

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. ( $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ )

$$Q_1 = Q_2 = Q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}, r = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m}, k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}, F = ?$$

$$F = k \cdot \frac{Q^2}{r^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-8} \text{ C})^2}{(3 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

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

Dva stejné elektrické náboje ve vzdálenosti 6 cm se přitahují silou 5,6 N. Určete velikost těchto nábojů ve vakuu.

$$[1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}]$$

Jak velká elektrická síla působí na proton ( $Q_p = Q_0 = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ), který se nachází v elektrickém poli s intenzitou elektrického pole  $2 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ ? Jaké bude zrychlení protonu v daném místě elektrického pole?

$$[3,204 \cdot 10^{-14} \text{ N}, 1,92 \cdot 10^{13} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

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 nimi vzdálenost?

[30 cm]

Sedmadvacet kapek vody ( $r$ ) se slije do jedné větší kapky ( $R$ ). Určete potenciál větší kapky, když každá menší kapka měla poloměr 1mm a náboj  $Q_0 = 10^{-10} \text{ C}$ . ( $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ )

$$r = 10^{-3} \text{ m}, Q_0 = 10^{-10} \text{ C}, k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}, n = 27, R = ?, \varphi = ?$$

$$a.) Q = n \cdot Q_0$$

$$Q = 27 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$

$$b.) n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

$$n \cdot r^3 = R^3$$

$$R = r \sqrt[3]{n}$$

$$R = 10^{-3} \text{ m} \cdot \sqrt[3]{27} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\underline{R = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$c.) \varphi = \frac{k \cdot Q}{R}$$

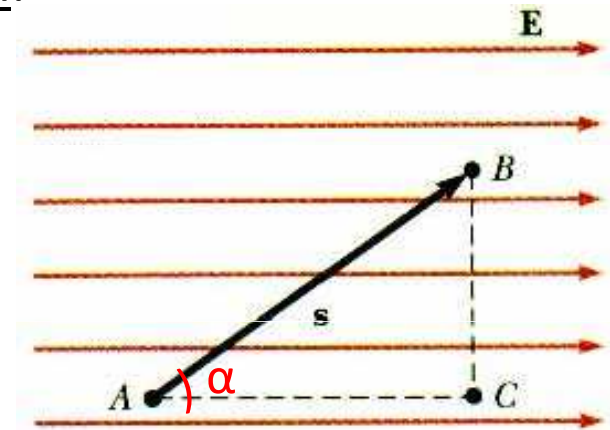
$$\varphi = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \cdot 27 \cdot 10^{-10} \text{ C}}{3 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 81 \cdot 10^2 \text{ V} = 8100 \text{ V}$$

# Práce v elektrickém poli, elektrický potenciál

Práce  $W$  vykonaná elektrickou silou při přemístění náboje z bodu A do bodu B závisí pouze na poloze obou bodů, nikoliv na trajektorii.

$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha = E \cdot Q \cdot s \cdot \cos\alpha$$

Při pohybu náboje ve směru působení síly ( $W > 0$ ) se  $E_p$  zmenšuje, při pohybu náboje proti směru působení síly ( $W < 0$ ) se  $E_p$  zvětšuje.

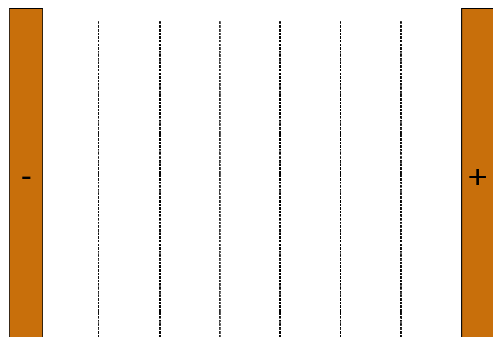


**Elektrický potenciál**  $\varphi$  je skalární fyzikální veličina, která popisuje potenciální energii jednotkového elektrického náboje v neměnném elektrickém poli (potenciál elektrického pole). Je roven práci  $W$  potřebné pro přenesení jednotkového elektrického náboje  $q$  ze vztažného bodu s nulovým potenciálem  $\varphi_0$ , do daného místa. Za místo s nulovým potenciálem (tzn. vztažný bod) se obvykle bere povrch Země nebo uzemněný vodič.

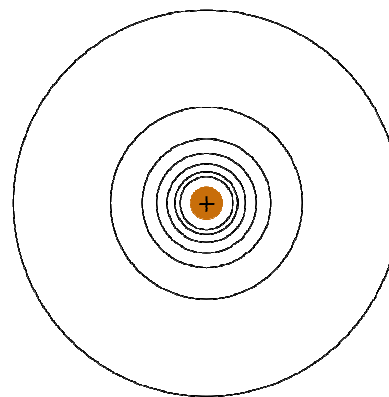
$$\varphi(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} + \varphi_0 \quad [\varphi] = \text{V (volt)}$$

# Elektrický potenciál

Množina všech bodů potenciálového pole, které se vyznačují stejným potenciálem, tvoří tzv. **ekvipotenciální plochu** (potenciálovou hladinu). Siločára je křivka, jejíž tečna v daném bodě představuje normálu ekvipotenciální plochy v tomto bodě.



Ekvipotenciální plochy homogenního elektrického pole.



Ekvipotenciální plochy kladného elektrického náboje.

