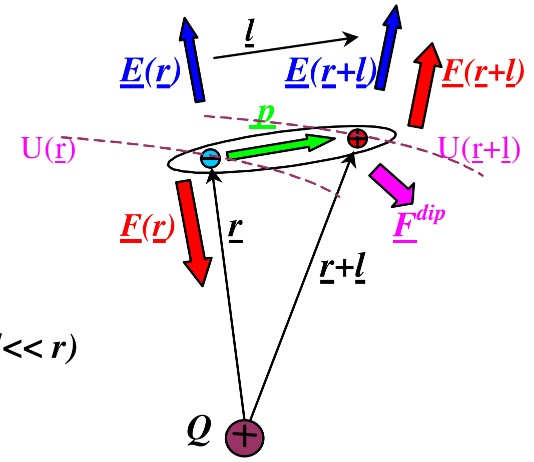
Konzultáció III.

A forrás és a próbatest változó viszonya

Dipólra ható erő, dipól energiája (külső térben),
(A forrás a töltés, a próbatest a dipól)



(l<< r)

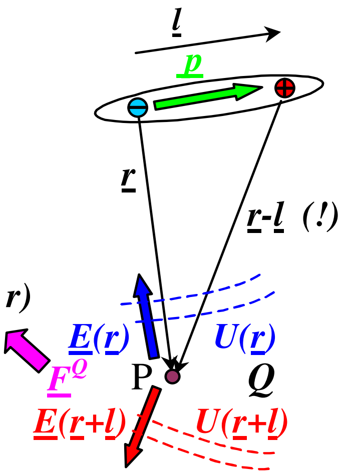
$$E^{dipól}_{energia} = -e\,U(\underline{r}) + e\,U(\underline{r}+\underline{l}) \approx$$
$$\approx -eU(\underline{r}) + e\big(U(\underline{r}) + \{grad\,U(r)\}\underline{l}\big) =$$
$$= -\underline{p}\;\underline{E}$$

$$\underline{F}^{dipól} = -e\,\underline{E}(\underline{r}) + e\,\underline{E}(\underline{r}+\underline{l}) \approx$$
$$\approx -e\,\underline{E}(\underline{r}) + e\big(\underline{E}(\underline{r}) + \{grad\,\underline{E}(r)\}\underline{l}\big) =$$
$$= \underline{p}\;grad\,\underline{E}$$

($F_x = \{p_x\,(\partial E_x/\partial x) + p_y\,(\partial E_y/\partial x) + p_z\,(\partial E_z/\partial x)\}$,
$F_y = \{p_x\,(\partial E_x/\partial y) + \ldots\}\ldots$
$F_z = \{p_x\,(\partial E_x/\partial z) + \ldots\}\ldots$).

$\underline{E}$ itt a Q töltés által keltett tér a dipólus helyén.

Dipól tere és potenciálja
(A forrás a dipól, a próbatest a töltés)



(l<< r)

$$U^{\,dipól} = U^{-}(\underline{r}) + U^{+}(\underline{r}-\underline{l}) \approx$$
$$\approx U^{-}(\underline{r}) + \Big(U^{+}(\underline{r}) - \big\{grad\,U^{+}(r)\big\}\underline{l}\Big) =$$
$$= -\underline{l}\;grad\Big(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{e}{r}\Big) = \underline{p}\;\underline{r}\Big(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r^2}\Big)$$

$$\underline{E}^{dipól} = \underline{E}^{-}(\underline{r}) + \underline{E}^{+}(\underline{r}-\underline{l}) \approx$$
$$\approx \underline{E}^{-}(\underline{r}) + \Big(\underline{E}^{+}(\underline{r}) - \big\{grad\,\underline{E}^{+}(r)\big\}\underline{l}\Big) =$$
$$= -\underline{l}\;grad\Big(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{e}{r^3}\underline{r}\Big) =$$
$$= -\underline{p}\,grad\Big(\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{1}{r^3}\underline{r}\Big)$$

$\underline{F}^{Q} = Q\,\underline{E}^{dipól} = -\,\underline{p}\;grad\,\underline{E}^{Q}$

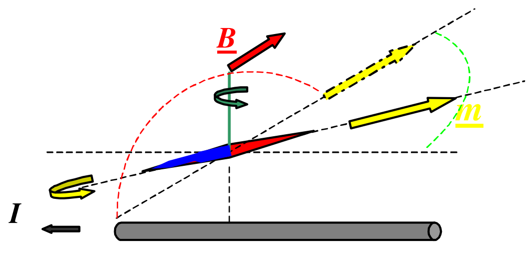
(Vigyázat az $\underline{r}$ /a $grad_r$ -ban/ iránytváltott!)

