



# **ELEKTROTEHNIKA**

---

**DRAGO ŠEBEZ**

# Zgodovina

- Ω **Thales – drgnjenje jantarja**
  - Jantar gr. ELEKTRON
- Ω **17. in 18. st.: drgnjenje stekla+ jantarja**
- Ω **Franklin: steklo pozitivna elektrika, jantar neg.**
- Ω **Coulomb (1736-1806): meritev sil med naelektrenima kroglicama**
- Ω **Galvani: žabji kraki (dotik z dvema kovinama)**
- Ω **Volta: prvi kemični viri energije (več energije)**

# Zgodovina

- Ω **Ampere: sile med žicama, po katerih teče tok (magnetizem)**
- Ω **Ohm**
- Ω **Faraday: obratni pojav (v žici, ki se pomika v mag. polju, se inducira tok) , elektroliza**
- Ω **Maxwell**
- Ω **Tesla, Štefan, Klemenčič**

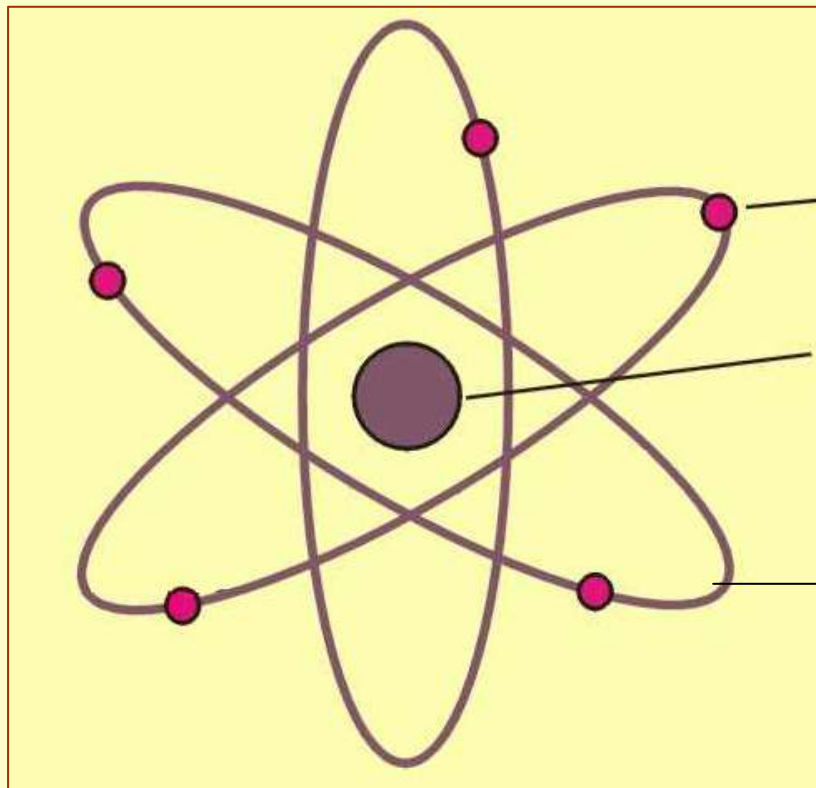
# Merske enote

Ω **SI mednarodni sistem merskih enot**

# Newtonovi zakoni

- ⌚ **Telo miruje ali se giblje premo enakomerno, če nanj ne deluje nobena sila ali pa je vsota vseh sil, ki delujejo nanj, enaka nič.**
- ⌚ **Pospešek je sorazmeren sili in ima smer sile.**  
 **$F = m \cdot a$**
- ⌚ **Če deluje prvo telo na drugo z dano silo, deluje to na prvo z nasprotno enako silo (Akcija je enaka reakciji)**

# ZGRADBA ATOMA



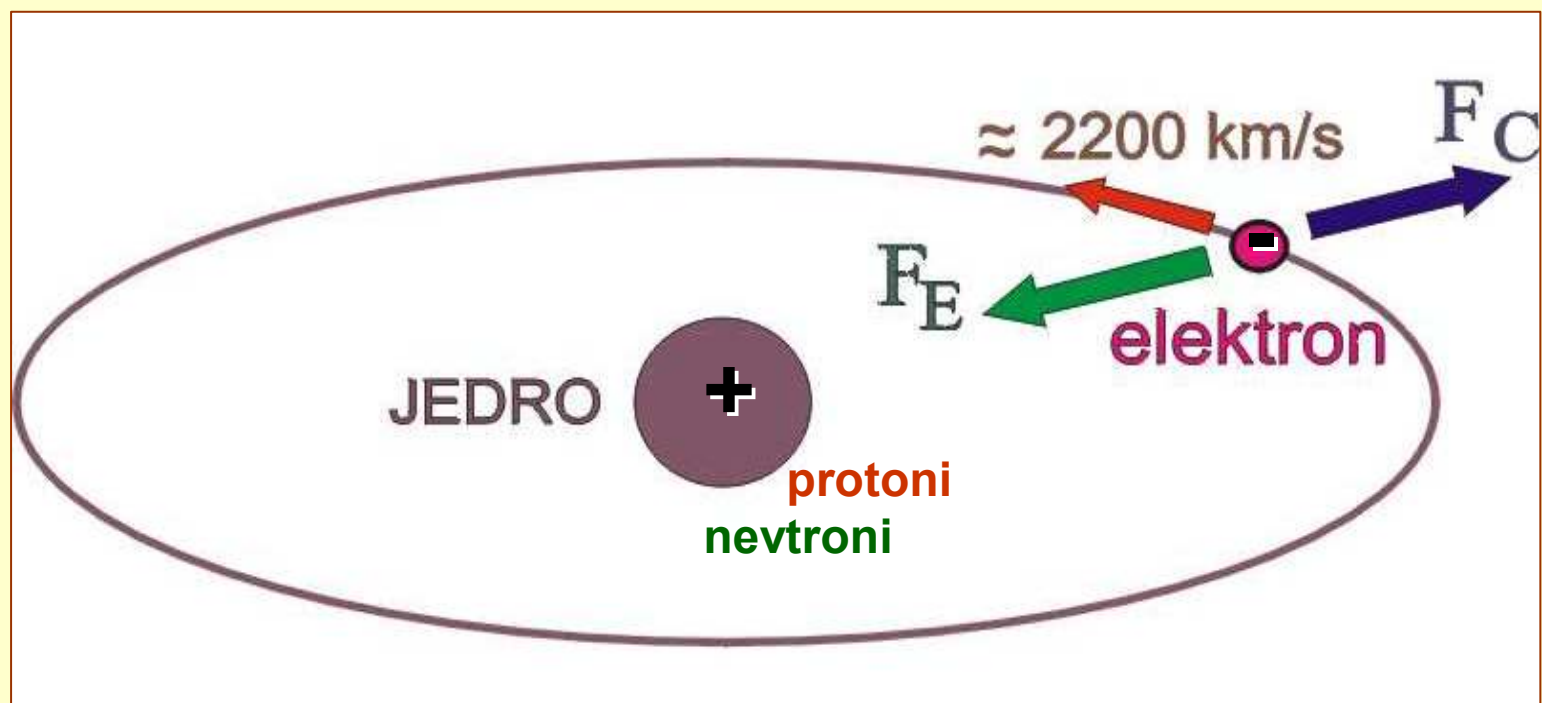
**Bohrov model atoma**

**elektron**

**jedro atoma**

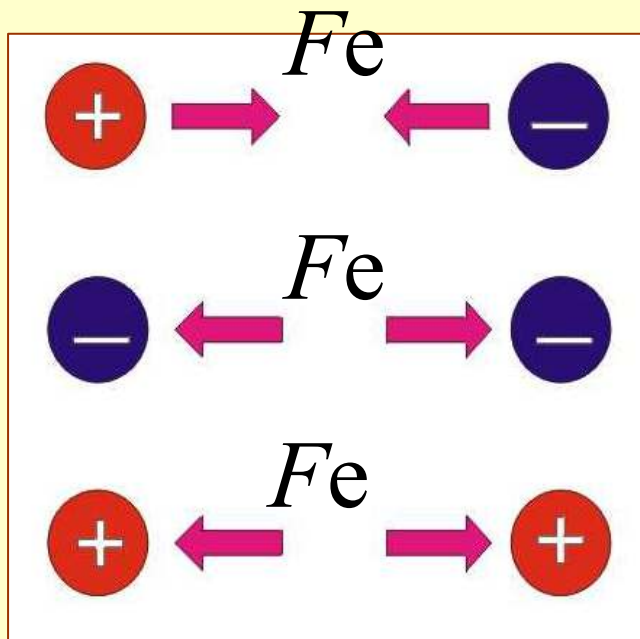
**tirnica ali orbita**

# ZGRADBA ATOMA



V atomu delujejo med jedrom in elektroni električne sile.  
Vzrok so elektrine ali električni naboj.

# ELEKTRIČNA SILA



Električna sila med dvema elektrinama - naboje:

- **raznoimenski elektrini se privlačita**

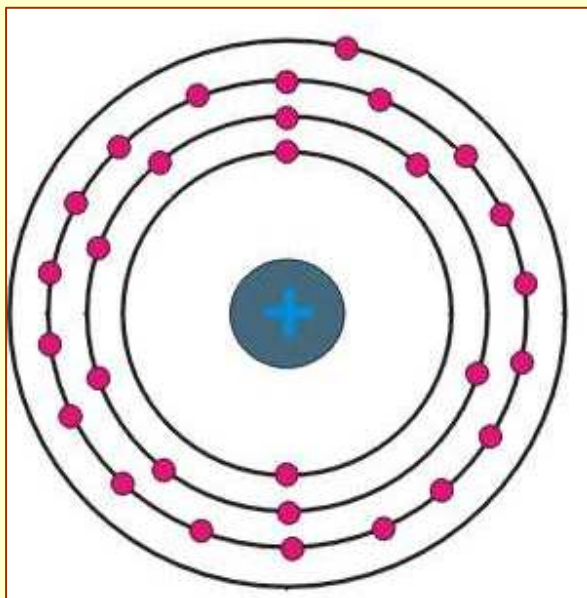
- **istoimenske elektrine se odbijajo**

Elektron in proton sta nosilca enakih raznoimenskih elektrin.

**Elektron** je nosilec najmanjše (elementarne) negativne elektrine.  
**Proton** je nosilec najmanjše (elementarne) pozitivne elektrine.  
(V kovinah; kaj pa v tekočinah in plinih?)



