

FIZIKA

Predavanje – 3. termin

Elektrika in magnetizem; Elektroterapija

TELO NAELEKTRIMO

↓
z drgnjenjem

↓
z influenco

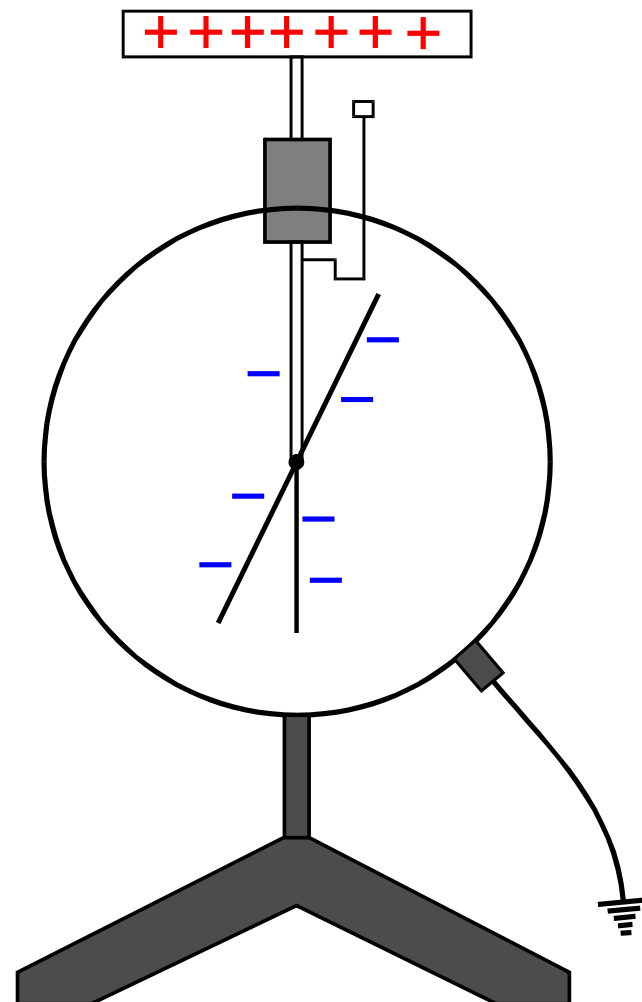
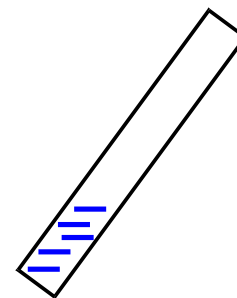


Nevtralnemu elektroskopu približamo naelektreno palico → influenca - naboj se preporazdeli



Slika 2.4 elektroskop

1)



vmes: **POLPREVODNIKI**



PREVODNIKI IN IZOLATORJI



nekaj negativnega naboja
se prosto giblje

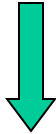


zelo malo naboja se
lahko prosto giblje

ATOM



ovojnica: elektroni (-)



jedro: **protoni (+)** in
nevtralni nevtroni

KOVINA

atomi povezani v kristalno mrežo, nekaj
elektronov ni več vezanih na atom



gibljivi elektroni - **prevodniški elektroni**



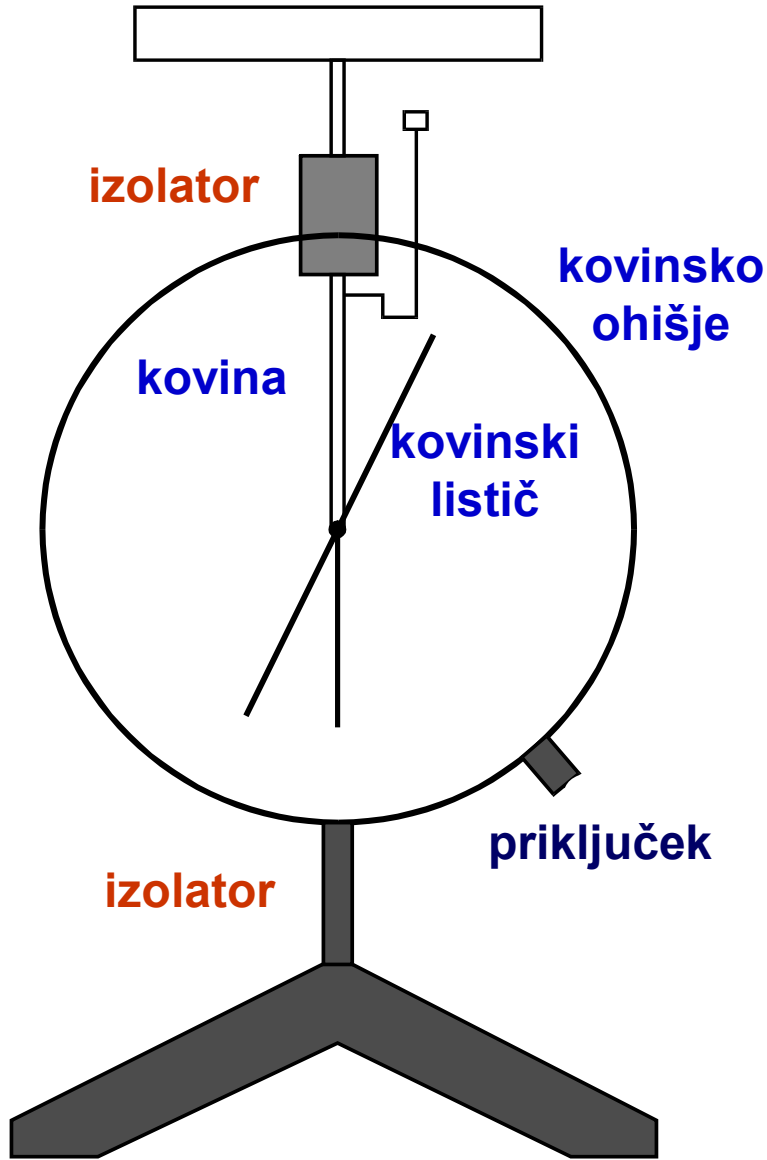
V izolatorju jih skoraj ni !

SUPERPREVODNIKI

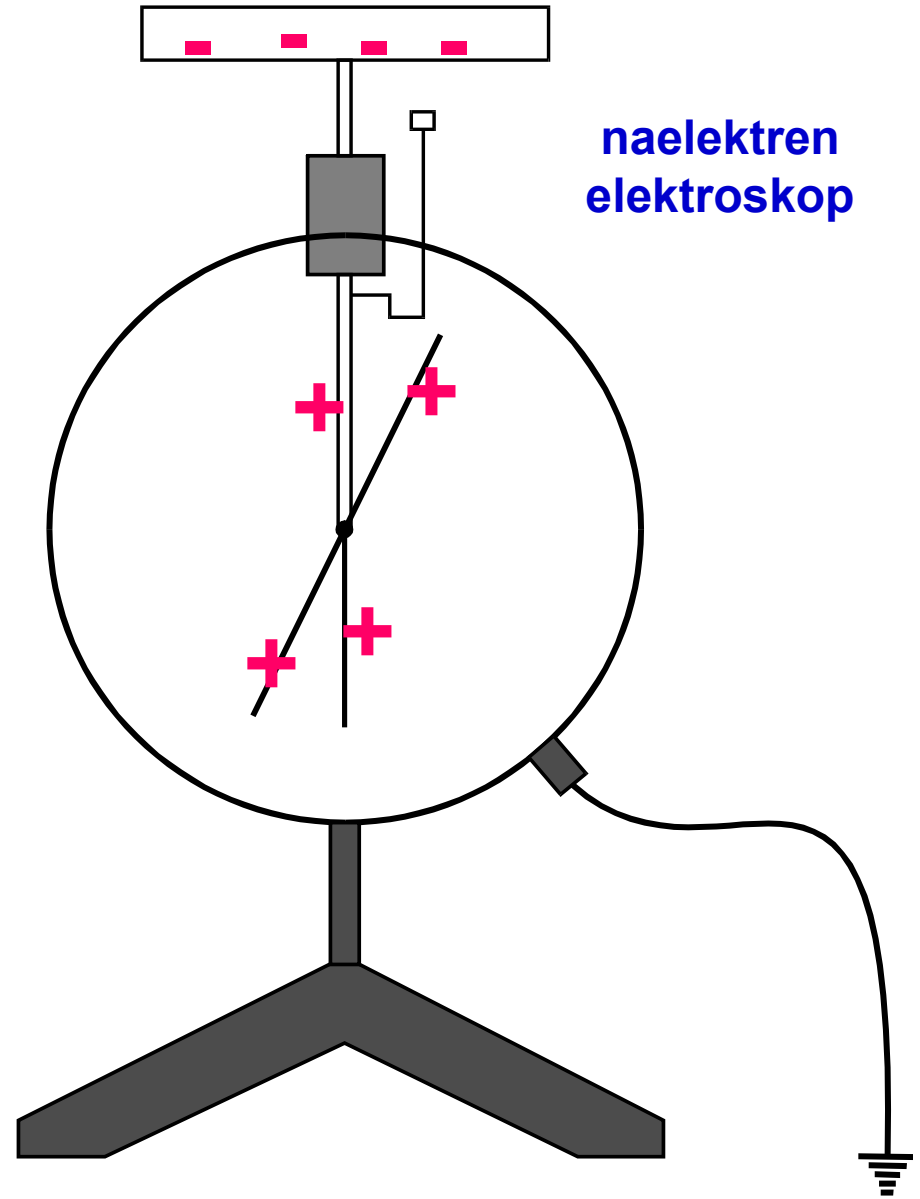


ELEKTROSKOP

kovinska glava

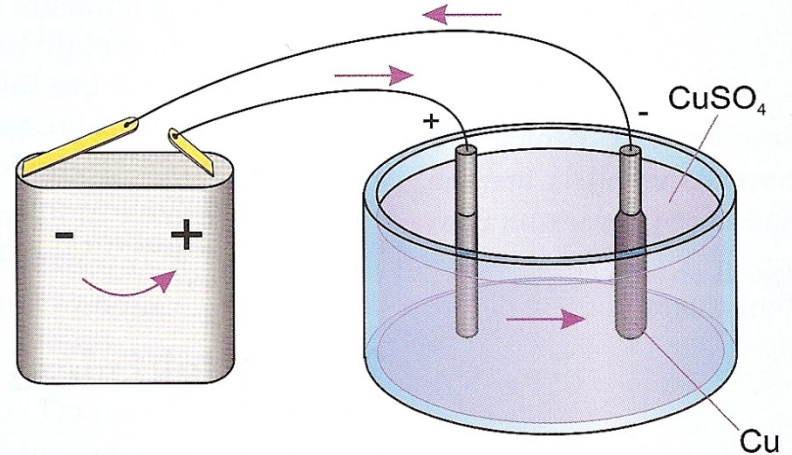


naelektren
elektroskop



ELEKTROLIZA

http://www.s-sers.mb.edus.si/gradiva/w3/elek_v1/eOET1_plus_7/eOet1_07_01_01-2.html



- Potujoči kovinski ioni se nabirajo na katodi.
- S smerjo pozitivnih ionov je določena smer električnega toka.
- Da se izloči 1 kmol enovalentne snovi, se mora pretočiti točno določen naboj - **Faradayev naboj**.

$$e_0 = \frac{e_F}{N_A}$$

$$e_F = 9,6 \cdot 10^7 \text{ As}$$

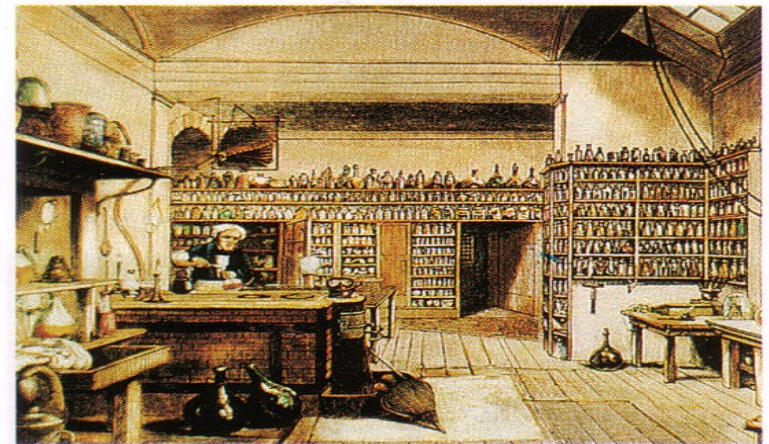
$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

(osnovni naboj)

- Nosilci pozitivnega naboja so protoni, negativnega pa elektroni.

$$e_e = -e_0 = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$e_p = e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$



Slika 1.5 Michael Faraday v svojem laboratoriju v Londonu leta 1860

- Pri elektrolizi se mora za izločitev enega atoma ali molekule pretočiti včasih $1 e_0$, $2 e_0$, $3 e_0 \dots v e_0$.

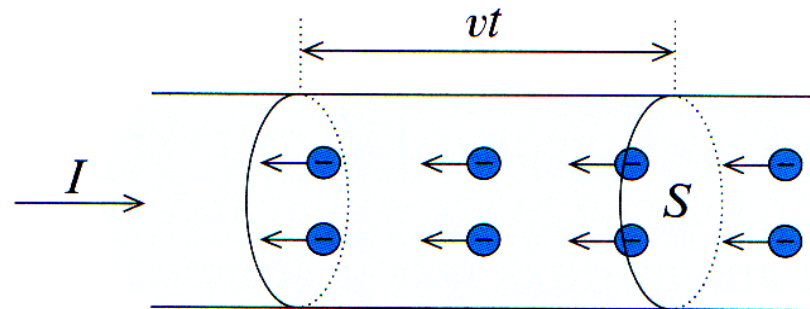
$$I = \frac{e}{t} \quad e = I \cdot t \text{ [As]}$$

VALENCA

Naboj je premo sorazmeren s tokom in časom.

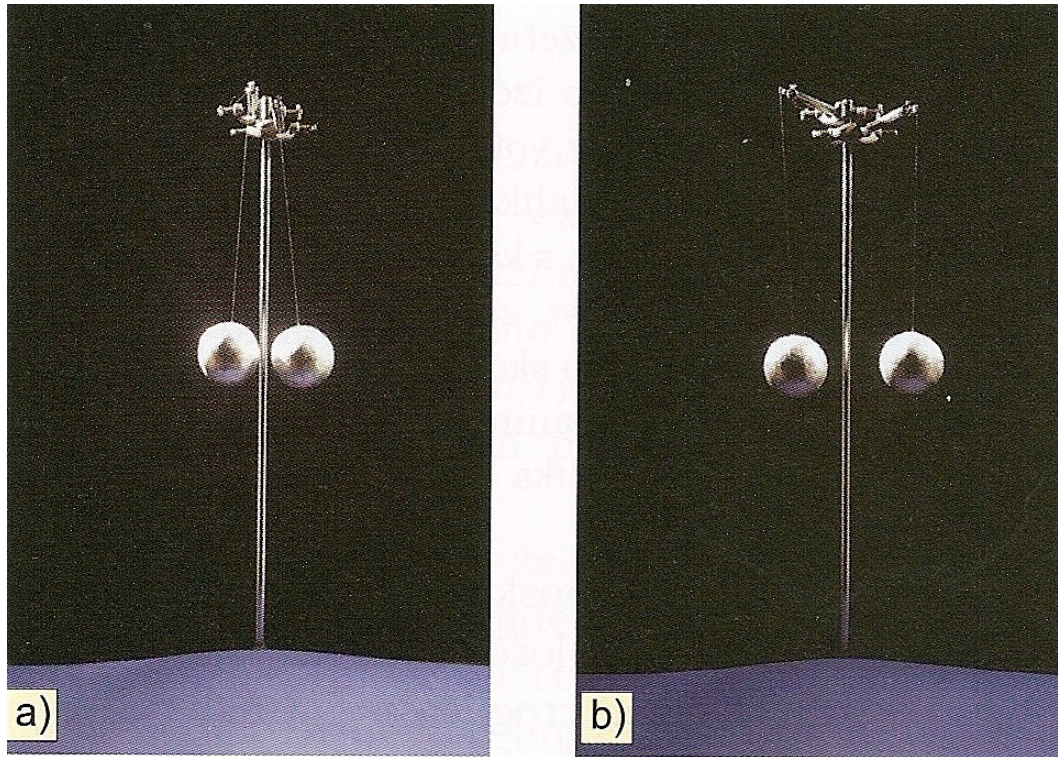
$$v = \frac{I}{n \cdot e_0 \cdot S} \approx 1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

hitrost



Pomembno-naboj KVANTIZIRAN: $e = N \cdot e_0$

Telesi z enakim nabojem se odbijata, z nasprotnim privlačita



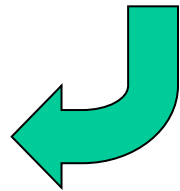
(a) Električna odbojna sila,
(b) privlačna sila.

COULOMBOV ZAKON

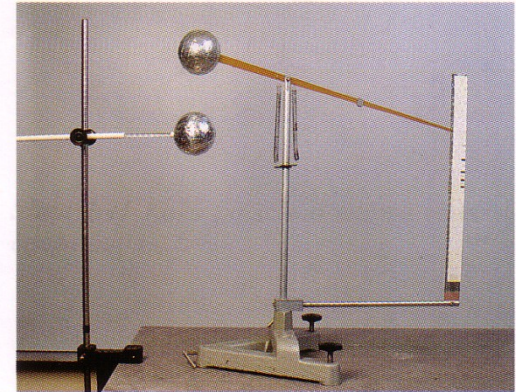
- definiira silo med dvema točkastima nabojevma

$$F = \square \cdot \frac{e_1 e_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$



$$F = \frac{e_1 e_2}{4\pi \square r^2}$$

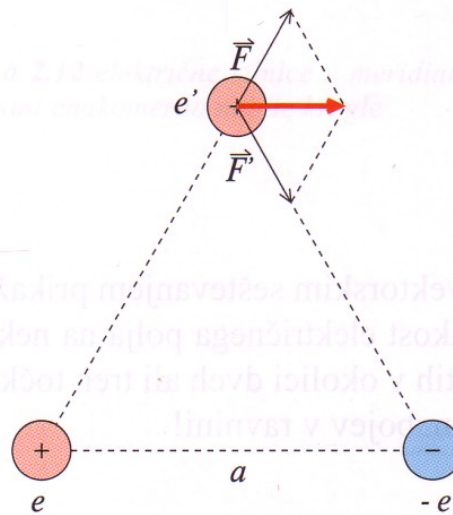


Slika 2.7 Priprava, s katero lahko natančneje preverimo Columbov zakon.

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{(As)^2}{Nm^2}$$

INFLUENČNA KONSTANTA

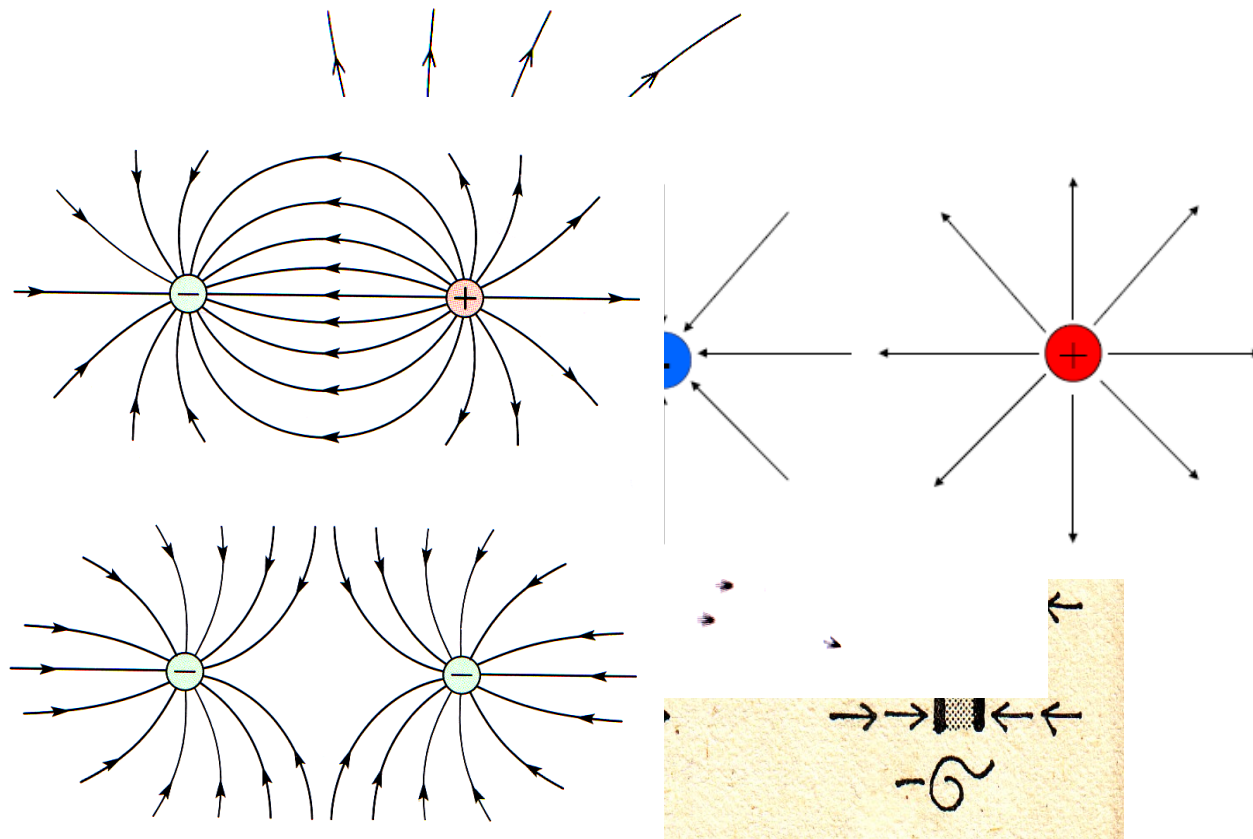
- Če imamo v ravnini ali prostoru več nabojev, je skupna električna sila na izbrani naboj enaka vektorski vsoti sil posameznih parov nabojev, pri čemer silo za posamezen par dobimo s Coulombovim zakonom.



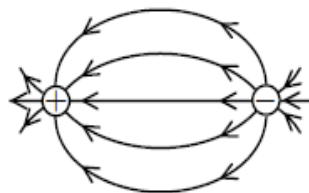
Slika 2.8 sestavljanje električnih sil

Slike električnega polja

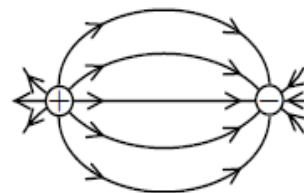
- 1. Električno polje okrog točkastega naboja*
- 2. Električno polje 2 točkastih nabojev*
- 3. Električno polje okrog neskončno velike ravne plošče*



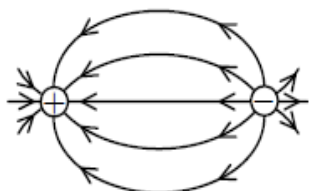
Na kateri sliki so silnice v okolici dveh različno nabitih delcev narisane pravilno?



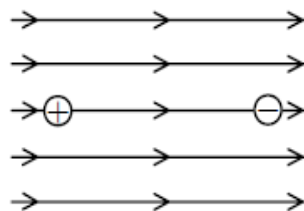
A



B

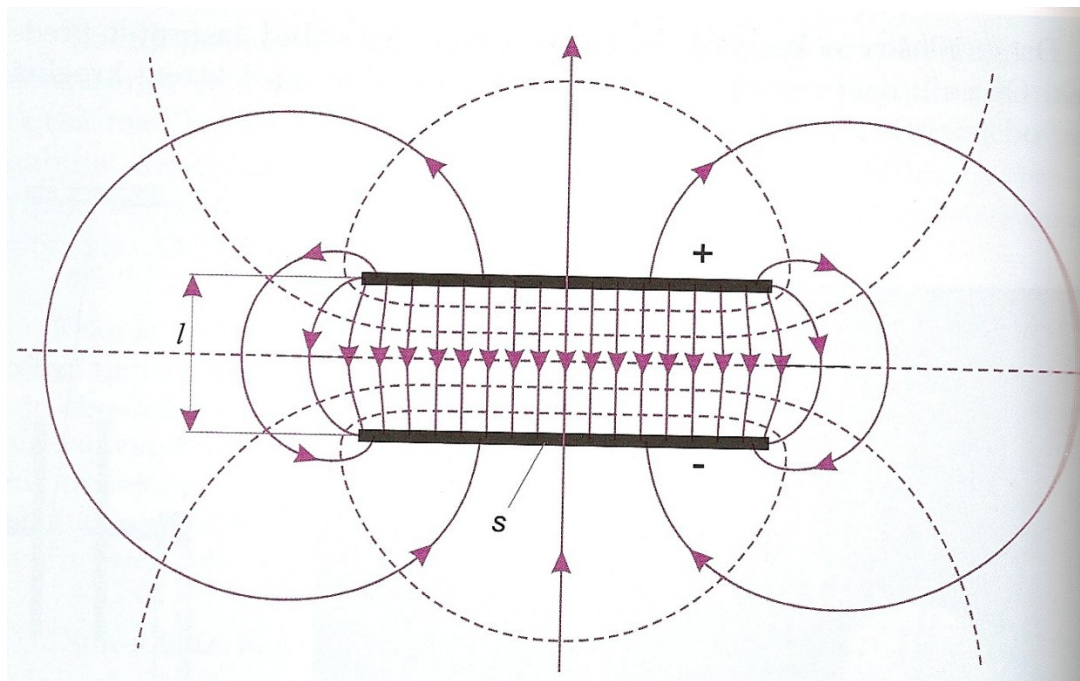


C



D

5. Električno polje ploščatega kondenzatorja



Električna poljska jakost:
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{e}$$



Za posamezne primere lahko izpeljemo enačbo za izračun jakosti el. polja

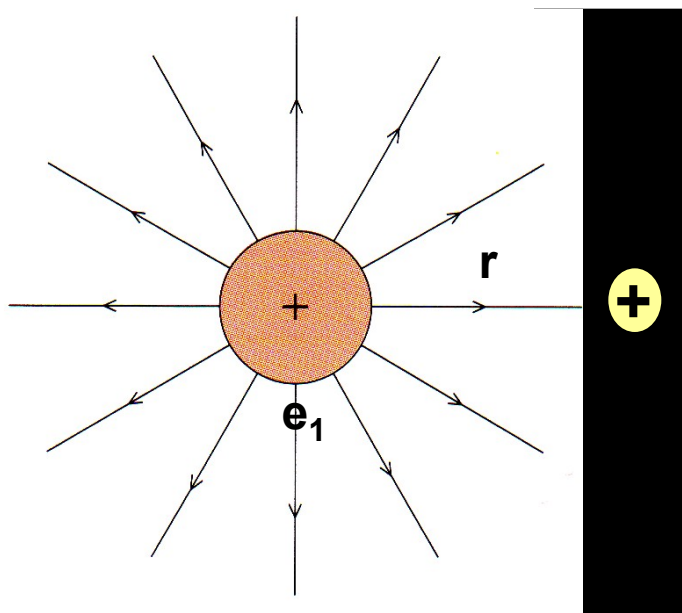
JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA (\vec{E})

- definirana kot sila na enoto pozitivnega naboja

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{e} \left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$$

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

JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA V OKOLICI TOČKASTEGA NABOJA



$$F = \frac{e_1 e_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

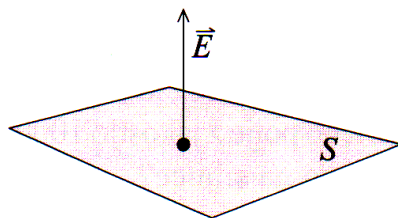
$$E = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

**r – razdalja od naboja
do točke, kjer želimo
izračunati jakost
električnega polja**

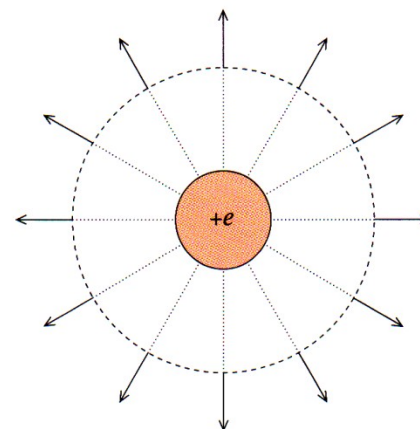
ELEKTRIČNI PRETOK (Φ_e)

DEF:

$$\Phi_e = E \varepsilon_0 S$$



Slika 2.18



Slika 2.19

Električni pretok skozi zaključeno ploskev je enak objetemu naboju.

