

Projekt Smart Akcelerator 3, registrační číslo: CZ.02.01.02/00/22_009/0004182

Klíčová aktivita Pilotní ověření, pilotní nástroj **Medikem na Cymplu**

12.

Metodický list – workshop č. 12 na téma

Elektrické pole a elektrický proud

Datum konání: 19. 10. 2024

Lektor: Mgr. Gabriela Zalubilová



Spolufinancováno
Evropskou unií



Ministerstvo
školství, mládeže
a tělovýchovy



Krajské inovační centrum
Karlovarského kraje

Když elektrony pracují: Elektrický náboj a pole

elektrický náboj

Coulombův zákon

intenzita elektrického pole

napětí, potenciál

práce v elektrickém poli

kapacita

„Elektron není tak jednoduchý, jak se jeví.“
William Lawrence Bragg

elektrický náboj

Elektrické náboje mohou být kladné nebo záporné

Elektrické náboje na sebe **působí vzájemnými silami** podle velikosti a vzdálenosti

Látky, které dokážou vést elektrický náboj nazýváme **vodiče**, naopak látky, které to nedovedou nazýváme **izolanty**

Náboj je měřitelná fyzikální **veličina**, která popisuje množství elektrického náboje

Zákon zachování náboje říká, že při všech fyzikálních procesech se náboj vždy jen přemísťuje mezi částicemi, nemizí, nevzniká

Zákon kvantování náboje říká, že náboje těles jsou vždy celočíselnými násobky základní jednotky náboje

Vzduch
 Kůže člověka
 Králíčí srst
 Sklo
 Vlasy
 Nylon
 Vlna
 Hedvábí
 Hliník
 Papír
 Bavlna
 Ocel, dřevo
 Tvrdé gumy
 Nikl, měď
 Mosaz, stříbro
 Zlato, platina
 Acetátová vlákna (Rayon)
 Polyester
 Přílnavé fólie
 Polyetylen
 PVC
 Silicon
 Teflon



“typický” izolant
 (dielektrikum):
 porcelán,
 petrolej,
 olej,
 slída,
 sklo.

Náboj 1 C projde průřezem vodiče při proudu 1 A za 1 s.

$$[Q] = C = A \cdot s$$

$$e \approx 1,602 \cdot 10^{-19}$$

$$1 \text{ C} \approx 6 \cdot 10^{18} e$$

Velikost el. náboje je $1,602 \times 10^{-19}$ C. Jaký počet elementárních nábojů odpovídá elektrickému náboji 5 C?

$$3,125 \times 10^{18}$$

$$3,125 \times 10^{-18}$$

$$3,125 \times 10^{19}$$

$$3,125 \times 10^{-19}$$

Coulombův zákon

zákon přitažlivosti a odporu

$$F_e = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$$

$$k \approx 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

Změní-li se vzdálenost mezi dvěma bodovými elektrickými náboji z 1 dm na 1 m, zmenší se velikost elektrické síly, kterou na sebe působí:

10krát

100krát

o 1/10 původní hodnoty

o 1/100 původní hodnoty

*„Pokud chcete najít tajemství vesmíru,
musíte myslet na energii,
frekvence a vibrace.“ –
Nikola Tesla*

Coulombův zákon

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0} \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2}$$

ε_0 permitivita vakua

$$\varepsilon_0 \approx 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

ε_r relativní permitivita

Elektrické pole, intenzita elektrického pole

$$E = \frac{F_e}{q} \quad [E] = N \cdot C^{-1}$$

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Jaká je intenzita el. pole ve vakuu ve vzdálenosti 30 cm od bodového náboje o velikosti 5 μC ?

$$5 \times 10^4 \text{ N.C}^{-1}$$

$$9 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$$

$$9 \times 10^6 \text{ N.C}^{-1}$$

$$5 \times 10^5 \text{ N.C}^{-1}$$

Relativní permitivita suchého vzduchu je 1,0006. Nahradíme-li vakuum suchým vzduchem, intenzita elektrického pole za jinak stejných podmínek se:

značně zvýší

značně sníží

nepatrně sníží

nepatrně zvýší

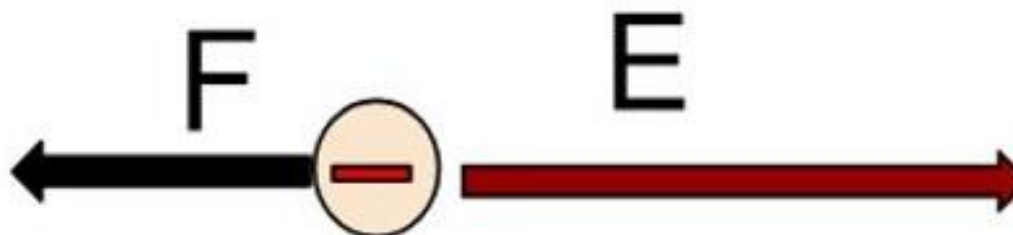
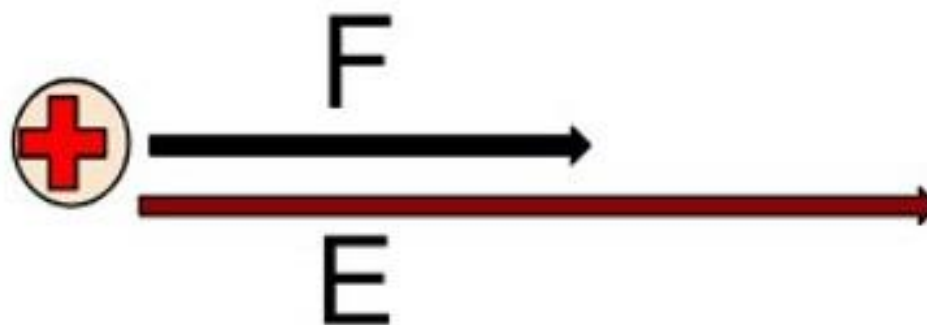
Relativní permitivita vody je 81,6. Nahradíme-li vakuum vodou, intenzita elektrického pole za jinak stejných podmínek se:

značně zvýší

značně sníží

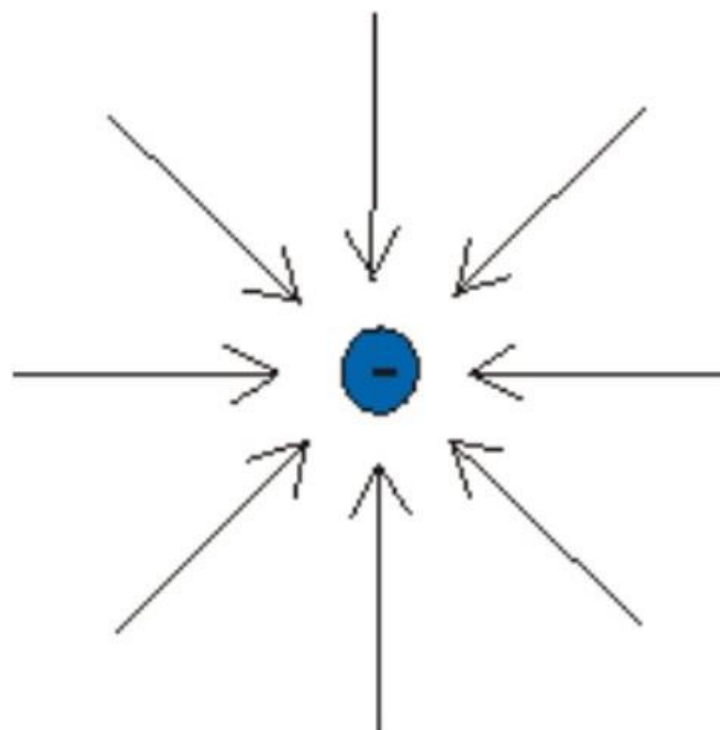
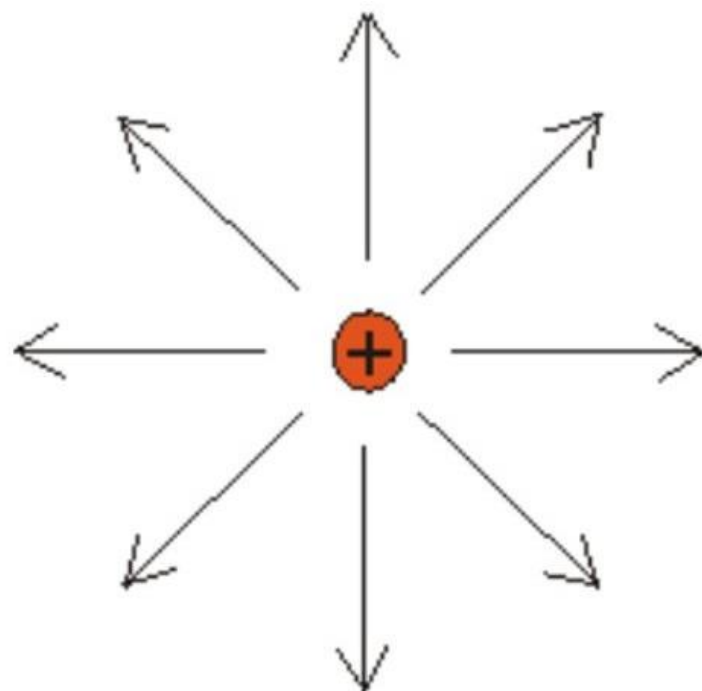
nepatrně sníží

nepatrně zvýší

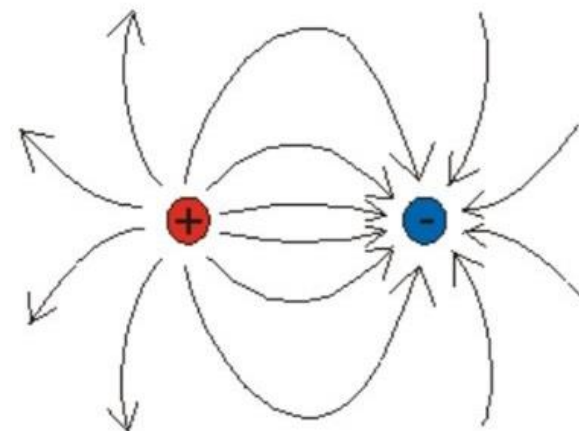
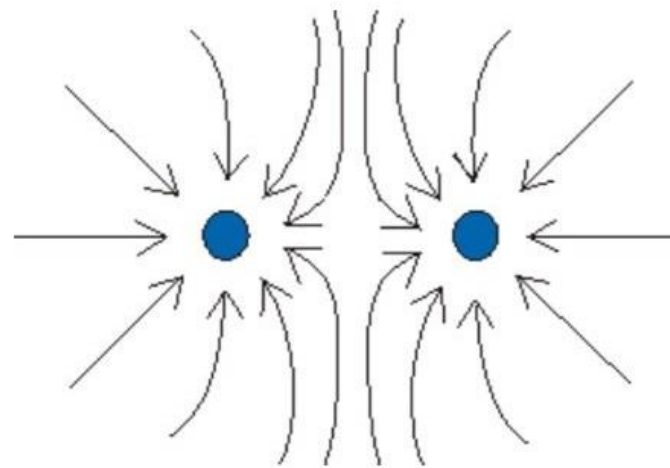
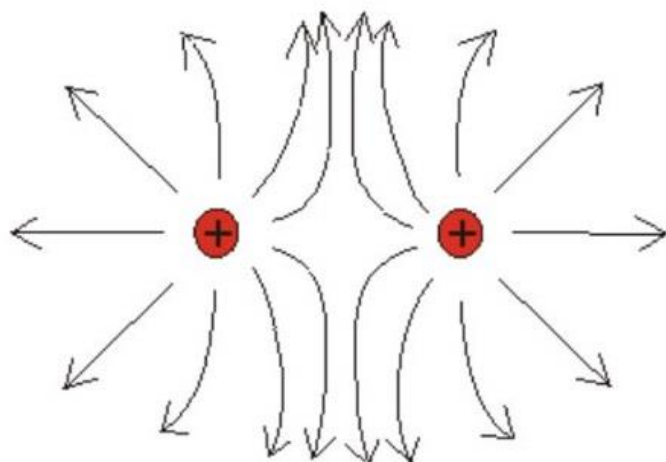




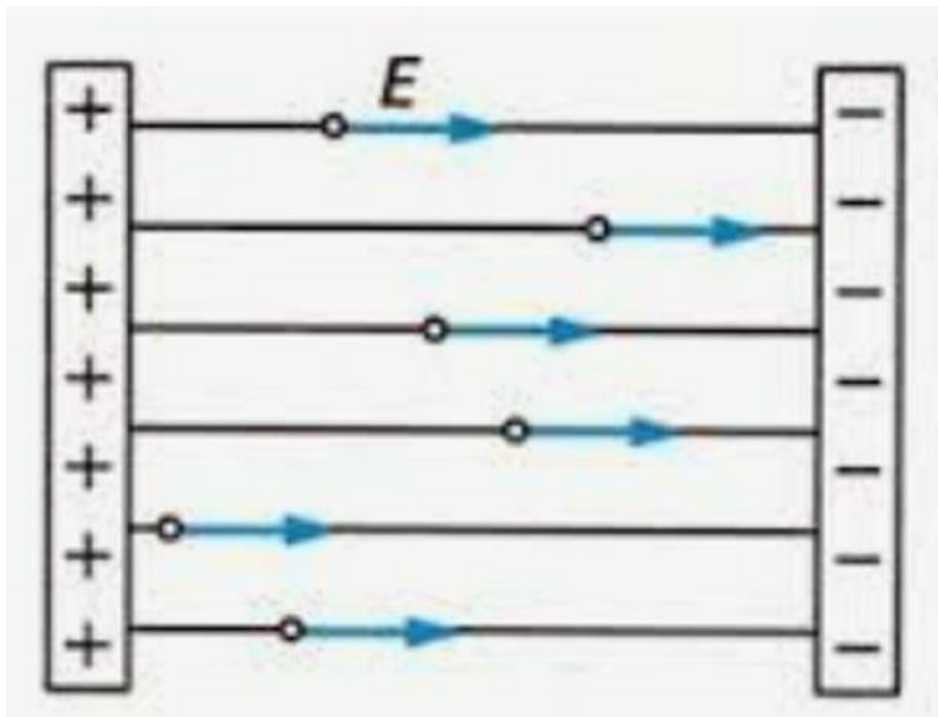
nehomogenní pole - pole radiální



nehomogenní pole

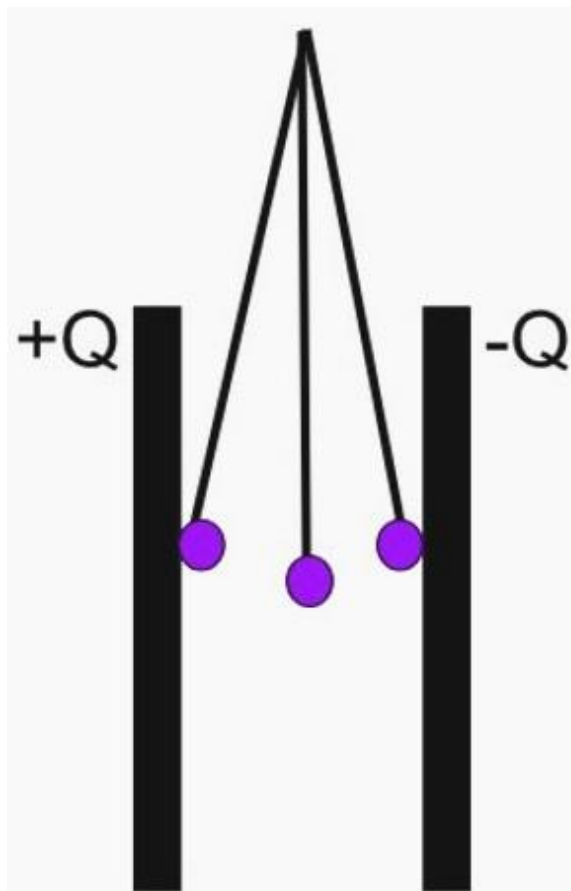


homogenní pole



Takové pole lze vytvořit například mezi dvěma rovnoběžně umístěnými deskami, které jsou izolované a nesou opačné elektrické náboje – jedna deska je kladně nabitá, druhá záporně.

Práce v elektrickém poli



$$W = F \cdot d = E \cdot |q| \cdot d$$

Práce nezávisí na trajektorii pohybu náboje.

To znamená, že nezáleží na tom, kudy se náboj v elektrickém poli pohybuje, ale pouze na počátečním a koncovém bodě.

Práce se nekoná, pokud se náboj pohybuje kolmo k intenzitě elektrického pole.

V takovém případě náboj nevykonává žádnou práci, protože směr jeho pohybu není v souladu se silami, které na něj působí.

Celková práce je nulová, pokud se náboj vrátí do svého výchozího bodu.

Jestliže se náboj přenáší v uzavřené smyčce a skončí na stejném místě, kde pohyb začal, je celková vykonaná práce nulová.