# Atom bakra

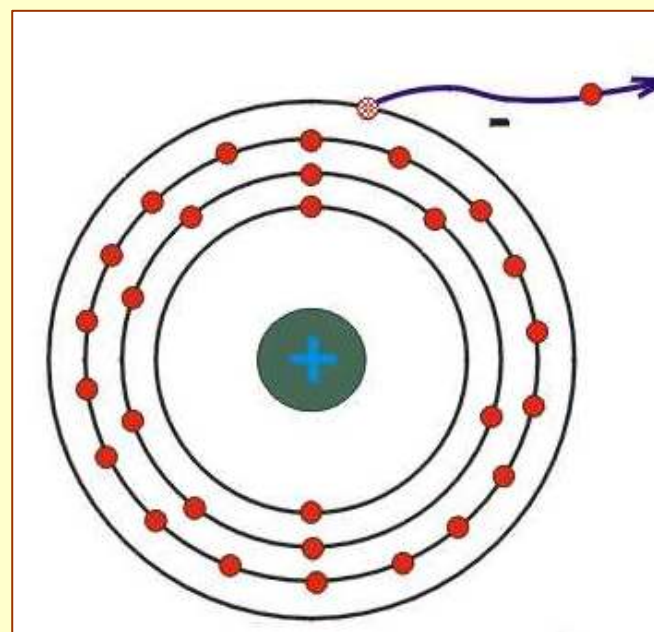


Atom bakra (Cu)

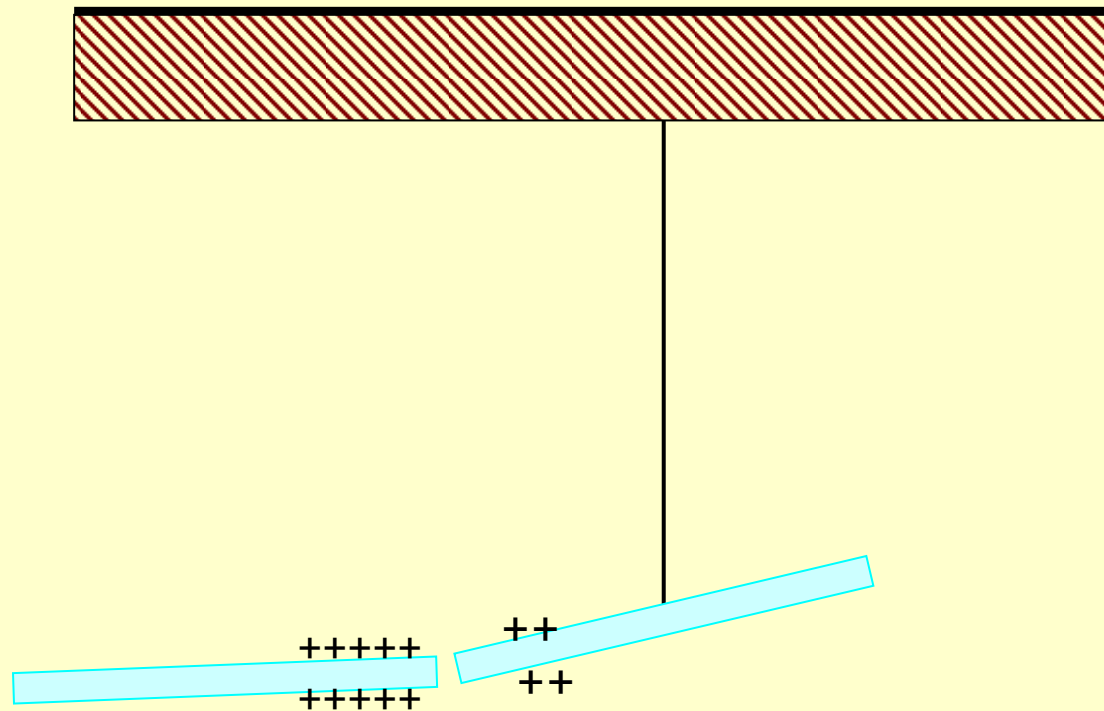
Električno nevtralen atom -  
enako število pozitivne in  
negativne elektrine

Pozitivni atom - kation  
Negativni atom - anion

Pozitiven bakrov ion ( $\text{Cu}^+$ )