IZREK O ELEKTRIČNEM PRETOKU

$$\Phi_e = e$$

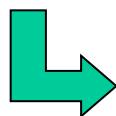
ENOTA: As

JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA OKROG NESKONČNO VELIKE PLOŠČE

Slika (dopolni!):



$$\Phi_e = e = \varepsilon_0 \cdot \quad \cdot 2S$$



$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

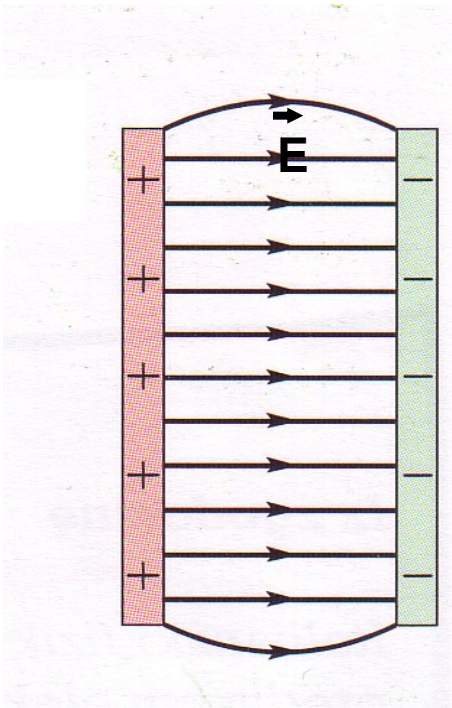
$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{e}{S} \left[\frac{As}{m^2} \right]$$

POVRŠINSKA
GOSTOTA NABOJA



JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA V KONDENZATORJU



$$E = E_+ + E_- = \frac{e}{2\varepsilon_0 S} + \frac{e}{2\varepsilon_0 S}$$



$$E = \frac{e}{\varepsilon_0 S}$$

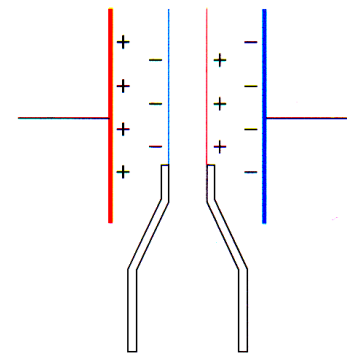
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

ELEKTRIČNO POLJE V SNOVI

Če v električno polje damo prevodno snov (npr. kovino), se naboji prerazporedijo tako, da je električno polje v snovi enako nič.



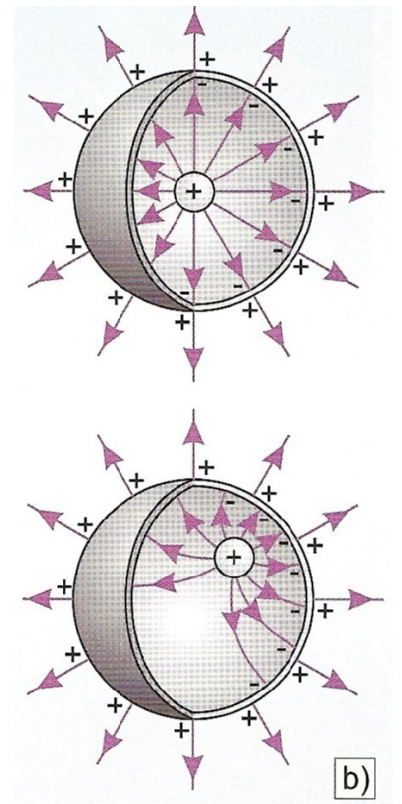
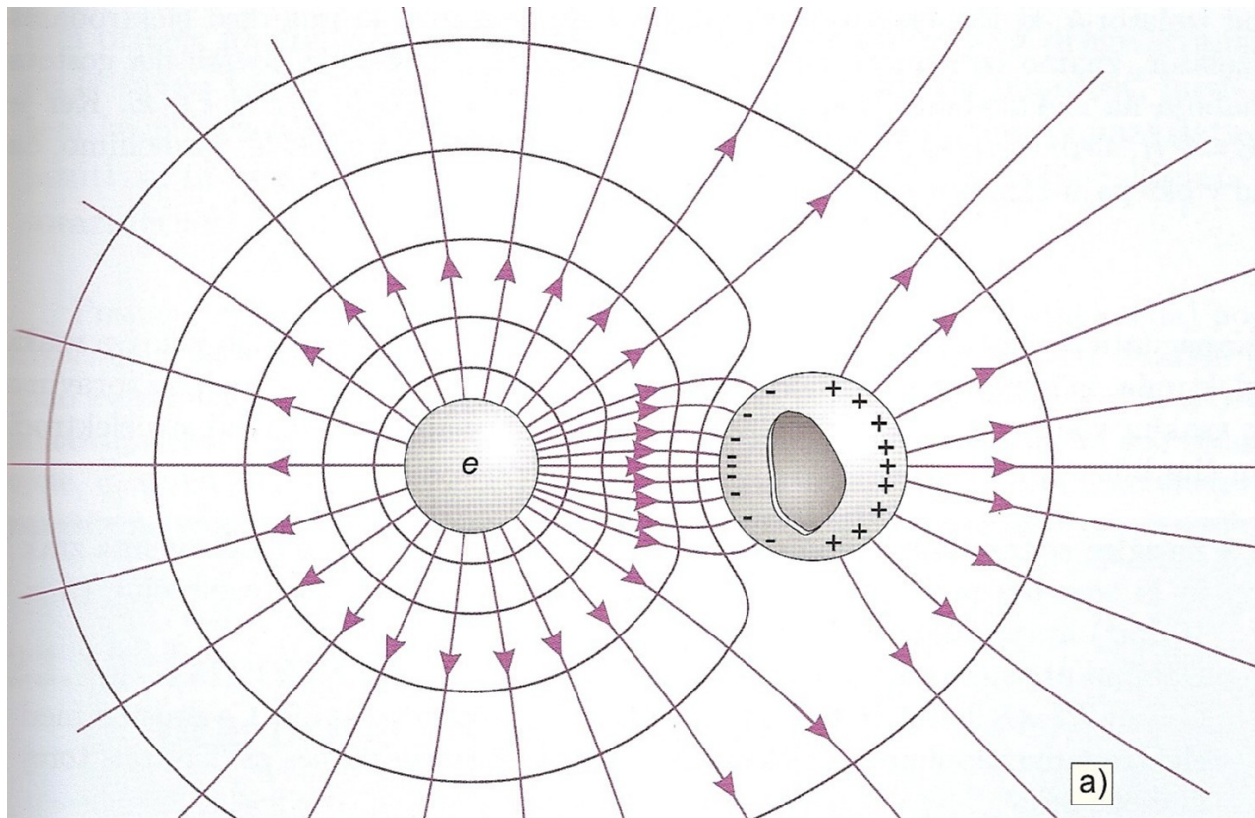
INFLUENCA



Slika 2.17 influenca v polju kondenzatorja

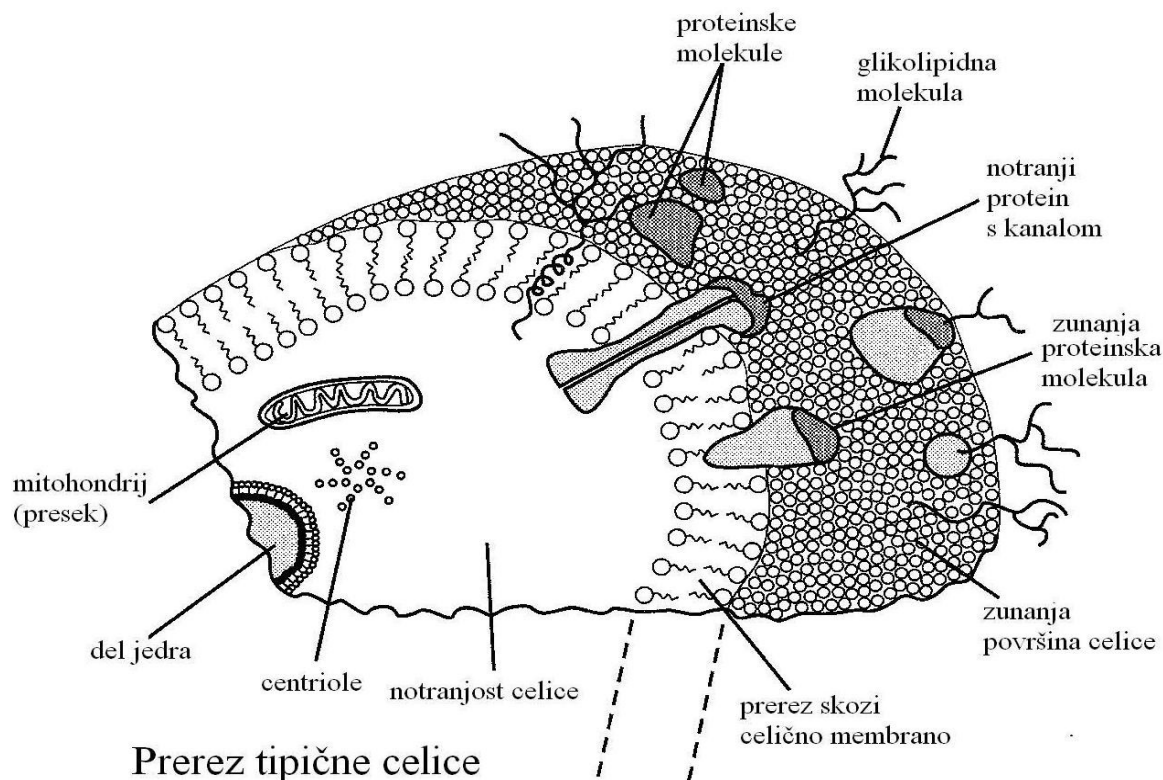
- Če v električno polje damo izolator se naboji le premaknejo, zato je električno polje šibkejše.

Faradayeva kletka

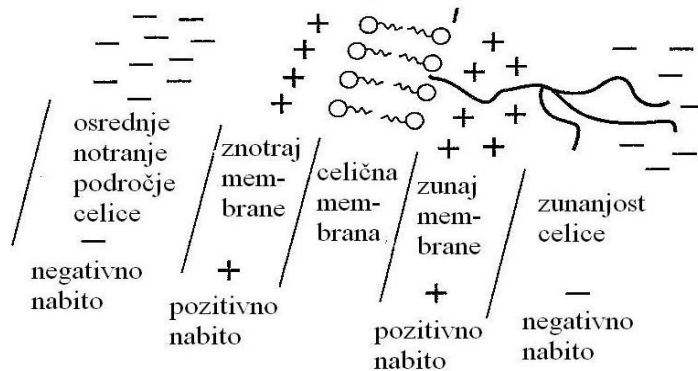


Faradayeva kletka na dva načina: a) votla nenaektrena kovinska krogla v zunanjem električnem polju; b) pozitiven točkast naboj e je znotraj nenaektrene krogle

Porazdelitev električnega naboja v tipični celici



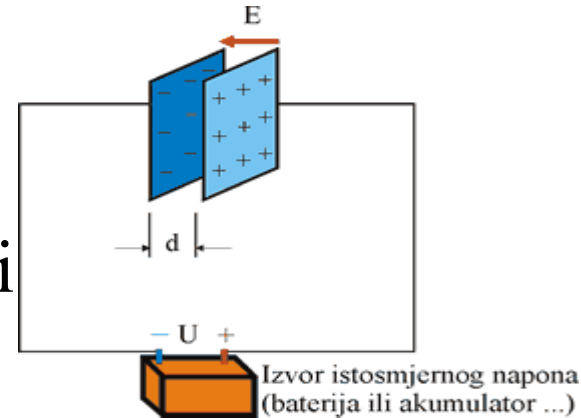
Prerez tipične celice



4 različno nabita področja celice

KONDENZATOR

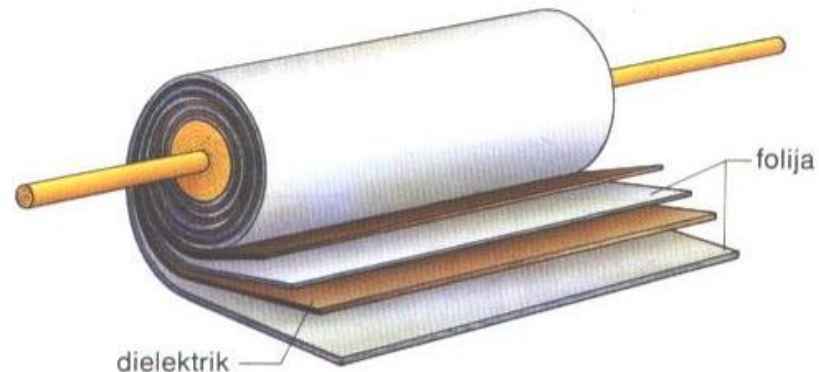
- Sestavljata ga 2 vzporedni kovinski plošči med katerima je izolator.
- Uporabljamo ga za glajenje napetosti, za ločevanje enosmernih in izmeničnih napetosti, za zakasnitev časovno spremenljivih napetosti itd.
- Na ploščah kondenzatorja se nabere **naboj**, ki je odvisen od **napetosti**.
- Sorazmernostni koeficient imenujemo **kapaciteta**.



Simbol kondenzatorja:



Primer kondenzatorja:



- Kapaciteto označimo s črko C .

$$e = C \cdot U \longrightarrow C = \frac{e}{U} \quad \left[\frac{As}{V} = F \right]$$

F – farad; velika enota, običajno nF , pF

- Kapaciteta kondenzatorja je odvisna od velikosti plošč in oddaljenosti med njima.

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

- Če med plošči kondenzatorja damo nek drug izolator, velja

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

pri čemer je ϵ *dielektričnost snovi*.

Energija kondenzatorja:

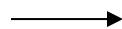
$$W_e = A_e = e \cdot \bar{U} = \frac{e \cdot U}{2} \quad W_e = \frac{CU^2}{2} = \frac{e^2}{2C}$$

- **Električno energijo lahko povežemo z volumnom kondenzatorja:**

$$W_\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2 \cdot V$$

Gostota električne energije:

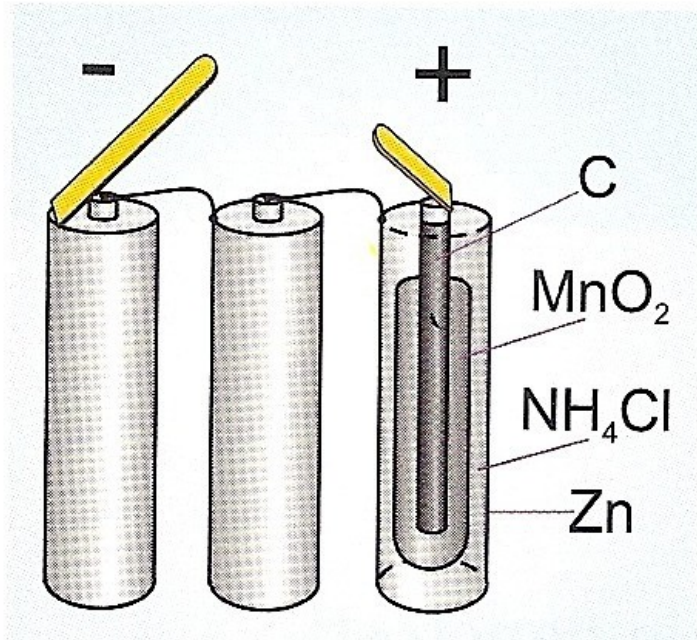
$$\omega_\varepsilon = \frac{W_\varepsilon}{V}$$



$$\omega_\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2$$

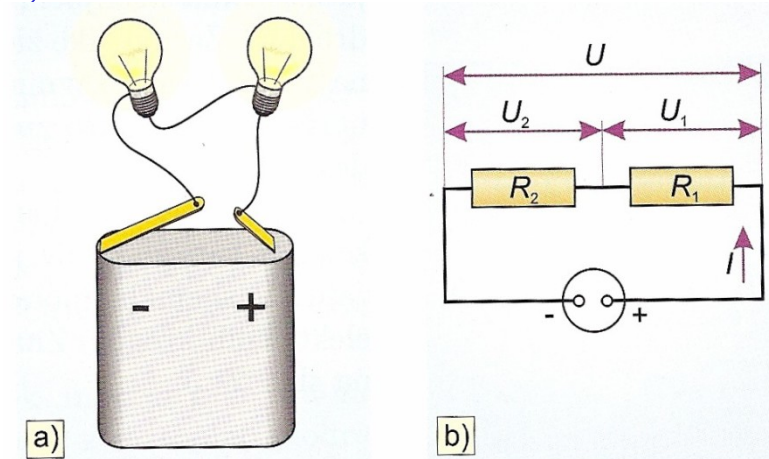
Elektrika in magnetizem

Električni tok: prevodniki, izolatorji,
generatorji, tokokrog

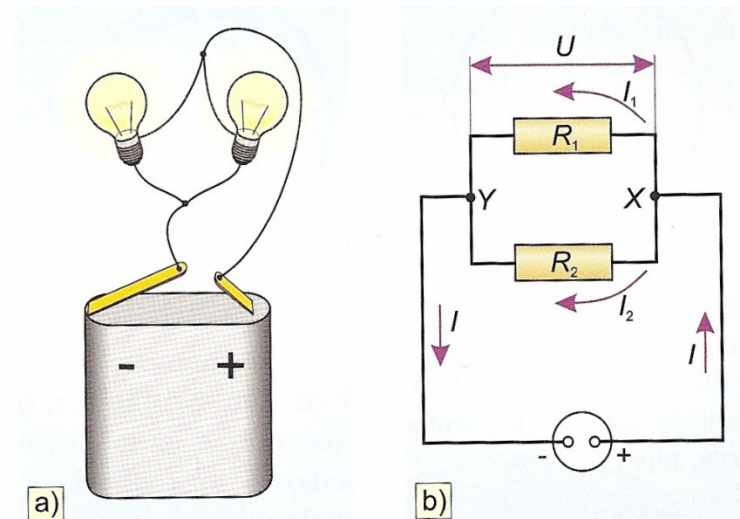


Baterija iz treh Leclanchéjevih
galvanskih elementov.

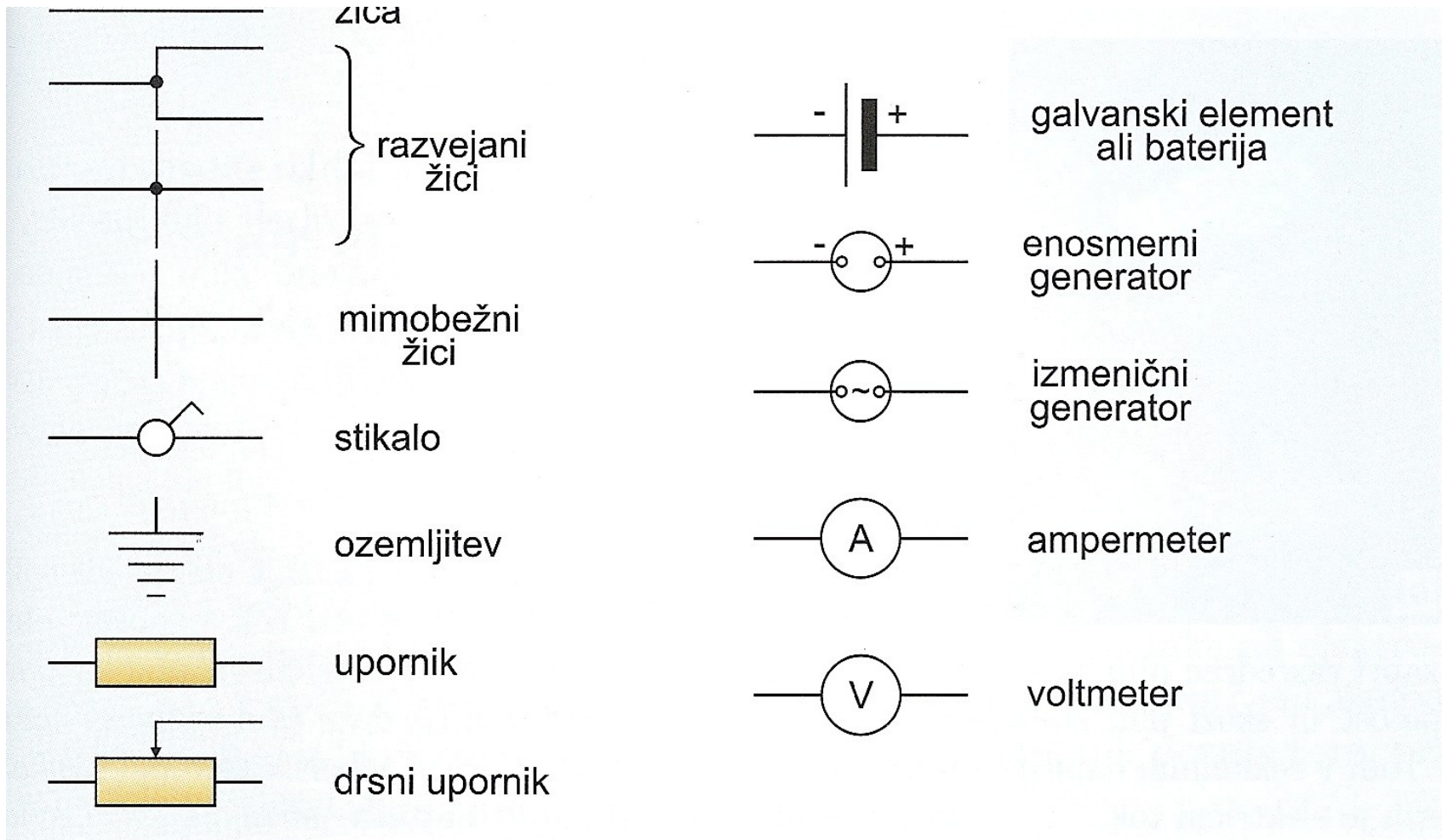
Vzporedna vezava dveh žarnic: a) fizična izvedba
b) nadomestna shema



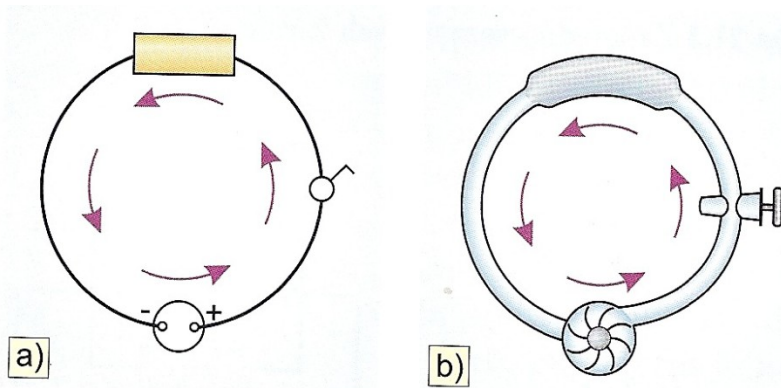
Zaporedna vezava dveh žarnic: a) fizična izvedba
b) nadomestna shema



Sheme elementov v električnih vezjih

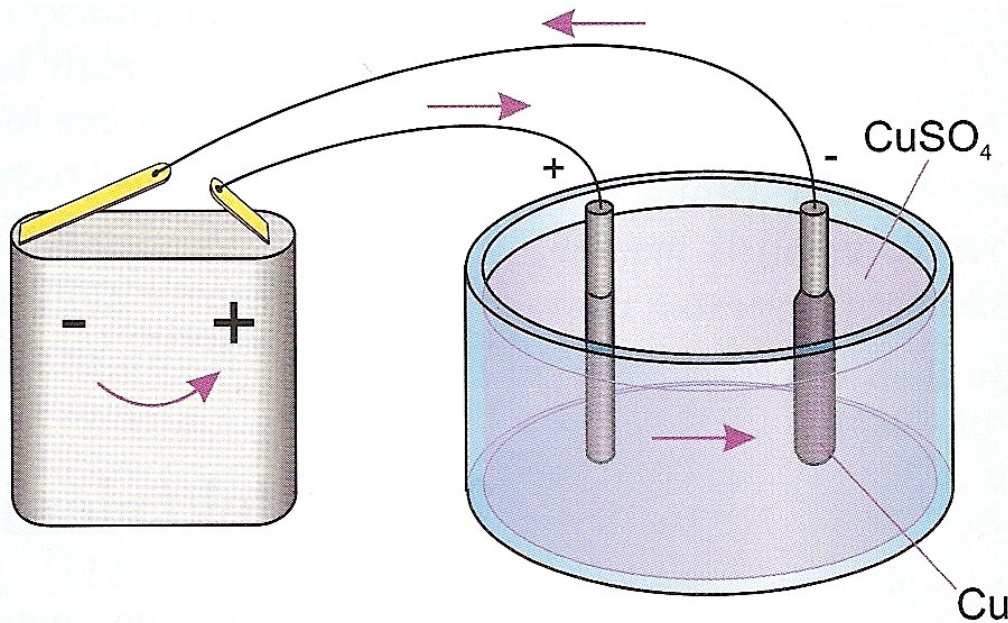


Električni tok



Primerjava električnega toka z vodnim obtokom:

- a) generator, žica, stikalo, žarnica
- b) črpalka, cev, pipa, cev z mivko



$$I = e/t$$

$$I = de/dt$$

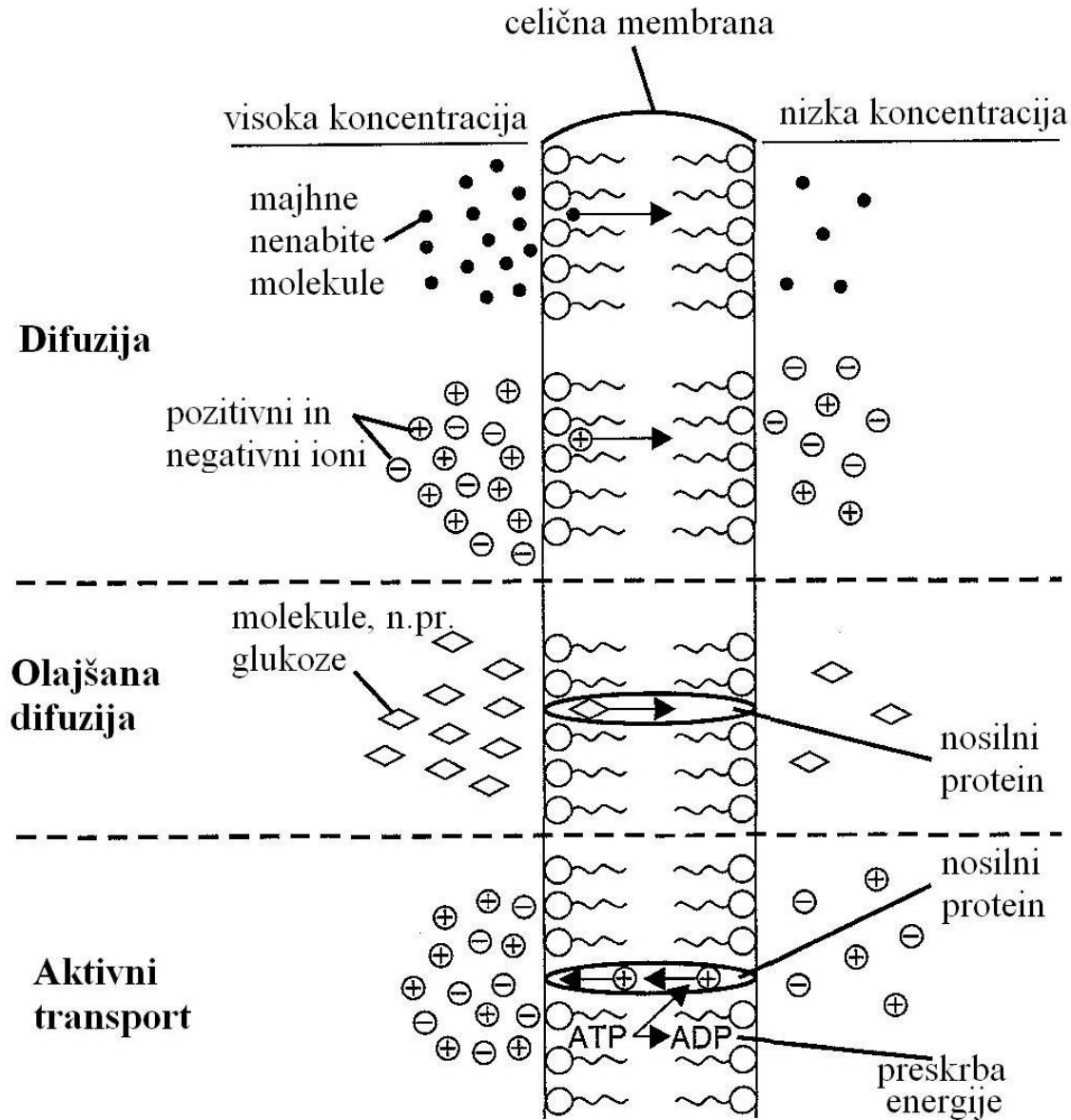
smer I: +

Osnovni naboj:

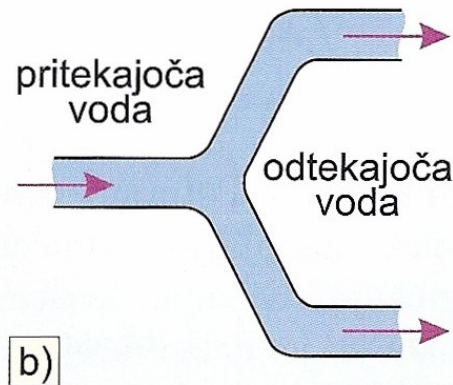
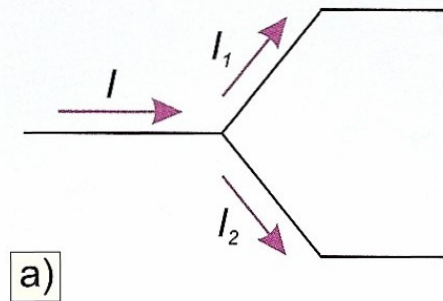
$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

Elektroliza raztopine modre galice

Prenos naboja skozi celično membrano

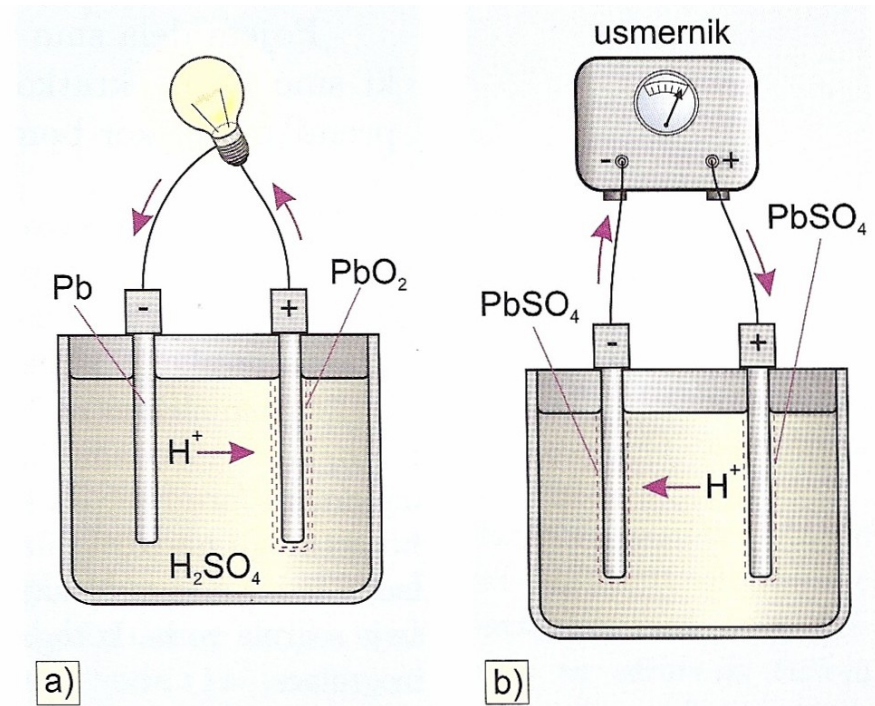


Električni tok

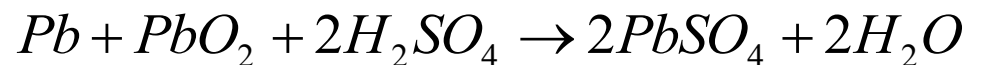


1. Kirchhoffov izrek, (a) razvejišče v električnem vezju, (b) analogija z vodnim tokom.

$$I = I_1 + I_2$$

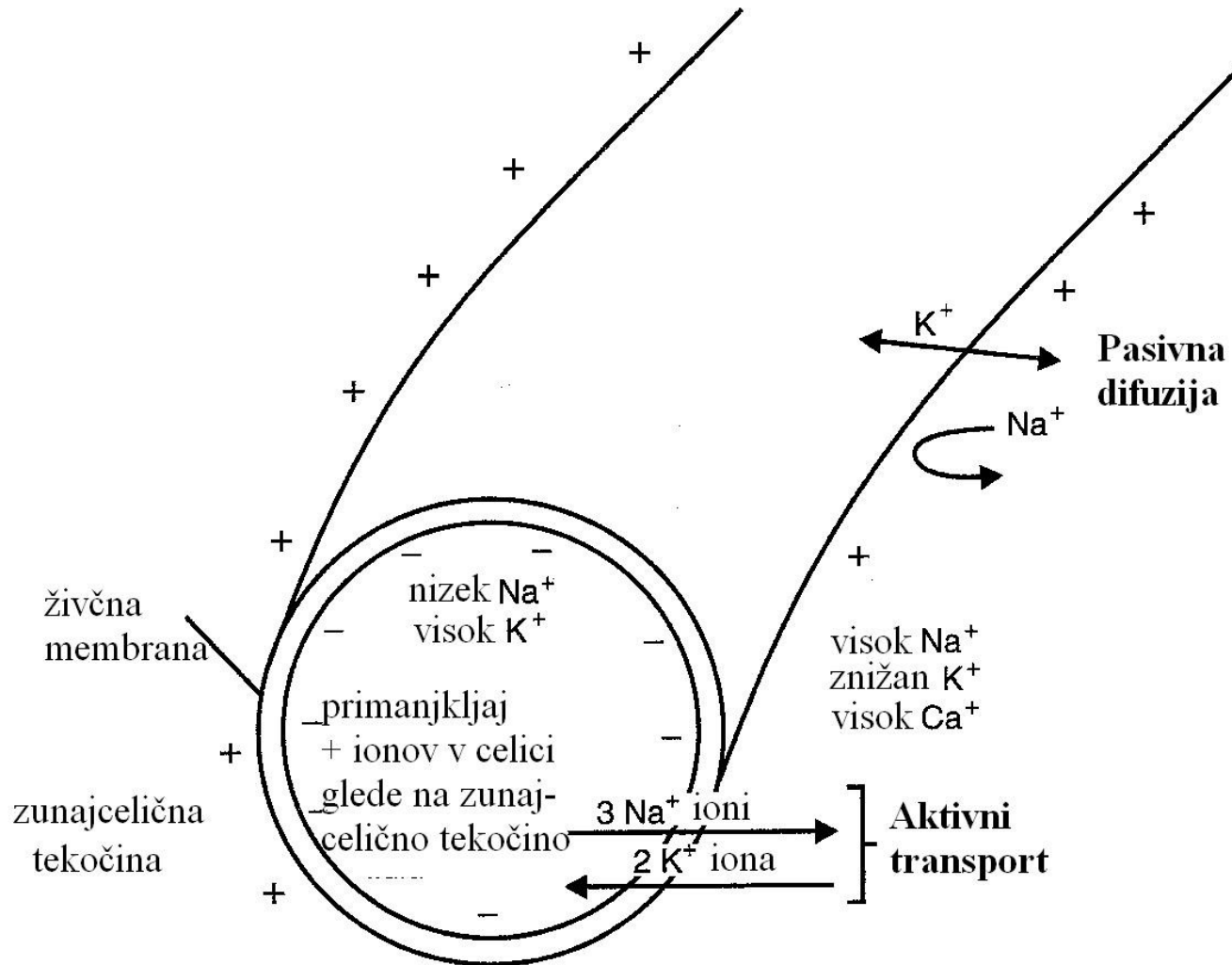


Praznjenje in polnjenje akumulatorja, (a) poln akumulator se prazni skozi žarnico, (b) prazen akumulator polnimo z usmernikom.

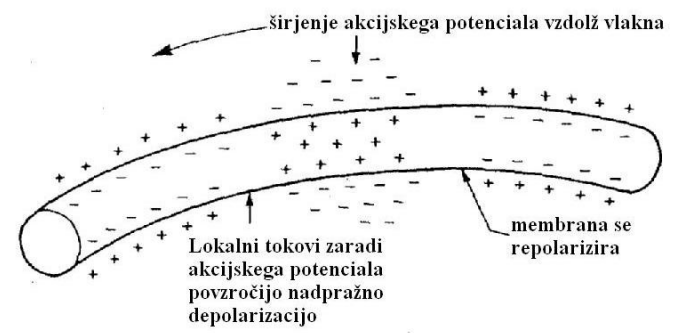
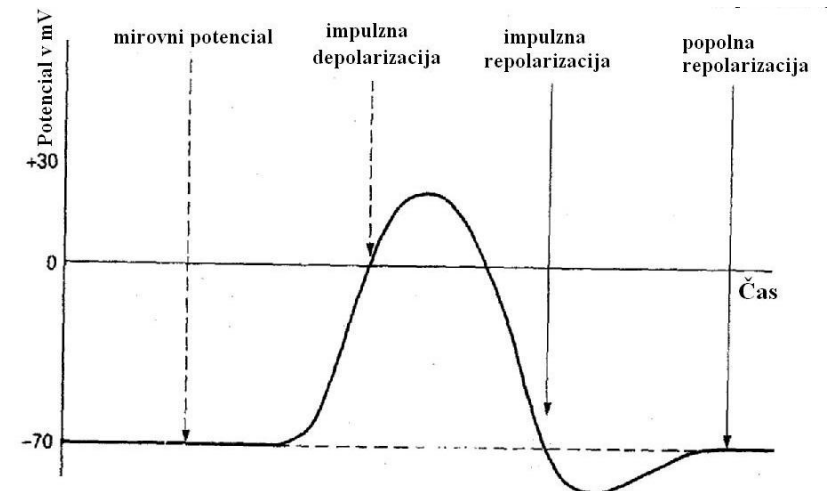
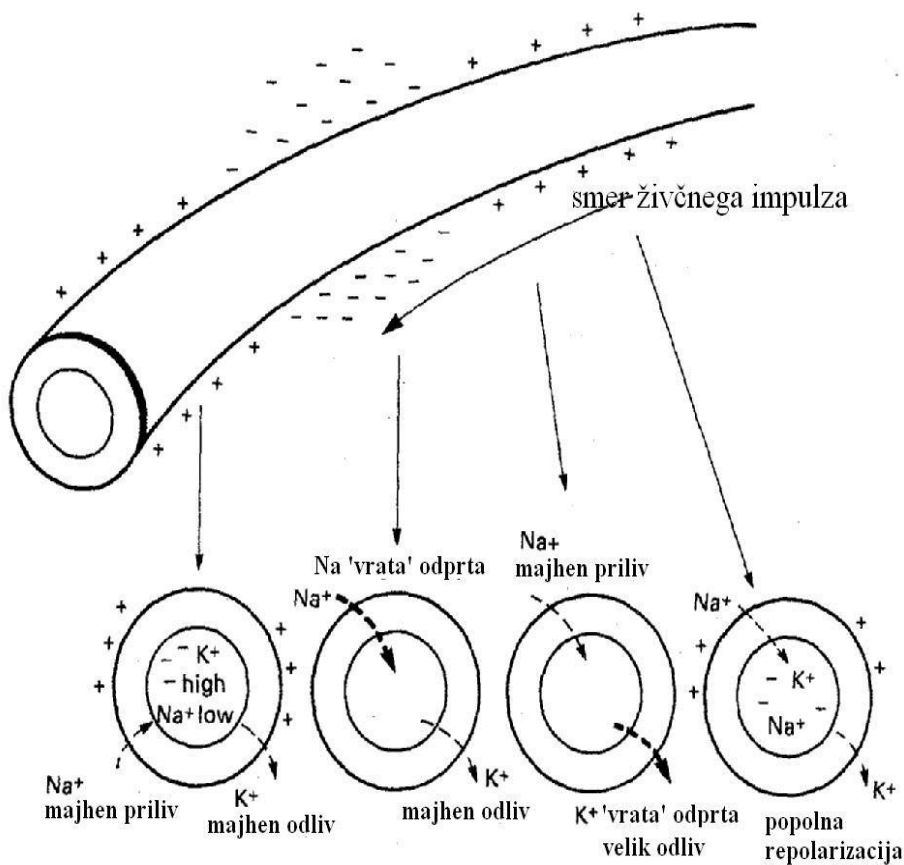


Primeri:

Električni tok skozi membrano živčnih vlaken

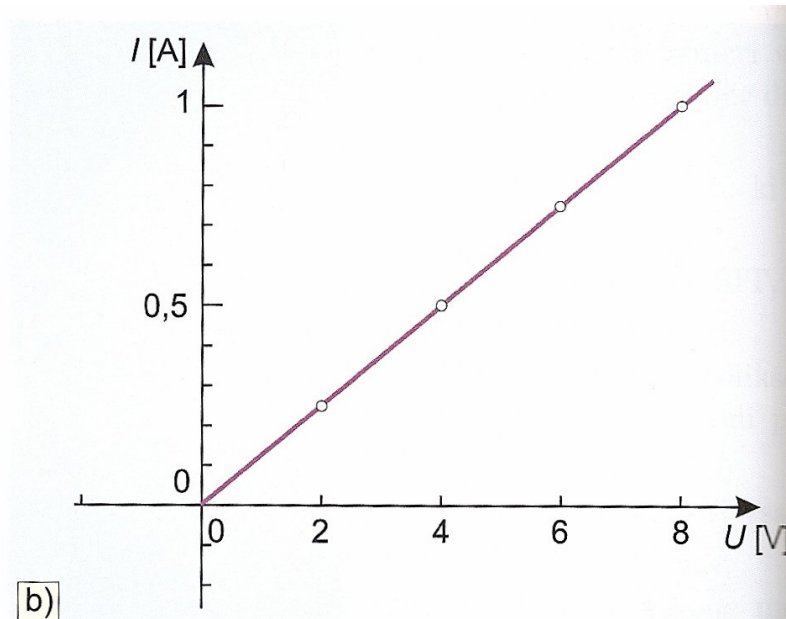
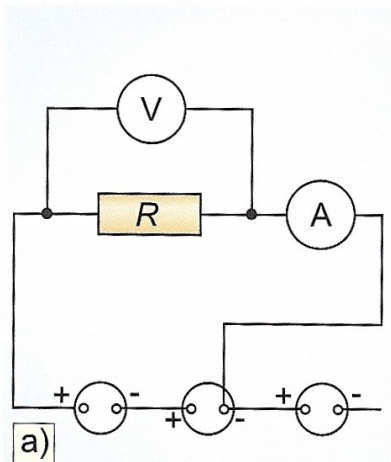


Mehanizem prevajanja električnih signalov - akcijskega potenciala - po živčnih vlaknih



Ohmov zakon

Tok je sorazmeren z napetostjo: $U = R \cdot I$ $R = \frac{U}{I} \left[\frac{V}{A} = \Omega \right]$



Vezje za ugotavljanje zveze med tokom in napetostjo na uporniku:
(a) vezje, (b) graf toka v odvisnosti od napetosti.

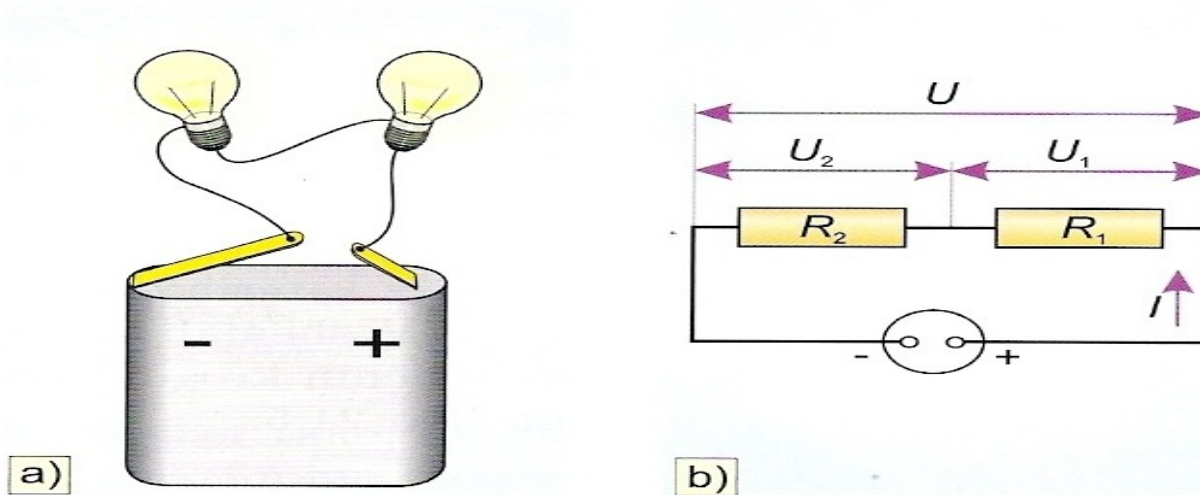
Električno delo in moč

Električno delo: $A = U \cdot e$ $[J] = [V] \cdot [As]$

Električna moč = $P = A/t = U \cdot e/t = U \cdot I$

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = U^2 / R$$

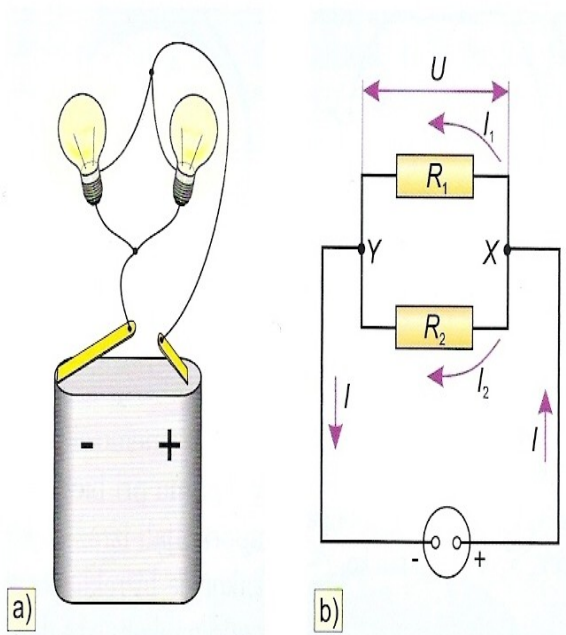
a) zaporedna vezava:



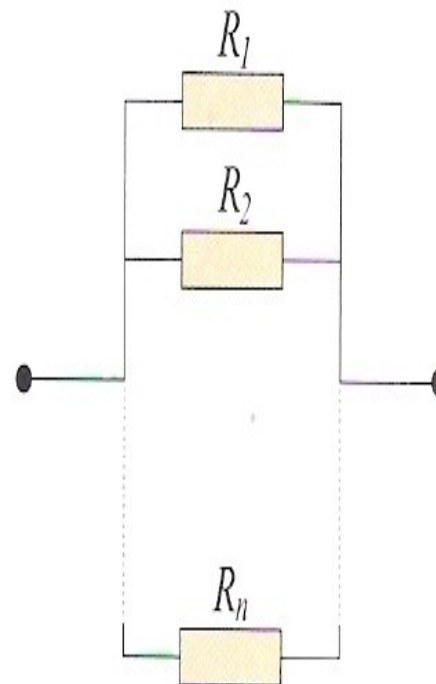
Slika 21.3 Zaporedna vezava dveh žarnic.

U - električna napetost [enota V]: $U = U_1 + U_2$

b) vzporedna vezava:

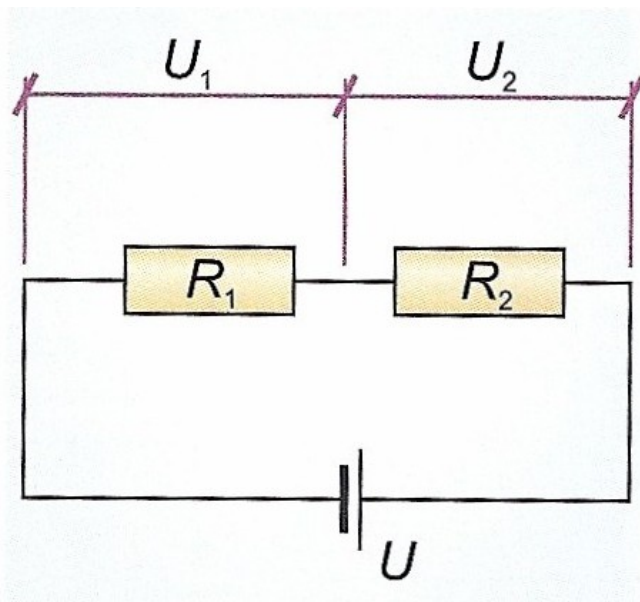


Slika 21.4 Vzporedna vezava dveh žarnic.



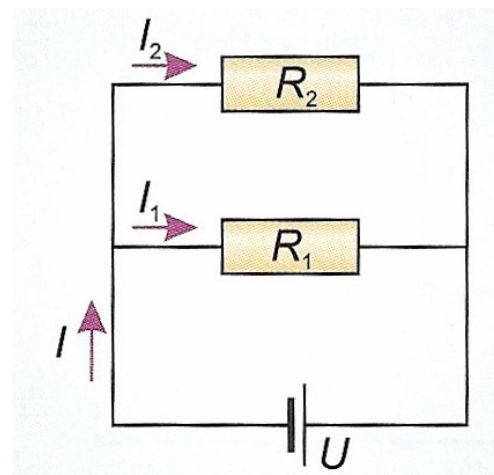
Električna napetost: $U = U_1 = U_2$

Zaporedna in vzporedna vezava upornikov



Zaporedna vezava uporov:

$$R = R_1 + R_2$$

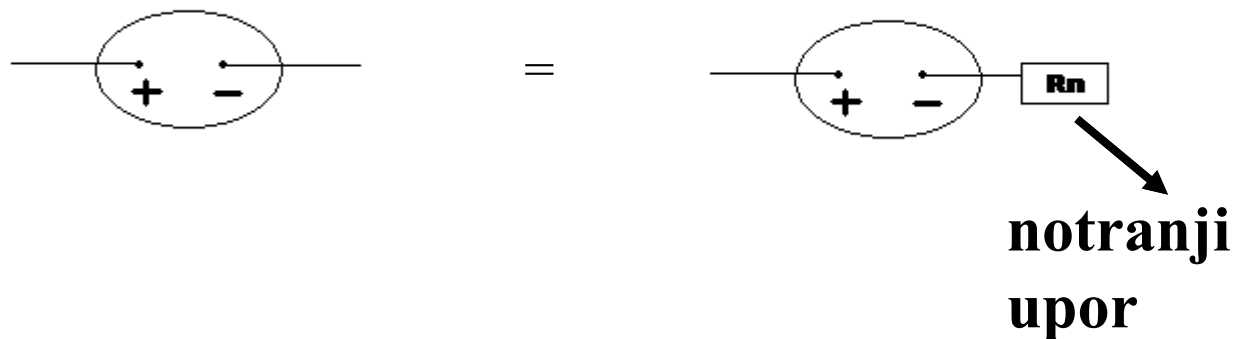


Vzporedna vezava uporov R_1 in R_2

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{R} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Notranji upor generatorja R_n



$$U_{gen} = U_g - U_n \longrightarrow \text{padec napetosti znotraj generatorja} \\ (U_n = R_n \cdot I)$$

napetost med
priključkoma
generatorja,
ko teče tok

gonilna napetost
(napetost med priključkoma,
ko ne teče tok)

Specifični upor(ζ)

Upor vodnika (žice) je odvisen od snovi iz katere je vodnik (to nam poda specifični upor), od preseka (S) in njegove dolžine (l).