$\underline{E}^{dipól}$ itt a dipól által keltett tér a Q töltés helyén.

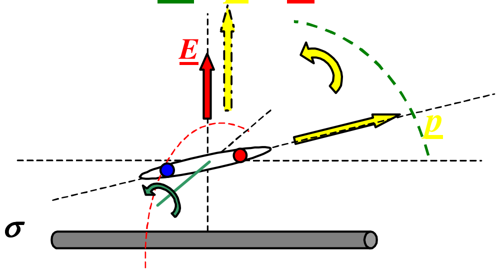
A két erő (F^Q és $F^{dipól}$) egyenlő , de ellentétes irányú (az erő - reakcióerő összefüggés miatt)!

Mágnesesmomentumra és a dipólmumentumra ható forgatónyomaték

$\underline{M} = \underline{m} \times \underline{B}$



$\underline{M} = \underline{p} \times \underline{E}$



$$W_{m.} = - \underline{m}\, \underline{B}$$
$$W_m = - m\, B \cos \vartheta$$
$$|\underline{M}| = (\partial W_m / \partial \vartheta) = m\, B \sin \vartheta = |\underline{m} \times \underline{B}|$$

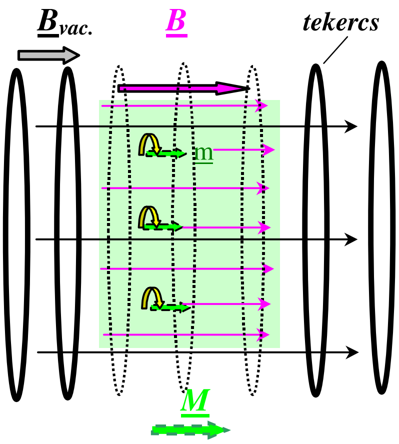
$$W_{dip} = - \underline{p}\, \underline{E}$$
$$\underline{M} = \underline{p} \times \underline{E}$$

Paramágneses anyag.
az atomi $m(\underline{B} = 0) \neq 0$

Poláros anyag.
az atomi $p(\underline{E} = 0) \neq 0$

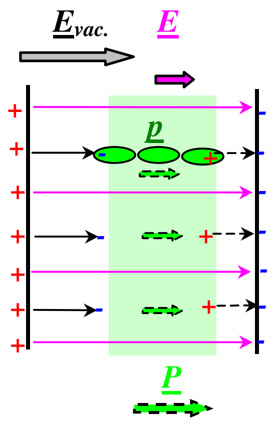
részleges térkitöltés anyaggal

tekercsben



$\underline{H} = \underline{B}_{vac} / \mu_o$

kondenzátorban



$\underline{D} = \varepsilon_o\, \underline{E}_{vac}$

$div\ \underline{B} = \mu_o\, \underline{j}_{össz.} = \mu_o\, (\underline{j}_{szab.} + \underline{j}_{pol.})$

$rot\ \underline{H} = \underline{j}_{szabad}\ ;\quad rot\ \underline{M} = \underline{j}_{pol}$

$\int \underline{M}\, d\underline{s} = I_{pol}$

$\underline{H} = (1/\mu_o)\, \underline{B} - \underline{M} = (1/\mu)\, \underline{B}$

$\underline{B} \,||\, \underline{M}$ *és egyirányú*

Az anyagbeli rendeződött momentumok az anyagbeli teret (a $\underline{B}$-t) ***növelik***: $\mu_r > 1$ */a H a változatlan/!*

μ_r ***nem*** *árnyékolási tényező*

$div\ \underline{E} = (1/\varepsilon_o)\, \rho_{össz.} = 1/\varepsilon_o\, (\rho_{sz.} + \rho_{pol.})$

$div\ \underline{D} = \rho_{szabad}\ ;\quad div\ \underline{P} = - \rho_{pol.}$

$\iint \underline{P}\, d\underline{A} = - Q_{pol}$

$\underline{D} = \varepsilon_o\, \underline{E} + \underline{P} = \varepsilon\, \underline{E}$