Napětí

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad [U] = J \cdot C^{-1} = V$$

$$U_{AB} = \frac{E \cdot q \cdot d}{q} = E \cdot d \quad [E] = V \cdot m^{-1}$$

Jakou práci vykoná elektrická síla v homogenním elektrickém poli o intenzitě $1000 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ při přemístění částice o náboji $2 \text{ }\mu\text{C}$ do vzdálenosti 20 cm proti směru intenzity?

$$-4 \times 10^{-4} \text{ J}$$

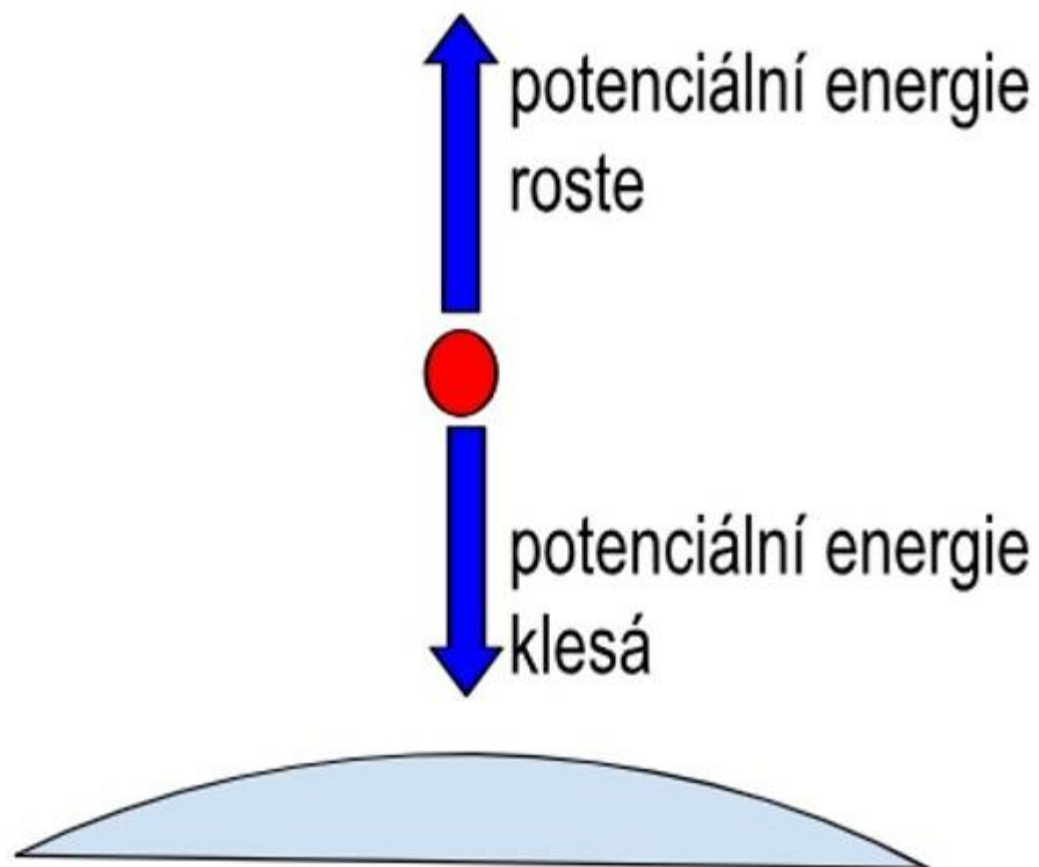
$$4 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$$-8 \times 10^{-6} \text{ J}$$

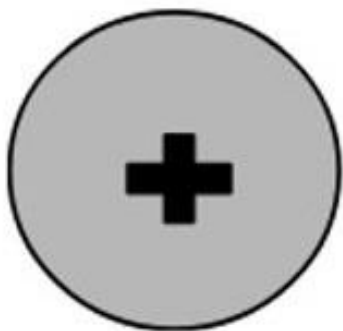
$$8 \times 10^{-5} \text{ J}$$

**„Bez vášně nemáte energii.
Bez energie nemáte nic.“
Warren Buffet**

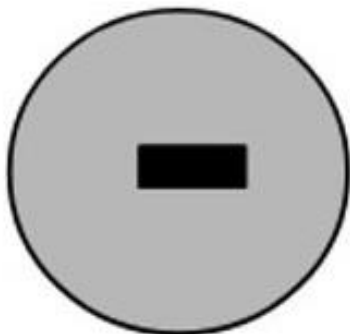
Potenciální energie, elektrický potenciál



analogie – tíhové pole
Země

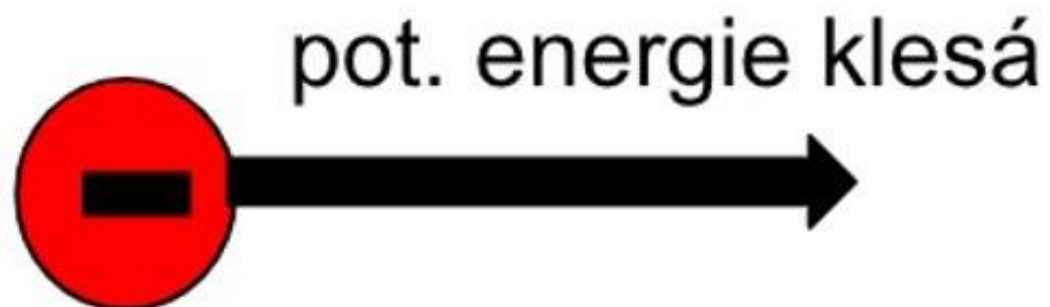
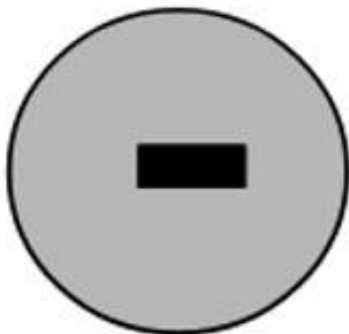
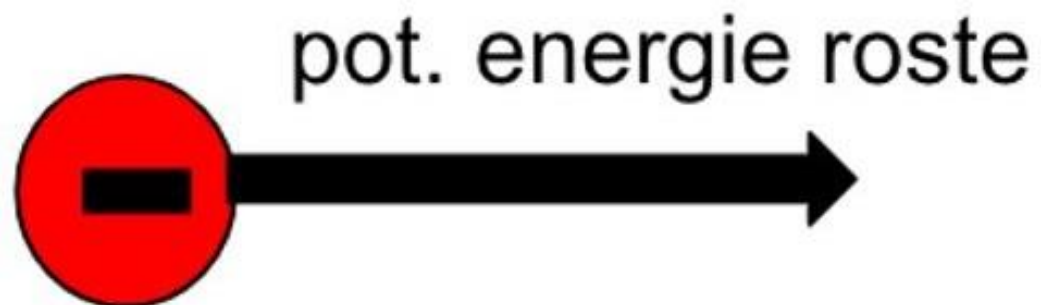


pot. energie klesá



pot. energie roste

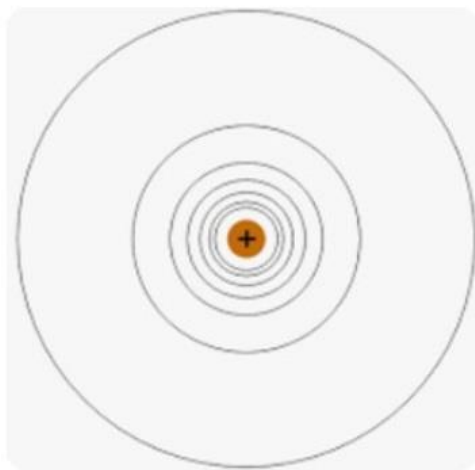




$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \quad [\varphi] = V$$

ekvipotencionální plocha



potenciál v radiálním poli
osamoceného bodového náboje

$$\varphi = k \cdot \frac{Q}{r}$$

napětí mezi body A a B je rovno rozdílu jejich potenciálů

$$U_{AB} = \varphi A - \varphi B$$

elektrické napětí mezi dvěma body, které mají hodnoty potenciálu 60 V a 80 V je:

-20 V

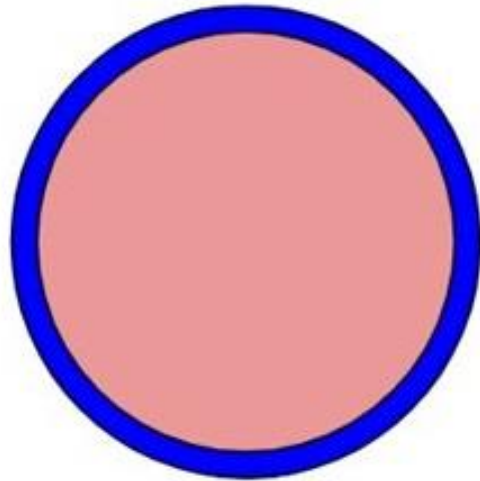
20 V

140 V

-140 V

elektrické pole nabitého vodivého tělesa rozložení náboje na vodiči

náboj se rozloží na povrchu



plošná hustota náboje

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

Na vodivou kouli o poloměru 6 cm přesuneme náboj 6 nC. Jaká bude plošná hustota náboje?

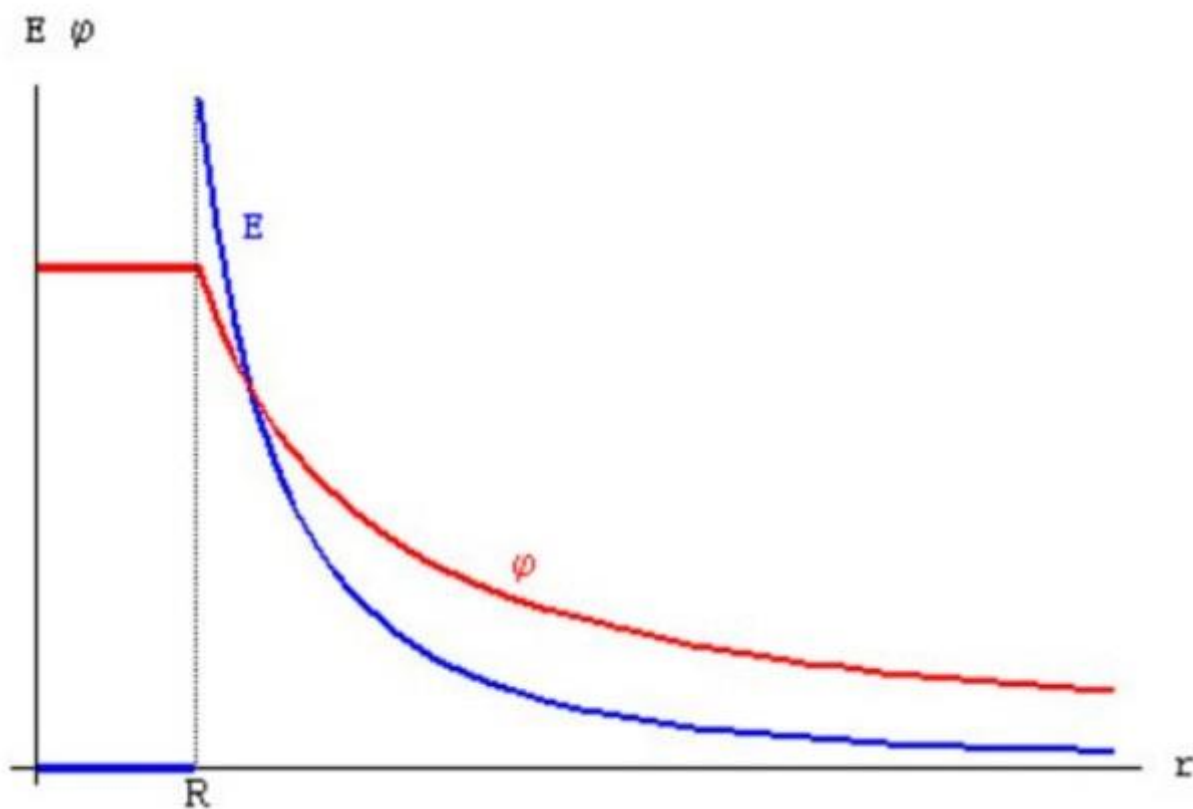
$$1,3 \times 10^{-7} \text{ C.m}^{-2}$$

$$1,3 \times 10^{-6} \text{ C.m}^{-2}$$

$$1,3 \times 10^{-5} \text{ C.m}^{-2}$$

$$1,3 \times 10^{-4} \text{ C.m}^{-2}$$

Nabitá vodivá koule ve vakuu



Faradayova klec

Vodivá koule umístěná v oleji o relativní permitivitě $\epsilon_r = 2,5$ má plošnou hustotu náboje $\sigma = 8,85 \times 10^{-7} \text{ C.m}^{-2}$. Jaká je intenzita elektrického pole v její těsné blízkosti?

4 kV.m⁻¹

40 kV.m⁻¹

0,4 kV.m⁻¹

40 kV.m⁻¹

Vodivá koule o průměru 5 cm umístěná v oleji o relativní permitivitě $\epsilon_r = 2,5$ je nabita nábojem 8,85 nC. Jaká je intenzita elektrického pole v její těsné blízkosti?

$$5,1 \times 10^3 \text{ V.m}^{-1}$$

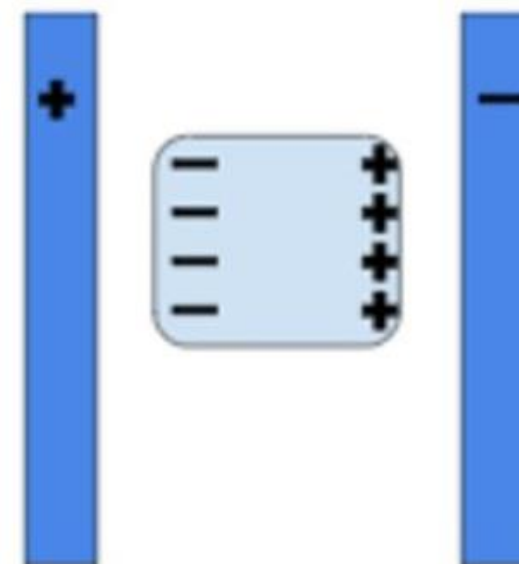
$$5,1 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$$

$$5,1 \times 10^5 \text{ V.m}^{-1}$$

$$5,1 \times 10^6 \text{ V.m}^{-1}$$

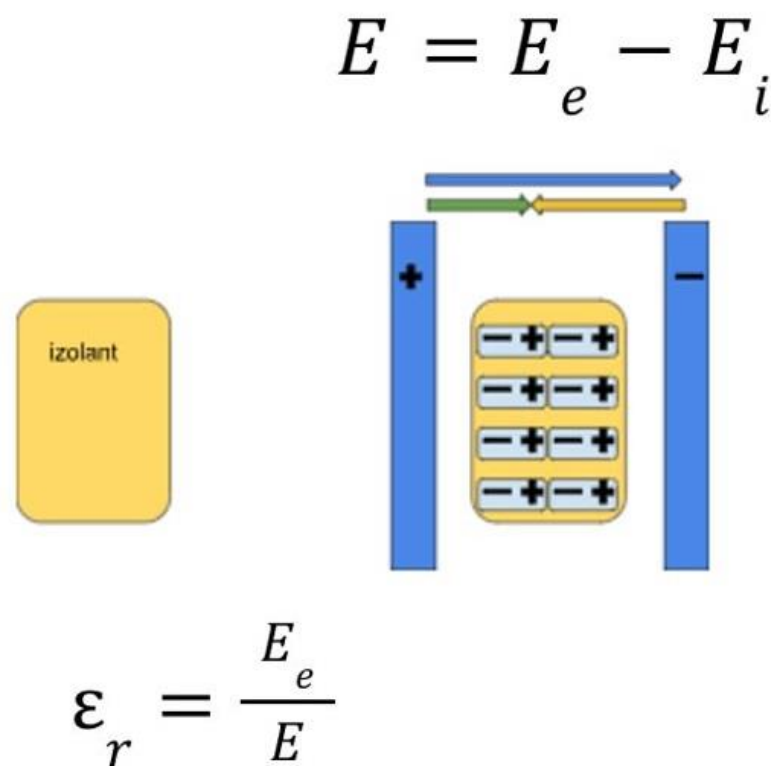
vodič v elektrickém poli

Elektrostatická indukce je jev, při kterém dochází k **přerozdělení elektrických nábojů** uvnitř vodiče v důsledku působení vnějšího elektrického pole. Pokud je vodič uzemněný, **vnější elektrické pole neovlivní** celkový počet nábojů ve vodiči – pouze jejich rozmístění.



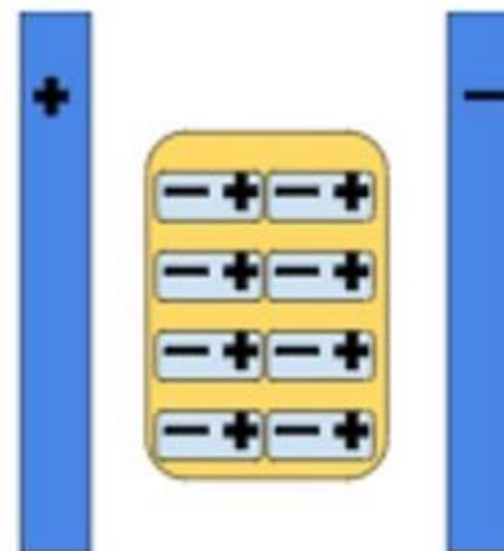
izolant v elektrickém poli

Atomová polarizace vzniká, když na atom působí vnější pole. Přestože **náboje nelze oddělit**, elektrony a atomové jádro se posunou opačnými směry. V důsledku toho vzniká vnitřní pole, které **ovlivňuje vnější pole**. (Intenzita vnějšího pole je zeslabená o intenzitu vnitřního pole).



orientační polarizace

Molekuly některých látek, například vody, mají vlastnosti dipólu už před vložením do elektrického pole. Bez působení pole jsou však tyto dipóly neuspořádané.



Prostor mezi dvěma vodivými rovnoběžnými deskami, mezi kterými je ve vakuu elektrického pole o velikosti E , vyplníme olejem o relativní permitivitě $\epsilon_r = 2,5$. Jak se změní napětí mezi deskami?

zmenší se 5krát

zvětší se 5krát

zmenší se 2,5krát

zvětší se 2,5krát

*„Čím větší protiklad,
tím větší je také potenciál.
Velká energie vychází
jen z patřičně
velkého napětí protikladů.“
Carl Gustav Jung*

kapacita, kondenzátory

schopnost vodiče pojmout při určitém potenciálu elektrický náboj

$$C = \frac{Q}{\varphi} = \frac{Q}{U}$$

$$[C] = C \cdot V^{-1} = F$$

kapacita osamělého kulového vodiče o poloměru R ve vakuu

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \qquad C = 4\pi\epsilon_0 R = \frac{1}{k} R$$

dielektrikum kapacitu zvětší ϵ_r krát

$$C = \frac{1}{k} R \epsilon_r$$

Jaká je kapacita kulového vodiče o průměru 10 cm umístěného v oleji o relativní permitivitě $\epsilon_r = 2,5$?