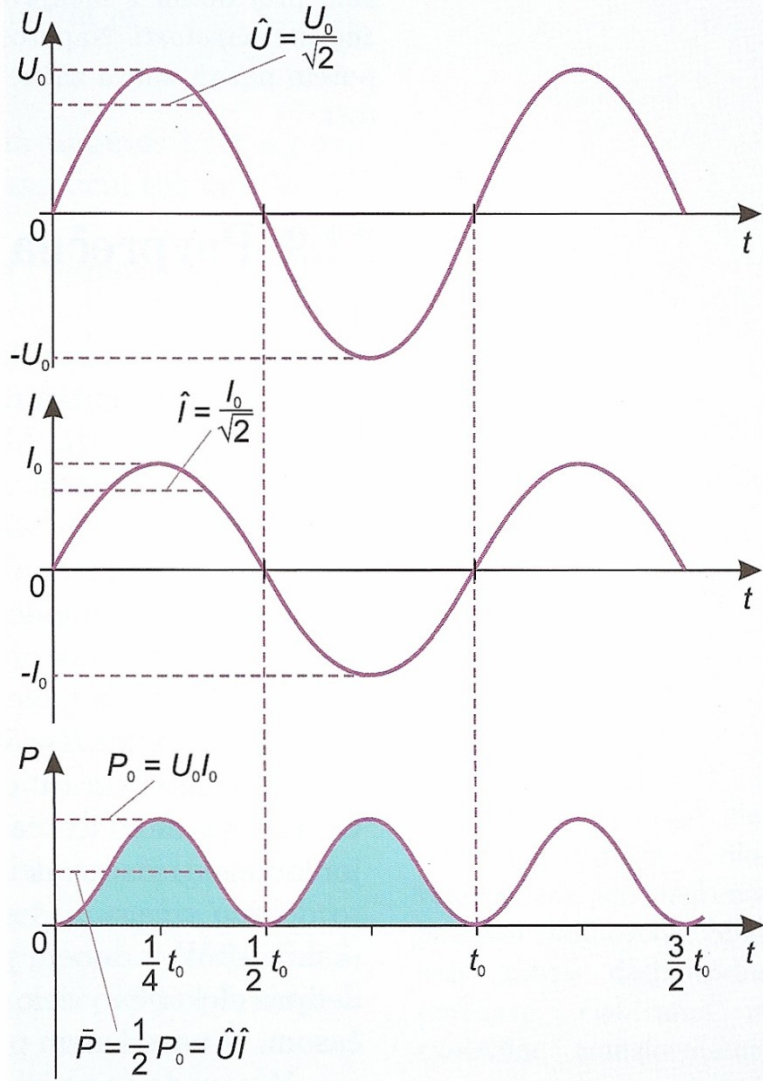
$$R = \zeta \cdot \frac{l}{S} \Rightarrow \zeta = R \cdot \frac{S}{l} \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Specifični upor je odvisen od temperature. Podatek za posamezno snov najdemo v fizikalnih priročnikih.

Tabela 22.1 Specifični upor (ζ) in temperaturni koeficient specifičnega upora (α) nekaterih snovi pri 20 °C

Snov	ζ [$10^{-6} \Omega \text{ m} = 1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$]	α [10^{-3} K^{-1}]
baker	0,017	3,9
srebro	0,0159	3,8
platina	0,11	3,92
aluminij	0,0282	3,9
wolfram	0,056	4,5
železo	0,10	5,0
cekas (60 % Ni, 27 % Fe, 11 % Cr, 2 % Mn)	1,4	
slana voda (10 % NaCl)	$8 \cdot 10^4$	
vodovodna voda	$3 \cdot 10^7$	
popolnoma čista voda	$2 \cdot 10^{11}$	
popolnoma čist germanij	$0,46 \cdot 10^6$	-48
popolnoma čist silicij	$6,4 \cdot 10^8$	-75
silicij z 10^{-5} % fosforja	10^4	
navadno steklo	10^{16}	
kremenovo steklo	10^{23}	

Izmenični tok in napetost



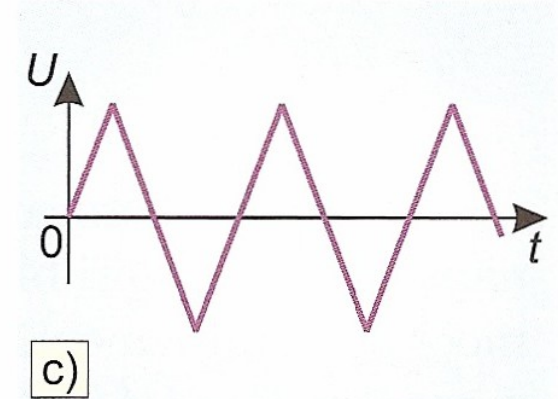
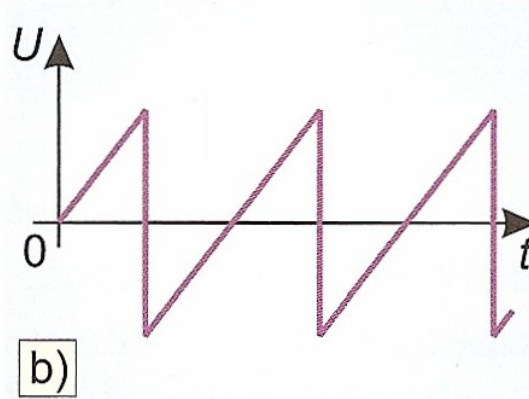
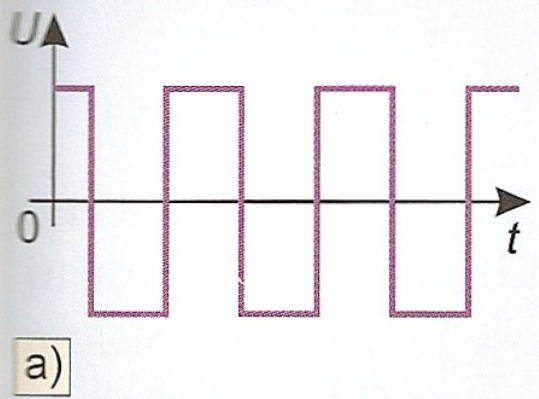
$$U = U_0 \cdot \sin \omega t$$

$$I = I_0 \cdot \sin \omega t$$

Sinusna izmenična napetost in sinusni izmenični tok.

Tretja krivulja (spodaj) prikazuje časovni potek moči, ki jo pri takem toku prejema upornik. Zeleno pobarvana ploskev kaže delo v enem nihajnem času.

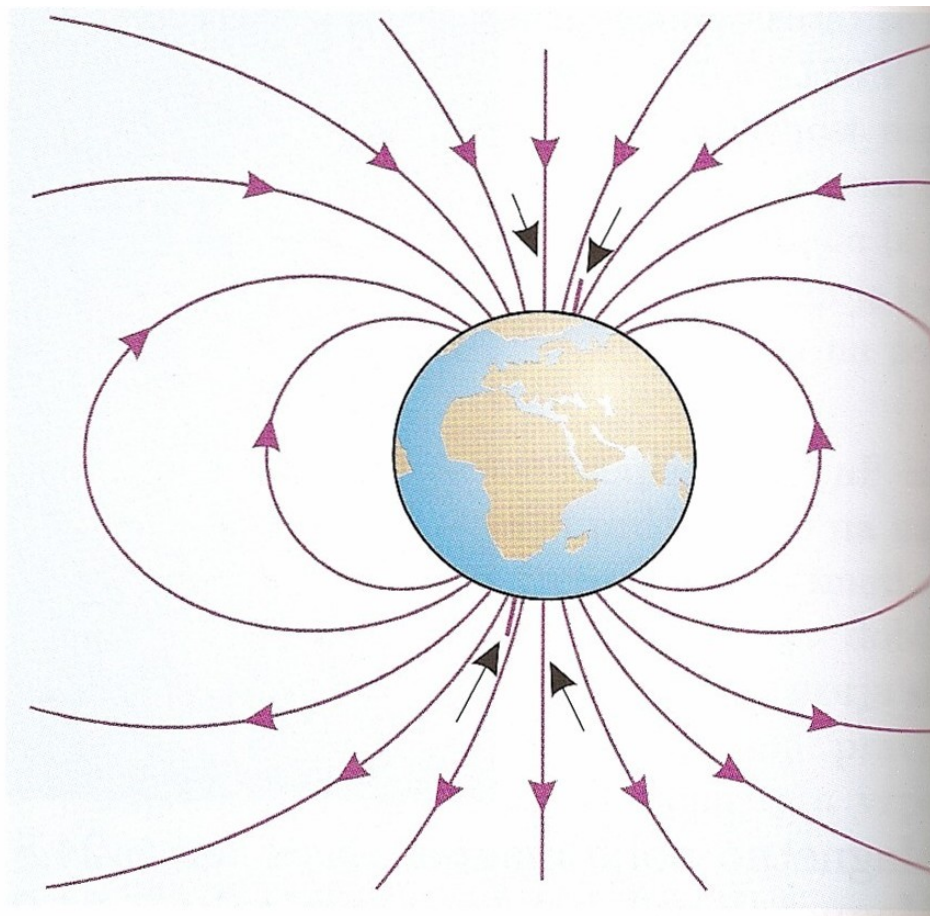
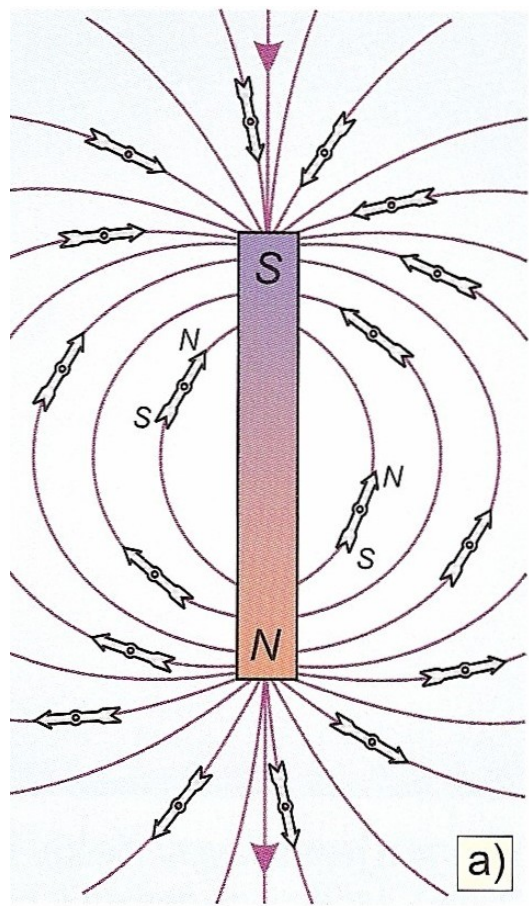
Izmenične napetosti nesinusnih oblik



Pravokotno nihajoča, žagasta in trikotna napetost

Magnetno polje

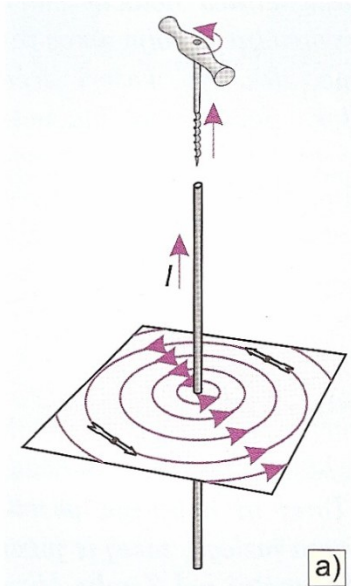
Magnetno polje magnetov



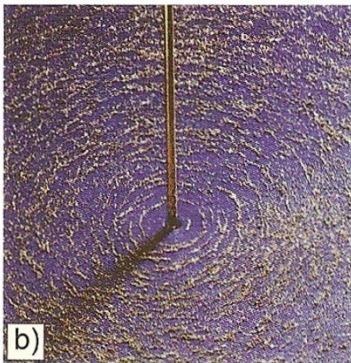
b)

Magnetno polje paličastega magneta (a) in Zemlje (b). Južni magnetni pol Zemlje je blizu severnega tečaja, severni magnetni pol pa blizu južnega tečaja.

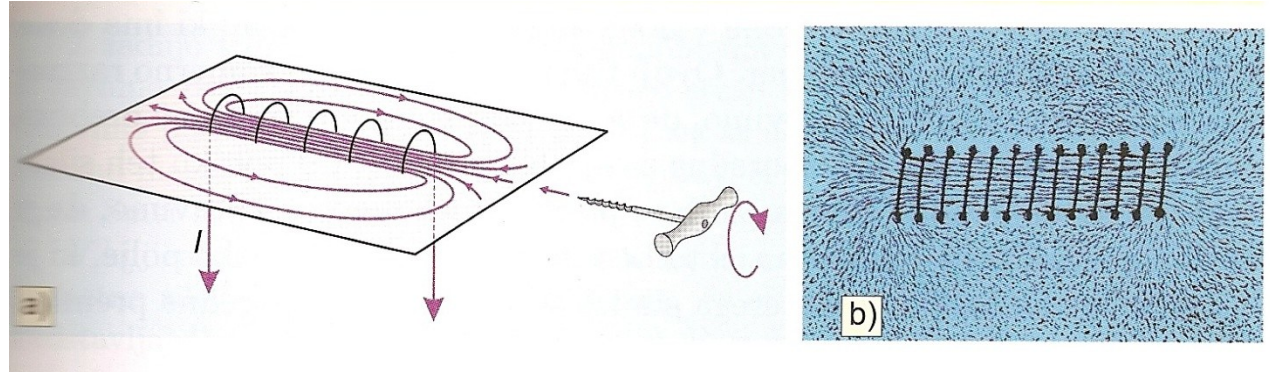
Magnetno polje električnega toka



a)



b)



b)

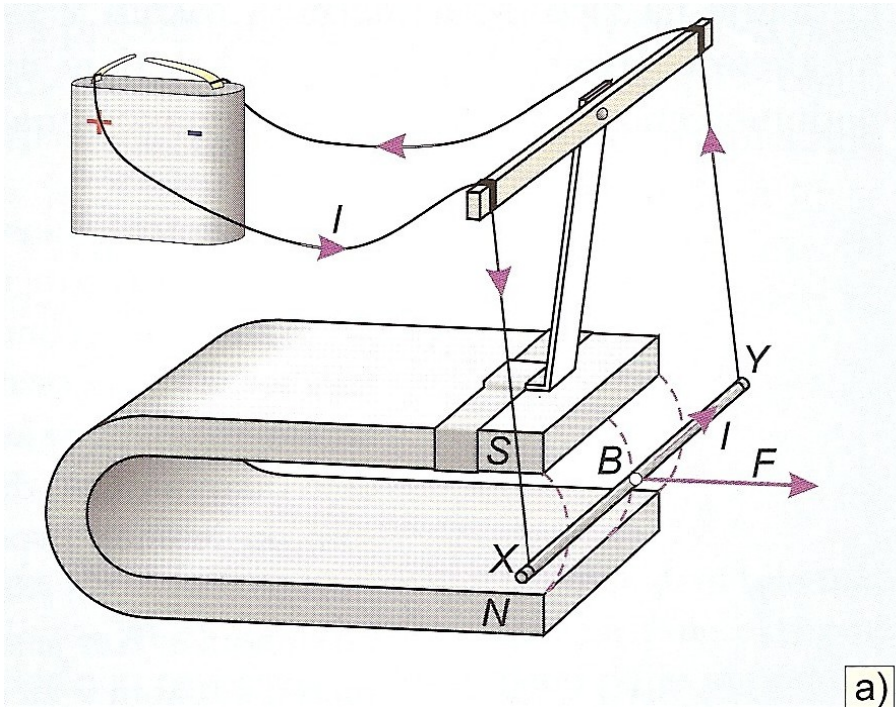
(a) Magnetno polje dolge tuljave

(b) Slika magnetnega polja, ki ga pokažejo opilki

(a) Magnetno polje ob ravni žici, v kateri je tok

(b) Slika polja, ki jo napravijo opilki.

Magnetna sila



- (a) Žica pod vplivom magnetne sile.
(b) Kako določiti smer magnetne sile? ODGOVOR:

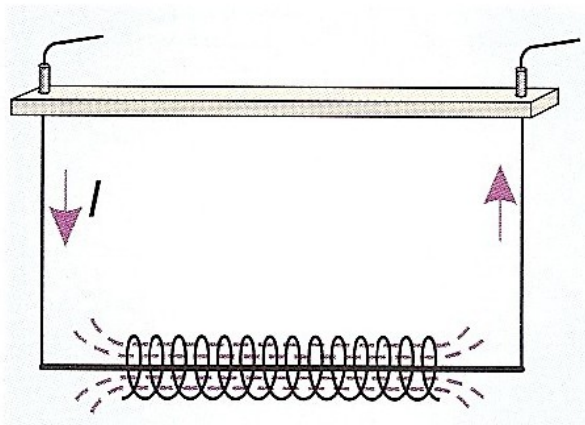
$$F = I l B \text{ (če tok pravokoten na } B\text{)}$$

B – gostota magnetnega polja

Enota za B: 1 T (tesla)

$$1 \text{ tesla} = 1 \frac{N}{Am} = 1 \frac{Vs}{m^2}$$

Magnetna sila na vodnik toka (v splošnem)



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

$$F = IlB \sin \alpha$$

Mejna primera:

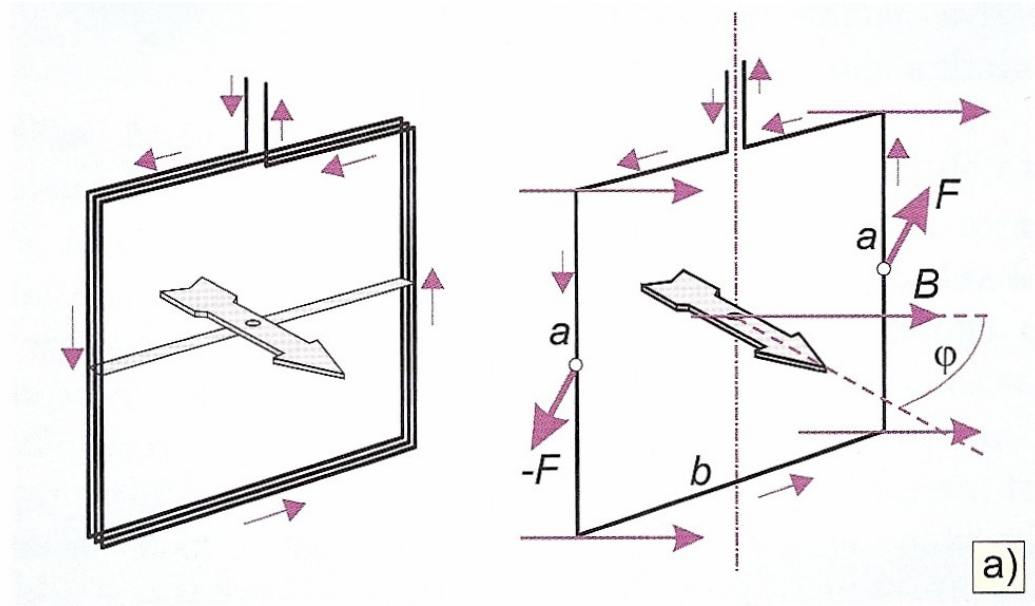
- 1) Na vodnik, ki je vzporeden s silnicami, ne deluje magnetna sila
- 2) Če je vodnik pravokoten na silnice magnetnega polja, potem je $F=IlB$

Navor magnetnih sil

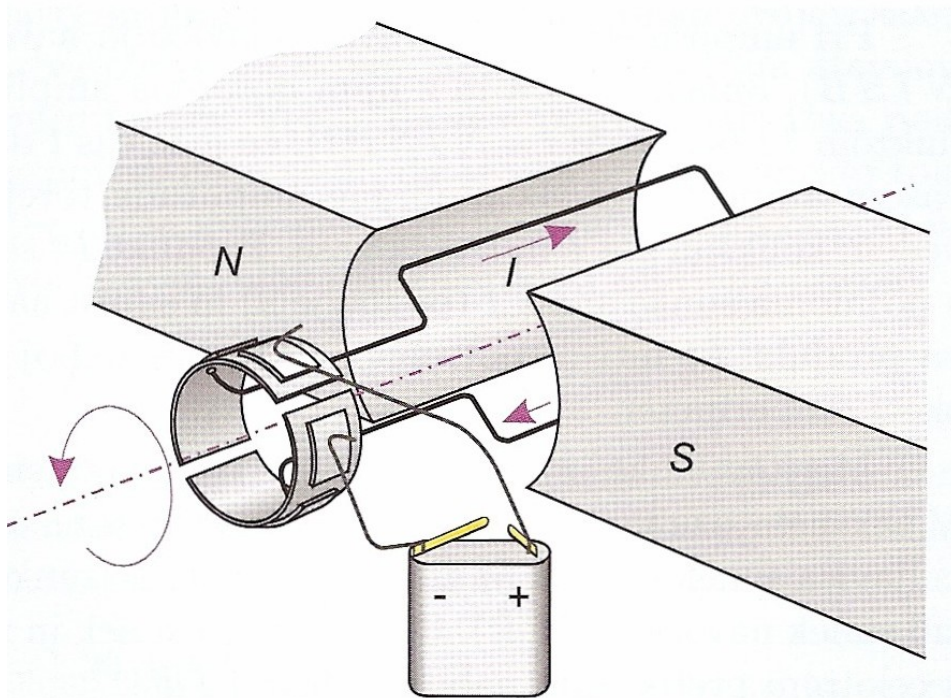
$$M = NISB \sin \phi$$

N – število ovojev tuljave

S = a · b tuljave



Uporaba magnetnih sil



Model kolektorskega elektromotorja

Magnetni pretok in induktivnost

Med B in I velja sorazmerje: tako je za tuljavo z N ovoji in dolžino l:

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

$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs / Am}$$

Indukcijska konstanta

$$\Phi = BS \cos \varphi = \vec{B} \vec{S}$$

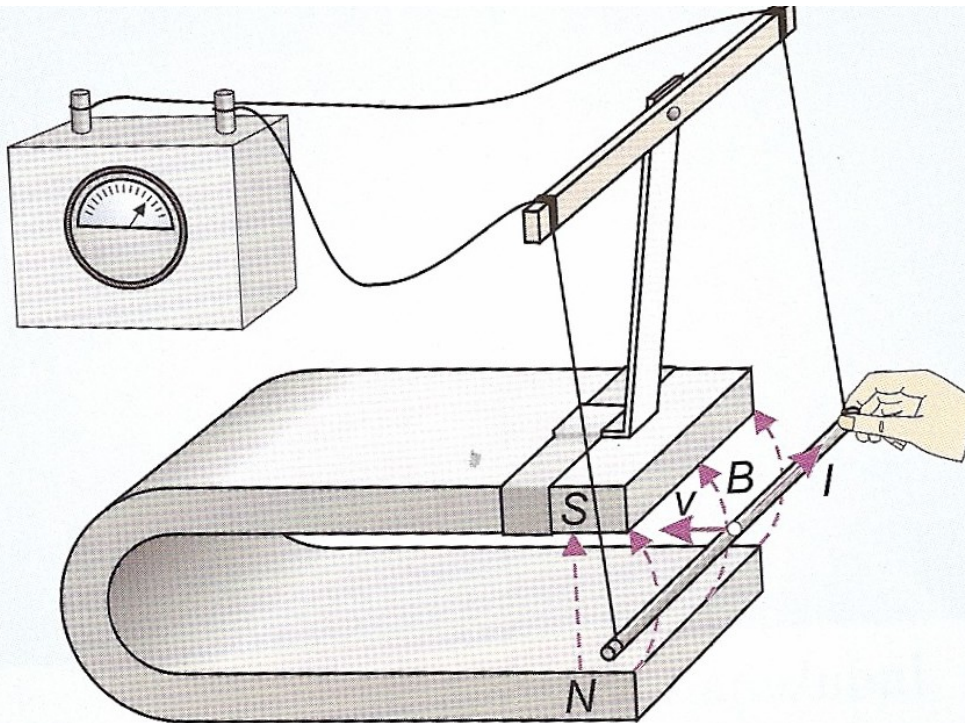
$$\Phi_N = LI$$

$$L = \Phi_N / I$$

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

Induktivnost dolge tuljave z
N ovoji in presekom S

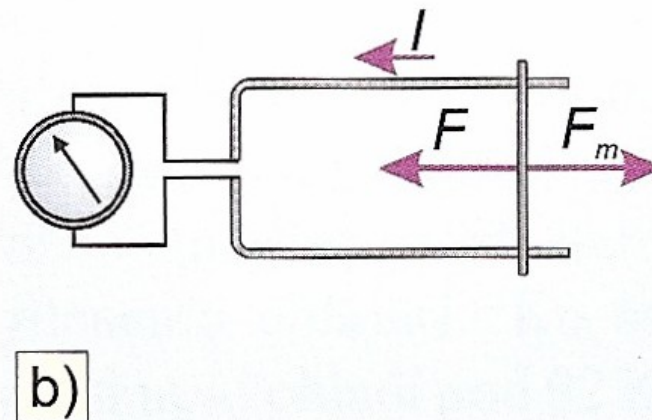
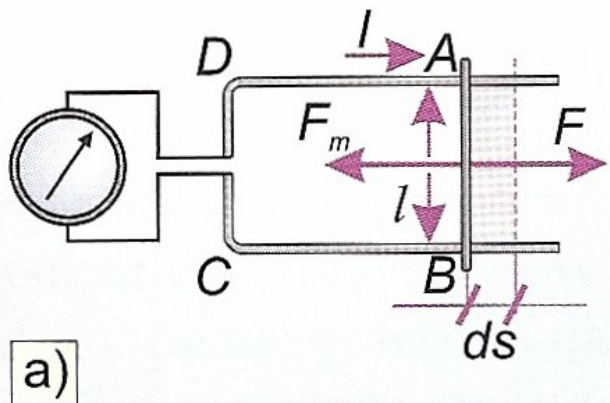
Indukcija



Indukcija pri premikanju
vodnika

Inducirani tok se s svojim magnetnim poljem upira vzroku
svojega nastanka *Lenzovo pravilo*

Inducirana napetost - indukcija



$$U_i = lvB$$

Splošni indukcijski zakon:

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

$$U_i \Delta t = \Delta \Phi_m$$

Sunek inducirane napetosti je enak spremembi magnetnega pretoka

Izmenična napetost

- Če se zanka vrti v magnetnem polju, se inducira napetost, ki po zanki požene električni tok.

