

Elektrické pole v dielektrikách, kondenzátory.

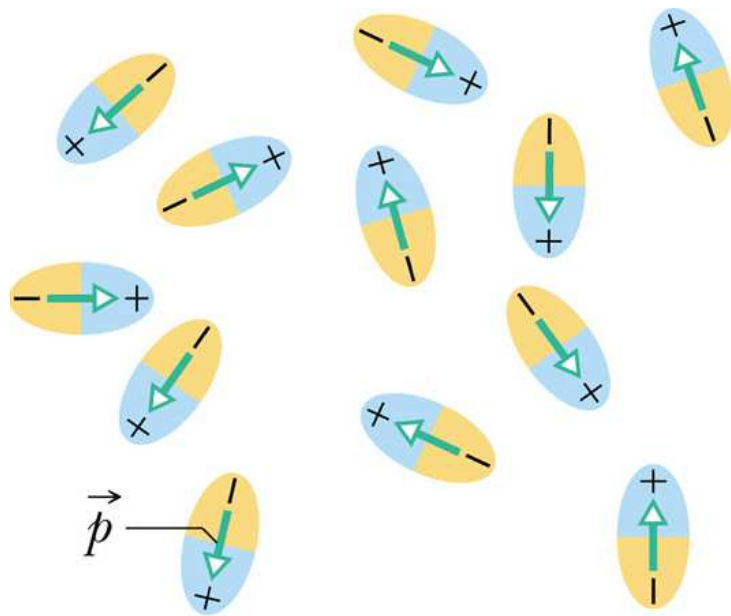


Dielektrika.

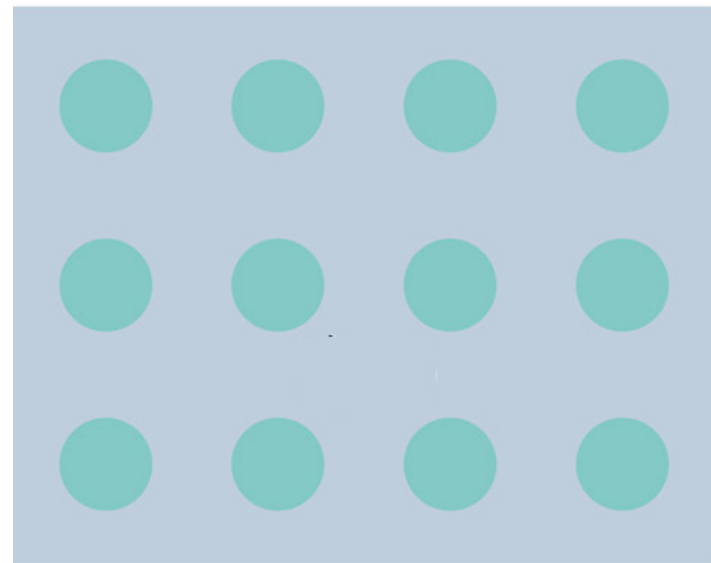
Dielektrika (izolanty) neobsahují volné elektrony a tedy nevedou elektrický proud. Příkladem dielektrik jsou plasty, sklo atd.

Dielektrika polární - molekuly dielektrika nesou permanentní dipolový moment. Vektory elektrických dipolových momentů molekul dielektrika jsou v náhodně orientovány, obrázek (a).

Dielektrika nepolární - molekuly dielektrika jsou elektricky neutrální, obrázek (b).