7 pF

14 pF

21 nF

56 nF

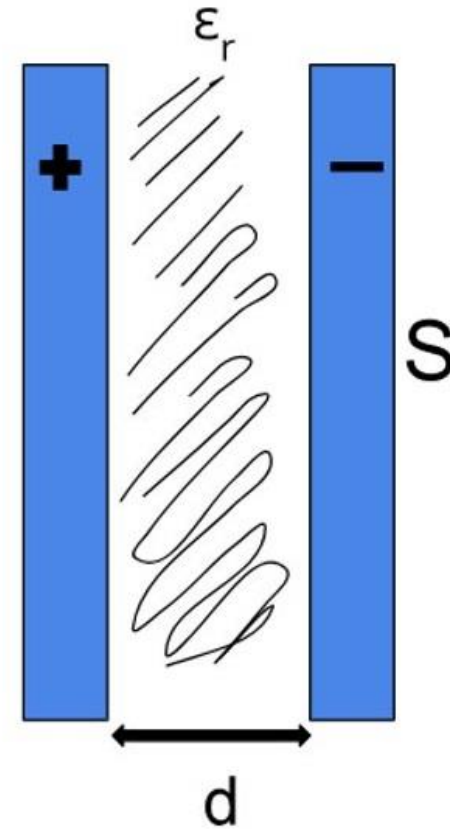
deskový kondenzátor

kapacita dvoudeskového s vakuem

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

n desek, dielektrikum s ε_r

$$C = (n - 1)\varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$



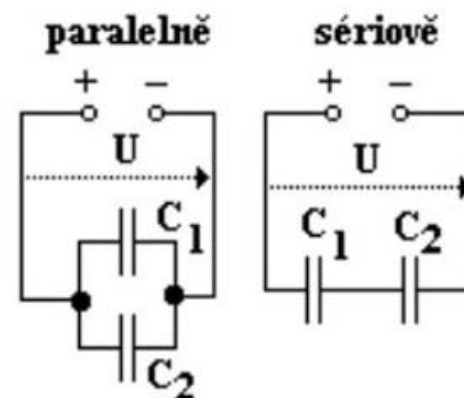
řazení kondenzátorů

paralelně

$$C = C_1 + C_2$$

sériově

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



energie kondenzátoru

$$E = \frac{1}{2} U \cdot Q = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

"Jaké fyzikální veličině odpovídá poměr jednotek J/C?"

Proud

Elektrická práce

Intenzita elektrického pole

Potenciál

Elektrický proud v kovech

Elektrický proud lze chápat dvěma způsoby – **jako děj**, při kterém dochází k pohybu elektrických nábojů, nebo **jako veličinu**, která tento děj popisuje. **Elektrický zdroj** je zařízení, které dodává energii potřebnou k udržení tohoto pohybu.

Ohmův zákon pro část obvodu vysvětluje vztah mezi napětím, proudem a odporem na konkrétní části elektrického obvodu.

V obvodech se často používají součástky jako **rezistor**, který zvyšuje odpor v obvodu, **reostat**, který umožňuje odpor plynule měnit, a **potenciometr**, který slouží k nastavení napětí nebo odporu.

Ohmův zákon pro celý obvod se aplikuje na celý elektrický obvod a zohledňuje také vnitřní odpor zdroje.

Elektrická práce je energie, která se přenáší při pohybu náboje, a **elektrický výkon** udává, jak rychle se tato práce vykonává.

Elektrický proud

Elektrický proud je **usměrněný pohyb volných nabitých částic**, který probíhá v různých typech materiálů odlišným způsobem.

V kovech je proud tvořen pohybem volných elektronů. V **polovodičích** proud vzniká díky pohybu **volných elektronů a děr**, což jsou místa, kde chybí elektron. V **kapalinách** je elektrický proud tvořen pohybem **iontů**, zatímco v **plynech** je výsledkem pohybu **volných elektronů a iontů**.

Elektrický proud se vždy udává ve směru pohybu kladných částic, tedy od + k -.

Pokud však proud tvoří jak kladné, tak záporné částice, celkový proud je dán součtem obou proudů.

Valenční elektrony v kovech jsou vázány velmi slabě, což znamená, že se v krystalu kovu pohybují téměř volně. Tento pohyb je chaotický a připomíná elektronový plyn. Střední rychlost jejich pohybu se pohybuje v rozmezí $\sim 10^5 \text{ m.s}^{-1} - 10^6 \text{ m.s}^{-1}$ a prakticky nezávisí na teplotě.

Pokud je kov připojen ke zdroji elektrického napětí, elektronový plyn začne být unášen proti směru intenzity elektrického pole.

Pohyb elektronů však není plynulý – brzdí ho srážky s krystalovou mřížkou, což se navenek projevuje jako elektrický odpor vodiče.

proud - podíl celkového náboje Q , který projde průřezem vodiče a příslušné doby t

$$I = \frac{Q}{t} \quad [I] = C \cdot s^{-1} = A$$

náboj

$$Q = I \cdot t \quad [Q] = C = A \cdot s$$

Počet volných elektronů, které projdou průřezem kovového vodiče s proudem 1,6 mA za dobu 100 s je přibližně:

$$10^{17}$$

$$10^{18}$$

$$10^{19}$$

$$10^{20}$$

Na akumulátoru je uveden údaj 30 Ah. Převedte jej na jednotku kC.

36 kC

180 kC

60 kC

108 kC

Během úplného vybití akumulátoru by se přenesl celkový náboj 216 kC. Jak dlouho můžeme nejvýše akumulátor vybíjet proudem 10 A, nemáme-li překročit jeho 50% vybití?

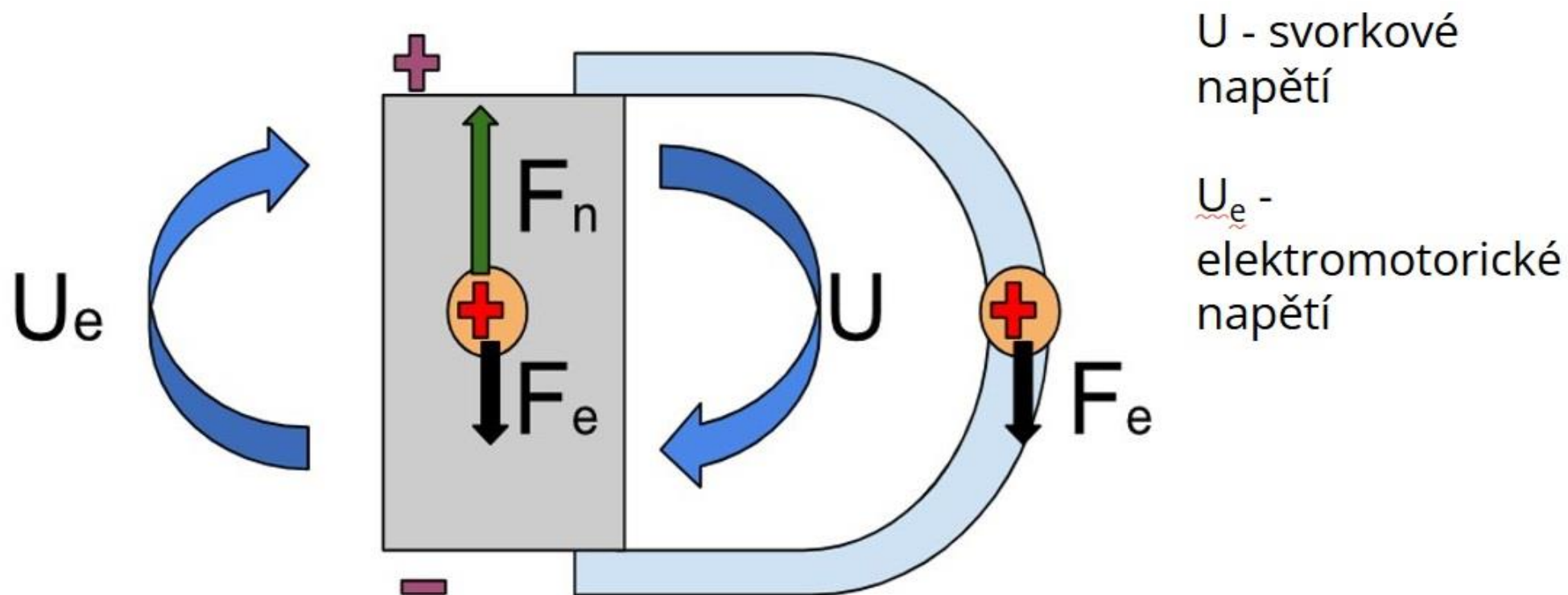
1 hodinu

3 hodiny

6 hodin

30 hodin

Elektrický zdroj



vně - částice se pohybují ve směru F_e , jejich potenciální energie klesá, přeměňuje se na jiné formy; elektrostatické síly konají práci

$$W = U \cdot Q$$

uvnitř - musí zde působit ještě další síla - neelektrostatická; potenciální energie částic roste na úkor jiné formy energie

neelektrostatické síly konají práci

$$W_z = U_e \cdot Q$$

Když ke zdroji není připojen žádný spotřebič, proud obvodem **neprochází** a platí vztah $F_e = F_n$

Napětí takového zdroje, označované jako **napětí naprázdno**, odpovídá elektromotorickému napětí $U_0 = U_e$

Elektromotorické napětí je rovno absolutní hodnotě rozdílu potenciálů mezi svorkami nezátíženého zdroje

Pokud ke zdroji **připojíme spotřebič**, začne obvodem procházet **proud**. V tomto případě platí vztahy $F_e < F_n$; $U < U_e$; $W < W_z$

Energie, která se ve zdroji přeměňuje na energii elektrickou, může mít různé podoby v závislosti na typu zdroje:

Galvanický článek využívá **chemickou energii**, která se při chemické reakci přeměňuje na elektrickou.

Fotočlánek mění **energii světla** na elektrickou energii prostřednictvím fotovoltaiického jevu.

Termočlánek pracuje na principu **termoelektrického jevu**, kdy rozdíl teplot mezi dvěma různými kovy generuje elektrické napětí.

Ohmův zákon pro část obvodu

Při konstantní teplotě vodiče je proud procházející vodičem přímo úměrný napětí mezi konci vodiče.

$$I \sim U$$

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I}$$

$$[R] = V \cdot A^{-1} = \Omega$$

R - elektrický odpor (rezistance)

G - elektrická vodivost

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

$$[G] = A \cdot V^{-1} = \Omega^{-1} = S$$

odpor vodiče

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

ρ - rezistivita (měrný elektrický odpor) [ρ] = $\Omega \cdot m$

Materiály s **malou rezistivitou** dobře vedou elektrický proud a zahrnují například **stříbro, měď, hliník a wolfram**.

Naopak materiály s **velkou rezistivitou**, jako **konstantan** nebo **chromnikl**, se používají jako **odporové materiály**, protože kladou větší odpor průchodu elektrického proudu.

Jaký celkový odpor má měděný vodič o délce 10 m a průřezu $0,34 \text{ mm}^2$? Rezistivita mědi je $0,017 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$.

0,2 Ω

0,5 Ω

1 Ω

2 Ω

„Prospěšné je jen to, co klade odpor.“
Antoine de Saint-Exupéry

Uvažujme drát, který je protažen při nezměněné hmotnosti na čtyřnásobnou délku.
Výsledný odpor bude ve srovnání s původním

16krát větší

4krát větší

nezměněn

4krát menší

závislost odporu na teplotě

$$R = R_1(1 + \alpha\Delta t)$$

α - teplotní součinitel elektrického odporu; $[\alpha] = \text{K}^{-1}$

supravodivost - při teplotě blízké 0 K

odpor materiálu klesá na zanedbatelnou hodnotu; vodivostní elektrony se spojují do párů a pohybují se beze srážek s krystalovou mřížkou

Na žárovce jsou uvedeny provozní hodnoty 24 V a 0,1 A. Prochází-li žárovkou proud 2,5 mA, je na ní napětí 0,045 V a teplota vlákna je prakticky rovna teplotě okolí (20°C). Teplotní součinitel odporu $\alpha = 4,4 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Jakou teplotu má přibližně vlákno za provozu žárovky?

1200 °C

1600 °C

1400 °C

2800 °C

O kolik procent se zvětší odpor měděného vodiče, vzroste-li jeho teplota z 20°C na 100°C? Teplotní součinitel odporu je $4 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

32 %

44 %

16 %

24 %

Řazení rezistorů



sériové - všemi teče stejný proud, celkové napětí je rovno součtu napětí na jednotlivých rezistorech

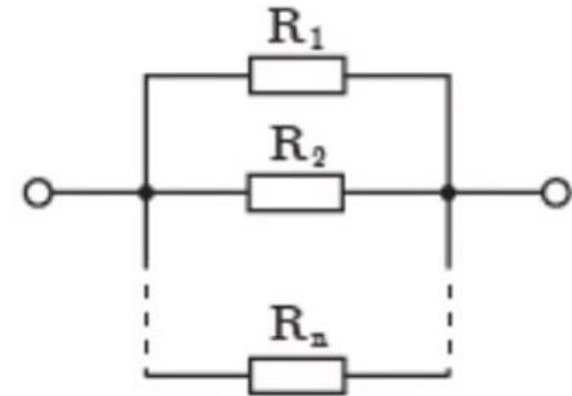
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

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

napětí je ve stejném poměru, v jakém jsou odpory rezistorů

Řazení rezistorů

paralelní - napětí je na všech rezistorech stejné, celkový proud (co vtéká do uzlu), se rozdělí v opačném poměru, než v jakém jsou odpory rezistorů



$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

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

Dva rezistory $10\ \Omega$ a $15\ \Omega$ jsou zapojeny paralelně. Jaký proud prochází rezistorem o odporu $10\ \Omega$, když celkový proud je $1,5\ \text{A}$?

0,7 A

0,9 A

1 A

1,1 A

Odpor soustavy tří stejných rezistorů zapojených tak, že ke dvojici zapojené sériově je třetí připojen paralelně, činí $60\text{ M}\Omega$. Odpor jednoho rezistoru je

$90\text{ M}\Omega$

$71,4\text{ M}\Omega$

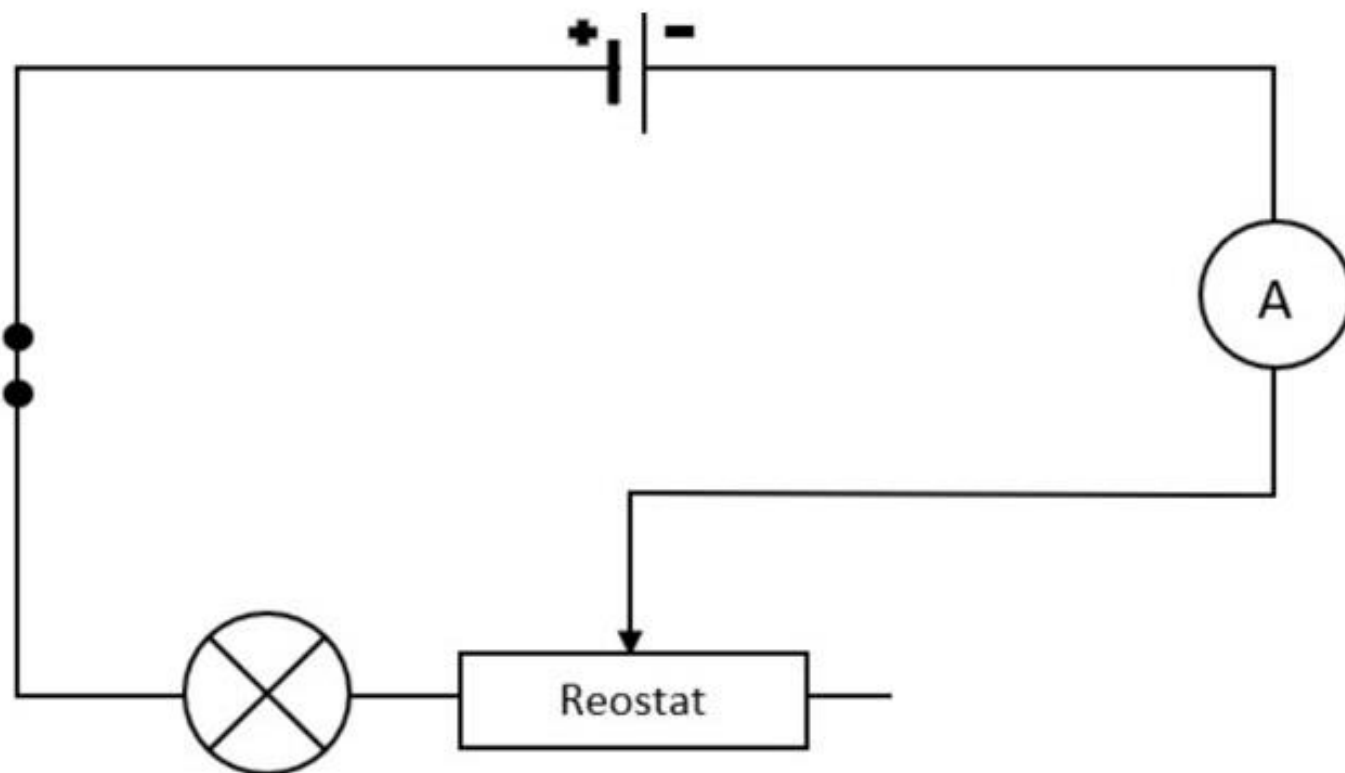
$105\text{ M}\Omega$

$210\text{ M}\Omega$

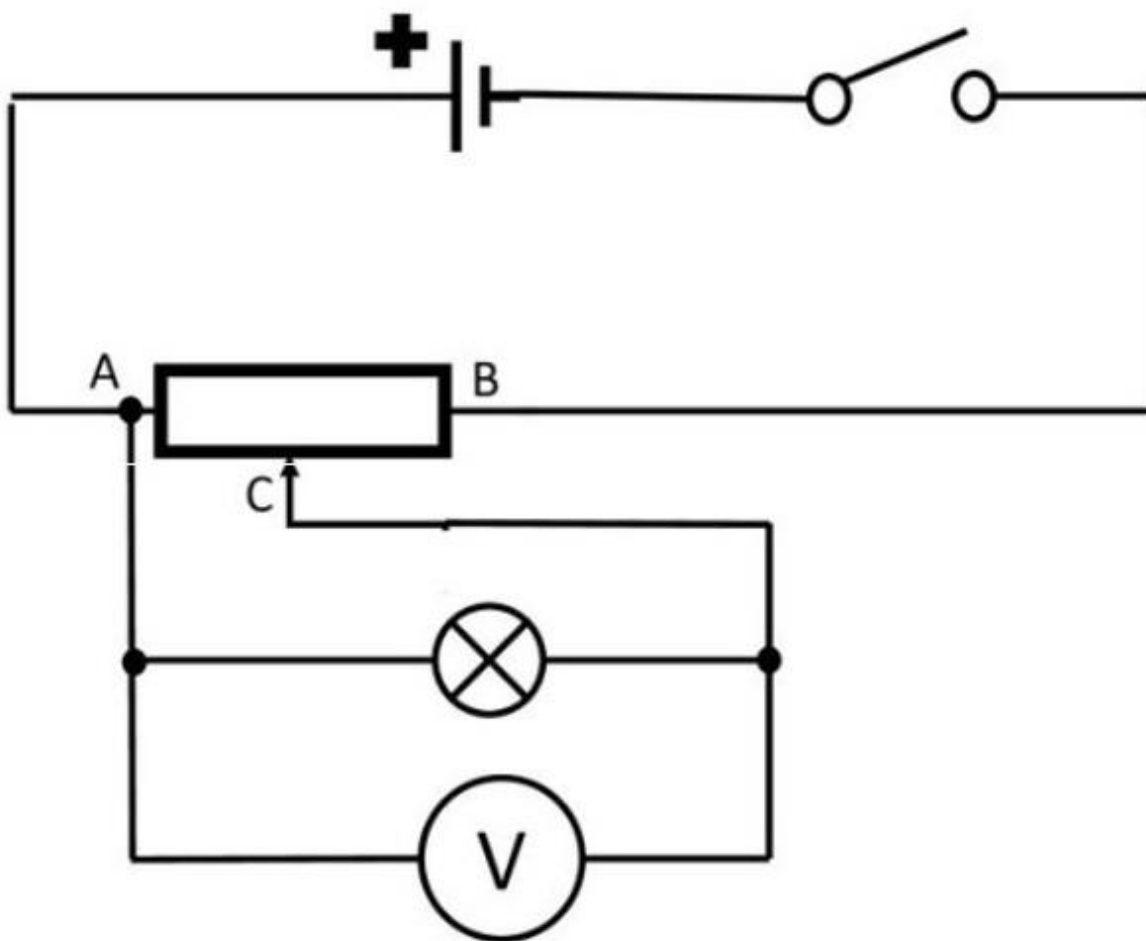
Rezistor je elektrická součástka, která má jmenovitý odpor a slouží k omezení elektrického proudu v obvodu.

