

Условие

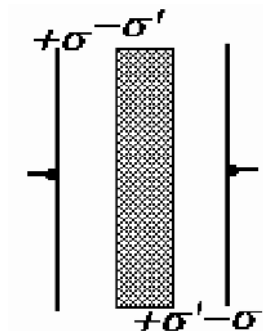
10-4. Внутри плоского конденсатора, расстояние между пластинами которого D , вставили пластину из диэлектрика с проницаемостью ε и толщиной d ($d < D$). Грани пластины параллельны обкладкам конденсатора. Какое напряжение нужно подать на обкладки конденсатора, чтобы пластина разорвалась? Предел прочности материала пластины σ_0 .

Решение

10-4. Пусть поверхностная плотность заряда на обкладках конденсатора равна σ . Тогда на поверхности диэлектрика:

$$\sigma' = -\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \sigma. \quad (1)$$

Эту формулу легко получить, если учесть, что суммарное электрическое поле, создаваемое зарядами на обкладках и поляризационными зарядами, в ε раз меньше поля, создаваемого только свободными зарядами на обкладках, иными словами $(\sigma + \sigma') = \sigma/\varepsilon$. Тогда сила, действующая на единицу площади диэлектрика:



$$P = \left(\frac{\sigma}{\varepsilon_0} + \frac{\sigma'}{2\varepsilon_0} \right) \sigma' = \frac{\varepsilon^2 - 1}{2\varepsilon^2 \varepsilon_0} \sigma^2. \quad (2)$$

Если предел прочности материала диэлектрика $P_{\text{п.п.}}$, то он будет разорван кулоновскими силами при поверхностной плотности:

$$\sigma = \sqrt{\frac{2\varepsilon^2 \varepsilon_0}{\varepsilon^2 - 1} P_{\text{п.п.}}}. \quad (3)$$

Тогда искомое напряжение:

$$U = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \left(D - d + \frac{d}{\varepsilon} \right) = \frac{D - \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} d}{\varepsilon_0} \sqrt{\frac{2\varepsilon^2 \varepsilon_0}{\varepsilon^2 - 1} P_{\text{п.п.}}} = (D\varepsilon - (\varepsilon - 1)d) \sqrt{\frac{2P_{\text{п.п.}}}{\varepsilon_0(\varepsilon^2 - 1)}}.$$