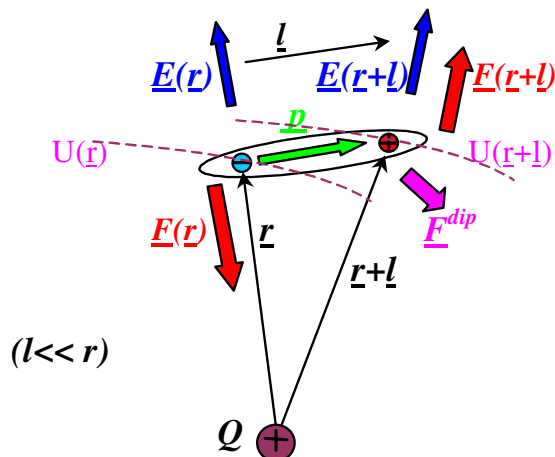


Konzultáció III.

A forrás és a próbatest változó viszonya

Dipólra ható erő, dipól energiája (külső térben),

(A forrás a töltés, a próbatest a dipól)



$$E_{energia}^{dipól} = -eU(\underline{r}) + eU(\underline{r} + \underline{l}) \approx$$

$$\approx -eU(\underline{r}) + e(U(\underline{r}) + \{\text{grad } U(\underline{r})\}\underline{l}) =$$

$$= -\underline{p} \underline{E}$$

$$\underline{F}^{dipól} = -e\underline{E}(\underline{r}) + e\underline{E}(\underline{r} + \underline{l}) \approx$$

$$\approx -e\underline{E}(\underline{r}) + e(\underline{E}(\underline{r}) + \{\text{grad } \underline{E}(\underline{r})\}\underline{l}) =$$

$$= \underline{p} \text{grad } \underline{E}$$

$$(\underline{F}_x = \{p_x (\partial \underline{E}_x / \partial x) + p_y (\partial \underline{E}_y / \partial x) + p_z (\partial \underline{E}_z / \partial x)\},$$

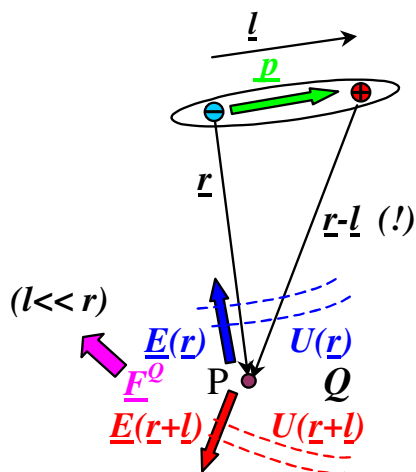
$$\underline{F}_y = \{p_x (\partial \underline{E}_x / \partial y) + \dots\}..$$

$$\underline{F}_z = \{p_x (\partial \underline{E}_x / \partial z) + \dots\}..).$$

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

Dipól tere és potenciálja

(A forrás a dipól, a próbatest a töltés)



$$U^{dipól} = U^-(\underline{r}) + U^+(\underline{r} - \underline{l}) \approx$$

$$\approx U^-(\underline{r}) + \left(U^+(\underline{r}) - \{\text{grad } U^+(\underline{r})\}\underline{l} \right) =$$

$$= -\underline{l} \text{grad} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e}{r} \right) = \underline{p} \underline{r} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} \right)$$

$$\underline{E}^{dipól} = \underline{E}^-(\underline{r}) + \underline{E}^+(\underline{r} - \underline{l}) \approx$$

$$\approx \underline{E}^-(\underline{r}) + \left(\underline{E}^+(\underline{r}) - \{\text{grad } \underline{E}^+(\underline{r})\}\underline{l} \right) =$$

$$= -\underline{l} \text{grad} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e}{r^3} \underline{r} \right) =$$

$$= -\underline{p} \text{grad} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^3} \underline{r} \right)$$

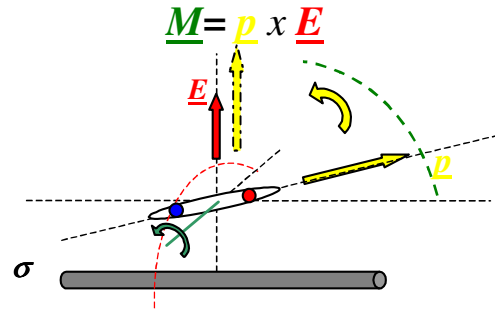
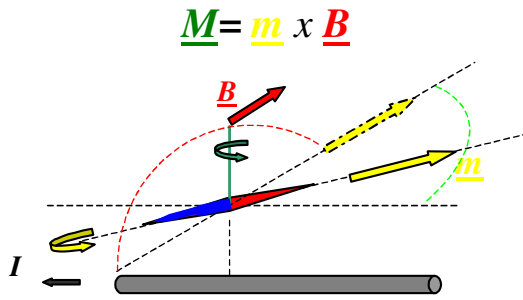
$$\underline{F}^Q = Q \underline{E}^{dipól} = -\underline{p} \text{grad } \underline{E}^Q$$

(Vigyázat az $\underline{r}/a \text{ grad}_r$ -ban/ irányváltott!)

