

4.1.9 Kapacita vodiče, kondenzátory

Předpoklady: 4102, 4103, 4104, 4106

Mám osamělý vodič, který visí volně v prostoru a začnu jej nabíjet.

Čím více náboje přenesu $\Rightarrow$ tím více náboje na vodiči $\Rightarrow$ tím více vodič přitahuje opačné náboje a tím více odpuzuje stejné náboje $\Rightarrow$ tím větší práci potřebujeme na přenesení dalšího náboje při dalším nabíjení $\Rightarrow$ povrch vodiče má čím dál tím větší potenciál φ .

$\Rightarrow$ větší náboj na vodiči = větší potenciál vodiče, úměra je dokonce přímá $\varphi = k \cdot Q$ (čím větší náboj na vodiči, tím větší jeho potenciál)

můžeme zapsat i obráceně: $Q = \frac{1}{k} \cdot \varphi$ (čím větší potenciál vodiče, tím větší je na něm náboj)

konstanta $\frac{1}{k}$ se nazývá **kapacita** a značí se $C \Rightarrow Q = C \cdot \varphi$

kapacita - má význam množství náboje, který se na předmět vejde, když je nabitý na nějaký potenciál, předmět s velkou kapacitou nashromáždí při malém potenciálu velký náboj
jednotka kapacity – farad $1 F$ - vodič má kapacitu $1 F$, když se nabije nábojem $1 C$ na potenciál $1 V \Rightarrow 1 F = \frac{1 C}{1 V}$

Shromažďování náboje se může hodit $\Rightarrow$ vyrábí se součástky, které náboj shromažďují – **kondenzátory**

- velké kondenzátory mají kapacitu například $2200 \mu F$.
- často se udávají povolené hodnoty napětí, například $16 V$.

Př. 1: Urči náboj, který se shromáždí uvnitř kondenzátoru o kapacitě $2200 \mu F$ pokud ho nabijeme na potenciál $16 V$.

$$Q = C \cdot \varphi = 2200 \cdot 10^{-6} \cdot 16 = 0,0352 C$$

V kondenzátoru se nashromáždil náboj $0,0352 C$.

$\Rightarrow$ V elektronických přístrojích se shromažďují poměrně malé náboje řádově setin Coulombu.

Př. 2: Urči potenciál, na který bychom museli nabít kondenzátor o kapacitě $2200 \mu F$, aby se v něm nashromáždil náboj $1 C$.

$$Q = C \cdot \varphi$$

$$\varphi = \frac{Q}{C} = \frac{1}{2200 \cdot 10^{-6}} = 455 V$$

Kondenzátor bychom museli nabít na potenciál $455 V$.

$\Rightarrow$ 1 Farad je obrovská kapacita, 1 Coulomb je velký náboj vzhledem k hodnotám v elektronice.

Jak určit kapacitu vodiče?
Záleží na tvaru:

Kulový kondenzátor (například koule Van de Graaffova generátoru)

Potenciál nabitě vodivé koule: $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R}$

chci kapacitu C : $C = \frac{Q}{\varphi}$ (ze vzorce $Q = C \cdot \varphi$)

$C = \frac{Q}{\varphi} = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R$ - kapacita kulového kondenzátoru

Př. 3: Urči kapacitu koule Van de Graaffova generátoru o průměru 30 cm. Jaký náboj se na něm nashromáždí, pokud je koule nabitá na potenciál 45000 V? Odhadni v uvedeném případě energii nashromážděného náboje.

$$d = 30 \text{ cm} \Rightarrow R = 0,15 \text{ m}$$

$$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R = 4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,15 \text{ F} = 1,7 \cdot 10^{-11} \text{ F} = 17 \text{ pF} \quad - \text{ to je hodně málo}$$

$$Q = C \cdot \varphi = 1,7 \cdot 10^{-11} \cdot 45000 \text{ C} = 7,7 \cdot 10^{-7} \text{ C} = 0,77 \mu\text{C}$$

$E = Q \cdot \varphi = 7,7 \cdot 10^{-7} \cdot 45000 \text{ J} = 0,035 \text{ J}$ - toto je horní odhad, realita je nižší, protože na začátku přenášení nebyl potenciál kondenzátoru 45000 V ale méně (více později).

Kapacita koule Van de Graaffova generátoru je 17 pF, při napětí 45000 V se nashromáždí náboj $0,77 \mu\text{C}$. Energie nashromážděného náboje je určitě nižší než 0,035 J.

Všechny hodnoty jsou strašně malé. Spočtený náboj by stačil na svit žárovky po dobu stotisíciny vteřiny.

Př. 4: Urči poloměr vodivé koule, která by měla kapacitu $2200 \mu\text{F}$.

$$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R \Rightarrow R = \frac{C}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}$$

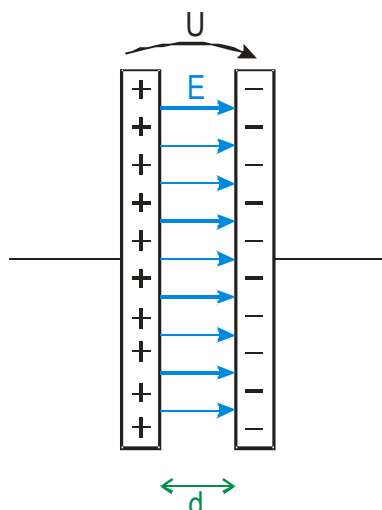
$$R = \frac{C}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} = \frac{2200 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \text{ m} = 20000000 \text{ m} = 20000 \text{ km}$$

Vodivá koule o kapacitě $2200 \mu\text{F}$ by musela mít poloměr 20000 km.

Vyšlo více než poloměr Země, tudíž asi cesta nevede a kondenzátory se musí dělat jinak.

Deskové kondenzátory

dvě desky z vodivého materiálu, blízko u sebe oddělené dielektrikem



Uvnitř dielektrika je homogenní elektrické pole, vyjádříme ho:

- pomocí napětí: $E = \frac{U}{d}$,
- pomocí hustoty náboje σ a plochy desek S : $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{\sigma \cdot S}{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{Q}{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$.

V obou případech je intenzita pole stejná:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \text{ chceme opět získat poměr } C = \frac{Q}{U} .$$

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

Kapacita deskového kondenzátoru: $C = \frac{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d}$.

$$C = \frac{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d} \text{ kapacita deskového kondenzátoru s dielektrikem}$$

$$C = \frac{S \cdot \epsilon_0}{d} \text{ kapacita deskového kondenzátoru bez dielektrika}$$

Př. 5: Urči kapacitu kondenzátoru, který tvoří dvě hliníkové fólie oddělené voskovým papírem o rozměrech 5x 45 cm smotané do svitku (klasický papírový svitkový kondenzátor). Voskový papír má tloušťku 0,2 mm a relativní permitivitu $\epsilon_r = 5$.

$$a = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m} , \quad b = 45 \text{ cm} = 0,45 \text{ m} , \quad d = 0,2 \text{ mm} = 0,0002 \text{ m} . \quad \epsilon_r = 5 , \quad C = ?$$

$$C = \frac{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d} = \frac{a \cdot b \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d} = \frac{0,05 \cdot 0,45 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 5}{0,0002} \text{ F} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 5 \text{ nF}$$

Uvedený deskový kondenzátor má kapacitu 5 nF .

Podstatně více než u Van de Graaffova generátoru, ale pořád podstatně méně než má mít velký kondenzátor.

Shrnutí: Schopnost vodiče shromažďovat náboj udává kapacita, součástky s velkou kapacitou se nazývají kondenzátory.