

Úvod

- Elektřina je pojem, který sjednocuje elektrostatické, elektrodynamické a elektromagnetické jevy.
- Jedná se o usměrněný pohyb elektronů v rámci nějakého vodiče.
- Dále se jako elektřina označuje komodita
- Počátky elektrostatiky pozorovány již v 6. století př. n. l. řeckým filozofem Thalesem – pozoroval přitažlivé síly vznikající třením jantaru, který následně přitahoval kousky slámy.
- Odtud slovo „elektron“ – řecký název pro jantar

El. vlastnosti látek souvisí se stavbou atomů – proton, neutron a elektron

- Za normálních podmínek je rovnováha mezi protony a elektrony
- Pokud se tato rovnováha poruší → elektricky nabitá tělesa (+) a (-)

Příčinou těchto jevů jsou elektrické síly (přitažlivé či odpuzivé)
→ elektricky nabitá tělesa

Tělesa jsou nositelem elektrického náboje



Elektrický náboj Q

Elementární náboj e



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



3



Elektrický náboj Q

Vyjadřuje elektrické vlastnosti těles

- ✓ Náboj kladný
- ✓ Náboj záporný
- Skalární fyzikální veličina
- Jednotka - coulomb C

Vysvětlivky:

C ... kapacita vodiče

U ... napětí

I ... proud

t ... čas

E ... Intenzita elektrického pole

F ... elektrická síla

1 Coulomb vyjadřuje množství náboje, které projde průřezem vodiče za 1 sekundu, protéká-li jím proud o 1 ampéru.

$$Q = C \cdot U = I \cdot t \quad \text{nebo také ze vzorce } E = \frac{F}{Q} \rightarrow Q = \frac{F}{E}$$

- Tělesa s elektrickým nábojem na sebe navzájem působí buď přitažlivými nebo odpudivými silami.
- Pro velikost přitažlivé nebo odpudivé síly F_e mezi dvěma náboji platí Coulombův zákon
- Elektrický náboj je dělitelný – viz. Elementární náboj e



Elementární elektrický náboj e

= nejmenší možný náboj, který mají elementární částice

- Nedá se dále dělit
 - proton $+e$
 - elektron $-e$
- každý existující náboj je celočíselným násobkem elementárního náboje
- Náboj protonu (popř. elektronu) $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$



Zákon zachování elektrického náboje

- Náboj lze přenášet z jednoho tělesa na druhé, ale v elektricky izolované soustavě těles se celkový náboj nemění

=

- Náboj nevzniká ani nezaniká, pouze se přenáší
- Elektrické náboje na sebe působí elektrickou silou F_e
 - Souhlasně nabitá tělesa se odpuzují
 - Nesouhlasně nabitá tělesa se přitahují



Coloumbův zákon

Grafická podoba Coulombova zákona



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



7



Coulombův zákon

- Vyjadřuje míru vzájemného silového působení elektricky nabitých těles
 - ✓ *Velikost elektrické síly, jíž se dva nehybné bodové náboje přitahují nebo odpuzují, je přímo úměrná součinu těchto nábojů a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti těchto nábojů.*
- Je obdobou Newtonova gravitačního zákona

$$F_e = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Q_1, Q_2 ... velikost nábojů

r ... vzdálenost nábojů

k ... konstanta úměrnosti pro vzduch a vakuum $\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

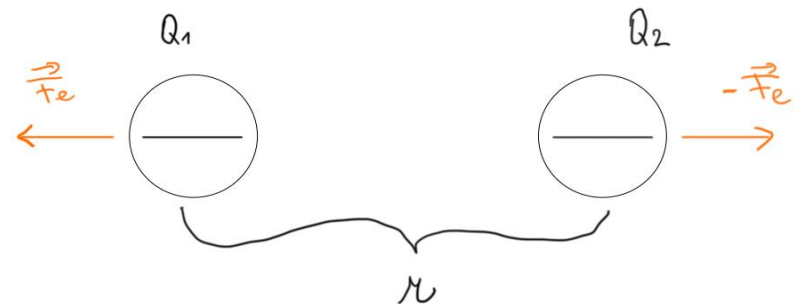
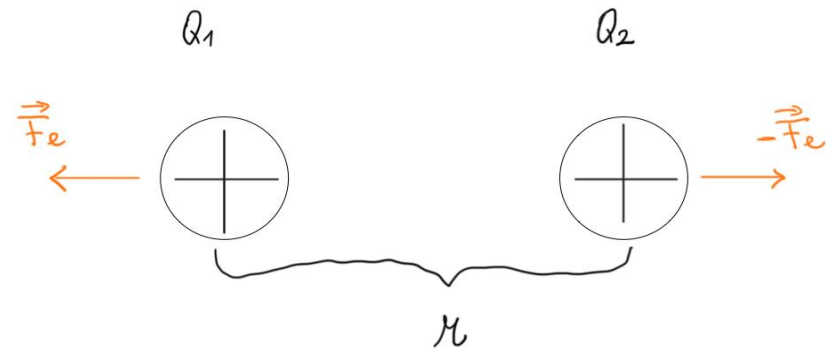
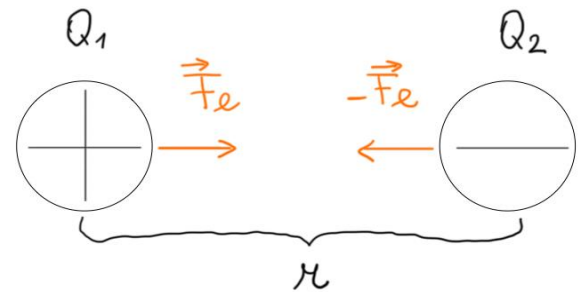
ϵ ... permitivita prostředí – charakterizuje prostředí mezi deskami $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