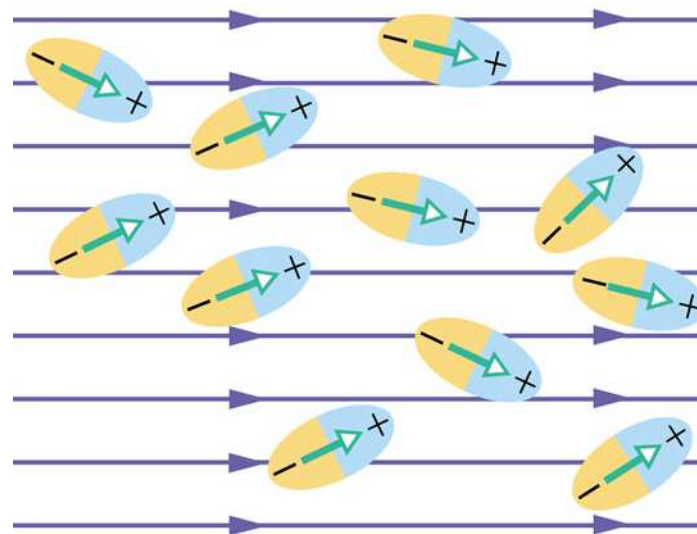
(a)



(b)

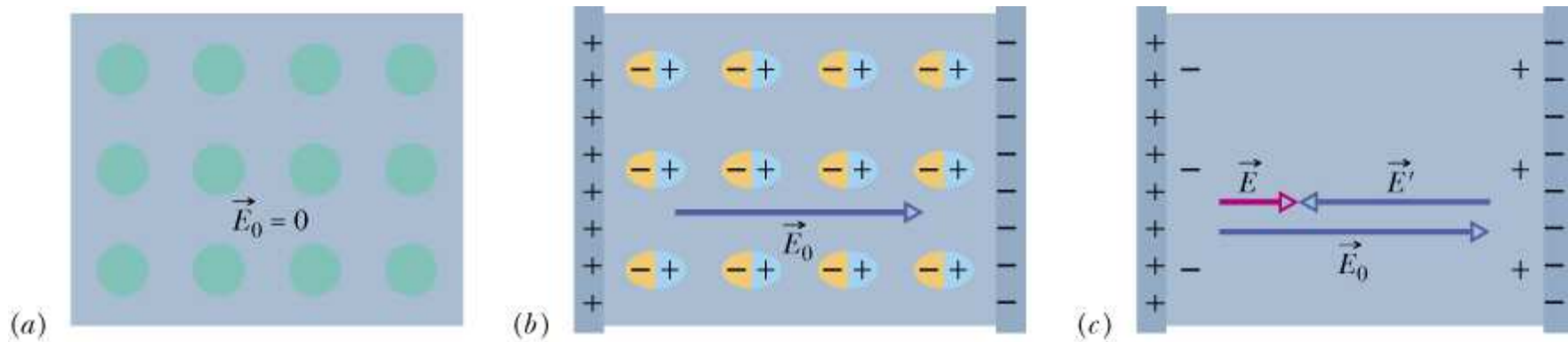
Dielektrika ve vnějším elektrickém poli.

Molekuly polárního dielektrika vložené do vnější elektrické pole intenzity $\mathbf{E}_0$ se zorientují ve směru vektoru intenzity elektrického pole, tak, aby potenciální energie U elektrického dipólu molekul dielektrika ve vnějším poli byla minimální. Orientace dipólu je částečná a to v důsledku tepelných pohybů a vzájemného působení molekul dielektrika. Zorientované dipólové momenty pak uvnitř dielektrika vytváří elektrické pole $\mathbf{E}$ působící proti vnějšímu elektrickému poli. Výsledná intenzita elektrického pole uvnitř dielektrika je tedy menší než intenzita vnějšího elektrického pole $\mathbf{E}_0$.



