

④ Энергия электрического поля в вакууме. Энергия диполя во внешнем поле (постоянный и переменный ток). Анализы, действующие на диполь в неоднородном электрическом поле. Энергетический метод вычисления сил (метод виртуального перемещения), вычисление сил при постоянных зарядах и при переменных параметрах

а) постоянный ток

$$W = q \cdot \varphi_B - q \cdot \varphi_A$$

связано с тем, что $+q$ притягивается к φ , $-q$ притягивается к φ

нет работы по изменению дипольного момента

$$W = q(\varphi_B - \varphi_A) = -q(\vec{E} \cdot \vec{r}) = -(q \vec{r} \cdot \vec{E}) = -(\vec{p} \cdot \vec{E})$$

$$\vec{F} = -\vec{\nabla} W = \vec{\nabla}(\vec{p} \cdot \vec{E})$$

б) переменный ток

$$\vec{p} \sim \vec{E} \quad \vec{p} = \beta \vec{E}$$

$$W = -\int_0^{\vec{E}} \vec{p} \cdot d\vec{E} = \int_0^{\vec{E}} -\beta \vec{E} \cdot d\vec{E} = -\frac{1}{2}(\vec{p} \cdot \vec{E})$$

связано с тем, что имеется не только электрическое поле, но и взаимодействие зарядов друг с другом

Энергетический метод вычисления сил

$$F \cdot dx = \delta A$$

- описывает некоторые параметры (с или q)
- проводим малое изменение конфигурации системы

$$F = \left(\frac{\delta A}{dx} \right) \text{ функ. перем.}$$

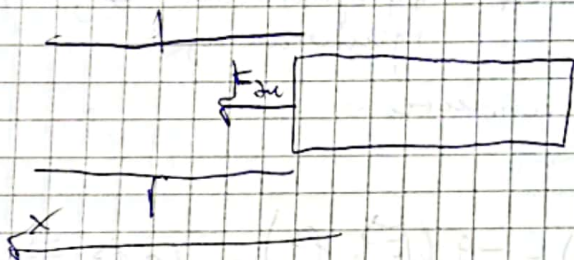
$$W_1 = W_2 + \delta A$$

эти силы только электростатические, то

$$\delta A = - dW_{эл}$$

Пример 1

$$q = \text{const}$$



при помещении в электрическое поле, диэлектрик поляризуется (диполи выстраиваются по полю) \Rightarrow стабилизируется элект-

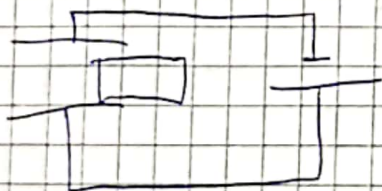
рическое поле, но оно более слабое, чем поле внутри конденсатора \Rightarrow диполи стремятся вытесниться из области слабого поля в область сильного поля

$$W_{эл} = \frac{q^2}{2C(x)}$$

$$F_x = - \left(\frac{\partial W_{эл}}{\partial x} \right)_q$$

$$F_x = \frac{q^2}{2\epsilon^2} \cdot \frac{dC}{dx}$$

Пример 2



~~$$F_x = - \left(\frac{\partial W_{эл}}{\partial x} \right)_{d\epsilon} = - \frac{(\Delta\epsilon)^2}{2} \cdot \frac{d\epsilon}{dx}$$~~

$$\delta A_{\text{сам}} = dW_{эл} + \delta A_{\text{мех}}$$

$$\delta A_{\text{sam}} = \underbrace{\Delta \epsilon}_{\text{E.C.C}} \cdot dq$$

$$dq = (\Delta \epsilon) \cdot dC$$

$$dW_{\text{an}} = \frac{(\Delta \epsilon)^2 dC}{2}$$

$$F_x = \frac{\delta A_{\text{sam}}}{dx} = \frac{\delta A_{\text{sam}} - dW_{\text{an}}}{dx} = \frac{(\Delta \epsilon)^2 dC - \frac{(\Delta \epsilon)^2 dC}{2}}{dx} =$$

$$= \frac{(\Delta \epsilon)^2}{2} \cdot \frac{dC}{dx}$$

$$\frac{dC}{dx} = \frac{S}{4\omega d} (\epsilon - 1) \frac{1}{L}$$

$$C = \frac{S}{4\omega d} \left(\left(1 - \frac{x}{L}\right) + \epsilon \frac{x}{L} \right) = \frac{S}{4\omega d} \left(1 + (\epsilon - 1) \frac{x}{L} \right)$$