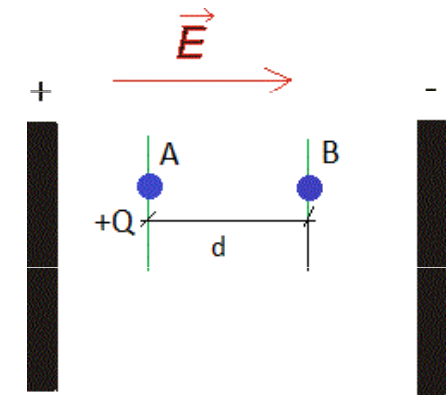
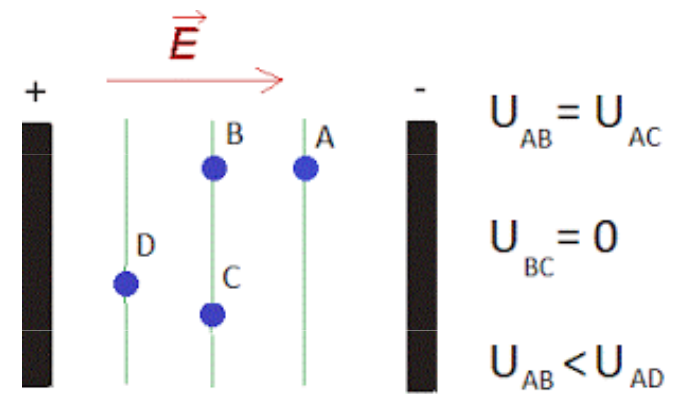
# Elektrické napětí

Elektrické napětí  $U$  je definováno jako rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body elektrického pole

$$U = |\varphi_2 - \varphi_1|$$

resp. jako práce  $W$ , potřebná k přenesení jednotkového náboje  $Q$  mezi těmito body.

$$U = W/Q$$



## Elektrické napětí mezi 2 vodivými izolovanými deskami:

Z hodnoty elektrického napětí lze určit velikost intenzity elektrického pole

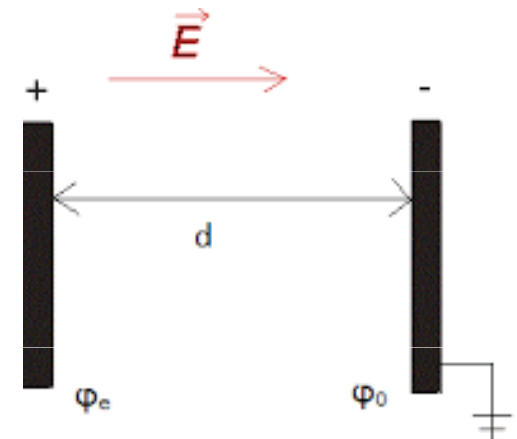
$$U = |\varphi_2 - \varphi_1|$$

$$\varphi_e = E_p / Q$$

$$E_p = W = E \cdot Q \cdot d$$

$$\varphi_0 = 0$$

$$U = W/Q = E \cdot Q \cdot d / Q = E \cdot d$$



## Příklad

Dva náboje  $0,1 \cdot 10^{-6} \text{C}$  a  $0,2 \cdot 10^{-6} \text{C}$  jsou od sebe vzdáleny 20 cm. Jaká je intenzita elektrického pole ve středu mezi nimi?

$$Q_1 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{C}, Q_2 = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{C}, r_1 = r_2 = r = 0,1 \text{m}, k = 9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \text{C}^{-2}$$

$$E_1 = \frac{k \cdot Q_1}{r^2}$$

$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \text{C}^{-2} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{C}}{(0,1 \text{m})^2} = 90 \cdot 10^3 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\underline{E_1 = 9 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}}$$

$$E_2 = \frac{k \cdot Q_2}{r^2}$$

$$E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \text{C}^{-2} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{C}}{(0,1 \text{m})^2} = 180 \cdot 10^3 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\underline{E_2 = 18 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}}$$

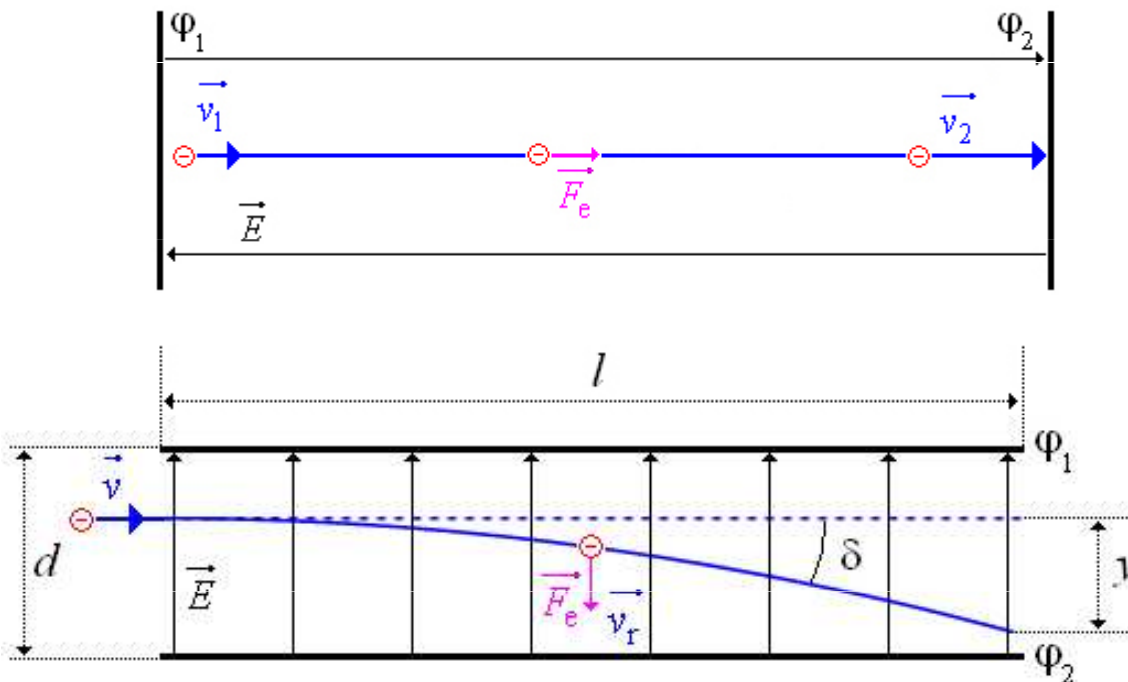
$$E = E_2 - E_1 = 18 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1} - 9 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1} = 9 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\underline{E = 9 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}}$$

# Pohyb nabité částice v elektrickém poli

Na volnou částici s nábojem  $Q$  působí v elektrickém poli o intenzitě  $E$  síla  $F_e = E \cdot Q$ . Tato síla uděluje částici zrychlení  $a$  (dle 2. Newtonova zákona). Částice je tedy v elektrickém poli urychlována – roste její hybnost i kinetická energie. Toho se využívá v **urychlovačích částic**.

