**Семинар 7**

**Диэлектрики в электрическом поле. Энергия электрического поля.**

Объемная плотность энергии электростатического поля:

 или **.**

**Примеры решения задач.**

**Задача 1.** Вычислить электрический момент *p* диполя, если его заряд *Q*=10 нКл, плечо *l* =0,5 см.

Решение:

Вектором электрического момента диполя ***p*** называется произведение заряда |Q| (взятого по модулю) на плечо ***l***. Вектор ***l*** направлен от отрицательного заряда диполя к его положительному заряду. Поэтому, длина вектора дипольного момента *p* равна произведению *Ql*. Подставляя численные значения *Q*=10-8 Кл и *l*=5.10-3 м , получаем *p*=5⋅10-8 Кл⋅м.

Ответ: *p*=50 нКл⋅м.

**Задача 2.** Определить напряженность *Е* и потенциал ϕ поля, создаваемого диполем с электрическим моментом *р*=4 пКл м на расстоянии *r*=10 см. от центра диполя, в направлении, составляющем угол α=600 c вектором электрического момента.

Решение:

Напряженность поля диполя определяется выражением:

,

а потенциал электрического поля в этой же точке пространства равен:

.

Используя численные значения задачи, получаем *E*= 47,6 В/м и ϕ=1,8 В.

Ответ: *E*=47,6 В/м, ϕ=1,8 В.

**Задача 3.** Расстояние *d* между пластинами плоского конденсатора равно 2 мм, разность потенциалов *U*=1.8 кВ. Диэлектрик - стекло с диэлектрической проницаемостью ε=7.0. Определить диэлектрическую восприимчивость χстекла и поверхностную плотность σ’ связанных (поляризационных) зарядов на поверхности стекла.

Решение:

Диэлектрическая проницаемость ε связана с диэлектрической восприимчивостью χ соотношением:

ε = 1+χ.

Поэтому χ=6,0. Поверхностная плотность σ*’* связанных зарядов на границе стекла равна нормальной (перпендикулярной к поверхности диэлектрика) компоненте вектора поляризации ***P***, который, в свою очередь, определяется через вектор напряженности электрического поля в диэлектрике ***E*** с помощью соотношения:

***P* =** χε0***E* ,**

где ε0 - электрическая постоянная. Напряженность же электрического поля внутри конденсатора равна:

 .

В нашем случае длина нормальной компоненты вектора поляризации равна длине всего вектора ***P*,** так как последний перпендикулярен к границе раздела. Поэтому, выражение для поверхностной плотности связанного заряда имеет вид:

 .

Используя численные значения задачи, получаем σ*’*=47,7 мкКл/м2 .

Ответ: χ=6,0 и σ*’*=47,7 мкКл/м2 .

**Задача 4**. Расстояние *d* между пластинами плоского конденсатора равно 0,2 см, разность потенциалов *U*=6 кВ. Заряд *Q* каждой пластины равен 10 нКл. Вычислить энергию *W* поля конденсатора и силу *F* взаимного притяжения пластин.

Решение:

Энергия заряженного конденсатора определяется по любой из следующих трех формул:

 .

Для нашей задачи последнее соотношение сразу определяет энергию поля конденсатора *W=*3⋅10-5 Дж. С другой стороны, используя выражение для емкости плоского конденсатора:

 ,

где *S* - площадь пластин, получаем энергию поля конденсатора в виде:

 . (1)

Если расстояние между пластинами будет переменной величиной, которую мы обозначим через *x*, то последняя формула определяет зависимость энергии электрического поля внутри конденсатора от расстояния *x* между его пластинами:

 .

Учитывая известную из механики связь между энергией *W* и силой взаимодействия пластин *F*:

 ,

получаем:

 .

Выражая неизвестную площадь пластин конденсатора из формулы (1), приходим к простому соотношению:

 .

Знак минус в этой формуле указывает на то, что сила взаимодействия пластин препятствует увеличению энергии поля конденсатора, то есть это сила притяжения. Используя численные значения задачи и вычисленную величину энергии *W* , получаем *F* =15 мН .

Ответ: *W=*3⋅10-5 Дж, *F* =15 мН.

**Задача 5**. Найти энергию *W* уединенной сферы радиусом *R*=4 см, заряженной до потенциала ϕ=500 В.

Решение:

Энергия заряженного уединенного проводника определяется выражением:

 ,

где ϕ - потенциал проводника, *C* - электрическая емкость проводника. В нашем случае емкость сферы равна:



и, поэтому,

.

Используя численные значения задачи, получаем *W*=0.55 мкДж.

Ответ: *W*=0.55мкДж.

Домашнее задание:

1.На батарее из *6* последовательно соединенных одинаковых конденсаторов емкостью *С*=400 пФ поддерживается постоянная разность потенциалов *U* =60 кВ. При этом один из конденсаторов пробивается. Определить изменение энергии батареи.

2.Сила *F* притяжения между пластинами плоского воздушного конденсатора равна 50 мН. Площадь *S* каждой пластины равна 200см2. Найти плотность энергии поля конденсатора.

**3.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком (фарфор), объем *V* которого равен 100 см3. Поверхностная плотность заряда на пластинах конденсатора равна 8,85 нКл/м2. Вычислить работу *А*, которую необходимо совершить для того, чтобы удалить диэлектрик. из конденсатора. Трением диэлектрика о пластины конденсатора пренебречь. Конденсатор отключен от источника э.д.с.

4.Уединенная металлическая сфера электроемкостью *С*=10 пФ заряжена до потенциала 3 кВ. Определить энергию *W* поля, заключенного в сферическом слое, ограниченном сферой и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в три раза больше радиуса сферы.

5. Электроемкость *С* плоского конденсатора равна 1,5 мкФ. Расстояние *d* между пластинами равно 5 мм. Какова будет электроемкость *С* конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной *d*1=3 мм с диэлектрической проницаемостью εэб=3 ?