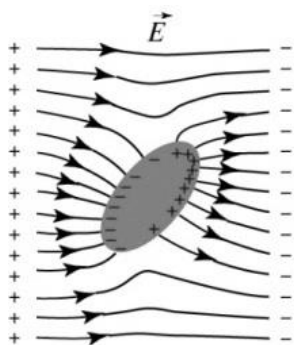


### Задание 3. Поле в диэлектрике



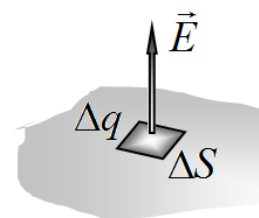
Диэлектрик, помещенный во внешнее электрическое поле, поляризуется, т.е. происходит частичное смещение электрических зарядов (электронов и ядер). Вследствие чего на поверхности **однородного** диэлектрика возникают индуцированные (поляризационные) заряды, которые создают собственное электрическое поле, как внутри диэлектрика, так и вне его. Если силовые линии электрического поля везде на границе диэлектрика **перпендикулярны** этой границе, то напряженность электрического поля внутри диэлектрика оказывается в  $\varepsilon$  раз меньше, чем напряженность поля при отсутствии диэлектрика (где  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость диэлектрика).

В данном задании Вам необходимо продемонстрировать понимание описанного механизма изменения поля в диэлектрике.

Если электрические заряды распределены по поверхности, то удобно ввести такую характеристику зарядов, как их поверхностная плотность:

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}. \quad (1)$$

где  $\Delta q$  - заряд, находящийся на малой площадке площади  $\Delta S$ .



**Во всех частях этого задания предполагается, что электрические заряды распределены по плоским поверхностям равномерно  $\sigma = const$ , а создаваемое ими электрическое поле является однородным. Т.е. краевыми эффектами следует пренебрегать.**

**Считайте, что вне диэлектриков находится вакуум.**

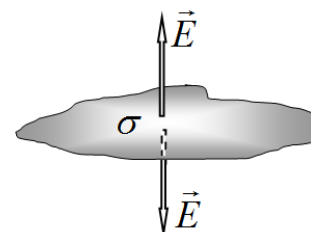
#### Часть 1. Нормальное поле

В учебнике физики для 10 класса приведена формула для емкости плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}. \quad (2)$$

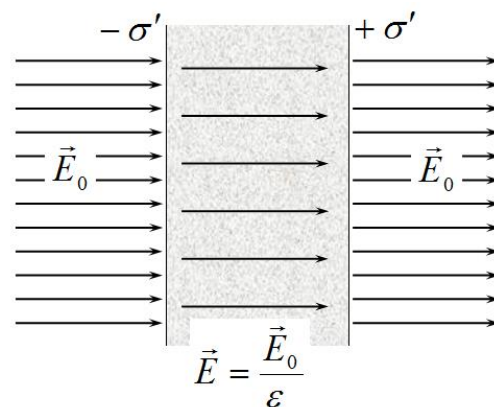
где  $S$  - площадь пластин (обкладок) конденсатора,  $d$  - расстояние между обкладками,  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость вещества, находящегося между обкладками,  $\varepsilon_0$  - электрическая постоянная.

**1.1** Бесконечная равномерно заряженная с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$  плоскость создает однородное электрическое поле, напряженности  $\vec{E}$ .



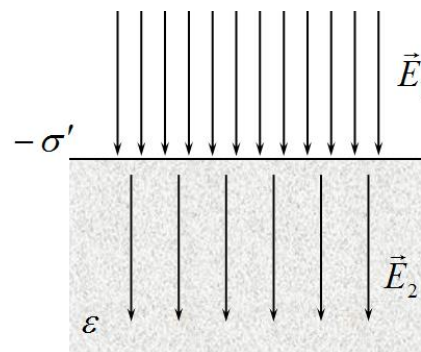
**1.1** Используя формулу для емкости плоского конденсатора (2), выразите модуль напряженности электрического поля  $E$ , создаваемого зарядами на плоскости, через их поверхностную плотность  $\sigma$ .

**1.2** В однородное электрическое поле напряженности  $\vec{E}_0$  помещена незаряженная плоскопараллельная пластина, изготовленная из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$ . Силовые линии поля перпендикулярны пластине.