Reostat je speciální typ rezistoru s proměnným odporem. Obsahuje posuvný kontakt, kterým lze upravovat hodnotu odporu, a tím regulovat velikost elektrického proudu v obvodu.

Potenciometr je také rezistor s posuvným kontaktem, ale jeho hlavním účelem je nastavení vhodného napětí v obvodu.



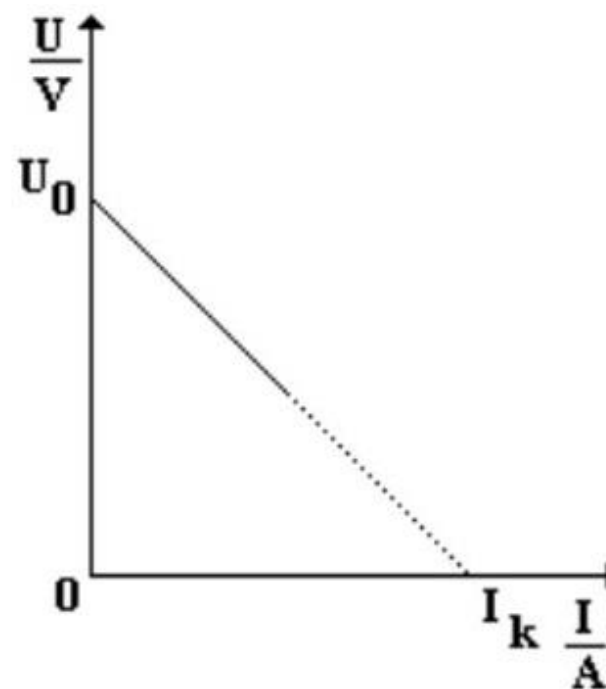
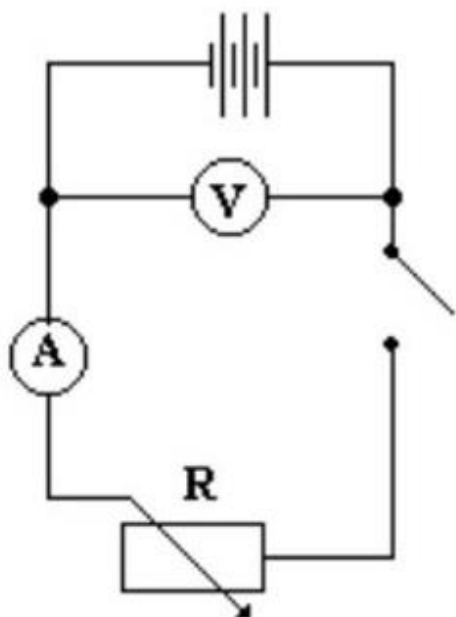
regulace proudu



dělič napětí

Ohmův zákon pro uzavřený obvod

zatěžovací charakteristika zdroje



úbytek napětí na vnitřním odporu

$$U_0 - U = R_i I$$

svorkové napětí rozepíšeme

$$U = RI$$

vyjádříme proud

$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

pokud se odpor R sníží na nulu, bude obvodem protékat zkratový proud

$$I = \frac{U_e}{R_i}$$

podle vnitřního odporu můžeme rozdělit zdroje na měkké a tvrdé

Napětí nezatížené automobilové baterie 12,4 V pokleslo při odběru proudu 40 A na 11,2 V. Jaký je vnitřní odpor baterie?

30 mΩ

40 mΩ

50 mΩ

60 mΩ

„Zarputilost je energií hlouposti.“

Jonathan Swift

Nezatížená automobilová baterie má napětí 12 V a vnitřní odpor 24 mΩ. Jaký proud by protékal při zkratu?

500 A

600 A

700 A

800 A

Elektrická práce a výkon

práce při přenášení náboje

$$W = U \cdot Q$$

je-li

$$Q = I \cdot t$$

potom

$$W = U \cdot I \cdot t$$

pokud nedochází v obvodu k jiným změnám energie, než k zahřívání vodičů, je práce elektrického proudu rovna teplu, které označujeme Joulovo teplo

$$Q_J = U \cdot I \cdot t$$

výkon elektrického proudu

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I$$

$$P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

práce neelektrostatických sil

$$W_z = U_e \cdot Q$$

tato energie se z části spotřebuje ve vnitřním odporu zdroje

účinnost přeměny energie v elektrickém obvodu je

$$\eta = \frac{W}{W_z} = \frac{U \cdot Q}{U_e \cdot Q} = \frac{U}{U_e}$$

pomocí Ohmova zákona

$$\eta = \frac{R}{R + R_i}$$

K baterii o elektromotorickém napětí 4,5 V a vnitřním odporu $1\ \Omega$ je připojena žárovka, kterou prochází proud 200 mA. Jaká je účinnost obvodu?

75 %

80 %

89 %

96 %

K baterii o elektromotorickém napětí 4,5 V a vnitřním odporu $1\ \Omega$ je připojena žárovka, kterou prochází proud 200 mA. Jaký je příkon žárovky?

0,74 W

0,86 W

0,92 W

0,98 W

Baterie suchých článků v kapesní svítilně dodávala po dobu 1 h proud 20 mA při svorkovém napětí 4,5 V. Jaký celkový náboj prošel průřezem vodiče?

36 C

48 C

72 C

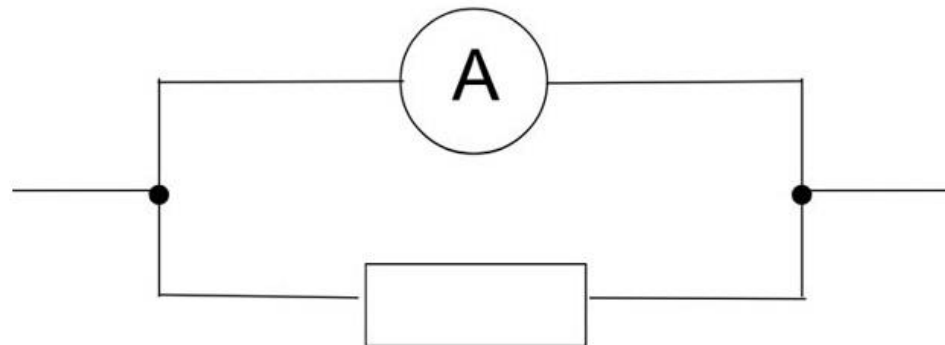
84 C

Konstrukce a změna rozsahu ampérmetru a voltmetru

Ampérmetr a voltmetr se konstrukčně neliší, protože oba pracují na principu silového působení magnetického pole na vodič s proudem.

Ampérmetr se zapojuje sériově se spotřebičem, aby mohl přesně měřit proud v obvodu. Jeho odpor musí být co nejmenší, aby neovlivňoval měřený proud.

Rozsah ampérmetru lze zvětšit připojením bočníku, což je odpor zapojený paralelně, který odvádí část proudu a umožňuje měřit vyšší hodnoty.



Je-li odpor ampérmetru R_A , a máme-li jeho rozsah zvětšit 4krát

připojíme k němu paralelně bočník s odporem $R_A/4$

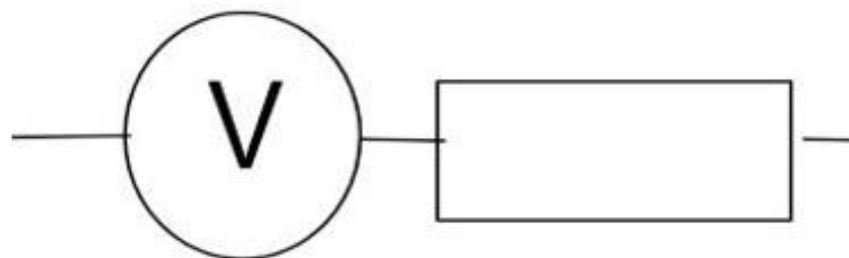
připojíme k němu paralelně bočník s odporem $R_A/3$

předřadíme mu rezistor s odporem $R_A/4$

předřadíme mu rezistor s odporem $R_A/3$

voltmetr se zapojuje ke spotřebiči paralelně, jeho odpor musí být co největší,

rozsah se zvětšuje předřadným rezistorem



Je-li odpor voltmetru R_V a máme-li jeho rozsah zvětšit 5krát, předřadíme mu rezistor s odporem

$$4 R_V$$

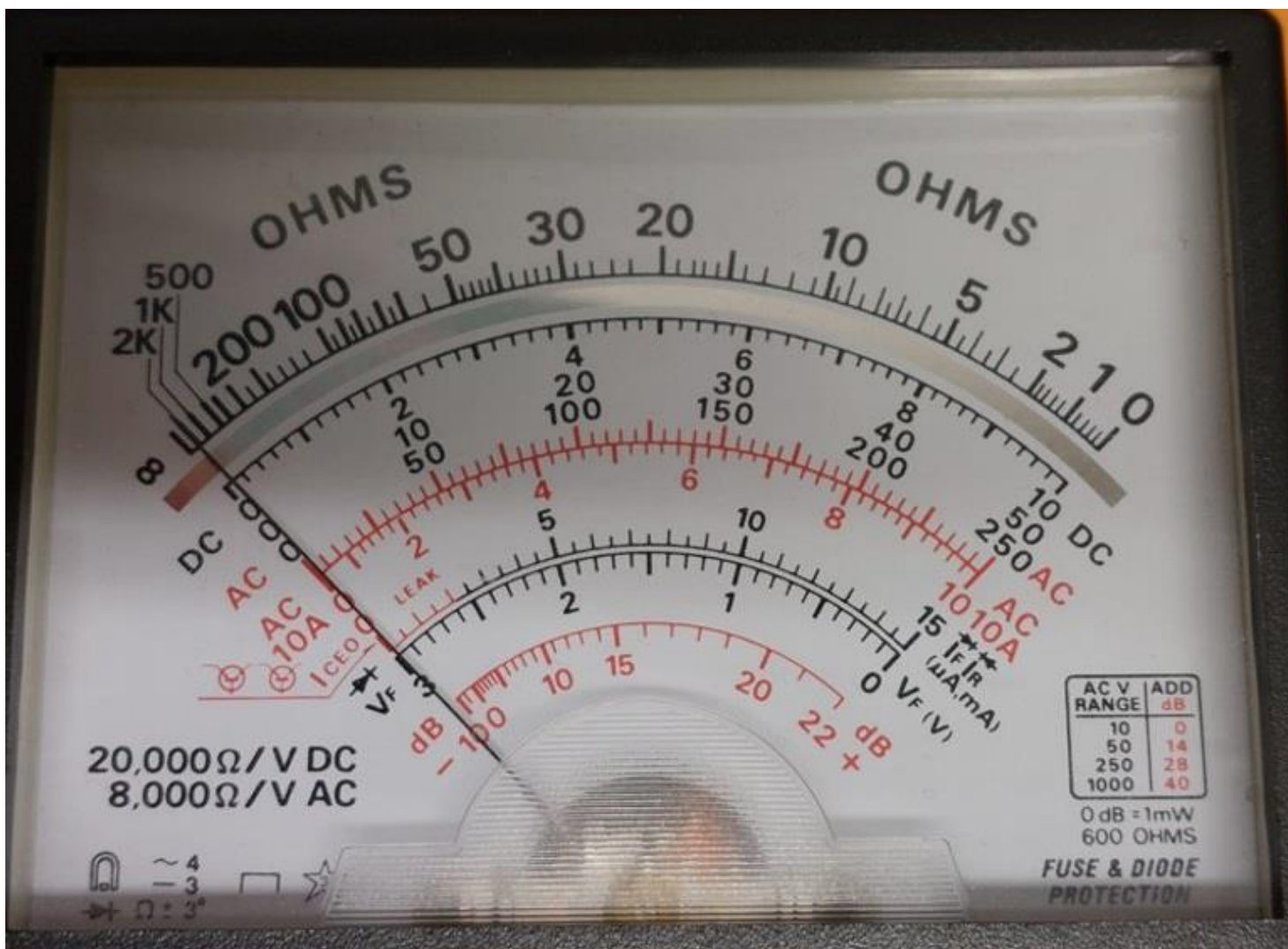
$$5 R_V$$

$$R_V/4$$

$$R_V/5$$

„Neutuchající optimismus je neutuchající zdroj energie.“
Colin Powell





Elektrický proud v polovodičích

Polovodiče se dělí na **čisté a příměsové**.

Důležitou součástí polovodičových součástek je **PN přechod**, který vzniká spojením polovodiče typu P (s přebytkem děr) a typu N (s přebytkem elektronů).

Součástky, které obsahují **jeden PN přechod**, jsou například dioda, která propouští proud pouze jedním směrem.

Pokročilejší součástkou je **tranzistor**, který obsahuje dva PN přechody a slouží k zesílení nebo spínání elektrického signálu.

podle měrného elektrického odporu můžeme látky rozdělit:

vodiče $\rho = (10^{-8}; 10^{-6}) \Omega \cdot m$

izolanty $\rho = (10^8; \infty) \Omega \cdot m$

polovodiče $\rho = (10^{-6}; 10^8) \Omega \cdot m$

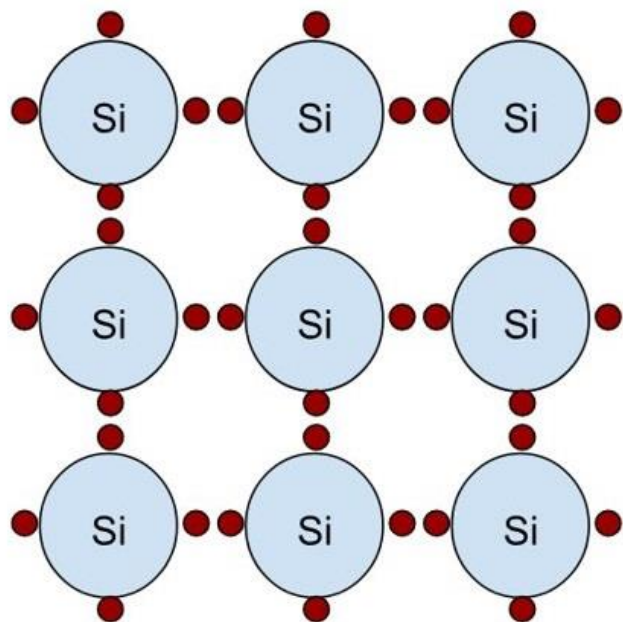
Mezi polovodičové prvky řadíme

křemík (Si), germanium (Ge), selen (Se), telur (Te) a uhlík (C).

Mezi polovodičové sloučeniny patří například

sulfid olovnatý (PbS), sulfid kademnatý (CdS) a arsenid galia (GaAs).