ϵ_0 ... permitivita vakua

ϵ_r ... relativní permitivita prostředí, vždy větší než 1



Grafická podoba Coulombova zákona



Vedení proudu v látkách a skupenstvích



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



10



Látky dle schopnosti vést proud dělíme na:

- Vodič – látka se spoustou volných elektronů, proto vede elektrický proud, s rostoucí teplotou roste elektrický odpor
- Nevodič– neobsahuje částice s nábojem nebo jen velmi málo, takže nevede elektrický proud, jinak také dielektrikum, izolant, izolátor
- Polovodič - s rostoucí teplotou elektrický odpor klesá, může vést proud, závisí na podmínkách
- Supravodič – látky, které při ochlazení pod určitou teplotu vykazují téměř nulový odpor při vedení elektrického proudu



Vedení elektrického proudu v různých skupenstvích

Pevné:

- Vodič – kovy (Au, Ag, Cu, Al, Fe)
- Nevodič – sklo, plast, guma, parafín, suché dřevo

Kapalné:

- Vodič – roztoky některých látek, neboli elektrolyty (roztoky solí, mokré dřevo)
- Nevodič – destilovaná voda

Plynné:

- Za normálních podmínek plyny a vzduch – nevodič
- Za vyšší vlhkosti, při velkém elektrickém náboji je vzduch vodič – jiskrový výboj (blesk)



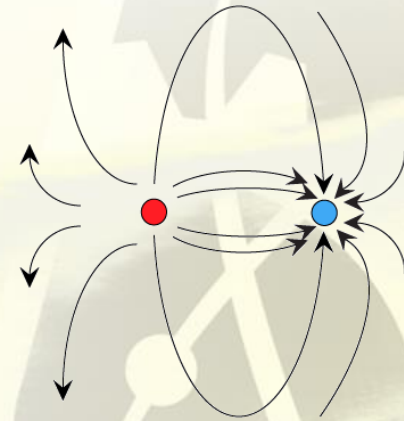
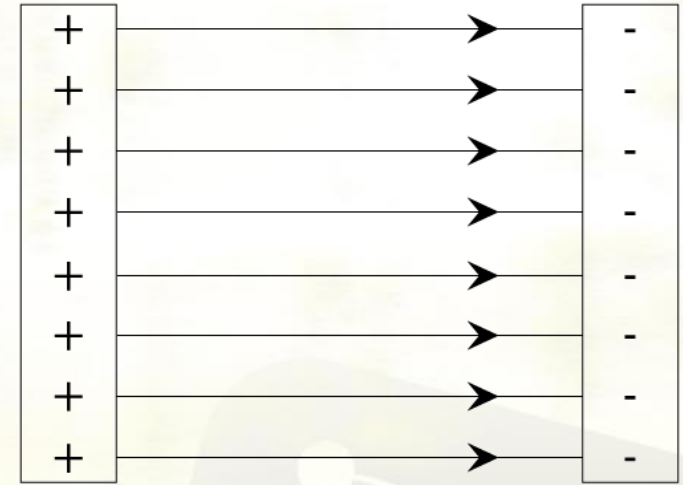
Elektrické pole

= silové pole, v němž na tělesa nebo částice s elektrickým nábojem působí elektrická síla

- Vždy se kumuluje kolem elektricky nabitého tělesa nebo částice s elektrickým nábojem.
- Siločáry elektrického pole – myšlené čáry, mající směr od kladného náboje k zápornému, v případě osamoceneného náboje ubíhají do nekonečna. 2 druhy:
 - Homogenní pole
 - Nehomogenní pole

Veličiny charakterizující elektrické pole:

1. Intenzita elektrického pole E
2. Elektrický potenciál φ



Práce elektrického pole W

- Při přenesení náboje Q ve vnější části elektrického obvodu mezi místy, mezi kterými je napětí U , vykoná elektrické pole a tedy i elektrický proud práci:

$$W = U \cdot Q$$

- Je-li proud v obvodu konstantní, pak pro práci elektrického proudu vykonanou v průběhu doby t platí:

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

- Jednotkou práce je Joule.