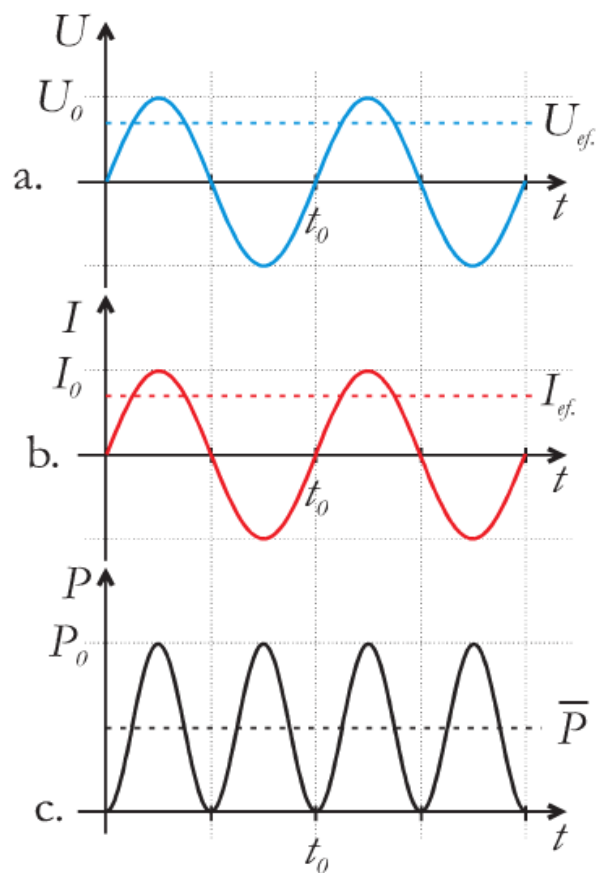
$$U_i = N\omega SB \sin(\omega t)$$

$$U_0 = N\omega SB$$

N, če N zank - tuljava

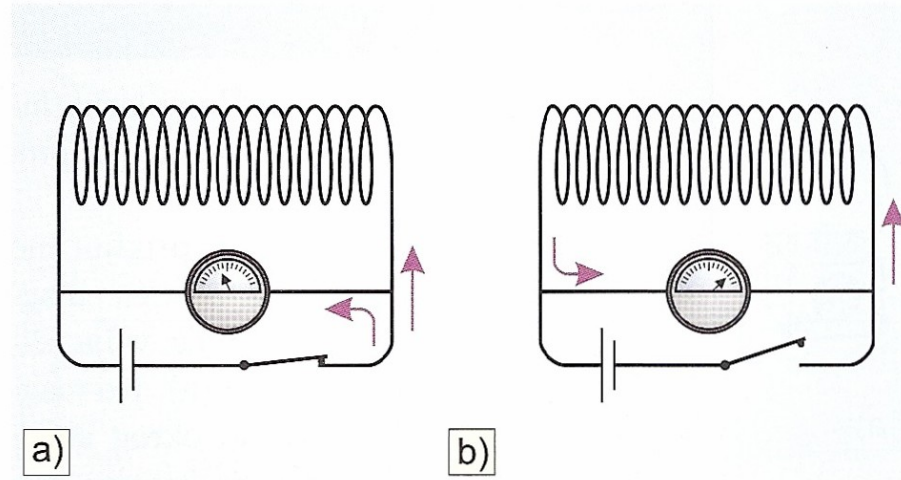
amplituda napetosti (maksimalna vrednost napetosti)





Slika 4.13: Efektivna napetost **(a)** in tok **(b)**. Na ohmskem porabniku nihata izmenična napetost in tok v fazi. Porabnik prejema moč v sunkih s frekvenco, ki je dvakrat večja od frekvence nihanja napetosti ali toka **(c)**.

Lastna indukcija

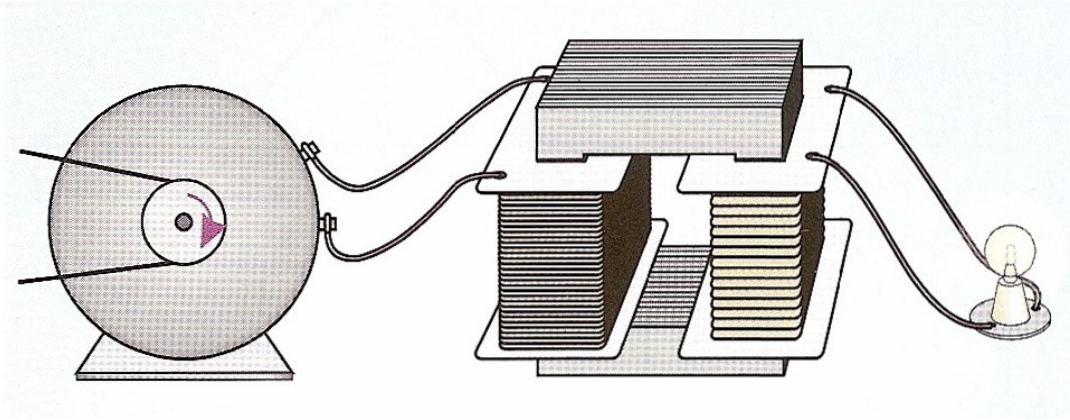


$$\Phi_m = LI$$

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

Energija magnetnega polja: $W_m = \frac{1}{2} LI^2$

Transformator



Transformatorski pravili (v idealnem primeru-brez izgub):

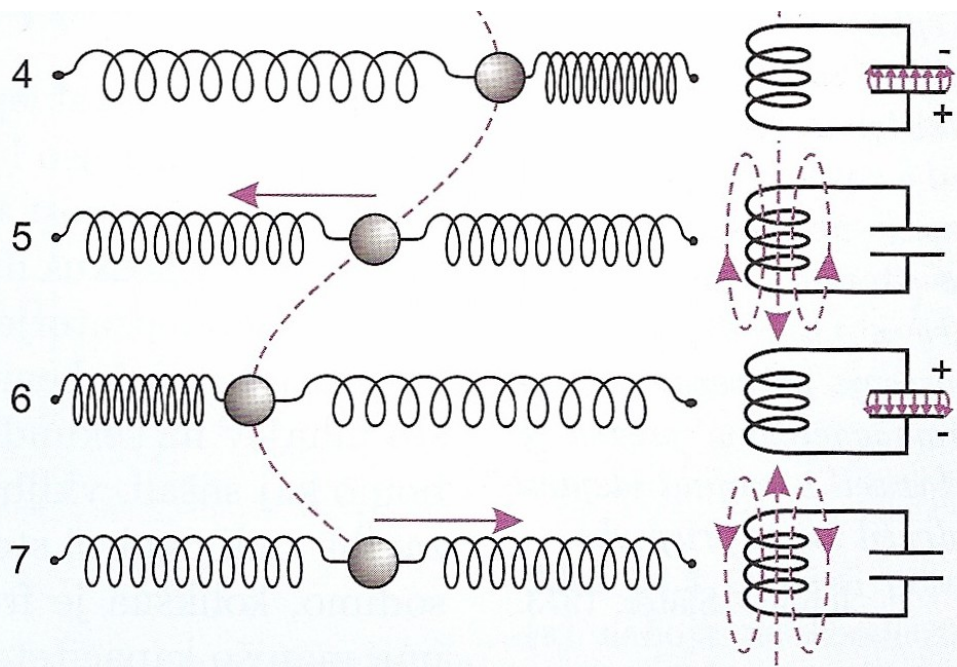
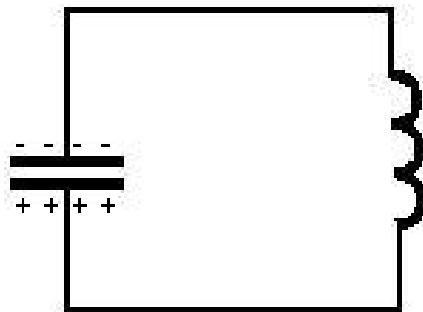
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Električno polje	Magnetno polje
Električna poljska jakost = E (enota: V/m)	Magnetna poljska gostota = B (enota: tesla = Vs/m ²)
Električna sila, ki deluje na točkasto naelektreno telo v električnem polju: $F = eE$	Magnetna sila, ki deluje na ravno žico, ki stoji pravokotno na silnicah homogenega magnetnega polja: $F = IlB$
Električni pretok (naboj) = e (enota: As)	Magnetni pretok = Φ (enota: Vs)
Električni pretok skozi pravokotno stoječo ploskev v homogenem polju v praznem prostoru: $e = \epsilon_0 ES$	Magnetni pretok skozi pravokotno stoječo ploskev v homogenem polju: $\Phi = BS$
Zakon električnega pretoka: Električni pretok v danem snopu silnic je enak naboju, iz katerega snop izvira, in nasprotno enak naboju, v katerega snop ponikuje. Vmes gre skozi vsak presek snopa enak pretok.	Zakon magnetnega pretoka: Magnetni pretok nikjer ne izvira in nikjer ne ponikuje. Skozi vsak presek danega snopa silnic gre enak pretok.
	Indukcijski zakon: $U_i = \frac{d\Phi}{dt}$
Kapaciteta kondenzatorja: $C = \frac{e}{U}$ (enota: As/V = farad)	Induktivnost tuljave: $L = \frac{\Phi}{I}$ (enota: Vs/A = henry)
Če priključimo kondenzator na sinusno izmenično napetost, velja: $\hat{U} = \frac{1}{C\omega}$	Za sinusni izmenični tok v tuljavi velja: $\hat{U} = L\omega$
Za ploščati kondenzator velja: $E = \frac{U}{l}$	Za dolgo prazno tuljavo velja: $B = \frac{\mu_0 NI}{l}$
Če je prostor med elektrodama prazen, je $C = \frac{\epsilon_0 S}{l}$	$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$
Influenčna konstanta: $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}$ As/Vm	Indukcijska konstanta: $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am
Električna energija kondenzatorja: $W_e = \frac{CU^2}{2}$	Magnetna energija tuljave: $W_m = \frac{LI^2}{2}$
Gostota energije električnega polja v praznem prostoru: $w_e = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$	Gostota energije magnetnega polja v praznem prostoru: $w_m = \frac{B^2}{2\mu_0}$

Primerjava količin, enot in zakonov za stalno električno in stalno magnetno polje.

Med magnetnim in električnim poljem je precej podobnosti. Tabela, v kateri so zapisane poglobitve količine, enote in enačbe, to pregledno ponazarja

Električni nihajni krog



Časovni potek nihanja v nihajnem krogu.

Levo je za primerjavo prikazano nihanje nihala na vijačno vzmet.

$$t = 0$$

$$U = \max$$

$$W_e = \frac{CU^2}{2}$$

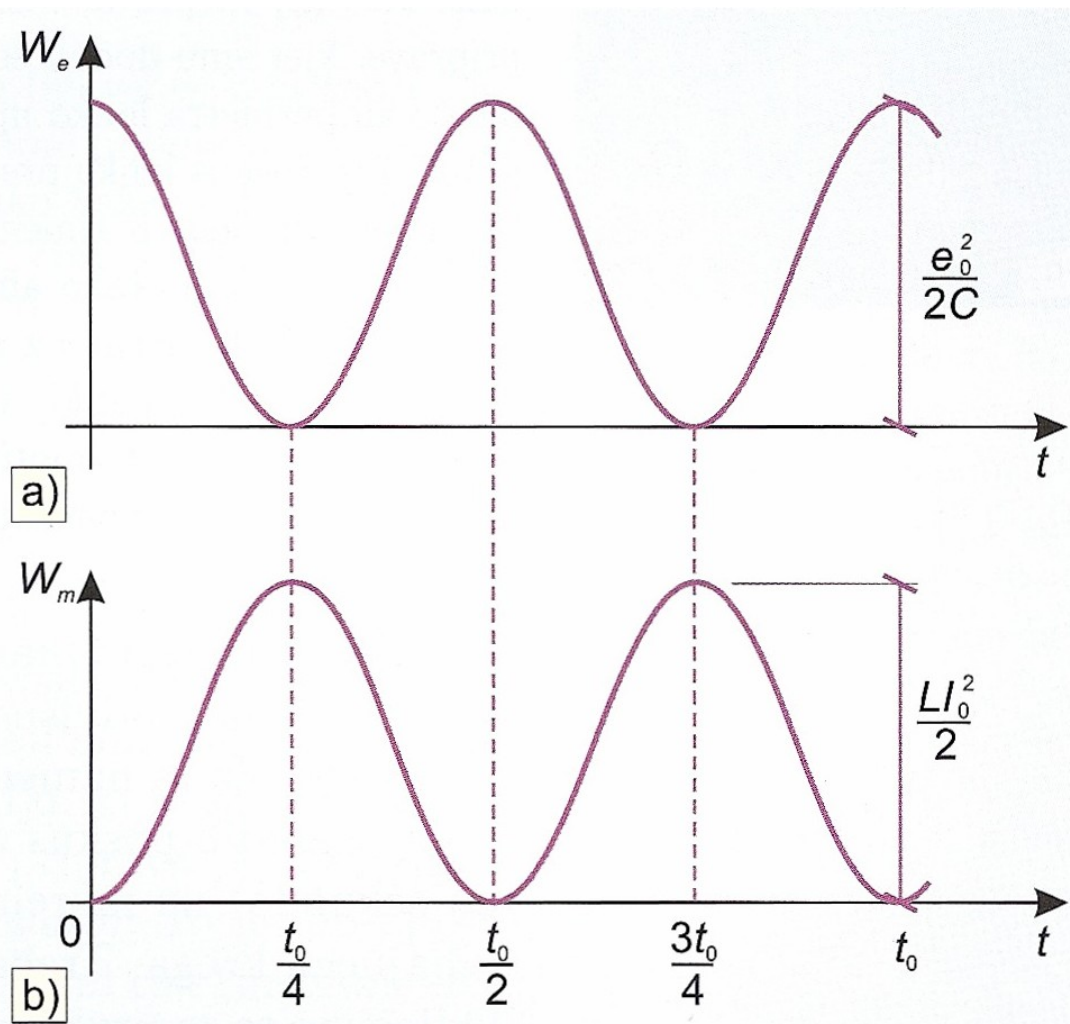
$$t = \frac{t_0}{4}$$

$$I = \max$$

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

$$t = \frac{t_0}{2}$$

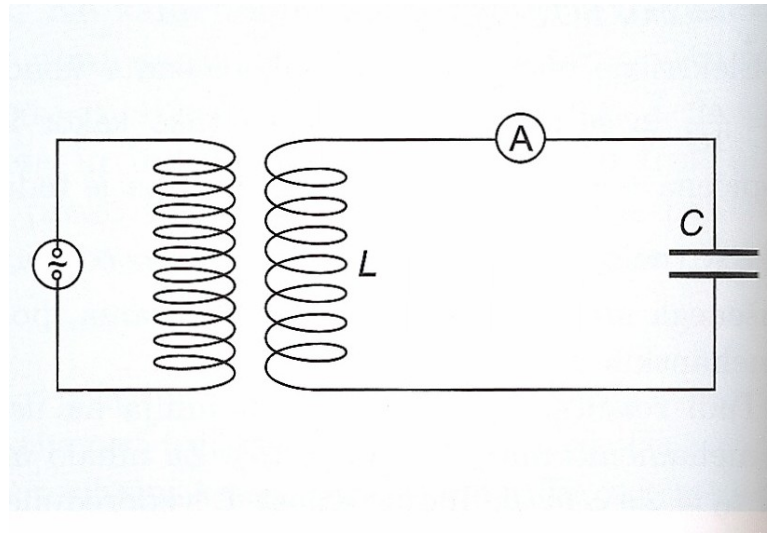
Časovni potek električne in magnetne energije v nihajnem krogu



(a) Časovni potek električne energije W_e in (b) magnetne energije W_m .

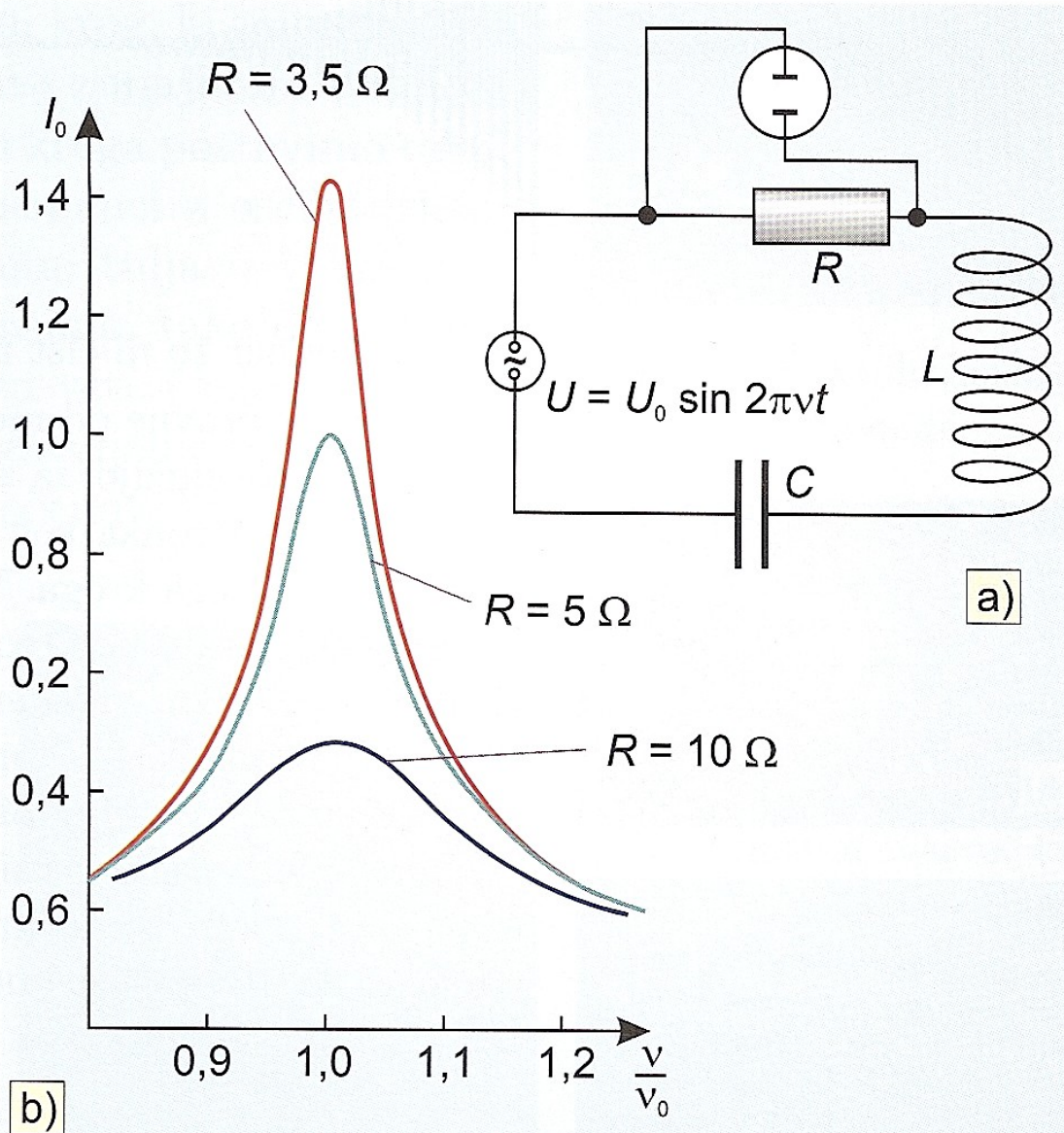
Vsota obeh energij je stalna.

Vsiljeno nihanje nihajnega kroga



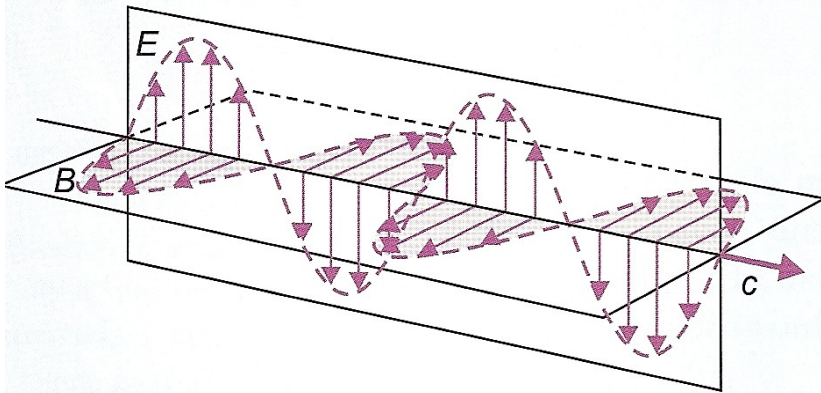
S pripravo, kjer smo dodali še ampermeter, s katerim merimo tok v nihajnem krogu. Namesto ampermetra lahko uporabimo tudi šibko žarnico, ki sveti tem močnejše, čim večji je tok.

Resonanca nihajnega kroga

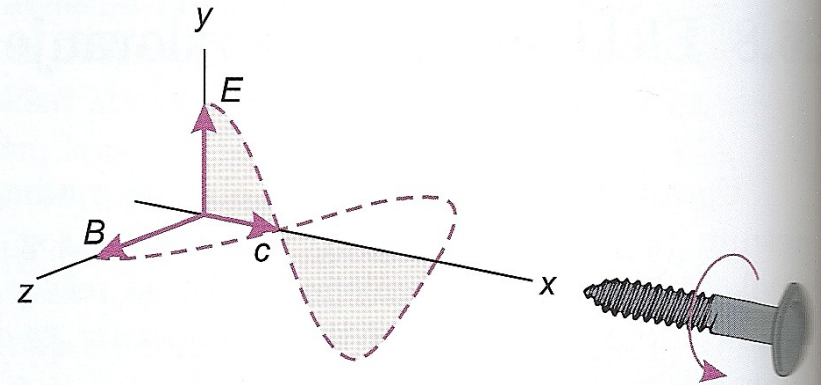


- (a) Shema nihajnega kroga.
(b) Resonančne krivulje za tri različne vrednosti upora nihajnega kroga. Krivulje so narisane za primer, ko ima tuljava induktivnost $5 \cdot 10^{-6}$ henryjev, kondenzator kapaciteto $2 \cdot 10^{-9}$ F in amplituda napetosti, s katero vsiljujemo nihanje je 5 mV.

EM valovanje

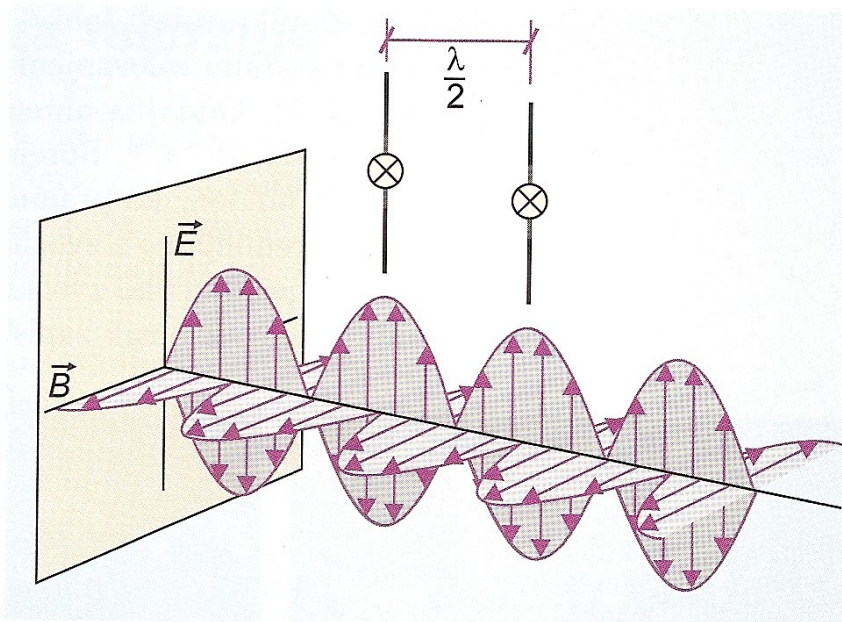


a)



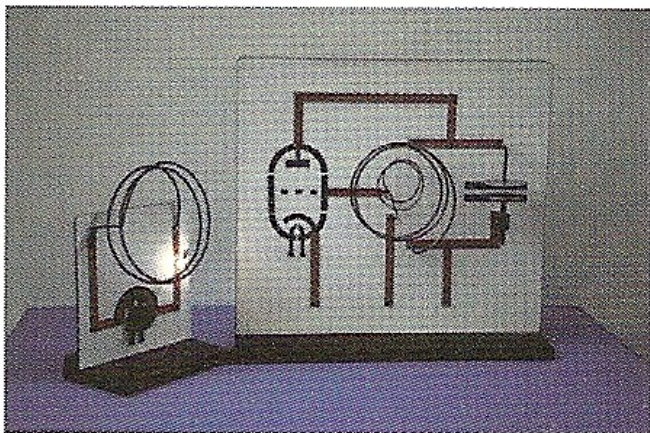
b)

Ravno EM valovanje

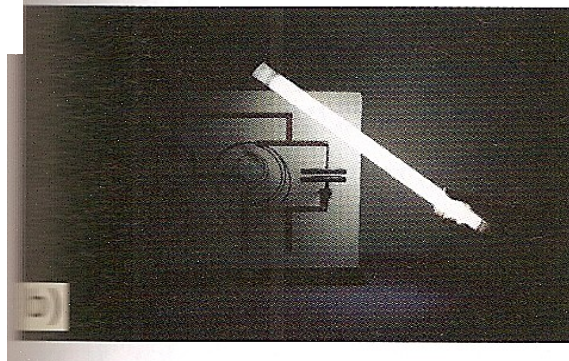
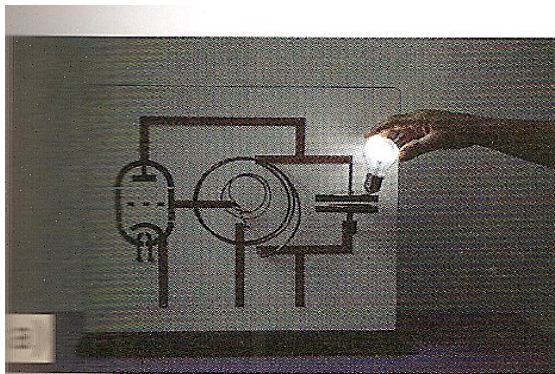


Stoječe elektromagnetno valovanje.

