

# FIZIKA II

## izpiski za ustni izpit

Šolsko leto            2008 / 2009  
Izvajalec              Aleš Stanovnik

Avtor dokumenta      Luka Mrljak

### UREJANJE DOKUMENTA

VERZIJA    01            REVIZIJA    01  
DATUM      17. 6. 2009

ZADNJI POPRAVLJAL    /  
PREGLEDAL                /

### OPOMBE

### POPRAVKI

# 1) ELEKTRIČNO POLJE

## COULOMBOV ZAKON

COULOMBOV ZAKON PODAJA IZRAZ ZA SILU MED DUEMA TOČKASTIMA NABOJEMA KI JE SORAZMERNNA S PRODUKTOM VELIKOSTI OBEH NABOJEV, IN OBRATNO SORAZMERNNA S KVADRATOM RAZDALJIE MED NJIMA:

$$F_C = \frac{e_1 \cdot e_2}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

COULOMB. SILA JE KONSERVATIVNA KAR POMENI DA JE DELO TE SILE NEODVISNO OD POTI MED DUEMA TOČKAMA, OZ. DA JE DELO PO ZAKLJUČENI POTI ENTALPIJE  $\oint \vec{A} = 0$

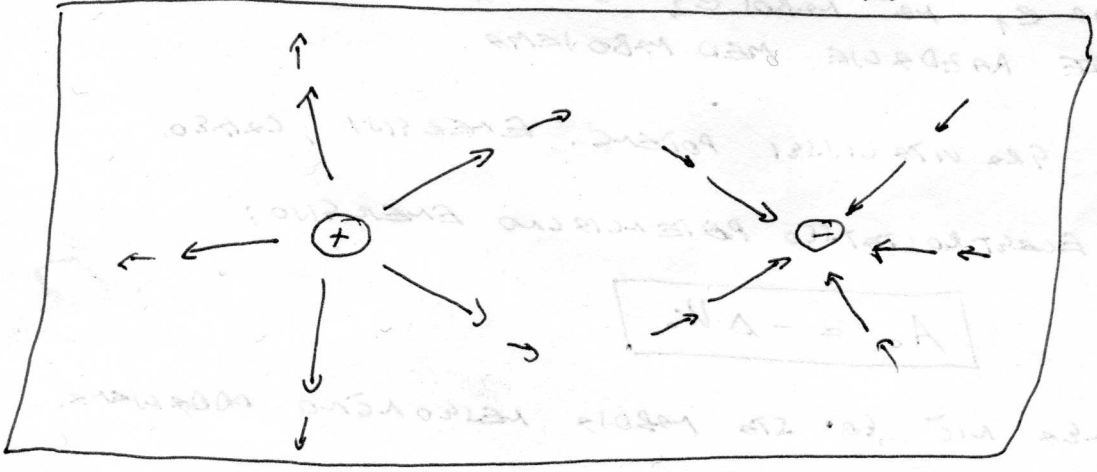
COULOMBOVA ALI ELEKTRIČNA SILA JE ADITIVNA, KAR POMENI, DA JE SILA NA TOČKASTI NABOJ  $e$ , ENAKA VEKTORSKI VSOTI SIL S KATERIMI TOČKASTI NABOJI  $e_i$  IZ OKOLICE DELUJEJO NA NABOJ.

## ELEKTRIČNO POLJE

ČE POSTAVIMO NABOJ V IZHODIŠČE KOORDINATNEGA SISTEMA LAHKO ZAPIŠEMO POLJE TEGA NABOJA NA ODDALJENOSTI  $R$ :

$$\vec{E}_i(\vec{R}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e_i}{R^2} \cdot \frac{\vec{R}}{R} \quad [V/m]$$

$\vec{E}(\vec{r})$  JE VEKTORSKO POLJE, KAR POMENI, DA JE V KAKŠI TOČKI PROSTORA Določena VREDNOST VEKTORJA  $\vec{E}$



SILNICE SO KRIVULJE, KI POVSZUKIJO SOSEDNJE TOČKE V SMERI ELEKTRIČNEGA POLJA. TANGENTE NA SILNICE KAŽEJO SMER POLJA  $\vec{E}$ , GOSTOTA SILNIC PA JE MERILO ZA JAČOST EL. POLJA V KAKI TOČKI PROSTORA.

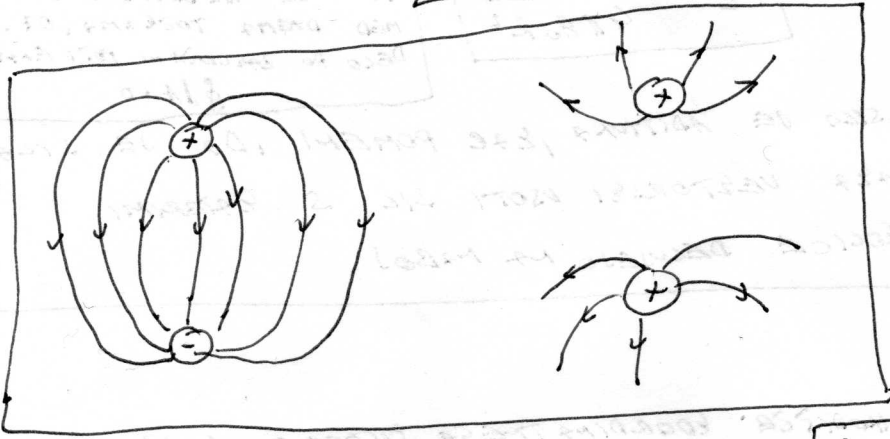
## ELEKTRIČNO POLJE DIPOLA

ELEMENTARNI DIPOL.  
(DVA ELEKTRONA)

ELEKTRIČNI DIPOL JE SISTEM DVEH RAZNOIMENSKIH IN PO ABS. UREDNOSTI ENAKIH NABOJEV NA RAZDALJI  $D$ . ELEKTRIČNO POLJE DIPOLA DOBIMO S SESTEVANJEM PRISPEVKOV POLJ. IN NEG. NABOJA

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

$$\vec{E} = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{(\vec{r} - \vec{r}_+)}{|\vec{r} - \vec{r}_+|^3} - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_-)}{|\vec{r} - \vec{r}_-|^3} \right]$$



SICNICE POLJA  
SISTEMA DVEH  
NABOJEV.

ELEKTRIČNI DIPOLNI MOMENT :

$$p_e = e \cdot d$$

## ELEKTROSTATSKA POTENCIJALNA ENERGIJA

ČER JE COULOVA NABOVA SILA KONSERVATIVNA JE DELO SILE TOČKA STEGA NABOJA  $e_1$  NA NABOJ  $e_2$  ODVISNO SAMO OD ZACETNE IN KONČNE RAZDALEJE MED NABOJEMA

PODOBNO KOT PRI GRAVITACIJSKI POTENC. ENERGIJI, ČAKO

UPREJIMO TUDI ELEKTROSTATSKO POTENCIJALNO ENERGIJO:

$$A_0 = -\Delta W_0$$

ENERGIJA JE ENAKA NIČ KO STA NABOJA NESKONČNO ODDALJENA.

$$W_0 = \frac{e_1 e_2}{4\pi\epsilon_0 R}$$

ZA ELEKTROSTATSKO POTENCIJALNO ENERGIJO VELJA, DA JE SEVPRA LASTNOST OBEH TELES MED KATERIMA DELUJE KONSERVATIVNA SILA.

ELEKTROSTATSKA ENERGIJA DVEH ISTOVREMENSKIH NABOJEV JE POZITIVNA, RAZNOVREMENSKIH PA NEGATIVNA.

## ELEKTRIČNI POTENCIAL

POTENCIAL, KI GA V TOČKI  $\vec{r}$  UTVARI NABOJ  $q_i$  KI SE NAHAJA PRI  $\vec{r}_i$ :

$$V_i(\vec{r}) = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}_i|} \quad [V]$$

POTENCIAL JE ADITIVEN, NA MELEM MESTU JE ENAK VSEI POTENCIALOV KI JIH NA TEM MESTU UTVARJAJO NABOJI IZ OBLICE.

EKI POTENCIALNE PLOŠČE: SO PLOŠČE KONSTANTNE GA POTENCIALA V PROSTORU (ZA TOČKAST NABOJ SO ENOŠKE). SIVNICE POLJA SO VEDNO PRAVOKOTNE NA EKVI POTENCIALNE PLOŠČE.

POTENCIAL DIPOLA: DOBIMO TAČO, DA SEŠTEJEMO PALLPEVKA OBEH TOČKASTIH NABOJEV.

## ELEKTRIČNA NAPETOST

EL. NAPETOST MED DVEMA TOČKAMA V STATIČNEM EL. POLJU JE DEFINIRANA KOT RAZLIKA POTENCIALOV V TOČKAH

$$U(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = V(\vec{r}_2) - V(\vec{r}_1)$$

OD TUD DOBIMO:

$$U(\vec{r}_2, \vec{r}_1) = - \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

V STATIČNEM EL. POLJU JE POTENCIAL ENOLIČNA FUNKCIJA KAJNA

$U(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = 0$ , IN ZATO JE INTEGRAL POLJA PO SEČENSKI ČRNI VUČI ENAK NIČ:

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

(IZ KONZERVATIVNOSTI SIL)

# ELEKTRIČNI PRETOČ

ŠOSTOTA ELEKTRIČNA GA POLJA V PRAZEM PROSTORU:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$$

ELEKTRIČNI PRETOČ SKOZI NEKO PLOŠEVU:

$$\Phi_e = \int_S \rho \, d\vec{s}$$

ZARADI ADITIVNOSTI EL. POLJA VELJA ZA POLOJNO ŠTEVILO TOČKASTIH NABOJEV ZNOTRAJ SELEKNE PLOŠEVE:

$$\oint \vec{D} \, d\vec{s} = \sum_i e_i$$

TO JE ZAKON O EL. PRETOČU (GAUSSOV ZAKON) KI PRAMI, DA JE EL. PRETOČ PO SELEKNI PLOŠEVI ENAK KOTI OBSEBE GA NABOJA PRAVILN PREDZMAE DOBIMO, ČE JE ELEMENT SELEKNE PLOŠEVE USMERIEN IZ PROSTORNE, KI JO TA PLOŠEVA OMEJUNE. ČE JE KOTA NABOJEV ZNOTRAJ NIČ (NPR. DIPOL.) BO TUDI EL. PRETOČ SKOZI TO PLOŠEVI ENAK NIČ.

Z GAUSSOVIM ZAKONOM LAHKO IZRAČUNAMO EL. POLJE V NEKATERIH POSEBNIH (SIMETRIČNIH PRIMERIH):

- MAKULNA PLOŠEVA:

$$E = \frac{e}{2\pi\epsilon_0 \cdot S} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

PLOŠČAT KOND:

$$E = \frac{e}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

KOTASTA LKI VODNIKI:

$$E = \frac{e}{2\pi\epsilon_0 \pi \cdot l} = \frac{M}{2\pi\epsilon_0 R}$$

NABOJ NA ENOTO DOŽIŠINE

KROGELNI KOND:

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

## KAPACITETA KONDEZATORJA

KAPACITETO C DEFINIRAMO KOT SOGAZMERNOSTNI FAKTOR MED NABOJEM Q IN NAPETOSTJO U

$$Q = C \cdot U$$

ZA VSAK KONDEZATOR IZRAČUNAMO ABSOLUTNO VREDNOST NAPETOSTI.