Intenzita elektrického pole E

- Vektorová veličina – vyjadřuje velikost a směr elektrického pole
- Intenzita elektrického pole E je rovna elektrické síle působící na kladný jednotkový elektrický náboj Q

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

- Jednotka – (newton na coulomb) $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$
- V zákl. jednotkách SI soustavy = $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$

Nebo za předpokladu, že se nachází mezi dvěma nesouhlasně nabitými deskami homogenní elektrické pole, pak vztah pro výpočet intenzity elektrického pole je:

$$E = \frac{U}{d}$$

- Jednotka – (volt na metr) $\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$



Elektrický potenciál φ

- Skalární veličina
- Potenciál určujeme pro určitý bod elektrického pole
- Definován jako podíl potenciální energie a velikosti náboje
 - potenciální energie E_p elektrického pole je veličina, která nám říká, kolik energie potřebujeme k přemístění náboje z nekonečna do jeho současné pozice

$$\varphi = \frac{E_p}{Q_0}, \text{ kdy } E_p \text{ je potenciální energie náboje } Q_0.$$

- Jednotka – Volt
- Potenciál klesá se vzdáleností od náboje.
- Pro potenciál buzený (vytvářený) bodovým nábojem Q ve vzdálenosti r platí:

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

- Rozdíl potenciálu mezi dvěma místy v elektrostatickém poli se označuje jako napětí \rightarrow
 $U = \varphi - \varphi_1$



Obvody a jejich zapojení



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



17



Elektrický obvod

- Tvořen soustavou elektrických zdrojů napětí, spotřebičů, případně dalších elektrotechnických součástí, které jsou spojeny vodiči.
 - Elektrický spotřebič – zařízení v němž se elektrická energie mění v jinou energii, např. světelná v žárovce, tepelná v ohřívači, mechanická v elektromotoru atd.
 - Zdroj napětí – zařízení, které vytváří v obvodu elektrické pole tím, že mezi dvěma póly zdroje je udržován rozdíl potenciálů

Do obvodu lze zapojit také voltmetr, ampérmetr, rezistor atd. Přístroje však nesmí zásadně ovlivnit podmínky v obvodu

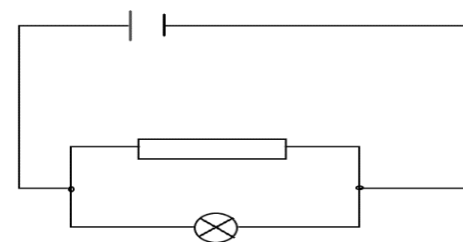
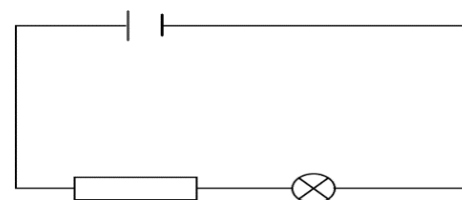
- Voltmetr – musí mít co největší odpor
- Ampérmetr – musí mít co nejmenší odpor



Sériové a paralelní obvody

- Sériový obvod nemá žádná větvení, součástky jsou zapojeny za sebou podobně jako vagóny ve vlaku.
- Připojením další součástky do sériového obvodu se změní napětí na všech ostatních spotřebičích.
- Pokud se v některém místě sériový obvod přeručí, přestanou fungovat všechny spotřebiče.

- Paralelní obvod obsahuje body větvení (uzly), součástky jsou zapojeny vedle sebe.
- Domovní elektrospotřebiče se zapojují k síti paralelně.



Kapacita vodiče C

- Kapacita C je schopnost vodiče pojmout elektrický náboj - čím větší kapacitu vodič má, tím více elektrického náboje dokáže vodič pojmout.
- Jednotkou je Farad – v praxi se většinou používají jednotky mnohem menší než 1F, např.:
 - mikrofarad $\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$
 - nanofarad $\text{nF} = 10^{-9} \text{ F}$
 - pikofarad $\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$
- Při kapacitě 1F je vodič schopen pojmout náboj 1C při napětí 1V.
- Deskový kondenzátor C je tvořen dvěma rovnoběžnými deskami, kdy desky kondenzátoru nemusí být stejné nebo se nemusí překrývat, tudíž musíme do výpočtu zahrnout účinnou plochu – plošný obsah částí desek S , které se překrývají ve vzájemné vzdálenosti d , oddělené dielektrikem (izolantem) o permitivitě ε :

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

- Kapacita kondenzátoru je tím větší, čím větší je účinná plocha desek S a čím menší je jejich vzdálenost d a také na kvalitě dielektrika.
- Poznámka: Převrácená hodnota kapacity je tzv. dielektrický odpor R_d

Kondenzátor (kapacitátor)

- https://www.barts.cz/domains/barts.cz/images/web/elektronika/kond_elektrolyt.jpg
- Zařízení, ukládající elektrickou energii tím, že na jedné vodivé destičce (elektrodě) udržuje kladný náboj a na druhé, která je od té první oddělena izolačním materiálem, udržuje náboj záporný.
- Tyto náboje se přirozeně přitahují, ale izolace jim brání v tom, aby se přiblížily.
- V kondenzátoru je tak uložena potenciální energie a k jejímu uvolnění dojde v okamžiku, kdy je nábojům umožněno se dostat k sobě. V nejjednodušším případě nabijeme kondenzátor tak, že z jedné (kladné) destičky přemístíme elektrony na druhou (zápornou).