$$U = -pE \cos \theta$$

$$\epsilon_r = \frac{E_0}{E}$$

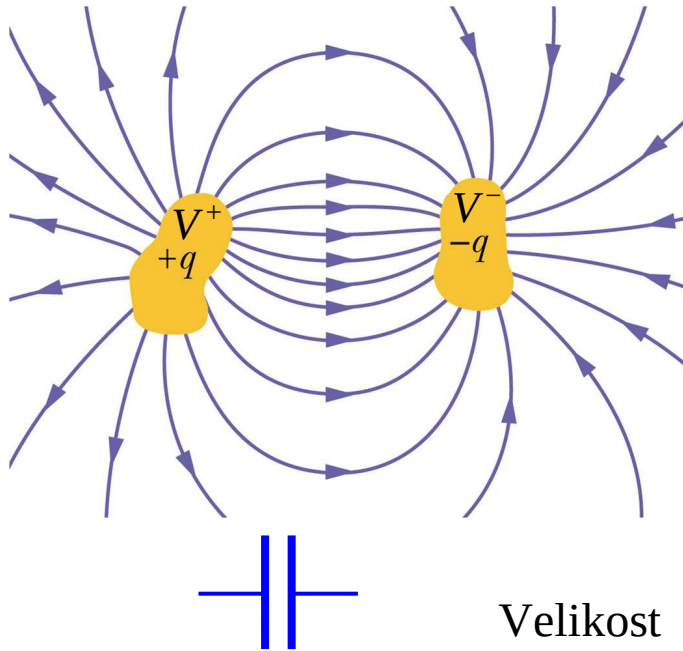


Molekuly nepolárních dielektrik nemají žádný vlastní dipólový moment (a). Ve vnějším elektrickém pole intenzity $\mathbf{E}_0$ se v molekulách nepolárního dielektrika vzájemně posunou kladné a záporné náboje a molekuly se zpolarizují, indukuje se tak elektrický dipól. Elektrické pole indukovaných elektrických dipólů míří proti změně, která vyvolala posun kladných a záporných nábojů, tedy proti vnějšímu poli. Pole v dielektriku bude tedy menší než vnější pole.

Celkovou (makroskopickou) polarizaci $\mathbf{P}_{\Delta V}$ dielektrika objemu ΔV lze vyjádřit jako součet dipólových momentů všech molekul dielektrika v tomto objemu.

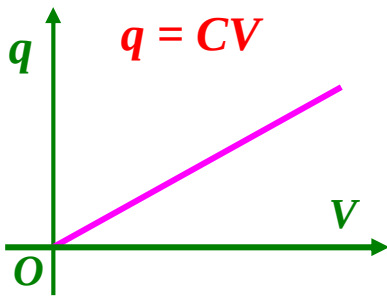
$$\mathbf{P}_{\Delta V} = \sum_{i=1}^{N_{\Delta V}} \mathbf{p}_i$$

Kondenzátor.



Kondenzátor je soustava dvou vzájemně izolovaných vodičů nesoucích opačné náboje. Vodiče kondenzátoru obvykle nazýváme **desky kondenzátoru**, i když jejich tvar nemusí být nutně rovinný (deskový, válcový kondenzátor atd.). Nabité desky kondenzátoru vytváří v bezprostředním okolí elektrické pole. Potenciály kladně a záporně nabitě desky jsou V^+ a V^- . Rozdíl $V = \Delta V = V^+ - V^-$ je potenciálový rozdíl mezi oběma deskami kondenzátoru.

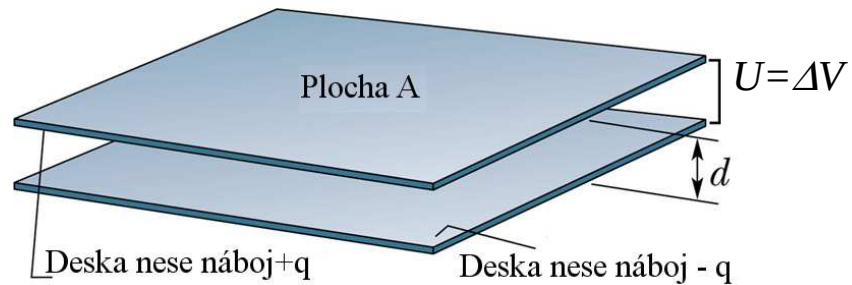
Velikost potenciálového rozdílu (napětí) mezi deskami kondenzátoru je přímo úměrná množství náboje, které desky nesou. Konstantou úměrnosti je **kapacita kondenzátoru C** , která je charakteristikou kondenzátoru a určuje množství náboje, které může kondenzátor v daném geometrickém uspořádání nést, aniž by došlo k elektrickému výboji mezi deskami.