PROSTOR:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$$

VALJAST:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

KROGLJEM:

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

## ENERGIJA EL. POLJA

ČE DVE IZOLIRANI ELEKTRODI IZ MASKONOSTI NAELEKTIRIMO Z + DELOZ-DE SE ELEKTROSTATSKA ENERGIJA SISTEMA SPREMENI ZA U.de (U - NAPETOST MED ELEKTRODAMA)

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

GOSTOTA ENERGIJE ZA PROSTOR KONK:

$$W_e = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D \cdot E}{2}$$

## OSNOVNI NABOJ

$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$  TO JE NABOJ KI GA NATA ELEKTROM IN PROTON, OBA STA SICER SASTAVLJENA IZ KVARKOV, KI PA JIH MI MOGOČE IZOLIRATI.

ENOTA ZA ENERGIJO: ELEKTROVOLT eV JE ENERGIJA, KI JO PRIDOBIM

DELEC Z OSNOVNA NABOJEM ČE PRELETI NAPETOST 1V.

## ELEKTRIČNI DIPOL V ZUNANJEM EL. POLJU

EL. DIPOL JE SASTAVLJEN IZ DVEH RAZNOURSTNIH PO ABSOLUTNO VREDNOSTI

ENAČO VELIKIH NABOJEV NA RAZDALJI d. ELEKTRIČNI DIPOLNI MOMENT  $\vec{p}_e$  JE VEKTOR KATEREGA VELIKOST JE e \cdot d, ZA ČE PA V SMER OD NEGATIVNEGA PROTI POZITIVNEM NABOJU.

ENERGIJA DIPOLA V ZUNANJEM EL. POLJU:

$$W_{pe} = -\vec{p}_e \cdot \vec{E} \quad (\text{ODUNAN OD KOTA MED SMERENA})$$

MAJOR OKOLI OSI SLOZI SMERIČE DIPOLA:

$$\vec{M} = \vec{p}_e \times \vec{E}$$

TA MAJOR BO SOKAL DIPOL V SMERI POLJA. V NEHOMOGENEM POLJU BO RAZEN MAJORA TA DIPOL DELOVA LA TUDI SILA. ČE JE DIPOL ZASUČAN V SMERI POLJA GA BO VLEČLA PROTI MOČNEJŠEMU POLJU.

# SNOV V ELEKTRIČNEM POLJU

LOČIMO:

IZOLATORJE: - NIMAJO PROSTIH NOSILCEV NABOJA, LAHKO PA IMAJO ATOMI ALI MOLEKULE EL. DIPOLNI MOMENT NA KOTEREGA V EL. POLJU DELUJE KAVOR (TUDI SILA PNI NEHOMOGEN. POLJU). EL. POLJE V IZOLATORJU Torej POUŽROČA POLARIZACIJO MOLEKUL.

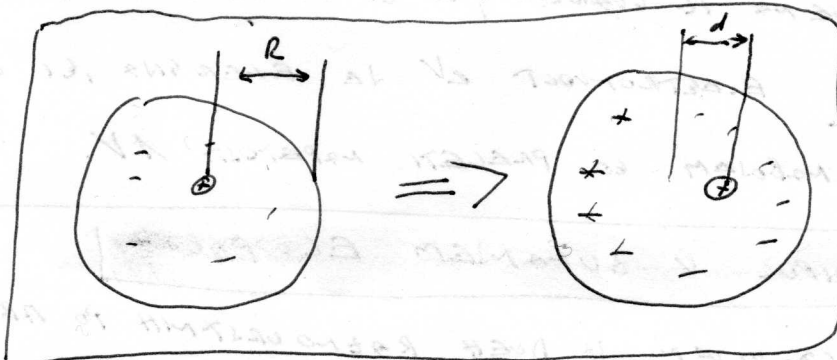
PREVODNIKE: - USEBUJEJO PROSTE NOSILCE NABOJA, KI SE POD VPLIVOM EL. POLJA LAHKO PREMIGAJO SVOZI SNOV.

## DIELEKTRIK V EL. POLJU

DIELEKTRIK SE V EL. POLJU POLARIZIRA NA DVA NAČINA (KJEDE NA TO ALI IMAJO MOLEKULE TRAJNI ELEKTRIČNI DIPOLNI MOMENT ALI NE):

### a) NEPOLARNE MOLEKULE:

V ATOMIH DIELEKTRIKA ŽUPANJE EL. POLJE PRAEMAZNE TEŽIŠČI POZITIVNEGA IN NEGATIVNEGA NABOJA, IN TAJO INDUCIRA EL. DIPOL. MOMENT.



INDUCIRANI DIPOLNI MOMENT ATOMA JE SORAZMERN 3 JAČOSTJO EL. POLJA NA MESTU ATOMA.

### ELEKTRIČNA POLARIZACIJA P

DEFINIRANA JE KOT ELEKTRIČNI DIPOLNI MOMENT PROSTORINSKE ENOTE SNOVI. ČE JE  $n$  ŠTEVILO ATOMOV ALI MOLEKUL V PROSTORINSKI ENOTI IN JE  $\langle p_e \rangle$  POUPREČNI DIPOLNI MOMENT MOLEKULE V SMERI  $E$  JE:

$$P = n \cdot \langle p_e \rangle$$

## g) POLARNE MOLEKULE

NE

TEŽIŠČA POZITIVNIH Ili NEGATIVNIH NABOJEV] SOUPADATA Ili MOLEKULA  
(MA TRAJET EL. DIPOLNI MOMENT. ZARADI TERMIČNEGA GIBANJA  
KAŽEJO DIPOLNI MOMENTI MOLEKUL V VSE SMERI ENAKOMERNO  
KO MI ZUNANEGA EL. POLJA. KO PA GA POSTAVIMO V ZUNANJE E  
PA V POUPEČJU, VEČINA DIPOL. MOMENTOV KAŽE V SMERI POLJA..

## EL. POLJE V DIELEKTRIKU

V DIELEKTRIKU SE POD VPLIVOM ZUNANEGA POLJA E POLJI POLARIZIČA,  
KI TUDI SAMA PRISPEVA K ELEKTRIČNEMU POLJU V SKLADU.

## ROBNI POSOJI:

PRI PREHODU IZ ENEGA V DRUG DIELEKTRIK SE VEKTORJA  $\vec{E}$  IN  $\vec{D}$   
V SPLOŠNEM SPREMEMITA:

PRI PREHODU IZ ENEGA V DRUG DIELEKTRIK SE OHRANJA NORMALNA (PRIZLOBITA)  
KOMPONENTA GOSTOTE ELEKTRIČNEGA POLJA:  $D_{n1} = D_{n2}$  Ili TANGENCIJNA

KOMPONENTA ELEKTRIČNE POLJSKE IZLOSTI:  $E_{t1} = E_{t2}$ .

## PREVODNIK V ELEKTRIČNEM POLJU

NEUTRALEN PREVODNIK: KO GA POSTAVIMO V ZUNANJE E, POLJE V

ZAČETKU PRODRJE V PREVODNIK Ili MA GIBLIVE NABOJE DELUJE S SILO,  
KAR POUKROČA PREMJE TEH NOSILCEV, ZATO STEČE KRATKOTRAJMI TOČ.

MATO SE VZPOSTAVI RAVNOVESNO STANJE PRI KATEREM NI TOČA.  
TA POLJU IMENUJEMO INFLUENCA, NABOJE KI SE PRI TEM POSOJINO  
PA INFLUENČNI NABOJI.

INFLUENCA JE POLJU DA ZUNANJE EL. POLJE POUKROČI PNERAZPOREDITEV  
NABOJEV ZNOTRAJ PREVODNIKA TAJO, PA JE CELOTNO EL. POLJE, KI JE  
USOTA ZUNANEGA Ili POLJA PNERAZPOREJENIH NABOJEV ENAKO NIČ  
ZNOTRAJ PREVODNIKA, ZUNAJ PA JE PRAVOKOTNO NA POUČITNO PREVODNIKA.

V VOTLIH POLPREVODNIKA JE E ENAKO NIČ. (FARADAYEV KLETKA.)



## NA ELEKTREN PRAVODNIK:

ČE NA NEK IZOLIRAN PRAVODNIK NAMESEMO NABOJ, BO VES NA NABOJ ODTEKEL NA ZUNANJO POUŠINO. VES PRAVODNIK BO NA ENAKEM POTENCIALU IN POUŠINA JE EKVI POTENCIALNA PLOŠČEV, TOMEJ SO SILNICE MAHO PRAVOKOTNE. SILNICE, KI IZHAJAJO IZ NABOJEV NA POUŠINI POLPRAVODNIKA SE KONČAJO NA NASPROTNIH NABOJH V OBLICI POLPRAVODNIKA.

ČE IMAMO NABOJ V VOTLINI IN PRIDE V STIK Z NASPROTNO ENAKIM NABOJEM NA NOTRANI POUŠINI, SE OBA NABOJA NEUTRALIZIRATA IN OSTANE LE NABOJ NA ZUNANJI POUŠINI (ZDI SE DA JE NABOJ IZ VOTLINE ODTEKEL NA ZUNANJO POUŠINO) (VAN DE GRAFFOV GENERATOR.)

## 2) ELEKTRIČNI TOK

EL. TOK JE GIBANJE NABOJA IN JE DEFINIRAN KOT KOLIČINA NABOJA KI SE PRETOČI SKOZI VODNIK V ENOTI ČASA.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad [A]$$

### TOK V PRAVODNIKIH

ČO JE V KOVINI EL. POLJE, BO TO NA ELEKTROME DELOVALO TAKO, S SILO

$F = -e_0 \cdot E$ , ZARADI TESE PA BODO ELEKTROMI MED DVEMA ZAPOREDNIHMA TRAKOMA PRIDOBILI NA HITROSTI IN NA KINETIČNI ENERGIJI.

POVPREČNA HITROST ELEKTRONOV:

$$v_d = \frac{e_0 \cdot \tau}{m} \cdot E$$

GOSTOTA TOLA:

$$j = \frac{I}{S} = e_0 \cdot n \cdot v_d$$

## GENERATORJI NAPETOSTI

### GALVANSKI ELEMENTI:

NABOJEM NA VNHODU DUISNEJO ELEKTRIČNO POTENCIALNO ENERGIJO IN NJH PRESTAVIMO NA IZHOD. ENERGIJO EI JE ZA TO POTREBNA JO DOBJIJO S POMOČJO KEMIČNIH REAKCIJ. (KEMIČNE ENERGIJE)

### TERMO ČLEMI:

TUDI PRI STIKU DVEH RAZLIČNIH ŽOVIN SE POJAVI KONTAKTNA NAPETOST. PRI SELENJEMEM ŽROGU IZ DVEH RAZLIČNIH ŽOVIN STA NAPETOSTI NA OBEH STIKIH NASPROTNO ENAKI, ČE PA JIH SELENJEMO PRI RAZLIČNIH TEMPERATURAH PA SE KONTAKTNI NAPETOSTI RAZLIČUJETA. KAR LAHKO PO SELENJEMEM ŽROGU POŽEME TOČ. ČE PA POŽEMEMO TOČ SVOJI SPOL PA LAHKO OPRAVILJAMO OBRATEN PELTIJÉROV POJKU.