Energie elektrického pole v kondenzátoru

- Můžeme vypočítat energii kondenzátoru, kde C je kapacita kondenzátoru a U je napětí mezi jeho deskami.

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

Nebo

$$E_e = \frac{Q^2}{2C}$$



Kondenzátory a jejich zapojení

- a) sériové
- b) paralelní

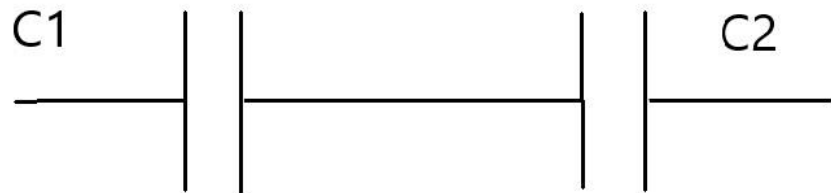


Sériové zapojení kondenzátorů

- Napětí U je dáno součtem napětí na obou kondenzátorech
- Náboje Q jsou na jednotlivých kondenzátorech stejné, takže platí:

$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

- Výsledná kapacita je dána vztahem pro n kondenzátorů: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \dots + \frac{1}{C_n}$



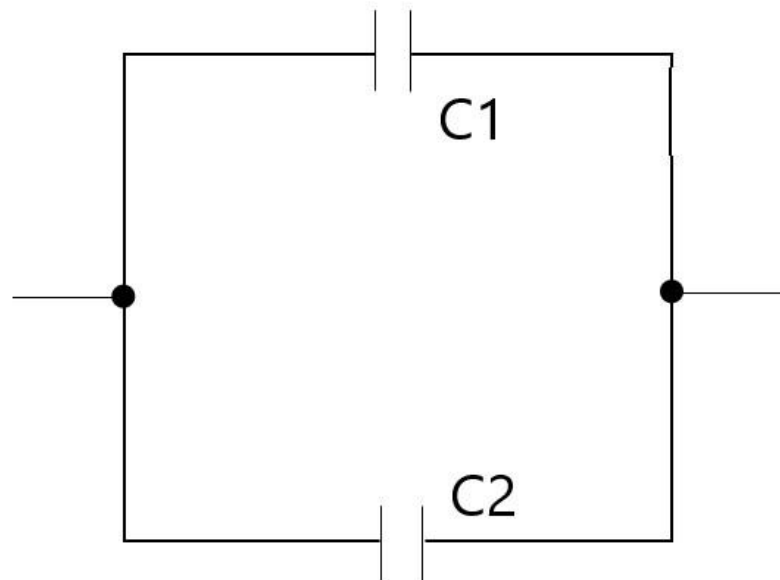
Paralelní zapojení kondenzátorů

- Napětí U je na obou kondenzátorech stejné
- Pro výsledný náboj Q platí:

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U = C \cdot U$$

- Výsledná kapacita kondenzátorů:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

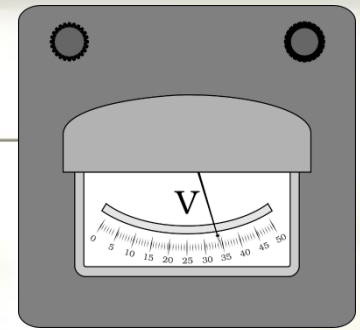


Užití kondenzátorů

- Elektronika – filtrace, časování
- Startéry motorů
- Blesky foťáků
- Paměťové obvody v PC (DRAM)
- Dotykové senzory



Napětí U



- Jednotka - V (Volt)

$$U = R \cdot I \text{ a } U = \frac{W}{Q}$$

- Kdy W je práce vykonaná elektrickou silou při přemístování náboje Q
Pohyb částic – uspořádaný a neuspořádaný
 - když je vodič připojen ke zdroji napětí, elektrony se pohybují jedním směrem
 - když vodič není připojen ke zdroji, elektrony se pohybují neuspořádaně

Zdroje elektrického napětí: chemické, mechanické, tepelné, fotoelektrické, fyziologické

Napětí se měří voltmetrem nebo digitálním multimetrem, který se zapojuje paralelně se spotřebičem, na němž napětí zjišťujeme

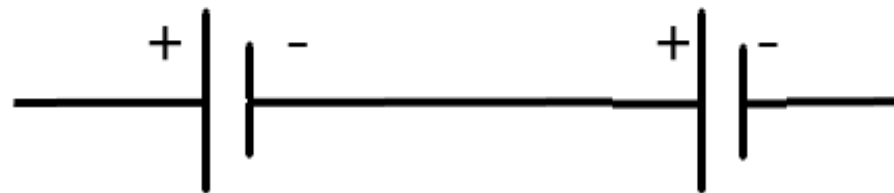


Zdroje napětí a jejich zapojení

- Vzájemným spojením zdrojů → elektrická baterie
- Spojením lze dostat zdroj, poskytující větší napětí nebo dodávající vyšší proudy
- Zdroje lze spojovat a) sériově i b) paralelně.

a) Sériové spojení zdrojů spojuje kladný pól jednoho zdroje se záporným pólem zdroje následujícího.