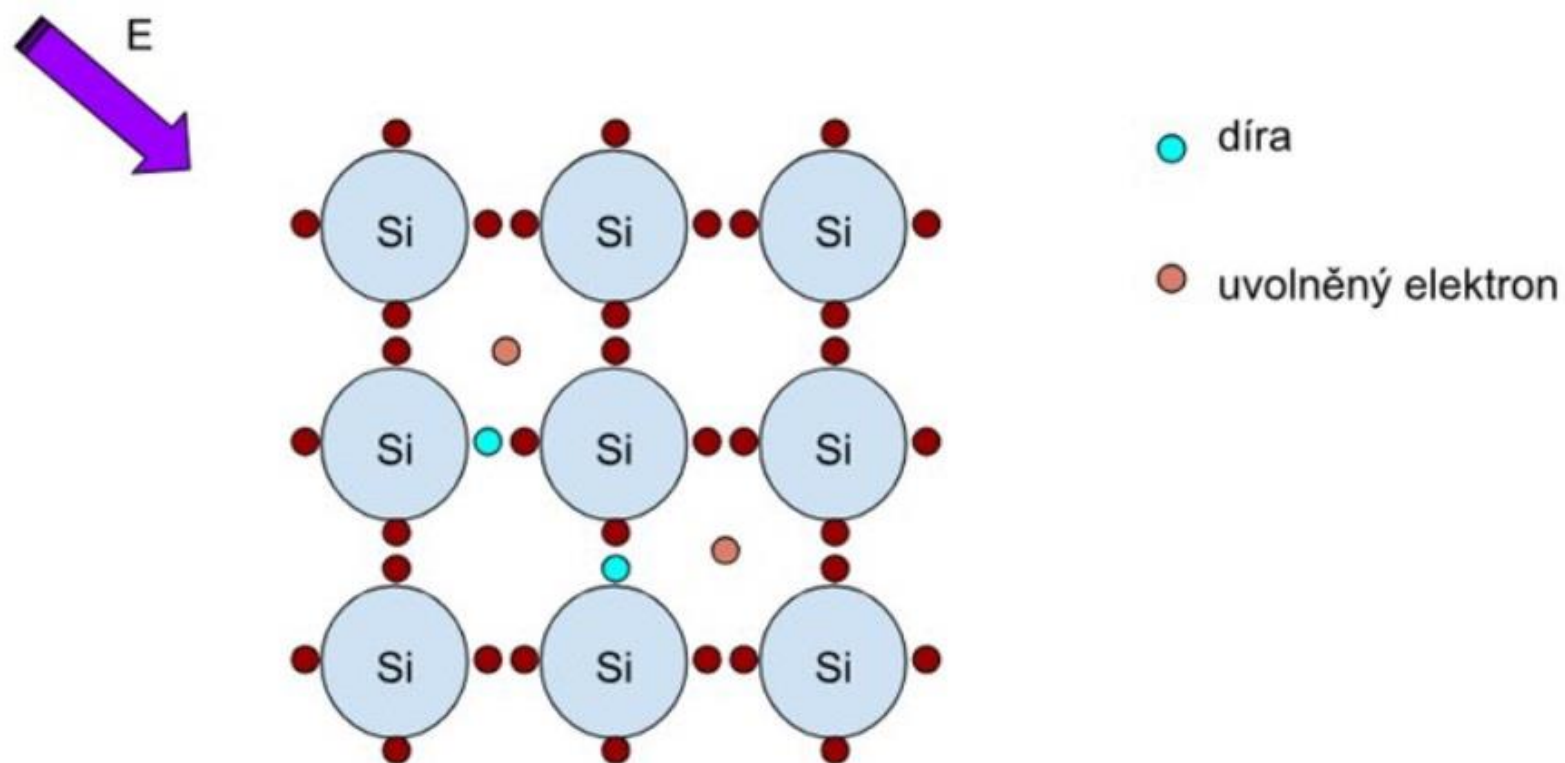
Čistý polovodič, vlastní vodivost



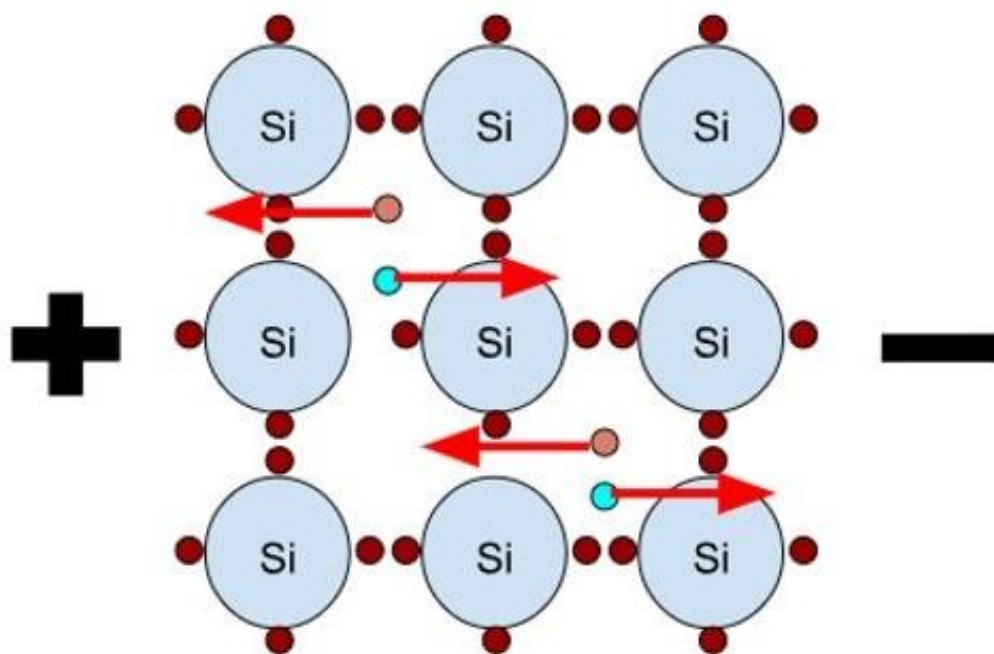
za nízkých teplot se
chová jako izolant

generace - vznik páru volný elektron a díra

rekombinace - zánik páru volný elektron a díra (energie se uvolní)



po připojení do elektrického pole



$$I = I_e + I_d$$

Příměsové polovodiče

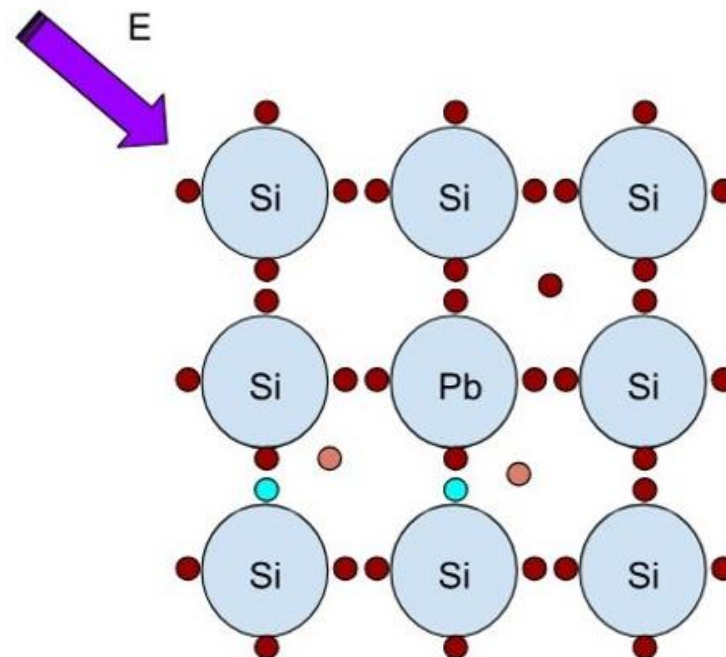
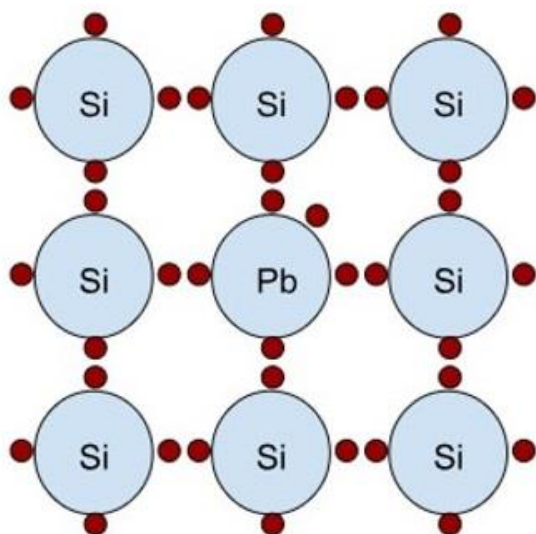
polovodič typu N - elektronová vodivost

do Si přidáme prvek z 5. skupiny

polovodič typu P - děrová vodivost

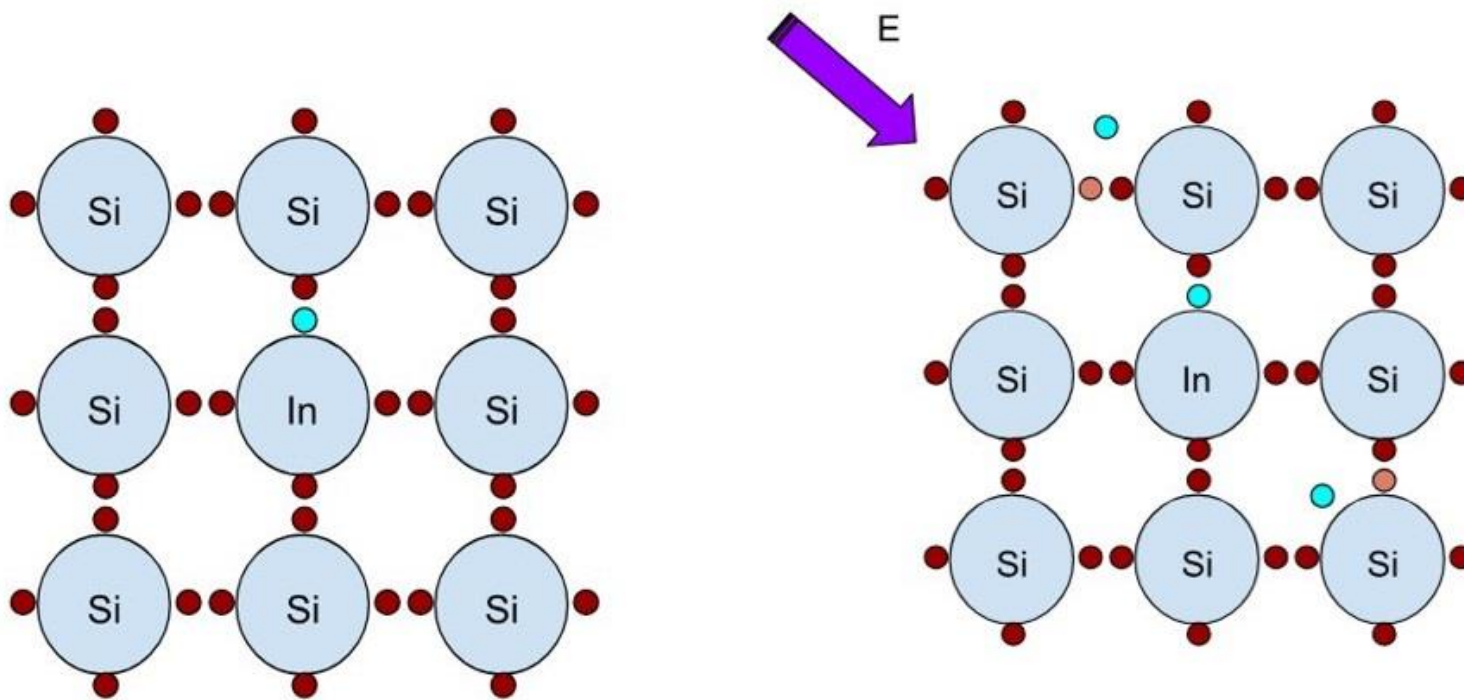
do Si přidáme prvek z 3. skupiny

	13	14	15	
	5 B bor borum [He] 2s ² 2p ¹	6 C uhlík carbonium [He] 2s ² 2p ²	7 N dusík nitrogenium [He] 2s ² 2p ³	
	13 Al hliník aluminium [Ne] 3s ² 3p ¹	14 Si křemík silicium [Ne] 3s ² 3p ²	15 P fosfor phosphorus [Ne] 3s ² 3p ³	
	31 Ga gallium gallium [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	32 Ge germanium germanium [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	33 As arsen arsenicum [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	34 Se selen selenium [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴
	49 In indium indium [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	50 Sn cín stannum [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	51 Sb antimon stibium [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	52 Te télur tellurium [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴
	81 Tl thallium thallium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	82 Pb olovo plumbum [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	83 Bi bismut bismuthum [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	84 Po polonium polonium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²



donor (dárce) - přinesl elektron navíc - nezůstává po něm díra

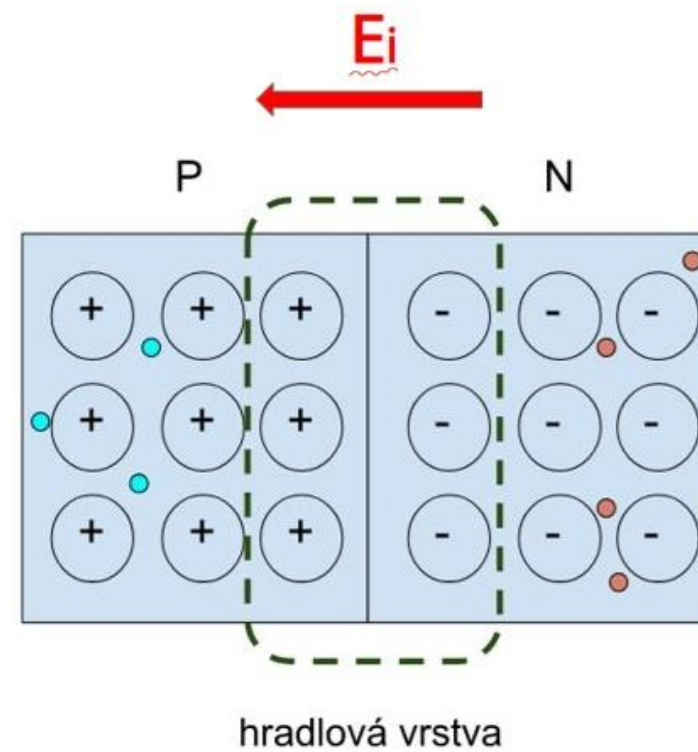
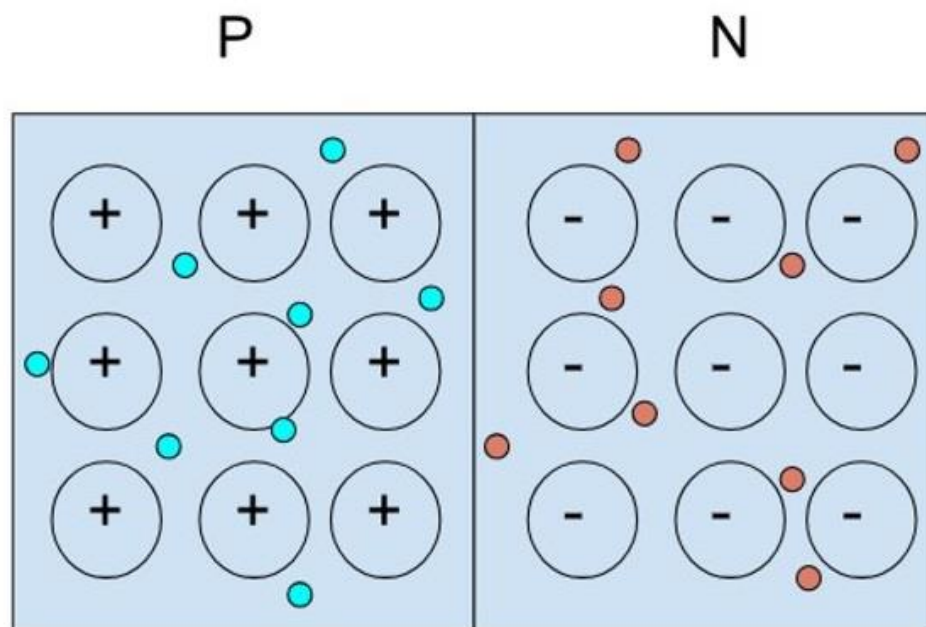
majoritní náboje - elektrony; minoritní náboje - díry



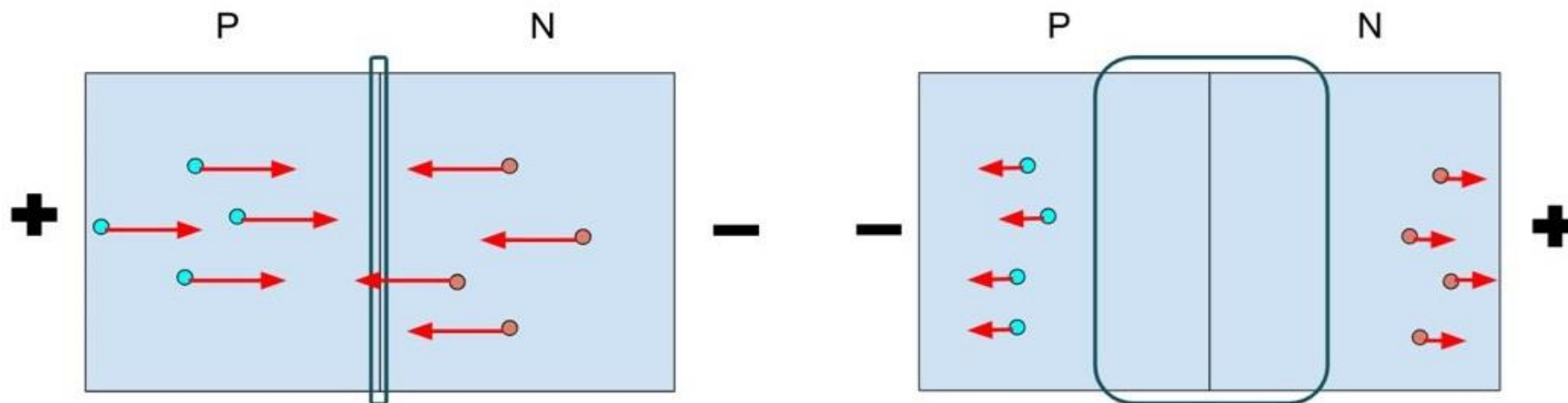
akceptor (příjemce) - akceptuje, že se “jeho” díra zaplní cizím elektronem

majoritní náboje - díry; minoritní náboje - elektrony

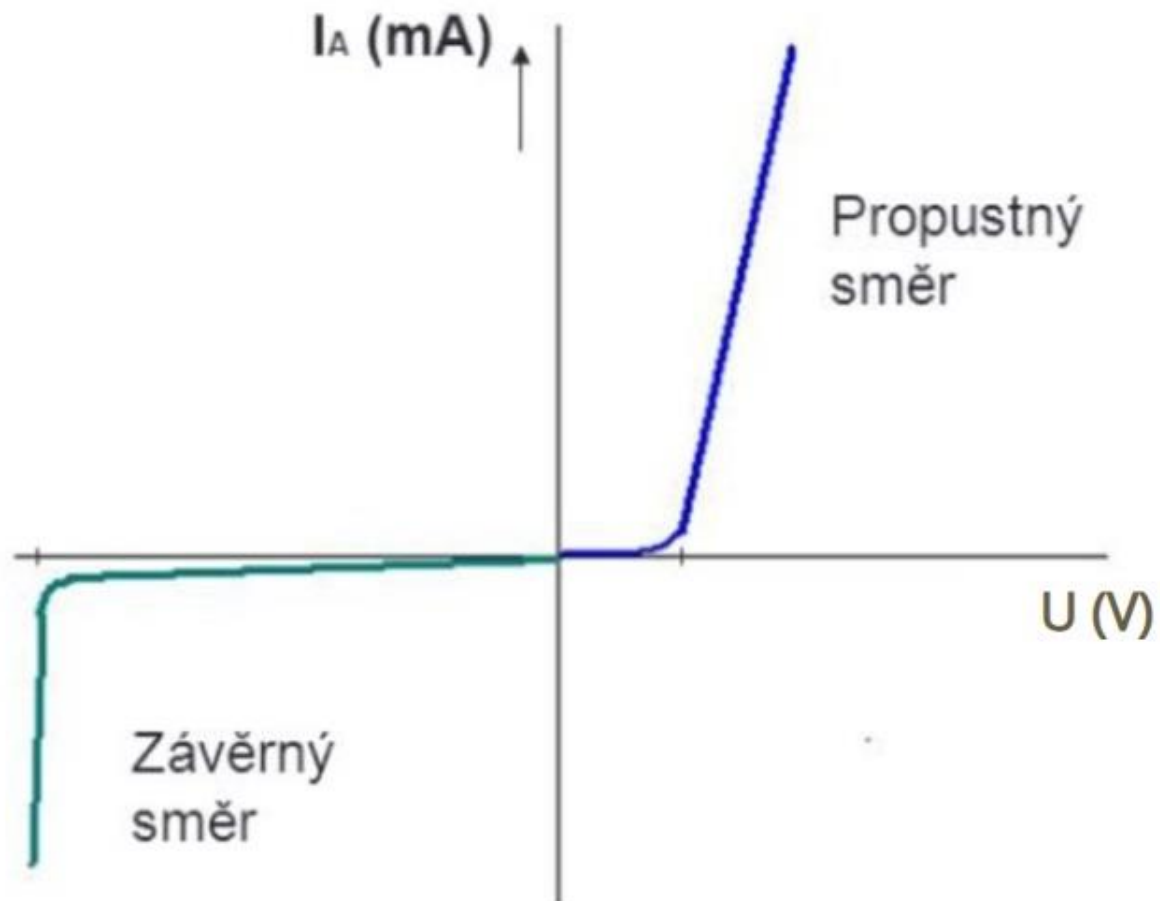
PN přechod



propustný směr závěrný směr



VA charakteristika diody



LED (luminiscenční dioda) je svítivá dioda, která při rekombinaci elektronů vyzařuje viditelné nebo infračervené záření. Vyrábí se z průhledného **GaAs** (gallium arsenidu).