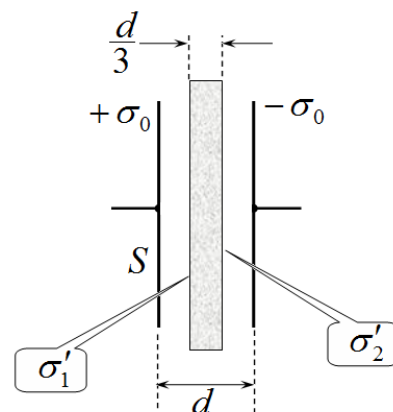
**1.2** Найдите поверхностную плотность индуцированных зарядов на пластине  $\sigma'$ . Выразите значение этой плотности а) через напряженность поля  $E_0$  вне пластины; б) через напряженность поля  $E$  внутри пластины.

**1.3** Силовые линии электрического поля перпендикулярны плоской границе однородного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  (нижняя граница находится бесконечно далеко). Над диэлектриком напряженность поля равна  $\vec{E}_1$ .



**1.3** Найдите поверхностную плотность индуцированных на границе зарядов  $\sigma'$ . Выразите ее через напряженность поля внутри диэлектрика  $E_2$ .

**1.4** Плоский конденсатор состоит из двух проводящих параллельных пластин площади  $S$ , находящихся на расстоянии  $d$  друг от друга, которое значительно меньше размеров пластин. Между пластинами находится непроводящая плоскопараллельная пластинка толщины  $\frac{d}{3}$ , расположенная параллельно пластинам-обкладкам конденсатора. На обкладках конденсатора равномерно распределены электрические заряды, поверхностные плотности которых равны  $\pm \sigma_0$ .



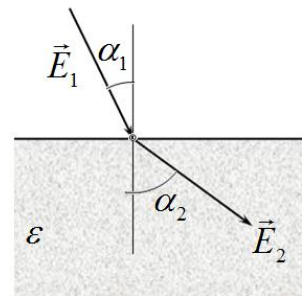
**1.4.1** Найдите поверхностные плотности зарядов  $\sigma'_1, \sigma'_2$  на поверхностях диэлектрической пластинки (укажите знаки этих зарядов).

**1.4.2** Найдите электрическую емкость этого конденсатора  $C_0$ .

**1.4.3** Найдите давление, которое оказывает электрическое поле на одну из граней диэлектрической пластинки. Укажите, растягивается или сжимается пластинка под действием электрического поля.

## Часть 2. Наклонное поле

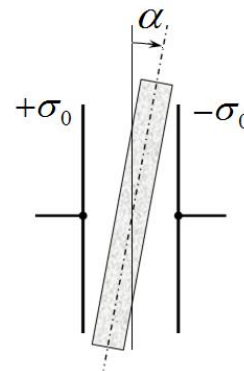
**2.1** Силовые линии однородного электрического поля напряженности  $\vec{E}_1$  образуют угол  $\alpha_1$  с нормалью к плоской границе диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$ . Внутри диэлектрика вектор напряженности однородного электрического поля  $\vec{E}_2$  направлен под углом  $\alpha_2$  к нормали к границе диэлектрика.



**2.1.1** Получите «закон преломления» силовых линий, т.е. соотношение, связывающее углы  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$ .

**2.1.2** Найдите отношение модулей напряженностей полей  $\frac{E_2}{E_1}$  как функцию диэлектрической проницаемости  $\varepsilon$  и угла  $\alpha_1$ .

**2.2** Диэлектрическую пластину конденсатора, описанного в п. 1.4, повернули на угол  $\alpha$ .



**2.2.1** Найдите емкость конденсатора  $C$  с повернутой пластиной.

**2.2.2** Найдите относительное изменение емкости конденсатора  $\frac{C - C_0}{C_0}$  при повороте пластины на малый угол  $\alpha$ . ( $C_0$  - емкость конденсатора, найденная в п. 1.4.2.)

*Примечание.* Считайте, что при повороте пластины распределение зарядов на обкладках конденсатора и на гранях диэлектрической пластины остается равномерным, а электрическое поле в зазорах между обкладками пластинкой остается однородными перпендикулярным обкладкам конденсатора.