B}$$

$$k = 2.87 \cdot 10^{-2} \text{Vdeg}^{-1}$$

Hodnota $\mathcal{E}$ závisí na geom. tvare vodičov.

→



$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{AB} + \mathcal{E}_{BA} = kT \cdot \ln \frac{m_A}{m_B} + kT \cdot \ln \frac{m_B}{m_A} = kT \cdot \left(\ln \frac{m_A}{m_B} - \ln \frac{m_A}{m_B} \right)$$

$$\mathcal{E} = 0$$

→

$T_1 \quad T_2$

$$\mathcal{E} = kT_1 \cdot \ln \frac{m_A}{m_B} + kT_2 \cdot \ln \frac{m_B}{m_A} = kT_1 \cdot \ln \frac{m_A}{m_B} - kT_2 \cdot \ln \frac{m_A}{m_B}$$

$$\mathcal{E} = \left(\ln \frac{m_A}{m_B} \right) \cdot k \cdot (T_1 - T_2) \sim \text{termoelektr. napätie}$$

→

$T_1 - T_2 = 1\text{deg}$:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 = k \cdot \ln \frac{m_A}{m_B}$$

→

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 (T_1 - T_2) \quad \left| \begin{array}{l} \sim \text{platí pre určité} \\ \text{rozsahy teplôt.} \end{array} \right.$$

Termočlánok: $\sqrt{\quad}$

termobateria:

Vyráb. sa na meranie teploty; premena tepla na elektr. napätie.



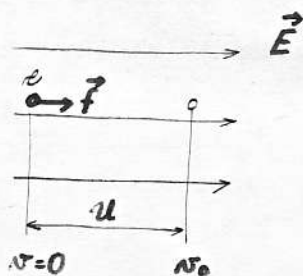
Pohyb bodového náboja v elektrickom a magnetickom poli.

elementárny náboj e (elektrón - e)

obrázky kreslíme pre kladný náboj:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{f}_e = e\vec{E} \\ \vec{f}_m = e(\vec{v} \times \vec{B}) \end{array} \right\} \vec{f} = \vec{f}_e + \vec{f}_m = e\vec{E} + e(\vec{v} \times \vec{B}) \sim \text{Lorentzova sila}$$

a.) Pohyb m v poddĺžnom elektrickom poli:



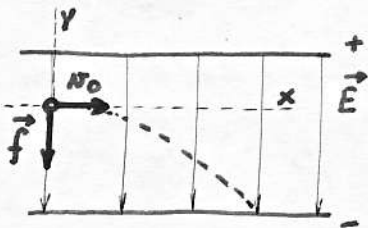
$$\vec{f} = e\vec{E} \quad \left| \begin{array}{l} f \text{ vykoná prácu; el. náboj získava energiu.} \end{array} \right.$$

$$W = e \cdot V. \quad \sim \text{energia na spotrebu na pohyb (na rast kin. energie)}$$

$$W = \frac{1}{2} m v_0^2 \rightarrow$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \quad \sim \text{platí keď } v_0 < \frac{2}{100} v_{svetla} \quad (m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}})$$

b.) Pohyb bod. náboja v priečnom el. poli



$$\vec{f} = f_y = eE \quad f_x = 0$$

$$f_y = m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = e \cdot E \quad \text{pohybová rovnica v m}$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{e}{m} \cdot E = a_y \quad \text{integr.}$$

$$\frac{dy}{dt} = \int \frac{e}{m} \cdot E dt = \frac{e}{m} \cdot E t + C; \quad \left| \begin{array}{l} t=0 \rightarrow v_y=0 \Rightarrow C=0 \end{array} \right.$$

$$v_y = \frac{e}{m} \cdot E \cdot t$$

$$dy = \frac{e}{m} \cdot E \cdot t \cdot dt \quad \text{integr.}$$

$$y = \int \frac{e}{m} \cdot E t dt = \frac{e}{m} \cdot E \cdot \frac{1}{2} t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{e}{m} \cdot E \cdot t^2$$

$\sim$ rovnomerne urýchlený pohyb.

v smere x : $f(x) = 0 = m \frac{d^2 x}{dt^2}$ *inkl.*

$$\frac{dx}{dt} = v_x = v_0 \quad \text{inkl.}$$

$$x = v_0 t \rightarrow t = \frac{x}{v_0} \quad \sim \text{rovnomerý pohyb.}$$

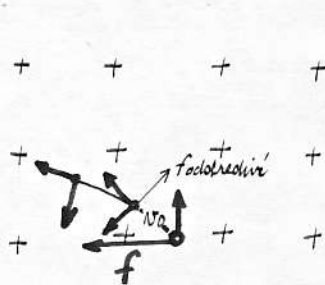
Formica dráhy: $y = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \cdot E \cdot \frac{x^2}{v_0^2}$

$$y = \frac{1}{2} \frac{e \cdot E}{m v_0^2} \cdot x^2 \quad \sim \text{rovnicu paraboly}$$

Ked' už nepôsobí sila, náboj sa pohybuje v smere dotýčnice.

Rýchlosť: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{e}{m} \cdot E t\right)^2}$

3. Pohyb element. náboja v priečnom magn. poli:



$$\vec{f} = e (\vec{v}_0 \times \vec{B})$$

$$f = e \cdot v_0 \cdot B$$

$$f_c = \frac{m v^2}{R} = e v_0 \cdot B$$

$$R = \frac{m v_0}{e \cdot B} \quad \sim \text{polomer kružnice, dráhy}$$

Tento jav sa používa na vychytávanie častíc.

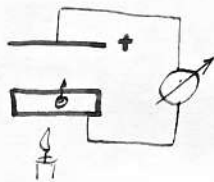
merný náboj: $\frac{e}{m} = \frac{v_0}{r \cdot B}$

Kalodrový oscillograf, jeho použitie - v skúpkách.

Termoeizisia

1. Silným elektrickým polom dodávajú energiu - autoeizisia
2. Svetlom - fotoeizisia
3. Dodaním tepla - termoeizisia

Kin. energia je väčšia než výsledná práca - vtedy el. náboje opúšťajú povrch kovu.
 Measim počtu odch. elektrónov.



~ measim termoeizisného prúdu.

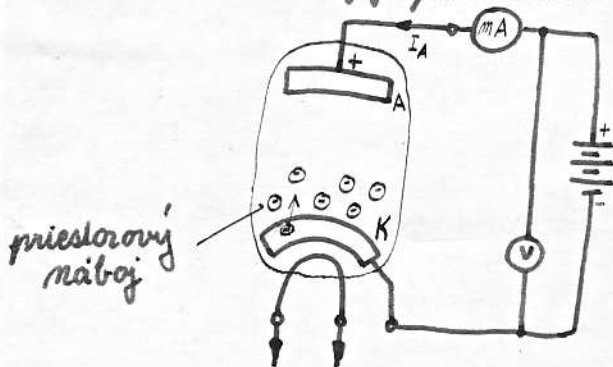
Hustota lum. em. prúdu - prúd prúpad na jedn. poverchu

$$i = A \cdot T^2 \cdot e^{-\frac{W}{kT}}$$

W - výsledná práca
 k - Boltzmanova konštanta
 T - absol. práca
 A - závisí od rozmerov katódy...

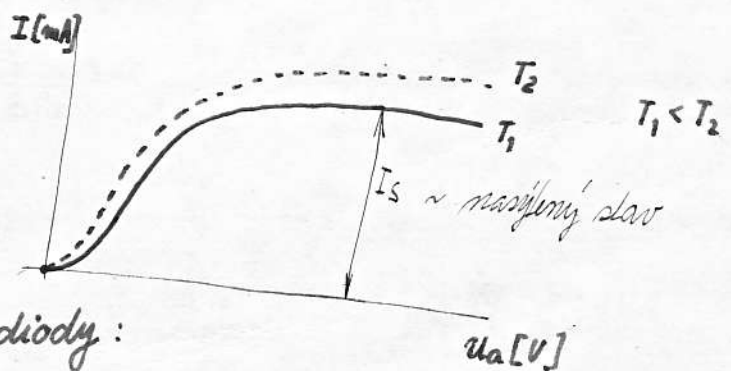
Termoeizisia sa používa u elektroniek:

Dioda a jej používanie:



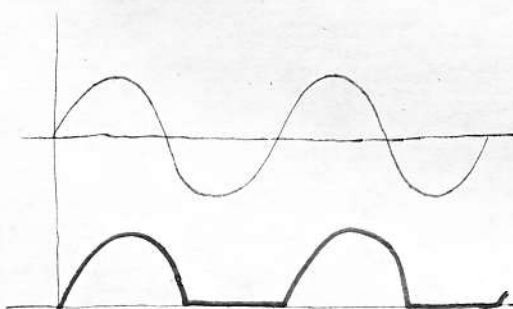
$$\mu = 10^{-3} \text{ atm.}$$

(priamo, nepriamo iz.)

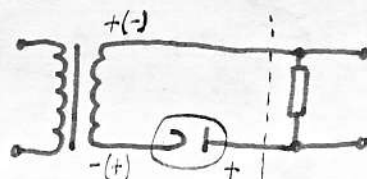


Charakteristika diódy:

Používa sa ako usmerňovač striedavého prúdu:



dvojcestný usmerň.: skripta

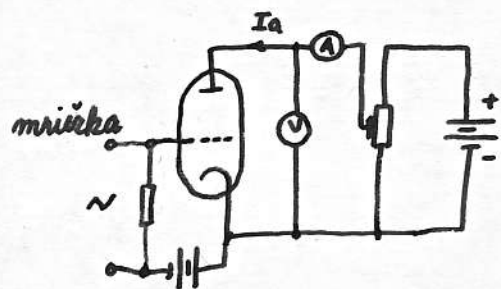


jednocestný us



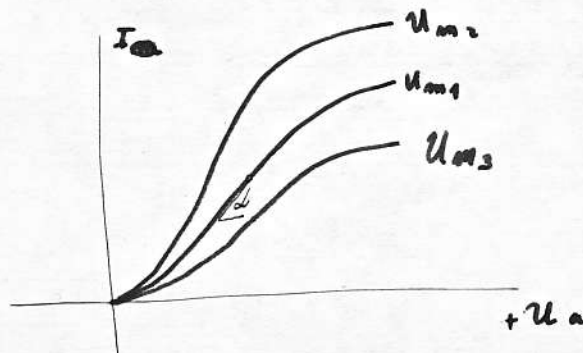
Trióda a jej použitie.

13.XI. 1969.



I_a možno meniť: anódovým napätím nap. na mriežke.

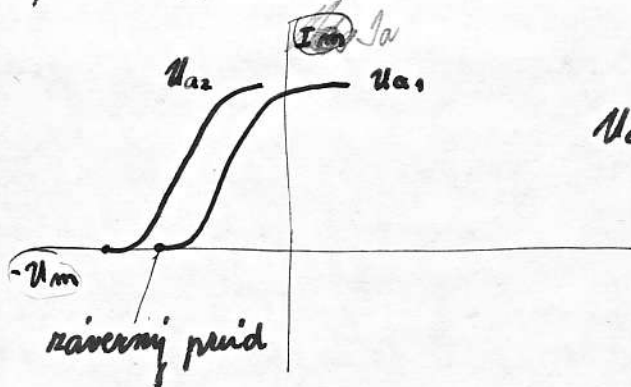
1.) $I_a = f(U_a)$ $U_m = \text{konšt}$



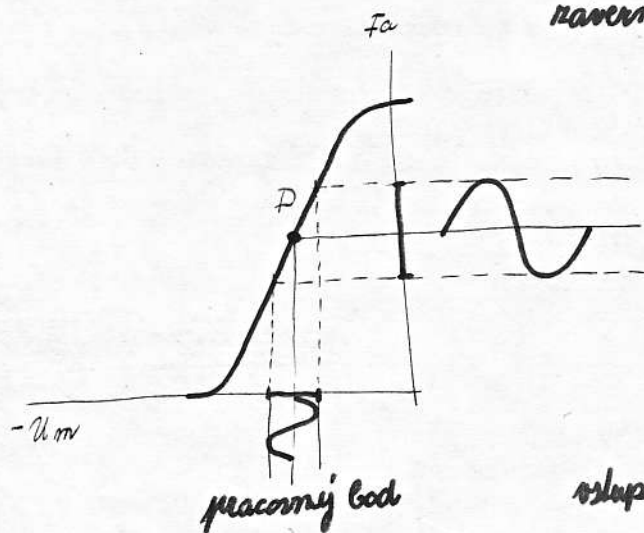
$U_{m2} > U_{m1}$
 $U_{m2} < U_{m1}$

Charakteristika triódy:

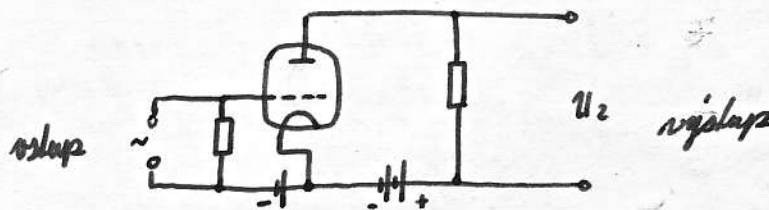
2.) $I_a = f(U_m)$ $U_a = \text{konšt}$



$U_{a2} > U_{a1}$



mali zmeny napätia na mriežke spôsobujú veľké zmeny anódového prúdu.



Základná veličina: strmosť:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_m} = \frac{[mA]}{[V]}$$

vnútorný odpor:

$$R = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \cot \phi$$

príemok

$$D = \frac{\Delta U_m}{\Delta U_a}$$

$\mu = \frac{1}{D} \sim \text{zosilňovací činiteľ}$
(~ 150)

Barthausen:

$$S.R.D = 1$$

Základné vlastnosti polovodičov

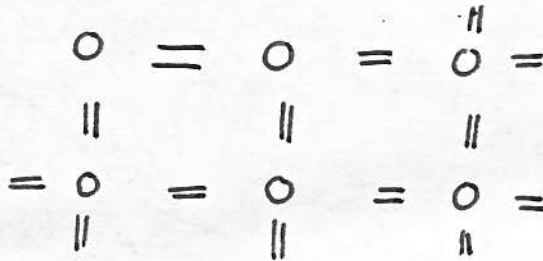
látky $\begin{cases} \text{vodiče} \\ \text{mivodiče} \end{cases}$

→ polovodiče: vedenie sprostredkujú volní elektróny
a rastúcou teplotou ich odpor klesá

Typické polov. prvky: Ge; Si

- 4 valenčné elektróny

Chemický číslý Ge:



1 ciarka - 1 elek

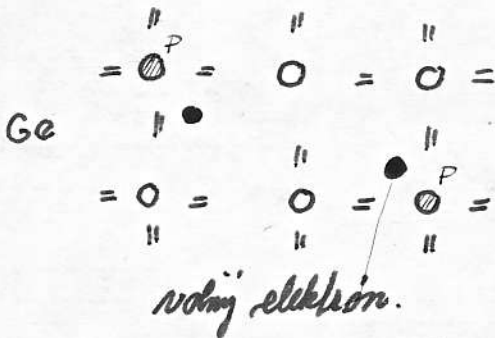
Už tepelný pohyb je schopný světla vlny odlehčit:

Volný elektron - sprostredkujúci elektr. vedenie.