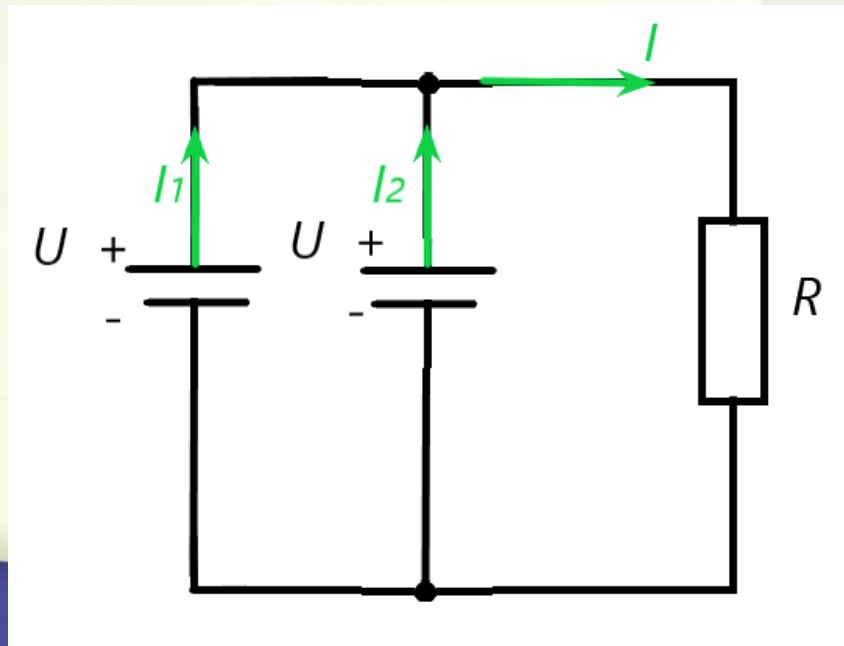
- Výsledné napětí celé baterie je rovno součtu napětí jednotlivých zdrojů: $U_e = U_{e1} + U_{e2}$



b) Paralelní spojení zdrojů spojuje kladné póly všech zdrojů a také záporné póly všech zdrojů.

- Výsledné napětí baterie je stejné jako napětí jednotlivých zdrojů, ale může dodávat vyšší proud:

$$I = I_1 + I_2$$



Elektromotorické napětí U_e

- napětí na svorkách nezatíženého elektrického zdroje, tj. zdroje, ze kterého se neodebírá elektrický proud
- Pokud na zdroj nepřipojíme žádný spotřebič, neodebíráme proud \rightarrow nemáme žádný úbytek napětí na vnitřním odporu \rightarrow a tedy to, co změříme, je právě elektromotorické napětí.
- V podstatě ideální „plný výkon“ baterie.

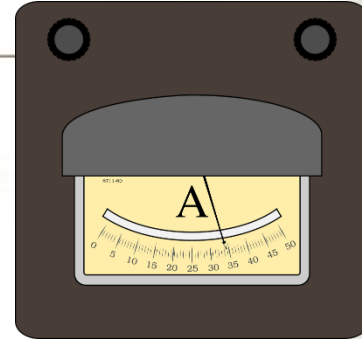


Napětí na svorkách

- je reálné napětí, které změříš mezi kladným a záporným pólem zdroje – například baterie – v momentě, kdy je připojen ke spotřebiči a prochází jím proud.
- Když navrhuješ nebo měříš obvody, musíš počítat s tím, že napětí na svorkách bude nižší, než co říká štítek baterky.
- Zvlášť důležité třeba u napájení citlivé elektroniky, kde i malý pokles napětí může způsobit chyby.
- Napětí na svorkách je to, co opravdu „leze ven“ ze zdroje – a často je menší než elektromotorické napětí kvůli ztrátám uvnitř.



Elektrický proud /



- Skalární veličina – vzniká, když se pohybuje náboj.
- Jednotka – Ampér [A]
- Uspořádaný pohyb volných částic s elektrickým nábojem:
 1. Volné elektrony
 2. Volné kladné nebo záporné ionty → Výpočet celkového náboje $|Q| = |Q_1| + |Q_2|$

Elektrický proud se rovná celkovému množství elektrického náboje, který projde průřezem vodiče za 1 s.