Pokud částice vlétne do homogenního elektrického pole ve směru kolmém na siločáry pole rychlostí  $v_0$ , pohybuje se po parabolické trajektorii (analogie s vrhem vodorovným v homogenním tíhovém poli).



$$\operatorname{tg} \delta = \frac{y}{l} = \frac{0,5 a t^2}{v t} = \frac{0,5 v_r t}{v t} = \frac{e l (\varphi_2 - \varphi_1)}{2 m d v^2}$$

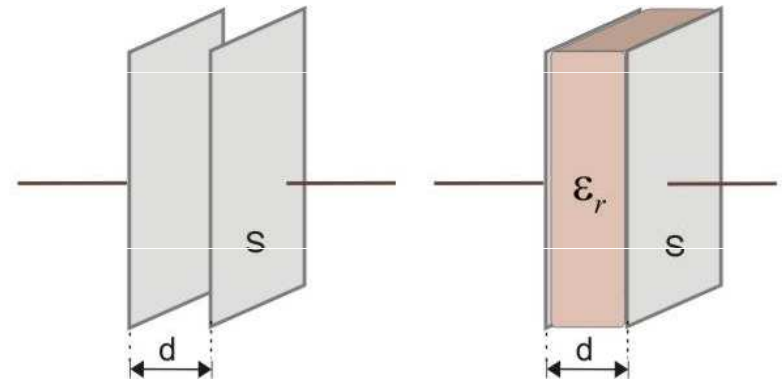
# Kondenzátor

**Kondenzátor** se skládá ze dvou vodivých desek (elektrod) oddělených dielektrikem. Na každou z desek se přivádí elektrické náboje opačné polarity, dielektrikum mezi deskami nedovolí, aby se částice s nábojem dostaly do kontaktu, a tím došlo k neutralizaci (vybití) elektrických nábojů a svojí polarizací zmenšuje sílu elektrického pole nábojů na deskách a umožňuje tak umístění většího množství náboje. Vzhledem k elektrostatické indukci je velikost náboje na obou deskách stejná.

## Kapacita kondenzátoru

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

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{l}$$



$S$  plocha desek,  $l$  vzájemná vzdálenost desek,  $\epsilon$  permitivita dielektrika mezi deskami

## Napětí na kondenzátoru

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

## Energie nabitého kondenzátoru

$$W = \frac{1}{2} CU^2$$



Kulička s hmotností 40 mikrogramů nabitá kladným nábojem  $10^{-9} \text{ C}$  se pohybuje rychlostí  $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na jakou minimální vzdálenost se kulička může přiblížit ke kladnému bodovému náboji  $1,33\cdot 10^{-9} \text{ C}$ ?

$$m = 40\cdot 10^{-6} \text{ kg}, Q_0 = 10^{-9} \text{ C}, Q = 1,33\cdot 10^{-9} \text{ C}, v = 10^{-1} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, k = 9\cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\text{C}^{-2}, r = ?$$

$$\varphi = \frac{E_p}{Q_0}$$

$$E_p = Q_0 \cdot \varphi = Q_0 \cdot \frac{k \cdot Q}{r} = \frac{1}{r} \cdot k \cdot Q_0 \cdot Q \quad \wedge \quad E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_k = E_p$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{r} \cdot k \cdot Q_0 \cdot Q$$

$$r \cdot m \cdot v^2 = 2 \cdot k \cdot Q_0 \cdot Q$$

$$r = \frac{2 \cdot k \cdot Q_0 \cdot Q}{m \cdot v^2}$$

$$r = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\text{C}^{-2} \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 1,33 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{40 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot (10^{-1} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})^2} = 0,6 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$$

$$\underline{r = 6 \text{ cm}}$$

Částice  $\alpha$  ( $m_\alpha = 6,7 \cdot 10^{-27}$  kg,  $Q_{0\alpha} = 3,2 \cdot 10^{-19}$  C) vletěla do homogenního elektrického pole rychlostí  $2 \cdot 10^6$  ms<sup>-1</sup>. Částice se zastavila po překonání dráhy 2 m. Jak velký potenciální rozdíl částice překonala? Jakou velikost má intenzita elektrického pole?

[ $4,19 \cdot 10^4$  V,  $2,1 \cdot 10^4$  V.m<sup>-1</sup>]

Jaký elektrický náboj má mikroskopická olejová kulička hmotnosti  $6,4 \cdot 10^{-16}$  kg, která se vznáší mezi deskami nabitého kondenzátoru? Desky kondenzátoru mají vzdálenost 1cm a napětí mezi nimi je 400 V.

[ $1,6 \cdot 10^{-19}$  C]

Určete intenzitu elektrického pole mezi dvěma rovnoběžnými vodivými deskami ve vzájemné vzdálenosti 5 cm, pokud je mezi nimi napětí 150 V. Jakou práci vykonají síly pole při přenesení náboje 1  $\mu$ C z jedné desky na druhou?

[ $3$  kV.m<sup>-1</sup>,  $1,5 \cdot 10^{-4}$  J]

Jakou rychlost dosáhne elektron ( $Q_e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C,  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg) při průchodu potenciálním rozdílem 100 V?