Takisto vedenie sa nazýva: elektrónovým vedením.

Dierova vodivost: v mříčce chýbí 1 elektron (kladná díra)
Nejbližší elektron může poskópnout $\Rightarrow$ kladná díra se pohybuje.

u chem. čisl. la'kach pravdepodobnosť 1 = pravd. 2

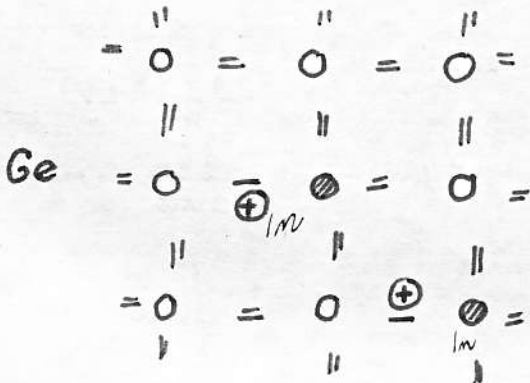


do germ. pridáme fosf.

P - 5 mostný pivo

Elektronová vodivost
typ - m

Altha 5 moeni na masijira: donor



do Ge puidáme 3-mou
purok (1m; al....)

dier. wadivost'

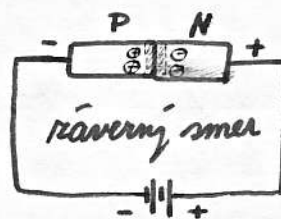
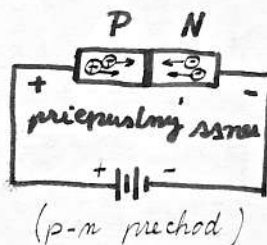
Typ - 12

3-mocny' prtok - akceptor

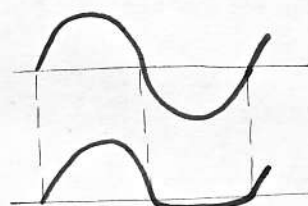
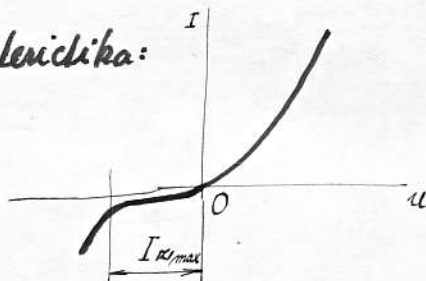
lepešim' potyb ošedrye azim' rožnykh ošedrye.

Povrchové polovodiče.

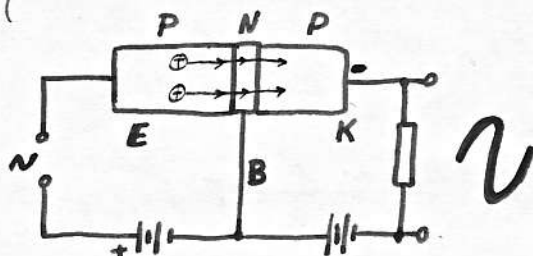
Polovodičová dioda:



Charakteristika:



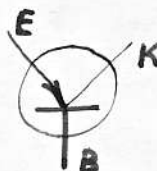
Tranzistor:



- rozmery N vrstvy sú malé (difúzia málojav.)

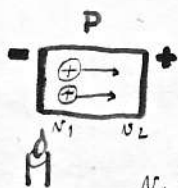
E - emitor
K - kolektor
B - báza

schem. znač.:

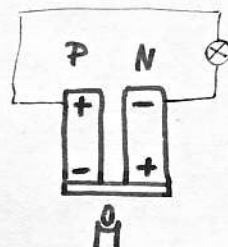
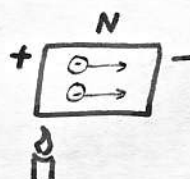


Technické prevedenie tranzistora (v štruktúrach.)

Termoelektrický jav u polovodičov



$T_1 > T_2$ (koncentračný pohyb)



Vytvára sa ako termoelektrický

Polov. termoelektr. majú náčinnú účinnosť ako horúci termoelektr. bod

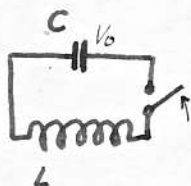


Kedy sú 2 polovodičov prechádza prúd. možnosť odovzdávania alebo pohlcovania tepla.

Peltierov jav: $Q = L \cdot T \cdot I$ / L - termoelektrický koeficient [mV/deg]

Elektromagn. vlny.

Oscilačný obvod:



Ked' uzatv. obvod, kondenz. sa začne vybiť a časovo premenlivý prúd - indukcia na cievke. Cievka má kapacitor opačným smerom. Vznikajú elektrické oscilácie.

II. K.z.

$$V_0 - L \frac{dI}{dt} = R \cdot I$$

/ R - odpor cievky... ; ideálne R = 0

$$* \quad V = L \frac{dI}{dt} = \frac{Q}{C} \quad \bigg/ \frac{d}{dt}$$

$$L \cdot \frac{d^2 I}{dt^2} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dQ}{dt} \quad \bigg/ dQ = I \cdot dt$$

rovnica mletmeného harmonického
kmitu:

$$\frac{d^2 I}{dt^2} = -\frac{1}{LC} \cdot I \quad \bigg/ \frac{1}{LC} = \omega^2$$

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

Všeobecné riešenie:

$$I = I_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

Načs $t=0$:

$$V = V_0$$

$$I = 0$$

$$\varphi = 0$$

} dos do *

$$V_0 - L \frac{d}{dt} (I_0 \sin \omega t) = 0$$

$$V_0 - L \cdot I_0 \cdot \cos \omega t \cdot \omega = 0$$

$$V_0 = \omega L I_0 \rightarrow I_0 = \frac{V_0}{\omega L}$$

Energia el. pola:

$$t=0 : W_e = \frac{1}{2} C V_0^2$$

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2$$

Ked' $I = I_0$ ~ magnet. energia bude maximálna: W_m

$$t = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2 \cdot \frac{2\pi}{T}} = \frac{T}{4} \quad \sim I = I_0$$

Ža $\frac{1}{4} T$ sa mení elektr. pole na magnetické:

$$W_m = \frac{1}{2} L \cdot \left(\frac{V_0}{\omega L} \right)^2 = \frac{1}{2} L \cdot \frac{V_0^2}{L^2 \cdot \frac{4}{LC}} = \frac{1}{2} C V^2$$

max. magn. energ.

max. elektr. energ.

po $\frac{T}{4}$

Ked' odpor R nie je zanedbateľný :

$$RI = V_0 - L \frac{dI}{dt}$$

$$R \cdot I = \frac{Q}{C} - L \frac{dI}{dt} \quad / du.$$

$$R \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dQ}{dt} - L \frac{d^2 I}{dt^2} \quad / dQ = I \cdot dt$$

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} = -R \frac{dI}{dt} - \frac{1}{C} I$$

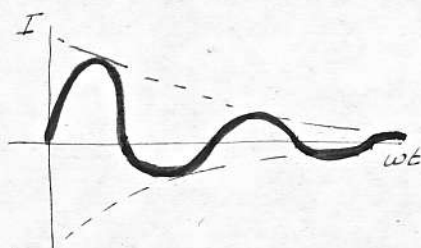
rovica tlmených kmitov: $\frac{d^2 I}{dt^2} = -\frac{R}{L} \cdot \frac{dI}{dt} - \frac{1}{CL} \cdot I$ $\frac{d^2 I}{dt^2} = -2b \frac{dI}{dt} - \omega_0^2 I$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad \sim \text{frekv. neltm. kmitov}$$

$$2b = \frac{R}{L}$$

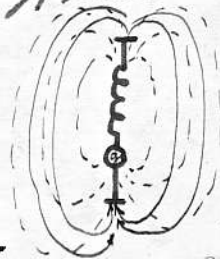
Nhľad. rieš. : $I = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$

$$I = I_0 \cdot e^{-bt} \sin(\omega t + \varphi) \quad | b - \text{koeficient tlmenia}$$

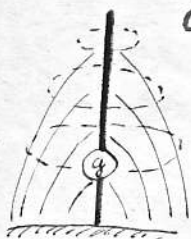


huková' fr. tlmených: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - b^2}$

Ak chceme v obvodu udržovať neltmené kmity, musíme dodávať energiu.

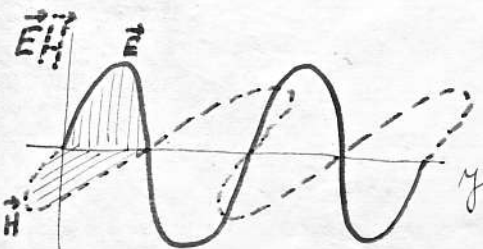


Elektromagnetické pole v priestore: →



~ anténa ; dipól

- elektromagnetické vlnenie (ak čos. rmena je harmonická)
- vektory intenzit sú kolmé: $\vec{E} \perp \vec{H}$ (vždy)



~ rovinná (polarizovaná) vlna.



keď sa vektory súčinne aj rotujú (v priestore) vlna je nepolarizovaná

Maxwell: $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$ ~ rýchlosť šírenia elektromagn. vln.

vo vákuu: $\epsilon = \epsilon_0$ $\epsilon_r = 1$
 $\mu = \mu_0$ $\mu_r = 1$

$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}$ (maximálna rýchlosť e.m. vln)

→

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f, \quad c = \frac{\lambda_0}{T} = \lambda_0 \cdot f \quad \left| \quad \frac{\lambda}{T} = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}, \quad \frac{\lambda_0}{T} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \right.$$

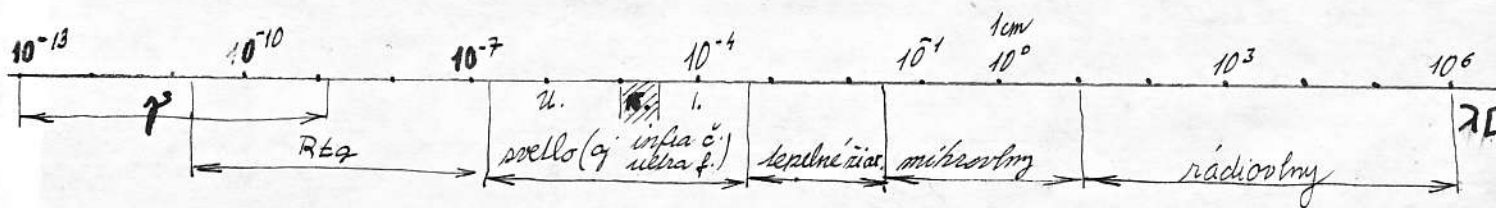
$\downarrow$ λ $\downarrow$ λ_0

vlnová dĺžka je vždy menšia, ako vo vákuu.

Vznik a výroba el. magn. vln. - (v skúpmach)

Charakter el. magn. vln má aj tepelné, svetelné - žiarenie, r. n. i.; γ n.

Klasifikácia el. magn. žiarenia:

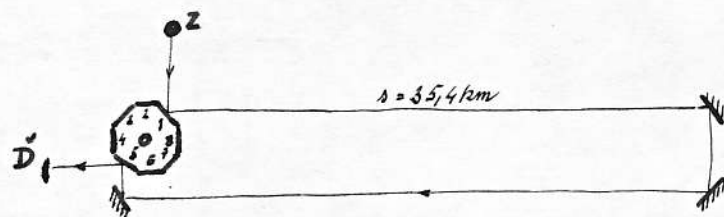


Optika.

Minory na podstatu svetla:

- Huyghens - undulačná teória: vlnenie svetelného éteru.
(novejš. výsvehlit' ohyb svetla...)
- Newton - emanačná: zo zdroja sv. vychádzajú (hmotné) častice
chovajúce sa podľa n. mechaniky.
- Maxwell - svetlo je elektromagn. vlnenie
 $0,4 \mu - 0,75 \mu$ [1 Å = 10^{-8} cm]
fialová farba červená farba
[vlnkový vlnem vyvoláva relikte. časť]
(nervy svetla fotoelektrický jav)
- Planck - svetlo je el.m. vlnenie ale sa šíri po kvantách.
Nositeľky svetla sú fotóny s energiou: $E = h \cdot \nu$ | $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ J·s
ν - frekv.

Rýchlosť svetla: (univerzálna konštanta)



keď rých. $n = 1$, sa neodráža
od 5, ale o 6.

530 dt/sek

$$c = \frac{s}{t} = \frac{2 \cdot 35,4 \text{ km}}{\frac{1}{8} \cdot \frac{1}{530} \text{ s}} \approx 300 \text{ 000 km/s}$$

Najpresvedčivejšie: $c = (299 \text{ 793} \pm 0,3) \text{ km/s}$

Hlavné veličiny a zákony fotometrické

zo sv. zdroja vychádza na sv. strany šírenie s urč. energiou
Kvantitatívne hodnotenie:

Tok šírenia: Φ_e - množstvo sv. en., ktoré prejde
plošou za jednotku času. [Watt]

Monochromatické - svet. šírenie o jednej vlnovej dĺžke

Koherenčné (biele svetlo) - obsahujú sv. vlnové dĺžky.

$$\phi_e \quad \lambda \quad \lambda + d\lambda \quad d\phi_e$$

Monochromatický tok záření: $\phi_\lambda = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$

Abz. pomeňme $\phi_\lambda(\lambda)$; integrovaním dost.: $\phi_e = \int \phi_\lambda \cdot d\lambda$.

Část toku které vníma č. oko:

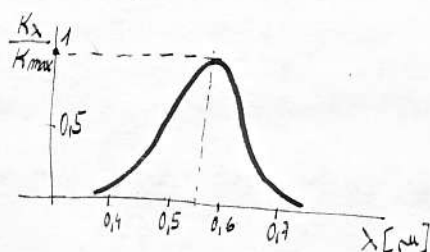
ϕ - světelný tok je tok záření vnímaný a rozhodněný lidským okem.

světelná účinnost záření: $K = \frac{\phi}{\phi_e}$

č. o. nejcitlivější je pro světelnou barvu.