Elektromagnetno sevanje nihajnega kroga

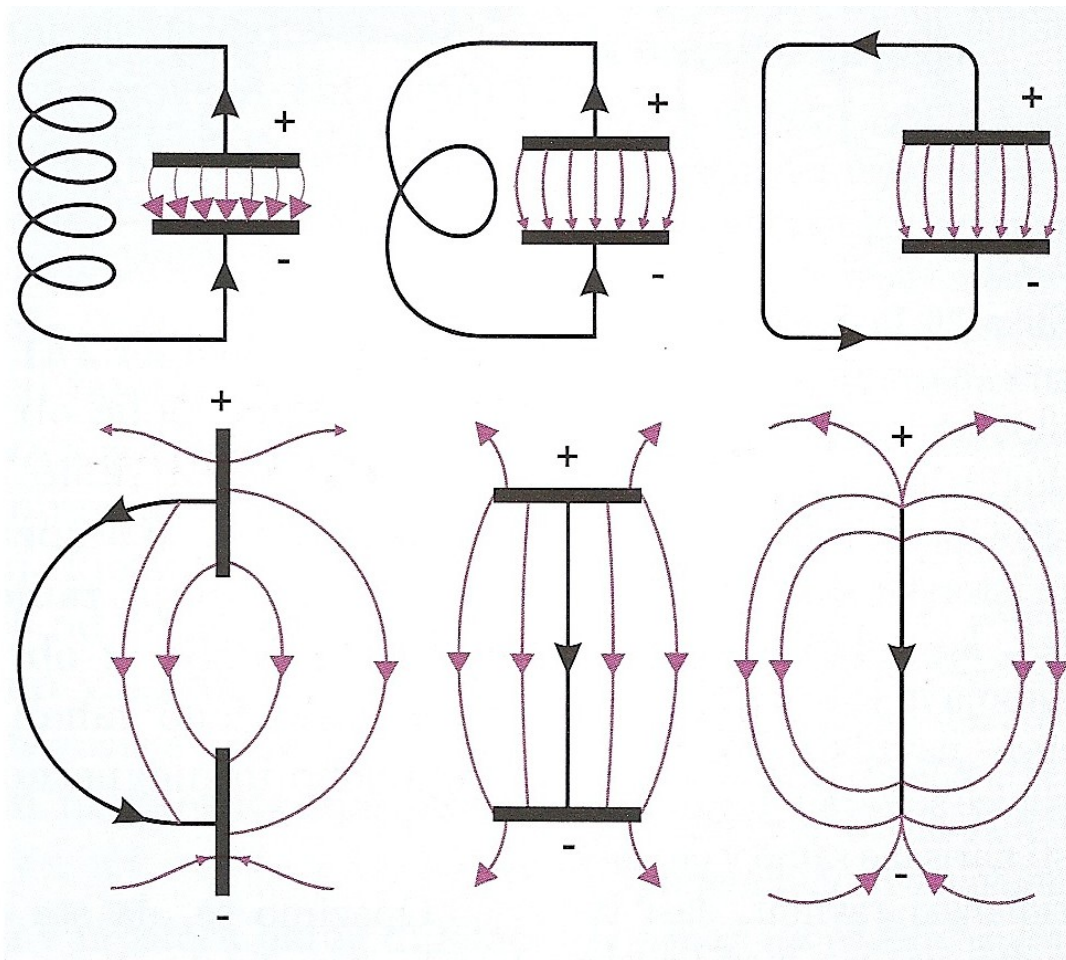


Dva nihajna kroga
ki sta v resonanci.

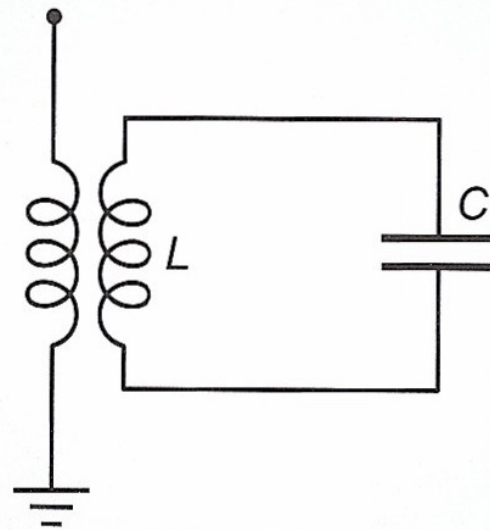


Poskusi z visokofrekvenčnim tokom. (a) Tlivka v visokofrekvenčnem polju ($f= 10\ 8\text{Hz}$).
(b) Fluorescenčna cev, ki je lahko tudi neuporabna za običajno razsvetljavo, sveti v visokofrekvenčnem polju. (c) Fluorescenčna cev pod daljnovodom..

Antena

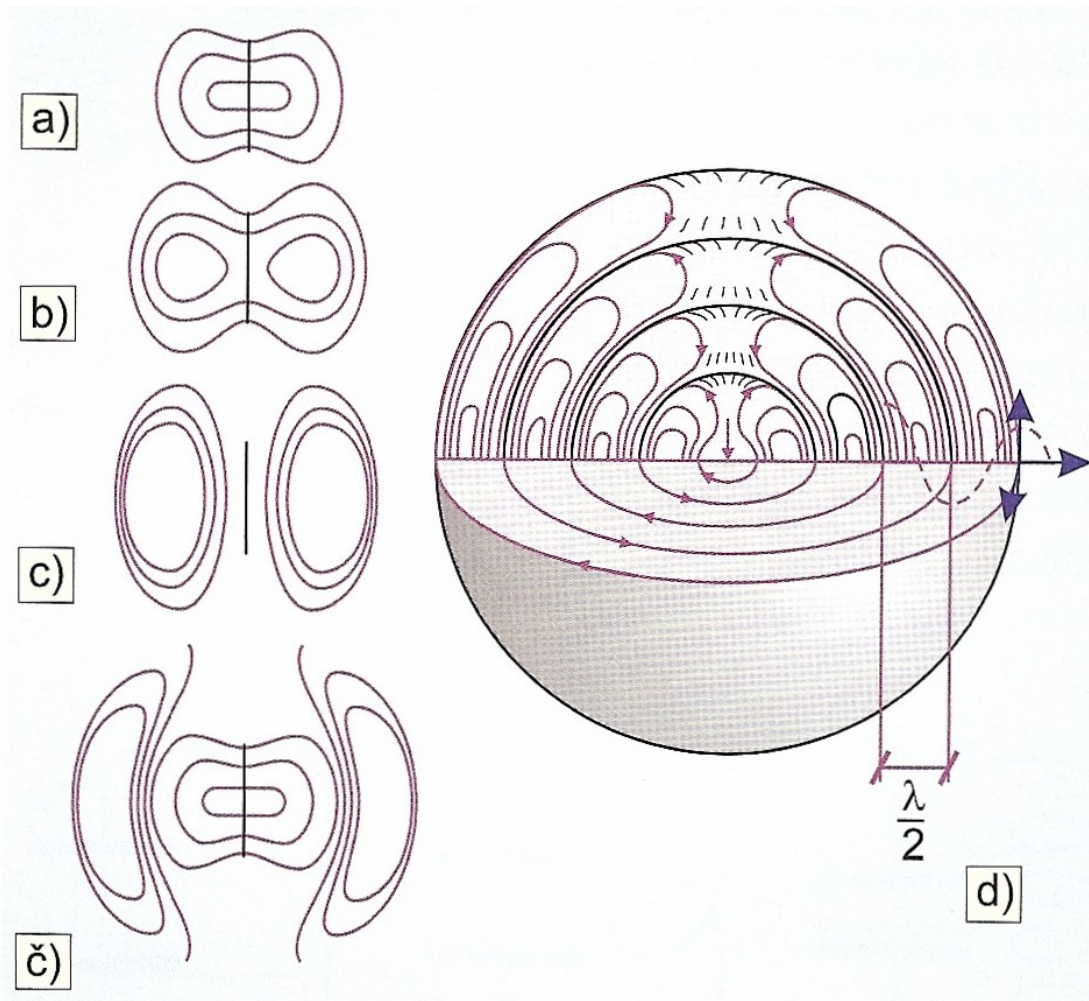


Preobrazba nihajnega kroga v dipolno anteno.



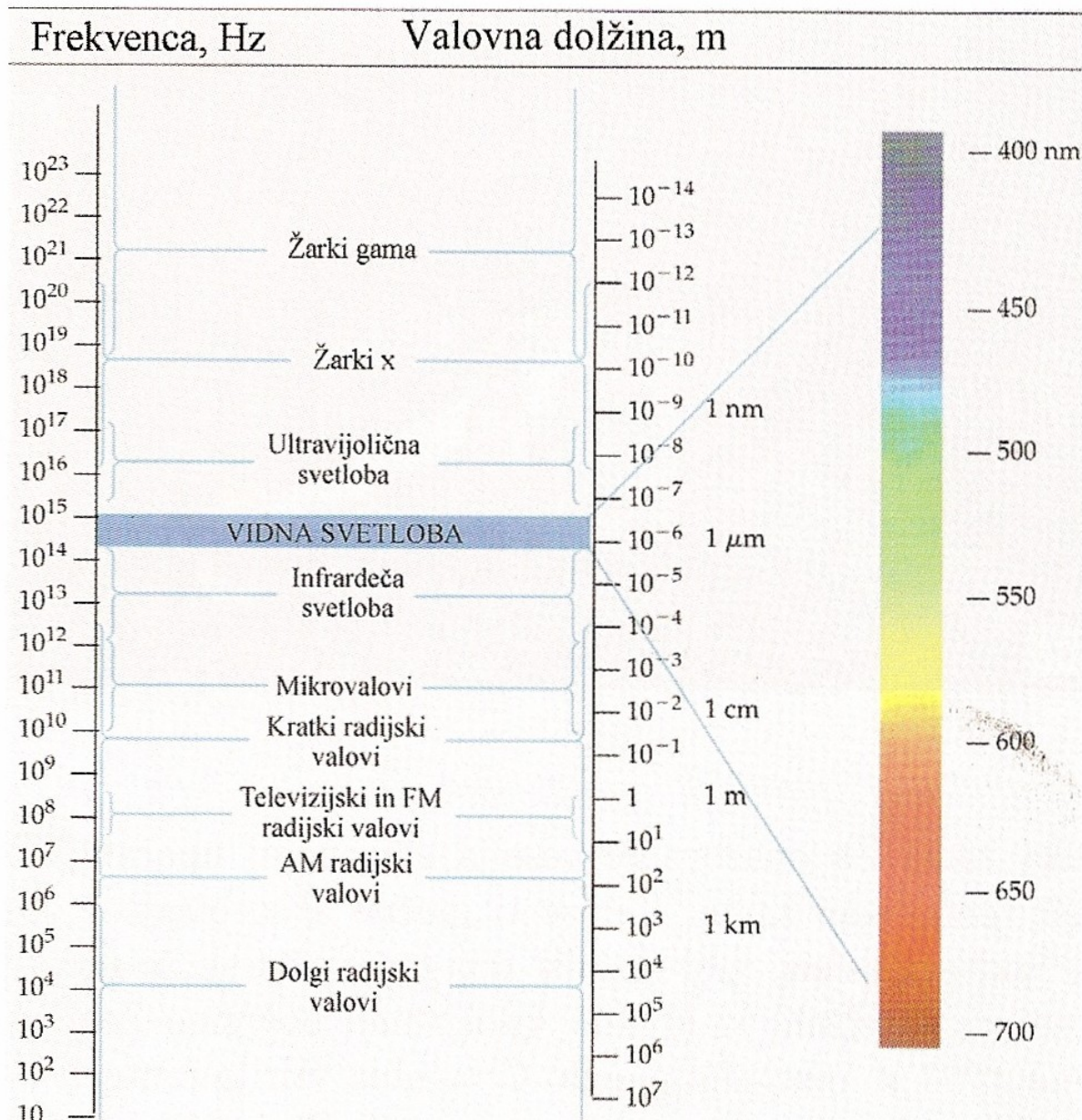
Preprost radijski oddajnik.

EM valovanje dipolne antene



Od a) do č) zaporedne trenutne slike električnih silnic
d) V anteni ni naboja, tok ima smer navzdol

Spekter EM valovanja



Pregled vseh vrst elektromagnetnega valovanja.

ELEKTROTERAPIJA

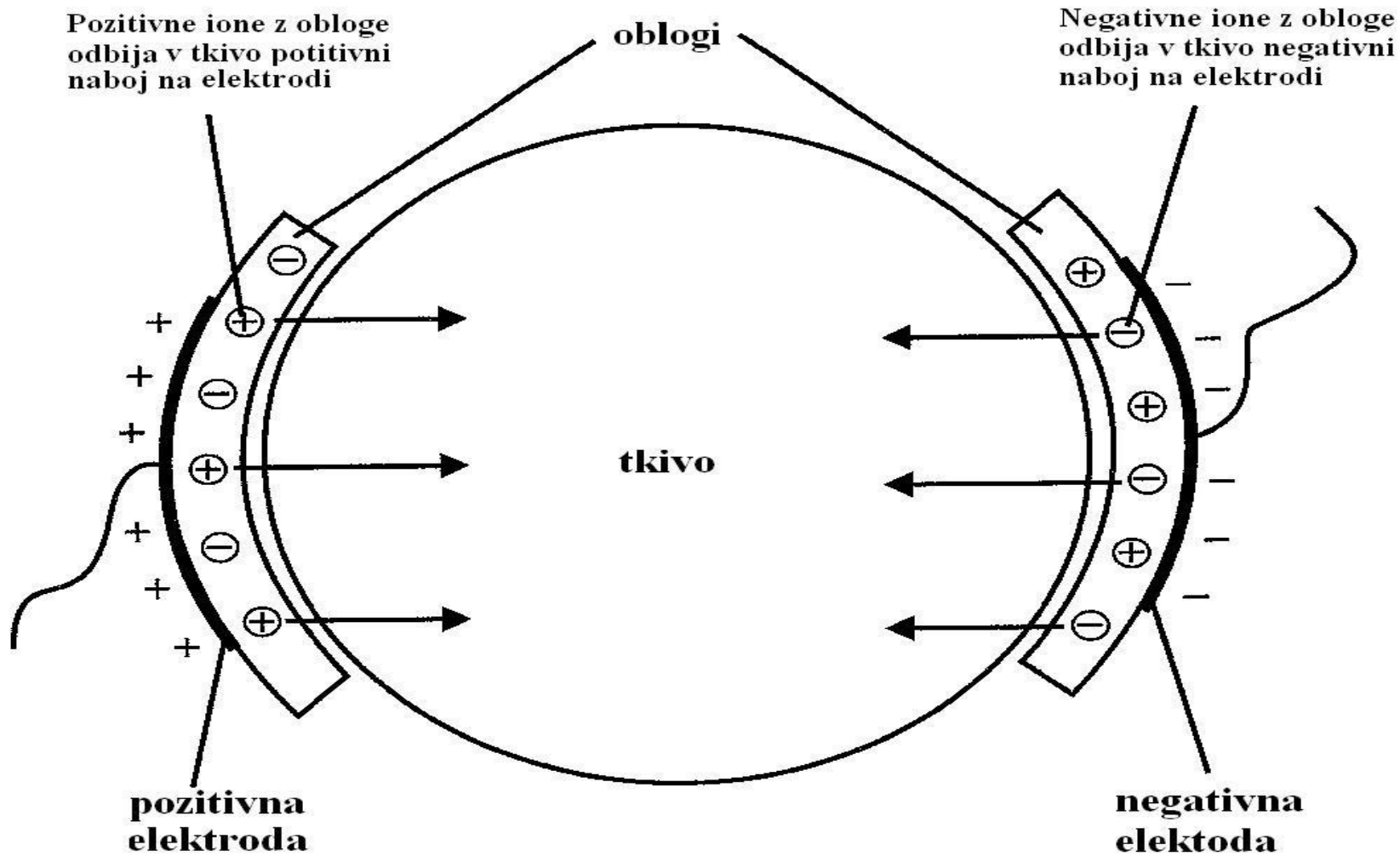
-Iontoforeza

-Električna stimulacija

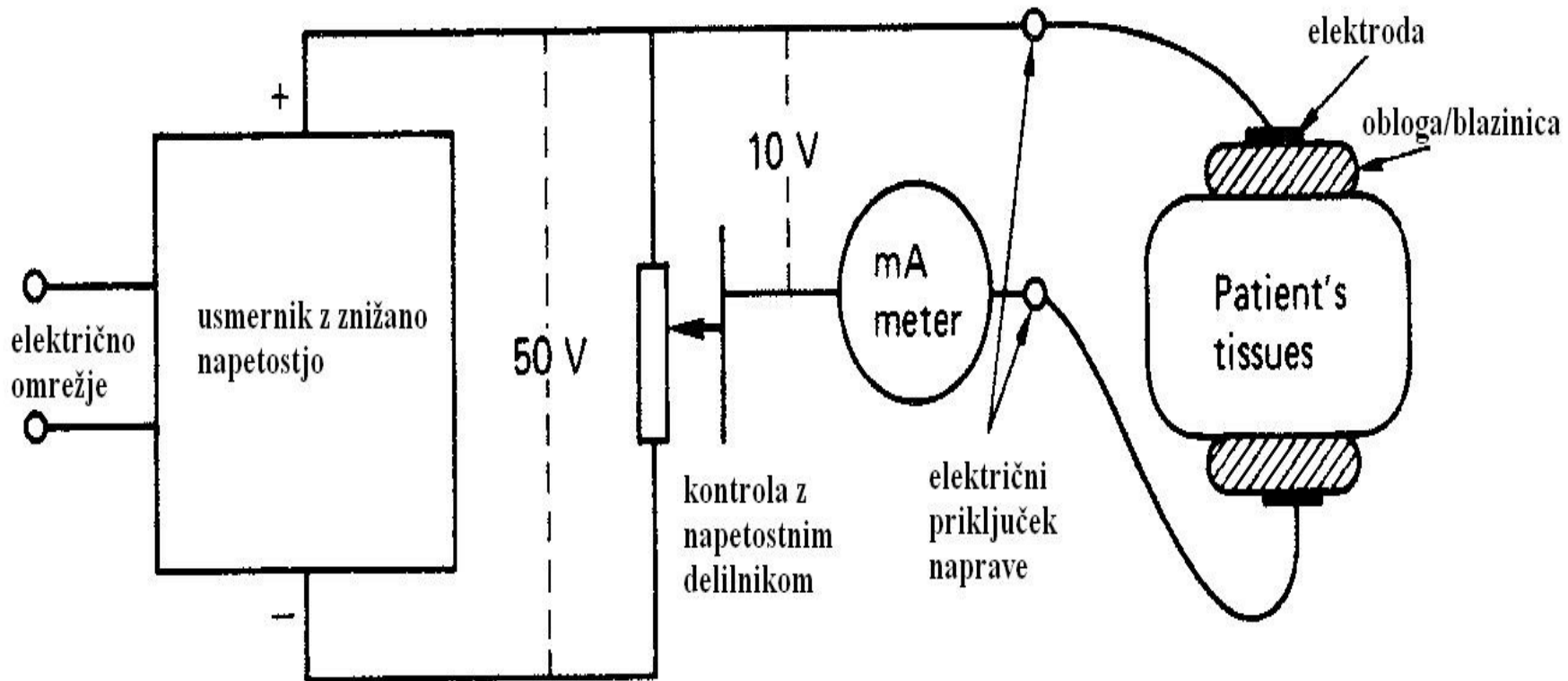
-Terapija z EM valovanjem

Iontoforeza

Gibanje ionov pri iontoforezi



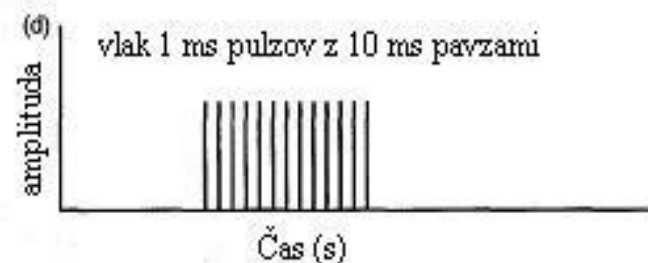
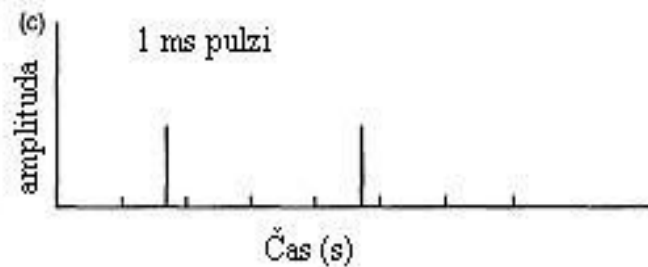
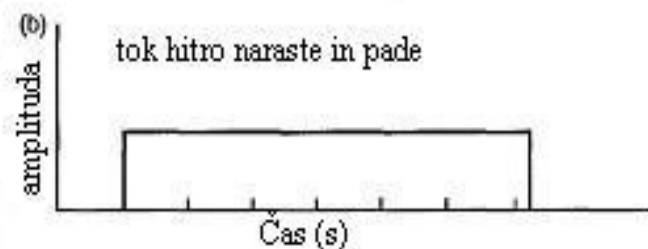
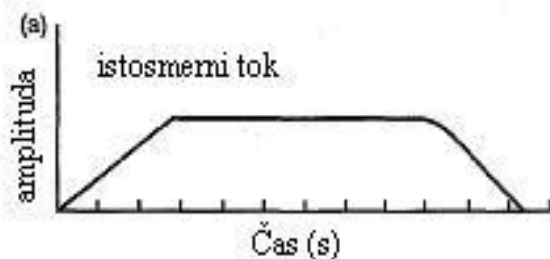
Iontoforeza



Skica sistema za izvajanje iontoforeze

Električna stimulacija mišic in živcev

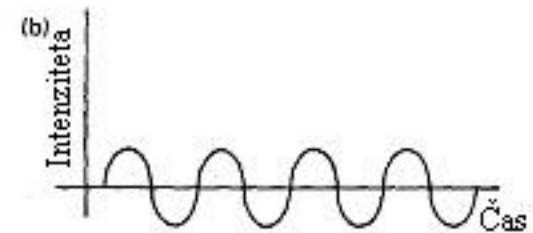
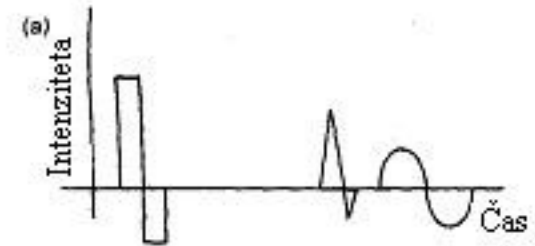
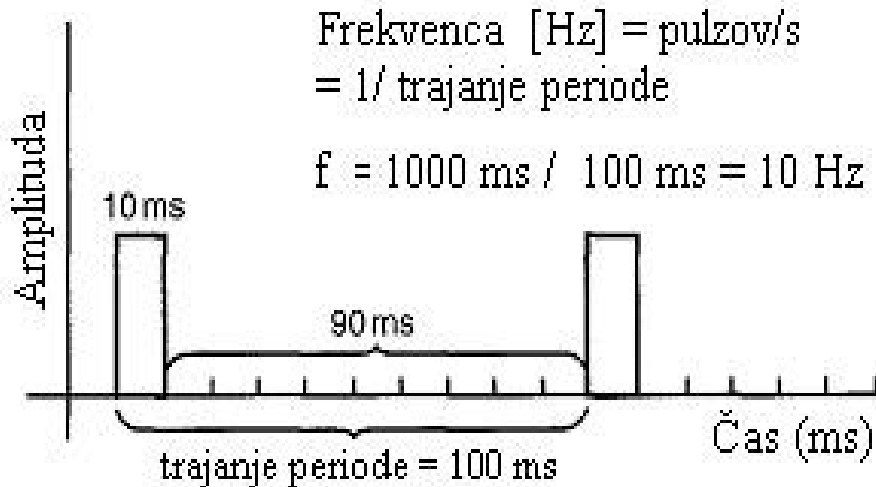
Osnovni pojmi: 1)



Primeri različnega časovnega poteka tokov

Električna stimulacija mišic in živcev

Osnovni pojmi: 2)