[ $6 \cdot 10^6$  m.s<sup>-1</sup>]

Jaký potenciál má vodič, když na přenesení náboje 50  $\mu$ C z místa nulového potenciálu na jeho povrch se provedla práce 0,2 J?

[4000 V]

Vypočítejte kapacitu deskového kondenzátoru, který je složen z 11 ploten o rozměrech 3 cm x 2cm, pokud vzdálenost desek od sebe je 0,2 mm. Izolátor mezi deskami je slída, jejíž  $\epsilon_r = 6$ . Mezi 11 plotnami je 10 mezer.

$$S = a \cdot b = 3\text{cm} \cdot 2\text{cm} = 6\text{cm}^2 = 6 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$$

$$l = 2 \cdot 10^{-4}\text{m}$$

$$\epsilon_r = 6$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^2$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{l}$$

$$C = \frac{8,854 \cdot 10^{-12}\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 6 \cdot 6 \cdot 10^{-4}\text{m}^2}{2 \cdot 10^{-4}\text{m}} = 159,4 \cdot 10^{-12}\text{F}$$

$$C' = 10 \cdot C$$

$$C' = 10 \cdot 159,4 \cdot 10^{-12}\text{F} = 1594 \cdot 10^{-12}\text{F} = 1594\text{pF}$$

$$C' = 1594\text{pF}$$

Jaké je napětí mezi deskami vzduchového kondenzátoru se dvěma čtvercovými deskami o straně 10 cm, vzdálenými od sebe 2 cm, pokud jeho náboj je  $8,854 \cdot 10^{-3}\mu\text{C}$

$$S = a^2 = (10\text{cm})^2 = 10^{-2}\text{m}^2,$$

$$l = 2 \cdot 10^{-2}\text{m},$$

$$Q = 8,854 \cdot 10^{-9}\text{C},$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$$

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

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

$$U = \frac{Q}{\frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{l}}$$

$$U = \frac{Ql}{\epsilon_0 \epsilon_r S}$$

$$U = \frac{8,854 \cdot 10^{-9}\text{C} \cdot 2 \cdot 10^{-2}\text{m}}{8,854 \cdot 10^{-12}\text{F} \cdot \text{m}^{-1} \cdot 1 \cdot 10^{-2}\text{m}^2} = 2 \cdot 10^3\text{V} :$$

$$U = 2000\text{V}$$

Jakou kapacitu má Země?  $\epsilon_r = 1$

$$R = 6378 \text{ km} = 6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\epsilon_r = 1$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{R} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot 4\pi R^2}{R} = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_r R$$

$$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot R$$

$$C = 12,56 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1} \cdot 1 \cdot 6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$C = 709,27 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C = 709,27 \mu\text{F}$$

Kapacita Země je  $709,26 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ . Napětí mezi blízkým mrakem a Zemí dosáhlo v okamžiku zablesknutí hodnotu  $10^9 \text{ V}$ . Kolik elektrické energie se uvolnilo při blesku?

$$C = 709,26 \cdot 10^{-6} \text{ F}, U = 10^9 \text{ V}, E = ?$$

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

$$E = \frac{1}{2} \cdot 709,26 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot (10^9 \text{ V})^2 = 354,63 \cdot 10^{12} \text{ J} = 354,63 \text{ TJ}$$

$$\underline{E = 354,63 \text{ TJ}}$$

Jakou energii má kondenzátor s kapacitou 50 mF, který nabijeme na napětí 400 V?

[4 J]

Jaká je kapacita deskového kondenzátoru, který má obdélníkové desky s rozměry 30 cm a 20 cm ve vzdálenosti 6 mm? Permittivita vakua je  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ .

[88,5 pF]

Kondenzátory s kapacitami  $6 \cdot 10^{-6} \text{ F}$  a  $4 \cdot 10^{-6} \text{ F}$  jsou spojeny sériově a paralelně k nim je připojen kondenzátor s kapacitou  $2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ . Jaká je jejich výsledná kapacita?

[ $4,4 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ ]

Dva kondenzátory stejné kapacity spojíme a.) Sériově b.) Paralelně. Rozdíl výsledných kapacit obou zapojení je  $3 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ . Určíte kapacitu jednoho i druhého kondenzátoru.

[ $C_1 = C_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ ]

Vzdálenost desek rovinného kondenzátoru je 8,854 mm, plošná hustota náboje na deskách je  $10 \text{ nC} \cdot \text{m}^{-2}$ . Mezi deskami je vzduch. Jaké je napětí mezi deskami?

[10 V]

**Elektrický odpor** lze určit z vlastností vodiče pomocí vztahu

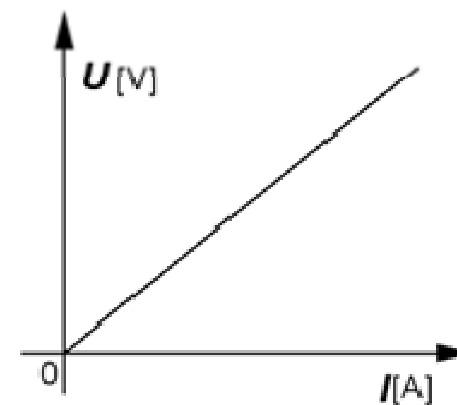
$$R = \frac{\rho l}{S} \quad [R] = \Omega \text{ (ohm)}$$

kde  $\rho$  je měrný el. odpor (rezistivita) materiálu,  $l$  je délka vodiče a  $S$  obsah příčného průřezu vodiče.

K výpočtu lze také použít Ohmova zákona

**Ohmův zákon** je jeden ze základních fyzikálních zákonů, který vyjadřuje závislost proudu mezi dvěma body na vodiči na přiloženém napětí a na odporu vodiče:

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



Voltampérová charakteristika

Zákon platí pro stejnosměrný i střídavý proud s tou výhradou, že  $U$  a  $I$  jsou komplexní čísla a místo  $R$  se užívá označení  $Z$ , které znamená impedanci (včetně imaginárních složek).

