

# 16

## ELEKTRICKÝ NÁBOJ ELEKTRICKÉ POLE

### Základní pojmy:

- Elektrický náboj a jeho vlastnosti. Elektrování těles.
- Zákon zachování elektrického náboje.
- Elektroskop.
- Coulombův zákon. Permittivita prostředí.
- Elektrické pole. Intenzita elektrického pole. Homogenní a radiální elektrické pole.
- Elektrický potenciál a elektrické napětí, potenciální energie a práce v elektrickém poli.
- Elektrické siločáry, ekvipotenciální plochy.
- Vodič a izolant v elektrickém poli, elektrostatická indukce a polarizace dielektrika. Relativní permittivita.
- Kapacita vodiče. Kondenzátor.
- Kapacita kondenzátoru, spojování kondenzátorů, energie kondenzátoru.

### Základní vztahy:

- Coulombův zákon:
$$F_e = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} \cdot \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2}$$
- Intenzita elektrické pole:
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q} = -\frac{d\varphi}{d\vec{r}}$$
- Intenzita homogenního elektrického pole (jedna deska):
$$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} = \frac{Q}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}$$
- Intenzita homogenního elektrického pole (dvě desky):
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}$$
- Intenzita homogenního elektrického pole (dvě desky vzdálené  $d$ ):
$$E = \frac{U}{d}$$
- Intenzita radiálního elektrického pole (jeden náboj):
$$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}$$
- Elektrický potenciál radiálního pole (jeden náboj):
$$\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} \cdot \frac{Q}{r}$$
- Elektrické napětí v elektrickém poli:
$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \varphi_A - \varphi_B = \int_{r_A}^{r_B} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$
- Elektrický potenciál v elektrickém poli:
$$\varphi = \frac{E_p}{q}$$

- Relativní permitivita dielektrika:
- Elektrická kapacita vodiče:
- Elektrická kapacita deskového kondenzátoru:
- Paralelní zapojení kondenzátorů:
- Sériové zapojení kondenzátorů:
- Elektrická energie kondenzátoru:

$$\epsilon_r = \frac{E_e}{E_i - E_e} = \frac{E_e}{E_t}$$

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

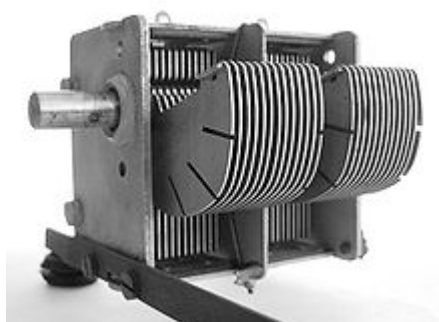
$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$$

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

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

**Ukázky provedení kondenzátorů:**



**Příklady na procvičení:**

1. Dvě malé kuličky nesoucí náboje  $Q_1 = 80 \text{ nC}$  a  $Q_2 = -20 \text{ nC}$  jsou umístěny ve vakuu ve vzdálenosti 10 cm od sebe. Jak velkými silami se přitahují? Jakými silami na sebe budou působit, jestliže je nejprve přemístíme tak, aby se dotkly, a pak je vrátíme na původní místa?

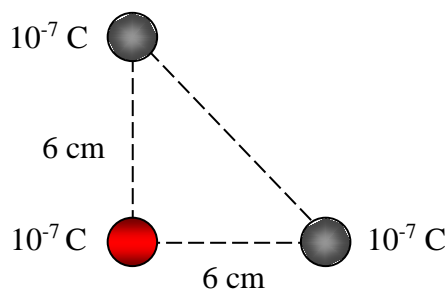
[ $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ ;  $8,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ ]

2. Dva elektrické náboje, z nichž jeden je 3,14 větší než druhý, jsou umístěny ve vakuu ve vzdálenosti 3 cm. Určete hodnotu menšího náboje, jestliže se náboje odpuzují silou 4 N.

[ $3,6 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ ]

5. Ve vrcholech rovnoramenného trojúhelníka (obr. 1) s odvěsnou 6 cm jsou umístěny náboje o velikosti  $10^{-7} \text{ C}$ . Určete velikost síly působící na náboj ve vrcholu pravého úhlu.

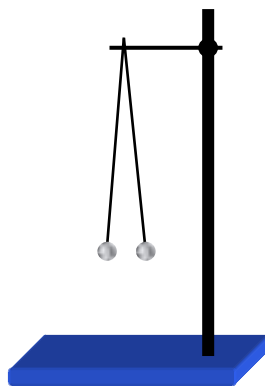
[0,035 N]



Obr. 1

6. Dvě stejné kuličky, z nichž každá má náboj  $2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ , jsou zavěšeny na vláknech o délce 150 cm (obr. 2). Určete hmotnost kuliček a silové napětí ve vláknech, jestliže jsou kuličky v rovnovážné poloze ve vzdálenosti 4 cm.

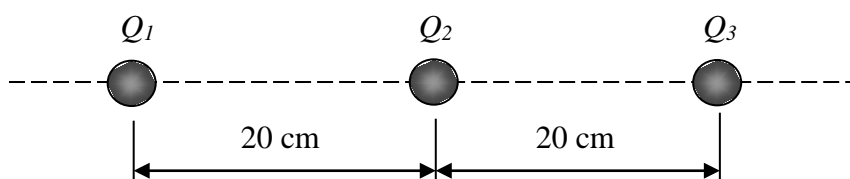
[17,2 g; 0,16 N]



Obr. 2

7. Tři kladné nepohyblivé náboje o velikosti  $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  jsou umístěny v jedné přímce (obr. 3). Při znalosti jejich vzdáleností určete velikost výsledné síly působící na jednotlivé náboje.

