

1 и 4 тоже на расстояниях  $d$  от пластин конденсатора (рис.1) и соединим их проводником. Иными словами, как бы поместим наш конденсатор в металлическую коробку. Спрашивается, какой

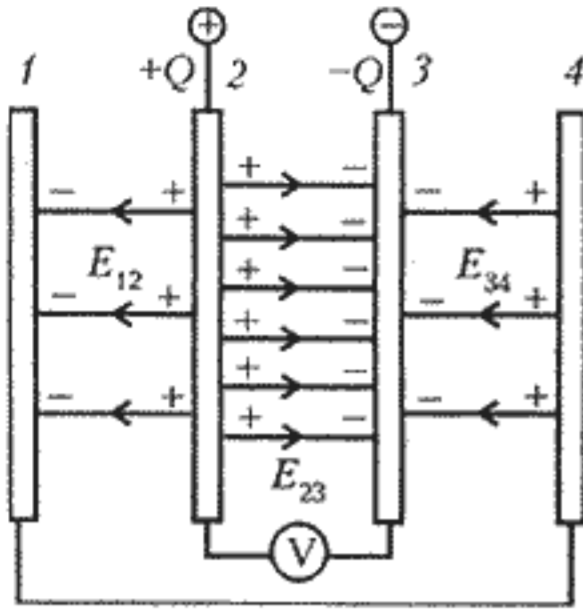


Рис. 1

теперь будет картина распределения зарядов на пластинах и электрических полей между пластинами и изменится ли емкость конденсатора с выводами от пластин 2 и 3, если раньше она была равна  $C = \epsilon_0 S/d$ ?

Сначала подсоединим вольтметр, конечно идеальный (это значит, что его омическое сопротивление бесконечно большое, а электроемкость бесконечно малая), к «свободным» пластинам 2 и 3, т.е. без пластин 1 и 4. Вольтметр, разумеется, покажет разность потенциалов  $U_0$ . Потом, не меняя заряд  $Q_0$ , подсоединим вольтметр к пластинам 2 и 3, находящимся внутри соединенных пластин 1 и 4. Может показаться удивительным, что, хотя пластины 1 и 4 и не заряжены, показание вольтметра изменится, причем значительно. Вольтметр покажет теперь разность потенциалов  $U = 2U_0/3$ . Это значит, что емкость такого сложного конденсатора изменилась и стала равной

$$C^* = \frac{Q_0}{2U_0/3} = \frac{3}{2} \frac{Q_0}{U_0} = \frac{3}{2} C,$$

т.е. увеличилась в  $3/2$  раза. Итак, сажая на пластины 2 и 3 заряды  $+Q_0$  и  $-Q_0$ , мы в последнем случае (в присутствии пластин 1 и 4) получили разность потенциалов в  $2/3$  раза меньше, чем для свободного конденсатора с теми же пластинами. Это — экспериментальный факт, и мы его теперь должны осмыслить.

Если разность потенциалов между пластинами 2 и 3 равна

$$U = Ed = \frac{2}{3} U_0 = \frac{2}{3} E_0 d = \frac{2}{3} \frac{Q_0 d}{S \epsilon_0} = \frac{2}{3} \frac{\sigma_0 d}{\epsilon_0},$$

то это значит, что на правой стороне пластины 2 находится заряд  $+2Q_0/3$ , а на левой стороне пластины 3 — заряд  $-2Q_0/3$ . А куда же делся заряд  $+Q_0/3$  пластины 2? Он может быть только на левой стороне пластины 2! Но тогда на правой стороне пластины 1 должен находиться соответствующий отрицательный заряд  $-Q_0/3$ . Опять вопрос: а откуда взялся этот заряд на первой пластине? Ответ: только если он перетек с пластины 4, так что на ее левой стороне появился заряд  $+Q_0/3$ . В результате между пластинами 1 и 2, а также 3 и 4 возникли одинаковые электрические поля:  $\vec{E}_{12} = \vec{E}_{34}$ , которые направлены противоположно полю  $\vec{E}_{23}$  и в два раза меньше его по величине.