**Měrný odpor** homogenního vodiče stálého průřezu lze určit ze vztahu

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

kde  $R$  je odpor vodiče,  $S$  je obsah kolmého průřezu a  $l$  je délka vodiče.

**Závislost elektrického odporu vodiče na teplotě** lze vyjádřit lineárním vztahem

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

kde  $R_0$  je odpor vodiče při normální teplotě,  $\alpha$  je teplotní součinitel elektrického odporu a  $\Delta t$  je teplotní rozdíl.

**Závislost rezistivity na teplotě** lze v technicky běžném rozsahu teplot přibližně vyjádřit lineární závislostí:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t)$$

kde  $\rho_0$  je počáteční rezistivita,  $\Delta t$  je rozdíl teplot a  $\alpha$  je teplotní součinitel elektrického odporu.

Za nízkých teplot může elektrický odpor i rezistivita u některých látek klesnout na nulu. Takovým látkám se říká **supravodiče**.

Nikelinový drát ( $\rho_1 = 0,4 \cdot 10^{-6} \Omega m$ ) má délku  $l_1 = 1,25$  m. Jakou délku by měl konstantanový drát ( $\rho_2 = 0,5 \cdot 10^{-6} \Omega m$ ) se stejným průřezem a stejným ohmickým odporem?

$$l_1 = 1,25 m$$

$$\rho_1 = 0,4 \cdot 10^{-6} \Omega m$$

$$\rho_2 = 0,5 \cdot 10^{-6} \Omega m$$

$$l_2 = ?$$

$$R_1 = \frac{\rho_1 l_1}{S_1} \wedge R_2 = \frac{\rho_2 l_2}{S_2}$$

$$R_2 = R_1$$

$$\frac{\rho_2 l_2}{S} = \frac{\rho_1 l_1}{S} \cdot |S$$

$$\rho_2 l_2 = \rho_1 l_1$$

$$l_2 = \frac{\rho_1 l_1}{\rho_2}$$

$$l_2 = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \Omega m \cdot 1,25 m}{0,5 \cdot 10^{-6} \Omega m} = 1 m$$

Při rozjždění elektrické soupravy se odebírá z vedení proud 500 A. Určitě celkový elektrický náboj, který přenesou volné elektrony za 1 minutu. Kolik elektronů přešlo vodičem?  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$ .

$$I = 500^a$$

$$t = 60 s$$

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

$$Q = ?$$

$$n = ?$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 500 A \cdot 60 s = 30000 A \cdot s = 3 \cdot 10^4 C$$

$$Q = 3 \cdot 10^4 C$$

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

$$n = \frac{3 \cdot 10^4 C}{1,602 \cdot 10^{-19} C} = 1,87 \cdot 10^{23}$$

$$n = 1,87 \cdot 10^{23}$$



Platinový odporový teploměr ( $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ) má při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  odpor  $500 \text{ } \Omega$ . Odpor teploměru v rozpálené peci je  $2500 \text{ } \Omega$ . Jaká je teplota pece?

$$R_{20} = 500 \text{ } \Omega$$

$$R_t = 2500 \text{ } \Omega$$

$$\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = ?$$

$$t_2 = ?$$

$$R_t = R_{20}(1 + \alpha \Delta t)$$

$$\Delta t = \frac{R_t - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha}$$

$$\Delta t = \frac{2500 \text{ } \Omega - 500 \text{ } \Omega}{500 \text{ } \Omega \cdot 0,0039 \text{ K}^{-1}} = \frac{2000 \text{ } \Omega}{1,95 \text{ } \Omega \cdot \text{K}^{-1}} = 1026 \text{ K} = 1026 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 1026 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$t_2 = \Delta t + t_1$$

$$t_2 = 1026 \text{ }^\circ\text{C} + 20 \text{ }^\circ\text{C} = 1046 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 1046 \text{ }^\circ\text{C}$$

Rezistor s odporem  $R = 3,8 \Omega$  je zapojen na elektromotorické napětí  $U_e = 12 \text{ V}$ . Obvodem prochází proud  $I = 3 \text{ A}$ . Určíte vnitřní odpor, svorkové napětí a maximální proud.

$$R = 3,8 \Omega$$

$$U_e = 12 \text{ V}$$

$$I = 3 \text{ A}$$

$$R_i = ?$$

$$U = ?$$

$$I_{\max} = ?$$

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

$$I(R + R_i) = U_e$$

$$I.R + R_i.I = U_e$$

$$R_i = \frac{U_e - I.R}{I}$$

$$R_i = \frac{12\text{V} - 3\text{A} \cdot 3,8\Omega}{3\text{A}} = \frac{0,6\text{V}}{3\text{A}} = 0,2\Omega$$

$$R_i = 0,2\Omega$$

$$b) U = R.I$$

$$U = 3,8\Omega \cdot 3\text{A} = 11,4\text{V}$$

$$U = 11,4\text{V}$$

$$c) I = \frac{U_e}{R + R_i} \quad \wedge \quad R = 0$$

$$I_{\max} = \frac{U_e}{R_i}$$

$$I_{\max} = \frac{12\text{V}}{0,2\Omega} = 60\text{A}$$

$$I_{\max} = 60\text{A}$$

Přímým vodičem délky  $d$  a elektrickým odporem  $R$  prochází konstantní proud  $I$ . Vypočítejte velikost intenzity elektrického pole v tomto vodiči pokud platí:

$$d = 60\text{cm} = 0,6\text{m}, R = 1,2\text{k}\Omega = 1,2 \cdot 10^3 \Omega, I = 60\text{mA} = 60 \cdot 10^{-3} \text{A}, E = ?$$

$$d = 60\text{cm} = 0,6\text{m}, R = 1,2\text{k}\Omega = 12 \cdot 10^3 \Omega, I = 60\text{mA} = 60 \cdot 10^{-3} \text{A}, E = ?$$

$$U = RI$$

$$U = 1,2 \cdot 10^3 \Omega \cdot 60 \cdot 10^{-3} \text{A} = 72\text{V}$$

$$\underline{U = 72\text{V}}$$

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

$$E = \frac{72\text{V}}{0,6\text{m}} = 120\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\underline{E = 120\text{V} \cdot \text{m}^{-1}}$$

