

Конденсатор с диэлектриком

Чтобы увеличить ёмкость конденсатора, пространство между его обкладками можно заполнить диэлектриком. Данный листок посвящён различным явлениям, возникающим при помещении диэлектрика в электрическое поле.

Поляризационные заряды

Если диэлектрик поместить во внешнее электростатическое поле $E_{\text{внеш}}$, то в результате поляризации на поверхности диэлектрика появляются индуцированные заряды (которые называются также связанными или поляризационными). Поле $E_{\text{инд}}$ этих зарядов направлено против внешнего поля $E_{\text{внеш}}$ и частично ослабляет его; в простейшем случае однородных полей суммарное электрическое поле внутри диэлектрика будет равно $E_{\text{внутр}} = E_{\text{внеш}} - E_{\text{инд}}$. Диэлектрическая проницаемость ϵ диэлектрика показывает, во сколько раз ослабляется внешнее поле: $E_{\text{внутр}} = E_{\text{внеш}}/\epsilon$.

ЗАДАЧА 1. Диэлектрический цилиндр находится во внешнем однородном электрическом поле E , которое параллельно оси цилиндра. Найдите поверхностную плотность зарядов, индуцированных на основаниях цилиндра. Диэлектрическая проницаемость материала цилиндра равна ϵ . Высота цилиндра много меньше радиуса его оснований.

$$\frac{\epsilon}{1-\epsilon} \sigma_{\text{пол}} = \rho$$

Ёмкость конденсатора с диэлектриком

ЗАДАЧА 2. Плоский конденсатор с площадью пластин S и расстоянием между ними d заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ .

- 1) Найдите ёмкость такого конденсатора.
- 2) Найдите величину и знак заряда, индуцированного на поверхности диэлектрика у положительной пластины конденсатора, если заряд конденсатора равен q .

$$\frac{\epsilon}{1-\epsilon} b- = b \left(\sigma : \frac{q}{S \epsilon^0 \epsilon} = \rho \right) (1)$$

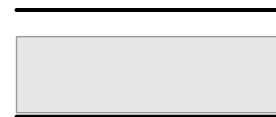
ЗАДАЧА 3. («Физтех», 2011) Плоский конденсатор заряжен и отключён от источника постоянного напряжения. В конденсатор вставляют пластину из диэлектрика (см. рисунок) так, что диэлектрик заполняет треть объёма конденсатора, из-за чего разность потенциалов между пластинами уменьшается в два раза.



- 1) Как и во сколько раз изменилась напряжённость электрического поля внутри конденсатора в области без диэлектрика?
- 2) Найдите диэлектрическую проницаемость ϵ материала диэлектрической пластины.

$$1) \text{ Напряжённость уменьшилась в два раза; } 2) \epsilon = 4$$

ЗАДАЧА 4. («Физтех», 2011) Плоский конденсатор подключён к источнику постоянного напряжения. Не отключая источника, в конденсатор вставляют пластину из диэлектрика (см. рисунок), толщина которой равна $4/5$ расстояния между пластинами конденсатора (диэлектрик заполняет $4/5$ объёма конденсатора), из-за чего заряд на пластинах конденсатора увеличивается в три раза.

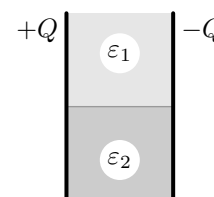


1) Как и во сколько раз изменилась напряжённость электрического поля внутри конденсатора в области без диэлектрика?

2) Найдите диэлектрическую проницаемость ε материала диэлектрической пластины.

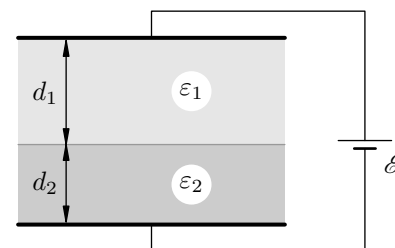
$$\boxed{9 = \varepsilon \quad (2) \quad \text{Напряжённость увеличилась в три раза.}}$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 2006) Две одинаковые половины плоского конденсатора заполнены разными диэлектриками с диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 (см. рисунок). Заряд на обкладках конденсатора равен Q . Определите величину и знак связанного (поляризационного) заряда верхнего диэлектрика у левой обкладки конденсатора.



$$\boxed{\sigma_{\text{св}}^{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} = \rho_b}$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 2006) Плоский конденсатор с площадью пластин S полностью заполнен двумя слоями диэлектрика с толщинами d_1 и d_2 и диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 (см. рисунок). Между обкладками конденсатора поддерживается постоянная разность потенциалов \mathcal{E} . Определите величину и знак связанного (поляризационного) заряда диэлектрика у нижней обкладки конденсатора.