Fotodioda reaguje na dopadající elektromagnetické záření, které v ní vyvolává vznik nosičů náboje. Pracuje i v **závěrném směru**, přičemž se sama stává zdrojem napětí.

Usměrňující dioda umožňuje průchod proudu pouze v jednom směru, čímž slouží k **usměrňování** střídavého proudu.

Stabilizační dioda (Zenerova dioda) se používá v **závěrném směru**. Při dosažení určitého napětí **nedojde k jejímu zničení**, a i při různých proudech udržuje téměř konstantní napětí.

Kapacitní dioda se chová jako kondenzátor, přičemž její **kapacitu lze regulovat** změnou šířky hradlové vrstvy.

Termistor je **teplotně závislý rezistor**, jehož odpor při zvýšení teploty **klesá**. Vyrábí se ze směsi oxidů, například Fe_2O_3 , TiO_2 , CuO nebo NiO . Používá se pro **měření a regulaci teploty**.

Fotorezistor je součástka, jejíž **odpor klesá při dopadu elektromagnetického záření**. Využívá se především pro **měření a regulaci osvětlení**.

*„Objevte své vlastní světlo,
jinak po celý život
budete pouhým bledým
odleskem světla cizího.“*
Paulo Coelho

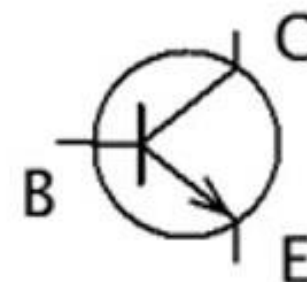
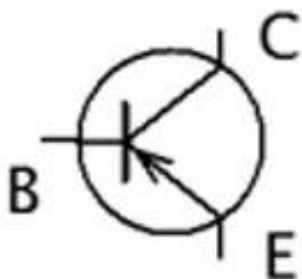
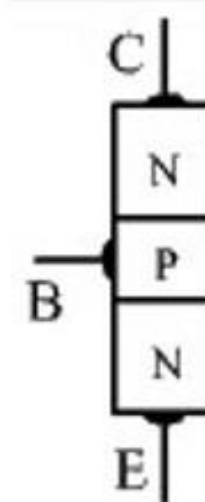
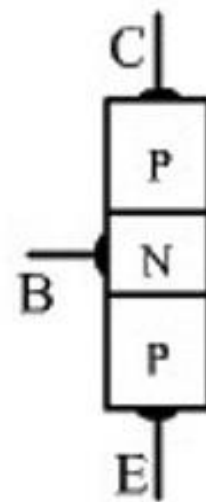
Tranzistor

2 přechody PN

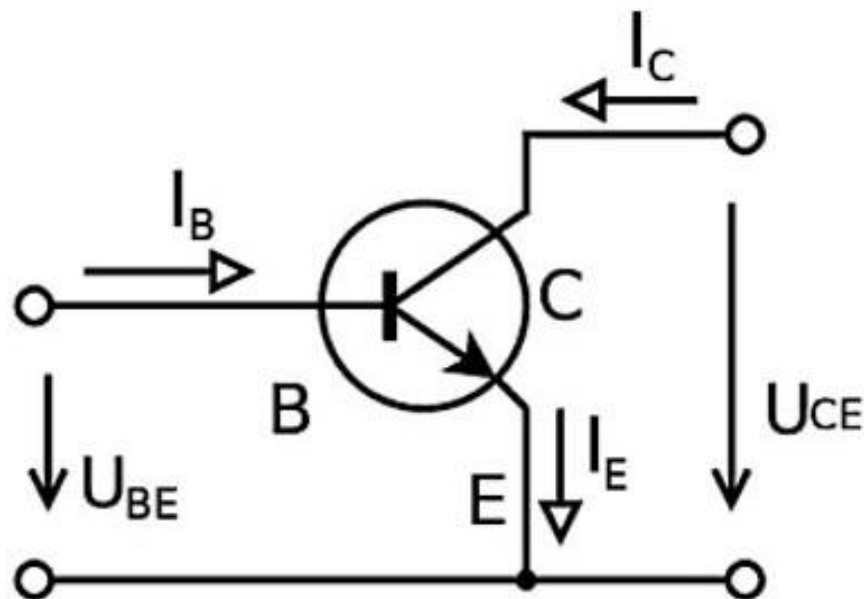
střední část tenká - báze

krajní - emitor a kolektor

PNP NPN



zapojení se společným emitorem



přechod CB je v závěrném směru,
přechod EB v propustném směru

malé napětí vzbuzuje v obvodu báze
proud, který je příčinou mnohokrát
většího proudu v obvodu
kolektorovém

základní parametr tranzistoru - proudový zesilovací činitel β

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad \text{při } U_{CE} = \textit{konst.}$$

Bázový proud tranzistoru zapojeného se společným emitorem je $I_B = 30 \mu\text{A}$, kolektorový proud $I_C = 2 \text{ mA}$. Určete kolektorový proud I_C při bázovém proudu $100 \mu\text{A}$, má-li proudový zesilovací činitel tranzistoru hodnotu 60.

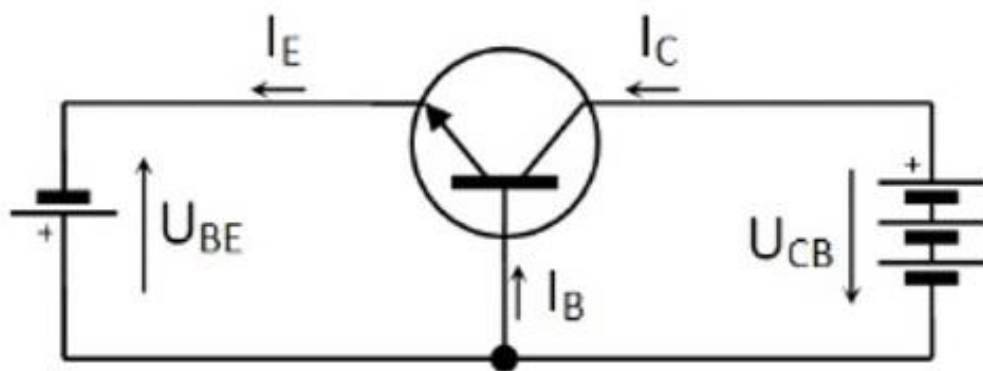
9,8 mA

6,2 mA

2,2 mA

4,0 mA

zapojení se společnou bází



malé proudové zesílení
velké napěťové zesílení

zesiluje výkon

Elektrický proud v kapalinách

základní pojmy

Faradayovy zákony

VA charakteristika elektrolytického vodiče

využití v praxi

Elektrolyt je látka, která v roztoku nebo tavenině vede elektrický proud. Mezi elektrolyty patří roztoky kyselin, zásad a solí, ale také taveniny kovů.

Při rozpouštění elektrolytů ve vodě dochází k **elektrolytické disociaci**, tedy k rozpadu látky na ionty.

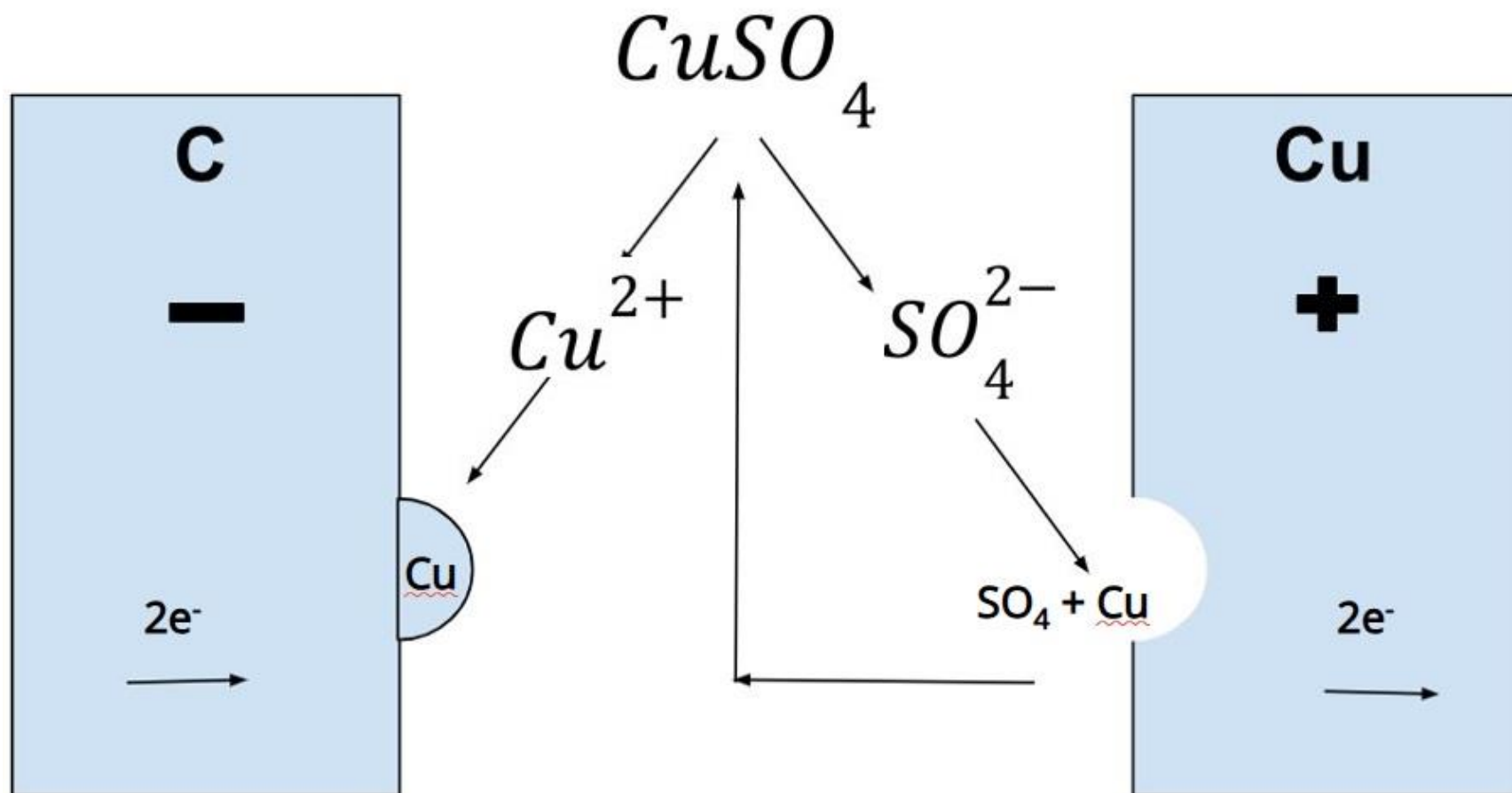
Elektrický proud v elektrolytu je tvořen uspořádaným pohybem těchto iontů – kladných (kationtů) a záporných (aniontů).

Elektrické pole vzniká mezi **anodou** a **katodou**, což způsobuje pohyb iontů v roztoku.

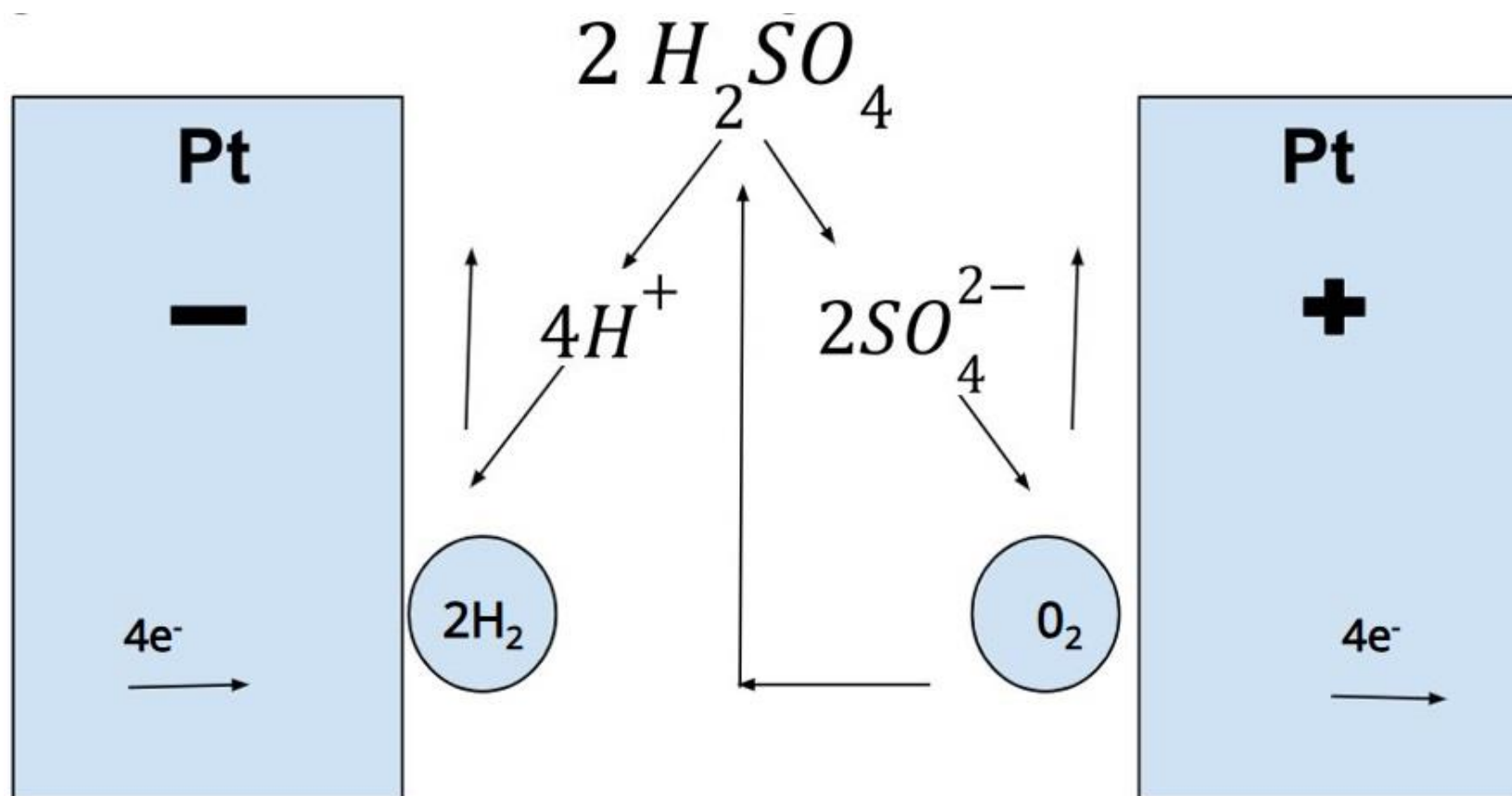
Ke katodě putují například amonný, oxoniový a stříbrný iont, zatímco k anodě směřují hydroxylový, dusičnanový, jodidový a síranový iont.