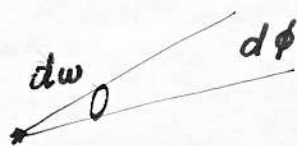
K_λ - světelná úč. pro vln. délky λ .

pro světelnou f. $K_\lambda = K_{\max}$. $\lambda = 0,555 \mu$



Bodový zdroj světla (rozměry zdroje sú malé, vzhl. na rozměry síř. na světla)

Svítivost:



$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad \sim \text{směrová svítivost}$$

$$\phi = \int_{4\pi} I \cdot d\omega$$

pro izotropní zdroj: $I = \text{konst.}$: $\phi = 4\pi \cdot I$

Svícení: (plochy)



$$H = \frac{d\phi}{dS}$$

jas: normální složka svícení:

dopadající sv. tok: $d\phi$

Osvícení:

$$\frac{d\phi}{dS} = E$$

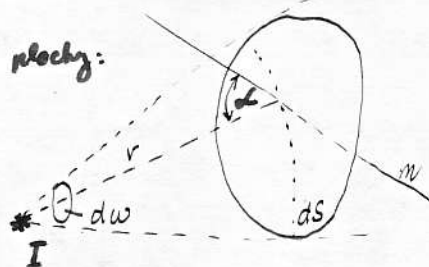
$$H = P \cdot E$$

/ P - koeficient odrazivosti
pro skut. tělesa $P < 1$

dopadne světlo
a odráží se.

Absolutně černé těleso: $P = 0$ (pohltila vš. energii)

Osvetlenie plochy:



$$E = \frac{d\phi}{dS} = \frac{I \cdot dw}{dS}$$

$$dw = \frac{dS_0}{r^2}$$

dS - premietneme na guľovú plochu priemeru r : dS_0

$$E = \frac{I \cdot dS_0}{dS \cdot r^2} = \frac{I \cdot dS \cdot \cos \theta}{dS \cdot r^2} = \frac{I \cdot \cos \theta}{r^2}$$

Jednotky: Svietivosť: 1 cd - náhl. jednotka v SI.

I. 1 cd je sv. $\frac{1}{60}$ kotmej svietivosti cm^2 povrchu abs. čier. telesu pri teplote topenia Pt. a flaku 1 alm. (fyz. alm.)

Φ . Svietivý tok: 1 lm (lumen) - svl. tok, ktorý vysieľa izotr. svl. zdroj s smerovej svietivosti 1 cd do priest. uhla, je 1 lm .

$$\Phi = \int_0^{4\pi} I \, dw = 4\pi \cdot I = 4\pi \cdot 1 \text{ cd} = 12,56 \text{ lm}$$

svl. tok do celého priest. uhla $= 12,56 \text{ lm}$.

Osvetlenie: $E = \frac{\Phi}{S}$ $[E] = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lux}$

E.

H. Svietenie: $\frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$

sl. $\sim 30 \text{ lux}$
slnečné $\sim 10^5 \text{ lux}$

Jas: vlastné jednotky: sb (stilb)

Jas 1 cm^2 svietiacej plochy, ktorej kotma svietivosť $= 1 \text{ cd}$

$1 \text{ stilb (sb)} : 1 \text{ sb} = 10^8 \text{ nt}$

Geometrická optika

práva geom. zákony. 4 náhl. z:

1. Zákon priamotia. ší. na svetla

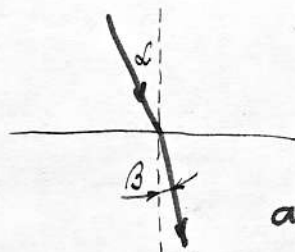
2. Zákon nej menšivosti svetla

3. Zákon odrazu

4. Zákon lomu

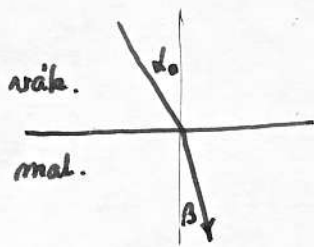


$\alpha = \alpha'$; lúče svetla v spol. rovine s normálou.

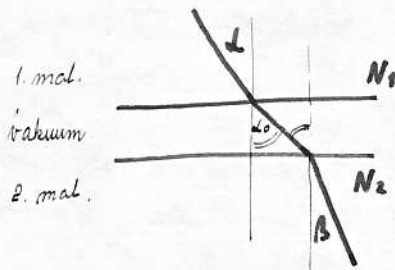


$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{1,2} \sim$ optické vlastnosti ch. relatívny index lomu

absolútny index lomu (mat.-vákuum)



$$\frac{\sin d_0}{\sin \beta} = N \sim \text{absolutný index lomu.}$$

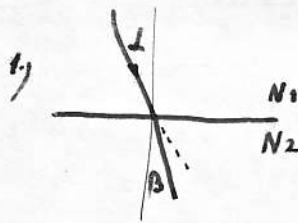


$$\frac{\sin d}{\sin d_0} = \frac{1}{N_1}$$

$$\frac{\sin d_0}{\sin \beta} = \frac{N_2}{1}$$

$$\frac{\sin d}{\sin \beta} = \frac{N_2}{N_1} = N_{1,2}$$

rel. ind. lomu



$$\frac{\sin d}{\sin \beta} = \frac{N_2}{N_1}$$

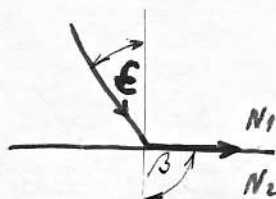
$$\rightarrow \sin \beta = \frac{N_1}{N_2} \cdot \sin d$$

1.) $N_1 < N_2 \Rightarrow \sin \beta < \sin d \sim$ láme sa ku kolnici

Prechádza s väčším ind. lomu : opticky hustejšie.

2.) $N_1 > N_2 \Rightarrow \sin \beta > \sin d \sim$ l. sa od kolnice

Úplný odraz:



$\sim$ totálna reflexia : $\frac{\sin E}{\sin \beta} = \frac{N_2}{N_1}$

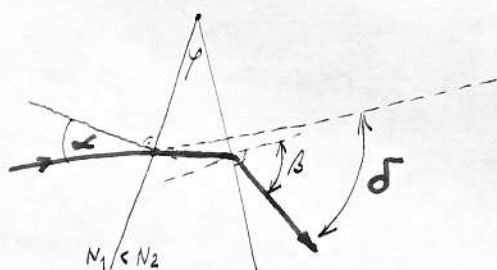
podmienka pre \$E\$ — $\sin E = \frac{N_2}{N_1}$

Ak svetelný lúč vykoná v prostredí \$N\$ dráhu dĺžky \$l\$:

\$N \cdot l = d \sim\$ navišva sa optickou dráhou svet. lúča.

\$N \cdot l = l_0 \sim\$ je dráha akú by lúč vykonal vo vákuu. \$l_0 > l\$

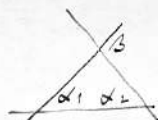
Lom svetla optickým hranolom



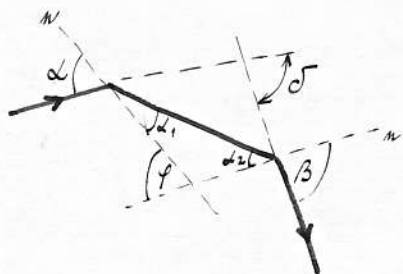
\$\varphi\$ - lámavý uhol

\$\cdot\$ - lámavá hrana (na \$L_0\$ v \$\perp\$ rov. dopadá lúč)

\$\delta\$ - deviáčný uhol



$$d_1 + d_2 = \beta$$



$$\delta = (L - L_1) + (L - L_2) = L + L - (L_1 + L_2)$$

$$\delta = L + L - \varphi$$

$$\frac{\sin \delta}{\sin \alpha_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{\sin \delta_2}{\sin \beta} = \frac{N_1}{N_2}$$

Pre φ mali: $\sin \varphi \approx \varphi$

ozm.: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{n}$

$$\sin \delta_1 = \frac{N_2}{N_1} \sin \delta$$

$$\sin \delta_2 = \frac{N_1}{N_2} \sin \beta$$

$$L_1 \approx \frac{1}{n} L$$

$$L_2 \approx \frac{1}{n} L$$

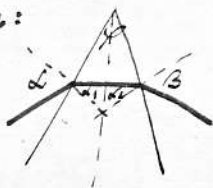
pro dos:

$$\delta = n \cdot L_1 + n \cdot L_2 - \varphi = n(L_1 + L_2) - \varphi = n\varphi - \varphi$$

$$\underline{\underline{\delta = (n-1) \cdot \varphi}}$$

Pre mali uhly δ minimizujeme uhlav dopadu.

Bez dohodu:

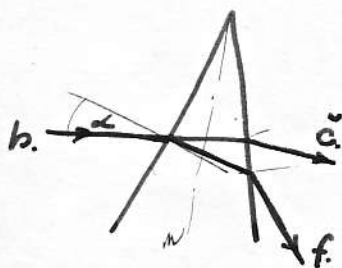


Minimalne δ , ak $L_1 = L_2$ / $L_1 = \frac{\varphi}{2}$

$$\delta_{\min} = 2L - \varphi$$

Disperzia (rozklad) svetla

na hranolom biele sv. sa rozkladá na zložky dĺžky.



Index lomu je konšt. len pre monochromatické svetlo

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

$$n \sim \frac{1}{\lambda^2}$$

$$\frac{\sin \delta}{\sin \beta} = n$$

$$\rightarrow \sin \beta = \frac{1}{n} \sin \delta$$

$$\sin \beta \sim \lambda^2 \sin \delta$$

Najkratší λ - fialové sv.

Najv. λ - červené sv.

Optické zobrazovanie.

divergentné, rozbiehavé svetelné lúče.

priame videnie - sv. lúče vchádzajú od zdr. priamo do oka.

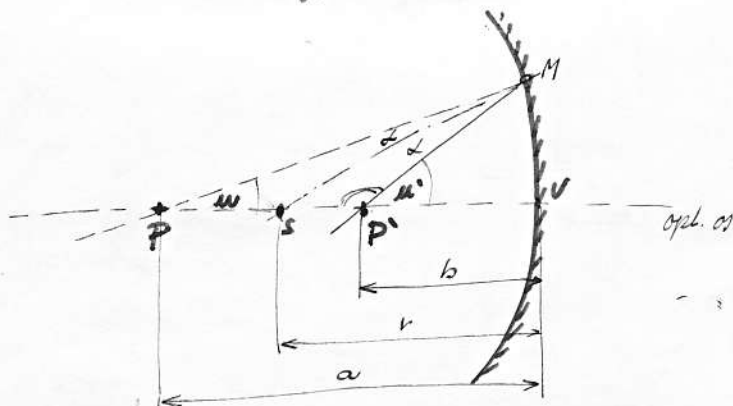
Oko sledať predmet v priesečníku lúčov.



Obrar: reálny, skutočný - v ktorom sa sv. lúče prelínajú skutočný, virtuálny - obrar; sv. l. sa prelínajú len v predt.

Kolineárne zobrazenie (sa nach. len pre malé predmety)

Gulové zrkadlá: vypuklé, duté.



$\triangle PSM$

$$\frac{\sin u}{\sin \phi} = \frac{r}{a-r}$$

$\triangle P'SM$

$$\frac{\sin \phi}{\sin(\pi-u')} = \frac{r-b}{r} = \left| \frac{\sin \phi}{\sin u'} \right|$$

$$\frac{a-r}{r} = \frac{\frac{\sin \phi}{\sin u}}{\frac{\sin \phi}{\sin u'}} \Rightarrow \frac{a-r}{r-b} = \frac{\sin u'}{\sin u}$$

pre malé uhly

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin u' \approx \tan u' = \frac{VM}{b} \\ \sin u \approx \tan u = \frac{VM}{a} \end{array} \right. \quad \frac{a-r}{r-b} = \frac{\frac{VM}{b}}{\frac{VM}{a}} = \frac{a}{b} \quad / \cdot b(r-b)$$

$$ab-rb = ar-ab$$

$$ar+br = 2ab \quad / \cdot \frac{1}{abr}$$

nicholova zobrazovacia rovnica
gulového zrkadla:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r}$$

Pri vyppokl. sr. r je záporné číslo.

Bod na optické ose, ktorého obraz je v ∞ na masívnej predmetovej ohnisko: $b = \infty \Rightarrow a = f$

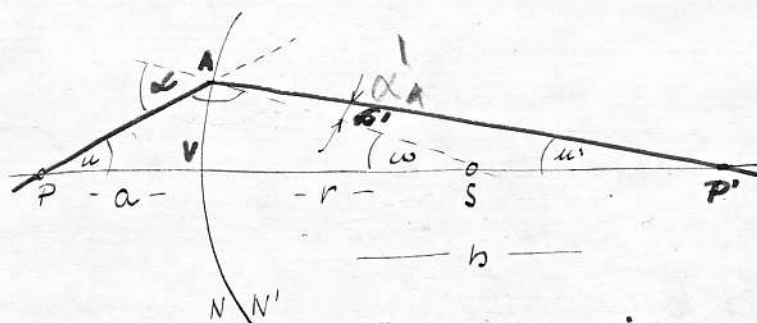
Obraz príslušajúci bodu leži na opt. ose v ∞ na mas. obrazovej ohnisko: $a = \infty \Rightarrow b = f'$

$$\begin{aligned} \frac{1}{a} + \frac{1}{\infty} &= \frac{2}{r} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{r} \rightarrow f = \frac{r}{2} \\ \frac{1}{\infty} + \frac{1}{b} &= \frac{2}{r} \rightarrow f' = \frac{r}{2} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\frac{1}{a} + \frac{1}{\infty} = \frac{2}{r}} \right\} \text{u guľových zrkadiel } f = f'$$

Vzd: predmet-ohnisko : x
obraz - ohn. : x' } ohniskové súradnice: $b = x' + f$
 $a = x + f$

Newtonov zobrazovací vzor: $\frac{1}{x+f} + \frac{1}{x'+f} = \frac{1}{f} \Rightarrow x \cdot x' = f^2$

Lom na guľovej ploche:



4PSA

$$\frac{\sin u}{\sin(\pi - u)} = \frac{r}{a+r}$$

ΔP'SA

$$\frac{\sin u'}{\sin \alpha'} = \frac{r}{b-r}$$

$$\frac{\frac{r}{a+r}}{\frac{r}{b-r}} = \frac{\frac{\sin u}{\sin \alpha}}{\frac{\sin u'}{\sin \alpha'}}$$

$$\Rightarrow \frac{b-r}{a+r} = \frac{\sin u}{\sin u'} \cdot \frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha}$$

$$\frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} = \frac{N}{N'}$$

$$\sin u = \tan u = \frac{AV}{a}$$

$$\sin u' = \tan u' = \frac{AV}{b}$$

$$\frac{b-r}{a+r} = \frac{\frac{AV}{a}}{\frac{AV}{b}} \cdot \frac{N}{N'} = \frac{b}{a} \cdot \frac{N}{N'} \quad | \cdot (a+r) \cdot a$$

$$\frac{N}{a} + \frac{N'}{b} = \frac{N' - N}{r} \Rightarrow x \cdot x' = f \cdot f'$$

$$a = \infty \quad b = f'$$

$$\frac{N'}{f'} = \frac{N' - N}{r} \rightarrow \frac{1}{f'} = \frac{N' - N}{r} \cdot \frac{1}{N'}$$

obdobne:

$$\frac{1}{f} = \frac{N' - N}{r} \cdot \frac{1}{N}$$

Zvážení obrázku:

$$m = \frac{y'}{y} \quad \text{boční zvážení}$$

$$m = -\frac{r-b}{a-r} = \frac{b-r}{a-r} \quad \left(\text{dla } r=2f \text{ na } a \text{ na } r=\frac{1}{2}f \right)$$

$$z = \frac{f-b}{f}$$

$$m = -\frac{b}{a}$$

$$m = -\frac{x'}{f} = -\frac{f}{x}$$

Tenké šošovky

1. XII 1966

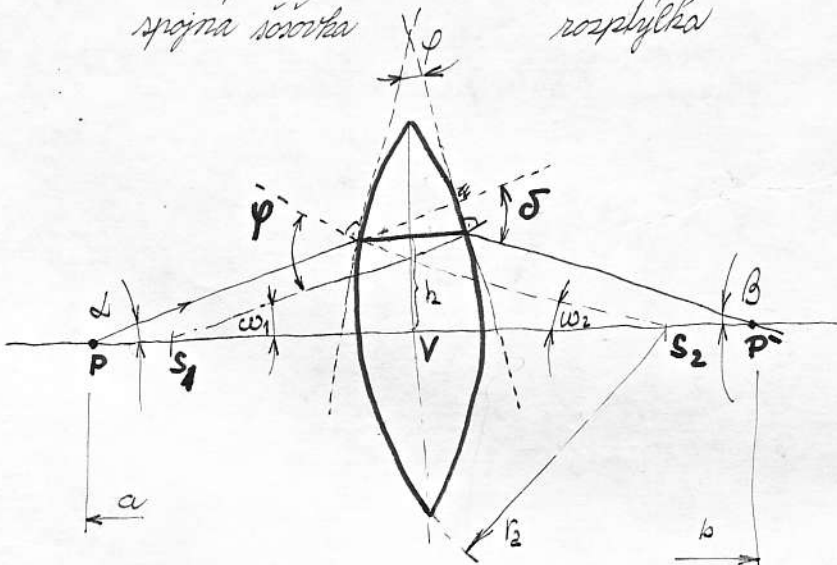
Ohraničenie vypukl. ... povrchmi, rovinou.

0

I II

spojná šošovka

rozptyľka



$$\delta = (m-1)\varphi$$

$$\delta = (m-1)\varphi = (m-1) \cdot \omega_1 + \omega_2 = \varphi = (m-1) \cdot \omega_1 + \omega_2$$

$$\delta = \alpha + \beta$$

$$\alpha = \lg \alpha = \frac{h}{a}$$

$$\beta = \lg \beta = \frac{h}{b}$$

$$\omega_1 = \lg \omega_1 = \frac{h}{r_1}$$

$$\omega_2 = \lg \omega_2 = \frac{h}{r_2}$$

$$\frac{h}{a} + \frac{h}{b} = (n-1) \left(\frac{h}{r_1} + \frac{h}{r_2} \right)$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = (n-1) \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right] \quad \sim \text{robnarovacia rovnica tenkej s\text{os}ovky}$$

Ak sa dokladá, že polomery g. plôch u rozptyľky porovnávajú sa, platí robn. rovnica.

Pre rozptyľku aj b bude záporné.

Zravnienková dohoda: predmetové vzdialenosti porov. na hladn. proti smeru postupujúceho, dopad. svetla, počítajúc od vrcholu.
obraz. porov. na + v smere postupujúceho svetla

Ohraničové vzdialenosti:

$$a = \infty \quad b = f'$$

$$b = \infty \quad f = a$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{f'} = (n-1) \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right]$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{\infty} = (n-1) \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right]$$

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f} = (n-1) \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right]$$

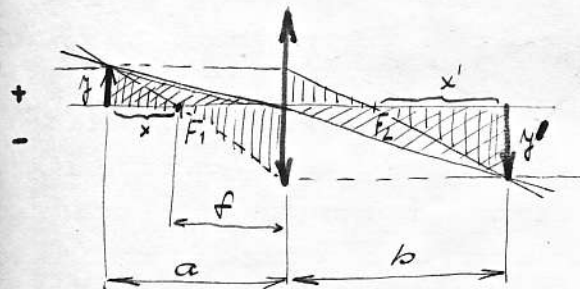
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\text{Ak: } a = x + f \quad b = x' + f : \quad \frac{1}{x+f} + \frac{1}{x'+f} = \frac{1}{f} \Rightarrow x \cdot x' = f^2$$

x - vzd. predmetu od ohniskovej

$$\frac{1}{f} = D \quad \sim \text{optická mohulosť [dioptria]} \\ [D] = \frac{1}{m}$$

Zväčšenie obrazu:



$$K = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f}$$

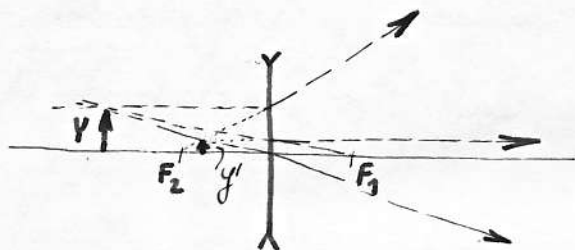
$\underbrace{\quad}_{\text{f. III}} \quad \underbrace{\quad}_{\text{pravo IIII}}$

Konstrukcia obrazov.

Predmet pred ohn. vzdialenosťou : obrátený ; zväčšený ; skutočný.



: zväčš., priamy; virtuálny. obraz



: zmenš., priamy; virtuálny obraz

Optické prístroje:

ľudské oko:

schopnosť akomodácie : spojit' zmeniť opt. mohutnosť.

Bod ďaleký : bod na opt. osi ; ktorým pozorujeme bez akomod.

Bod blízky : bod, ktorým oko ešte s akomod. vidí. ($\approx 7cm$)

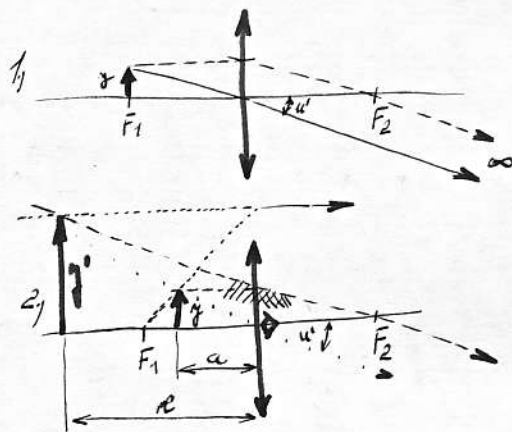
25cm - konvenčná vzdialenosť (pre norm. oko)

Schopnosť rozlíšenia 2 bodov : norm. uhol $\geq 1^{min}$.

Zväčšovanie norm. uhlá : lupa, ďalekohľ., mikrosk.

Uhlové zväčšenie : $\Gamma = \frac{u'}{u}$ ~ uhol pod ktorým vid. s opt. prístrojom
~ norm. okom.

Lupa: *tenká spojná čočka.*



$$\begin{aligned} u &= l u = y/l \\ u' &= l u' = y'/f \end{aligned}$$

$$z = \frac{u'}{u} = \frac{\frac{y'}{f}}{\frac{y}{l}} = \frac{l}{f} = \underline{\underline{D \cdot l}}$$

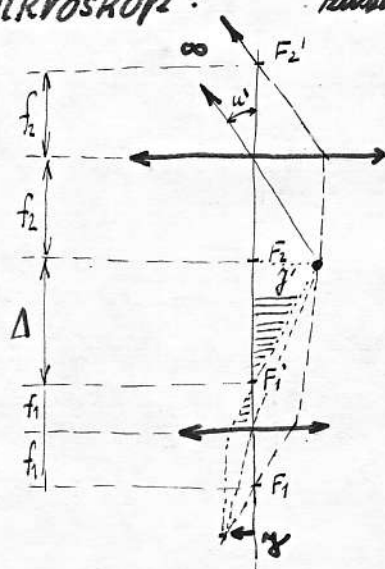
$$\begin{aligned} u' &= l u' = \frac{y'}{f} \\ u &= l u = \frac{y}{f} \end{aligned}$$

$$z = \frac{u'}{u} = \frac{\frac{y'}{f}}{\frac{y}{l}} = \frac{y'}{y} = \left. \begin{aligned} & \approx \Delta \cdot \frac{1}{f} \\ & M = \frac{l+f}{f} = \frac{l}{f} + 1 = D \cdot l + 1 \end{aligned} \right\}$$

$$M = \frac{l+f}{f} = \frac{l}{f} + 1 = D \cdot l + 1$$

Max. zvětšení $\sim 30\times$.

Mikroskop: *dvě spojné čočky. - objektiv, okulár.*



Obj. vytvoril obraz v predmetovej ohnisku. (v rovine) okuláru. (neakomod.)

bez opt. m. $y \frac{l}{r}$

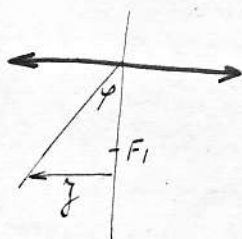
$$\begin{aligned} K &= \frac{u'}{u} = \frac{l u'}{l u} = \frac{\frac{y'}{f_2}}{\frac{y}{f_1}} = \frac{y'}{y} \cdot \frac{f_1}{f_2} \\ \frac{y'}{y} &= \frac{\Delta}{f_1} \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} & \rightarrow \\ & \end{aligned} \right\}$$

Δ - je charakteristická vzd. pre m. - optický interval mikroskopu

$$M = \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{l}{f_2} = M_1 \cdot M_2$$

Kde zmenšujeme f - zväčšenie rastie

Rozlišovacia schopnosť mikroskopu:



- závis. od indexu lomu

- od uhla φ (apertúra) [$\neq$ hrany predm. čoč. - opt. a.

- od vlnovej dĺžky prouč. svetla.

min. rozmery predmetu: $\Delta l \geq \frac{\lambda}{2n \cdot \sin \varphi}$

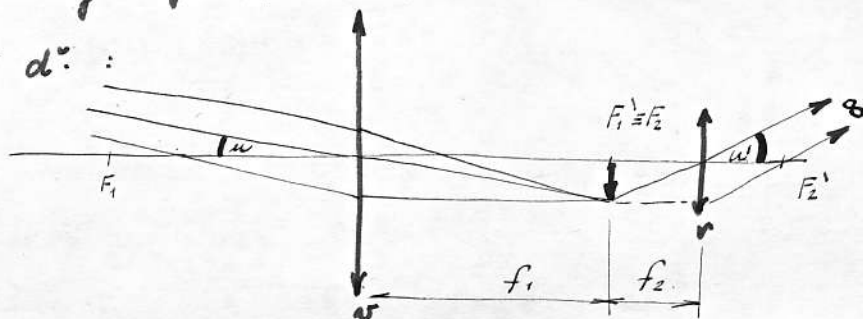
Numerická apertúra: $n \cdot \sin \varphi$.

Najmenšie predmety pri zobrazení: $\frac{d}{2} \approx 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$

Dalekohľad:

reflektory - šošovkové
refraktory - guľ. skladla

Galeleiho d.:

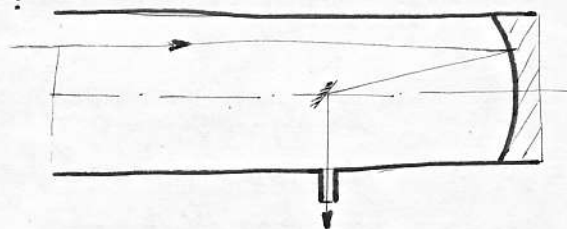


opt. interval: Δ

$$\gamma = \frac{u'}{u} = \frac{\lg u'}{\lg u} = \frac{\frac{\gamma'}{f_2}}{\frac{\gamma'}{f_1}} = \frac{f_1}{f_2}$$

Obráz je prevrátený

reflektor:



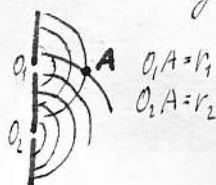
Fyzikálna ; vlnová optika

podstata svetla .. elektromagn. žiarenie.

Interferencia svetla:

[interferencia - pri šm. a vlnách]

Koharentné vlny



$$x_1 = x_0 \cos 2\pi \left(mt - \frac{r_1}{\lambda} \right)$$

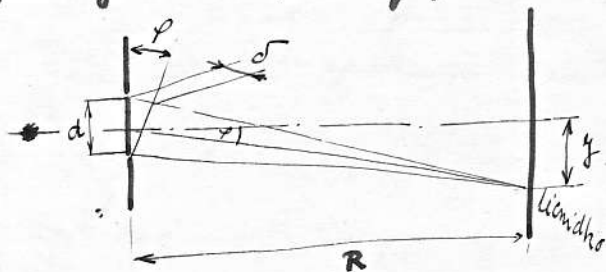
$$x_2 = x_0 \cos 2\pi \left(mt - \frac{r_2}{\lambda} \right)$$

$$A = \left| 2x_0 \cos \frac{\Delta r}{2} \right| \quad \Delta r = r_2 - r_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r$$

$$\text{Ak: } |r_1 - r_2| = k \cdot \lambda \quad \dots \dots A = \text{max.} = 2x_0$$

$$|r_1 - r_2| = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad \dots \dots A = \text{min.} = 0$$

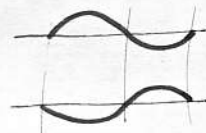
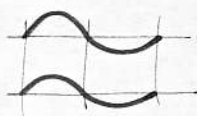
Yanng -ov interferenčný pokus



Šírking má samedb. úzke sväzov. s d

$$\sigma = d \cdot \sin \varphi \quad 1, \quad \sigma = k \cdot \lambda \dots \dots \text{vzm. svetlo č.}$$

$$2, \quad \sigma = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \dots$$



Imavé miesta

Vzdialenosť svetlých pásov od stredu:

$$\eta = R \cdot \lg \varphi$$

$$\lg \varphi \approx \sin \varphi$$

$$\eta = R \cdot \sin \varphi$$

$$\sigma = d \sin \varphi \approx d \cdot \frac{\eta}{R}$$

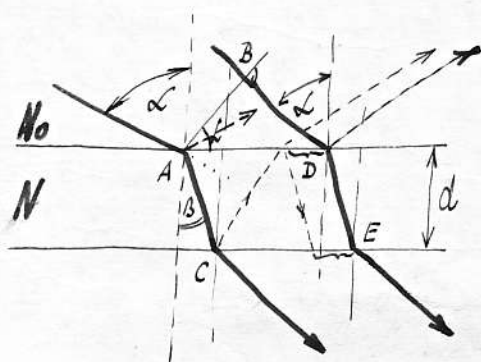
$$\text{Ak } d \frac{\eta}{R} = k \cdot \lambda \rightarrow \eta = \frac{k \cdot R \cdot \lambda}{d}$$

$k=1$ - 1. svetlý pás; ...