Jak dlouhý železný drát ( $\rho = 0,1 \cdot 10^{-6} \Omega m$ ) s průřezem  $S = 0,2 \text{ mm}^2$  je třeba připojit na článek s elektromotorickým napětím  $U_e = 2 \text{ V}$  a vnitřním odporem  $R_i = 1 \Omega$ , aby obvodem procházel proud  $I = 0,25 \text{ A}$ .

$$S = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2, U_e = 2 \text{ V}, R_i = 1 \Omega, I = 0,25 \text{ A}, \rho = 0,1 \cdot 10^{-6} \Omega m, l = ?$$

$$R = \frac{\rho l}{S} \quad \wedge \quad I = \frac{U_e}{R + R_i} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{U_e - I R_i}{I}$$

$$R = R$$

$$\frac{\rho l}{S} = \frac{U_e - I R_i}{I}$$

$$l = \frac{S(U_e - I R_i)}{I \cdot \rho}$$

$$l = \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot (2 \text{ V} - 0,25 \text{ A} \cdot 1 \Omega)}{0,25 \text{ A} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \Omega m} = \frac{0,2 \text{ m}^2 (1,75 \text{ V})}{0,025 \text{ A} \Omega m} = 14 \text{ m}$$

Drát z mědi ( $\rho_1 = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega\text{m}$ ) s průměrem  $d_1 = 4 \text{ mm}$  je třeba nahradit hliníkovým drátem ( $\rho_2 = 0,03 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega\text{m}$ ) stejné délky. Jaký průměr musí mít hliníkový drát, aby se odpor nezměnil?

[4,9 mm]

Dva rezistory  $R_1$ ,  $R_2$  při sériovém zapojení mají výsledný odpor  $5 \text{ } \Omega$ , při paralelním  $1,2 \text{ } \Omega$ . Jaké odpory mají jednotlivé rezistory?

[2  $\Omega$  a 3  $\Omega$  nebo 3  $\Omega$  a 2  $\Omega$ ]

Vláknem wolframové žárovky s teplotou  $28 \text{ } ^\circ\text{C}$  prochází při napětí  $10 \text{ V}$  proud  $300 \text{ mA}$ . Určete teplotu vlákna svítící žárovky, pokud vláknem prochází proud  $0,5 \text{ A}$  a napětí na koncích vlákna je  $220 \text{ V}$ .  $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

[2544  $^\circ\text{C}$ ]

Jaký je odpor vnější části vedení, pokud vnitřní odpor vedení je  $0,2 \text{ } \Omega$  a elektromotorické napětí zdroje je  $1,1 \text{ V}$ . Voltmetr zapojen na svorky ukazuje  $1 \text{ V}$ .

[2  $\Omega$ ]

Svíčka na vánoční stromek má příkon  $P = 8,9 \text{ W}$  a odpor  $R = 20 \text{ } \Omega$ . Kolik svíček lze zapojit sériově na napětí  $U = 220 \text{ V}$ .

$$P = 8,9 \text{ W}, R = 20 \text{ } \Omega, U' = 220 \text{ V}, n = ?$$

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

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

$$U = \sqrt{R \cdot P}$$

$$U = \sqrt{20 \text{ } \Omega \cdot 8,9 \text{ W}} = \sqrt{196 \text{ } \Omega \cdot \text{W}} = 14 \text{ V}$$

$$\underline{U = 14 \text{ V}}$$

$$n = \frac{U'}{U}$$

$$n = \frac{220 \text{ V}}{14 \text{ V}} = 15,4 \doteq 16$$

$$\underline{n \doteq 16}$$

Jaký proud prochází malým ponorným vaříčem s údaji 220V / 500W. Za jaký čas zahřeje tento vaříč 1kg vody z 10 °C na 100 °C ?

$$U = 220V, P = 500W, m = 1kg, \Delta T = 90K, c = 4180J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}, I = ?, \tau = ?$$

a.)

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{500W}{220V} = 2,27A$$

$$\underline{I = 2,27A}$$

b.)

$$Q = U \cdot I \cdot \tau \quad \wedge \quad Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$U \cdot I \cdot \tau = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\tau = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{U \cdot I}$$

$$\tau = \frac{1kg \cdot 4180J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 90K}{220V \cdot 2,27A} = 753,3s = 12,55 \text{ min}$$

$$\underline{\tau = 12,55 \text{ min}}$$

Výtah o hmotnosti 1,2 tuny se za 0,5 min. dostal do výšky 15 m. Napětí na svorkách elektromotoru, který zvedal výtah je 230 V ( $\eta = 90\%$ ) Určete proud procházející elektroměrem!

$$\begin{aligned}m &= 1200\text{kg} \\t &= 30\text{s} \\h &= 15\text{m} \\U &= 230\text{V} \\\eta &= 90\% = 0,9 \\I &= ?\end{aligned}$$

Práce vykonaná výtahom:

$$W = F_g \cdot h$$

$$W = m \cdot g \cdot h$$

$$W = 12\,000\text{kg} \cdot 10\text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 15\text{m} = 180\,000\text{J}$$