Proces, při kterém dochází k látkovým změnám vlivem průchodu elektrického proudu elektrolytem, se nazývá **elektrolýza**.

roztok síranu měďnatého, uhlíková katoda, měděná anoda



zředěná kyselina sírová, platinové elektrody



Faradayovy zákony

1. hmotnost vyloučené látky je přímo úměrná náboji Q , který prošel elektrolytem

$$m = A \cdot Q = A \cdot I \cdot t$$

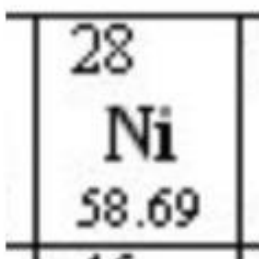
Faradayovy zákony

2. elektrochemický ekvivalent látky vypočítáme, jestliže její molární hmotnost vydělíme Faradayovou konstantou a počtem elektronů potřebných k vyloučení jedné molekuly

$$A = \frac{M_m}{F \cdot \nu}$$

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$$

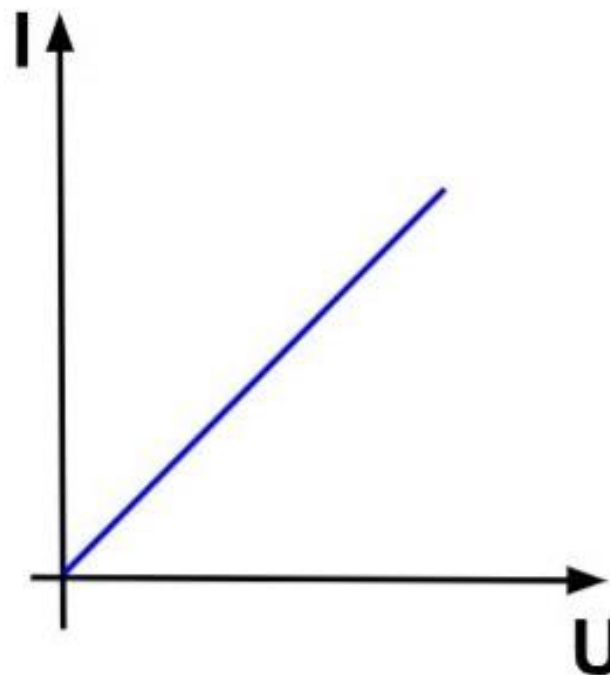
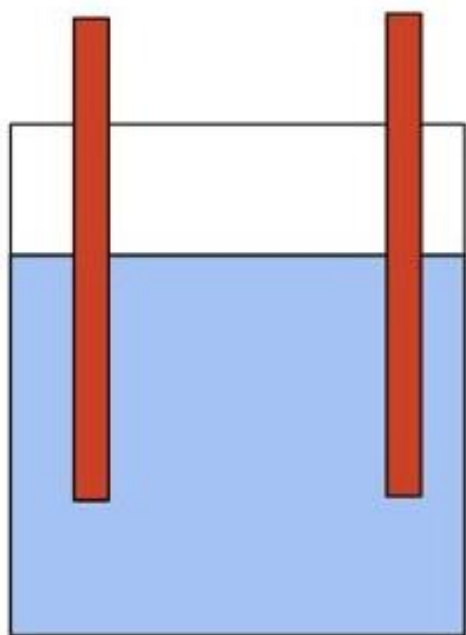
př. určete elektrochemický ekvivalent niklu v roztoku síranu nikelnatého



$$A = \frac{58,69 \cdot 10^{-3}}{9.65 \cdot 10^4 \cdot 2} \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1}$$

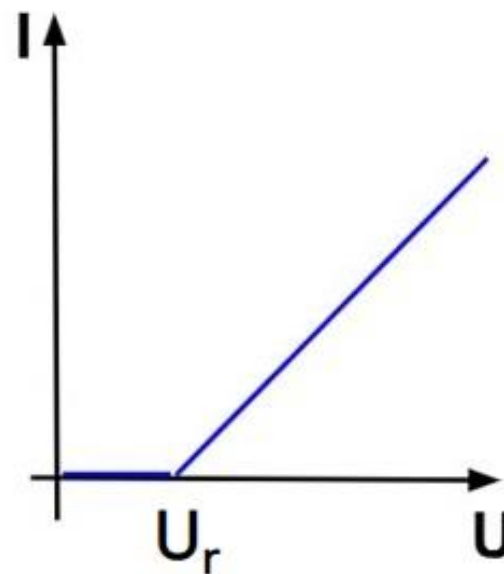
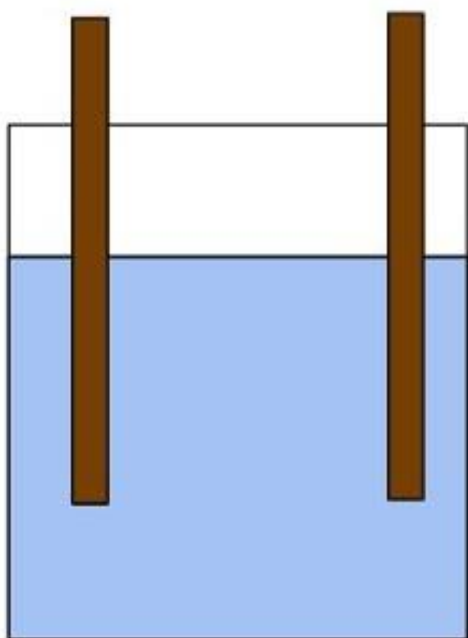
VA charakteristika

roztok síranu měďnatého, uhlíková katoda, měďná anoda

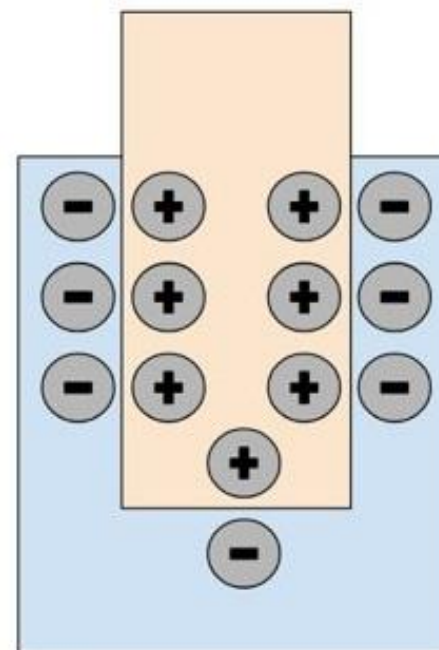
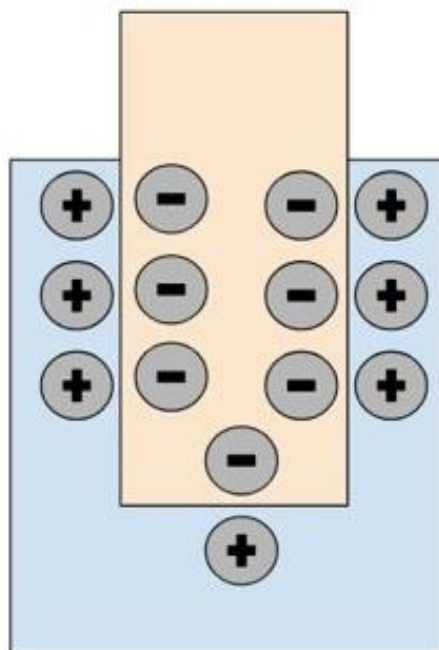


VA charakteristika

zředěná kyselina sírová, platinové elektrody



elektrická dvojvrstva



galvanické články, akumulátory

V galvanickém článku dochází k vytváření elektrické dvojvrstvy na rozhraní kovu a elektrolytu.

Akumulátor lze opakovaně dobíjet připojením ke zdroji napětí. Jeho kapacita udává celkový náboj, který akumulátor při vybíjení poskytne, a měří se v ampérhodinách (A·h).

Mezi běžné typy patří Voltův článek, Leclancheův článek, Danielův článek, olověný akumulátor a lithiový akumulátor.

Využití v praxi

Elektrometalurgie se zabývá výrobou čistých kovů z přírodních rud pomocí elektrolýzy.

Elektrolytické čištění kovů slouží k odstranění nečistot a získání vysoce čistých materiálů.

Galvanické pokovování umožňuje nanášení tenké vrstvy kovu na povrch jiného materiálu, zatímco galvanické leptání se využívá k přesnému odstraňování kovových vrstev. Galvanoplastika pak umožňuje vytvářet přesné kovové kopie předmětů pomocí elektrochemických procesů.

Polarografie je pak metoda využívaná k analýze látek na základě jejich elektrochemických vlastností.

V medicíně hraje elektrolýza důležitou roli, například při přenosu iontů v organismu.

Elektrolytický kondenzátor se skládá ze dvou hliníkových fólií, které jsou odděleny papírem napuštěným elektrolytem.

Při průchodu elektrického proudu se na anodě uvolňuje kyslík, který způsobuje oxidaci.

Vzniklá vrstva oxidu hlinitého má vysokou relativní permitivitu, což umožňuje těmto kondenzátorům dosahovat velké kapacity.

*„Nepoužívejte svou energii,
abyste se báli,
používejte svou energii,
abyste věřili.“*
Ralph Smart

Elektrický proud v plynech a ve vakuu

nesamostatný a samostatný výboj

samostatné výboje za atmosférického a sníženého tlaku

katodové záření

Za běžných podmínek je vzduch izolantem, což znamená, že nevede elektrický proud.

Pokud však dojde k ionizaci, neutrální částice se rozdělí na volné elektrony a ionty.

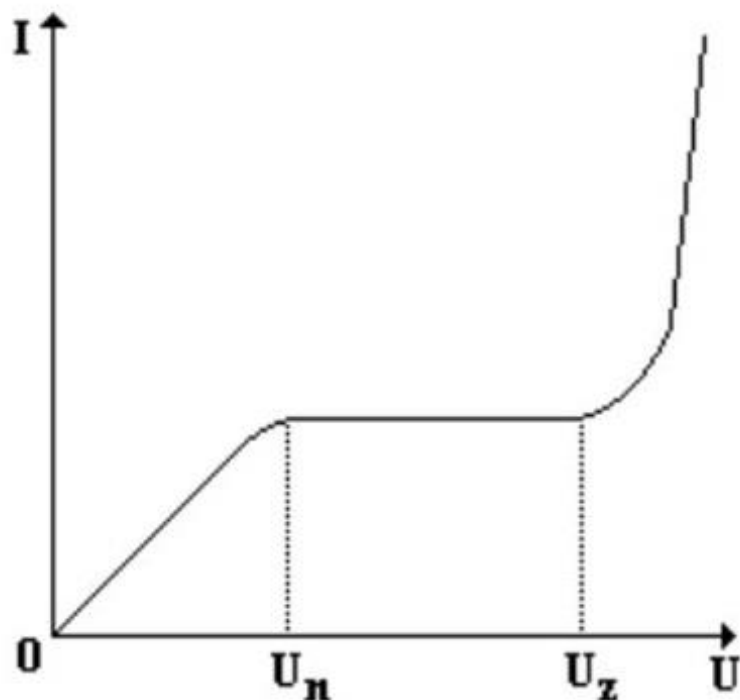
Tento proces může způsobit například plamen, krátkovlnné elektromagnetické záření nebo silné elektromagnetické pole, které fungují jako ionizátory.

Míra energie potřebná k odtržení elektronu z atomu se nazývá ionizační energie a značí se $[E] = \text{eV}$. Jeden elektronvolt odpovídá hodnotě $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Po ionizaci mohou elektrony a ionty opět spojit zpět do neutrálních částic, což se nazývá rekombinace.

Pokud v ionizovaném prostředí existuje elektrické pole, vzniká elektrický proud, který je tvořen usměrněným pohybem elektronů, kladných a záporných iontů.

Voltampérová charakteristika



nesamostatný výboj -
po odstranění
ionizátoru zaniká

samostatný výboj -
po odstranění
ionizátoru pokračuje
dál

obloukový výboj - za normálního tlaku



vysoká teplota
intenzivní zdroj světla



jiskrový výboj - za normálního tlaku



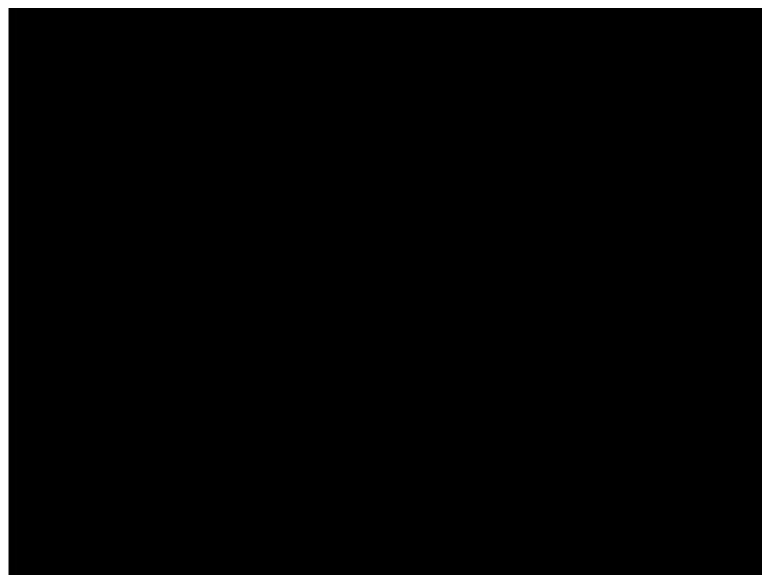
krátkodobý
doprovázen zvukovou vlnou
vysoká teplota

koróna - za normálního tlaku

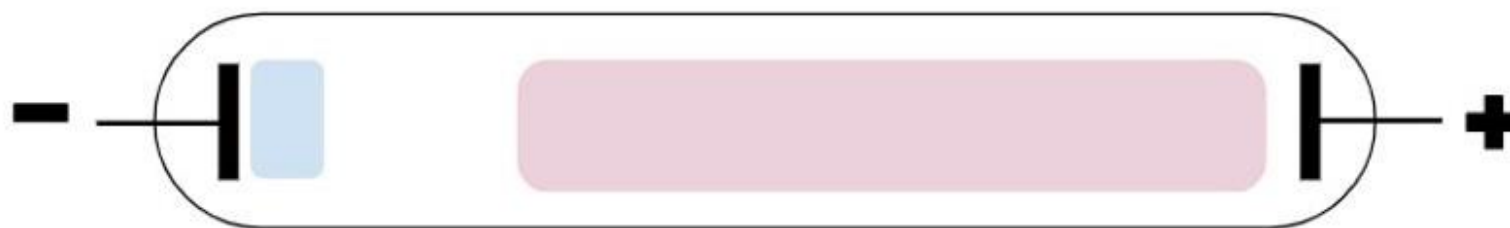


trsovité výboje v okolí
drátů, hran, hrotů...

Jacobův žebřík



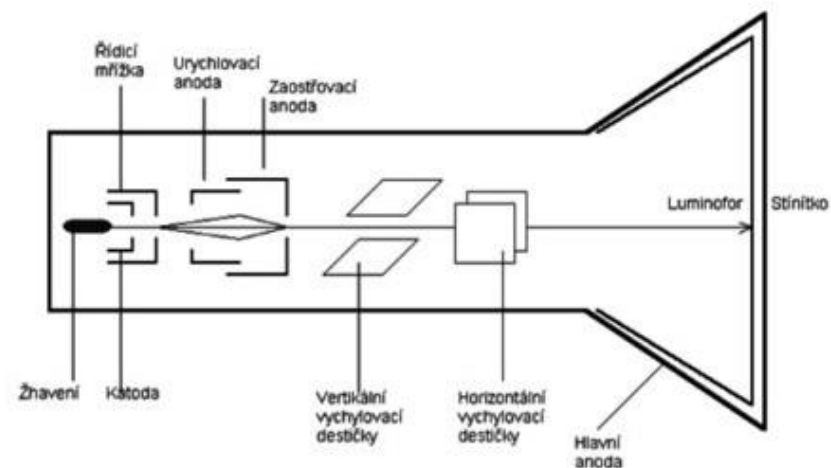
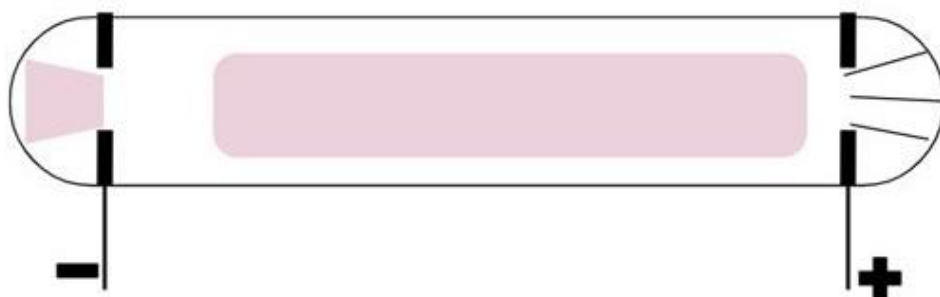
samostatný výboj za sníženého tlaku