# Elektrina, Coulumbov zakon



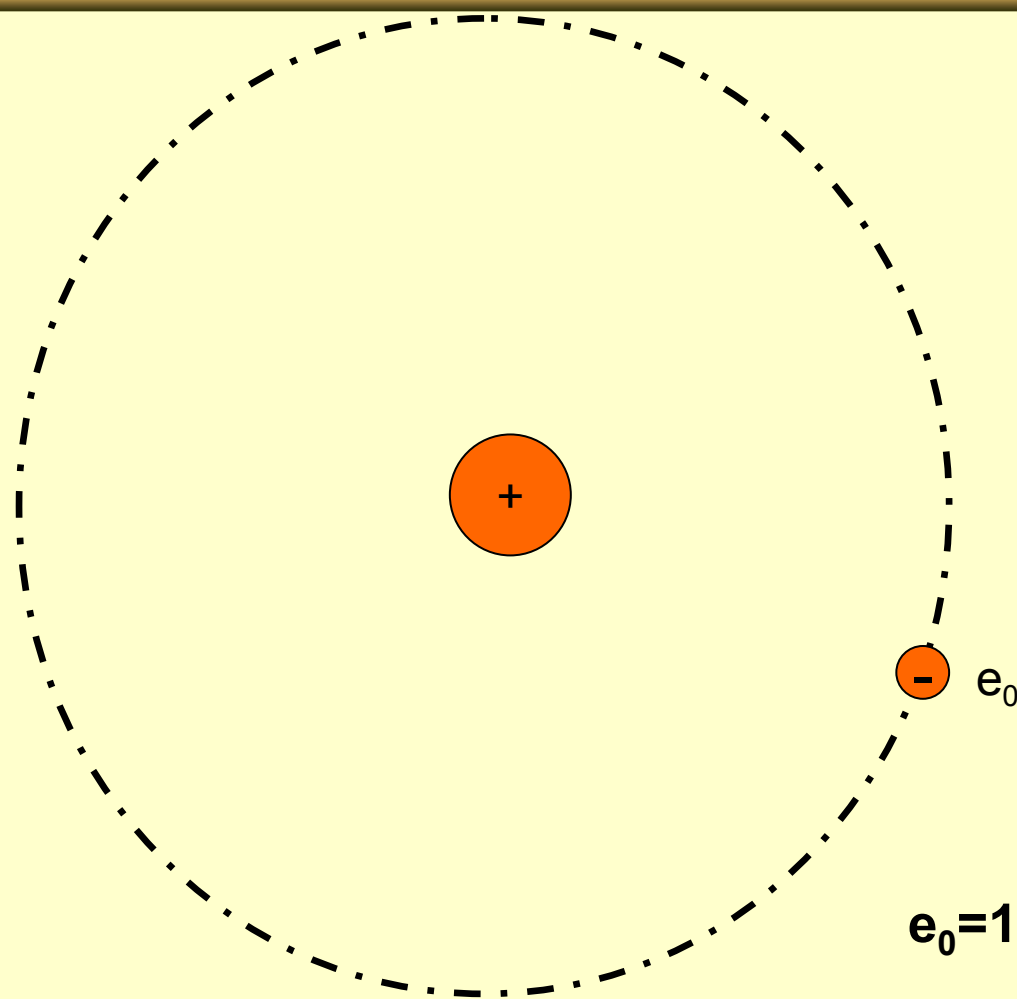
# Coulumbov zakon

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

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_2 Q_1}{r^2}$$

Za točkasto  
elektrino

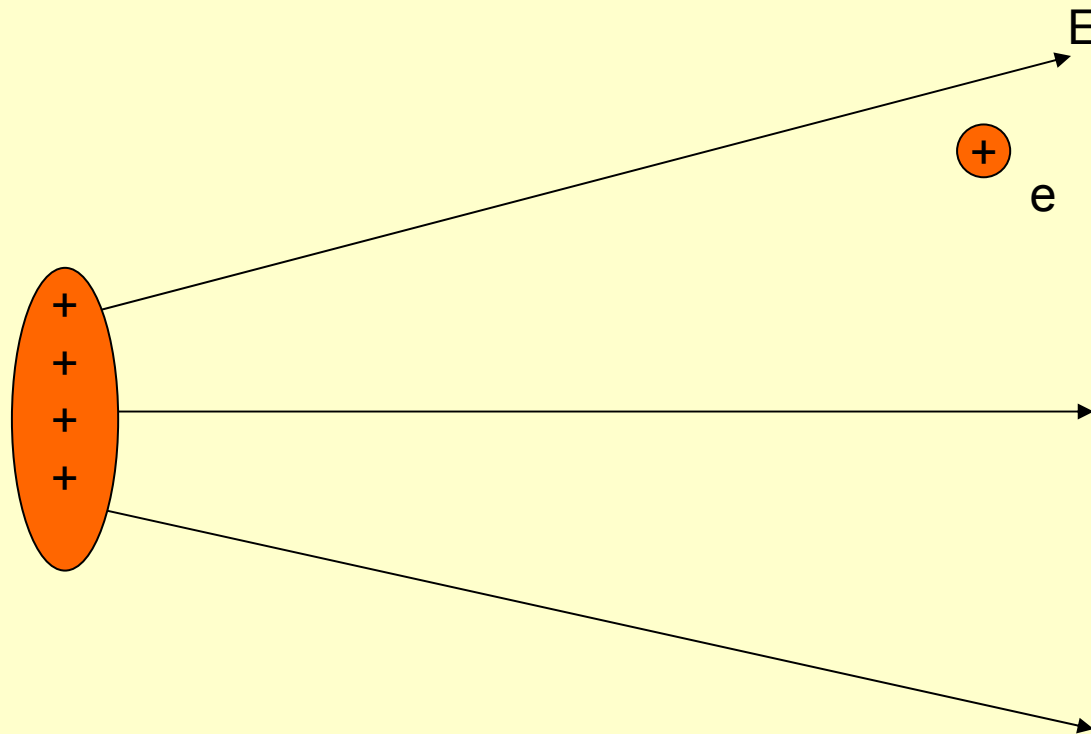
# Atom vodika



$$e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C (Cb)}$$

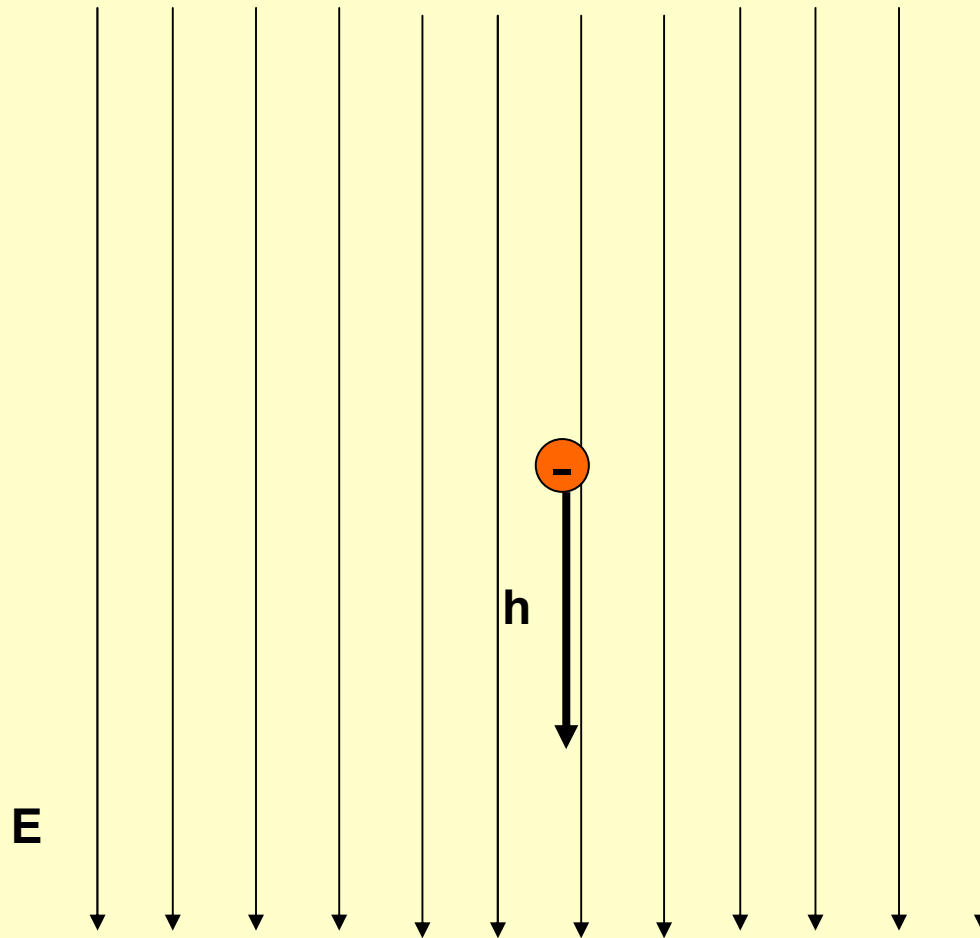
$$\epsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$$