Práce odobratá za čas t zo siete elektromerom:

$$E = P \cdot t$$

$$E = U \cdot I \cdot t$$

Účinnosť a prúd:

$$\eta = \frac{W}{E}$$

$$\eta = \frac{F_g \cdot h}{U \cdot I \cdot t}$$

$$I = \frac{F_g \cdot h}{U \cdot \eta \cdot t}$$

$$I = \frac{180000\text{J}}{230\text{V} \cdot 0,9 \cdot 30\text{s}} = 28,99\text{ A} = 29\text{ A}$$

$$I = 29\text{ A}$$



Z nikelínového drátu ( $\rho = 0,44 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ ) s průměrem  $d = 0,5 \text{ mm}$  se má zhotovit topná spirála, v níž by při napětí  $120 \text{ V}$  vzniklo  $1667 \text{ kJ}$  tepla za  $1$  hodinu. Jak dlouhý drát je k tomu třeba?

$$\rho = 0,44 \cdot 10^{-6} \Omega m, d = 0,5 \text{ mm}, r = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}, U = 120 \text{ V}, W = 1,667 \cdot 10^6 \text{ J}, t = 3600 \text{ s}$$

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

$$R = \frac{U^2 \cdot t}{W} \quad \wedge \quad R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

$$\frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{U^2 \cdot t}{W}$$

$$l = \frac{U^2 \cdot t \cdot S}{W \cdot \rho}$$

$$l = \frac{(120 \text{ V})^2 \cdot 3600 \text{ s} \cdot 3,14 (0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{1,667 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot 0,44 \cdot 10^{-6} \Omega m} = 13,9 \text{ m} \doteq 14 \text{ m}$$

$$l \doteq 14 \text{ m}$$

Elektrický polštář připojen na nejvyšší stupeň vyhřívání má při napětí  $U = 220 \text{ V}$  příkon  $P = 15 \text{ W}$ . Jaký je odpor polštáře? Jaký proud jím prochází? Kolik elektrické energie spotřebuje za 10 hodin provozu?

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

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

$$R = \frac{(220\text{V})^2}{15\text{W}} = \frac{48400\text{V}^2}{15\text{W}} = 3226,7\Omega \doteq 3,2\text{k}\Omega$$

$$R = 3,2\text{k}\Omega$$

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{15\text{W}}{220\text{V}} = 0,068\text{A} = 68\text{mA}$$

$$I = 68\text{mA}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = P \cdot t$$

$$W = 15\text{W} \cdot 36000\text{s} = 540000\text{J}$$

$$W = 540000 \cdot \frac{1}{3600000} \text{kWh} = 0,15\text{kWh}$$

$$W = 0,15\text{kWh}$$

Jaký proud prochází elektrickým vaříčem, pokud se na něm 10 litrů vody ohřeje z 20 °C na 100 °C za 30 minut? Účinnost vaříče je 75 %, napětí v síti je 230 V.  $c = 4180 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$\Delta t = 80 \text{ }^\circ\text{C} = 80 \text{ K}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$\tau = 30 \text{ min} = 1800 \text{ s}$$

$$\eta = 0,75$$

$$c = 4180 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$Q = mc \Delta t$$

$$Q = 10 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 80 \text{ K} = 3344000 \text{ J}$$

$$Q = \eta \cdot I \cdot U \cdot \tau$$

$$I = \frac{Q}{\eta U \cdot \tau}$$

$$I = \frac{3344000 \text{ J}}{0,75 \cdot 230 \text{ V} \cdot 1800 \text{ s}} = 10,77 \text{ A} \doteq 11 \text{ A}$$

$$I \doteq 11 \text{ A}$$

Koule, jejíž poloměr je  $r = 5 \text{ cm}$ , má být poniklována vrstvou tloušťky  $h = 0,15 \text{ mm}$ . Jak dlouho třeba kouli ponechat v elektrolytu při proudu  $I = 1 \text{ A}$ ?

$$r = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

$$A(\text{Ni}) = 0,304 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1}$$

$$\rho(\text{Ni}) = 8,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$m = V \cdot \rho = S \cdot h \cdot \rho = 4\pi r^2 \cdot h \cdot \rho$$

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

$$m = m$$

$$A \cdot I \cdot t = 4\pi r^2 \cdot h \cdot \rho$$

$$t = \frac{4\pi r^2 \cdot h \cdot \rho}{A \cdot I}$$

$$t = \frac{12,56 \cdot (5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 8,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}{0,304 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1} \cdot 1 \text{ A}} = 1363,42 \cdot 10^2 \text{ s} = 136342 \text{ s}$$

$$t = 37,87 \text{ hod}$$

Jakou energii potřebujeme, abychom při elektrolýze síranu měďnatého  $\text{CuSO}_4$  získali měď o hmotnosti 1 g, pokud elektrolýza probíhá při napětí 4 V?

$$m = 1\text{g} = 10^{-3}\text{kg}$$

$$U = 4\text{V}$$

$$A(\text{Cu}) = 0,329 \cdot 10^{-6}\text{kg} \cdot \text{C}^{-1}$$

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

$$m = A(\text{Cu}) \cdot I \cdot t$$

$$I \cdot t = \frac{W}{U} \quad \wedge \quad I \cdot t = \frac{m}{A(\text{Cu})}$$

$$\frac{W}{U} = \frac{m}{A(\text{Cu})}$$

$$W = E = \frac{mU}{A(\text{Cu})}$$

$$E = \frac{10^{-3}\text{kg} \cdot 4\text{V}}{0,329 \cdot 10^{-6}\text{kg} \cdot \text{C}^{-1}} = 12,2 \cdot 10^3 \text{J} = 12200\text{J} = 12,2\text{kJ}$$

$$E = 12,2\text{kJ}$$

Akumulátor se nabíjel proudem  $I_1 = 5 \text{ A}$  po dobu  $t_1 = 6 \text{ hodin}$ . Jak dlouho se vybíjel, jestliže se při vybíjení odebíral z akumulátoru stálý proud  $I_2 = 0,05 \text{ A}$ . Nábojová účinnost akumulátoru je  $\eta = 90 \%$ .