$$q = CV$$

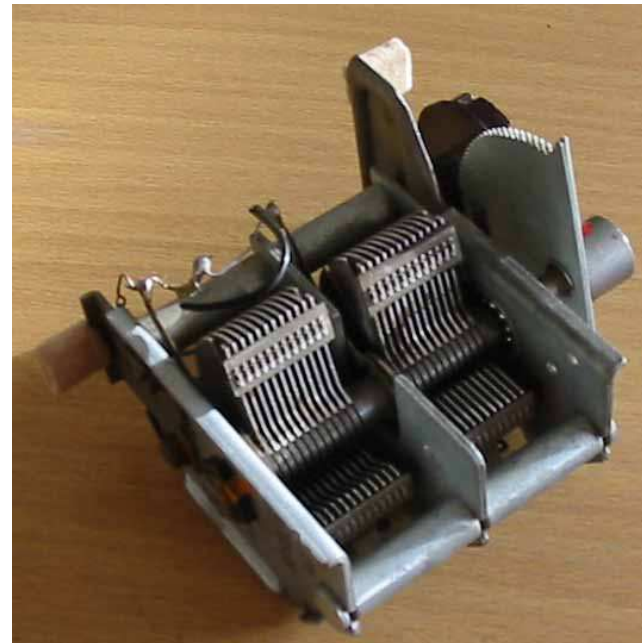
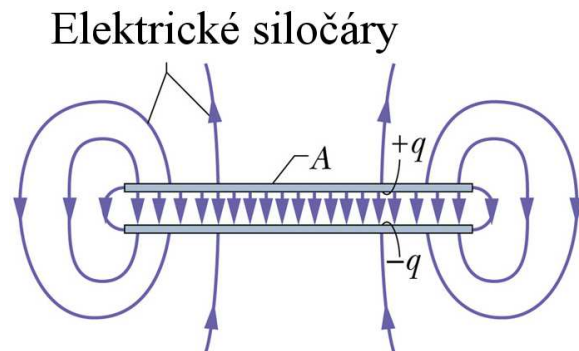
SI jednotkou kapacity 1 Farad, $1 \text{ F} = 1 \text{ CV}^{-1}$.

Deskový kondenzátor

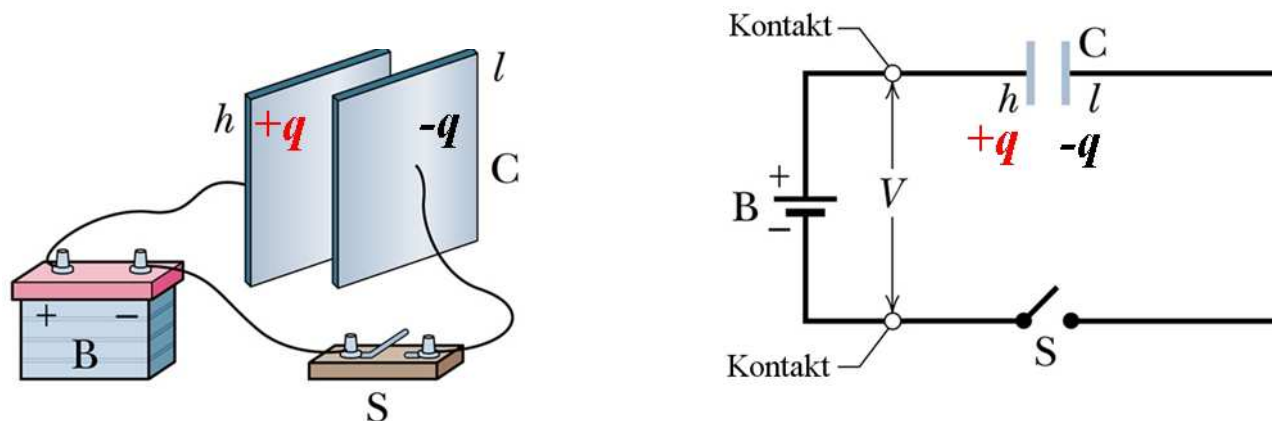


Deskový kondenzátor tvoří dvě rovnoběžné desky plochy A , vzájemně oddělené vzdáleností d . Prostor mezi deskami je vyplněn buď vzduchem, nebo izolantem vhodných vlastností – **dielektrikem**.