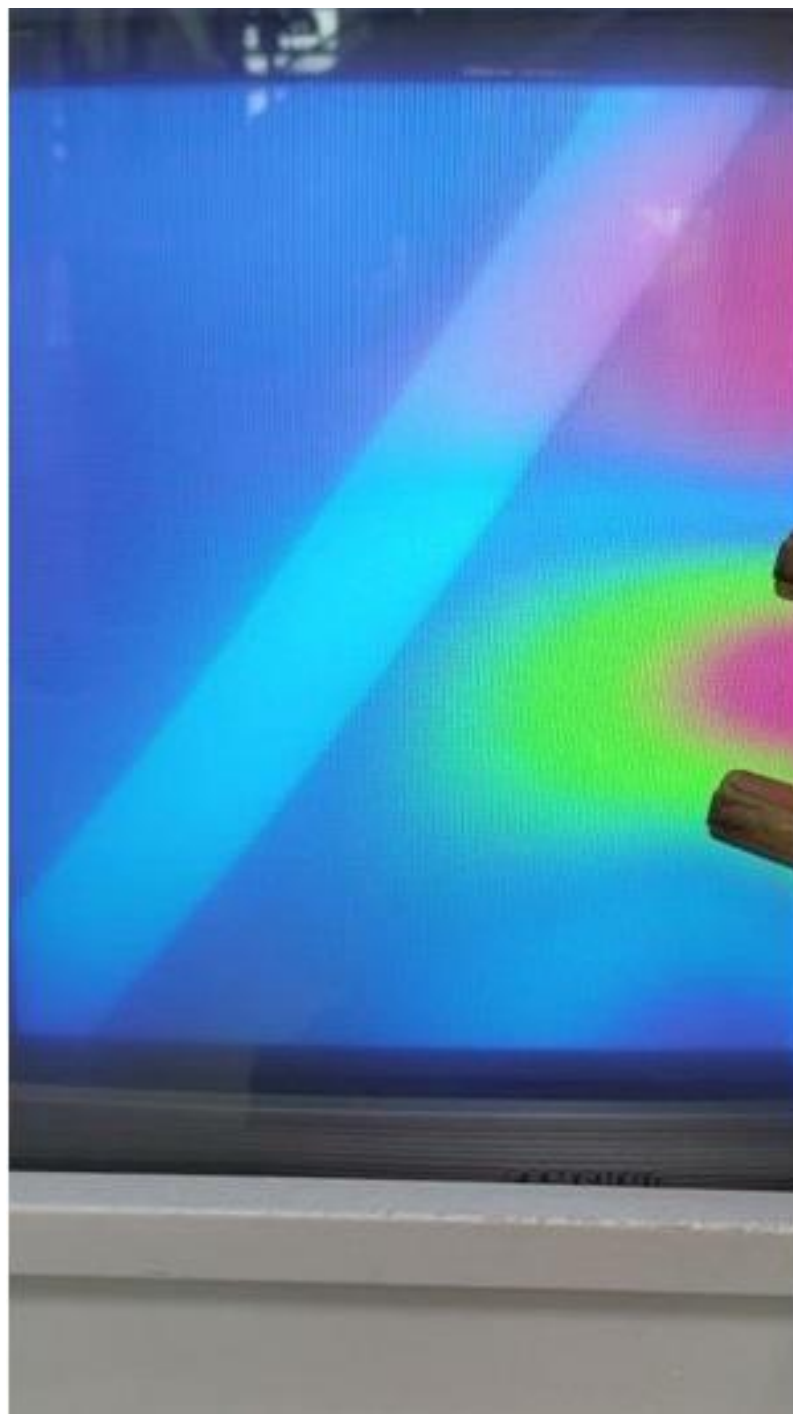


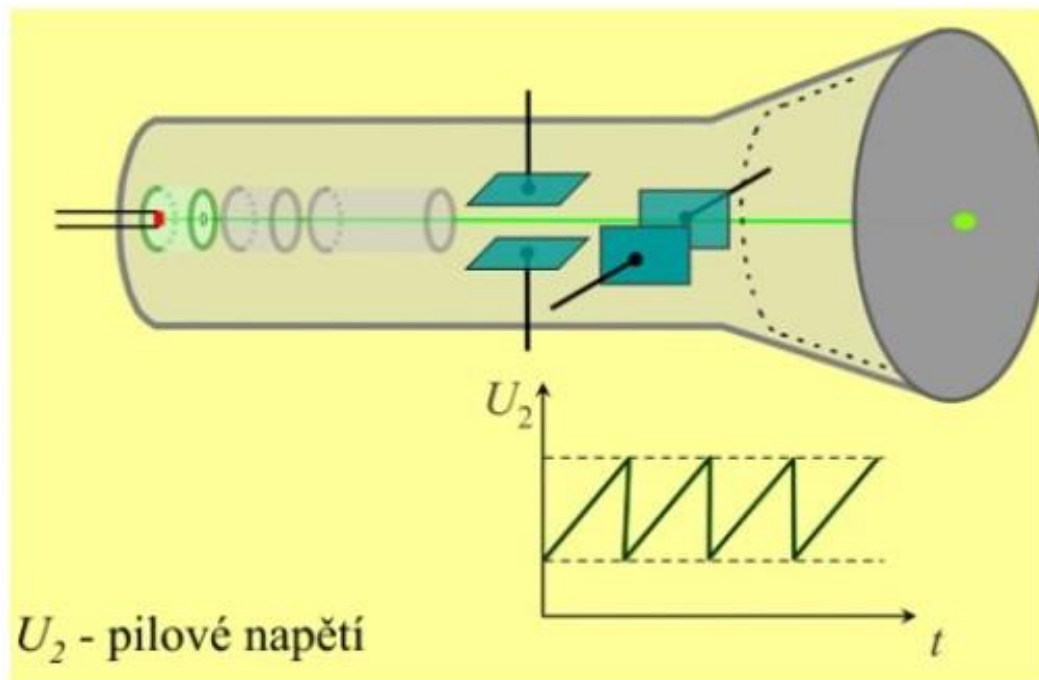
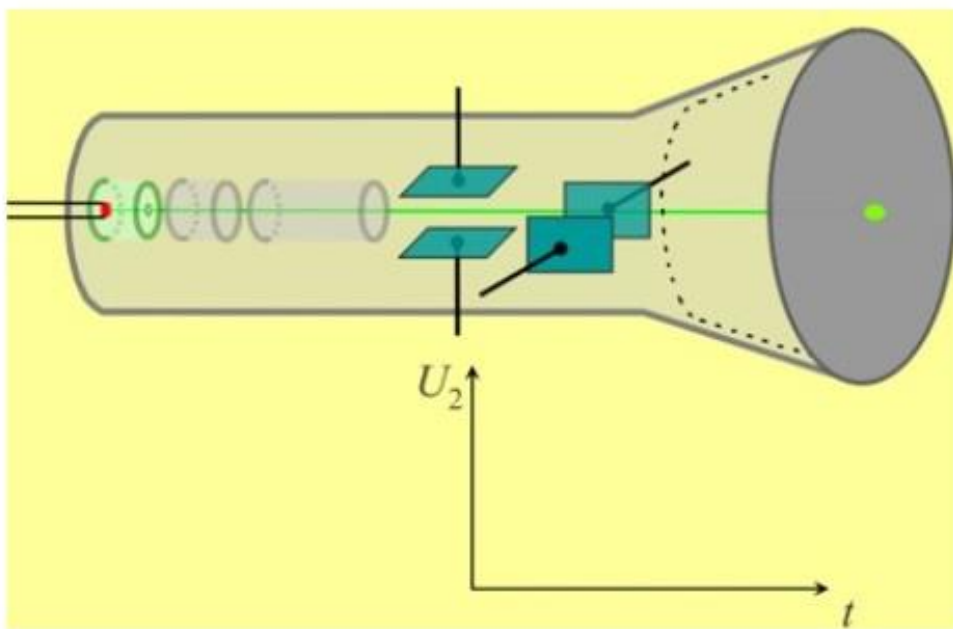
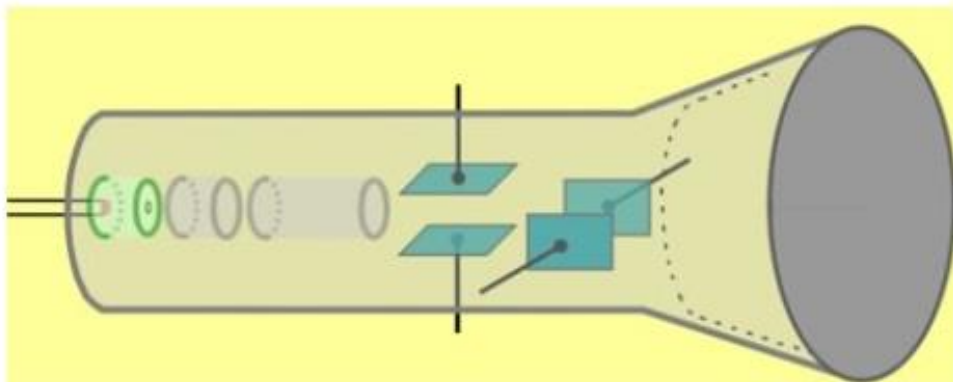
výboj za sníženého tlaku



katodové a kanálové záření, obrazovka





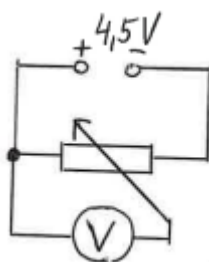


Pracovní list

Elektrické pole a elektrický proud

Výroba a ověření funkce děliče napětí

pomůcky: plochá baterie 4,5 V, čtverečkovaný papír, tužka s měkkou tuhou, LabQuest, voltmetr Vernier, spojovací vodiče, krokosvorky



1. na čtverečkovaném papíru vybarvěte přes jeho celou délku tužkou s měkkou tuhou pásek o šířce "1 čtverečku"; grafitový pásek teď představuje rezistor
2. zapněte LabQuest, připojte voltmetr, senzor vynulujte, vyberte zobrazení grafu
3. sestavte obvod podle schématu - k pólům baterie připojte papír pomocí krokosvorek, jeden vývod voltmetru připojte k jednomu kraji papíru, druhý vývod bude představovat pohyblivý jezdec
4. jezdec přitiskněte na jeden konec grafitové čáry; spusťte měření a **plynule** ho posouvejte na druhý konec čáry; pokud jste tuhu nanесли rovnoměrně (a odpor se tedy v různých místech moc neliší), bude závislost velikosti napětí na čase přibližně lineární
5. přepněte LabQuest na zobrazení hodnoty, vyznačte si $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ čáry; změřte hodnoty napětí pro tyto úseky a ověřte, jestli se celkové napětí "rozdělí" ve správném poměru

Detekce elektrického náboje

pomůcky: LabQuest, detektor el. náboje, plechovka, podložka z izolantu, různé látky (papír, plast, kůže, sklo, alobal...)

Při vzájemném tření dvou různých materiálů o sebe dochází k jejich elektrování, z povrchu těles se uvolňují elektrony - jedno těleso získá záporný náboj, druhé kladný.

Triboelektrická řada obsahuje látky, u nichž se z jejich pozice dá předem určit, jaký náboj při tření o jiný konkrétní materiál získají. Látka, která je blíže ke znaménku plus, bude elektrony odevzdávat, materiál, který je blíže ke znaménku mínus, tyto uvolněné elektrony přijme.

(kladný náboj)



vzduch

lidská kůže

králičí srst

sklo

lidské vlasy

nylon

vlna

hedvábí

hliník

papír

bavlna

ocel

dřevo

tvrdá guma

nikl, měď

mosaz, stříbro

zlato, platina

acetátová vlákna (umělé hedvábí)

polyester

přílnavá fólie

polyetylén

PVC

silikon

teflon

(záporný náboj)

Například papír se třením o PVC nabije kladně, ale při tření o sklo záporně.

1. Otestujte vybrané materiály z triboelektrické řady.

Plechovku postavte na podložku z izolantu. Zapněte LabQuest, k němu připojte sondu na měření náboje. Červený vývod čidla připevněte k plechovce, černý vývod pomocí dalšího delšího vodiče připojte k ochrannému kolíku v zásuvce (uzemnění).

Před každým měřením čidlo vynulujeme - na několik sekund stiskneme šedé tlačítko na těle čidla. (I přes toto opatření nedosáhneme úplné nuly.)

Vybereme dvojici materiálů - například brčko a papírový kapesník. Po vzájemném tření otřeme brčko o hranu plechovky, čidlo ukáže, jaký náboj brčko plechovce předalo.

Poznamenejme ho do tabulky a otestujeme další materiály.

2. Dokažte, že záporně zeledrovaným brčkem lze plechovku nabít jak záporně, tak kladně.

Brčko třete papírovým kapesníčkem a náboj přeneste na plechovku. Plechovka se nabije záporně.

Brčko třete papírovým kapesníčkem. Vložte brčko do plechovky aniž by se dotklo stěn, odpojte černý vývod měřicí sondy od ochranného kolíku (zrušte uzemnění). Čidlo by mělo ukázat kladný náboj. Vysvětlete.

Detekce elektrického náboje

1. Triboelektrická řada

do prvního sloupce doplň znaménko a velikost náboje, do druhého znaménko

látka, (těleso)	Q včetně znaménka	látka, (těleso)	znaménko
brčko		papír. kapesník	

2. Nabíjení plechovky

co se děje v plechovce během dotyku záporně nabitého brčka

co se děje v plechovce, pokud se k ní přiblíží (ale nedotkne) záporně nabitě brčko po "přerušení" uzemnění

Galvanický člunek

pomůcky: LabQuest, voltmetr Vernier, plíšky z různých kovů, nůž, slaná voda, citron, brambora apod.

V galvanickém člunku vzniká elektrické napětí mezi dvěma různými kovy (elektrodami), které jsou umístěné v elektrolytu (v našem případě zabodnuté v ovoci či zelenině, popř. ponořené ve slané vodě).

1. k zapnutému LabQuestu připojte voltmetr; klikněte na aktuální hodnotu napětí v červeném poli a zvolte Vynulovat
2. připravte si vzorky ovoce a zeleniny (rozkrojte a v případě nutnosti tvrdou dužinu nařízněte nožkem pro snadnější umístění plíšku)
3. k plíškům pomocí krokosvorek připojte voltmetr; do tabulky запиšte použité kovy, elektrolyt (druh ovoce či zeleniny) a naměřenou hodnotu napětí;
jedno měření proveďte se slanou vodou
4. vyhodnoťte, která dvojice kovů poskytla nejvyšší a která nejnižší napětí

Pozor

Elektrody se nesmí navzájem dotýkat a svorky voltmetru nesmí přijít do kontaktu s elektrolytem!

Galvanický člunek

naměřené hodnoty:

použité kovy	elektrolyt	napětí
	slaná voda	

závěr:

Odpor lidského těla

pomůcky: LabQuest, plochá baterie 4,5 V, voltmetr Vernier, mikrotenový sáček, slaná voda

To, že je lidské tělo vodivé, je známo. Pokud se stane součástí elektrického obvodu, může to být životu nebezpečné. Při následujícím pokusu budeme používat bezpečné napětí! Nebudeme měřit velikost proudu procházejícího tělem, ale napětí mezi různými místy na těle. Kde je nenulové napětí, tam teče proud...

1. zapněte LabQuest, připojte voltmetr, zvolte zobrazení hodnoty, senzor vynulujte
2. jeden vývod voltmetru připojte k jednomu pólu baterie; lidské tělo uzavře obvod tak, že jednou rukou uchopíme druhý pól baterie a druhý vývod voltmetru se bude dotýkat různých částí těla; pro porovnání změřte napětí mezi rukama po namočení do slané vody (slaná voda nahradí pot); naměřené hodnoty zapisujte do tabulky;
3. ověřte, že při malém napětí, by mikrotenový sáček posloužil jako izolant
4. změřte velikost napětí, pokud do obvodu zapojíte sériově více žáků

Odpor lidského těla

naměřené hodnoty

zapojené části	naměřené napětí (V)
ruka - ruka	
ukazováček a prostředníček na jedné ruce	
ruka - noha (lýtko)	
ruka - hlava (přes vlasy)	
ruka - čelo	
ruka - ruka přes sáček	
ruka - ruka (obě namočené ve slané vodě)	

ruka - ruka / počet lidí	naměřené napětí (V)
2	
3	

Určení odporu rezistoru

pomůcky: zdroj stejnosměrného napětí, ampérmetr, voltmetr, rezistory o různém odporu, vodiče

Určete z ohmova zákona velikost odporu rezistorů. Použijte tři rezistory, jejichž odpor je uveden na součástce a tři neoznačené.

1. nakreslete schéma obvodu
2. sestavte obvod, zapojte první rezistor; **pozor na polaritu ampérmetru a voltmetru**
3. u voltmetru nastate rozsah do 10 V
4. u ampérmetru nastavte rozsah do 250 mA; (pro některé rezistory je možné snížit až na 50 μ A)
5. u zdroje můžete nastavit hodnoty na 3 V, 5 V, 6V nebo 9 V
6. pro tři různé hodnoty napětí na zdroji odečtěte příslušnou hodnotu napětí na rezistoru a velikost proudu protékajícího rezistorem
7. opakujte pro další rezistory
8. pro jednotlivé rezistory vypočítejte odpory
9. v závěru u označených rezistorů porovnejte váš výsledek s hodnotou uvedenou výrobcem, u neoznačených uveďte průměrnou hodnotu odporu

Určení odporu rezistoru

schéma obvodu:

rezistory se známou hodnotou

rezistor	U (V)	I (A)	R (Ω)	průměr R (Ω)

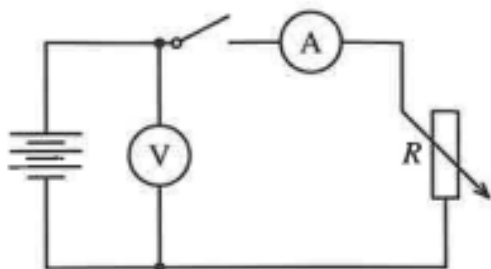
rezistory neoznačené

rezistor	U (V)	I (A)	R (Ω)	průměr R (Ω)

závěr:

Zatěžovací charakteristika zdroje

pomůcky: plochá baterie 4,5 V, LabQuest, voltmetr Vernier, ampérmetr Vernier, reostat, spínač, spojovací vodiče, krokosvorky



1. zapněte LabQuest
2. sestavte obvod podle schématu; spínač nechte otevřený, u reostatu nastavte maximální odpor; (pozor na polaritu měřících přístrojů - červený vodič k +)
3. připojte k LabQuestu voltmetr a ampérmetr, oba senzory vynulujte
4. přepněte na zobrazení grafu; graf - ukázat graf - zvolte 1 graf; opět graf - nastavení grafu - osa x - proud, osa y - napětí; na displeji teď vidíme jeden graf, napětí na svislé ose, proud na vodorovné ose
5. spusťte měření; protože není obvod uzavřený, voltmetr měří napětí na nezatíženém zdroji; po sepnutí spínače plynulým posouváním jezdce zvětšujeme proud v obvodu (zvyšujeme zatížení zdroje); čas měření je automaticky nastaven na 18 s

po ukončení měření bychom měli na displeji vidět lineární pokles napětí v nabídce zvolte analýza - fitovat křivku - zatrhněte napětí a z nabízených funkcí vyberte lineární

12.

Test

Elektrické pole a elektrický proud

Které tvrzení týkající se průběhu elektrolýzy je správné?

- a) kationt na anodě přijímá elektrony
- b) kationt na anodě odevzdává elektrony
- c) kationt na katodě odevzdává elektrony
- d) kationt na katodě přijímá elektrony

Ve jmenovateli výrazu pro vyjádření množství látky vyloučené elektrolýzou s použitím Faradayovy konstanty je násobek z . Jaká je jeho hodnota pro elektrolytické vyloučení zlata z roztoku chloridu zlatitého?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

“Kapacita” akumulátoru se vyjadřuje v jednotkách

- a) náboje
- b) proudu
- c) práce
- d) výkonu

Plyn se stává vodičem na základě

- a) ionizace
- b) excitace
- c) rekombinace
- d) disociace na atomy

Jaké množství tepla vznikne přeměnou z elektrické energie při desetihodinovém provozu elektrického vařiče o příkonu 0,5 kW?

- a) 1,8 kJ
- b) 18 MJ
- c) 1,8 kW.hod
- d) 1800 kW.hod

Dva rezistory, každý o odporu 30 k Ω , jsou zapojeny sériově (za sebou). Výsledný odpor činí

- a) 7,5 k Ω
- b) 60 k Ω
- c) 0,15 k Ω
- d) 15 k Ω

Úplným vybitím akumulátoru by se přenesl celkový náboj 180 kC. Převeďte tuto hodnotu na obvykle udávanou hodnotu v Ah:

- a) 50 Ah
- b) 100 Ah
- c) 150 Ah
- d) 200 Ah

Tři druhy částic (kladně nabití ionty, záporně nabití ionty a elektrony) se podílejí na přenosu náboje

- a) v kovech
- b) v elektrolytech
- c) v polovodičích
- d) v ionizovaném plynu

Vodičem prochází konstantní proud 25 mA. Určete celkový náboj částic, které prošly průřezem vodiče za 40 minut.

- a) 10 C
- b) 30 C
- c) 60 C
- d) 60 kC

Mezi typické izolanty nepatří

- a) křemík
- b) sklo
- c) slída
- d) sulfid kademnatý

Hodnoty relativních permitivit jsou následující: suchý vzduch - 1,0006, parafín - 2,0 - 2,2, voda - 81,6. V kterém prostředí bude za jinak stejných podmínek nejmenší intenzita elektrického pole?

- a) ve vakuu
- b) v suchém vzduchu
- c) v parafínu
- d) ve vodě

Která z uvedených veličin je skalár?

- a) intenzita elektrického pole
- b) velikost elektrické síly
- c) permitivita prostředí
- d) elektrický náboj

Elektrické pole v okolí bodového elektrického náboje

- a) je nehomogenní
- b) má stejnou intenzitu pro každý bod v dané vzdálenosti
- c) je axiální
- d) je radiální

Při vložení izolantu (dielektrika) do elektrického pole

- a) se částice dávají do pohybu jedním či druhým směrem podle znaménka svého náboje
- b) získá dielektrikum kladný náboj
- c) se částice dielektrika polarizují (pokud nebyly dipóly přítomny) a orientují
- d) získá dielektrikum záporný náboj

S konstantou zvanou permitivita se setkáváme

- a) ve vzorci pro výpočet kapacity deskového kondenzátoru
- b) ve vzorci pro měrný odpor materiálu
- c) ve Faradayových zákonech elektrolýzy
- d) v Coulombově zákonu