Анализируя экспериментальный факт (результаты показаний вольтметра в рассмотренных случаях), мы пришли к очень важному заключению, что если с некоторым пробным зарядом  $q$  пройти по замкнутому контуру от пластины 1 к пластине 4 внутри «сложного конденсатора» и вернуться к пластине 1 по проводнику, соединяющему эти пластины, то суммарная работа в электрических полях  $\vec{E}_{12}$ ,  $\vec{E}_{23}$  и  $\vec{E}_{34}$  будет равна нулю:

$$A = qE_{12}d + qE_{34}d - qE_{23}d = 0.$$

Внутри объемов проводников, конечно, не содержится электрических полей. Дело в том, что кулоновское электрическое поле — поле стационарных электрических зарядов, подчиняющееся закону Кулона, — обладает очень важным и замечательным свойством (как и поле тяготения, подчиняющееся похожему закону тяготения Ньютона): оно *потенциально*, т.е. работа по перемещению электрического заряда в этом поле зависит только от положения начальной и конечной точек, но не от формы пути перехода между ними. Естественно, знаки работы при переходе в прямом и обратном направлениях разные, поэтому работа по *любому* замкнутому пути (любой формы) всегда будет равна нулю. Это означает, что любой точке пространства, в котором имеется электрическое кулоновское поле, можно приписать определенное значение потенциала  $\phi$ , равного работе по перемещению единичного положительного заряда из этой точки пространства, где есть поле, в бесконечность, где поля уже нет, по пути любой формы.

Рассматривая нашу систему из четырех пластин, можно было бы исходить из этого замечательного принципа, свойственного кулоновскому полю. Тогда,

вставляя между пластинами 1 и 4 заряженные пластины 2 и 3, мы должны обязательно потребовать переход заряда  $-Q_0/3$  с четвертой пластины на первую, иначе мы нарушим наш замечательный принцип, что невозможно!

А каков физический механизм перетекания заряда с пластины на пластину? На этот вопрос ответить несложно. В металле имеется огромное количество свободных электронов, имеющих столь малую массу, что они практически безынерционны, поэтому достаточно чрезвычайно малых электрических полей, чтобы вызвать их перемещение. Вот этими полями и являются «краевые поля» нашего плоского конденсатора в окружающем его пространстве.

Следует иметь в виду, что потенциальность электрического кулоновского

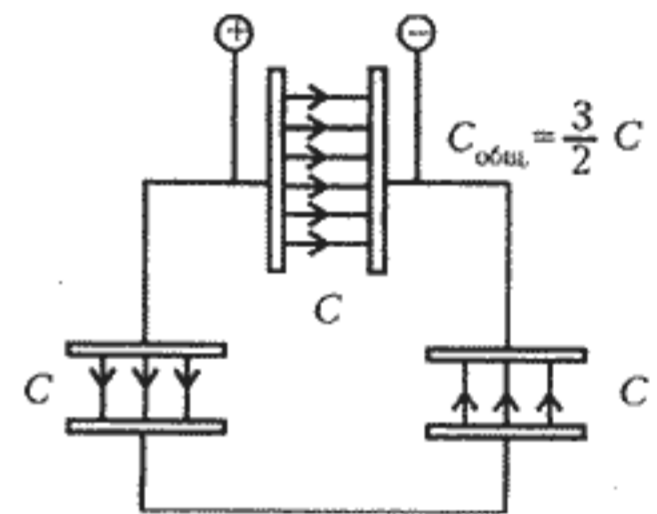


Рис. 2

поля — это не только замечательный принцип, но и способ анализа и решения многих вопросов и задач. К примеру, легко придумать и изобразить эквивалентную схему включения конденсаторов из наших четырех пластин (рис.2), имеющую общую емкость  $3C/2$ .

Вернемся опять к нашему плоскому конденсатору, имеющему уединенные пластины (2 и 3), с зарядом  $Q_0$ , емкостью  $C = \epsilon_0 S/d$  и разностью потенциалов  $U_0$ , и попробуем графически изобразить распределение потенциала его электрического поля вдоль оси, проходящей через середины пластин. Начало координат выберем в центре конденсатора, а ось  $X$  направим вправо (рис.3). Плоскость  $YZ$ , перпендикулярная оси  $X$  и проходящая через центр конденса-

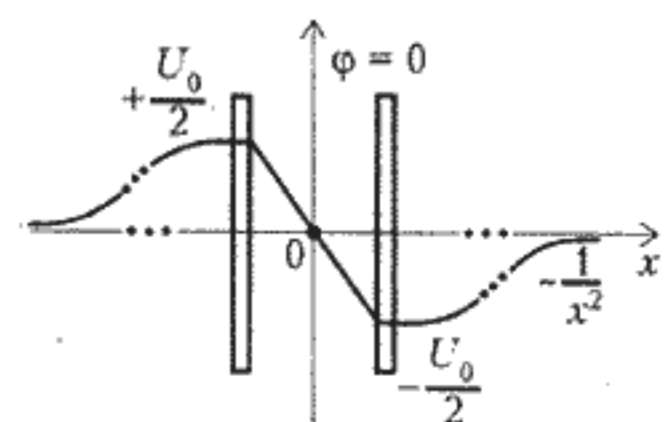


Рис. 3