Vzdialenosť dvoch svetlých pásov:

$$\Delta \eta = \eta_{k+1} - \eta_k = (k+1) \frac{\lambda R}{d} - k \cdot \frac{\lambda R}{d} = \frac{\lambda \cdot R}{d} = \Delta \eta$$

Interferencia na tenkej vrstve



$$N > N_0$$

V bode D sa sketnú 2 lúče s rovnú opt. dráhu - masová interf.

$$\sigma = N \cdot (AC + CD) - N_0 \cdot BD = 2N \cdot \frac{d}{\cos \beta} - N_0 \cdot 2d \cdot \lg \beta$$

$$\cos \beta = \frac{d}{AC} \quad AC = CD$$

$$BD = AD \cdot \sin \beta = 2d \cdot \lg \beta \cdot \sin \beta$$

$$\lg \beta = \frac{AD}{2} \cdot \frac{1}{d}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \beta} = \frac{N}{N_0} \rightarrow N_0 \sin \beta = N \sin \beta$$

$$\sigma = \frac{2Nd}{\cos \beta} - 2Nd \cdot \lg \beta \cdot \sin \beta = \frac{2Nd}{\cos \beta} [1 - \sin^2 \beta] = 2Nd \cdot \cos \beta$$

ND máva interf. v odrazovom svetle; v E v prechádzajúcom svetle

$$\sigma = 2Nd \cos \beta = k\lambda \sim \text{max. amplitúda}$$

Po odraze opt. hust. prostredím dochaďa k rmenie faze o 180°
 [Ako keby lúč vykonal dráhu o $\frac{\lambda}{2}$ menšiu]

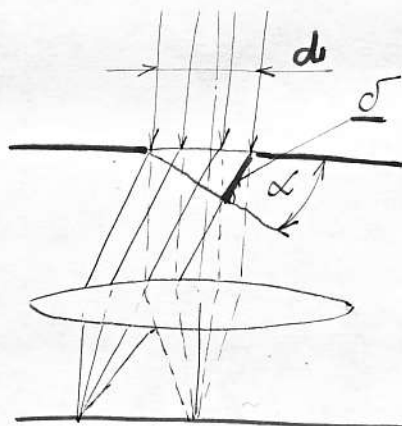
$$2Nd \cdot \cos \beta - \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda$$

$$2Nd \cdot \cos \beta = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \sim \text{pre svetlo miesto v odrazenom svetle.}$$

Pri dopade bieleho svetla vzniká spektrum na tenkej vrstve

Ohyb svetla

a) na štrbine:

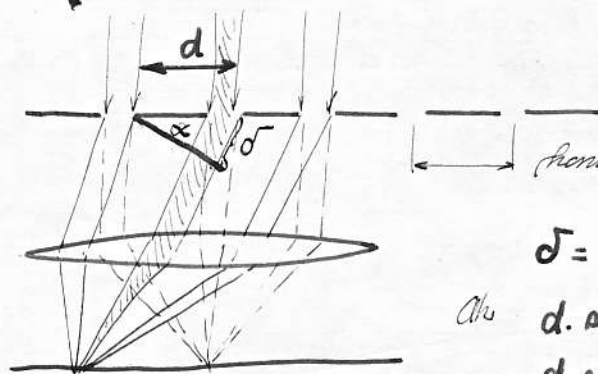


$$\delta = d \cdot \sin \alpha$$

Ak $\delta = k \cdot \lambda$, lúč sa máva
 vykomprimujú - vzn. tmavé
 miesto.

$$\delta = d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda \sim \text{podmienka pre vzn. tmav. m.}$$

b) na mriežke (sklenená doslička)



konštanta opt. mriežky = $\frac{1}{\text{počet rýh na 1 m.}}$

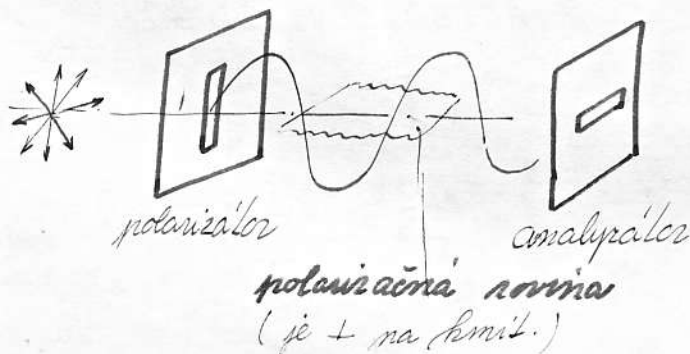
$$\delta = d \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Ak } d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda \sim \text{svetlo pásy}$$

$$d \cdot \sin \alpha = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \sim \text{tmavé pásy}$$

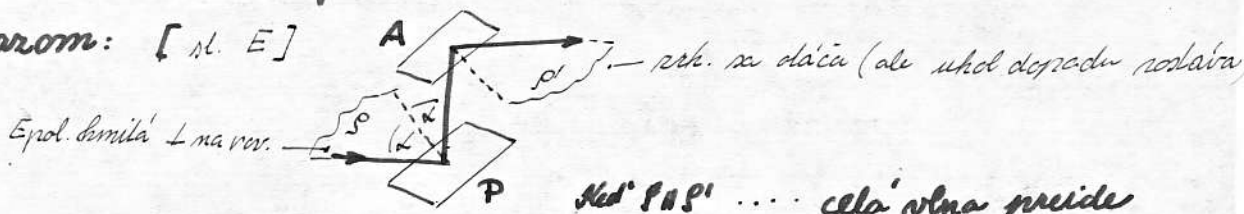
Polarizácia svetla

Nepolarizované svetlo E, H komita v premennej polohe.



Polarizácia svetelných vln:

1.) odrazom: $[N, E]$



Ked' PAP' ... celá vlna prejde
 $P \perp P'$... neprejde svetla

$\tan \phi = n$ ~ nastáva úplná polarizácia
 Brewster-ov uhol.

2.) lomom:



Podmienka takejto polariz:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{N_2}{N_1} \quad \tan \phi = n = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \sin \beta \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{2}$$

Tepelné žiarenie.

8.XII. 1969.

vlnová dĺžka väčš., ako viditeľná svetlo.

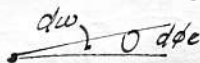
Keď je porovnávajú na veľk. počtu elektromagn. rezonátorov
 oscilátorov - bodových.

Energia, ktorú vyžiara povrch plosk. telusa za jednot. času:
 žiariaci tok: Φ_e

Množstvo žiariacej energie vych. z plochy jednotky do polpr.
 toku sa nazýva: intenzita vyžarovania

$$H_e = \frac{d\Phi_e}{ds} \quad [W m^{-2}]$$

Žiariivosť: I_e - podiel ž. toku a priest. uhla: $I_e = \frac{d\Phi_e}{d\omega}$



$[W/sr]$

Ožarovanie: $E_e = \frac{d\Phi_e}{ds}$ (ž. tok, ktorý dopadá na plochu)

Monochromatická (spektrálna) intenz. vyžarovania: časť energie,
 ktorá pripadá na časť vln. dĺžky (λ i $\lambda + d\lambda$):

$$H_\lambda = \frac{dH_e}{d\lambda}$$

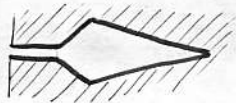
Ž. vln.: 1. mechanická, 2. sú odrazenie, 3. sú pohltenie:

Emisná pohľadávací n.e. to celk. dopad. en. - pomerom pohľadávací
 Δ_λ - spektrálna pohľadávací - pohľ. čast' k celkovej dopad. en.
 v oblasti $(\lambda; \lambda + \Delta\lambda)$.

Kirchhoff-ove zákony: $\frac{H_\lambda}{\Delta_\lambda} = \phi(T)$

$$\frac{H_\lambda}{\Delta_\lambda} = F(\lambda, T)$$

Pre absolútne čierne teleso (n.e. dopad. energii pohľadávací: $\Delta_\lambda = 1$):

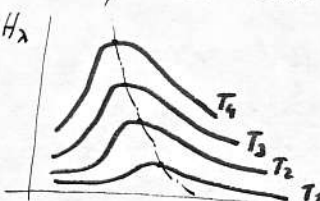


Stefan - Boltzmann: ($\Delta_\lambda = 1$);
 pre abs. čierne teleso.

$$H_0 = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$$

Wien: H_λ



$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = b = \text{konst.}$$

$$b = 0,0028 \text{ m deg}$$

[Wienov zákon] - maximum vyž. sa posúva smerom k nižším vln.

Planck: hyp. n.e. sa n.e. vyskytuje po kvantách:

$$H_{0\lambda} = \frac{2\pi^5 c^2}{15 \lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1)}$$

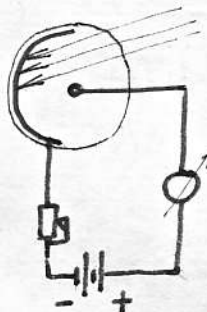
$$E = h \cdot \nu$$

$$h = 6,24 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

[Planck-ov vyjadrovací zákon]

Fotoelektrický jav

Ob mechan. dopadom svetla (vlnit' λ) na kov, z ktor. vychádzajú elektr. fotoelektróny.



Na vysvetl. tohoto javu potre. teória:
 energia sa šíri po kvantách. $E = h \cdot \nu$

Fotón po dopade odovzdá kin. energiu.
 Elektron musí prekonať výstupnú prácu.

- 1.) počet elektr. uvoľn. za jednotku času je úmerný intenzite osvetlenia
- 2.) energ. vyž. elektr. merajúci od intenz. dopad. svetla ale výlučne od jeho frekvencie.
- 3.) že tam, kde sa st. vôbec uvoľníť $\nu_{\text{min}} \geq \text{charakteristická frekvencia.}$

$$h\nu = A + \frac{1}{2}mv^2$$

$m_e \cdot v$ - elektrón
A - výstupná práca

$$h\nu_0 = A \rightarrow \nu_0 = \frac{A}{h}$$

ν_0 - charakteristická frekvencia - závisí od kvality materiálu.

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

napr.: N_0 : žlté svetlo - 5800

Základ atmovej fyziky

Teória elektronového obalu
jadrovej fyziky.

Základy t.e.o. atómu:

Planetačný model (pohyb najmenších telies už boli známe)

okolo jadra (+) obiehajú po elipt. dráhak elektróny (-)

Maxwell. - teória elektromagn. pol. - Planetačný model
je nestabilný z hľadiska elektrodinamiky.

Bohr. ov model (zaviedol postuláty)

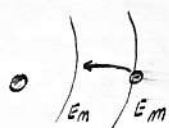
1. Elektrón môže trvale kružiť okolo jadra len v m
ktorých kruhových dráhak, ktorých polomer:

$$2\pi mvr = nh$$

(energia sa numere spojit' meria)

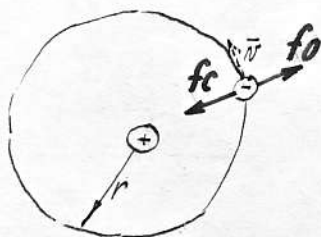
h - Planckova konšt.
 n - kvantové číslo 1, 2, 3, ...

2. Pohyb el. obiehajúci ním. ko svojich kv. dráh
nemýňajúci žiadnu energiu.
3. Pri prechode elektrónu na inú kv. dráhu,
ktorá má menšiu energiu, vyžiari foton, ktor
ho energia sa rovná úbytku energie elektrónu:



$$h\nu = E_m - E_n \quad | E_m > E_n$$

Bohrova teória vodíkového atómu.



$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1)$$

$$2\pi m \cdot v \cdot r = n \cdot h \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} (2): r &= \frac{n \cdot h}{2\pi m v} \\ (1): \frac{mv^2}{r} &= \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \end{aligned} \right\}$$

$$mv^2 = \frac{e^2 \cdot 2\pi m}{4\pi\epsilon_0 n \cdot h} \Rightarrow v = \frac{e^2}{2\epsilon_0 n h}$$

$$r = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} \cdot \frac{1}{n} \quad \xrightarrow{+ (r)}$$

$$r = \frac{mh}{2\pi m} \cdot \frac{n \cdot 2\epsilon_0 h}{e^2} = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m e^2}$$

$$r_1 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$$

$$r_2 = \dots$$

$$\underline{\underline{r_m = r_1 \cdot m^2}}$$

→

Frekvencia fotónu

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad / \quad \omega = \frac{v}{r}$$

$$f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{\frac{e^2}{2\epsilon_0 m h}}{2\pi \cdot \frac{\epsilon_0 m^2 h^2}{\pi m e^2}} = \frac{m e^4}{4 \epsilon_0^2 h^3 n^3}$$

1. dráha:

$n=1$

$$r_1 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = 0,53 \text{ \AA}$$

$$r_m = r_1 \cdot m^2$$

$$v_1 = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} = 0,007 \cdot c$$

$$v_m = \frac{v_1}{m}$$

$$f_1 = \frac{m e^4}{4 \epsilon_0^2 h^3} = 6,579 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

$$f_n = \frac{f_1}{n^3}$$

$$6,579 \cdot 10^{15} = 2N \rightarrow N = \frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3} \sim \text{Rydbergov konštant}$$

Celková energia elektrónu

na n -tej dráhe:

$$W = W_p + W_k$$

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{W_p}{e} \rightarrow$$

$$W_p = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^2 \cdot \frac{\pi m e^2}{2\epsilon_0 h^2 n^2}}{4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{\epsilon_0 m^2 h^2}{\pi m e^2}} = -\frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2}$$

$$W_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{m \cdot e^4}{2 \cdot 4 \epsilon_0^2 h^2 n^2} = \frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2}$$

$$W = -\frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2} = -\frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

$$\underline{\underline{W = -N h^2 \cdot \frac{1}{n^2}}}$$

väčší polomer dráhy - väčšia energia

→

Vyžiarená energia
 $n < m$

$$h \cdot \nu = E_m - E_n = -\frac{N h^2}{m^2} + \frac{N h^2}{n^2}$$

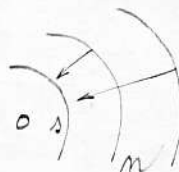
$$\nu = N \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \sim \text{frekv. vyžiarených energií}$$

$$\frac{N}{c} = R \sim \text{Rydbergov konštant} \quad \left[\frac{\nu}{c} = \frac{1}{\lambda} = \sigma \right]$$

$$\frac{\nu}{c} = \frac{N}{c} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

$$\underline{\underline{\sigma = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)}}$$

$$R = \frac{N}{c} = 1,09737 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$



Elektron na dráke ktorá má najnižšiu energ. - energ.
el. sa nachádza v nezbudenom stave.
Ozárnením ... , dostáva el. - energiu $\rightarrow$ prechádza na väčš. dráhu
sa nachádza vo vzbudenom stave; nestály stav.
Atóm vyži. energiu, keď elektron prechádza na menš. dráhu.

