

Электростатическое поле в веществе

В. МОЖАЕВ

ПРИ ПОМЕЩЕНИИ ДИЭЛЕКТРИКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ поле происходит поляризация диэлектрика. В случае полярных диэлектриков силы, действующие со стороны электрического поля на заряды молекул, создают момент сил, который стремится развернуть молекулу (диполь) вдоль силовых линий поля. В неполярных диэлектриках под действием поля происходит деформация молекул: положительные и отрицательные заряды молекул смещаются в противоположные стороны, и молекулы превращаются в диполи.

В общем случае, при неоднородной поляризации диэлектрика внутри него и на его поверхности появляются связанные заряды. Напряженность электрического поля в любой точке пространства будет являться суперпозицией внешнего поля и поля, создаваемого связанными зарядами.

В образцах, имеющих форму тонкой пластины, шара или тонкого и длинного цилиндра, во внешнем однородном поле будет происходить однородная поляризация. В этом случае связанных объемных зарядов не будет, а возникают только поверхностные связанные заряды. Эти заряды создают электрическое поле, направленное в диэлектрике против внешнего поля, и результирующее поле в диэлектрике ослабляется. Степень ослабления поля зависит как от формы образца, так и от свойств диэлектрика.

Если мы возьмем заряженный плоский конденсатор и полностью заполним его диэлектрической средой (при сохранении зарядов на обкладках конденсатора), то в этом случае отношение напряженности электрического поля в конденсаторе без диэлектрика (в вакууме) к напряженности поля внутри диэлектрика (после заполнения им конденсатора) будет определяться только электрическими свойствами диэлектрика. Величина этого отношения называется диэлектрической проницаемостью и обозначается ϵ .

Теперь перейдем к разбору конкретных задач.

Задача 1. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора с квадратными обкладками со стороной a частично заполнены диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ (рис.1). На каждом конденсаторе находится заряд Q . Определите напряженность электрического поля в диэлектриках и поверхностную плотность связанных зарядов на диэлектриках.

Рассмотрим сначала конденсатор, изображенный на рисунке 1,а. Такой конденсатор эквивалентен двум последовательно соединенным конденсаторам, один из которых воздушный с расстоянием между пластинами $d - x$, а другой – заполненный диэлектриком с расстоянием между пластинами x . Емкость полностью заполненного диэлектриком конденсатора равна $C = \epsilon_0 \epsilon a^2 / x$. Поскольку конденсаторы со-

единены последовательно, то заряд на каждом из них равен Q . Тогда разность потенциалов на конденсаторе с диэлектри-

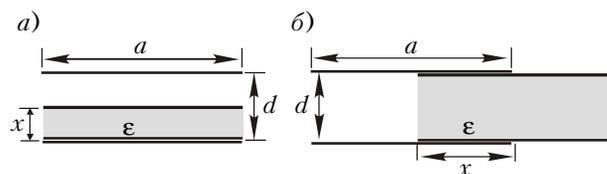


Рис. 1

ком равна $U = Q/C$, а напряженность поля в диэлектрике составляет

$$E_d = \frac{U}{x} = \frac{Qx}{\epsilon_0 \epsilon a^2 x} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon a^2}.$$

Мы получили, что напряженность поля в диэлектрике в ϵ раз меньше, чем при отсутствии диэлектрика.

Теперь найдем поверхностную плотность связанных зарядов на поверхностях диэлектрика. Электрическое поле в воздушном зазоре создается только свободными зарядами на обкладках конденсатора. (рис.2,а):

$$E_1 = \frac{Q}{\epsilon_0 a^2}.$$

Поле в диэлектрике является суперпозицией поля \vec{E}_1 и поля

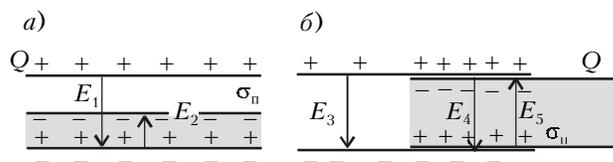


Рис. 2

\vec{E}_2 , создаваемого связанными зарядами. Обозначим через σ_n поверхностную плотность связанных зарядов. Тогда

$$E_2 = \frac{\sigma_n}{\epsilon_0}.$$

Напряженность поля в диэлектрике, с одной стороны, равна

$$E_d = E_1 - E_2 = \frac{Q}{\epsilon_0 a^2} - \frac{\sigma_n}{\epsilon_0},$$

а с другой стороны, мы раньше получили, что

$$E_d = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon a^2}.$$

Приравняем друг другу эти два выражения:

$$\frac{Q}{\epsilon_0 a^2} - \frac{\sigma_n}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon a^2},$$

откуда получим

$$\sigma_n = \frac{(\epsilon - 1)Q}{\epsilon a^2}.$$

Сделаем предельные переходы: при $\epsilon \rightarrow 1$ $\sigma_n \rightarrow 0$, а при $\epsilon \rightarrow \infty$ $\sigma_n \rightarrow \frac{Q}{a^2}$. Первый случай соответствует полному отсутствию диэлектрика (конденсатор пустой), второй – замене диэлектрика металлической пластиной.

Теперь рассмотрим конденсатор, изображенный на рисунке 1,б. Такой конденсатор эквивалентен двум параллельно соединенным конденсаторам: воздушному и полностью заполненному диэлектриком. Суммарная емкость такой систе-