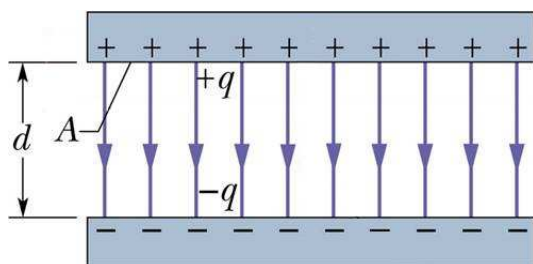
Elektrické pole mezi deskami je homogenní, na okrajích desek je nehomogenní.



Nejjednodušším způsobem nabití kondensátoru je připojit jej na zdroj elektromotorického napětí – baterii.



Kapacita deskového kondenzátoru

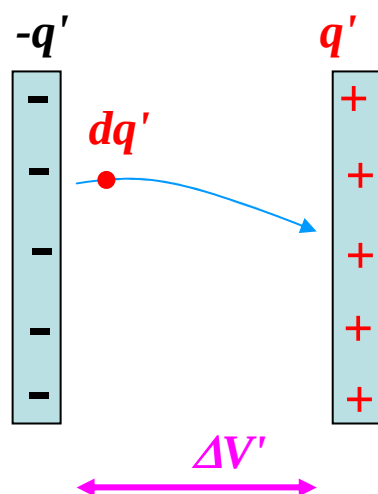


Desky kondenzátoru mají plochu A , jsou vzdáleny d . Horní deska nese náboj $+q$, spodní deska $-q$.

Kapacita deskového kondensátoru je dána vztahem:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Práce vykonaná při nabíjení kondensátoru.



Uvažujme kondensátor kapacity C , jehož desky nesou náboj velikosti q' mezi nimiž je potenciálový rozdíl $V = \Delta\phi'$.

Práce, kterou musí vykonat vnější zdroj, aby na deskách kondensátoru byl náboj je dána vztahem:

$$W = \frac{q^2}{2C}$$

Dosazením za q z rovnice $q = CV$ dostaneme vztahy:

$$W = \frac{CV^2}{2}, \quad W = \frac{qV}{2}$$

Práce W vykonaná při nabití kondensátoru je v kondensátoru uložena ve formě potenciální energie E_{pot} . Tedy platí vztahy:

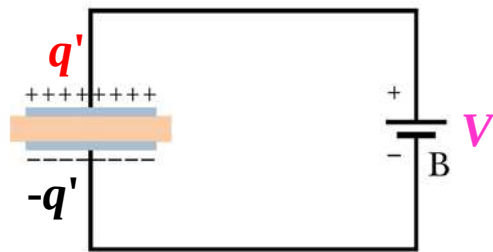
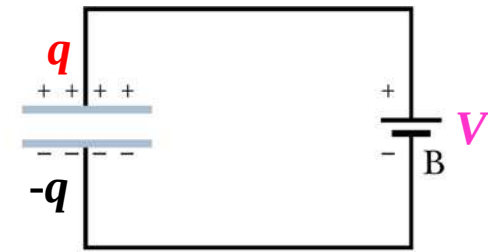
$$E_{pot} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CV^2}{2} = \frac{qV}{2} = W$$

Kondenzátor s dielektrikem.