# Električno polje



$$F = Q \cdot E$$

# Električna napetost



$$A = F \cdot h$$

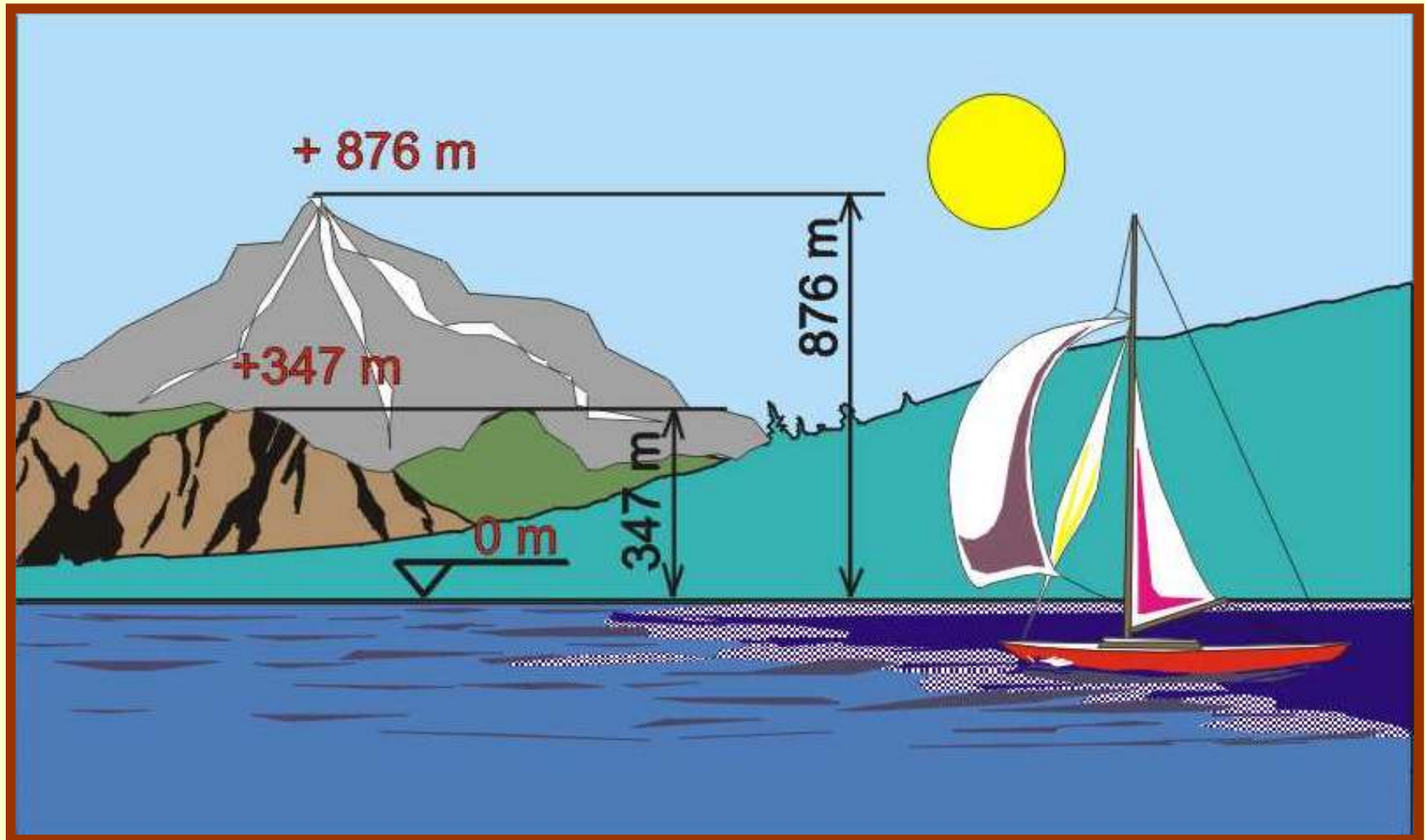
$$F = Q \cdot E$$

$$A = Q \cdot E \cdot h$$

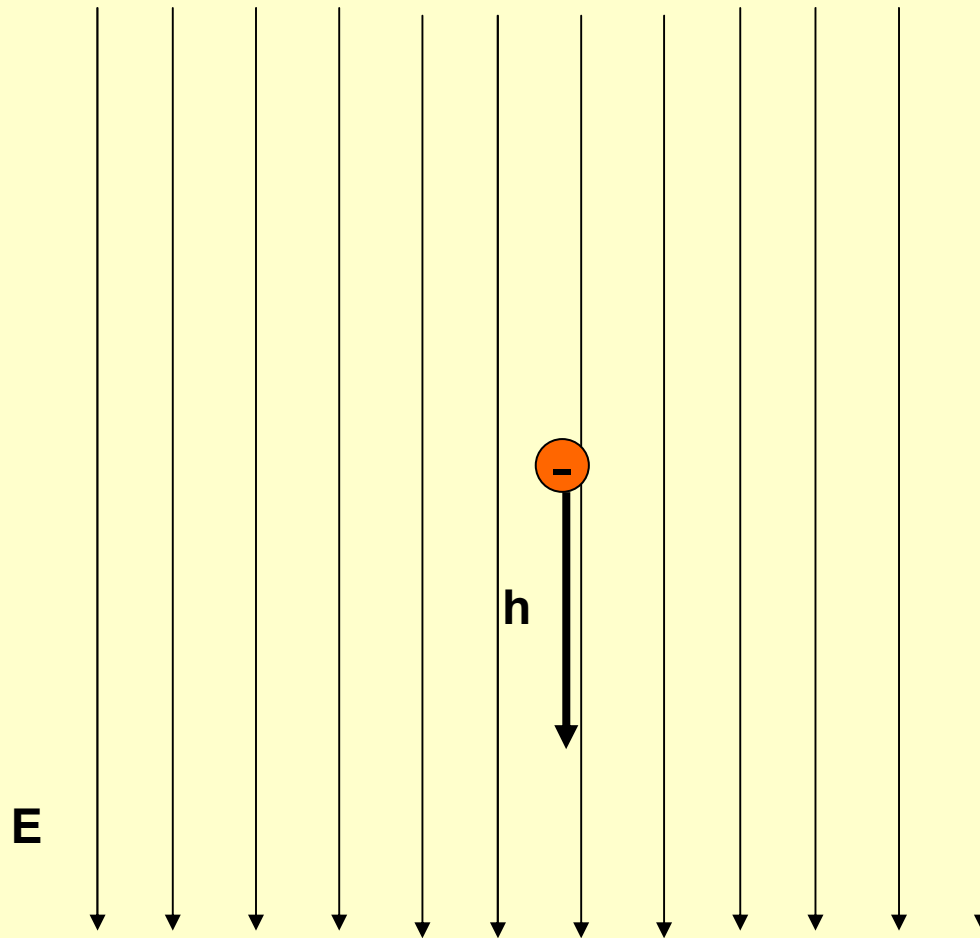
||

U

# ELEKTRIČNI POTENCIAL



# Električní potenciál



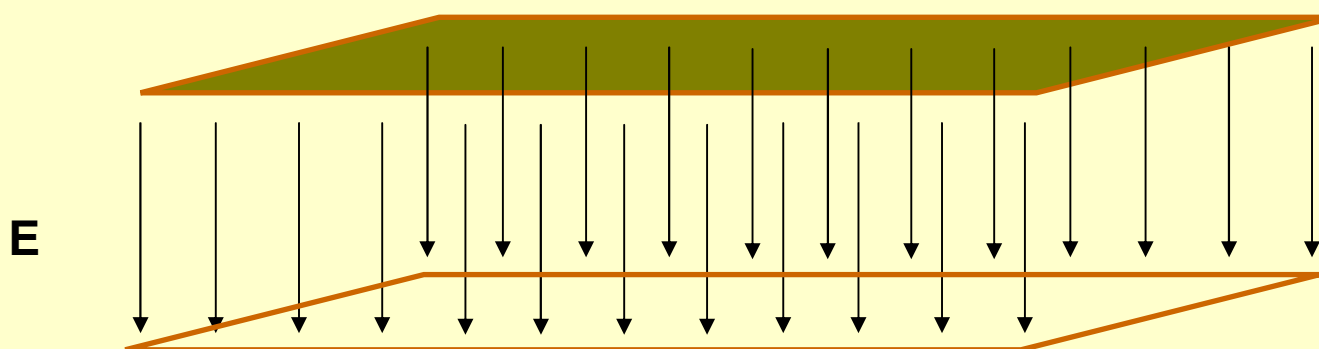
$$W_1 = Q \cdot V_1$$

$$W_2 = Q \cdot V_2$$



# Kondenzator i kapacitivnost

Homogeno električno polje



$$Q = C \cdot U$$

$$U = E \cdot h = Q / (\epsilon_0 \cdot S) \cdot h$$

$$C = ?$$

# Energija kondenzatorja

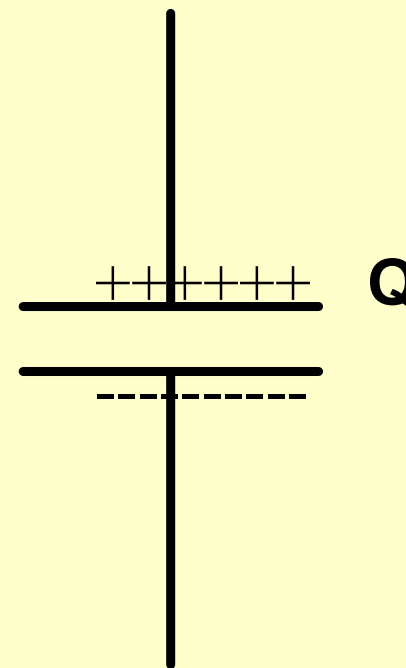
$$W_c = Q \cdot U = Q \cdot (V_1 - V_2)$$