- Když vodičem projde za dobu t náboj Q , tak platí:

$$I = \frac{Q}{t} \text{ [A]}$$

2 typy proudu: stejnosměrný DC (direct current) a střídavý AC (alternating current)

- Elektrický proud se měří ampérmetrem nebo multimetrem (ukazuje I i U)
- Zapojujeme do série se spotřebičem, jímž proud prochází, dle dohody proud prochází od kladného pólu k zápornému pólu zdroje.
- Pokud je v obvodu elektrický proud, existuje v něm i elektrické napětí → základní obvodové veličiny.

$$I = \frac{U}{R} \text{ [A]}$$



Elektrická indukce D

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

- Elektrická indukce se číselně rovná indukovanému náboji na jednotkové ploše vodiče vloženého do elektrostatického pole.
- Vektorová veličina
- Její směr je kolmý k ploše v takové poloze, kdy indukovaný náboj je největší.
- Vztah s intenzitou elektrického pole:

$$D = \varepsilon \cdot E$$



Elektrický odpor R

- Odpor vodiče při dané teplotě závisí na jeho délce l , kolmém průřezu S a na použitém materiálu, ze kterého je vodič vyroben.
- Měrný elektrický odpor neboli rezistivita ρ charakterizuje materiál vodiče [$\Omega \cdot m = \text{ohm} \cdot \text{metr}$].

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

- $R = \frac{U}{I} \rightarrow$ vyjádření jednotky v základních jednotkách SI:

$$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}}{A}$$

- Závisí na teplotě:
 - kovy – s vyšší teplotou roste,
 - nekovy a polovodiče – s vyšší teplotou klesá
- Tato závislost na teplotě je přibližně lineární a je dána vztahem:

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

Kde R je odpor při teplotě t , R_0 je odpor při teplotě t_0 a α je teplotní součinitel elektrického odporu, charakteristický pro daný materiál.

Rezistor

- Rezistory jsou elektrotechnické součástky, nezbytné pro fungování veškeré elektroniky – mají velký fixní odpor.
- Primárním důvodem je však snížení elektrického proudu → Omezením proudu tak dochází k žádoucímu napěťovému úbytku.
- Dalšími vlastnostmi rezistoru jsou pak ochrana vůči zkratu v obvodech, regulace výkonu atd.
- Tyto součástky se vyrábějí z materiálů, pro které je charakteristický malý součinitel tepelného odporu. Změna teploty má tak na hodnotu odporu jen minimální vliv.
 - Reostat – rezistor, jehož odpor můžeme plynule měnit.



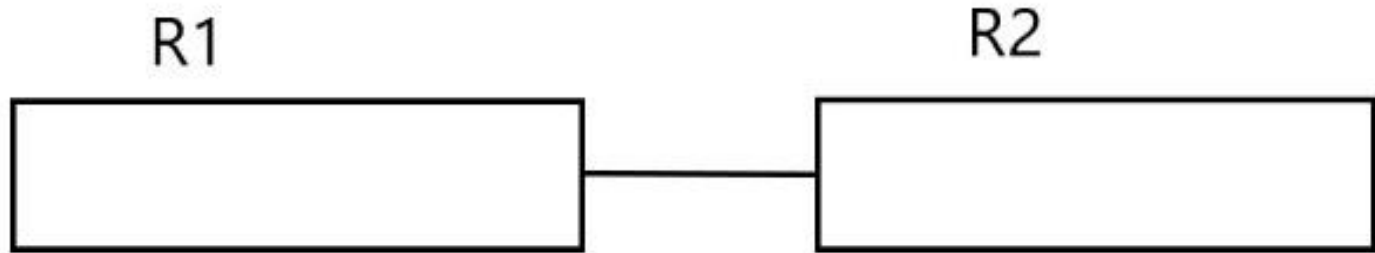
Zapojení rezistorů

- a) Sériové
- b) Paralelní



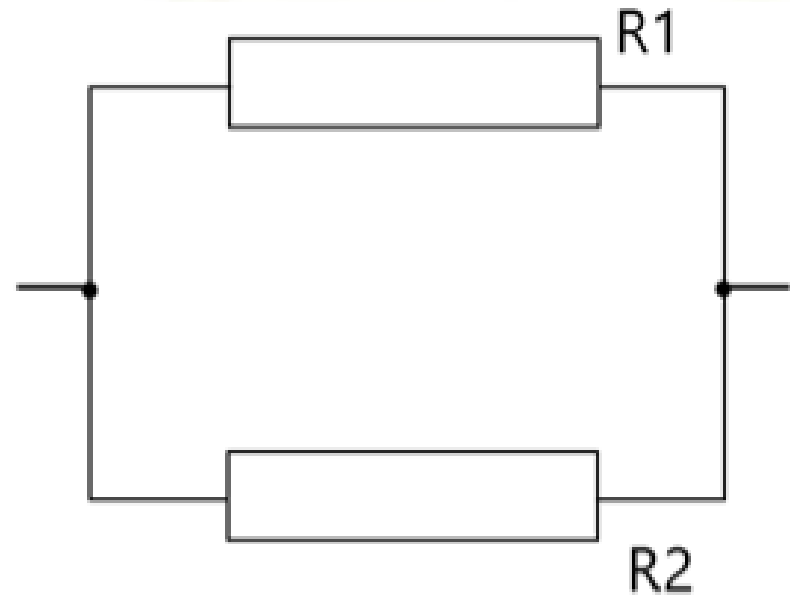
Sériové zapojení rezistorů

- Tzv. za sebou
- Všemi prochází stejný proud I
- Napětí $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$
- Odpor $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$



Paralelní zapojení rezistorů

- Tzv. vedle sebe
- Stejné napětí U
- Odpor $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots \frac{1}{R_n}$
- Proud $I = I_1 + I_2 + \dots I_n$



Elektrická vodivost G

- Převrácenou hodnotou odporu je vodivost G a jednotkou vodivosti je siemens - $S = \frac{1}{\Omega}$

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



Výkon elektrického proudu P

- Výkon P elektrického proudu I je určen vykonanou prací za jednotku času:

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

- Jednotkou výkonu je watt.