$\underline{E} \,||\, \underline{P}$ *és egyirányú*

Az anyagbeli rendeződött momentumok az anyagbeli teret (a $\underline{E}$-t) ***csökkentik***: $\varepsilon_r > 1$ */a D a változatlan/!*

ε_r *árnyékolási tényező*

Korrekt (analóg) tárgyalás

$\underline{H} = (1/\mu_o)\,\underline{B} - \underline{M}$
rot $\underline{M} = \underline{j}_P$
$\underline{H} = (1/\mu_r\mu_o)\,\underline{B}$
$\underline{M}(\underline{B}) = (\chi'/\mu_o)\,\underline{B}$
$\underline{H} = (1/\mu_o)(1-\chi'_{mágn})\,\underline{B}$
$\mu_r = 1/(1-\chi'_{mágn})$
($\chi'_{mágn.}$ *új mágneses szuszceptibilitás*)

$\underline{D} = \varepsilon_o\underline{E} + \underline{P}$
div $\underline{P} = -\rho_{pol.}$
$\underline{D} = \varepsilon_r\varepsilon_o\,\underline{E}$
$\underline{P}(\underline{E}) = \chi\,\varepsilon_o\,\underline{E}$
$\underline{D} = \varepsilon_o\,(1+\chi_{el.})\,\underline{E}$
$\varepsilon_r = 1+\chi_{el.}$
($\chi_{el.}$ *elektromos szuszceptibilitás*)

Történelmi (konvencionális) tárgyalás

$\underline{B} = \mu_o\,\underline{H} + \underline{M}$
rot $\underline{M} = \underline{j}_P$
$\underline{B} = (\mu_r\mu_o)\,\underline{H}$
$\underline{M}(\underline{H}) = (\chi_m\,\mu_o)\,\underline{H}$
$\underline{B} = \mu_o(1+\chi_m)\,\underline{H}$
$\mu_r = (1+\chi_m)$
($\chi_{m.}$ *klasszikus mágneses szuszceptibilitás*)

$\underline{D} = \varepsilon_o\underline{E} + \underline{P}$
div $\underline{P} = -\rho_{pol.}$
$\underline{D} = \varepsilon_r\,\varepsilon_o\,\underline{E}$
$\underline{P}(\underline{E}) = \chi\,\varepsilon_o\,\underline{E}$
$\underline{D} = \varepsilon_o\,(1+\chi_{el.})\,\underline{E}$
$\varepsilon_r = 1+\chi_{el.}$
($\chi_{el.}$ *elektromos szuszceptibilitás*)

$\mu_r = 1/(1-\chi'_{mágn}) = (1+\chi_m)$, vagy:

$$\chi_m = \chi'_{mágn}/(1-\chi'_{mágn})$$

a) Tipikusan paramágneseknél:
$\chi'_{mágn} << 1 \Rightarrow \chi'_{mágn} \approx \chi_m$ $(+10^{-4}\ -\ +10^{-2})$
$\underline{B} > \underline{H}$ az anyagon belül.
A $\underline{B}$ és a kapcsolódó erők ($\underline{F}$) ill. forgatónyomatékok ($\underline{M}$) nagyobbak, mint anyag híján.

Diamágneseknél is: $\chi'_{mágn} \approx \chi_m$,
csak ott $\chi'_{mágn}, \chi_m < 0$ $(-10^{-6}\ -\ -10^{-4})$
$\underline{B} < \underline{H}$ az anyagon belül.
A $\underline{B}$ van árnyékolva van, az erők és nyomatékok kisebbek.

b) Ferromágnesek
μ_r nem értelmes (, de értelmezhető), így χ sem egyértelmű.
Azonban láthatóan az anyagbeli $\underline{M}$ momentumok a $\underline{B}$-vel egyirányúak, azt növelik:
$\underline{B} >> \underline{H}$ az anyagon belül !
A $\underline{B}$ és a kapcsolódó erők ($\underline{F}$) ill. forgatónyomatékok ($\underline{M}$) nagyobbak, mint anyag híján.

c) Szupravezetők
Extrém (nem klasszikus) diamágnes:
kizárja a $\underline{B}$ mágneses teret, (mint a fém ($\varepsilon_r = \infty$) az $\underline{E}$ elektromos teret).
$\underline{B} = 0$; Milyenkor $\chi'_{mágn} = -\infty$; $\chi_m = -1$