$$I_1 = 5A, t_1 = 6 \text{ hod}, I_2 = 0,05A, \eta = 0,9, t_2 = ?$$

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = \frac{I_2 \cdot t_2}{I_1 \cdot t_1}$$

$$t_2 = \frac{\eta \cdot I_1 \cdot t_1}{I_2}$$

$$t_2 = \frac{0,9 \cdot 5A \cdot 6 \text{ hod}}{0,05A} = 540 \text{ hod}$$

$$\underline{t_2 = 540 \text{ hod}}$$

Mezi zemí a mrakem vznikl výboj ve formě blesku, při kterém byl přenesen náboj 20 C. Rozdíl potenciálů mezi mrakem a zemí byl  $10^6$  V. Blesk trval  $10^{-3}$  s. Určete energii výboje a proud.

$$Q = 20\text{C}, \phi_1 - \phi_2 = U = 10^6\text{V}, t = 10^{-3}\text{s}, E_k = ?, I = ?, Q = ?$$

$$E_k = U \cdot Q$$

$$E_k = 10^6\text{V} \cdot 20\text{C} = 20 \cdot 10^6\text{V} \cdot \text{C} = 20\text{MJ}$$

$$E_k = 20\text{MJ}$$

$$U \cdot I \cdot t = E_k$$

$$I = \frac{E_k}{U \cdot t}$$

$$I = \frac{20 \cdot 10^6\text{J}}{10^6\text{V} \cdot 10^{-3}\text{s}} = \frac{20\text{J}}{10^{-3}\text{V} \cdot \text{s}} = 20000\text{J} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 20\text{kA}$$

$$I = 20\text{kA}$$

Napětí mezi anodou a katodou, které jsou ve vzdálenosti 10 cm je 300 V. Určete velikost rychlosti elektronů při dopadu na anodu, jejich zrychlení a čas pohybu od katody na anodu.

$$l = s = 10^{-1} \text{ m}$$

$$U = 300 \text{ V,}$$

$$Q = e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} m_e \cdot v^2 = Q \cdot U$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot U}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 3 \cdot 10^2 \text{ V}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = \sqrt{1,056 \cdot 10^{14} \frac{\text{C} \cdot \text{V}}{\text{kg}}} = \sqrt{1,056 \cdot 10^{14} \frac{\text{J}}{\text{kg}}}$$

$$v = 1,0276 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \doteq 10,3 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v \doteq \underline{10,3 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

$$a = \frac{v^2}{2s}$$

$$a = \frac{(10,3 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2}{2 \cdot 10^{-1} \text{ m}} = 53,045 \cdot 10^{13} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \doteq 530 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a \doteq \underline{530 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$t = \frac{v}{a}$$

$$t = \frac{10,3 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{530 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = 0,0194 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,0194 \mu \text{ s}$$

$$t = \underline{0,0194 \mu \text{ s}}$$



Elektron vletěl mezi horizontální vychylovací destičky televizní obrazovky. Určete zrychlení elektronu v elektrickém poli za předpokladu, že mezi nimi je homogenní elektrické pole s intenzitou  $10^5 \text{ V.m}^{-1}$  a že zanedbáme vliv tíhového pole.

$$E = 10^5 \text{ V.m}^{-1}, Q = e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg},$$

$$E = \frac{F_e}{Q} \Rightarrow F_e = Q \cdot E$$

$$F_e = m_e \cdot a$$

$$F_e = F_e$$

$$m_e \cdot a = Q \cdot E$$

$$a = \frac{Q \cdot E}{m_e}$$

$$a = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^5 \text{ V.m}^{-1}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 0,176 \cdot 10^{17} \frac{\text{C.V.m}^{-1}}{\text{kg}} = 176 \cdot 10^{14} \frac{\text{J.m}^{-1}}{\text{kg}}$$

$$a = 176 \cdot 10^{14} \text{ kg.m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} = 176 \cdot 10^{14} \text{ m.s}^{-2}$$

$$a = 176 \cdot 10^{14} \text{ m.s}^{-2}$$

Při napětí 800 V vzniká v katodové trubici proud 5 mA. Jaké teplo se uvolní na anodě za 1 minutu, pokud předpokládáme, že celá kinetická energie se proměnila na teplo?

$$V = 800V, I = 5 \cdot 10^{-3}A, t = 60s, Q = ?$$

$$Q = E_k = I \cdot U \cdot t$$

$$Q = I \cdot U \cdot t$$

$$Q = 5 \cdot 10^{-3} A \cdot 800V \cdot 60s = 240 J$$

$$Q = 240 J$$

Elektron, který v elektrickém poli přešel z bodu A do bodu B, zvětšil velikost své rychlosti z 800 km.s<sup>-1</sup> na 4000 km.s<sup>-1</sup>. Určitě napětí mezi těmito body!

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19}C, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}kg, v_1 = 8 \cdot 10^5 m \cdot s^{-1}, v_2 = 40 \cdot 10^5 m \cdot s^{-1}$$

$$e \cdot U = \frac{1}{2} m_e v_2^2 - \frac{1}{2} m_e v_1^2$$

$$e \cdot U = \frac{1}{2} m_e (v_2^2 - v_1^2)$$

$$U = \frac{m_e (v_2^2 - v_1^2)}{2 \cdot e}$$

$$U = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} kg \cdot [(40 \cdot 10^5 m \cdot s^{-1})^2 - (8 \cdot 10^5 m \cdot s^{-1})^2]}{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} C}$$

$$U = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} kg [1600 \cdot 10^{10} m^2 \cdot s^{-2} - 64 \cdot 10^{10} m^2 \cdot s^{-2}]}{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} C}$$

$$U = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} kg \cdot 1536 \cdot 10^{10} m^2 \cdot s^{-2}}{3,204 \cdot 10^{-19} C} = 4362,5 \cdot 10^{-2} V = 43,625V \doteq 44V$$

$$U \doteq 44V$$