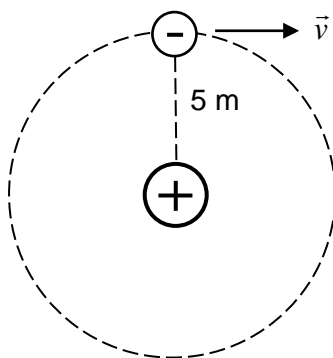
[ $F_1 = F_3 = 7 \text{ N}$ ;  $F_2 = 0$ ]



Obr. 3

8. Částice o hmotnosti 1 g nesoucí náboj  $-2 \cdot 10^{-6}$  C je vložena do elektrického pole kladného náboje o velikosti  $10^{-5}$  C kolmo na elektrické siločáry pole (obr. 4). Určete rychlost částice, jestliže se pohybuje po kruhové dráze o poloměru 5 m.

[6 m/s; 7,2 m/s<sup>2</sup>; 5,2 s]



Obr. 4

10. Elektrické pole je generováno nábojem o velikosti  $+10^{-5}$  C. V elektrickém poli se nachází částice o hmotnosti 1 g s nábojem  $2 \cdot 10^{-6}$  C. Určete zrychlení částice ve vzdálenosti 10 cm od náboje.

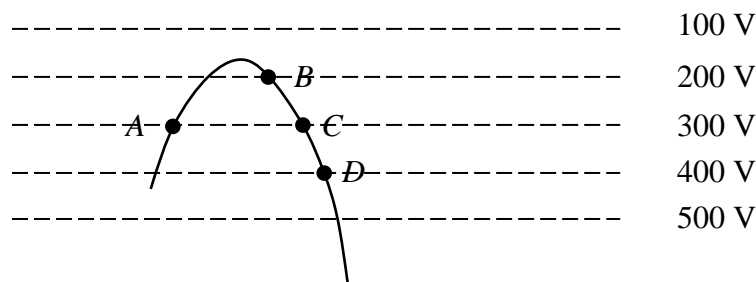
[18000 m/s<sup>2</sup>]

11. Jaké je napětí mezi dvěma rovnoběžnými vodivými deskami, jejichž vzdálenost je 5 cm, jestliže na částici s nábojem 10 nC působí mezi deskami síla o velikosti  $2 \cdot 10^{-3}$  N?

[10 kV]

12. Na obrázku (obr. 6) je zakreslena trajektorie elektronu, který se pohybuje ve vakuu v homogenním elektrickém poli určeném ekvipotenciálními plochami. Jak velkou rychlostí se elektron pohybuje v bodech B, C, D, jestliže jeho rychlost v bodě A je  $9 \cdot 10^6$  m/s?

[ $6,8 \cdot 10^6$  m/s;  $9 \cdot 10^6$  m/s;  $1,1 \cdot 10^7$  m/s]



Obr. 6

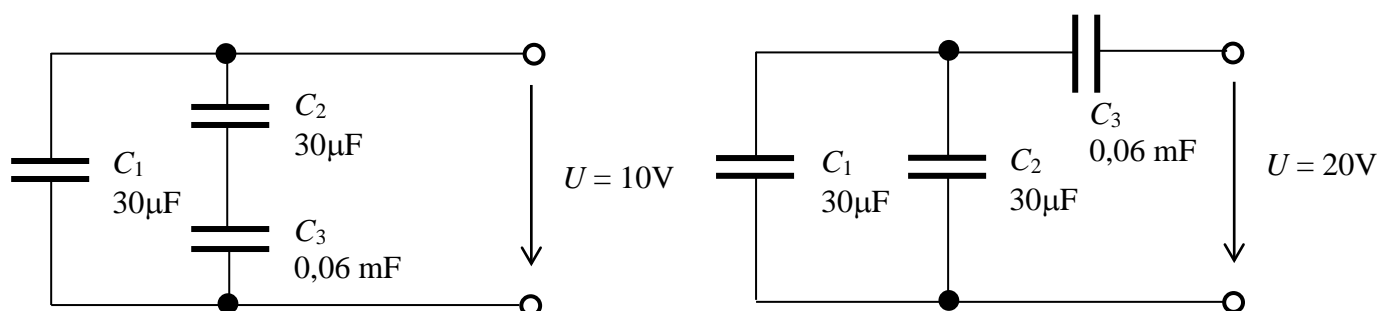
13. Určete plochu desek vzduchového kondenzátoru o kapacitě 8,8 nF vzdálených od sebe 1 mm. Jaké napětí je na deskách kondenzátoru, jestliže velikost náboje na deskách je  $10^{-6}$  C?

[1 m<sup>2</sup>; 113,6 V]

14. Dva kondenzátory o kapacitě  $C_1 = 3 \mu\text{F}$  a  $C_2 = 6 \mu\text{F}$  jsou zapojeny sériově a poté připojeny na zdroj napětí 500 V. Určete elektrické napětí, elektrický náboj a energii každého kondenzátoru.

[ $U_1 = 333,3$  V;  $U_2 = 166,6$  V;  $Q_1 = Q_2 = 9,9 \cdot 10^{-4}$  C;  $E_1 = 0,16$  J;  $E_2 = 0,08$  J]

15. Určete celkovou kapacitu a celkovou energii obvodu s kondenzátory na schématech (obr. 7).



Obr. 7