Vodíkové spektrum

Už odvod. vzorcov sme predpokl., že jadro je v klude. (J. a elektr.
sa pohybujú okolo spoločného ťažiska.)

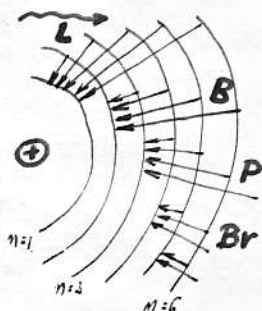
Hmotnosť el. redukujeme: $m = \frac{m_e}{1 + \frac{m_e}{m_j}}$

$R_\infty = R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
 $m_j \rightarrow \infty$

$R_{m_j} = \frac{R_\infty}{1 + \frac{m_e}{m_j}}$ (pre presný výp.)
 $m_j \neq \infty$

$\sigma = R_{m_j} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$

$\frac{m_e}{m_j} = \frac{1}{1836} \rightarrow R_H = \frac{R_\infty}{1 + \frac{1}{1836}} = 1,09678 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$



$n=1 \quad \sigma_1 = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right)$

$\sigma_L = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+2)^2} \right)$

Lyman -ova séria

$n=2 \quad \sigma_1' = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right)$

Balmer -ova séria - séria viditeľného svetla.

$n=3$

Paschen -ova séria

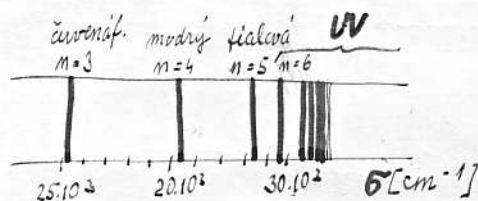
$n=4$

Bracketova s.

$n=5$

Pfundova s.

Bs.

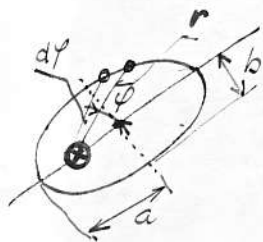


spektrum je charakteristické
pre každý prvok.

Sommerfeldova teória eliptických dráh.

zistiť rozdelenie mŕkových čísel.

Elektr. sa môže pohybovať aj po eliptických dráhach



Elipsa: $2\pi m v r \cdot \frac{a-b}{b} = m_r \cdot h$ radiálna podmienka

$2\pi m v r = m_\varphi \cdot h$ azimutálna -"-

m_r - radiálne kv. číslo

vydelením: $\frac{a-b}{b} = \frac{m_r}{m_\varphi} \rightarrow \frac{a}{b} - 1 = \frac{m_r}{m_\varphi} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{m_r + m_\varphi}{m_\varphi}$

$m_r + m_\varphi = n$

$\frac{a}{b} = \frac{n}{m_\varphi}$

$m = 1, 2, 3 \dots$
 $m_\varphi \leq n$

$m > 0$
 $0 < m_\varphi \leq n$

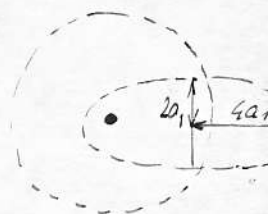
Príkl. na výp. kv. dráh.

K $m=1 \rightarrow m_\varphi=1 \Rightarrow$ kružnica: $a_1=b_1=r$

L $m=2 \rightarrow m_\varphi=1 \Rightarrow a'_1=4a, b'_1=2a$, elipsa

$m_\varphi=2 \Rightarrow$ kružnica: $a_2=b_2=r=4a$

M $m=3 \rightarrow m_\varphi=1, 2, 3$



Ked' hlavné kvantové číslo n je yrdocine, energie sú rovnake.

Magnetické vlastnosti atómu

elementárna slučka:



$I = \frac{e}{T}$

Magnetický moment: $M = \mu_0 I \cdot S = \mu_0 \frac{e}{T} \cdot S$ | S - plocha

$dS = r \cdot d\varphi \cdot \frac{r}{2} = \frac{1}{2} r^2 d\varphi$

$S = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} r^2 d\varphi$

moment hybnosti $p_\varphi = m v r$ | $v = r \omega$
 $p_\varphi = m r^2 \omega = m r^2 \frac{d\varphi}{dt}$

$r^2 = \frac{p_\varphi}{m} \cdot \frac{dt}{d\varphi}$

$S = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \frac{p_\varphi}{m} \cdot \frac{dt}{d\varphi} \cdot d\varphi = \frac{1}{2} \frac{p_\varphi}{m} \cdot T$

$M = \mu_0 \cdot \frac{e}{T} \cdot \frac{1}{2} \frac{p_\varphi}{m} \cdot T = \frac{\mu_0 e}{2m} \cdot p_\varphi$

$\sim$ orbitálny magn. moment

magnetický moment súvisí s mechanickým.

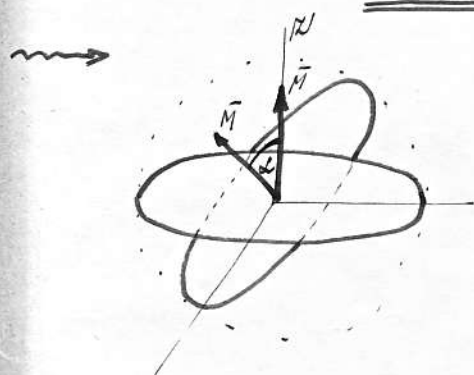
$$\left. \begin{aligned} mvr &= p_r \\ 2\pi mvr &= m_r \cdot h \end{aligned} \right\} mvr = \frac{h}{2\pi} \cdot m_r \quad \left| \frac{h}{2\pi} = \hbar \right.$$

$$M = \frac{\mu_0 e}{2m} \cdot \frac{h}{2\pi} \cdot m_r = \frac{\mu_0 e \cdot h}{4\pi m} \cdot m_r \sim \text{magn. moment} \text{ je kvantovaný}$$

ak $m_r = 1$ $M = M_B$ - Bohrov magneton

$$= \frac{\mu_0 e h}{4\pi m} = 1,165 \cdot 10^{-29} \text{ Vs m} \sim \text{najmenšia hodnota magn. m.}$$

$$M = M_B \cdot m_r$$



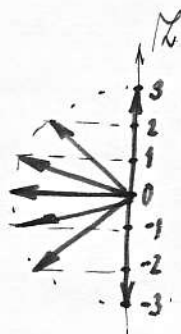
Orientácia dráhy.

$$m_r \cos \alpha = m \sim \text{magnetické kv. číslo}$$

$$m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots \pm m_r$$

$m_r = 3$

$m = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3$



15. XII. 1969

$m_r = 1$: $m = -1; 0; +1$.. orientácia magn. mom

energetické hladiny sa rozostávajú v upole $m=0$?

kvant. : $l = 0; 1; \dots (n-1)$ ~ podlažie kv. číslo.

$$m = 0; \pm 1; \pm 2 \dots \pm l$$

El. vlnová aj rot. pohyb okolo vlastnej osi: $m \dots (2l+1)$ hodnôt môže byť
El. má magnetický aj mechanický spinový moment.

$$M_s = S \frac{h}{2\pi} \quad A = \pm \frac{1}{2}$$

$M = \frac{\mu_0 e}{2m} \cdot p_r$ ~ orbitálny magn. moment.

$M_s = \frac{\mu_0 e}{m} \cdot p_s$ ~ spinový magn. moment.

Úplný systém kvantových čí.

1. hlavní kv. číslo : $m = 1, 2, 3, 4, \dots$
charakt. energetickou sféru, v které se elektron nachází
 $K, L, M, N, \dots$
2. vedlejší kv. číslo : $\ell \sim$ určuje tvar dráhy (kruh, elipsa, ...)
charakt. vedlejšího momentu elipsy.
 $0 \leq \ell \leq (m-1)$
3. magnetické kv. č. : $m = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3, \dots, \pm \ell$ celkem $(2\ell+1)$ hodnot
určuje přísl. orientaci roviny dráhy elektronu, pom.
přímku vektoru magnet. dráhového momentu do
směru vnitř. mag. pole.
4. spinové kv. č. : $s = \pm \frac{1}{2}$
úř. spinový moment.

Pauliho vylučovací princip.

V jednom atomu 2 elektrony nemohou mít vs. 4 kvantové čísla rovnaké. ($\Rightarrow$ na 1 dráhu mohou být max. 2 elektrony)
Elektrony se usazují tak, aby byli v nejnižším energ. stavu (s min. energií).

Max. počet elektronů v 1 sféře :

$$\left. \begin{array}{l} \text{kombinace (3); (4)} : 2(2\ell+1) \\ (2) \end{array} \right\} \sum_{\ell=0}^{m-1} 2(2\ell+1) = \text{max. počet v 1 sféře}$$

$$\sum_{\ell=0}^{m-1} 2(2\ell+1) = \frac{1. \text{ člen} + \text{poslední člen}}{2} \cdot \text{počet členů} = \frac{2 + 2[(m-1) \cdot 2 + 1]}{2} \cdot m$$

$$= (1 + 2m - 2 + 1) \cdot m = 2m^2$$

Počet dráh v 1 sféře : $\frac{2m^2}{2} = m^2$

[zkratka : počet elektronů hlavního kv. č. n]

n	l	m	Δ	m^2 počet dráhy	$2m^2$ počet elektr.	ozn. sféry	ozn. suply
1	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	1	2	K	1s
2	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	1	2	L	2s
	1	-1; 0; +1	$\pm \frac{1}{2}$	3 } 4	6 } 8		2p
3	0	0	$\pm \frac{1}{2}$	1	2	M	3s
	1	-1; 0; +1	$\pm \frac{1}{2}$	3 } 9	6 } 18		3p
	2	-2; -1; 0; +1; +2	$\pm \frac{1}{2}$	5 } 25	10 } 30		3d

s, p, d, f :

s - scharok (ostrá reťia)
 p - princípal (hlavná s.)
 d - difúzna s.
 f - fundamentálna s.

} v spekt. analýze

Atomové jadro.

16. XII. 196

Základné elementárne častice a ich vlastnosti:

Atomové jednotky: $h_j = u$

~ je def. ako $\frac{1}{12}$ hmotnosti
 uhlika $^{12}_6\text{C}$. $\rightarrow 1u = \frac{1}{12} \frac{M}{N} = \frac{1}{12} \frac{12}{6 \cdot 10^{23}}$
 $= 1,6604 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$

elektron-volt : $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1 \text{ eV}$

1. Kludová hmotnosť: m_0 - hmotnosť, meraná v poklese v klude
 je najmenšia možná hodnota. ($N < 2\%$)

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

/ v - rýchlosť svetla

elektrický náboj - je pro vt. mikročástice rovný celistvému počtu + nebo - element. náboje (náboj elektronu.)

Spin. - $\pm \frac{1}{2}$

a.) Polní částice: foton, - celková hmota = 0
 magn. moment = 0
 výsl. elektr. náboj = 0
 při daný rychl. má rychlost - svět při depa

graviton - teoretická mikročástice (analógi s el. polo

b.) Leptony: elektron - $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ - slaba částice
 pozitron - antičástice k elektr. $\sim e^+$
 (spřeknutím 2 antičástic vznikne elmag. vlnění - foton)
 neutrino - výsl. rel. náboj = 0 hmotnost $m = e^+ = e^-$
 (překročí prostřední ke nepřehlédnutí)

mezony: $K \Pi$ $\sim 960 \times \text{el. hmotnost}$; $K^+; K^-$
 výsl. magn. moment = 0
 $\sim 260 \times \text{el. hmotn.}$; $\Pi^+; \Pi^-$

hyperony $\sim$ dnu sm. nejzákladnější částice.

$\Lambda \Sigma \Xi$ ($2; 5; 5$) $\sim 2500 \text{ hmotn. elektr.}$

c.) Nukleony: proton - $1836 \times \text{el. hmotn.}$; náboj = $e^+ = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
 neutron - " - ; výsl. el. n. = 0

Stavba atomového jádra

podst. část tvoří nukleony. Počet protonů v jádře: at. číslo
 Počet nukleonů: hmotnostní číslo A.

$$\begin{matrix} A & Z \\ Z & \end{matrix}$$

počet neutronů: $A - Z$

Vázková energie jádra:

hmotnost izolované částice je větší.

(Ma náleže se potřebují práce)

$$\Delta W = \Delta m \cdot c^2$$

hmotnostní defekt - Energie: vázková energie jádra.

$\leadsto$

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{jádra}}$$

(energie se uvolňuje při rozkladu jádra - atom. reakce)

$$W_f = \Delta m \cdot c^2 = (2,99793 \cdot 10^8)^2 \cdot 1,6604 \cdot 10^{-27} \text{ Am} \quad [2,41]$$

$$W_f = 2,99793^2 \cdot 10^{16} \cdot 1,6604 \cdot 10^{-27} = 1,602 \cdot 10^{19} \text{ Am} = \underline{\underline{931,8 \text{ Am MeV}}}$$

Prirodzená radioaktivita

Bequerel, Curie, žiarenie: α, β, γ

Nastáva kvalitatívna zmena prvkov.