## ELEKTRIČNI ŽROGI

### 1. KIRCHOFFOVO PRAVICO

VSOTA PRITAJAJOČIH TOČOV V VOZLIŠČE JE ENAKA VSOTI ODHAJAJOČIH TOČOV. ČE PA ODHAJAJOČIM TOČOVOM PRIPISAMO ZNAČ(-) PA JE VSOTA VSEH TOČOV ENAKA NIČ.

### 2. KIRCHOFFOVO PRAVICO:

V SELENJEMEM TOČOŽROGU JE VSOTA VSEH GENERATORNIH NAPETOSTI ENAKA VSOTI VSEH PROCEV NAPETOSTI.

## UPORNIZ

$$U = R \cdot I$$

OHMOV ZAKON

R - UPORNOST. [Ω]

UPOR SE LAHKO SPREMENJA S TEMPERATURO. TEMPERATURNI KOEFICIENT  
 UPORA JE DEFINIRAN KOT RELATIVNA SPREMEMBA UPORA NA ENOTO SPREMEMBE  
 TEMPERATURE.

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta T}$$

ZA KOVINE JE POZITIVEN  
 ZA POLPREDVODNIKE (ČISTE) PA JE  
 LAHKO NEGATIVEN.

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

UPORNOST  
 ŽICE.

$$R = \sigma \cdot E$$

OHMOV  
 ZAKON

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

KONDENZATOR

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

KAPACITETA

UZP. VEZAV

$$C = C_1 + C_2$$

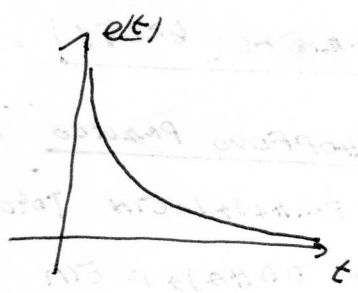
ZAP. VEZ.

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

PRAZNENJE:

PRI PRAZNENJU KAPACITETA C SKOZI R SE NABOJ NA COND. EKSPONENTNO  
 MANJSA S ČASOVO KONSTANTO  $\tau = RC$

$$e(t) = e_0 \cdot e^{-t/RC}$$



POLNENJE:

PRI POLNENJU S POMOČJO ENOSMERNEGA GENERATORJA SE NABOJ NA  
 KONDEZATORJU EKSPONENTNO Približuje KAKIČENI VREDNOSTI

$$e_0 = C \cdot U_0$$

$$U_C(t) = \frac{-e(t)}{C}$$

NAPETOST  
 NA C

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

TOK NA R

### 3. MAGNETNO POLJE

#### SILA NA VODNIK V MAGNETNEM POLJU

$$d\vec{F} = I \cdot d\vec{l} \times \vec{B}$$

ČE PA JE VODNIK  
RAVEN IN  
POLJE HOMOGENO

$$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$$

#### MAJOR NA TOKOVNO ŽARNICO

#### MAGNETNI DIPOL. MOMENT.

MAGNETNI MOMENT JE VEKTOR katerega velikost je

$$p_m = I \cdot S$$

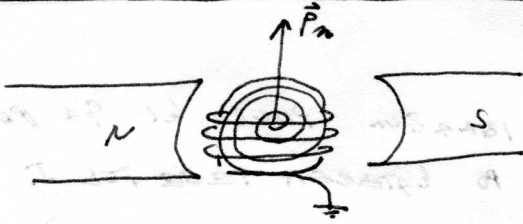
NJEGOVA SMER PA JE PRAVOKOTNA NA POUČINO ŽARNO IN JE POUČENA S PRAVICOM DESNEGA UJELA.

#### MAJOR

MAJOR NA TOKOVNI ELEMENT :

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

#### INSTRUMENT Z VRTUJNO TULJAVICO :



PA TULJAVICO BO DELOVAL  
MAJOR KI JO ZASUJE, VZMET  
PA JO POUČNA NAŽAJ.

#### ENERGIJA MAGNETNEGA DIPOLA V MAGNETNEM POLJU

$$W_{pm} = -p_m \cdot B \cdot \cos \alpha = -\vec{p}_m \cdot \vec{B}$$

ENERGIJA JE NAJMANJŠA KO JE DIPOL OBRNEN V SMER  
POLJA IN NAJVEČJA KO JE DIPOL OBRNEN V NASPROTNO SMER ( $\alpha = \pi$ )

## SILNICE MAGNETNEGA POLJA

SILNICE SO KRIVKE ŠTARIH TANGENTA KAŽE V SMERU  
MAGNETNEGA POLJA, NIHOVA GOSTOTA PA JE SORAZMERNNA  
Z GOSTOTO MAGNETNEGA POLJA B

## ZAKON O MAGNETNEM PRETOČU

$$\Phi_m = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

KER MAGNETNI NABOJEV NI SO SILNICE  
SELEMIENE KRIVKE. ZATO JE MAGNETNI  
PRETOČ SEŽI SELEMIENO POUČINO ENAK NIČ.

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

MAGNETNI PRETOČ, KI IZHAJA IZ NEKE PROSTORNE OMEJENE S  
SLEMIENO POUČINO S, JE ENAK PRETOČU, KI SE V TO PROSTORNO  
STELEA.

## BIOT - SAVARTOV ZAKON

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

ZA IZRAČUN POLJA, KI GA POVBROJA  
VODNIK PO ŠTARIM TEČE TOČ I  
VELIČA

## MAGNETNO POLJE TOČEASTEGA NABOJA:

$$\vec{B} = \frac{\vec{v} \times \vec{E}}{c^2}$$

## MAG POLJE RAVNEGA VODNIKA:

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

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Vs/Am}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c^2} = 8,854 \cdot 10^{-12}$$

## ZÁKON O MAGNETNÍ MĚŘETOSTI

UPŘEJEME JAKOST MAGNETNÍHO POLE  $H$  Z EMČBO  $B = \mu_0 H$ .

DOBÍME TAKOJMENOVANÝ AMPEROVÝ ZÁKON:

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

INTEGRÁL IMĚJEME MAGNETNÍ MĚŘETOST. AMPEROVÝ ZÁKON TORIJ PRÁVI, ŽE JE MAG. MĚŘETOST PO ZÁVĚJENÍ PŮLI EMĚŘA OBVĚJENÍ TOČU

S POMOČÍ AMPEROVÉHO ZÁKONA LÁHČE IZRAČUNAMO MAGNETNÍ POLE:

POLE PRAVÉHO TULJAKA:

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

SULČA:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{2\pi R}$$

## INDUKCIE:

$$U_i = \frac{d\Phi_m}{dt}$$

## LENZOVŮ PRAVICO

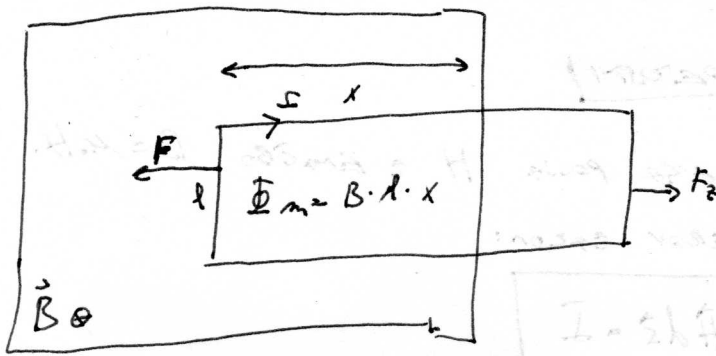
LENZOVŮ PRAVICO PRÁVI, ŽE INDUCIRANÁ MĚŘETOST POŽĚNE TOČ, TAKO ŽE NĚSPROTNE SPREMĚMBI JEI JE INDUCIČNO POUZROČKA.

## INDUCIRANÁ MĚŘETOST PRI PREMĚŘANU VODNĚŘ

ČE SMĚŘI VODNĚŘ, HITROSTI  $\vec{v}$  MAG. POLE  $\vec{B}$  MISO MED SEBOJ PRAVĚČOTNE VELIČ:

$$U_i = \vec{l} \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

INDUCIRANÁ MĚŘETOST POŽĚNE TOČ PO ZÁNEI. NA VODNĚŘ S TOČOM  $U$  MAG. POLE PŘI DĚLUJE SILA. NĚ GLEDE NA SMĚŘ TOČA BOSTA SILI NA OOSEČA DOLČĚNE  $\times$  NĚSPROTNO EMĚŘI. SILA  $\vec{F}$  NA DOLČĚNO  $l$  PŘI NĚSPROTNE ZURANUJI WWW.STROMĚŘ.SI POUZROČILA INDUCIČNO. IZ ŽNĚRE SMĚŘI SILI  $\vec{F}$  IZ MAG. POLE  $\vec{B}$  PŘI IČANU  $\vec{v}$  13



## ZAKON O ELEKTRIČNI NAPETOSTI

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

ZAKON O EL. NAPETOSTI  
ALI FARADAYEV ZAKON.

## INDUKTIVNOST

TOČ SPOZI ZAKON, TULJAVO ALI SUITEZ POUZROČI MAGNETNI PRETOČ SPOZI TO ISTO ZAKON, ŽI JE SORAZMERNI S TOČOM (ČE NI NEKIVERNOSTI)

$$\Phi_m = L \cdot I$$

PRI ČEMER SORAZMERNOSTNI FAKTOR IMENUJEMO LASTNA INDUKTIVNOST.