$$dW_c = (V_1 - V_2) \cdot dQ$$

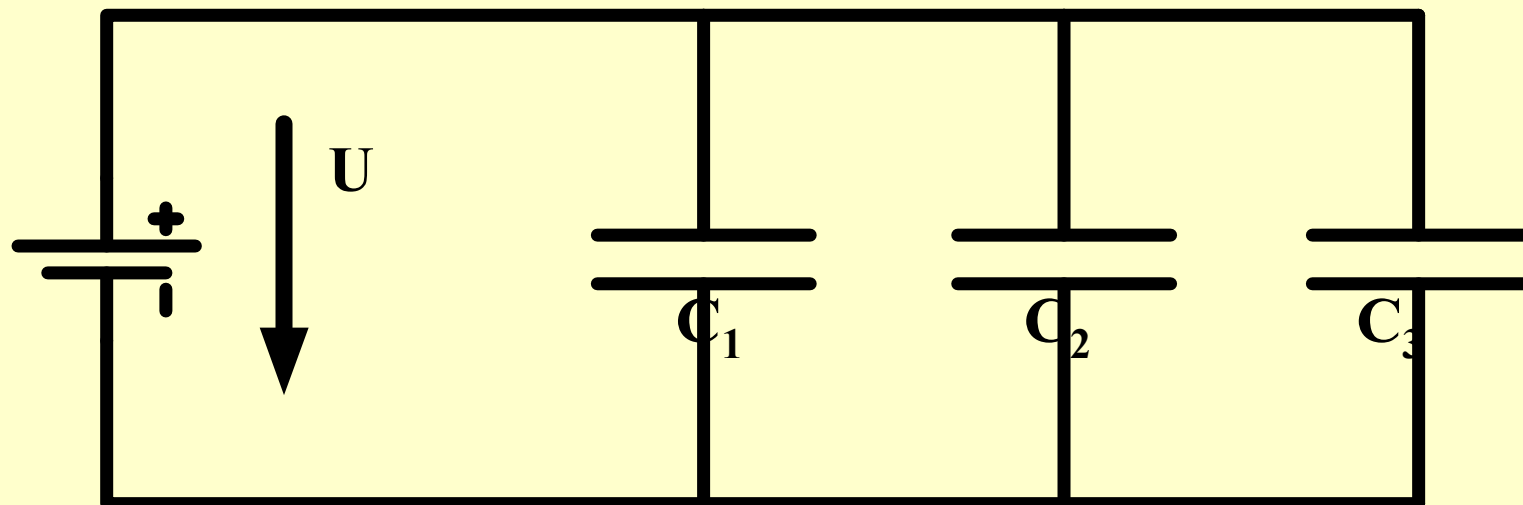
$$Q = C \cdot U \quad dQ = C \cdot dU$$

$$dW_c = C \cdot U \cdot dU \quad \int$$

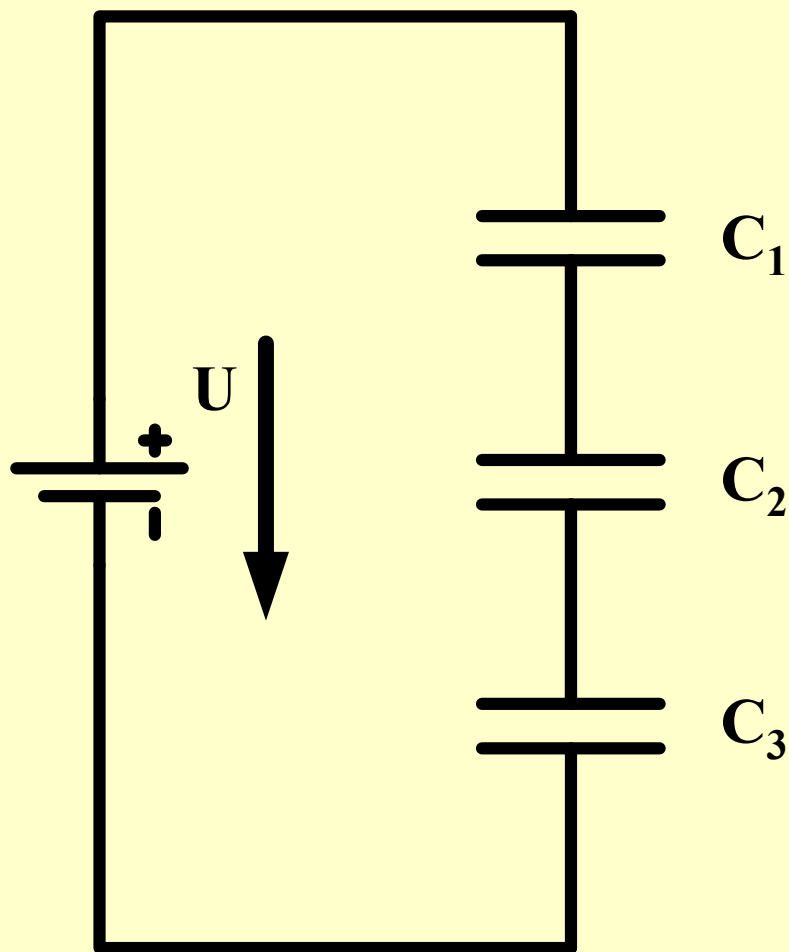
$$W_c = C \cdot U^2 / 2$$



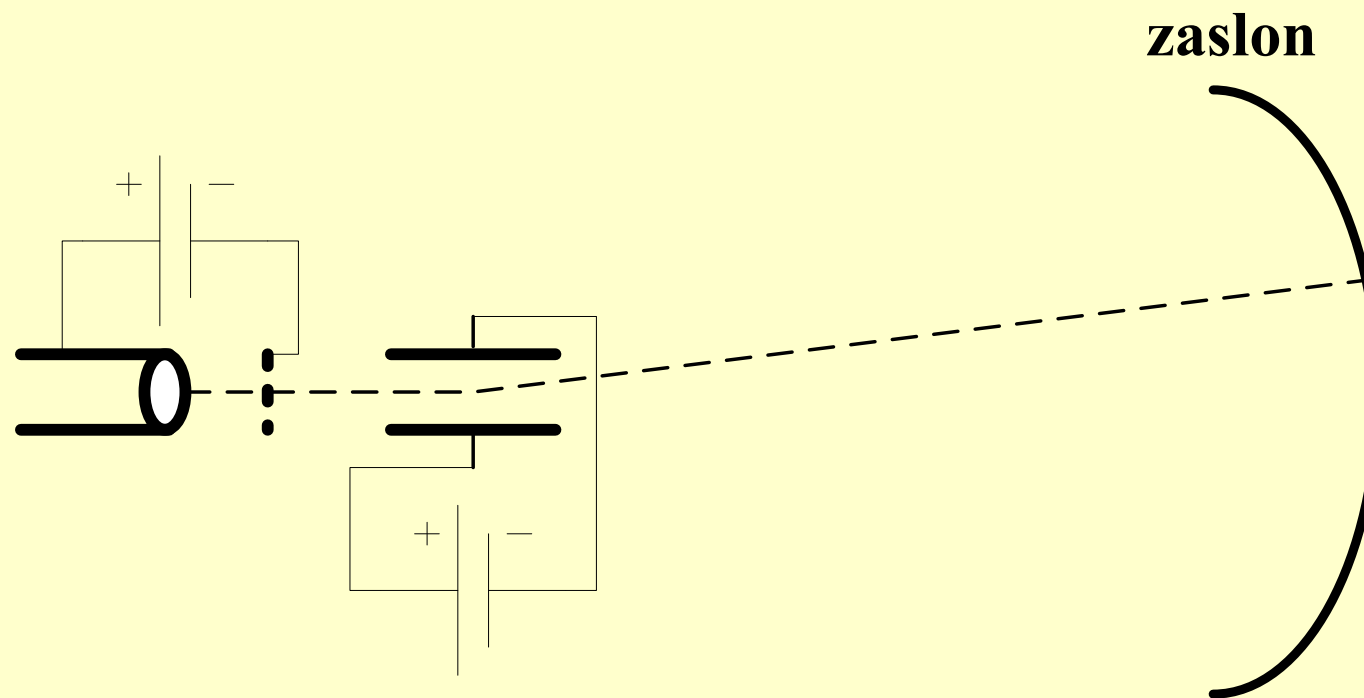
# Vzporedna vezava kondenzatorjev



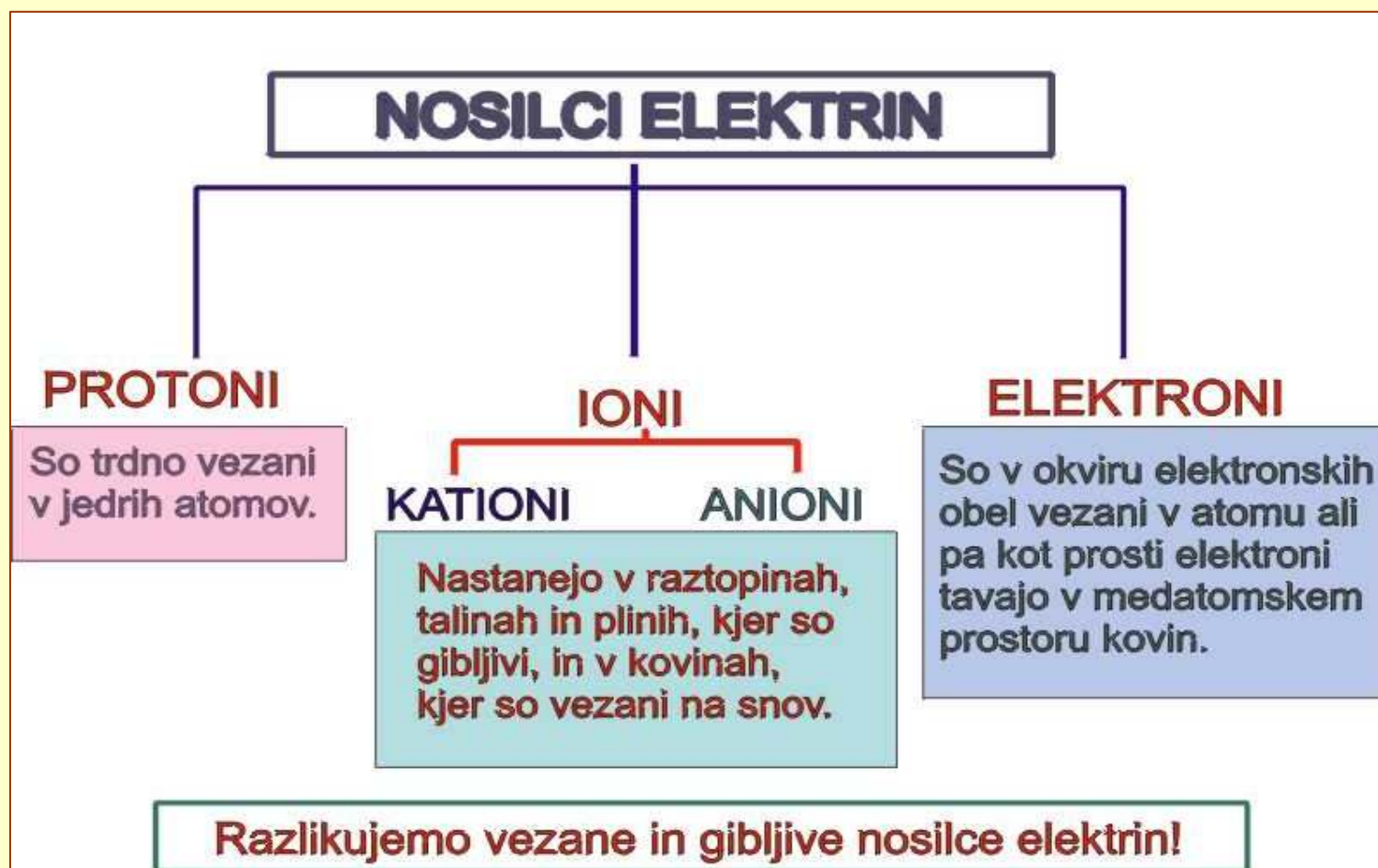
# Zaporedna vezava kondenzatorjev



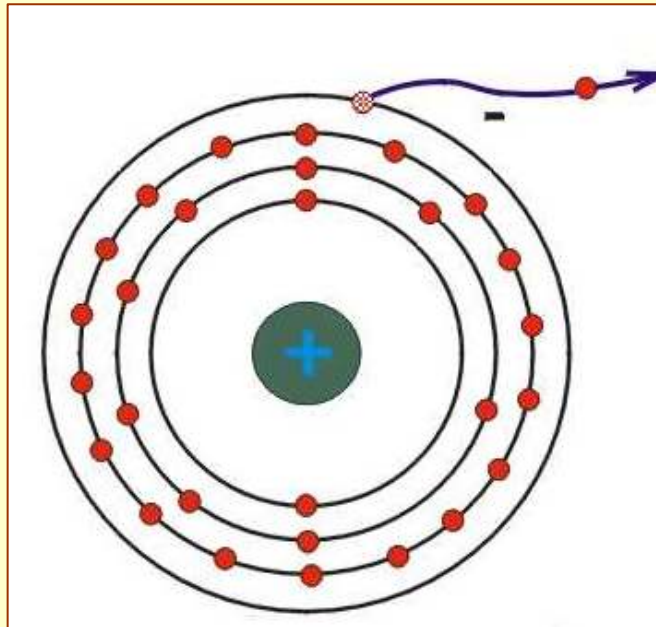
# Katodna cev



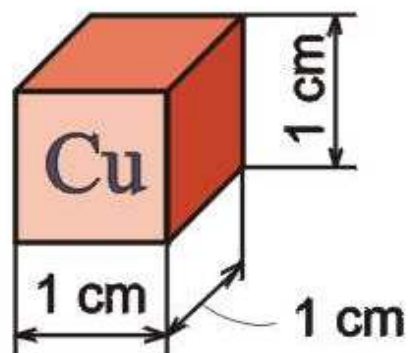
# NOSILCI ELEKTRINE



# Atom bakra



# ELEKTRINA



cca  $10^{23}$  prostih elektronov

$$Q = \pm n e \quad [C]$$

$Q$  - elektrina

$n$  - celo število

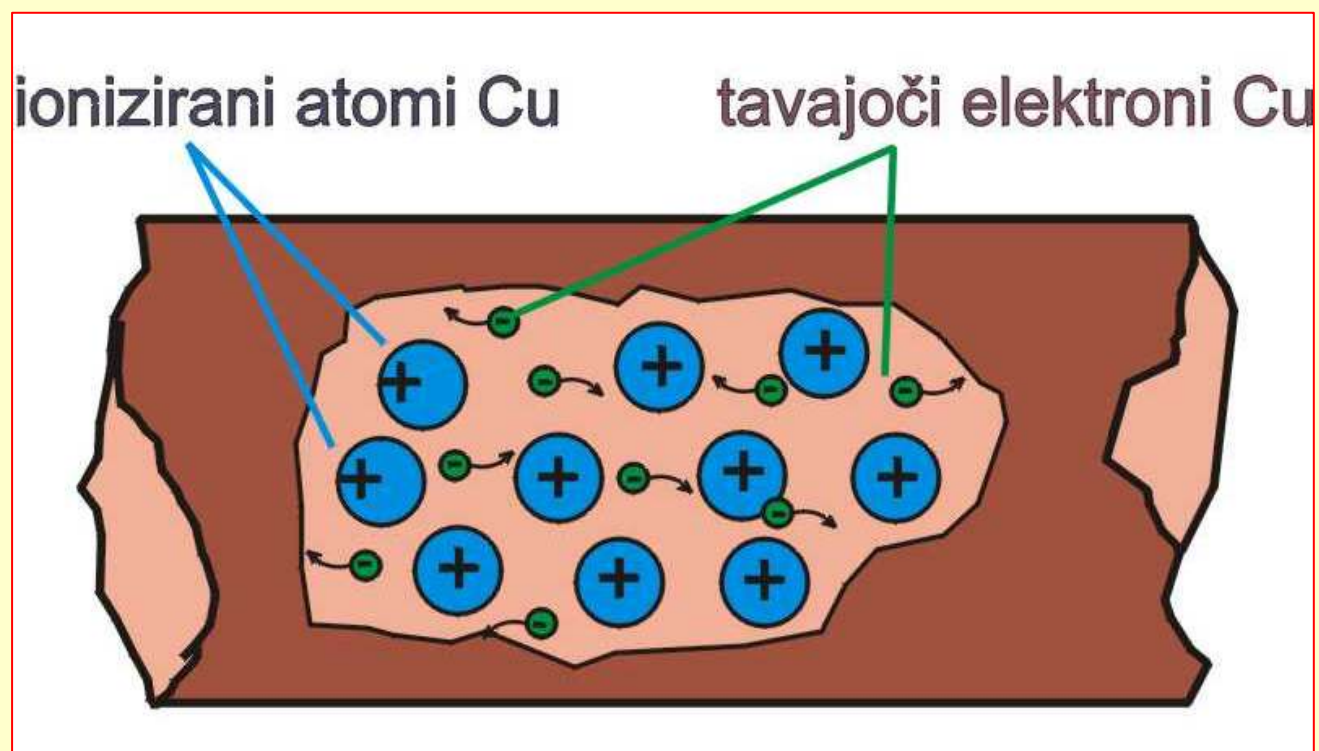
$e$  - elementarna elektrina

$$1 \text{ C} = 6,25 \cdot 10^{18} \cdot e$$

$$e = \frac{1}{6,25 \cdot 10^{18} [C]} = 1,6 \cdot 10^{-19} [C]$$

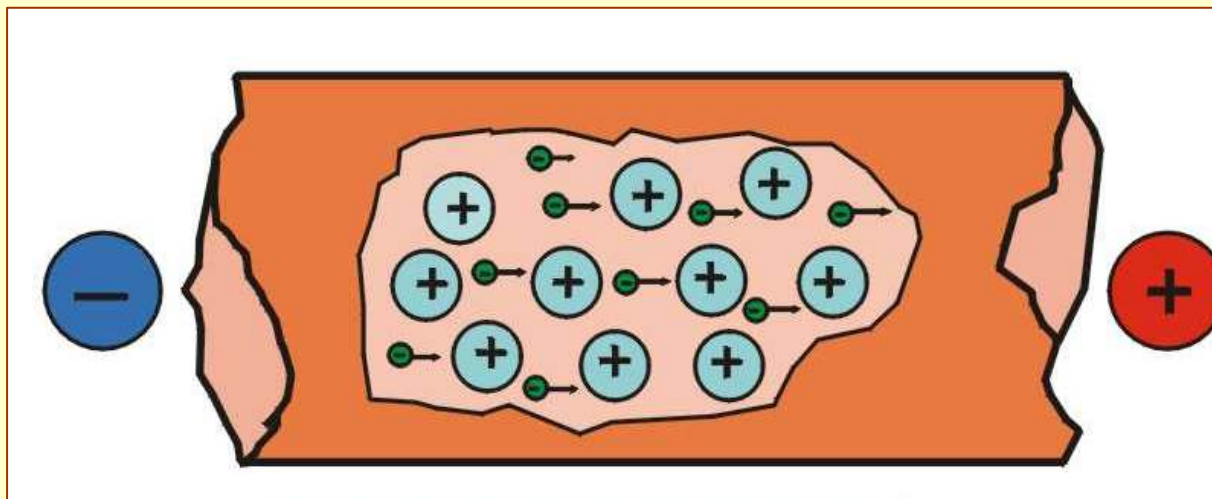


# ELEKTRIČNI TOK / (A)



**Nosilci elektrine v kovinah**

# ELEKTRIČNI TOK



Usmerjenemu toku elektrine pravimo električni tok.  
Vzrok za električni tok je električna napetost ali potencialna razlika.

