

Obsah

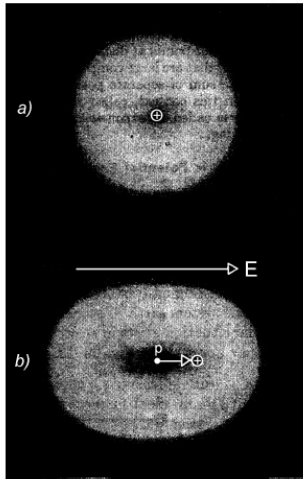
- 1 Elektrické pole v dielektriku
- 2 Gaussův zákon pro dielektrikum
- 3 Materiálové vztahy

- 1 Elektrické pole v dielektriku
- 2 Gaussův zákon pro dielektrikum
- 3 Materiálové vztahy

Elektrické pole v dielektriku

- dielektrika (nevodiče) ovlivňují elektrické pole
- vysvětlení – vlivem vnějšího elektrického pole dochází k polarizaci částic dielektrika

Elektrické pole v dielektriku



Elektrický dipól

rozložení náboje v částicích dielektrika se popisuje pomocí elektrického dipólového momentu

- elektrický dipól
nejjednodušší příklad – dva bodové náboje Q a $-Q$ ve vzdálenosti l
- definují elektrický dipólový moment $\mathbf{p} = Ql$
- potenciál elektrického pole buzeného dipólem umístěným v počátku souřadnic

$$\varphi(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{r}}{r^3} \quad \text{pro } r \gg l$$

Elektrický dipól

- elektrický dipólový moment soustavy bodových nábojů

$$\mathbf{p} = \sum_i Q_i \mathbf{r}_i$$

- elektrické pole buzené dipólem s odpovídajícím dipólovým momentem představuje dobrou aproximaci skutečného pole malých částic ve velkých vzdálenostech

Dělení molekul

Dělení molekul

- nepolární molekuly – nulový el. dipólový moment (Ar, N₂, ...)
- polární molekuly – nenulový el. dipólový moment (HCl, H₂O, ...)

Polarizace dielektrika

Polarizace dielektrika

- elektronová (atomová)
- iontová
- orientační (pouze u polárních molekul)

Vektor polarizace

rozložení náboje v částicích dielektrika se popisuje elektrickým dipólovým momentem

pro kvalitativní popis polarizace dielektrika se používá vektor polarizace \mathbf{P}

$$\mathbf{P} = \frac{\sum_i \mathbf{p}_i}{\Delta V}$$

což je objemová hustota dipólových momentů,

např. pro elektret platí $\mathbf{P} = \mathbf{P}_0 = \text{konst.}$

výsledné elektrické pole v dielektriku je superpozicí vnějšího elektrického pole a elektrického pole buzeného dipólu

na povrchu dielektrika vzniká vázaný náboj s plošnou hustotou

$$\sigma_v = \mathbf{P} \cdot \mathbf{n}$$

v objemu dielektrika vzniká vázaný náboj s objemovou hustotou

$$\rho_v = -\operatorname{div} \mathbf{P}$$

Vektor elektrické indukce

definujme vektor elektrické indukce

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$$

- 1 Elektrické pole v dielektriku
- 2 Gaussův zákon pro dielektrikum
- 3 Materiálové vztahy

Gaussův zákon pro dielektrikum

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = Q$$

S je uzavřená plocha, Q je celkový volný náboj uzavřený plochou S

Gaussův zákon pro dielektrikum

Celkový počet indukčních čar procházejících uzavřenou plochou je roven Q , kde Q je celkový volný náboj uzavřený plochou S . Indukční čáry vycházející z vnitřku plochy ven se započítávají s kladným znaménkem, indukční čáry vcházející dovnitř plochy se započítávají se záporným znaménkem.

Tento zákon umožní např. snadno odvodit vztah pro \mathbf{D} od bodového náboje.

- 1 Elektrické pole v dielektriku
- 2 Gaussův zákon pro dielektrikum
- 3 Materiálové vztahy**

Materiálové vztahy

vektor polarizace obecně závisí intenzitě elektrického pole

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}(\mathbf{E}) \quad \text{resp.} \quad \mathbf{D} = \mathbf{D}(\mathbf{E})$$

Odvození materiálového vztahu

uvažujme jednoduchý model pro nepolární atomární plyn

- vlivem vnějšího pole se jádro a elektronový obal navzájem posunou o l , elektronový obal uvažujme jako kouli o poloměru R o konstantní hustotě záporného náboje
- v rovnováze se vyrovná síla na jádro od vnějšího pole s přitahováním jádra s elektronovým obalem

$$Ze_0E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^2e_0^2l}{R^3}$$

z toho

$$l = \frac{4\pi\epsilon_0 R^3 E}{Ze_0}$$

Odvození materiálového vztahu

vzniklý dipól má elektrický dipólový moment

$$\mathbf{p} = 4\pi R^3 \epsilon_0 \mathbf{E}$$

vektor polarizace je pak

$$\mathbf{P} = n4\pi R^3 \epsilon_0 \mathbf{E} ,$$

kde n je koncentrace částic. Platí tedy lineární vztah

$$\mathbf{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E} \quad \epsilon_r = 1 + 4\pi n R^3$$

pro vodík dosadíme za R Bohrovův poloměr a_0 a dostaneme pro teplotu 0°C a atmosférický tlak

$$\varepsilon_r = 1.000050$$

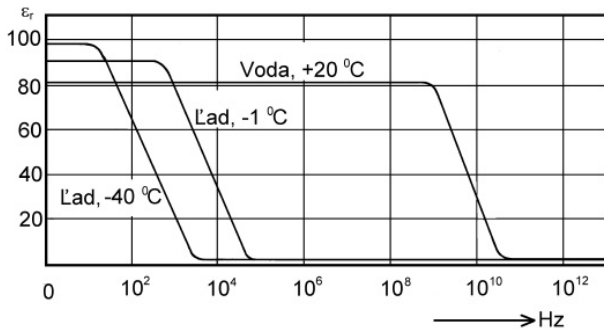
experimentálně zjištěná hodnota je

$$\varepsilon_r = 1.00026$$

Relativní permitivity různých látek

látka	relativní permitivita (statická, $T = 300$ K)
vzduch	1.00059
voda	81
etylalkohol	26
papír	3.5
polyetylén	2.3
NaCl	5.9
TiO	100

- frekvenční a teplotní závislost relativní permitivity



v některých případech je materiálový vztah nelineární a má hysterezi

- anizotropní prostředí
- ferroelektrika – BaTiO_3 , vínan sodnodraselný (Seignettova sůl), . . .