TOČ SPOZI ENO TULJAVO POUZROČA MAGNETNI PRETOČ SPOZI, DRUGO BLIČNO TULJAVO IN OBRATNO.

$$\Phi_2 = L_{21} \cdot I_1$$

UZAJEMNA INDUKTIVNOST.

$$\Phi_1 = L_{12} \cdot I_2$$

$$L_{12} = L_{21}$$

DOLGA RAČUNA TULJAKA:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 \cdot S}{l}$$

TOROID:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 \cdot h \cdot h_r (b/a)}{2\pi}$$

ČOAKSIJALNI VODNIK:

$$L = \frac{\mu_0 l \cdot h_r (b/a)}{2\pi}$$

ČE SE SPREMI HA TOČ SVOZI ELEMENT Ž LASTNO INDUKTIVNOSTJO, SE PO ENAČBI  $\Phi_m = L \cdot I$  SPREMINJA TUDI PLETOK, IČ HA SPOMEAH SE POJAVI INDUCIRANA NAPETOST. TA POJAV IMENUJEMO LASTNA INDUCIJA

$$U_i = -L \frac{dI}{dt}$$

ENERGIJA MAGNETNEGA POLJA

ENERGIJA INDUKTIVNEGA ELEMENTA L:

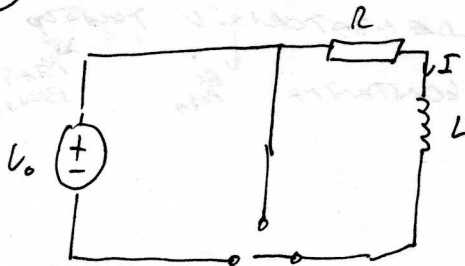
$$W_L = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

ČISTOTA ENERGIJE MAG. POLJA:

$$W_m = \frac{H \cdot B}{2}$$

POJEMANJE IN PRAČANJE TOČA SVOZI TULJAKO

①

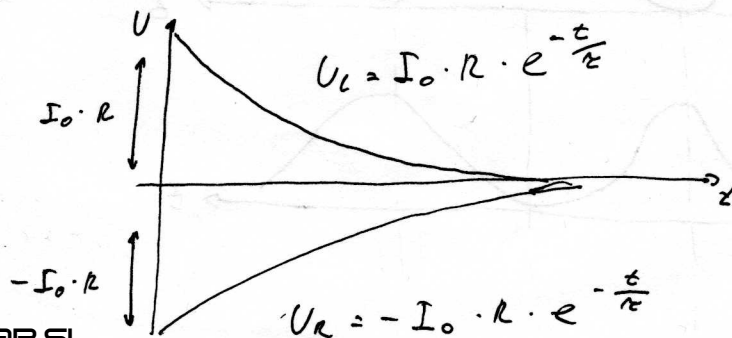


ČO IČ VEŽJA IZKLUČIMO GENERATOR

BO TOČ EKSPONENTNO POJEMAL.

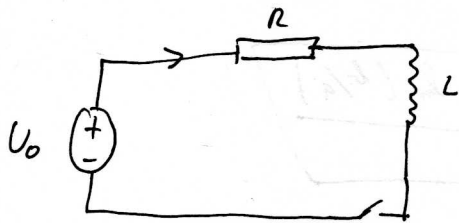
HA UPORU JE PAREC NAPETOSTI, HA

TULJAKI PA POZITIVNA NAPETOST (DELUJE ČO T GENERATOR)

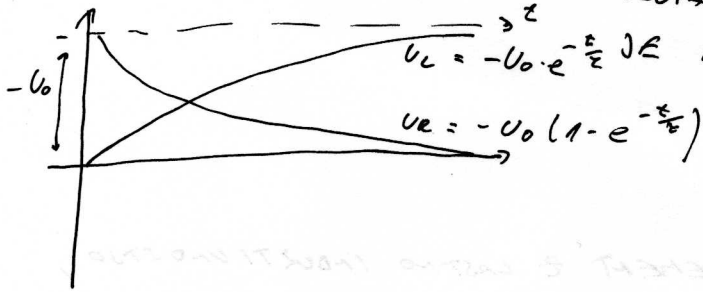




2)



ČO VELOPIMO STIKALO SE BOSTA TOČ IN PAREC NAPETOSTI NA UPORU  
 EKSPOONENTNO Približevala žončni  
 VREDNOSTI, NEGATIVNA NAPETOST NA  
 TULJAVI PA BO EKSPOONENTNO POJEMALA  
 VSOVA OBEH NEGATIVNIH VREDNOSTI  
 JE NASPROTNO ENAKA NAPETOSTI GENERATORJA



SINUSNI TOČ V TULJAVI

- TOČ ZAOSTAJA ZA GONILNO NAPETOSTNO ZA  $\frac{1}{4}$  MIHAJA

-  $I_0 = \frac{U_0}{\omega L} = \frac{U_0}{Z_L}$

PRI ČEMER IMO DEFINIRANI IMPEDANCO

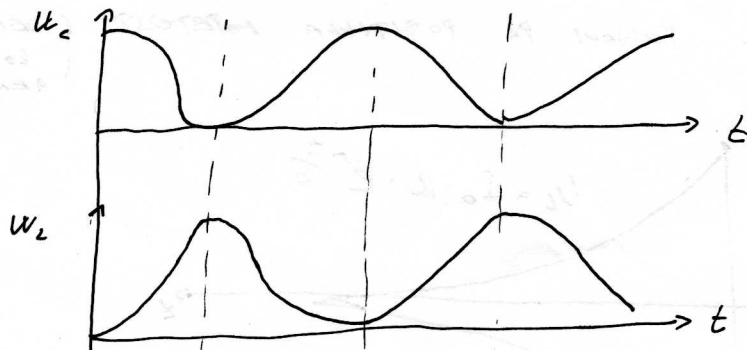
TULJAVE.  $Z_L = \omega L$

ELEKTRIČNI MIHAJNI ERG

1.) IDEALNI MIHAJNI ERG

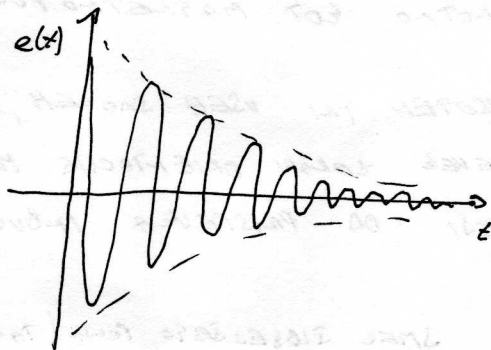
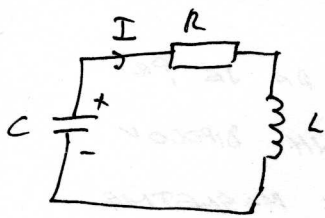
SESTA URA JE IZ KONDEZATORJA IN TULJAVE BREZ UPORNOSTI.

ČASOVNA ODVISNOST NABOJA NA KONDEZATORJU TER TOČA IN NAPETOSTI  
 JE SINUSNA. ENERGIJA SE PRETVAJA IZ KONDEZATORJA V TULJAVO  
 IN NAZAJ, TAČO DA JE VSOVA OBEH ENERGIJ KONSTANTNA



## b) MIHAJNI KROG Z DUŠENJEM

V MIHAJNEM KROGU Z UPOROM MIHA MABOJ DUČENO. ENERGIJA SE PORABLJA ZA SE GREVANJE UPORA, KI JO ODDAJA OČELOCI KOT JOULOVO TOPLOTU.



## c) USILJENO MIHANJE MIHAJNEGA KROGA.

ZA USILJENO MIHANJE MIHAJNEGA KROGA Z UPOROM POTREBUJEMO GENERATOR IZ ME MENE NAPETOSTI.

TAKE PRIMERK REŠUJEMO S KAZALCI.

## SNOU V MAGNETNEM POLJU

GLEDE NA OBMAŠANJE SNOVI V MAG. POLJU SIH DELIMO NA 3 SKUPINE.

### 1.) PARA MAGNETIZEM

VSJA SNOV JE SESTAVljena IZ ATOMOV, KI PA SO SESTAVljeni IZ POZITIVNEGA JEDRA, OČELI KATEREGA SE SIBUJEJO NEGATIVNI ELEKTROMI.

V POENOSTAVLJENEM MODELU KO ELEKTROM KROŽI LAHEO IZRAČUNAMO NJE SOU MAGNETNI MOMENT:

$$P_m = \frac{e_0}{2m} \cdot \pi$$

→ VRTILNA KOEFICINA ELEKTROMA.

ČE JE VSOTA VSEH MAGNETNIH MOMENTOV V ATOMU RAZLIČNA OD NIČ, IMA ATOM TRAJEN MAGNETNI MOMENT. ZATO V ZUNANJEM MAGNETNEM POLJU DELUJE NA TA MAG. MOMENT SILA, KI GA TEŽI OBARITI V SMERU POLJA.

## 2) DIAMAGNETIZEM

TU ATOMI NIMAJO TRAJNEGA MAGNETNEGA MOMENTA, KER SO MAGNETNI MOMENTI ELEKTRONI PAROMA NASPROTNI. KO PA TRAJNO SNOV POSTAVIMO V ZUMANJE MAGNETNO POLJE PA SE INDUCIRAN MOMENT  $\vec{\mu}$  PO LENZOVEM PRAVICU USMERJEN NASPROTNO KOT MAGNETNO POLJE.

POJAV DIAMAGNETIZMA JE PRISOTEN PRI VSEH SNOVEH, STEM, DA JE PRI PRA MAGNETNIH SNOVEH PRISPEVEK ZARADI ORIENTACIJE MAGNETNIH DIPOLOV NASPROTNO USMERJEN IN VEČJI OD PRISPEVKA INDUCIRANIH MAGNETNIH MOMENTOV.

ČOŠČE DIAMAGNETNA BO UČELO V SMER ZIBELJESA POLJA (TAN JE ENERGIJA MANJŠA)

## 3) FEROMAGNETIZEM

PRI NEKATERIH SNOVEH (Fe, Co, Ni, IN NJIHOVIH ZLITINAH) SE LAHKO POJAVI ŽELO MOČNA ATOMSKIH TRAJNIH MAGNETNIH DIPOLOV.

IN PRIDE DO SPONTANE MAGNETIZACIJE, KI JE POSLEDICA POSEBNO MOČNE INTERAKCIJE MED SOSEDNIMI ATOMI. V DOLOČENEM MIERO ŠEOPSEM PODROČJU SO ŠKORAJ VSI DIPOLI USMERJENI VZPOREDNO (WEISSOVA DOMENA). V NE MAGNETNEM STANJU PA SO VSE DOMENE ORIENTIRANE NE NAJČUČNO, TAJO, DA JE MAGNETNI MOMENT SNOVI ENAKE NIČ.

### ROBNI POGOJI ZA MAGNETNO POLJE

NORMALNA KOMPONENTA GOSTOTE MAGNETNEGA POLJA SE OHRANJA MED PREHODOM IZ ENA V DRUGO SNOV.

$$B_{1n} = B_{2n}$$

TANGENCIALNA KOMPONENTA VEKOSTI MAGNETNEGA POLJA SE OHRANJA

$$H_{1t} = H_{2t}$$

# TRANSFORMATOR

MAPNAVA EI OMOGOČA PRETVORBO IZ NISKE V VIŠJO NAPETOST IN OBRAČNO.

$$\frac{U_{01}}{U_{02}} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{I_{01}}{I_{02}} = \frac{N_2}{N_1}$$

## 4.) ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE

MAXWELLOVE ENAČBE:

### ZAKON O ELEKTRIČNEM PRETOBU

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = \sum_i q_i$$

- EL. PRETOB ŠKOZI SEČENJENO PLOŠČEV JE ENAK VSOTI NABOJEV EI JIH TA PLOŠČEV OBJEMA. POZITIVNI NABOVI SO IZVORI NEGATIVNI PA POKORI EL. POLJA.