Različne oblike bifaznih tokov:

a) diskretni pulzi

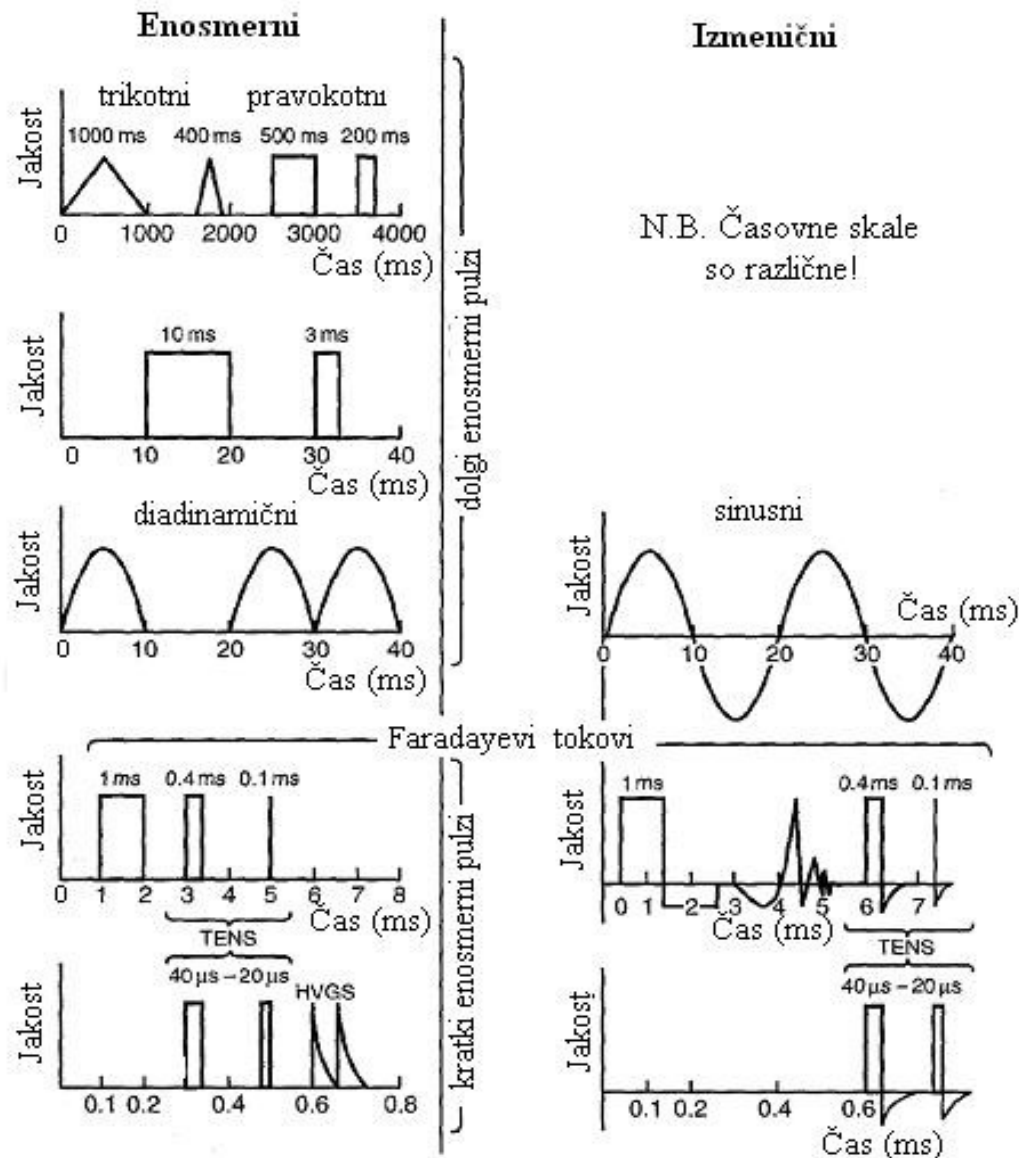
b) zvezni pulzi

c) asimetrični pulzi

Električna stimulacija mišic in živcev

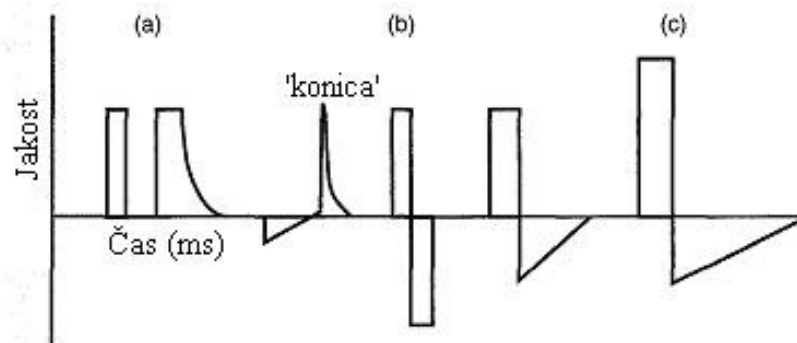
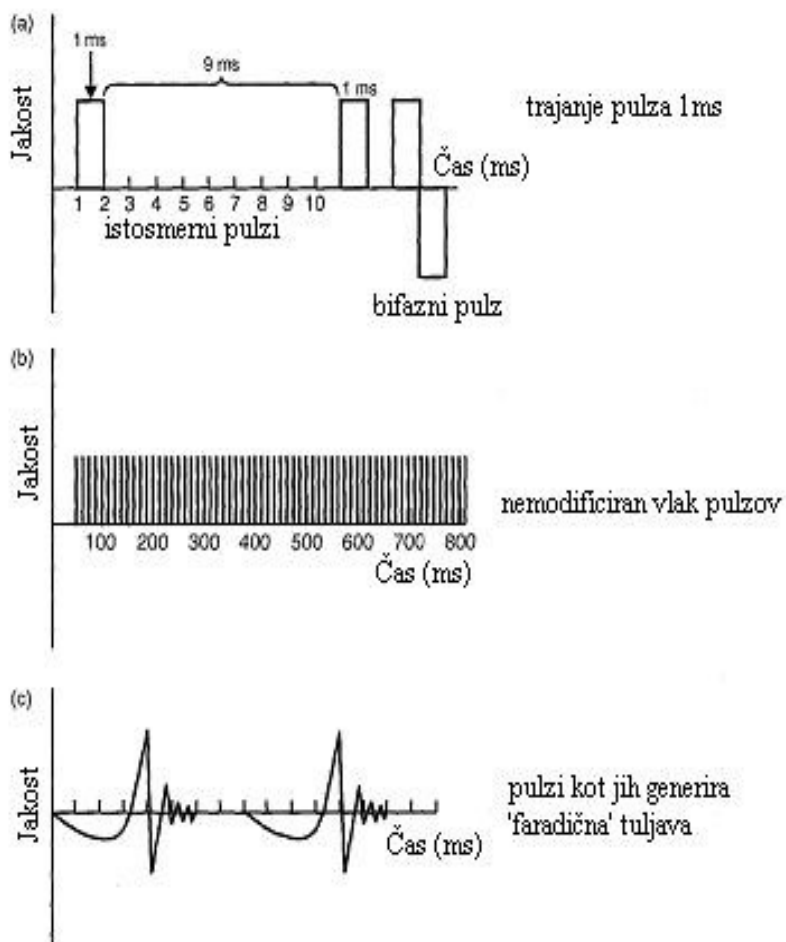
Osnovni pojmi: 3)

Primerjava
nizkofrekvenčnih
tokov: pulzi,
oblike in trajanja



Električna stimulacija mišic in živcev

Osnovni pojmi: 4)



Primeri različnih vrst TENS pulzov: (a) monofazni

(b) Bifazni

(c) Pri povečani jakosti bifaznega pulza v prvem delu, se poveča trajanje v drugem

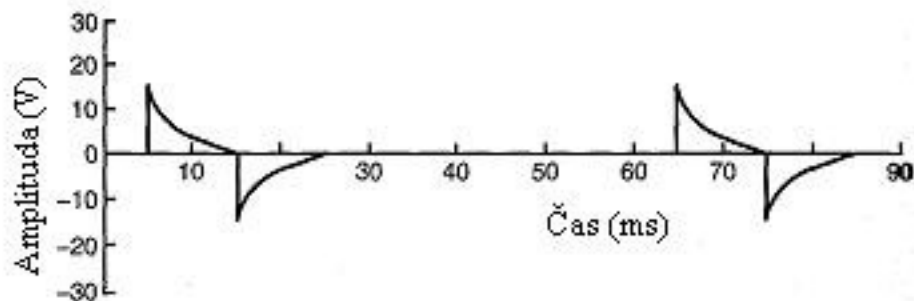
Kratkotrajni pulzi za mišično stimulacijo

Električna stimulacija mišic in živcev

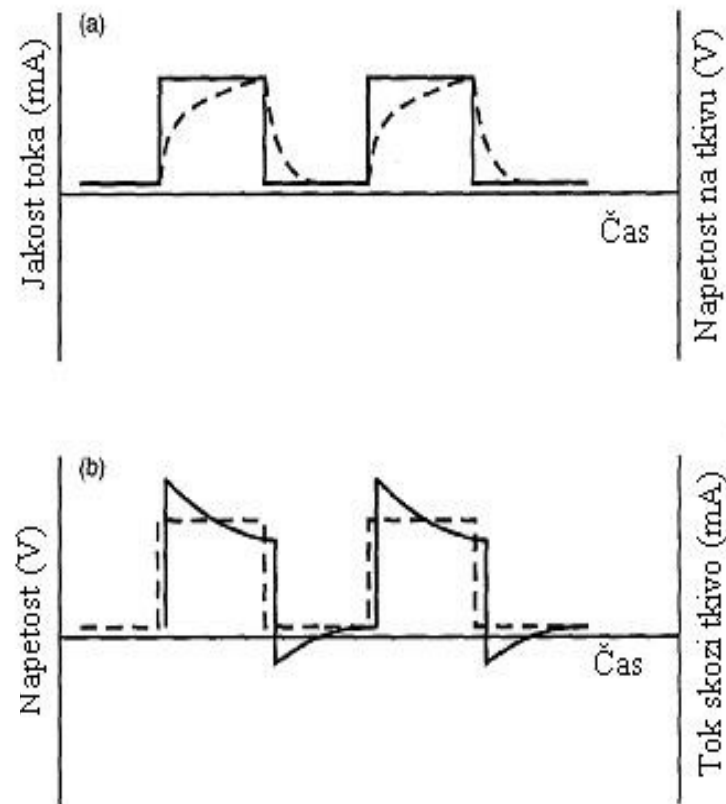
Osnovni pojmi: 5)

Napetost in tok v tkivu, ki ga povzročijo:
(a) pulzi konstantnega toka (polna črta) in rezultirajoča napetost (črtkano)

(b) Pulzi konstantne napetosti (črtkano) in rezultirajoči tok (polna črta)

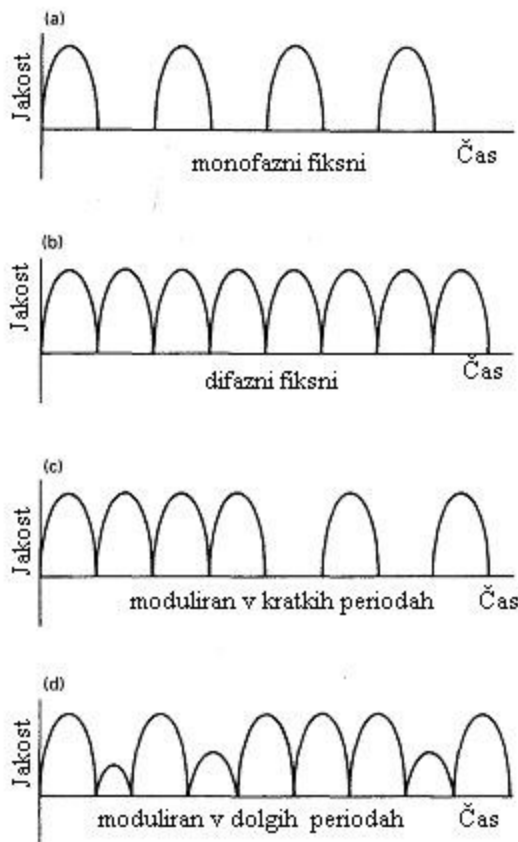


H-val – simetrični bifazni pulzi

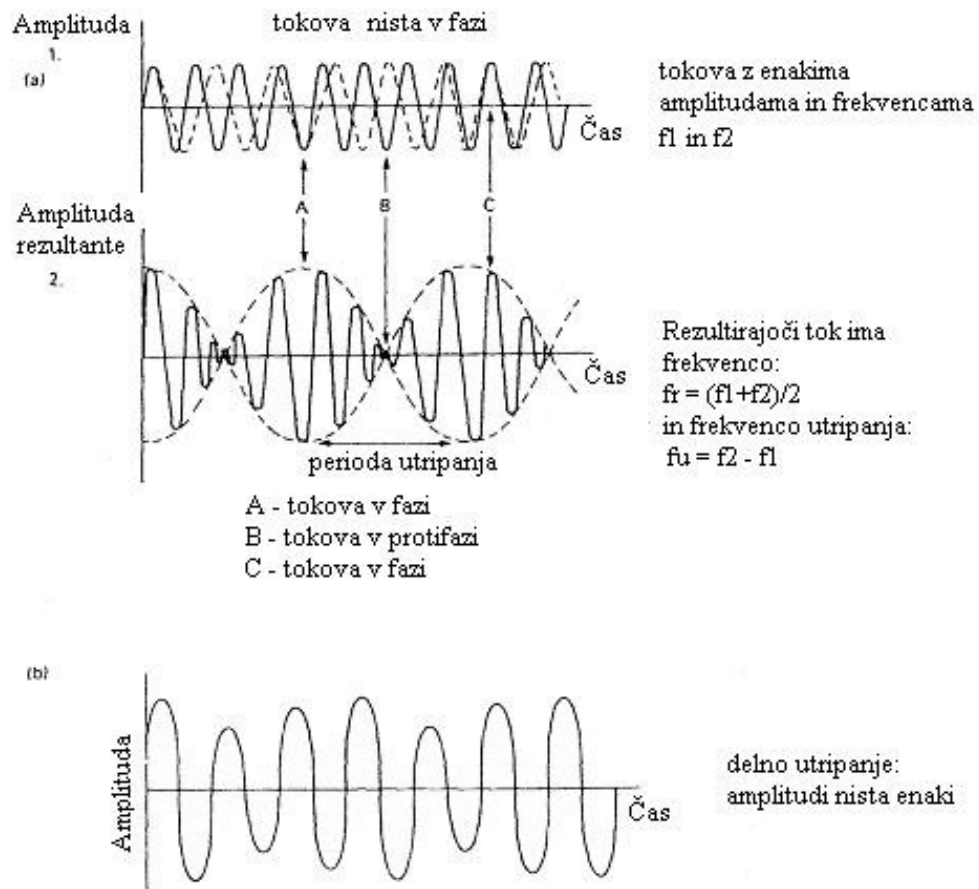


Električna stimulacija mišic in živcev

Osnovni pojmi: 6)



Različni primeri diadinamičnih tokov

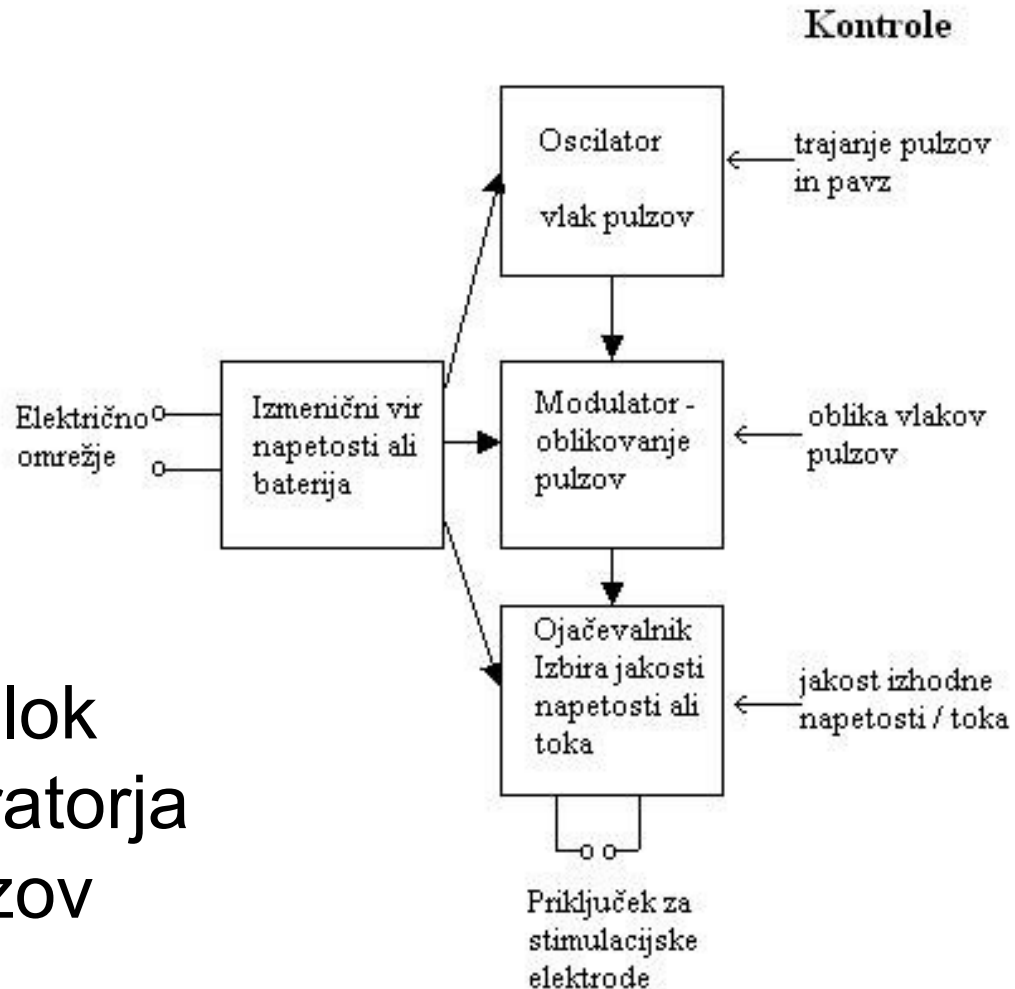


(a) Interferenca dveh tokov srednje frekvence

(b) delno utripanje

Električna stimulacija mišic in živcev

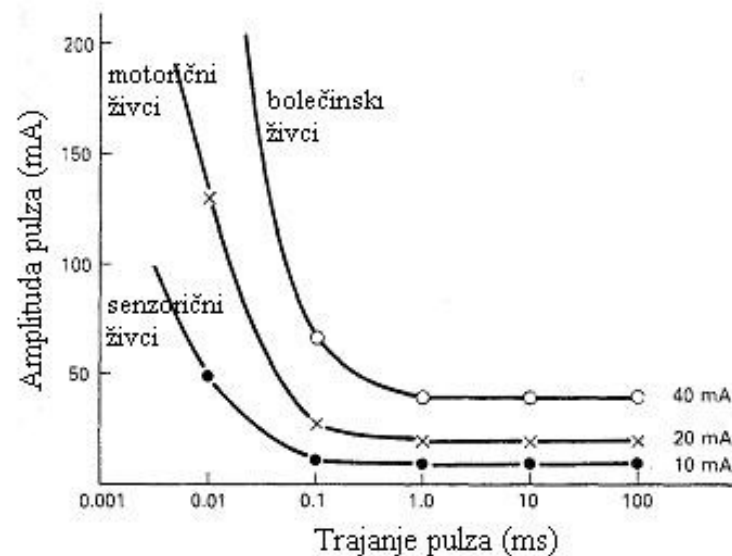
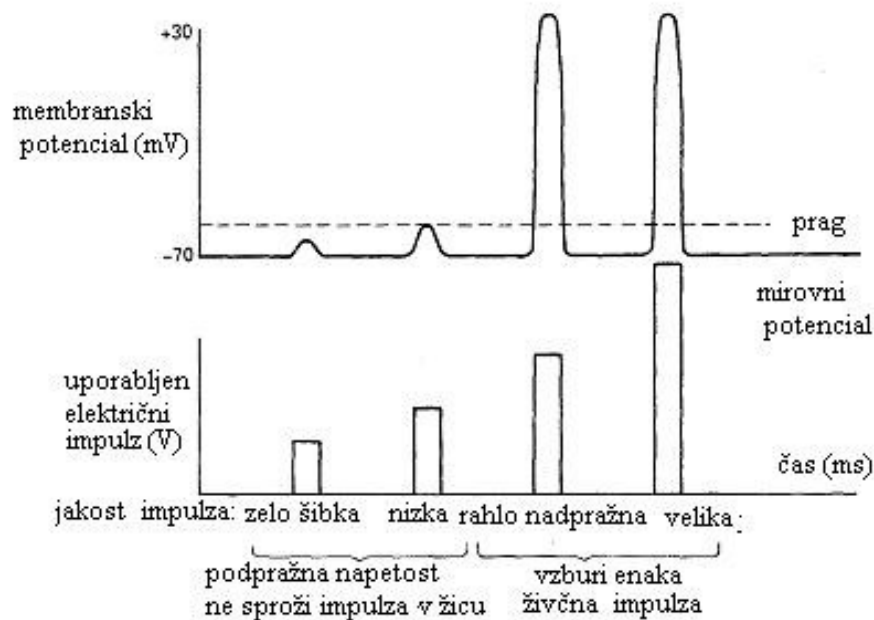
Osnovni pojmi: 7)



Funkcionalni blok diagram generatorja električnih pulzov

Električna stimulacija mišic in živcev

Osnovni pojmi: 8)



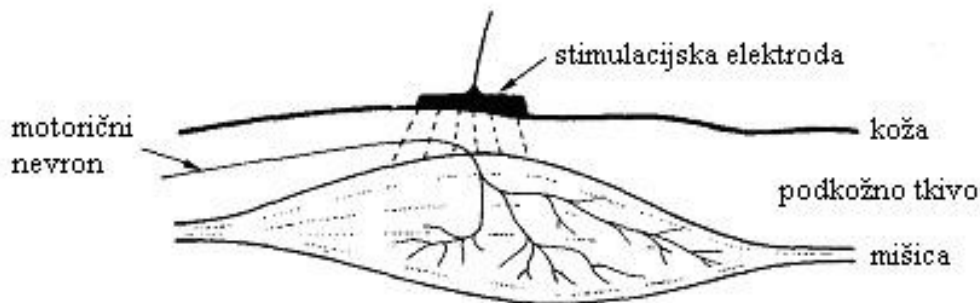
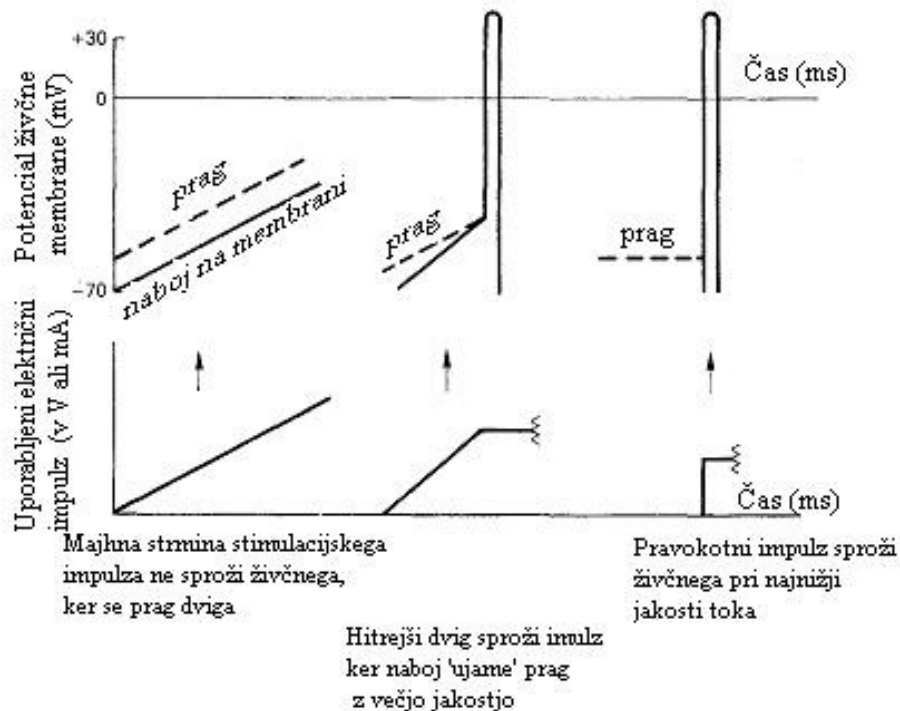
Generiranje pulza v živcu po načelu
'vse ali nič', ki ga opredeljujeta prazna
napetost in naboj It prožilnega pulza

It krivulje za posamezne vrste živcev

Električna stimulacija mišic in živcev

Osnovni pojmi: 9)

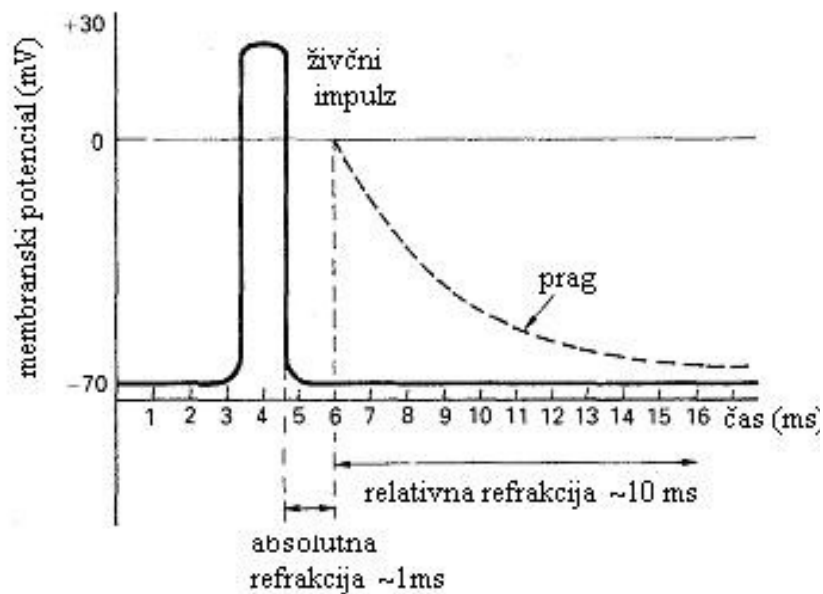
Električna 'prilagoditev' praga glede na hitrost naraščanja stimulacijskega signala



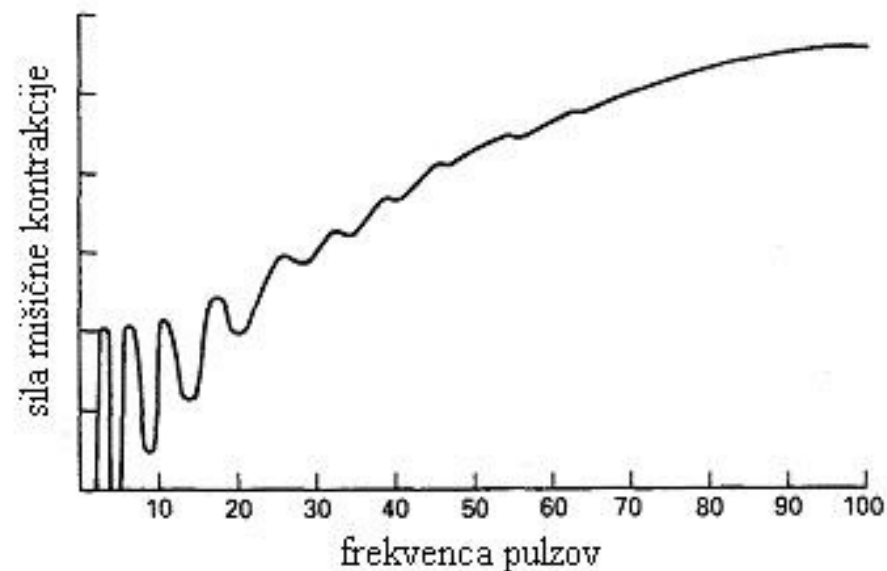
Motorična točka

Električna stimulacija mišic in živcev

Osnovni pojmi: 10)



Trajanje absolutnega in relativnega refrakcijskega intervala



Jakost tetanične kontrakcije s frekvenco narašča do 100 Hz

Električna stimulacija mišic

Klinični aspekti (1)



Električna stimulacija mišic

Klinični aspekti (1)

ZA KAJ SE UPORABLJA ELEKTROSTIMULACIJA MIŠIC?