Glede na vrsto snovi ločimo:

- elektronski tok v kovinah,
- elektronski in ionski tok v ioniziranih plinih,
- ionski tok v tekočinah.

# ELEKTRIČNI TOK

$$I = \frac{Q}{t} \left[ \frac{C}{s} = A \text{ amper} \right]$$

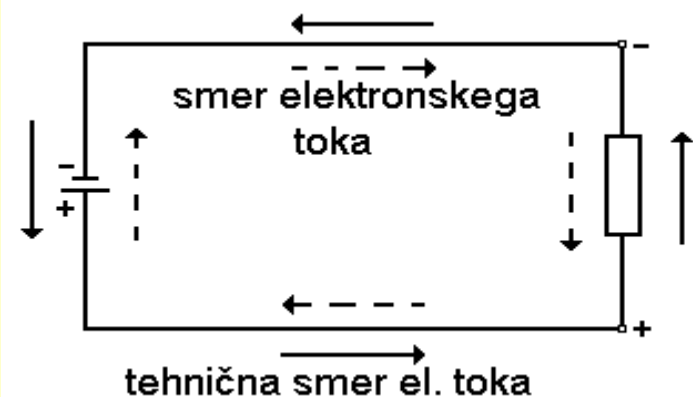
Električni tok je določen s pretokom elektrine.

Enota za merjanje jakosti električnega toka je C/s. **Imenujemo jo amper [A].**

Tok 1 A teče pri pretoku elektrine 1 C/s.

## Učinki električnega toka:

- **toplotni** (grelna telesa),
- **svetlobni** (žarnice),
- **magnetni** (elektromotorji, transformatorji),
- **kemijski** (elektroliza),
- **fiziološki** (delovanje toka na človeško telo).



# ELEKTRIČNI UPOR ( $R$ )

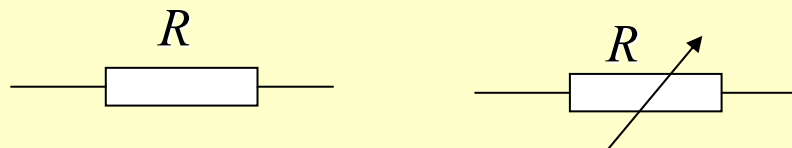
V  $1 \text{ cm}^3$  Cu je pri sobni temperaturi cca  $10^{23}$  prostih elektronov.

Glede na število prostih elektronov ločimo snovi na:

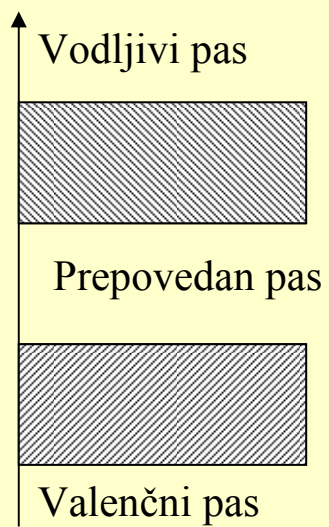
- prevodnike
- polprevodnike ( do  $10^{18}$ )
- izolante ( do  $10^4$ ) .

Snovi z zelo majhnim številom prostih elektronov imenujemo izolanti.

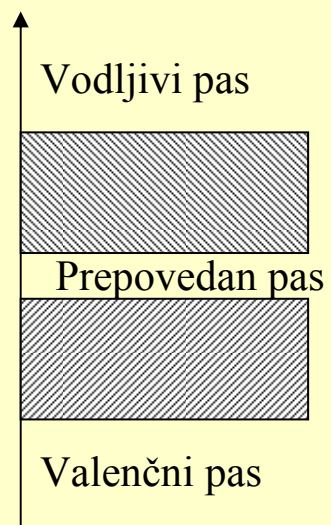
Snovi, ki spreminjajo prevodne lastnosti imenujemo polprevodniki.



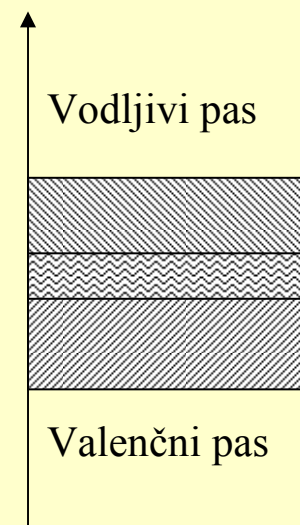
# Prevodnost v trdnih snoveh- pasovni model



Izolanti

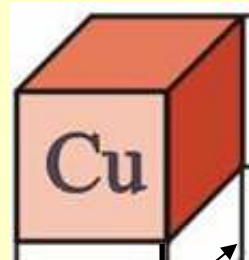


Polprevodniki



Prevodniki

# ELEKTRIČNI TOK V KOVINAH



E, dolžina l

$$Q = \pm n e \quad [C]$$

Q - elektrina

n - celo število

e - elementarna elektrina

$$F = e \cdot E$$

$$J = n \cdot e \cdot v \quad \text{gostota toka v enoti volumna}$$

Predpostavimo, da je hitrost linearno odvisna od jakosti el. polja

$$v = k \cdot E \rightarrow J = n \cdot e \cdot k \cdot E = \gamma \cdot E$$

# OHMOV ZAKON

$$J = \gamma \cdot E \text{ in } \rho = 1 / \gamma$$

$$E = \rho \cdot J$$

$$E \cdot l = \rho \cdot J \cdot l \cdot A / A$$

$$J \cdot A = I$$

$$\rightarrow U = \rho \cdot l / A \cdot I$$

$$\rho \cdot l / A = R \text{ in } U = I \cdot R$$

# ELEKTRIČNA UPORNOST IN PREVODNOST

Električna upornost je snovno geometrijska lastnost snovi, ki nam pove, kako se upira prevajanju električnega toka. Označujemo jo s črko  $R$ , enota pa je  $\Omega$  (ohm).

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (\Omega) \qquad G = \frac{1}{R} \quad (\text{S})$$

$\rho$  - specifična upornost ( $\rho_{\text{Cu}} = 0,018 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ ,  $\rho_{\text{Al}} = 0,028 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ )

$l$  - dolžina vodnika (m)

$A$  - presek vodnika ( $\text{m}^2$ )

**Obratna vrednost električne upornosti je električna prevodnost.**

**Električno prevodnost označujemo s črko  $G$ , enota pa je  $\text{S} = \Omega^{-1}$  (Siemens).**

$\lambda = \frac{1}{\rho}$  - specifična prevodnost ( $\lambda_{\text{Cu}} = 56 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ ,  $\lambda_{\text{Al}} = 36 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ )



# ELEKTRIČNI UPOR

## Pasivni električni element

### Vrste uporov:

- žični, plastni, modulni (glede na izvedbo)
- spremenljivi (potenciometri), nespremenljivi

### Temperaturno odvisni upori – termistorji (PTK, NTK)

- regulacije in merjenje temperature, termična zaščita, stabilizacija napetosti in toka

### Napetostno odvisni upori – varistorji (VDR)

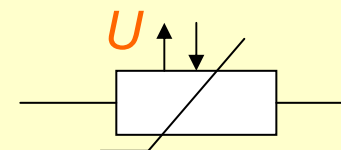
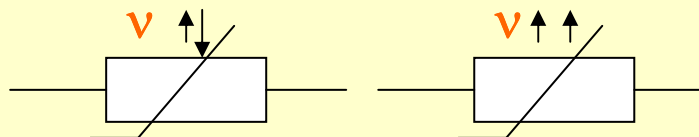
- omejevalniki napetosti – zaščita, stabilizacija napetosti, zaščita proti iskrenju (v nekaj ns se lahko upornost zmanjša iz več  $M\Omega$  na  $1\ \Omega$ )