### ZAKON O MAG. PRETOBU

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

- MAG. PRETOB ŠKOZI SEČENJENO PLOŠČEV JE ENAK NIČ (ŠTEVIC SILNIC EI VSTOPAJO VE ENAKO ŠTEVIC SILNIC EI IZSTOPAJO) TOMEJ NE OBSTAJAJO MAGNETNI NABOVI EI BI BILI IZVORI (POKORI) MAG. POLJA, ZATO SO SILNICE SEČENJENE ERIVULNE.

### FARADAYEV INDUKCIJSKI ZAKON (ALI ZAKON O EL. NAPETOSTI)

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

- ELEKTRIČNA NAPETOST PO SEČENJENI KRI VULJI JE ENAKA ČASOVNEMU ODDVODU MAGNETNEGA PRETOKA ŠKOZI KATERO KOLI PLOŠČEV EI JO OMEJUNE TA SEČENJENA KRI VULJA.

## AMPEROV ZAKON O MAGNETNI NAPETOSTI

$$\oint \vec{H} d\vec{s} = \sum_i I_i + \frac{d}{dt} \int_S \vec{D} d\vec{s}$$

- MAGNETNA NAPETOST PO SELEKCIJSKI KRIVULJI JE ENAKA VSOTI TOKOV, VELEJUNO S PREMIKALNIM TOKOM, KI PREBADAJO KATEROČOLI

PROSEK OMEJENO S TO SELEKCIJSKO KRIVULJO

ZGORANIM ŠTIRIM ENAČBAM DODAMO ŠE KONTINUITETNO ENAČBO:

$$\oint \vec{j} d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int_V \rho_e \cdot dV$$

KI IZRAŽA OHRANITEV NABOJA. ČE SE ZNOTRAJ NEKE PROSTORNE SPREMIKA KOLIČINA NABOJA POTEM V TO PROSTORNO PRITELE (ODPRA) EL. TOČ.

HITROST ELEKTROMAG. VALOV JE ENAKA HITROSTI SVETLOBE

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}}$$

SMER ŠIRJENJA VALOVANJA NAM POKAŽE POKAZATEL Vektor  $\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$ .

MEŠO VA POUPREČNA VREDNOST PA JE ENAKA GOSTOTI ENERGIJSKEGA TOKA  $j$

SEVA ME DIPOLA ??

## ELEKTROMAGNETNI SPEKTER

Spektel je porazdelitev svetlobe.

Po nastanku in po uporabi ločimo različne vrste elektromagnetnih valov. Vse m je skupna hitrost v vakuumu  $c = \lambda \cdot \nu$

Razlikujejo se po valovni dolžini in frekvenci, tako kot različne barve vidne svetlobe. Elektromas. spekter lahko razdelimo na:

- Radiovalove ( $\lambda$  od 1 - več tisoč m)
- Mikrovalove ( $\lambda$  od 1 mm - 1 m)
- Infrardečo sevanje ( $\lambda$  od 780 nm - 0,1 mm)
- Vidno svetlobo ( $\lambda$  od 380 nm - 780 nm)
- UV svetlobo ( $\lambda$  od 5 nm do 380 nm)
- Rentgenske ali X žarke ( $\lambda$  od 1 pm - 10 nm)
- Žarke gama ( $\lambda$  od 0 - 1 pm)

## ABSORPCIJA ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA

Absorpcija je odvisna od valovne dolžine in od snovi skozi se valovanje razširja

$$j(x) = j_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

Čistota toča posema eksponentno z debelino homogene plasti.

# SEVANJE ČRNEGA TELES

ČRNO TELO JE TELO KI ABSORBIRA VSO SVETLOBO, (ELM. VALOVANJE) KI NAJ PADE. NE ODBIJE NIČ UPADLE SVETLOBE, ZATO JE NJEGOVA ALBEDO (ODBOJNOST) ENAKA NIČ ( $\alpha = 0$ ). KERATI PA ABSORBIRA VSO SVETLOBO, ZATO JE NJEGOVA ABSORBTIVNOST ENAKA  $\alpha = 1$ .

ČRNO TELO LAHKO IČIUBI TENU PA NIČ SVETLOBE NE ODBIJA SEVA SVOJO LASTNO SVETLOBO

DEFINIRAJMO EMISIVNOST  $e$  Z RAZMERNEM IZSEVANE GOSTOTE ENERGIJSKEGA TOČA SIVEGA IN ČRNEGA TELES:  $j_s^* = e j_c^*$ . ČE IMAMO ČRNO IN SIVO

TELO V TOPLOTNEM RAVNOVESJU VELJA ZA VSAKO IZMED TELES, DA JE TOPLOTNI TOČE KI GA ODDAJA ENAK ENERGIJSKEMU TOČU KI GA PREJEMA.

ČRNO TELO ODDAJA  $j_c^*$ , SIVO TELO PA  $j_s^* = e \cdot j_c^*$ , KER PA SIVO TELO

ODAJE TUDI DEL ENERGIJSKEGA TOČA ČRNEGA TELES, KI JE NAJ PADLO:  $j_c^*$ , OBA DELEŽA PA ČRNO TELO POPOLNOMA ABSORBIRA OD TUD

SLEDI:  $e = \alpha$  (TISTO TELO KI NAJVEČ ABSORBIRA TUDI NAJVEČ SEVA)

V SPLOŠTEM SO  $e$ ,  $\alpha$ , IN  $a$  ODVISNI OD VALOVNE DOLEŽINE, ZATO IMAJO TELES A BARVO.

## 5.) FOTOMETRIJA

SVETLOBNI TOČ :

$$P = \frac{dW}{dt} \quad \left[ \frac{J}{s} = W \right]$$

ENERGIJA SVETLOBE  $W$ , KI SE PRETEČE SKOZI DANO PROSEKU V ENOTI ČASA

GOSTOTA SVETLOBNEGA TOČA :

$$j = \frac{dP}{ds} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

SVETLOBNI TOČ SKOZI ENOTO POUŠINE

SVETILNOST (I)

$$I = \frac{dP}{d\Omega}$$

SVETLOBNI TOČ KI GA SVETILO ODPADA V ENOTO PROSTORSKEGA KOTA.

$$\left[ W / sr. \right]$$

SVETILNOST (B) :

$$B = \frac{dI}{ds_0}$$

SVETILNOST NA ENOTO POUŠINE PROJEKCIJE SVETILA V SMERI OPAZOVANJA

$$\left[ W / sr. \cdot m^2 \right]$$

ČE SVETILNOST  $B$  NI ODVISNA OD SMERI OPAZOVANJA, PRAVIMO DA SVETILO SVETI PO LAMBERTOVEM ZAKONU. TAKRAT JE SVETILNOST SORA Z MERNA S  $\cos \varphi$ .

OSVETLJENOST  $j'$  :

$$j' = \frac{dP}{ds} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

SVETLOBNI TOČ KI PADE NA POUŠINO TELES



## 6.) GEOMETRIJSKA OPTIKA

PRI GEOMETRIJSKI OPTIKI GRE ZA PRIBLIŽEK, PRI ZATEM ZAHTEVANIM VALOVNE POJAVE KOT STA VELOK IN INTERFERENCA. TO LAHKO STORIMO TAKRAT, KO SO OBJEKTI V POJAVIH VEČIJI U PRIMERJAVI Z VALOVNO DOLŽINO.

## ODBOJ IN LOM SVETLOBE

DEFINIRAJMO LOMNI KOEFICIENT KOT RAZMERJE HITROSTI SVETLOBE  $c_0$  V VAZUMU, PROTI HITROSTI SVETLOBE  $c$  V SNOVI:

$$n = \frac{c_0}{c}$$

LOMNI ZAKON LAHKO POTEM ZAPIŠEMO:

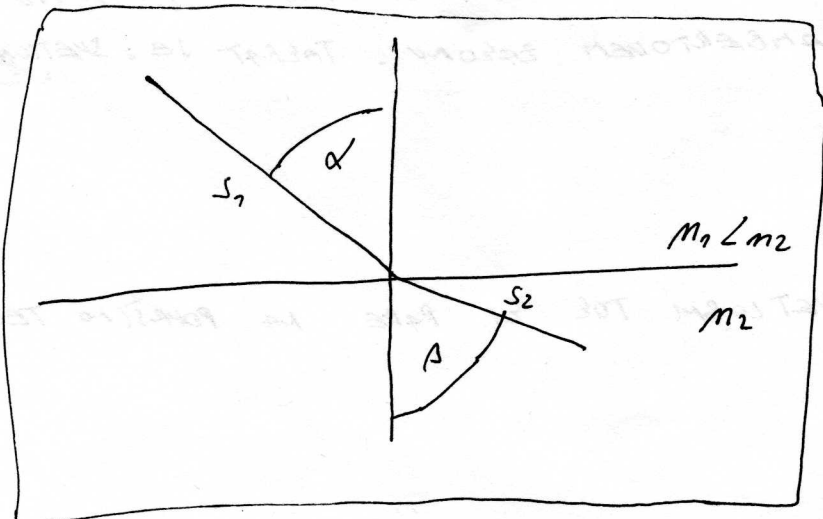
$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

ZA SNOVI Z VEČJIM LOMNIM KOEFICIENTOM PRAVIMO DA SO OPTIČNO GOSTEJŠE (IN OBRATNO)

PRI PREHODU IZ OPTIČNO REDKEJŠE V OPTIČNO GOSTEJŠO SNOV SE SVETLOBA LOMI PROTI VPADNI PRAVOKOTNICI (IN OBRATNO)

$$\sin \beta_T = \frac{n_1}{n_2}$$

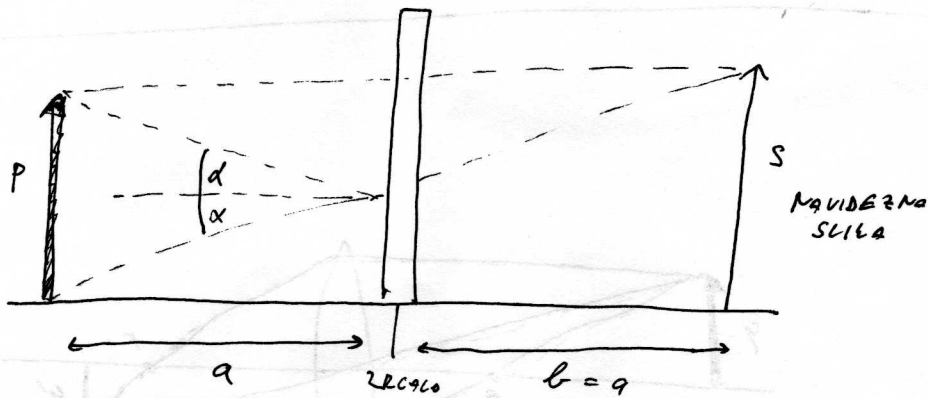
ZA VEČJOTE  $\beta > \beta_T$  SE SVETLOBA LE OD BINE IN NIČ SVETLOBE NE PREHAJA V SREDSTVO Z MANJŠIM KOEFICIENTOM



# ZRCALA

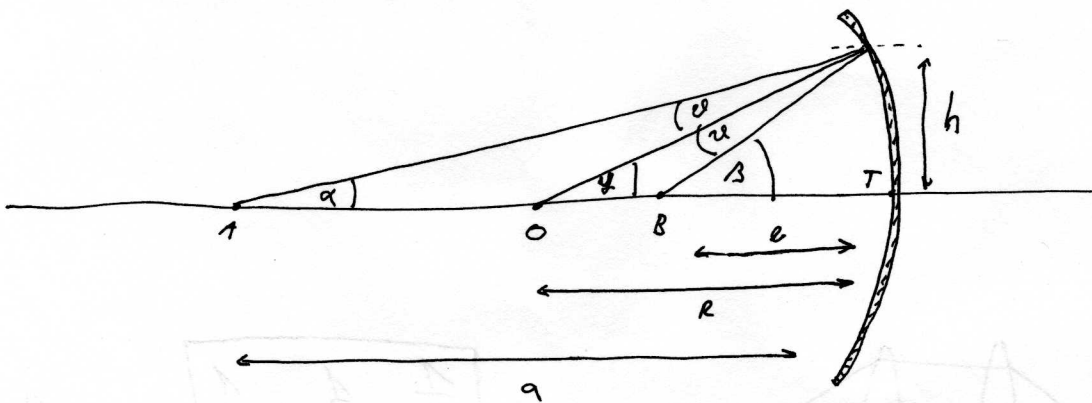
ZRCALA SO OPTIČNE NAPRAVE, KI PREDMET PRESLIKAVO V SLIČO.