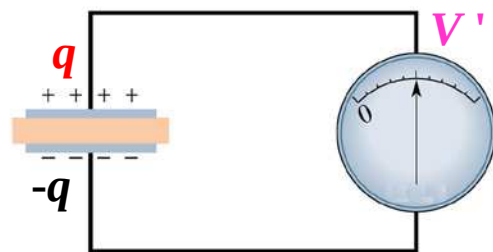
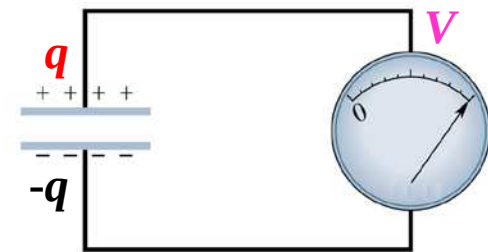
Experimenty M. Faradaye s kondensátory bez a s dielektrikem ukázaly, že kapacita kondensátoru se vložením dielektrika mezi desky kondensátoru změní a to přímo úměrně s konstantou úměrnosti ϵ_r :

$$C = \epsilon_r C_{\text{vzduch}}$$

Konstantu ϵ_r nazýváme **relativní permitivita**. Relativní permitivita je materiálovou konstantou.



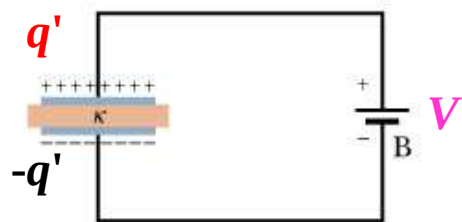
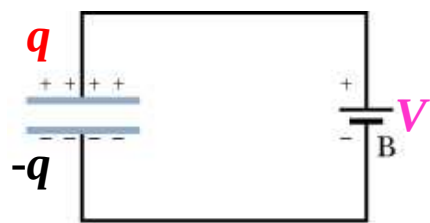
$V = \text{konstanta}$



$q = \text{konstanta}$

Faradayovy experimenty:

1. Desky kondensátoru jsou připojeny ke zdroji nábojů, na jehož svorkách je konstantní napětí V . Desky kondensátoru po vložení dielektrika nesou větší náboj.
2. Kondensátor nese konstantní množství náboje, po vložení dielektrika mezi jeho desky pak pozorujeme pokles napětí mezi deskami kondensátoru.

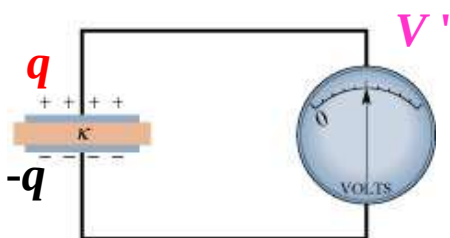
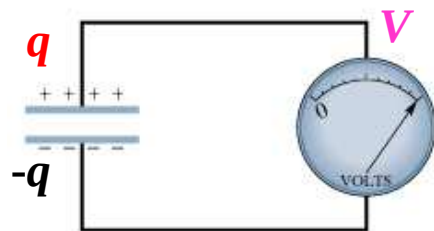


$V = \text{a constant}$

(a)

Obrázek (a): Ke svorkám kondensátoru je připojen zdroj konstantního napětí V . Po vložení dielektrika mezi desky kondensátoru se změní množství náboje na deskách kondensátoru z q na $q' = \epsilon_r q$. Kapacita kondensátoru se pak změní:

$$C = \frac{q'}{V} = \frac{\epsilon_r q}{V} = \epsilon_r \frac{q}{V} = \epsilon_r C_{\text{vzduch}}$$



$q = \text{a constant}$

(b)

Obrázek (b): Ke svorkám nabitého kondensátoru je připojen voltmetr. Jelikož jsou desky kondensátoru izolovány, je na nich konstantní množství elektrického náboje q . Po vložení dielektrika mezi desky kondensátoru se změní hodnota napětí mezi deskami z V na $V' = V / \epsilon_r$. Kapacita kondensátoru se pak změní:

$$C = \frac{q}{V'} = \frac{q}{V / \epsilon_r} = \epsilon_r \frac{q}{V} = \epsilon_r C_{\text{vzduch}}$$