### Fotoupori

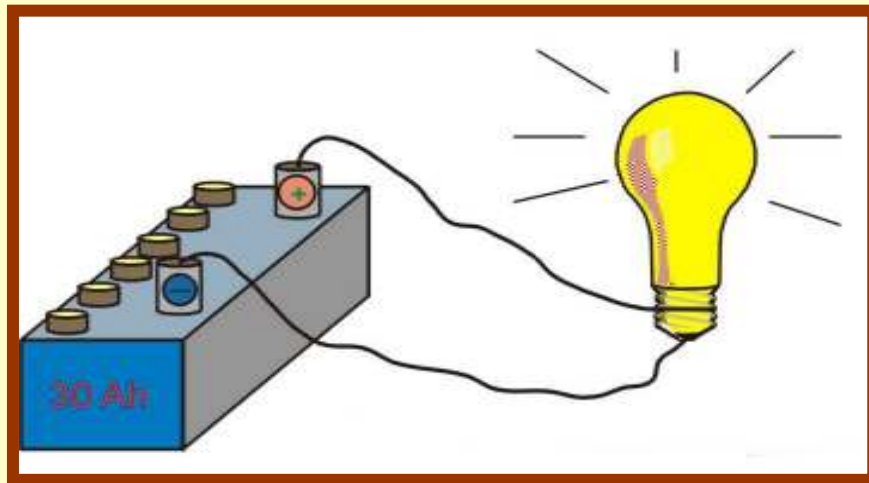
- merjenje osvetljenosti - senzorji

### Magnetno odvisni upori

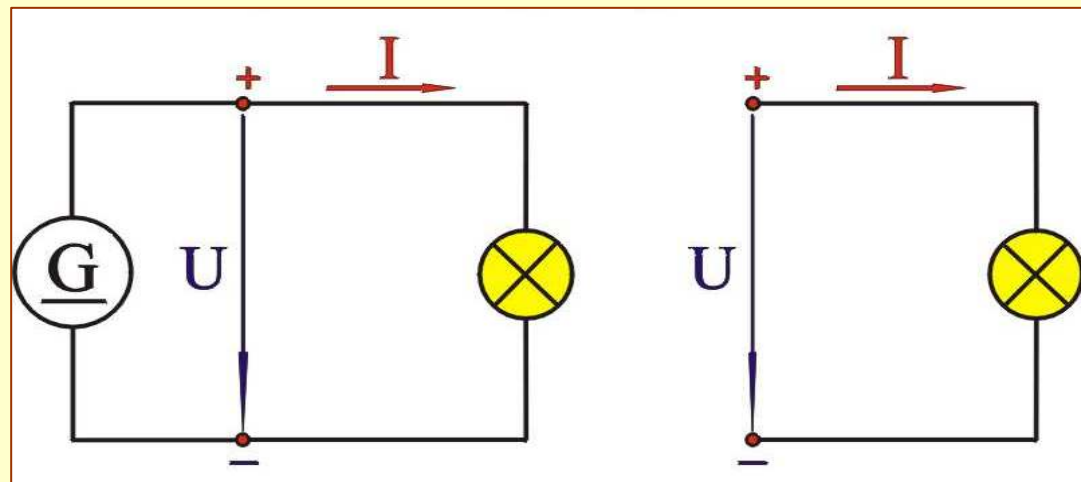
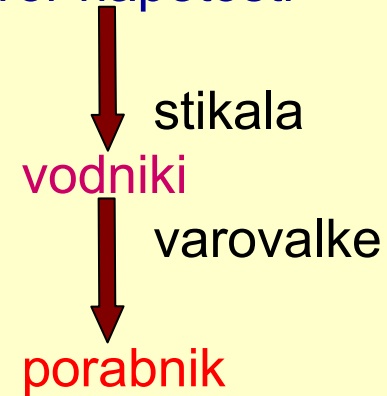
- pozicioniranje



# ELEKTRIČNI TOKOKROG



Izvor napetosti



# OHMOV ZAKON

\* Medsebojna odvisnost med napetostjo, tokom in upornostjo.

Jakost električnega toka je v zaključenem električnem krogu premosorazmerna z napetostjo in obratnosorazmerna z upornostjo.

$$I = \frac{U}{R} \quad (\text{A} = \text{V} / \Omega)$$

$$U = I \cdot R \quad \text{in} \quad R = \frac{U}{I}$$

**Padec napetosti:**

$$U = I \cdot R \quad (\text{V})$$

- koristni

$$\Delta U = I \cdot R_v \quad (\text{V})$$

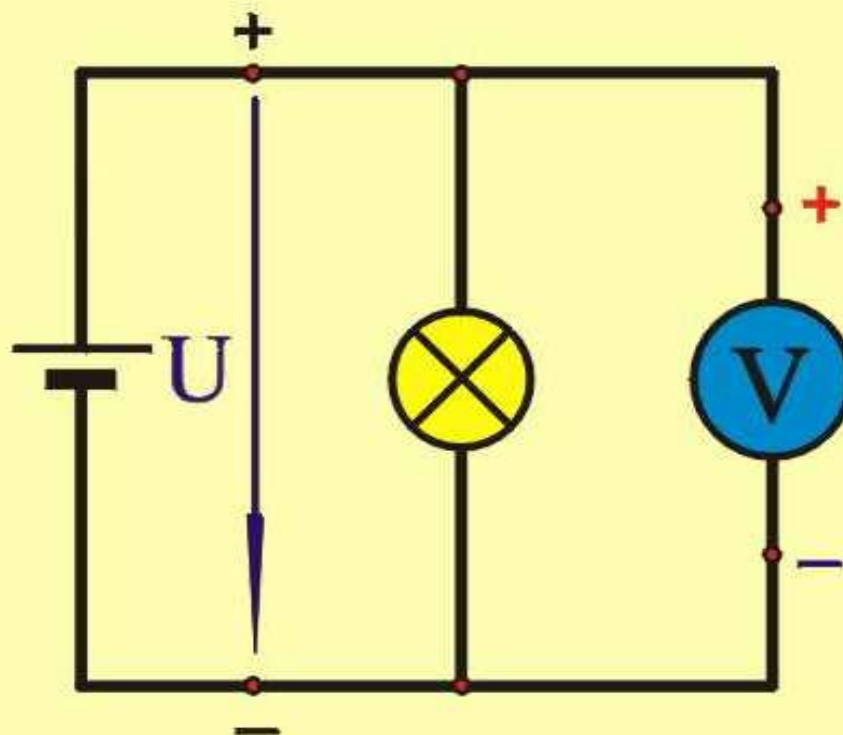
- nekoristni

# MERJENJE ELEKTRIČNE NAPETOSTI



Električno napetost  
merimo z voltmetri  
(V-metri)!

V-meter priključimo  
vzporedno na izvor  
napetosti ali porabnik  
v električnem krogu.

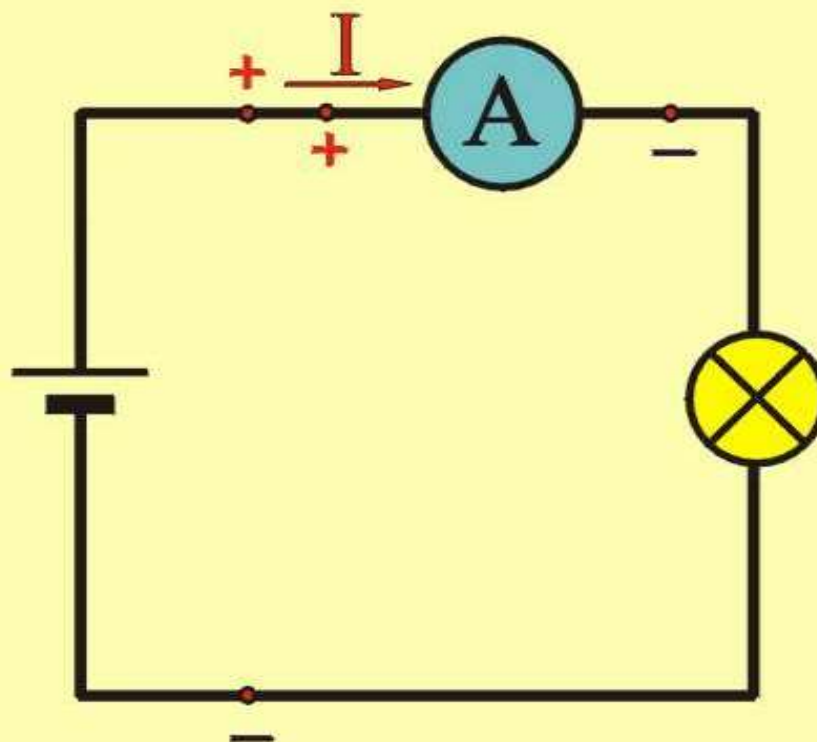


# MERJENJE ELEKTRIČNEGA TOKA






Električni tok merimo z ampermetri (A-metri)!

A-meter vključimo v električni krog zaporedno s porabnikom in izvorom napetosti.



# ELEKTRIČNI POTENCIAL $V$ (V)

$$V_1 = +380 \text{ V} \quad V_2 = +500 \text{ V} \quad V_3 = -100 \text{ V}$$

pol 1  pol 2  pol 3 

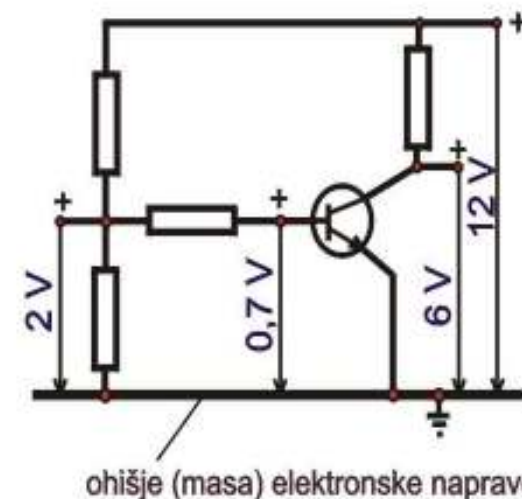
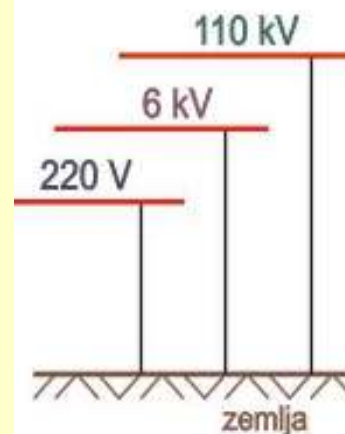


Električni potenciali so relativne veličine. Razen velikosti imajo tudi predznak

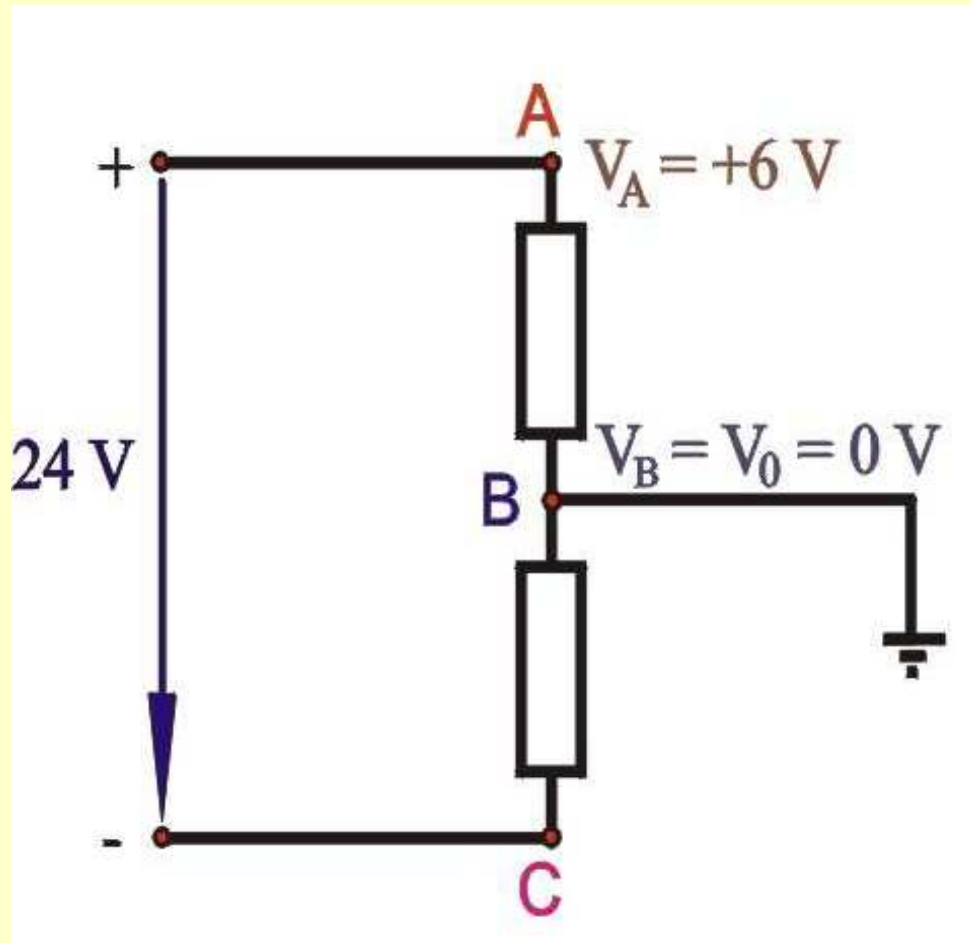
Površina Zemlje je vedno izhodiščni (skupni) električni pol s potencialom 0 V.