## RAVNO ZRCALO:



PRI RAVNEM ZRCALU JE SLIČA NAVIDERNA, POLOŽENA IN SE NAHAJA V ENAKI ODDALJENOSTI, VENDAR NA NASPROTNI STRANI KOT OPAŽOVALEC.

## ZBIRALNO ZRCALO: (KONKAVNO ZRCALO)



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

$$f = \frac{r}{2}$$

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

### POVEČAVA:

RAZMERJE VELIKOSTI SLIČE PROTI VELIKOSTI PREDMETA  $\frac{y'}{y} = \frac{b}{a}$

RAZPRŠILNO ZRCALO: (KONKAVNO ZRCALO)

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

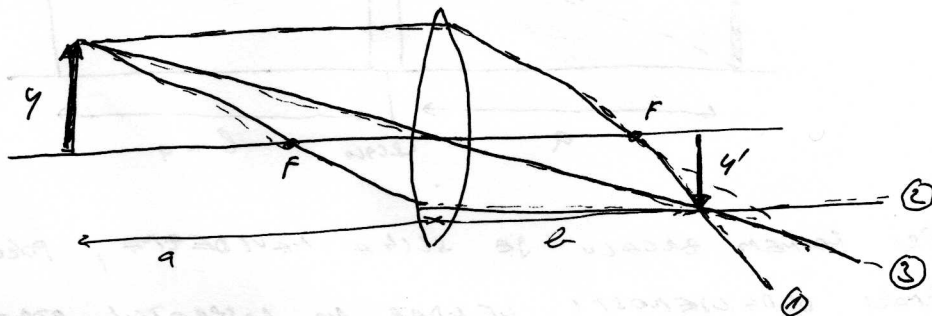
$$f = -\frac{|R|}{2}$$

Slika je vedno morda zra, (saj se nahaja na nasprotni strani zrcala kot predmet) položna in pomajšana

LEČE

ZBIRALNA LEČA:

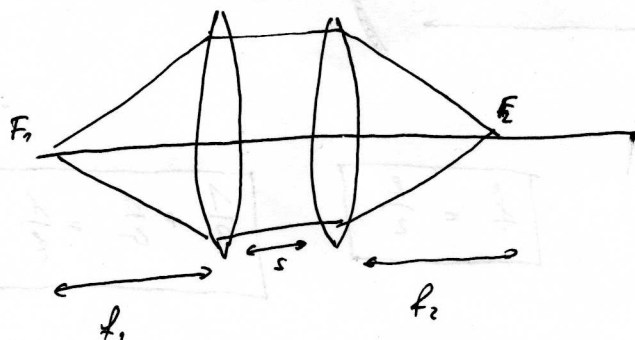
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



RAZPRŠILNA:

VELJA E KAKA ZVEBA KOT ZA ZBIRALNO.

SESTAVI LEČI

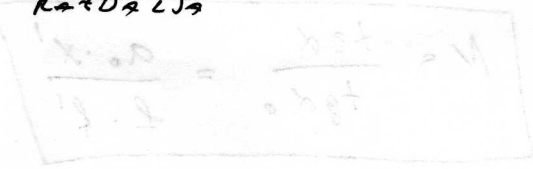


$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

OBKATNO UREDNOST GOLIŠČNE RAZDALJE  $\frac{1}{f}$  IMENUJEMO LOMNOST  
 ETOTA ZA LOMNOST JE DIOPTRIJA ( $\frac{1}{m}$ ).

OPTIČNE PRAVE

OČO: V GROBEM JE TO MAJHKA ZBIRALNA LEČA, KI TO ČEKO PREDMETA PRESLEJA V TOČKO NA MREŽNICI. OČESNA LEČA JE UPETA S POSEBNIMI MIŠICAMI, KI SPREMENJajo KRI VIŠJA POLMERA LEČE, PRI ČEMER SE SPREMINJA TUDI GORIŠČNA RAZDALJA



DALJNOVIDNOST:

OČO DOBRO VIDI PREDMETE OD NEŠKONČNOSTI, DO NEŠE MINIMALNE RAZDALJE  $a_{min}$ . OČO V TEM PRIMERU NE MORE PRILAGODITI LEČE ZA GORIŠČNE RAZDALJE

MANJŠE OD: 
$$\frac{1}{a_{min}} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$

NE VIDIMO OSTRE Slike

ZA RAZDALJE MA MANJŠE OD  $a_{min}$ . (Slike NE NASTANE DIREKTO NA MREŽNICI). Tako OČO POTREBUJE OČALA S POZITIVNO LOMNOSTJO (ZBIRALNO LEČO).

KRATKOVIDNOST:

OČO VIDI PREDMETE OD NORMALNE VIDNE RAZDALJE  $a_0$  DO NEŠE RAZDALJE  $a_{max}$ . OČESNA LEČA PRI TEM NE MORE OČESA PRILAGODITI ZA RAZDALJE

VEČJE OD: 
$$\frac{1}{a_{max}} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$

OSTRO Slike NASTANE

PRED MREŽNICO. ZATO RABIMO OČALA Z NEGATIVNO LOMNOSTJO (RAZPISILNO LEČO)

LUPA

PREDMET POSTAVIMO V GORIŠČNO RAZDALJO ZBIRALNE LEČE IN OPAZUJEMO Slike KI NASTANE V NEŠKONČNOSTI.

POVEČAVA:

$$N = \frac{tg \alpha}{tg \alpha_0} = \frac{a_0}{f}$$

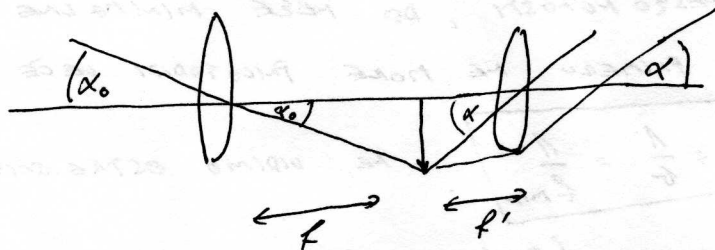
NORMALNA VIDNA RAZDALJA

↑  
kot BO KATERIM VIDIMO PREDMET S PROSTIM OČESOM

## MIKROSKOP

MIKROSKOP IMA DVE ZBIRALNI LEČI, OBJEKTIV IN OKULAR. PREDMET POSTAVIMO PRED OBJEKTIV TAKO, DA DOBIMO PRAVO, POVEČANO IN OBRNJE NO Slike v razdalji  $x'$  od gorišča. TO REALNO Slike OPARJEMO Z OKULARJEM TAKO, DA JE Slike  $y'$  V GORIŠČNI RAVNINI OKULARJA.

$$N = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{a_0 \cdot x'}{f \cdot f'}$$



## DALJNO GLED:

SESTA ULETA PODOBNO KOT MIKROSKOP.

$$N = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{f}{f'}$$

ZA BOLISO OSVETLIENOST Slike JE ZARJELJENO, DA JE OBJEKTIV ČIM VEČI, KAR VPLIVA TUDI NA LOČLJIVOST.

## FOTOAPARAT

## 8) POSEBNA TEORIJA RELATIVNOSTI

POSEBNA TEORIJA RELATIVNOSTI OPISUJE POJAVE V KATERIH  
 MASTO PAJO TRAJESA Z ZELO VELIKIMI HITROSTMI (BLIZU  $c$ )

ČE IMAMO DVA SISTEMA  $S$  IN  $S'$  KATERIH KOORDINATNE OSI SO BILE  
 POREZNE V ČASU  $t=0$ . SISTEM  $S'$  SE V SISTEMU  $S$  GIBLJE  
 S HITROSTJO  $v_0$  V SMERU POZITIVNE  $x$  OSI, KAR JE EFAKOVREDNO  
 TEMU, DA SE IZHODIŠČE SISTEMA  $S$  GIBLJE S HITROSTJO  $v_0$  V SMERU  
 NEGATIVNE  $x'$  KOORDINATE. NEE TOČKE V OBEH SISTEMIH POUZUJEJO  
 GALILEJEVE TRANSFORMACIJE:

$$x = x' + v_0 t \quad y = y' \quad z = z'$$

$$x' = x - v_0 t \quad y = y' \quad z = z'$$

## LORENTZOVE TRANSFORMACIJE

$$\begin{aligned} x &= \gamma (x' + v_0 t') \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \gamma \left( t' + \frac{v_0}{c^2} x' \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x' &= \gamma (x - v_0 t) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \gamma \left( t - \frac{v_0}{c^2} x \right) \end{aligned}$$

← OBRATNE  
TRANSFORMACIJE

$$\gamma = \frac{1}{\left(1 - \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

- LORENTZOVE TRANSFORMACIJE ZADOJČAJO NAČELU O KONJANTNI  
HITROSTI SVETLOBE.
- OBRATNE SLEDIJO IZ DIREKTNIH IN DIREKTNE & OBRATNIH
- PRI MAJHNIM HITROSTIM PRIDEJO LORENTZOVE TRANSFORMACIJE  
V GALILEJEVE
- TRANSFORMIRA SE TUDI ČAS (PRI VELIKIH HITROSTIH)

## SOČASNOST

DVA DOGODKA, KI JIH NEK OPAZOVALEC VIDI KOT SOČASNA, NEBOTA SOČASNA ZA DRUŽE INERCIALNE OPAZOVALCE. SOČASNOST JE Torej RELATIVEN POJM.