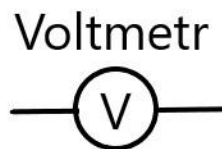
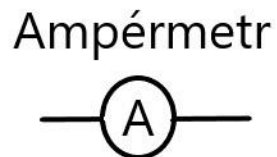
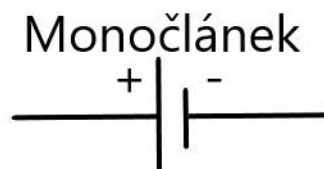
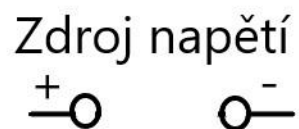
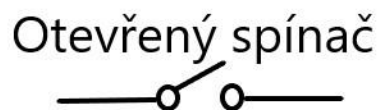
Joulovo teplo

- Průchodem proudu se vodiče zahřívají, protože:
 - Elektrická síla ve vodiči urychluje elektrony, ty narážejí na ionty, ze kterých je sestaven krystal.
 - Nárazem se ionty rozhýbají a tím se teplota vodiče zvýší.
 - V elektrickém vedení ale zahřívání způsobuje ztráty energie
- Nedochozí-li k jiné spotřebě elektrické energie v obvodu, pak se veškerá energie dodávaná po dobu t spotřebovává na zahřívání vodičů → mění se na tzv. **Joulovo teplo**

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



Schématické značení



Příklady



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



43



Příklad 1

Dva stejné náboje $Q_1 = Q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ se odpuzují ve vzduchu, $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ silou $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Jaká je mezi těmito náboji vzdálenost?

$$F_e = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{k \cdot Q_{12}^2}{F_e}}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot (5 \cdot 10^{-8})^2}{2,5 \cdot 10^{-4}}} \\ &= 30 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 30 \text{ cm} \end{aligned}$$



Příklad 2

Stanovte kapacitu rovinného kondenzátoru. Plocha elektrod je $4 \cdot 10^4 \text{ cm}^2$, dielektrikum je kondenzátorový papír s poměrnou permitivitou 3, jehož tloušťka je 0,1 mm. Permittivita vakua činí $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

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

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

$$C = 3,8854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{4}{0,1 \cdot 10^{-3}}$$
$$= 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C = 1,06 \mu\text{F}$$

Název	Násobek
Nano - n	10^{-9}
Mikro - μ	10^{-6}
Mili - m	10^{-3}
Centi - c	10^{-2}
Deci - d	10^{-1}
Deka - da	10^1
Hekto - h	10^2
Kilo - k	10^3
Mega - M	10^6
Giga - G	10^9

Příklad 3

V určitém bodě elektrického pole kladného bodového náboje (vakuum) působí na náboj $Q_0=50$ nC síla o velikosti $F_e=10^{-4}$ N. Určete intenzitu elektrického pole v tomto bodě.

$$E = \frac{F}{Q}$$

$$E = \frac{10^{-4}}{50 \cdot 10^{-9}}$$

$$E = 0,02 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \\ = 2000 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$$

Název	Násobek
Nano - n	10^{-9}
Mikro - μ	10^{-6}
Mili - m	10^{-3}
Centi - c	10^{-2}
Deci - d	10^{-1}
Deka - da	10^1
Hekto - h	10^2
Kilo - k	10^3
Mega - M	10^6
Giga - G	10^9

Příklad 4

Kolik elektronů odpovídá náboji $Q = 3,2 \cdot 10^{-19}$?

$$n = \frac{Q}{e}$$

Elementární náboj $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$n = \frac{3,2 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$n = 2$$



Příklad 5

Dvě kuličky zanedbatelného objemu s elektrickým nábojem stejné velikosti $2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ se navzájem přitahují ve vakuu silou. Určete tuto sílu, pokud náboje jsou ve vzdálenosti 30 cm.

Q_1, Q_2 ... velikost nábojů

r ... vzdálenost nábojů

k ... konstanta úměrnosti pro vzduch a vakuum $\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

ϵ ... permitivita prostředí – charakterizuje prostředí mezi deskami $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

ϵ_0 ... permitivita vakua

ϵ_r ... relativní permitivita prostředí, vždy větší než 1

$$F_e = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$F_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{(3 \cdot 10^{-1})^2}$$

$$F_e = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$



Příklad 6

Určete intenzitu elektrického pole ve vzdálenosti $d=0,3$ m od bodového náboje $Q= 2 \cdot 10^{-9}$ C ve vakuu.

$$E = \frac{F}{Q}$$

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

$$E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,3^2}$$

$$E = 200 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$$



Příklad 7

Kondenzátor s kapacitou $C_1=12 \mu\text{F}$ byl nabit na napětí $U_1=96 \text{ V}$. K tomuto kondenzátoru byl paralelně připojen kondenzátor s kapacitou $C_2=18 \mu\text{F}$, který byl nabit na napětí $U_2=62 \text{ V}$. Stanovte napětí na kondenzátorech po jejich spojení.