Radiálny náhon:

Predp.: "mávdynodobnosť" rozpadu v danom čas. interv. je rovná jednotlivému časovému intervalu: λ

Δt :

"mávdynodobnosť" premery: $dp = \lambda \cdot dt$

predp. v čase t máme n jadier, za čas dt je n na priemeri ΔV jadier

$$dm = -dN$$

úbytok z celk. počtu počt rozpadnutých

$$dn = -\lambda \cdot dt$$

$$dm = -m \cdot \lambda \cdot dt \quad (\text{počet rozp. je úmerný aj } m)$$

$$\frac{dm}{m} = -\lambda \cdot dt \quad - \text{dif. rovn.}$$

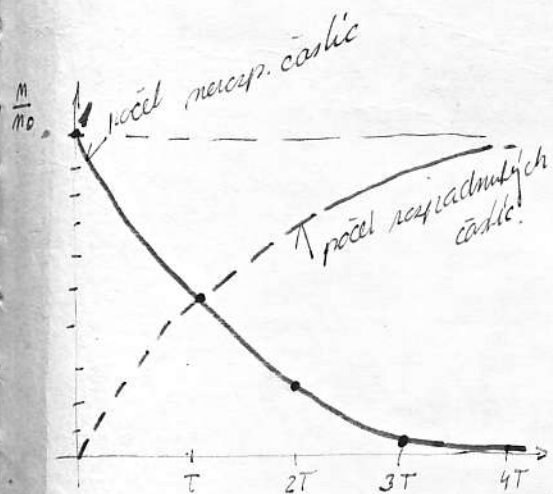
$$m = e^{-\lambda t} \cdot m_0$$

m - počet nesp. jadier
 m_0 - počiatočný počet
 λ - konštanta (miera)

λ - rozpadová konštanta: $[\text{s}^{-1}]$

Polčas rozpadu - doba, za ktorú sa n počet množstva radioakt. jadier rozpadne polovičný počet

$$m = \frac{m_0}{2} \quad \dots \quad t = T \quad | T - \text{polčas rozp.}$$



$$\frac{m_0}{2} = m_0 e^{-\lambda T} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \rightarrow -\ln 2 = -\lambda T$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t}$$

$$\frac{m}{m_0} = 2^{-k}$$

k - násobok polč.: 1, 2, 3, ...

$$\text{počet rozpadnutých: } \Delta m = m_0 - m = m_0 (1 - 2^{-k})$$

Čiarenie α, β, γ

α - prudko ťiahuť jadra helia: ${}^4_2\text{He} = \alpha$

Pri rad. rozp. ich energia 4-9 MeV ; rýchlosť $> 2\%$

Energia a najvyššia rozpádovú konštantou je väčšia.

Geiger - Nuttalov - empir. zákon:

$$\log \lambda = A + B \log W_+ \quad / \quad A, B \text{ emp. konst.}$$

β - to sú veľmi rýchlych elektrónov, ktoré sú prechode prostredím prudko ionizujú.

Pri dopade na hm. prostredie sú pohlcované.
dolet α, β závis. od zdroja je pomerne malý

γ - elektromagn. žiarenie - malá vlnová dĺžka.
silné fyziologické účinky.
veľký dolet.

Transmutácia prvkov (premena prvkov)

I. Zákon zachovania hmotnosti a energie.

Uvoľnená energ. vs. č. uvoľňujúcich sa v jad. reakcii
sa zachováva. (aj poľné častice!)



$$\sum M_0 c^2 + \sum W_k = \sum M c^2 + \sum W_k'$$

II. 2. zach. elektrického náboja: cel. súčet nábojov
častíc súč. sa reakcií sa zachováva.

III. 2. zach. rýchlosti: Výsledný vektor rýchlosti, časť
sluč. do r. sa rovná výsl. vektoru č. po reakcii.

IV. 2. zach. spinu. vekt. súčet spinov pred reakciou =
vekt. - - - - - po reakcii.

Výsledkom jadrovej reakcie je transmut. jadro + častice.

1) Reakcia 2 ľahkých častíc:

M_0 - kl. hm. pôvodníka j.

m_0 - " " strely

W_0 - kin. energ. str.

M_0' -

W_0' -

$m_0'; W_0'$ } č.

} nové jadro po reakcii

$$M_0 c^2 + m_0 c^2 + W_0 = M_0' c^2 + m_0' c^2 + W_0' + W_1$$

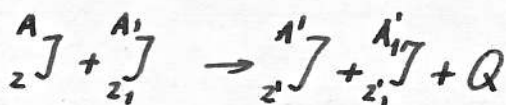
$$M_0 c^2 + m_0 c^2 - M_0' c^2 - m_0' c^2 = W_0' + W_1 - W_0$$

$$(M_0 + M_0' + m_0 - m_0') c^2 = W_0' + W_1 - W_0$$

$$\Delta m \cdot c^2 = Q$$

exotermická r.: $Q > 0$... energia sa uvoľnila pri reakcii.

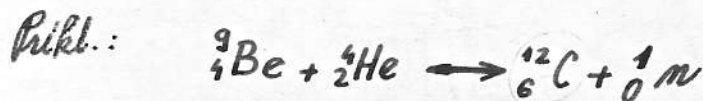
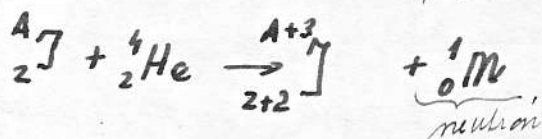
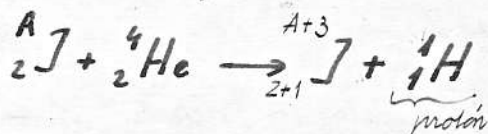
endotermická: $Q < 0$... spotrebuje sa energia.



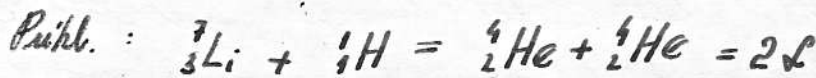
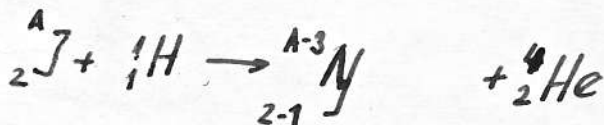
~ obecný zápis jad. reakcie.

$$A + A_1 = A' + A_1' \quad Z + Z_1 = Z' + Z_1'$$

2) j. reak. vyvolané α žiarením:



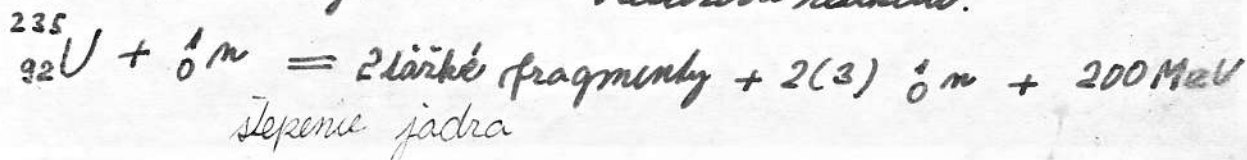
3) j. r. protonom:

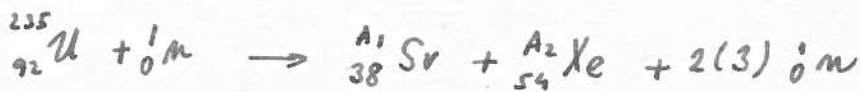
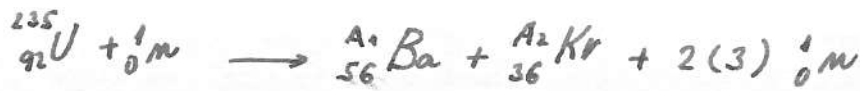


4) Deuterium - m.: ${}_1^2 H$

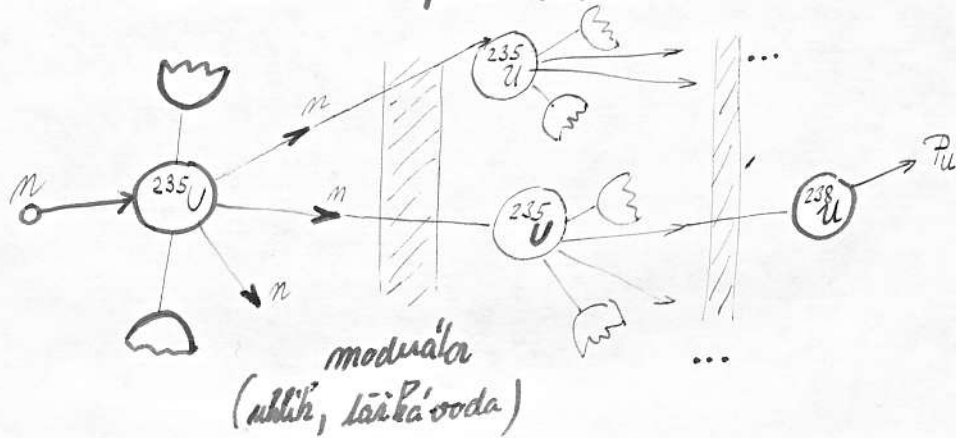
Transmutácia pom. neutrónov:

Pri osvetlení ľahkých jadier neutrónov vznik. 2 ľahké fragmenty + 2 (3) neutróny. Petärova reakcia.



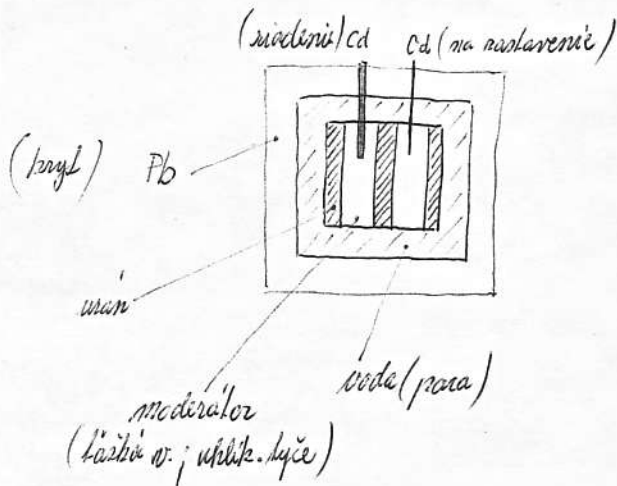


Riadenie rel. reakcie ... pohľ. neutr.



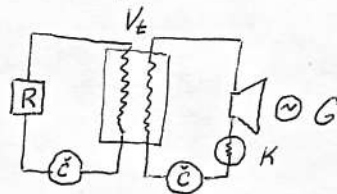
Princíp jadrového reaktora

5.1.1970.



automatická regulácia (detektor, napz., motor)

f.v. - zdroj energie : elektrárne



Nariadenia na detekciu a pozorovanie častíc.

Jednotky jadrového riadenia

aktivita zdroja riadenia : $A = -\frac{dn}{dt} = \lambda \cdot n$ / λ - rozpadová konštanta

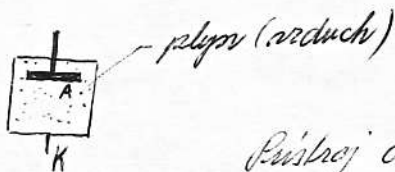
1Ci (curie) ~ je aktivita uvoľní 3,7.10¹⁰ rozpadov na sekundu.

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{s}^{-1}$$

- Množstvo energie, ktorá prejde plošnou jednotkou, kolie sa
 smer pohybu žiarenia na jednot. čas — intenzita žiarenia
 $[Wm^{-2}]$
 Ožarovanie (na j.km.) — merame podielom: celkového náboja + výkon vznikajúcich
 žiarením vo vzduchu / hustoty vzduchu: $X = [Ckg^{-1}]$; 1 Roentgen 2,58.
 Pohlcená dávka. (na jednot. hmotnosti ožiarený látka)
 jednotka: Jkg^{-1} $1Rad = 10^{-2} Jkg^{-1}$

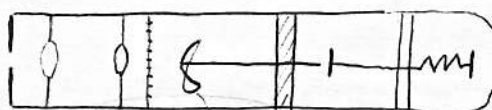
Ionizačné komôrky:

prv. na na hustotu prietoku žiarenia.



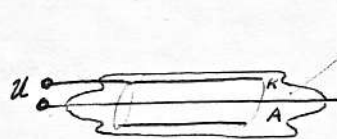
Prístroj chráni učí (na väčšiu hodu žiarenia)
 Ionizáciu nastáva časový pokles medzi elektrodami.

Tuňový dozimeter (princíp: ion. kom.)



[konst. na nabíj - ionizáciu
 postupne vybíja - kľúčky
 sa približia k sebe]

Geiger-Müller -ov počítač

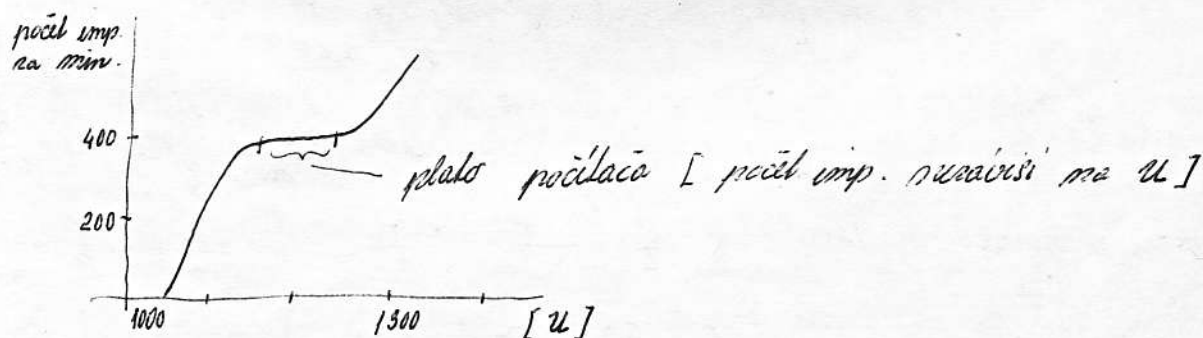


argón (alebo pary látky)
 stabilná elektrická konfigurácia.

ionizácia, vznikne výboj → napätové impulzy
 prechádzajú na počítač.

Doba potrebná, aby počítač zaregistroval 2 na sebou
 idúce impulzy: milisekundy čas počítača, rádovo msec.

Charakteristika GM p.

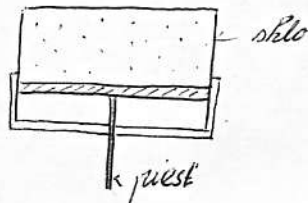


Scintilačný počítač: učí látka dávajú fluores. nábleky pri ožiarení →

Porozovanie nabitých častíc.

Wilsonova hmlňová komora:

Pri rzných teplotách má rovný bod na nabitých časticiach sa nájde v rovnakej výške:



Adiabat. rozprávaním preklesne teplota na rovný bod.