## PODALJŠANJE ČASA

V ENEM IZMED DVEH INERCIALNIH SISTEMOV SE ZGODITA DVA DOGODKA NA ISTEM MESTU, V ČASOVNEM RAZMAKU  $\Delta t' = \Delta t_0$ . ČASOVNI RAZMAK MED ISTIMA DOGODKOMA  $B_0$  ZA OPAZOVALCA V DRUGEM INERCIALNEM SISTEMU DALJŠI:  $\Delta t = \gamma \Delta t_0$

## SKRČENJE DOLŽINE

V INERC. SISTEMU  $S'$  V KATEREM PALICA MIRUJE GLEDE NA OPAZOVALCA.  $B_0$  OPAZOVALEC IZMERICI I.T. LASTNO DOLŽINO PALICE  $\Delta x_0$ .

OPAZOVALEC V NEKEM DRUGEM SISTEMU ( $S$ ) GLEDE NA KATERESA SE PALICA GIBUJE  $B_0$  MORAL OBE ČRANJŠČI IZMERITI ISTO ČASNO ( $\Delta t = 0$ ) IN  $B_0$  IZMERICI ČRANJŠO PALICO  $\Delta x = \frac{\Delta x_0}{\gamma}$

## PROSTOR - ČAS

GIBALNA KOLIČINA IN ENERGIJA

RELATIVISTIČNA GIBALNA KOLIČINA

$$\vec{p} = \gamma m_0 \vec{v} = m_R \cdot \vec{v}$$

RELATIVISTIČNA  
MASA

ČEPRAV HITROST  $v$  NE MORE PRESEČI  $c$ . PA LAHKO RELATIVISTIČNA GIBALNA KOLIČINA  
MARAŠČA ČEZ VSE MEJE, KER S HITROSTJO MARAŠČA RELATIVISTIČNA MASA  $m_R$

$$E = \gamma m_0 c^2, \quad E = m_R c^2$$

POLNA ENERGIJA

ODVISNOST POLNE ENERGIJE OD HITROSTI DELCA JE ENAKA ODVISNOSTI  $m_R$   
OZIROMA  $\gamma$ . KO DELC MIRUJE JE NJEJOVA POLNA ENERGIJA ENAKA  
MIROVNI.

POLNO ENERGIJO LAHKO RAZDELIMO NA MIROVNO IN KINETIČNO

$$E = m_0 c^2 + W_k$$

NEWTONOV ZAKON IN MAXWELLOVE ENAČBE

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad \vec{p} = \gamma m_0 \vec{v}, \quad \vec{F} = e\vec{E} + e\vec{v} \times \vec{B}$$



# g) KVANTNA MEHANIKA

## FOTONI

### FOTOELEKTRIČNI POJAV (FOTEFELT)

FOTEFELT JE POJAV, DA SVETLOBA IZ KOVINE IZBIRA ELEKTROME.

TO DOLAŽEMO Z NEGATIVNO NAELEKTRENO CINELO PLOŠČICO VEŽAMO NA ELEKTROMETER. ELEKTROMETER SE RAZELEKTRI, ĆO NA PLOŠČICO POSVETIMO Z UV SVETLOBO.

EINSTEINOVA RAZLAĀA TEH REZULTATOV JE, DA JE SVETLOBA SE STA V UJE MA IZ KVANTOV - FOTONOV, OD KATERIH MA VSAĀE ENERGIJO:

$$E = h \cdot \nu$$

↓  
Planck.  
konst.

ν frekv.

ELEKTRON V KOVINI V ĀELOTI ABSORBIRA ENERGIJO FOTONA IN JO NEKAJ PORABI ZA PREMAĀOVANJE SIL, ĀI GA VEĀEJO NA KOVINSKI KRISTAL. MINIMALNO ENERGIJO, ĀI JO ELEKTRON POTREBUJE ZA IZSTOP IZ KOVINE IME MURMO IZSTOPNO DELO  $A_{iz}$ . TOREJ JE MAXIMALNA ENERGIJA ELEKTRONOV ĀO ZAPUSTIJO KOVINO

$$W_e^{max} = h\nu - A_{iz}$$

## COMPTONSKO SIPANJE

PRI VEČJIH ENERGIJAH FOTONOV, KO LAHKO ZAMEMARIMO VEŽALNO ENERGIJO ELEKTROMOV, OPAZIMO, DA SE FOTONI NA ELEKTROMIH ODBIJAJO (SIPAJO) PO ENERGIJ ZAŽOMIH KOT VELJAJO ZA PROŽMI TRŽ KROGLIC.

FOTONI SE GIBIJEJO S SVETLOBNO HITROSTJO, NJIHOVA MIROVNA MASA JE ENAKA NIČ. GIBALNA KOLIČINA PA!

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

## SVETLOBNI TLAČ:

PRI ABSORBCIJI FOTONOV SE NJIHOVA GIBALNA KOLIČINA PROMENE NA TELO, KER PA JE SPREMEMBA GIBALNE KOLIČINE POVEZANA S SILO IN SILA S TLAČOM, PA PRI ABSORBCIJI SVETLOBE DELUJE NA TELO TLAČ.

SVETLOBNI TLAČ POTISKA REP KOMETA STRAN OD SONCA.

## DUALNOST

LAHKO REČEMO, DA SVETLOBA POTUJE KOT VAL IN PRISPE KOT DELCE. TA DVOJMI POJAV IMENUJEMO DUALNOST.

DUALNOST JE PRISOTNA TUDI PRI DELCIH (SAJ MAJ BI SE DELCI OBNAJALI TUDI KOT VALOVANJE. PODOBNA ZVEZA MED GIBALNO KOLIČINO IN VALOVNO DOLŽINO KOT VELJA ZA FOTONE MAJ BI VELJALO TUDI ZA DELCE. OD TUD DOBIMO BROGLIJEVO VALOVNO DOLŽINO DELCEV

$$\lambda_B = \frac{h}{p}$$

BROGLIJEVA VALOVNA DOLŽINA JE ZA MAKROSKOPSKA TELESA ZA NEZAMERLJIVO MAJHNA

$$\left( m = 1g, v = 1m/s, \rightarrow \lambda_B = 10^{-22} \text{ mm} \right)$$

## NEDOLOČNOST

Ni možno hkrati poljubno natančno določiti položaja in gibalne količine delcev. Zvezo med nedoločnostjo koordinat  $\Delta x$  in nedoločnostjo gib. količine  $\Delta p_x$  podaja Heisenbergovo načelo nedoločnosti:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{2\pi}$$

## 10 ZGRADBA ATOMA

### THOMSONOV IN RUTHERFORDOV MODEL ATOMA

V Thomsonovem modelu je atom enakomerno nabit, pozitivna kroglica v kateri so razporejeni elektroni kot rozine v pudingu in je celota nevtralna.

V Rutherfordovem modelu pa je pozitiven naboj in skoraj vsa masa v jedru, okoli katerega krožijo lahki elektroni.

### BOHROV MODEL

{emisja}

$$\frac{h}{\lambda} = p$$

## EVANTNO MEHANSKI OPIS ATOMA

### PAULIJEVO IZKLJUČITVENO PRAVILNO:

V OSNOVEM STANJU ATOMA SO VSI NABOVI ELEKTROM V NAJNIZJEM MOŽNEM ENERGIJSKEM STANJU. V VEČ ELEKTRONSKEM ATOMU BI TOREJ PRIČAKOVALI DA SO VSI ELEKTROMI V V LUPINI 2 GLAVNIH KVANTNIH ŠTEVILOM  $n=1$ . IZLAŽE SE, DA KVANTNO MEHANSKO STANJE, KI JE PODANO Z DOLOČENO KOMBINACIJO KVANTNIH ŠTEVIC, LAHKO ZASEDE LE EN ELEKTROM (<sup>ENI SPOD</sup> <sup>ENI OSEBA</sup>)  
ELEKTRONSKA STANA V ATOMIH DOBIMO TOČNO DA V PRVO LUPINO LAHKO DAMO  $2n^2 = 2 \cdot 1^2 = 2$  ELEKTROMA, V DRUGI  $2 \cdot 2^2 = 8$  ...

## TRDJA SPOV !!

## 11 ATOMSKO JEDRO

### NABOJ MASA IN VELIKOST JEDRA

JEDRO IMA POZITIVEN NABOJ, IN NOSI VEČINO MASE CELEGA ATOMA.

NABOJ JEDRA JE MERNOTNO ENAKE VSAKI NABOVI ELEKTROMOV

$$e_j = Z \cdot e_0$$

↓  
VARNOSTI ŠTEVILO

ZP. ŠTEVILO V PBA. SUT.

MASA JEDRA JE Približno ENAKE CELEMU MNOGOKRATNEU ATOMSKU MASNE ENOTE!

$$m_j = A \cdot m_a \cdot m_e$$

↓  
MASNO ŠTEVILO

POMER JEDRA JE SORAZ MEREK S TRATJIM KORENOM MASEGA JT.

$$R_j = R_0 \cdot A^{\frac{1}{3}}$$

## JEDRSKA SILA

(NUCLEONI)

TO JE SILA, KI PREMA GA ODBOJNO SILO MED PROTONI V JEDRU, DELUJE MED VSEMI NUCLEONI IN JE NEODVISNA OD MABOJA NUCLEONA.

ZA IZBITJE NUCLEONA IZ JEDRA MU JE POTREBNO DOVESTI T.I.

VEZAVNO ENERGIJO. EKVA ENERGIJA SE SPONSTI, KO JEDRO ZAVAME NUCLEON. TO POMENI, DA JE PRI SESTAVLJANJU JEDRA IZ PROSTIH NUCLEONOV PRAJLO DO IZGUBE ENERGIJE IN SE JE ZATO POLNA ENERGIJA SISTEMA ZMANJŠALA.

## STABILNOST JEDER IN RADIOAKTIVNOST

- NAJBOLJ STABILNA SO JEDRA Z VISOKO VEZAVNO ENERGIJO.
- JEDRA KI IMAJO PRAVEČ NEUTRONOV ALI PROTONOV NISO STABILNA IN LAHKO SPONTANO PREIDEJO V DRUGO, BOLJE VEZANO JEDRO (Z RAZPADOM) PRI  $\beta^-$  SE NEUTRON PRETVORI V PROTON, PRIGEMER JEDRO IZSEVA ELEKTRON (IN SE DOBATA DELEC, KI SE IMENUJEMO NEUTRINO). PRI  $\beta^+$  PA PROTON PREIDE V NEUTRON Z ODDAJO POSITRONA (ANTIELEKTRONA). TEŽJA JEDRA LAHKO RAZPADEJO TUDI Z EMISIJO DELCA  $\alpha$  (2 PROTONA IN 2 NEUTRONA), ALI CELO S CEPITVNO JEDRA NA DVA DELA (FIZIJA)

## CEPITV JEDRA

PRI SPONTANIH RAZPADIH RADIOAKTIVNIH JEDER, JE VIŠTA MIROVNA MAS PRODUKTOV RAZPADA MANJŠA OD MIROVNE MASE MATIČNEGA JEDRA. RAZLIKA MIROVNE MASE SE PRETVORI V KINETIČNO ENERGIJO PRODUKTOV RAZPADA. TO VELJA ZA CEPITV ALI FIZIJO PRI KATERI SE TEŽKO JEDRO RAZCEPI NA DVE LAŽJI. RAZPADLOČE JEDRO IMENUJEMO MATIČNO, JEDRA KI SO PRODUKT RAZPADA PA HČERINSKA JEDRA.