- Při paralelním zapojení je napětí U na obou kondenzátorech stejné.

1. Nejdříve je nutné vypočítat náboj na kondenzátorech, protože celkové napětí se stanoví jako $U = \frac{Q}{C}$.

2. $Q_1 = C_1 \cdot U_1$ náboj pro kondenzátor 1 \rightarrow

3. $Q_1 = C_1 \cdot U_1 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 96 = 1152 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

4. $Q_2 = C_2 \cdot U_2$ náboj pro kondenzátor 2 \rightarrow

5. $Q_2 = C_2 \cdot U_2 = 18 \cdot 10^{-6} \cdot 62 = 1116 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

6. $Q = Q_1 + Q_2$ celkový náboj \rightarrow

7. $Q = 1152 \cdot 10^{-6} + 1116 \cdot 10^{-6} = 2268 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

8. $C = C_1 + C_2$ výsledná kapacita spojení \rightarrow

9. $C = 12 \cdot 10^{-6} + 18 \cdot 10^{-6} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

10. $U = \frac{Q}{C}$ napětí na paralelním spojení kondenzátorů $U = \frac{2268 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6}} = 75,6 \text{ V}$



Příklad 8

Na skleněné tyči třené kůží vznikl kladný náboj $Q=80$ nC. Kolik elektronů přešlo z tyče na kůži? Jak se změní při tomto ději hmotnost skleněné tyče? Elementární elektrický náboj $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$, hmotnost elektronu je $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.

Pro hledaný počet elektronů platí:

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{80 \cdot 10^{-9}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{11}$$

Pro úbytek hmotnosti platí:

$$\Delta m = n \cdot m_e = 5 \cdot 10^{11} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} = 4,55 \cdot 10^{-19} \text{kg}$$



Příklad 9

Vodič z materiálu o měrné vodivosti $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ má délku $l = 5 \text{ m}$ a průřez $S = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$. Jaký je jeho odpor?

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

$$R = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{5}{2 \cdot 10^{-6}}$$

$$R = 4,25 \cdot 10^{-2} \Omega \rightarrow R = 0,0425 \Omega$$



Příklad 10

Deskový kondenzátor o kapacitě 1 F má desky, které mají tvar čtverce a jsou od sebe vzdáleny 1 mm. Relativní permitivita vzduchu, který je mezi deskami kondenzátoru, je $\varepsilon_r = 1$, permitivita vakua je $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C} \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Vypočítejte délku strany desek kondenzátoru. Je možné kondenzátor za těchto podmínek sestrojít?

Kapacita deskového kondenzátoru je určena vztahem

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$
$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{a^2}{d}$$

Z tohoto vzorce tedy pro délku strany jeho desek vyplývá:

$$a = \sqrt{\frac{C \cdot d}{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1}} = 10629 \text{ m} \doteq 11 \text{ km}$$

Takový kondenzátor samozřejmě sestrojít nelze. Desky jsou moc velké. Tento nereálný výsledek vznikl kapacitou 1 Farad. V praxi se kapacita vyjadřuje v menších jednotkách.



Příklad 11

Topným článkem elektrické páječky prochází při napětí 220 V proud 450 mA. Jaké teplo předá topný článek za 20 minut?

Joulův – Lenzův zákon nám udává vztah mezi teplem a prací.
Řešení tedy bude:

$$Q = W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = 220 \cdot 0,45 \cdot 1200 = 118\,800 \text{ J} = 118,8 \text{ kJ}$$



Příklad 12

Rezistorem o odporu $R=4 \Omega$ protéká proud $I=2 \text{ A}$ po dobu $t=10 \text{ s}$. Kolik se uvolní tepla?

$$Q_J = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$Q_J = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$Q_J = 4 \cdot 2^2 \cdot 10$$

$$Q_J = 160 \text{ J}$$



Příklad 13

Akumulátor se nabíjel po dobu 10 hodin proudem 7 A. Jak dlouho se vybíjel, jestliže se z něho při vybíjení odebíral stálý proud 0,5 A? Předpokládáme, že akumulátor má účinnost 100%.

Poněvadž podle předpokladu má akumulátor účinnost 100%, náboj $Q_1 = I_1 \cdot t_1$, který akumulátor při nabíjení přijal, se rovná náboji $Q_2 = I_2 \cdot t_2$, který při vybíjení odevzdal. Musí tedy platit:

$$I_1 \cdot t_1 = I_2 \cdot t_2$$

Nyní si vyjádříme $t_2 \rightarrow$

$$t_2 = \frac{I_1}{I_2} \cdot t_1 = 140 \text{ hodin}$$