- **ZA VZPOSTAVITEV TONUSA MIŠIC PO POŠKODBAH IN OPERACIJAH**
- **ZA ODPRAVO BOLEČIN V:**
 - KRIŽU
 - VRATU
 - RAMENIH
 - KOLENIH...
- **ZA OBLIKOVANJE TELESA:**
 - OBLIKOVANJE MIŠIČNEGA TONUSA
 - POVEČANA PREKRVAVITEV - ODPRAVA CELULITA
 - POVEČEVANJE VOLUMNA MIŠIC - BODYBUILDING
- **ZA POVEČEVANJE PERFORMANS MIŠIC, KOT SO:**
 - MOČ
 - EKSPLOZIVNOST
 - VZDRŽLJIVOST

Električna stimulacija mišic

Klinični aspekti (2)

KJE SE UPORABLJA?

ZA PROFESIONALNO UPORABO:

- V BOLNIŠNICAH
- V REHABILITACIJSKIH CENTRIH
- V WELLNESS CENTRIH
- V ŠPORTNIH KLUBIH

ZA OSEBNO UPORABO:

- DOMA
- V FITNESS CENTRIH
- V ŠPORTNIH KLUBIH



Električna stimulacija mišic

Klinični aspekti (3)

JE ELEKTROSTIMULACIJA DOPING? **NE!**

JE ELEKTROSTIMULACIJA DOVOLJENA V PROFESIONALNEM ŠPORTU? **DA!**

JE ELEKTROSTIMULACIJA ZDRAVJU ŠKODLJIVA? **NE, ob pravilni uporabi!**

IMA ELEKTROSTIMULACIJA KAKRŠNEKOLI NEGATIVNE UČINKE? **NE, razen ob nepravilni uporabi!** ZELO POMEMBNA PA JE TUDI KAKOVOST NAPRAV ZA ELEKTROSTIMULACIJO

NEVARNOST: NIKOLI SI NI DOVOLJENO PRIKLJUČITI ELEKTROD PREKO SRCA!!!

Električna stimulacija mišic

Klinični aspekti (4)

LAHKO ELEKTROSTIMULACIJA NADOMESTI KLASIČNO VADBO?

NE!

Elektrostimulacija je koristna predvsem s stališča dopolnilne vadbe.

Omogoča pa:

- vadbo kljub poškodbi ali po poškodbi
- pravilno obremenitev mišic
- hitrejšo regeneracijo po klasičnem treningu ali tekmi
- trening mišic, ki jih s klasično vadbo ne moremo razvijati
- enakomernejšo obremenitev mišic (igralci z loparji)
- boljšo prekrvavitev mišičnega tkiva
- aktivacijo vseh mišičnih vlaken v mišici

Električna stimulacija mišic

Klinični aspekti (5)

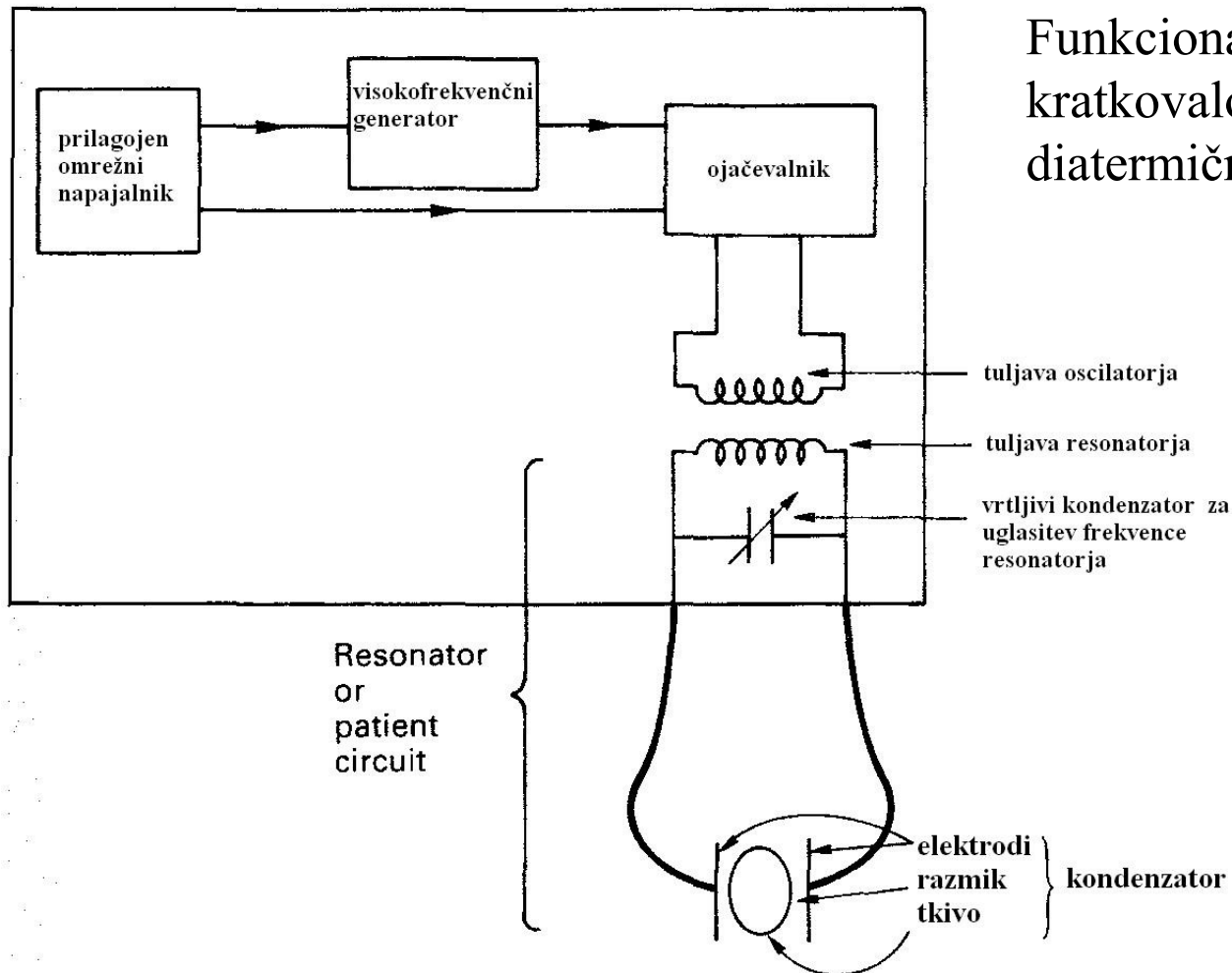
PRINCIP DELOVANJA

- SKELETNE MIŠICE KRČIMO ZAVESTNO ALI PODZAVESTNO (REFLEKS)
- SIGNAL ZA ZAVESTNO KRČENJE MIŠIC PRIHAJA IZ MOŽGANSKIH CENTROV V OBLIKI ELEKTRIČNEGA IMPULZA, KI SE ŠIRI PO ŽIVČNEM VLAKNU
- PRI ELEKTROSTIMULACIJI TA ŽIVČNI IMPULZ NE NASTANE V MOŽGANIH, TEMVEČ GA UMETNO USTVARIMO Z ELEKTRIČNO STIMULACIJO NA POVRŠINI KOŽE



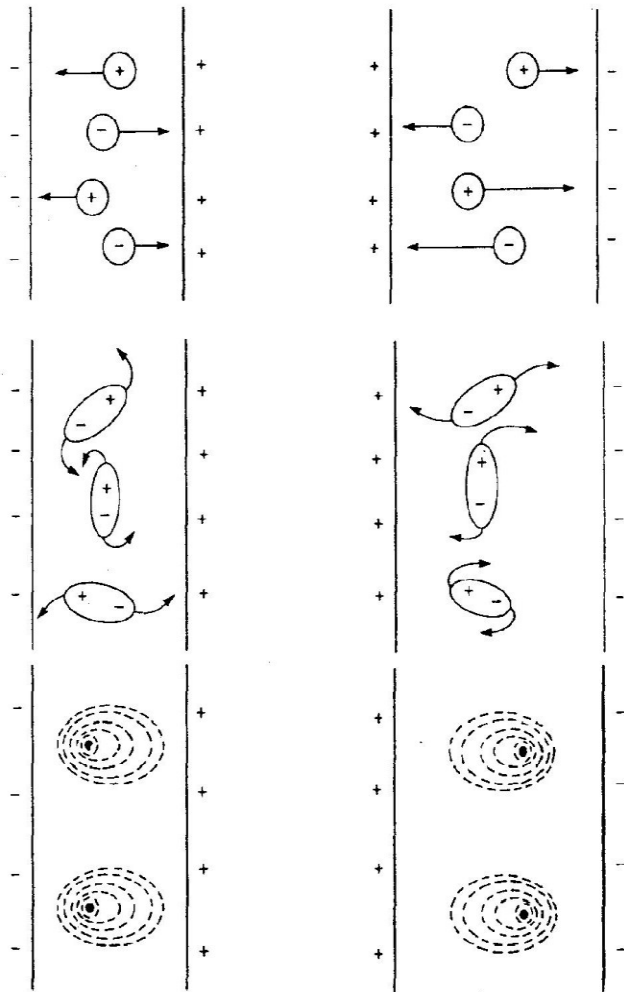
Terapija z EM valovanjem

Kratkovalovna diatermija



Terapija z EM valovanjem

Vpliv visokofrekvenčnega električnega polja na molekule in ione v tkivu



Gibanje ionov

Pozitivni in negativni ioni v električnem polju osnovnemu Brownovemu gibanju dodajo še nihanje s frekvenco polja

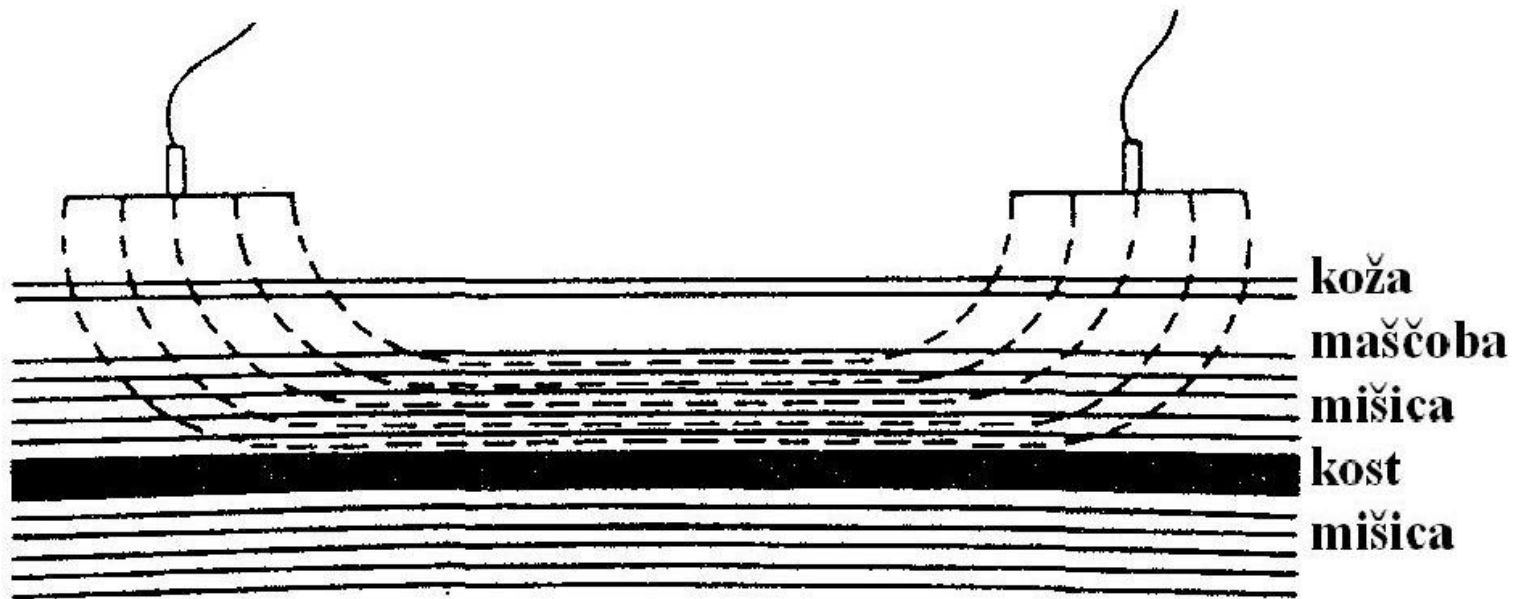
Rotacija dipolov

Polarne molekule se v visokofrekvenčnem polju orientirajo s smerjo in frekvenco polja

Nihanje in distorzija elektronskih oblakov v molekulah zaradi nihanja uporabljenega električnega polja

Terapija z EM valovanjem

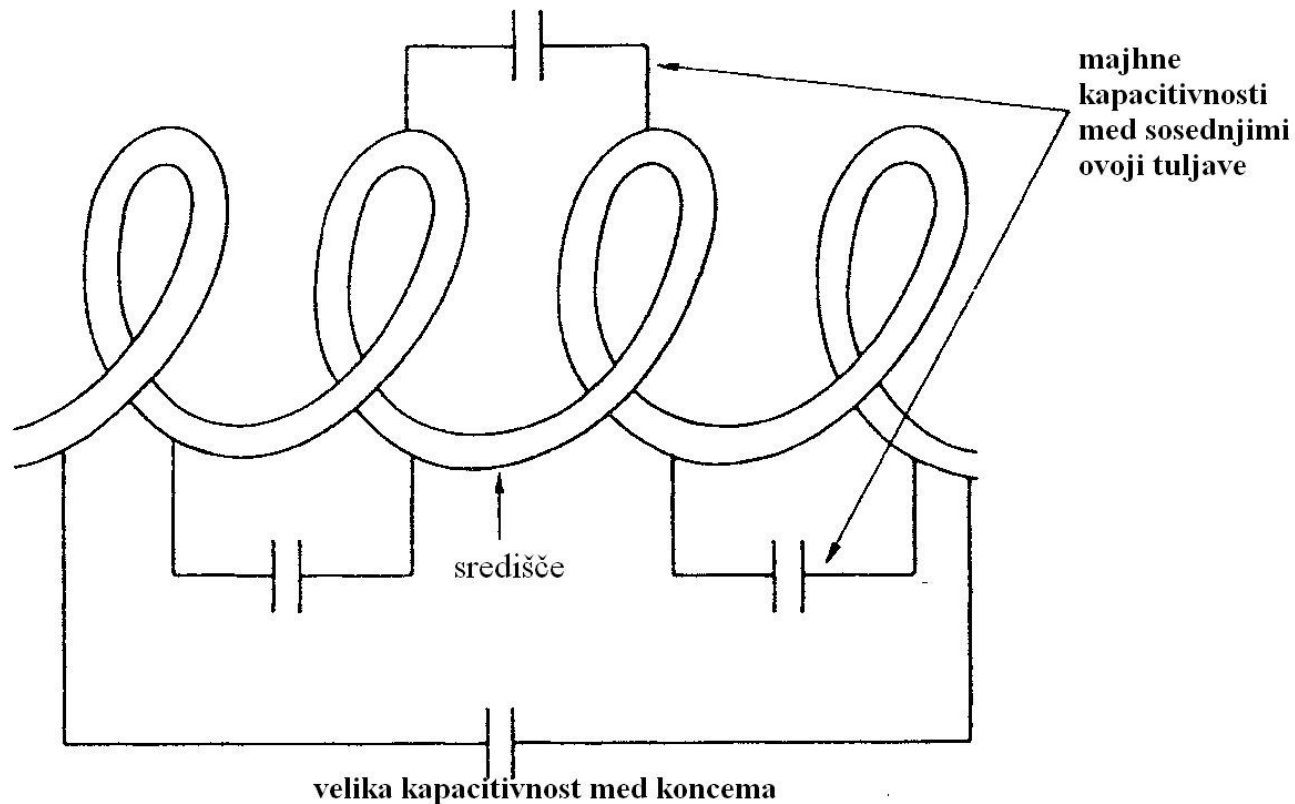
Električne tokovnice v



Električne tokovnice potekajo predvsem skozi vaskularno tkivo, zato se najbolj ogreje zgornja plast mišice

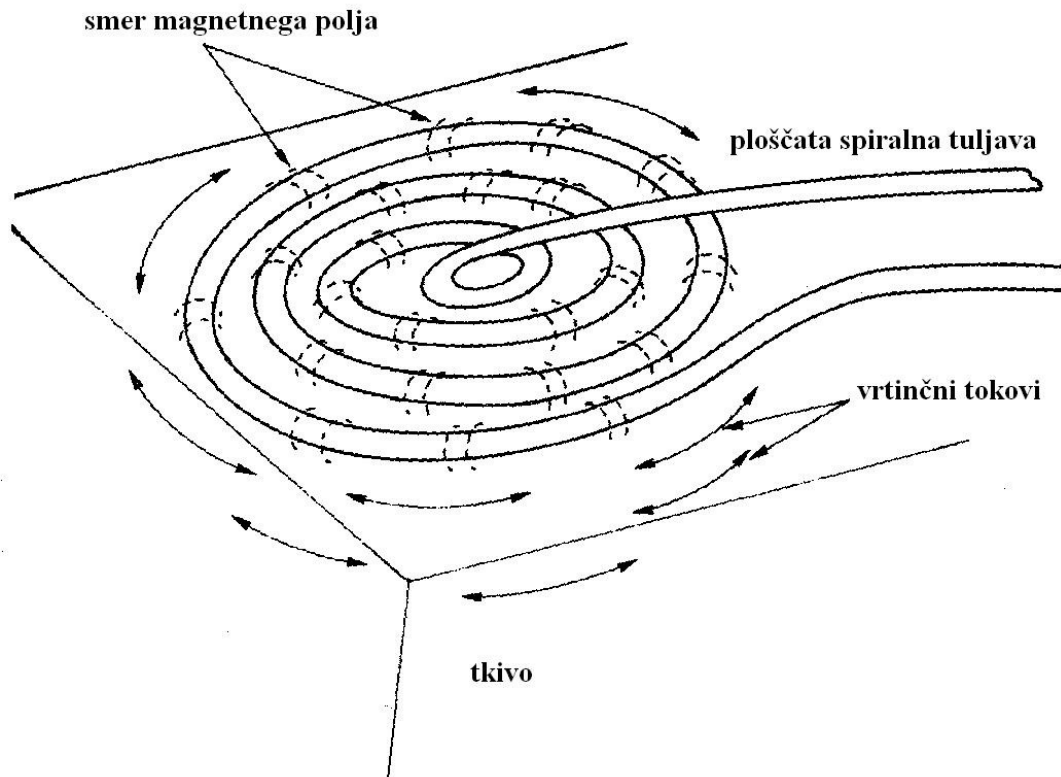
Terapija z EM valovanjem

Elementi nihajnega kroga pri magnetoterapiji



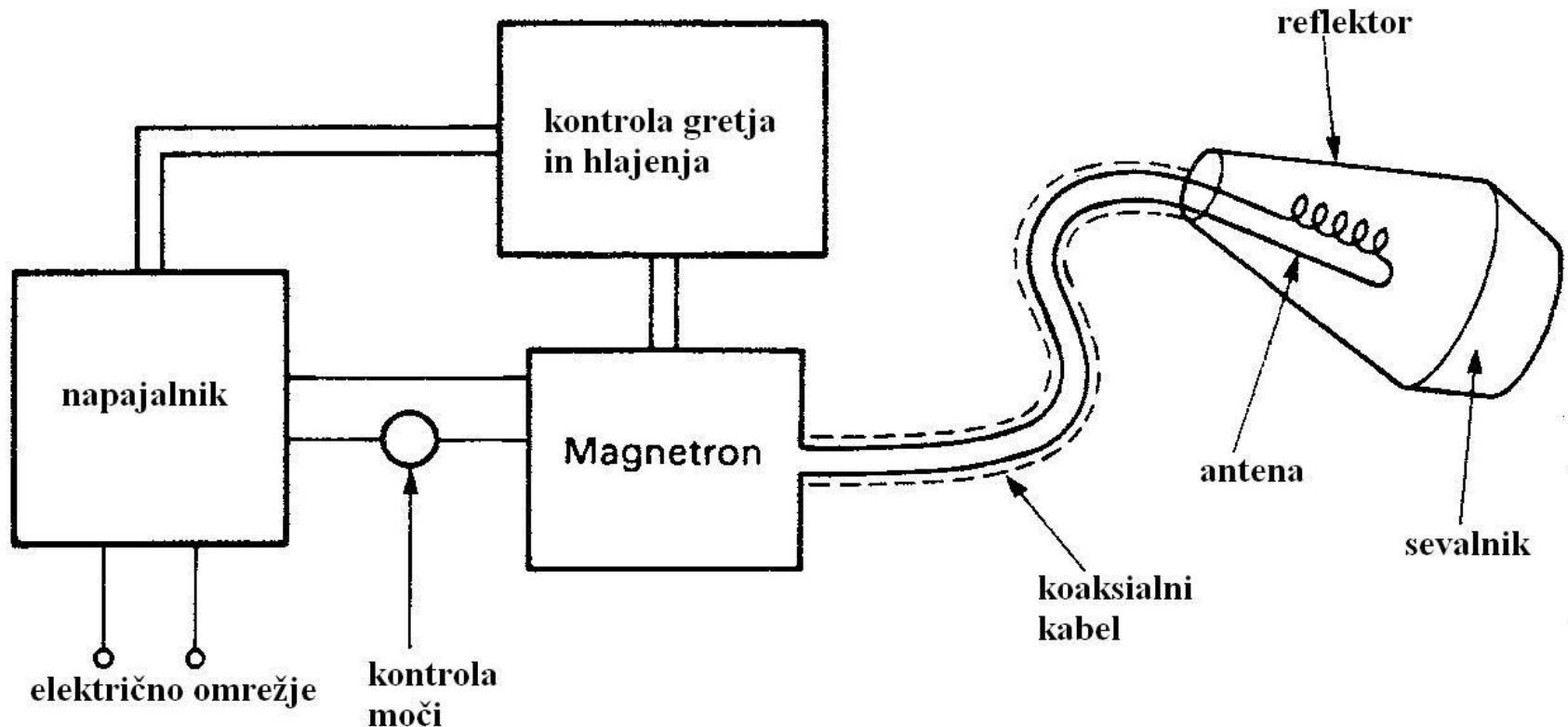
Terapija z EM valovanjem

Gretje z vrtničnimi tokovi , ki ji inducira visok



Terapija z EM valovanjem

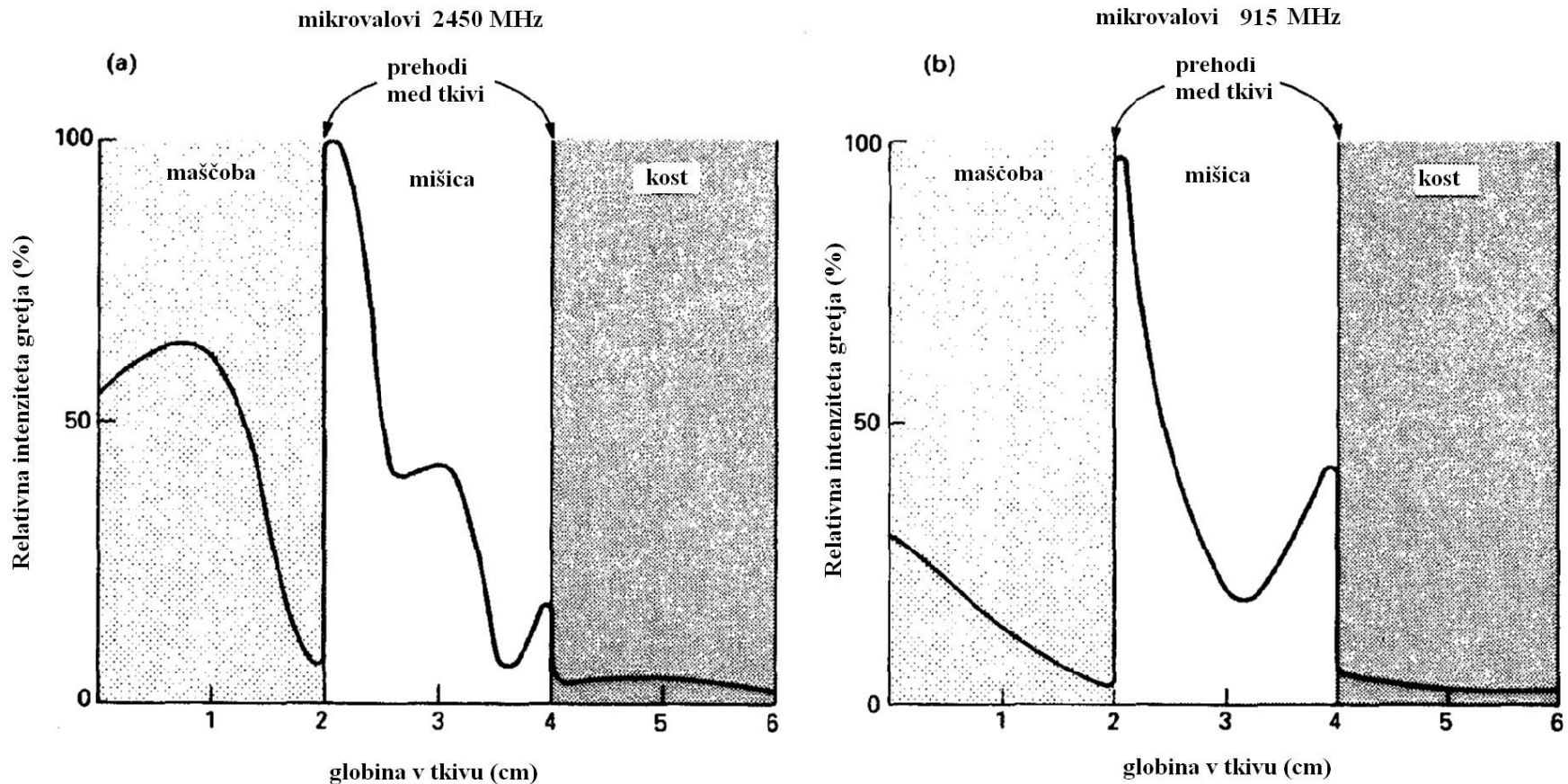
Mikrovalovna



Blok shema mikrovalovnega generatorja za diatermijo

Terapija z EM valovanjem

Grete tkiv z EM



Relativna absorpcija mikrovalovnega (24050 MHz in 915 MHz) sevanja v triplastnem modelu: maščoba, mišica kost. Krivulje so normalizirane glede na absorpcijo na stiku mišice z maščobo (100%)