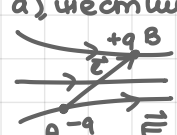


7) Энергия электрического поля в веществе. Энергия диполя во внешнем поле (иёст-кий и унрчнй диполи). Силл, действующиё на диполь в неоднородном электрическом поле.

$\delta U = \int \delta g(\vec{r}) \varphi(\vec{r}) dV$ - вариация энергии системы, зарядов
по тн Гаусса $\delta g = \frac{1}{4\pi} \text{div } \delta \vec{D}$

$\delta U = \frac{1}{4\pi} \int \varphi \text{div } \delta \vec{D} dV = \frac{1}{4\pi} \int [\text{div}(\varphi \delta \vec{D}) - \delta \vec{D} \text{grad } \varphi] dV$
 $[\text{div } \vec{a} \vec{b} = (\vec{a} \nabla \vec{b}) + \vec{a} (\nabla \cdot \vec{b})]$
 $\int \text{div}(\varphi \delta \vec{D}) dV = \oint_{S_\infty} (\varphi \delta \vec{D}) d\vec{S} = 0$
 S_∞ - замкнутая поверхность удалённая пов-то

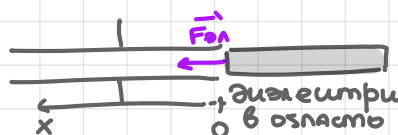
$\delta U = [\vec{E} = -\text{grad } \varphi] = \int \frac{\vec{E} \delta \vec{D}}{4\pi} dV \Rightarrow \delta W = \frac{\vec{E} \delta \vec{D}}{4\pi}$
 если поле с \vec{E} создаётся в вакууме, то плотность энергии равна $w_0 = \frac{E^2}{8\pi}$


а) иёсткий:

 $W = q\varphi_B - q\varphi_A$
 в данном случае $W = q(\varphi_B - \varphi_A) = -q(\vec{E} \cdot \vec{l}) = -q\vec{l} \cdot \vec{E} = -(\vec{p} \cdot \vec{E})$
 $\vec{F} = -\nabla W = \nabla(\vec{p} \cdot \vec{E})$ - сила, действ. на диполь во вн. поле

б) унрчнй: $\vec{p} \propto \vec{E}$ ($\vec{p} = \beta \vec{E}$)
 $W = -\int \vec{p} \cdot d\vec{E} = -\int \beta E dE \Rightarrow W = -\frac{1}{2}(\vec{p} \cdot \vec{E}) \Rightarrow \vec{F} = \frac{1}{2} \nabla(\vec{p} \cdot \vec{E})$

Энергетический метод вычисления сил (метод виртуальных перемещений), вычисление сил при постоянных зарядах и при постоянных потенциалах

$F \cdot dx = \delta A$
 $F = \left(\frac{\delta A}{\delta x} \right)$ фикс. параметри
 если есть только электростатические силы, то $\delta A = -dW_{эл}$

1. $q = \text{const}$

 диэлектрик втягивается в область сильного поля
 $W_{эл} = \frac{q^2}{2C(x)}$
 $F_x = -\left(\frac{\partial W_{эл}}{\partial x} \right), q = \frac{q^2}{2C^2} \frac{dC}{dx} > 0$

2. $\Delta \varphi = \text{const}$

 нужно учитывать работу батарейки:
 $\delta A_{бат} = dW_{эл} + \delta A_{мех}$
 $\delta A_{бат} = \left(\frac{\delta A}{\delta C} \right) dq [dq = \Delta \varphi dC]$
 $dW_{эл} = \frac{(\Delta \varphi)^2 dC}{2}$
 $F_x = \frac{\delta A_{мех}}{\delta x} = \frac{\delta A_{бат} - dW_{эл}}{\delta x} = \frac{(\Delta \varphi)^2 dC - \frac{(\Delta \varphi)^2 dC}{2}}{\delta x} = \frac{(\Delta \varphi)^2 dC}{2 \delta x} > 0 \Rightarrow$ диэлектрик тоже втягивается в область конденсатора