V magn. poli je meranie polomeru obrát. dráhy možno vypočítať pomocou vz.

Určovanie rýchlosti častíc

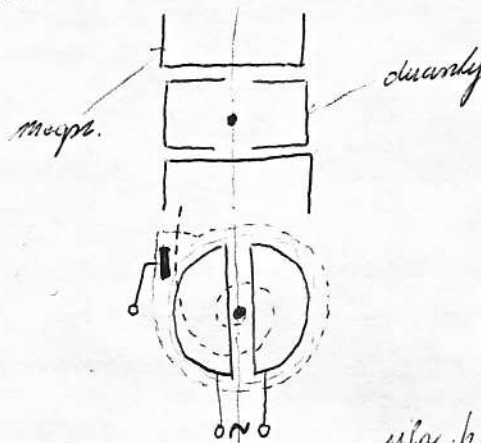
5.1.1970

Delenie podľa tvaru dráhy: kruhové

Lineárne - (priamka) - elektrické pole

Veľkosť energie je charakteristická. (do prirazu - vývoj)
Kruhové urýchľ. umiernené. charakteristika väčšej energie.

Cyklotron:



Rotujúce magn. pole naprievu dráhu častice.

Slučovanie napr. urýchľuje častice.

silu, ktorou pôs. magn. pole: $\pi e v B$

$\frac{Z}{e}$ - počet
je sm. v
alebo sm.

$$\pi e v B = \frac{m v^2}{r}$$

$$r = \frac{Z e r B}{m v}$$

$$r \omega = \frac{Z e v B}{m} \rightarrow \omega = \frac{Z e \cdot B}{m}$$

Cyklotronová rezonancia nastáva:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2 \pi r}{\omega} = \frac{2 \pi r \cdot m}{Z e \cdot B} = \frac{2 \pi c m}{Z e} \cdot \frac{1}{B} = \frac{K}{B}$$

$$f = \frac{Z e}{2 \pi m v} \cdot B$$

$$W = \frac{1}{2} m v^2 \quad (v > 2\% c - \text{rozorot plati približne}) \quad \left| m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right|$$

$$= \frac{1}{2} m r^2 \omega^2 \quad | \text{hružný polomer } R$$

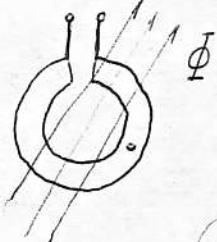
$$= \frac{1}{2} m R^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m R^2 \cdot \frac{Z^2 e^2}{m^2} \cdot B^2 = \frac{1}{2} \frac{Z^2 e^2}{m} R^2 B^2$$

alebo: $W = \frac{1}{2} m R^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m R^2 \cdot 4\pi^2 f^2 = \underline{\underline{2\pi^2 m R^2 f^2}}$

[frekv. stried. nap. počas urýchlenia sa zmeňuje; $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$]
 synchrocyclotron ... až na 700 MeV

Urýchľ. ľahkých častíc: betatron

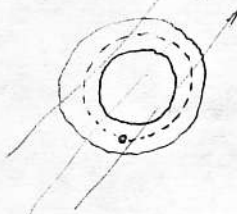
[pre elektrón ... rýchlosť f veľmi veľká;
 hmotnosť rýchlejšie rastie $\Rightarrow$ potreba indukčného urýchľovača]



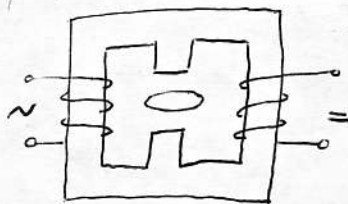
$$e_i = - \frac{d\Phi}{dt}$$

elektróny sú brzdené materiálom
 kam, ródica.

Induktor má nahradenie odľučovacím trubicom.



Otvor priemeru magn. pole poskytuje aj
 konštantné magn. pole, ktoré udržiava
 elektrón na kruhovej dráke.



$$2B_r = B_{str.}$$

~ podarmerka / B-induktor

n. n. Vzorov - Zbomik radiač
 po obšerj pyrita

12 - 13 I
 29 - 30 I
 5 - 6 II
 12 - 13 II

14⁰⁰ 7⁰⁰ aula

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^3} \vec{r}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{G \cdot dS}{r^3} \vec{r}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{P \cdot d\vec{r}}{r^3}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{G \cdot dS}{r}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int \frac{P \cdot d\vec{r}}{r}$$

$$\vec{E} = -\text{grad}V = -\left[\frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \dots\right]$$

$$T = \vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$E = \frac{G}{\epsilon}$$

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

$$V = E \cdot d$$

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$W = \frac{1}{2} QV$$

$$w = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

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

$$U = R \cdot I$$

$$GR = 1$$

$$R = R_0(1 + \alpha t)$$

$$Q = U \cdot I \cdot 0,24 \cdot t$$

$$\text{Kirch. 2.}$$

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

$$m = \frac{A \cdot I \cdot t}{v \cdot 96500}$$

$$A - \text{gramatom}$$

$$d\vec{F} = I \cdot (d\vec{s} \times \vec{B})$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$B_\infty = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

$$[B] = T = \frac{W}{m} = 10^4 \text{ gauss}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = I$$

$$\vec{B} = \vec{H} \mu_0 + \vec{H} \mu_0 \kappa$$

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

$$\vec{E} = \vec{\nabla} \times \vec{B}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\vec{J} = \mu_0 \kappa \vec{H}$$

$$\Phi = LI + MI$$

$$H = \frac{I/S}{1A} = \frac{I/b}{A}$$

$$L_{\text{mm}} = \frac{\mu_0 \kappa^2 \pi R^2}{l}$$

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$$

$$U_1 = \frac{U}{\sqrt{2}}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$L - \text{práci roztáča}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

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

$$\omega_{\text{rez}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$r_A = \frac{R}{n-1} \text{ (paral.)}$$

$$r_V = R(n-1) \text{ (séria)}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{J_1}{J_2} = -\frac{r_2}{r_1}$$

$$* U_s = U_{\phi} \cdot \sqrt{3}$$

$$\Delta J_2 = J_{\phi} \cdot \sqrt{3}$$

$$\mathcal{E} = k(T_1 - T_2) \ln \frac{n_A}{n_B}$$

$$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

$$k = 2,87 \cdot 10^{-23} \text{ V deg}^{-1}$$

$$\vec{f} = Q \cdot \vec{E}$$

$$W = \frac{1}{2} m v^2 = e \cdot E \cdot dr = e \cdot V \cdot \text{podl.}$$

$$\text{přičn. el. pole:}$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{eE}{\hbar^2 m} x^2 \quad | \quad v = \frac{Ee}{m} \cdot t$$

$$\text{přičn. magn.:}$$

$$\frac{m v^2}{R} = e \cdot v \cdot B$$

$$\text{termoelektr.:}$$

$$i = AT^2 \cdot e^{-\frac{W}{kT}} \quad | \quad k =$$

$$\epsilon_0 =$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A}^{-2} \text{ kg m s}^{-2}$$

$$1 \text{ gauss} = 10^{-4} \text{ T} = 10^{-4} \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} \quad [B]$$

$$10e = \frac{A}{m} \cdot 80 \quad [H]$$

$$\text{nad 2 well. prvor:} \quad \frac{\lambda \cdot R}{d}$$

$$\text{Galil. d. l. l.:} \quad \kappa = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

$$\text{mika.} \quad \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{l}{f_2}$$

$$\text{Kupa:} \quad \alpha = D \cdot l = \frac{l}{f} \quad ; \quad \alpha = D l + 1$$

$$K_{1,2} = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f} = -\frac{b-r}{a-r} = \dots$$

$$\text{rota. r.} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = (n-1) \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right] \quad \text{rota.}$$

$$n. \text{ loz. } (p; z) \quad x \cdot x' = f \cdot f'$$

$$\sigma = (n-1) \cdot \varphi \quad \text{deviacia}$$

$$\text{lim na gu. pl.:} \quad \frac{N}{a} + \frac{N'}{b} = \frac{N'-N}{r}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{N'-N}{r} \cdot \frac{1}{N}$$

$$\text{lenka rozt.} \quad \sigma = 2N \cdot d \cdot \cos \beta \quad \frac{d}{r \cdot \beta}$$

$$\text{sk. l.;} \quad \text{lenka m. odraz} - \text{Imave pr.} \dots$$

Laboratoire ci. 12 Jyzyky W sem.

04 A9 A3 01 E9 E10 02 A1 A5 03 A10 06 A12

43. Absorpcia gama žiarenia

Úloha: absorpcia žiarenia monochromatického γ -žiarenia; určiť polohu absorptora, vypočítať lineárny a hmotový absorpčný koeficient.

Teor. časť: výsledkom rozpadu γ -kvant a atómov prechádza do vyššieho stavu int. žiarenia dI : $dI = -\mu I dx \rightarrow I = I_0 e^{-\mu x}$

μ - lineárny absorpčný koeficient; I - int. ž. pred absorptorom.

Polohu absorptora - hmot. abs. plochy x int. ž. opakovane. $x_{1/2} = \frac{\lg 2}{\mu} \quad (26)$

$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)$ - hmotový absorpčný koeficient - keď miesto x [cm] dosadíme $d = \rho x$ [g/cm²]

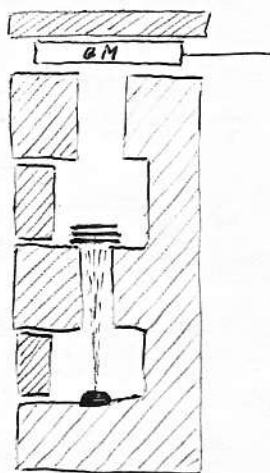
$$I = I_0 e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right) \cdot d}$$

absorpcie koef. závisia na ~~typu~~ druhu abs., a na energii γ žiarenia.

Prístroje a pom.: 1) GM počítač s reduktorom impulzov

2) Sada absorpčných dosiek z Pb a Cu ($x = 0,2$ cm)

3) Gama žiarič.



Postup pr. a sprac. výsledkov

Merame počet γ kvant N na absorptore

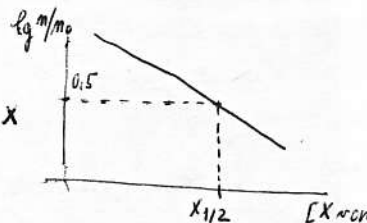
Mer. N na absorptore (pridáme dosky)

t - vlnová dĺžka, aby (rel. chyba N) $< \frac{1}{100} N$

Mer. aj Cu aj Pb.

Logaritmovanie (25): $\lg \frac{I}{I_0} = -\mu \cdot x$

z rovn. (26) určíme μ a $\frac{\mu}{\rho}$



Pb

Cu

x	t	N	I	I/I_0	x	t	N	I	I/I_0
0	30 sec.	8547			1	30 s	20207	8833	
1	30	6445			2	30 s	17840	10052	
2	30	5975			3	30 s	13512	7846	
3	30	5261			4	30 s	6970		
4	30	4837			5	30 s	6485		
5	30	4348			6	30 s	4905		
6	30	4380			7	30 s	4529		
7	30	4186			8	30 s	4176		
8	30	4382			9	30 s	4018		
9	30	4023			10	30 s	3570		
					11	30 s	3451		
					12	30 s	3131		
					13	30 s	3069		
					14	30 s	2649		
					15	30 s	2720		
					16	30 s	2945		

Pb 4445 55 4461 62 4471 77

7645 652 659 669
51 649 649 663 87
95 98 61 04

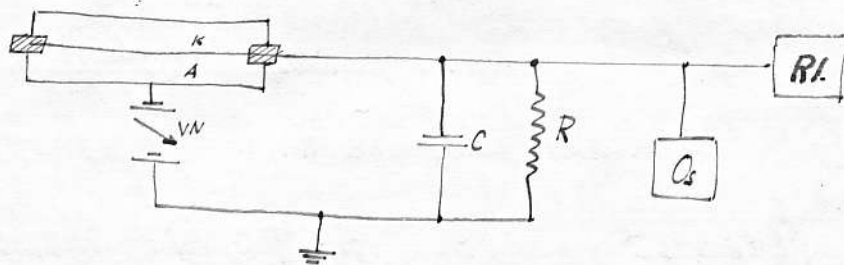
4414 4421 7103 = 7003

4422 4428 = 6080

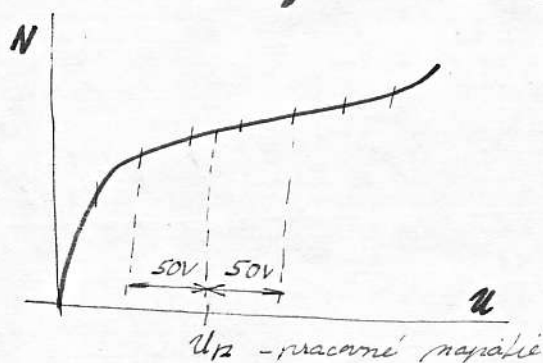
Al. Pracovní charakteristika Geiger-Müllerova počítacího :

Úloha měření: Přeměřit pracovní charakteristiku GMP, a pomocí něj u
pracovní napětí a šířku platů počítacího.

Teor. část :



Při průchodu ionizujícího záření detektorem, poklesne napětí na odporu. Napěťové impulsy zaregistruje reduktor impulsů RI, a osciloskop O.



Pracovní charakteristika GMP:
závislost počtu impulsů N na napětí.

Od určité hodnoty napětí U_p je amplituda vř. impulsů konstantní a jejich počet je téměř nezávislý na napětí – plató GMP. U_p volíme vždy v jeho prostředku.

Šířka plató:
$$S = \frac{N_2 - N_1}{\bar{N}} \cdot 100 \% / 100V$$

$\bar{N}$ – počet imp. při U_p
 N_1 – při $U_p - 50V$
 N_2 – při $U_p + 50V$

Přístroje a pomůcky:

- 1.) reduktor impulsů, zdroj vys. napětí
- 2.) radioaktivní zářič.
- 3.) osciloskop
- 4.) stopky
- 5.) GMPočítací.

Postup práce a zpracování výsledků.

- 1.) Převládáme zapojení. Pod GMP položíme zářič.
- 2.) Vypneme VN, když vř. impulsy mají rovnatou amplitudu na os. Naps. snížíme pod startovací hodnotu.
- 3.) Pomocí vys. VN. Po intenz. 25V změříme N pro $t = 3 \text{ min.}$
- 4.) Vyps. střední kvadratický odchýlku: $\sigma = \sqrt{N}$ – zapis. do tab.
- 5.) Zatr. pracovní charakteristiku GMP. – odčítáme U_p . Vypočítáme šířku plató.