SPONTANI RAZPADI V NARAVI SICER POBEVAJO, VENDAR ŽELO POČASI. POSPEŠIMO SIH TAČO, DA TEŽLEMU JEDRU DOVEDEMO NEKAJ ENERGIJE. TO SE ŽEPI, ČE TEŽKO JEDRO ZAVAME

NEUTRON, PRI TEM SE VEZAVNA ENERGIJA PORAZDELI MED  
NUCLEONI V NOVO NASTALEM JEDRU, KI JE ZATO V VZBUJENEM  
STANJU IN SE HITREJE RAZCEPI. PRI CEPI TVI NASTANE  
TUDI NEKAJ NEUTRONOV, KI MOTO SPOROŽENO VERIŽNO REAKCNO  
KI SAM UZDRŽUJE SAMA SEBE.

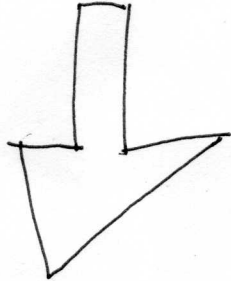
**ZLIVANJE JEDER**

ZLIVANJE ALI FUZIJA JE ZAJLIVANJE NA ZEMLJI BILTVENES  
POMENA. (SLE) UPRAŠANJE: KAKO SONCE DOBI ENERGIJO

**12. OSNOVNI DELCI**

SLE) EMISIJO

POGOSTO ZASTAVLJENA  
UPRAŠANJA

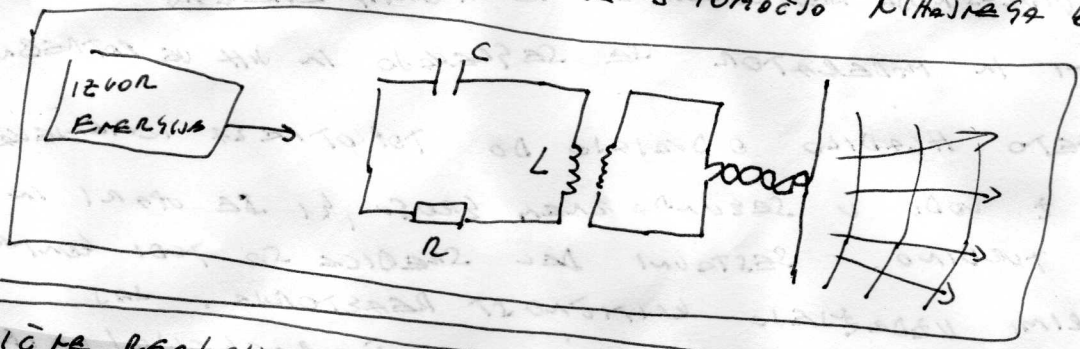


## DELO VANJE ANTEME (PRIMER MIKAVNA DIPOLA)

PRI MIKAVNJU DIPOLA SI PREDSTAVLJAMO, DA SE SILNICE ELEKTRIČNEGA POLJA ODTEKAJO OD NABOJEV IN POTUJEJO RADIALNO KAVZVEN. SILNICE ELEKTRIČNEGA POLJA SPOMINJAMO NA PRAVAČNO ČEBULO. SILNICE MAGNETNEGA POLJA PA SO KONCENTRIČNE KROŽNICE S SREDIŠČEM V OSI DIPOLA.

ELEKTRO MAGNETNA MOTNJA SE ŠIRI V PROSTOR KO ZAKLITAMO NABOJ. ŠIRI SE PO SILNICI POLJA.

DIPOLNI ANTEMI USILJUJEMO MIKAVNJE S POMOČJO MIKAVNEGA KROGA



## KEMIČNE REAKCIJE IN RAZLIKA MED JEDRSKO

KEMIČNA REAKCIJA JE 100X MANJŠA, AMPER BOLJ VALNA OD JEDRSKIH.

## EVANTNI OPIS PREVODNOSTI

DOVOLJENA PASOVA Z MANJŠJO ENERGIJO SE IMENUJETA PRAVONI IN VALENČNI PAS MED NJIMA PA JE PREPOVEDAN PAS. V MAJI PRILPOOBI S ŠTUDENTI IN SEDŽI JE TO TAZO KOT DA BI BILI VSI SEDŽI V PAVI VRSTI ZASEDENI KAR ONEMOGOČA PREGIBANJE ŠTUDENTOV. ČE ELEKTRON DOBI NEKO ENERGIJO

DA PREŠČI V Z POLNEGA VALENČNEGA V PRAZNI PRAVONI PAS, POTEH KASTANETA DVA PRASTA NOSILCA NABOJA (ELEKTRON IN URZEL). (VALENČNI PAS)

- ČE JE PREPOVEDAN PAS ZELO ŠIROK JE TALE PROCES MALO VERJETEN (IZOLACIJA)
- ČE JE ZA PRESHČE PASU MOGOČE DOBITI DOVA ENERGIJE (POPREVODNIK)
- ČE VALENČNI PAS NI POPOLNOMA ZASEDEN (PREVODNIK)

## MIROVNA MASA

MIROVNA MASA  $m_0$  JE MASA DELECA, IZMERJENA V SISTEMU EJEZ DELEC MIRUJE.

KOLIČINA  $\gamma \cdot m_0$  IMENUJEMO RELATIVISTIČNA MASA (PRI MAJHNIH HITROSTIH) UGOTVILA PROTI  $m_0$

## JEDRSKI REAKTOR

- ZA SEGREVANJE VODE UPORABLJA JEDRSKO GORIVO, GORILNI ELEMENTI SO IZ PALIC V KATERIH JE OBOGATEN URAN. TE PALICE SO POTOPJENE V MODERATOR, KI UPOČASNUJE NEUTRONS DO TERMIČNIH ENERSIJ. GORILNI ELEMENTI IN MODERATOR SE SEGREVajo IN JIH JE POTREBNO HLADITI. SEGRETO HLADILLO ODVAJAJO DO TOPLOTNEGA IZMENJALKA KI GA HLADINO Z VODO V SEKUNDA RNEM KROGU, KI SE UPARI IN POGANJA PARNO TURBINO. SESTAVNI DEL SREDICE SO TUDI KONTROLNE PALICE S KATERIMI VZDRŽEJEMO KRITIČNOST REAKTORJA. JAJ KADAR JIH SPULTIMO V SREDICO USTAVIMO VERIŽNO REAKCINO (IN OBRATNO)

## KAKO JE DEFINIRAN 1 A

TOČ ENA AMPERA JE DOLOČEN Z DOGOVOROM, DA JE TO TOK, KI TEČE PO VSAKEM IZMED DVEH DOLGIH VZPorednih VODNIH, TEREN, KO MED NJIMA DELUJE SILA  $2 \cdot 10^{-7}$  N. NA VSAK METRA DOUČINE. SILA JE PRIVLAČNA KO TOKOVA TEČETA V ISTI SMERI, IN ODOBNA KO V NASPROTHI.



GOSTOTA ENERGIJE ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA

ENOTA JE VSOTA GOSTOTE ENERGIJ ELEKTRIČNEGA IN MAGNETNEGA POLJA:

$$W_{em} = W_e + W_m = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$$

ČER PA VELJA:

$$E = B \cdot c_0$$

PA JE

$$W_{em} = \epsilon_0 E^2$$

KAJ POMEMI, DA JE EL. / MAG. VALOVANJE TRANSVERZALNO

TO POMEMI, DA JE VALOVANJE POLJA PRAVOKOTNO NA ŠIRJENJE MOTNJE. (ENAKO KOT PRI VALU)

BROJCI JE VA VALOVNA DOLEŽINA

$$\lambda_B = \frac{h}{p}$$

gib. kol. delca.

DELCI NAJ BI SE OBMAŠALI TUDI KOT VALOVANJE. VALOVNA DOLEŽINA ZA MAKROSKOPSKA TELESKA JE ZANEMARLJIVO MAJHNA (PRAKTIČNO SE MAKROSKOPSKA TELESKA GIBUJEJO PO TOČNO DOLOČENIH TIRIH.)

PLANCKOV ZAKON SEVANJA

$$\frac{dj^*}{d\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1}$$

PLANCKOV ZAKON OPISUJE TALE SPECTER IBI GA SEVATA SONCE ALI MITEA V ŽARNICI, KOT TUDI MIKROVALOVNO KOZMIČNO OZADJE, KI USTREZA SEVANJU ČRNEGA TELESKA PRI T = 2,7 K

TESLA (IZPEWAVA)

MAGNETNO POLJE IMA GOSTOTO AT, ČE MA VODNIK DOLE 1m S TOČOM 1 AMPER DELUJE MAGNETNA SILA 1N. (VODNIK JE V POLJU)

$$1 T = \frac{1 Vs}{m^2}$$

## KAKO SONCE DOBI ENERGIJO

ENERGIJO DOBI Z ZLIVANJEM JEDER. SONCE JE NARAVEN FUSIJSKI REAKTOR. ZARADI ENERGIJE, KI SE SPROŠČA Z ZLIVANJEM DOSEŽE TEMPERATURA V NOTRAJNOSTI SONCA  $15 - 20 \cdot 10^6$  STOPINJ.

ZARADI VIŠJE TEMPERATURE, SE ATOMI RAZSTAVIJO NA ELEKTROME IN JEDRA (PLAZMA). KINETIČNE ENERGIJE SO TALE VIŠJE, DA LAHKO DVA PROTONA PREMA GATA COULOMBOVO SILU IN SE PABLIZATA NA DOSEK JEDRSKEGA SILA.

## POLA RIZACIJA SVETLOBE

SVETLOBA JE TRANVERZALNO ELM. VALOVANJE. TO POMEMI, DA STA VEKTORJA EL. IN MAG. POBUJA PRAVOKOTNA NA SMER ŠIRJENJA VALOVANJA. ZA SMER POLARIZACIJE IZBEREMO SMER EL. POBUJA (ČE JE TA SMER DOLOČENA PRAVIMO DA JE SVETLOBA POLARIZIRANA).

## HALLOVA NAPETOST

PO PLOŠČATEM VODNIKU ŠIRINE  $d$  TEČE TOK  $I$ . MAGNETNO POLJE, KI JE PRAVOKOTNO NA VODNIKU DELUJE NA GIBANJE SE NOSILCE NABOJA (POZITIVNE) S SILU, KI JIH POTISNE PROTI ENI STRANI VODNIKA. NA DRUGI STRANI PA SE KUPIČI NEGATIVNI NABOJ. ZATO SE V VODNIKU POJAVI ELEKTRIČNO POLJE  $E_H$ , KI NA NOSILCE NABOJA DELUJE S SILU, NASPROTNO ENAKO SILI MAGNETNEGA POLJA.

$$U_H = E_H \cdot d$$

S HALLOVO NAPETOSTJO LAHKO MERIMO JAKOST POLJA  $B$ . AČI PA V ZNANEM  $B$  DOLOČIMO HITROST IN PREDZNAJE NOSILCEV.