Električne potenciale označujemo s črko  $V$ , merimo pa jih v voltih.

vodniki el. omrežij

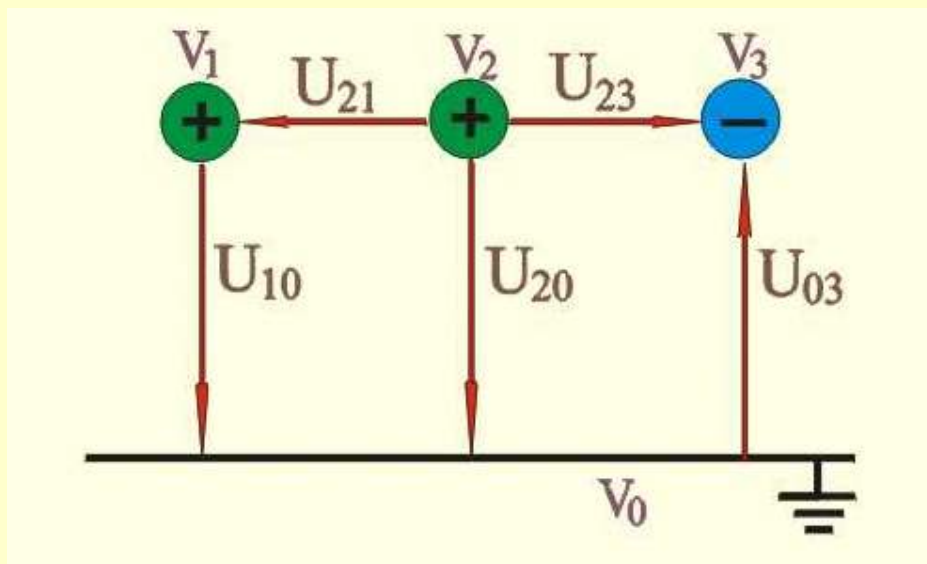


# ELEKTRIČNI POTENCIAL



$$V_c = ?$$

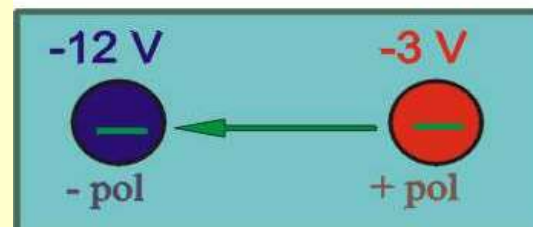
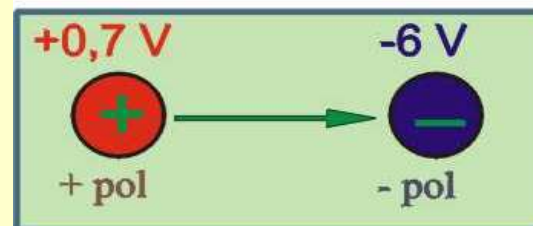
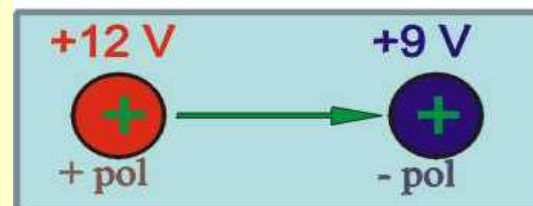
# ELEKTRIČNA NAPETOST $U$ (V)



Pozitivna smer el. napetosti je smer od višjega potenciala k nižjemu.

$$U_{10} = V_1 - V_0$$

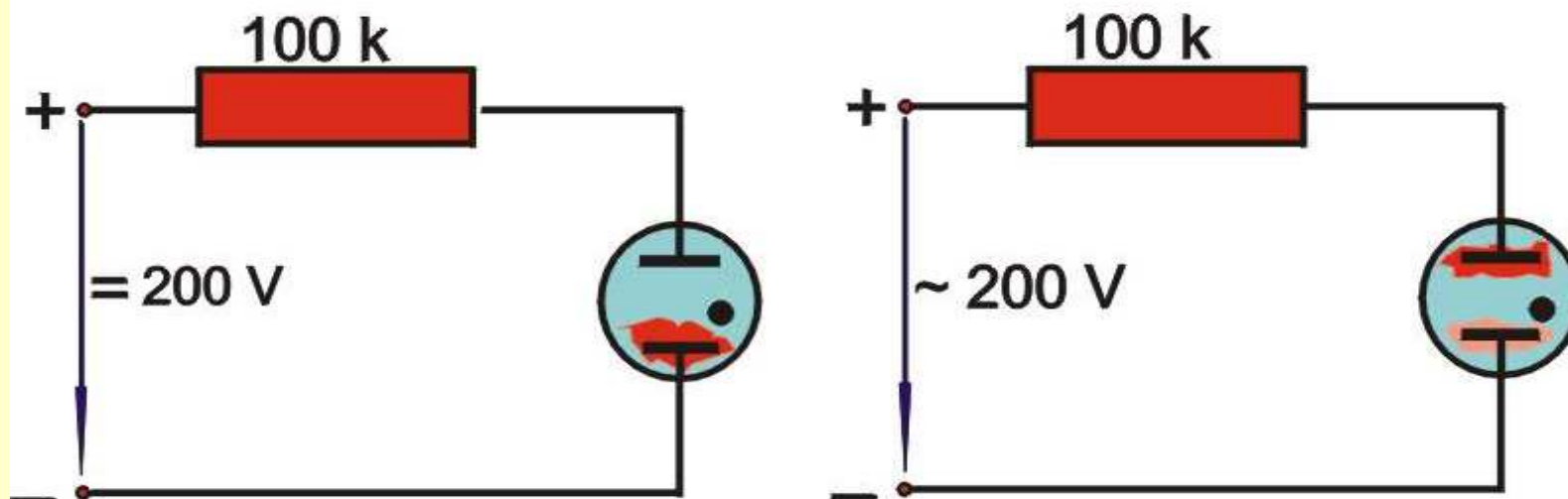
Električna napetost je enaka razliki električnih potencialov.





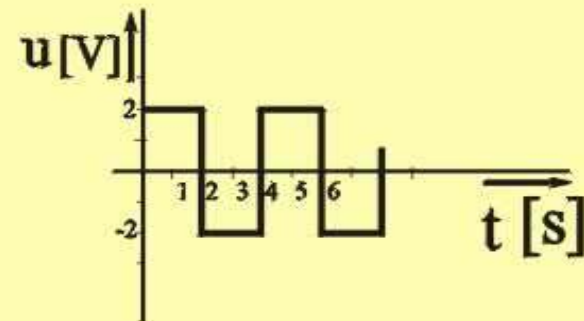
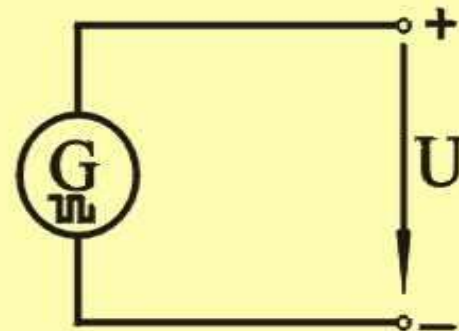
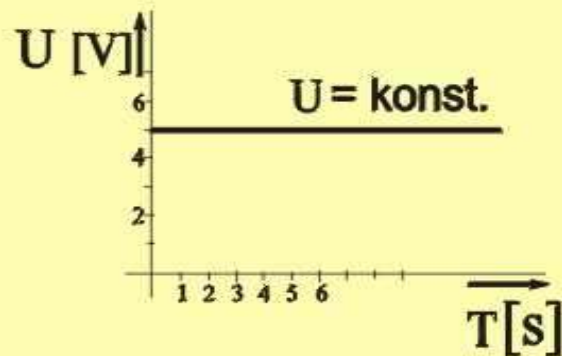
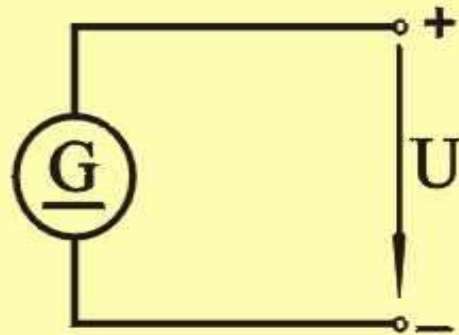
# ELEKTRIČNA NAPETOST

*Ugotavljanje vrste in polaritete el. napetosti s tlivko*



Pri priključitvi tlivke na **enosmerno napetost** tli ob elektrodi, ki je priključena na **(-) pol**, pri priključitvi na **izmenično napetost** pa ob **obeh elektrodah**

# VRSTE ELEKTRIČNIH NAPETOSTI



- enosmerna (časovno ne spreminja velikosti in smeri)
- izmenična (časovno spreminja velikost in smer)

# IZVORI ELEKTRIČNIH NAPETOSTI

## Fizikalni principi nastanka električne napetosti:

- ⇒ **elektromagnetna indukcija (mV – MV)**
  - magnetna energija se pretvarja v električno
- ⇒ **galvanski členi – baterije, akumulatorji, gorivne celice (mV – V)**
  - kemična reakcija
  - primarni in sekundarni viri
- ⇒ **elektrostatika (mV – MV)**
  - posledica trenja
- ⇒ **termoelement (mV)**
  - toplotna energija se pretvarja v električno
- ⇒ **fotoelement (mV)**
  - svetlobna energija se pretvarja v električno
- ⇒ **Piezoelektrični efekt (mV)**
  - mehanski tlak
- ⇒ **Hallov generator (mV – V)**
  - $U = f(I, B)$