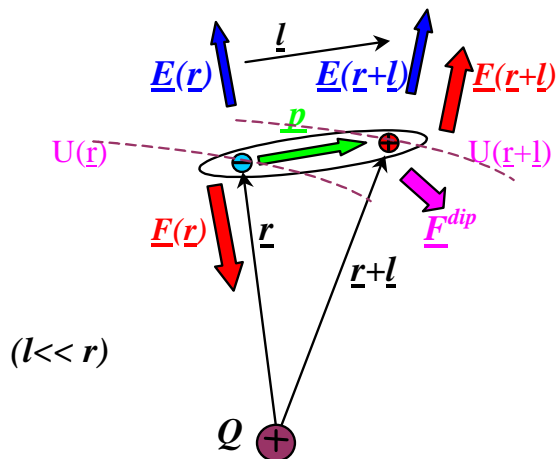


Konzultáció II.

A forrás és a próbatest változó viszonya

Dipólra ható erő, dipól energiája (külső térben),

(A forrás a töltés, a próbatest a dipól)



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

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

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

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

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

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

$$(F_x = \{p_x (\partial E_x / \partial x) + p_y (\partial E_y / \partial x) + p_z (\partial E_z / \partial x)\},$$

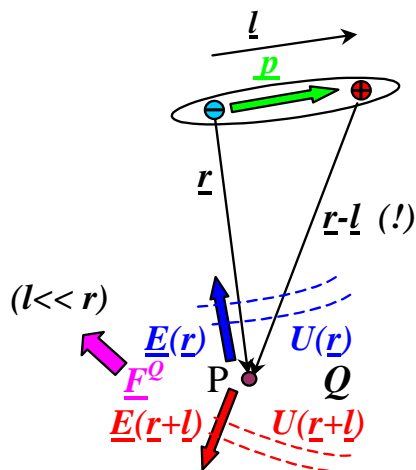
$$F_y = \{p_x (\partial E_x / \partial y) + \dots\} \dots$$

$$F_z = \{p_x (\partial E_x / \partial z) + \dots\} \dots).$$

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

Dipól tere és potenciálja

(A forrás a dipól, a próbatest a töltés)



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

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

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

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

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

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

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

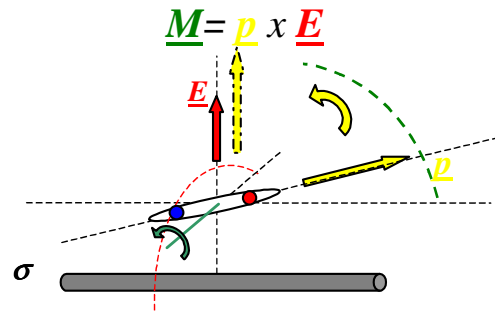
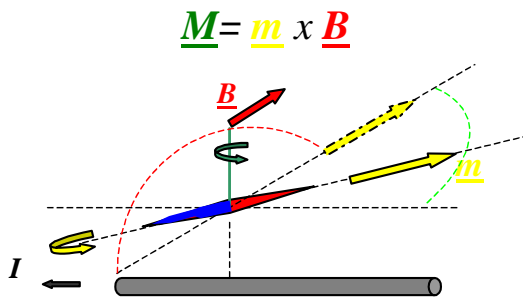
$$\underline{F}^Q = Q \underline{E}^{\text{dipól}} = -\underline{p} \text{grad } \underline{E}^Q$$

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

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

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

Mágnesesmomentumra és a dipólmomentumra ható forgatónyomaték



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

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

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

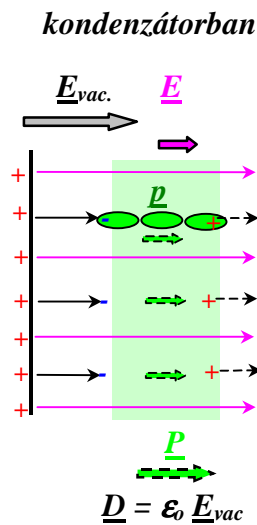
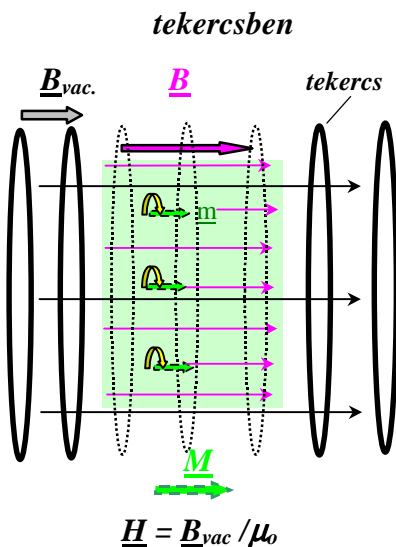
Paramágneses anyag.
az atomi $\underline{m}(\underline{B} = 0) \neq 0$

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

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

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

részleges térkitöltés anyaggal



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Történelmi (konvencionális) tárgyalás

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

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

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

a) Tipikusan paramágneseknél:

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

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

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

Diamágneseknél is: $\chi'_{magn} \approx \chi_m$,
csak ott $\chi'_{magn}, \chi_m < 0$ ($-10^{-6} - -10^{-4}$)

$\underline{B} < \underline{H}$ 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{F}) 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).

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