$\underline{E}^{dipól}$ 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 dipólmomentumra ható forgatónyomaték



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

$$W_m = - \underline{m} \underline{B}$$

$$W_m = - m B \cos \vartheta$$

$$|\underline{M}| = (\partial W_m / \partial \vartheta) = m B \sin \vartheta = |\underline{m} \times \underline{B}|$$

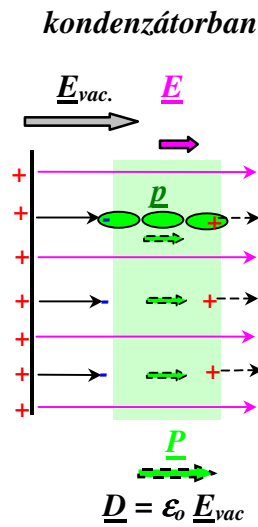
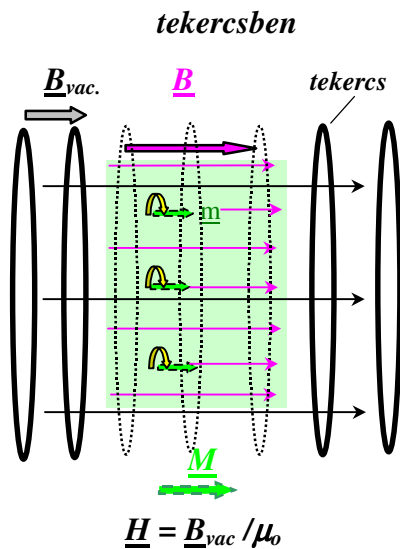
Paramágneses anyag.
az atomi $\underline{m}(\underline{B} = 0) \neq 0$

$$W_{dip} = - \underline{p} \underline{E}$$

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

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

részleges térkitöltés anyaggal



$$\text{div } \underline{B} = \mu_0 \dot{I}_{\text{össz.}} = \mu_0 (\dot{I}_{\text{szab.}} + \dot{I}_{\text{pol.}})$$

$$\text{rot } \underline{H} = \dot{I}_{\text{szab.}}; \quad \text{rot } \underline{M} = \dot{I}_{\text{pol.}}$$

$$\oint \underline{M} d\underline{s} = I_{\text{pol}}$$

$$\underline{H} = (1/\mu_0) \underline{B} - \underline{M} = (1/\mu) \underline{B}$$

$\underline{B} \parallel \underline{M}$ 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

$$\text{div } \underline{E} = (1/\epsilon_0) \rho_{\text{össz.}} = 1/\epsilon_0 (\rho_{\text{sz.}} + \rho_{\text{pol.}})$$

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

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

$$\underline{D} = \epsilon_0 \underline{E} + \underline{P} = \epsilon \underline{E}$$

$\underline{E} \parallel \underline{P}$ és egyirányú

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

ϵ_r árnyékolási tényező

Korrekt (analóg) tárgyalás

$$\begin{array}{ll}
 \underline{H} = (1/\mu_o) \underline{B} - \underline{M} & \underline{D} = \epsilon_o \underline{E} + \underline{P} \\
 \text{rot } \underline{M} = \underline{j}_P & \text{div } \underline{P} = -\rho_{pol.} \\
 \underline{H} = (1/\mu_r \mu_o) \underline{B} & \underline{D} = \epsilon_r \epsilon_o \underline{E} \\
 \underline{M}(\underline{B}) = (\chi' / \mu_o) \underline{B} & \underline{P}(\underline{E}) = \chi \epsilon_o \underline{E} \\
 \underline{H} = (1/\mu_o)(1 - \chi'_{mágn}) \underline{B} & \underline{D} = \epsilon_o (1 + \chi_{el.}) \underline{E} \\
 \mu_r = 1/(1 - \chi'_{mágn}) & \epsilon_r = 1 + \chi_{el.} \\
 (\chi'_{mágn.} \text{ új mágneses szuszceptibilitás}) & (\chi_{el.} \text{ elektromos szuszceptibilitás})
 \end{array}$$

Történelmi (konvencionális) tárgyalás

$$\begin{array}{ll}
 \underline{B} = \mu_o \underline{H} + \underline{M} & \underline{D} = \epsilon_o \underline{E} + \underline{P} \\
 \text{rot } \underline{M} = \underline{j}_P & \text{div } \underline{P} = -\rho_{pol.} \\
 \underline{B} = (\mu_r \mu_o) \underline{H} & \underline{D} = \epsilon_r \epsilon_o \underline{E} \\
 \underline{M}(\underline{H}) = (\chi_m \mu_o) \underline{H} & \underline{P}(\underline{E}) = \chi \epsilon_o \underline{E} \\
 \underline{B} = \mu_o (1 + \chi_m) \underline{H} & \underline{D} = \epsilon_o (1 + \chi_{el.}) \underline{E} \\
 \mu_r = (1 + \chi_m) & \epsilon_r = 1 + \chi_{el.} \\
 (\chi_m \text{ klasszikus mágneses szuszceptibilitás}) & (\chi_{el.} \text{ elektromos szuszceptibilitás})
 \end{array}$$

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

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

a) Tipikusan paramágneseknél:

$$\chi'_{mágn} \ll 1 \Rightarrow \chi'_{mágn} \approx \chi_m \quad (+10^{-4} - +10^{-2})$$

$\underline{B} > \underline{H}$ az anyagon belül.

A \underline{B} és a kapcsolódó erők (\underline{E}) 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:

$\underline{B} \gg \underline{H}$ az anyagon belül !

A \underline{B} és a kapcsolódó erők (\underline{E}) ill. forgatónyomatékok (\underline{M}) nagyobbak, mint anyag híján.

c) Szupravezetők

Extrém (nem klasszikus) diamágnes:

kizárja a \underline{B} mágneses teret, (mint a fém ($\epsilon_r = \infty$) az \underline{E} elektromos teret).

$$\underline{B} = 0; \text{ Milyenkor } \chi'_{mágn} = -\infty; \chi_m = -1$$