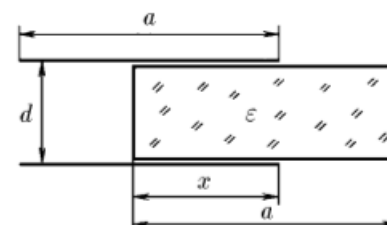


$$\boxed{\frac{1}{S} \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \varepsilon_2} \mathcal{E} S^0 = \rho_b}$$

Втягивание диэлектрика в конденсатор

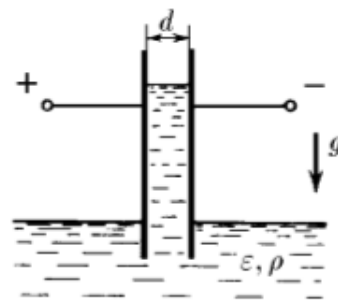
ЗАДАЧА 7. Рассмотрим заряженный плоский воздушный конденсатор и плоскопараллельную пластину из диэлектрика. Пластина расположена параллельно обкладкам конденсатора и близко к ним, а толщина пластины немного меньше расстояния между обкладками. Оказывается, пластина сама втянется в конденсатор! Объясните, какая сила вызывает такое движение пластины.

ЗАДАЧА 8. (Савченко, 6.6.20) С какой силой втягивается диэлектрическая пластина в плоский конденсатор с зарядом Q , когда она входит в пространство между обкладками на длину x ? Диэлектрическая проницаемость пластины ε , а толщина её немного меньше расстояния между обкладками d . Размеры обкладок, как и пластины, $a \times b$.



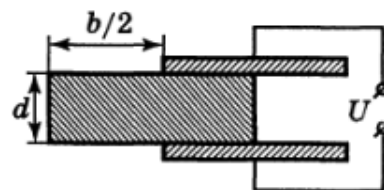
$$\boxed{\frac{\varepsilon(x(1-\varepsilon) + d)q^0 \varepsilon \mathcal{E}}{\rho_{\text{св}} \mathcal{E} (1-\varepsilon)} = F}$$

Задача 9. (Савченко, 6.6.21) В широкий сосуд с жидкостью ставится вертикально плоский конденсатор так, что нижняя часть пластин конденсатора погружается в жидкость. Конденсатор подключён к батарее, которая поддерживает на обкладках конденсатора разность потенциалов V . Расстояние между пластинами конденсатора d , плотность жидкости ρ , диэлектрическая проницаемость ϵ . Жидкость несжимаема. На какую высоту поднимется жидкость? Поверхностным натяжением пренебречь.



$$\frac{\epsilon \rho d^2 z}{\epsilon \Lambda (1-\epsilon)^{0.5}} = q$$

Задача 10. (Всеросс., 2001, ОЭ, 10) В горизонтально расположенный плоский конденсатор до середины вставлен брусок, который может скользить без трения между пластинами конденсатора (рис.). Конденсатор подключён к источнику постоянного напряжения U . В некоторый момент времени брусок без толчка отпускают. Найдите зависимость скорости бруска v от времени и постройте её график. Геометрические размеры бруска $b \times b \times d$, его диэлектрическая проницаемость ϵ , плотность ρ . Расстояние между пластинами конденсатора d , их размеры $b \times b$.



$$\left(\text{виндбелом} \right) \ll \text{агип} \gg - \text{мэлвэ} : \text{винчяилвля олонгш ол} \text{ } \frac{\epsilon \rho q d^2 z}{\epsilon \Lambda^{0.5} (1-\epsilon)} = a$$