

Электрическая ёмкость. Конденсаторы.

Эдуард Вовк

Известно что все тела в природе электризуются, в том числе и металлы, если они изолированы, то есть не имеют связь с Землей.

- ✓ Тела не имеющие связь с Землей считаются изолированными.
- ✓ Опыт показывает что изолированные тела накапливают заряд на своей поверхности.
- ✓ Свойства тела накапливать заряд на своей поверхности называется электрической емкостью.
- ✓ Электрическую ёмкость можно сравнить с емкостью кухонного сосуда, в котором можно накопить и сохранить вещество.

- Тема:

Электрическая емкость.

Конденсаторы.

Емкость плоского
конденсатора.

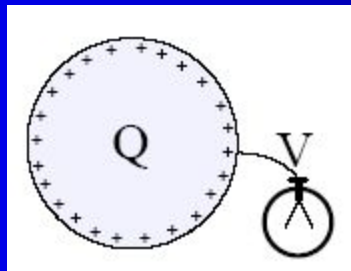
Соединение конденсаторов.

Энергия между обкладками
заряженного конденсатора.

Цели

- ✓ Приобретение новых знаний и возможностей для изучения / расследования реальности, обогащая свои собственные процедуры изучения физики.
- ✓ Ц1 На когнитивном уровне - обучения и развития потенциала учащихся в синтезе и систематизации знания.
- ✓ Ц2 На аффективном уровне - развития организационного и реорганизационного потенциала учащихся.
- ✓ Ц3 На образовательном уровне - развития интеллектуального потенциала через усвоение научных знаний.

Емкостью (емкостью) C уединенного изолированного проводника называется физическая величина, равная отношению изменения заряда проводника q к изменению его потенциала φ



$$C = \frac{q}{\varphi} \quad [C]_{\text{СИ}} = \left[\frac{\text{Кл}}{\text{В}} \right]_{\text{СИ}} = [\Phi]_{\text{СИ}} \text{ (Фарада)}$$

Единица измерения емкости в системе СИ называется Фарадой. Фарада (Ф) - это емкость такого уединенного проводника, потенциал которого повышается на 1 Вольт при сообщении ему заряда в 1 Кулон. $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл}/1 \text{ В}$.

В практике используются уменьшенные производные Фарада, такие как:

$$m\text{Ф} = 10^{-3} \text{Ф} \quad \mu\text{Ф} = 10^{-6} \text{Ф} \quad n\text{Ф} = 10^{-9} \text{Ф}$$

Опыт показывает что отношение заряда на потенциал есть постоянная в любой точке проводника, и зависит только от его формы и размеров, а также от окружающей его диэлектрической среды (ϵ).

$$\frac{q_1}{\varphi_1} = \frac{q_2}{\varphi_2} = \dots = \frac{q_n}{\varphi_n} = C$$

Покажем как зависит емкость проводника от его формы. К примеру заряженная сфера до потенциала:

$$\varphi = k \frac{q}{\varepsilon r} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$$

имеет емкость равной:

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}} = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$$

Из этой формулы видно что емкость обычных тел очень мала.

Таким образом можно рассчитать радиус сферы емкостью в один Фарад.

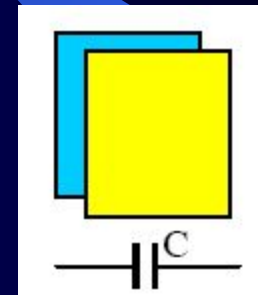
$$R = \frac{C}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{1\text{Ф}}{4 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}} = 9 \cdot 10^9 \text{ м}$$

Емкость конденсатора

Конденсатором называют систему двух разноименно заряженных проводников, разделенных диэлектриком (например, воздухом). Свойство конденсаторов накапливать и сохранять электрические заряды и связанное с ними электрическое поле характеризуется величиной, называемой электроемкостью конденсатора.

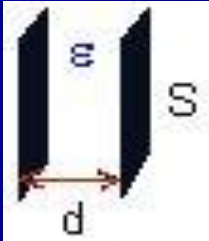
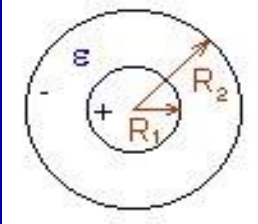
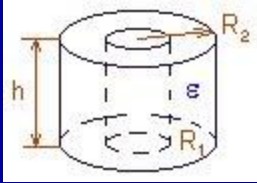
Электроемкость конденсатора равна отношению заряда одной из пластин q к напряжению между ними U :

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}$$



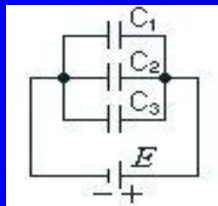
Емкость конденсатора C зависит от формы, относительного положения, площадью обкладок и от рода диэлектрика между ними, и не зависит от напряжения и количество заряда .

В зависимости от формы обкладок, конденсаторы бывают плоскими, сферическими и цилиндрическими. Формулы для расчета емкостей этих конденсаторов приведены в таблице.

| Тип конденсатора | Схематическое изображение | Формула для расчета емкости | Примечания |
|----------------------------|--|--|---|
| Плоский конденсатор |  | $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$ | <p>S - площадь пластины; d - расстояние между пластинами.</p> |
| Сферический конденсатор |  | $C = 4\pi\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ | <p>R и r - радиусы внешней и внутренней обкладок.</p> |
| Цилиндрический конденсатор |  | $C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$ | <p>h - высота цилиндров</p> |

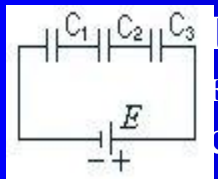
Соединение конденсаторов в батарее.

• Параллельное соединение конденсаторов



При параллельном соединении напряжение на всех обкладках одинаковое $U_1 = U_2 = U_3 = U = E$, а емкость батареи равняется сумме емкостей отдельных конденсаторов $C = C_1 + C_2 + C_3$.

• Последовательное соединение конденсаторов



При последовательном соединении заряд на обкладках всех конденсаторов одинаков $Q_1 = Q_2 = Q_3$, а напряжение батареи равняется сумме напряжений отдельных конденсаторов $U = U_1 + U_2 + U_3$.

Емкость всей системы последовательно соединенных конденсаторов рассчитывается из соотношения:

- $1/C = U/Q = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$.

Емкость батареи последовательно соединенных конденсаторов всегда меньше, чем емкость каждого из этих конденсаторов в отдельности.

Плоский воздушный конденсатор заряжен до напряжения в 100В. Расстояние между обкладками конденсатора составляет 1см. Между обкладками этого конденсатора помещается проводящая пластина толщиной в 5мм. Площадь пластины полностью совпадает с площадью обкладок конденсатора. Определить установившейся напряжение на обкладок, после того как была введена проводящая пластина.

Дано:

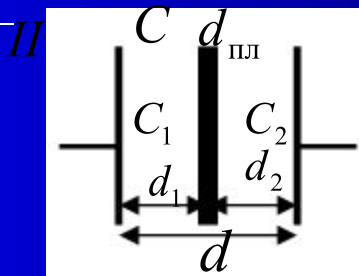
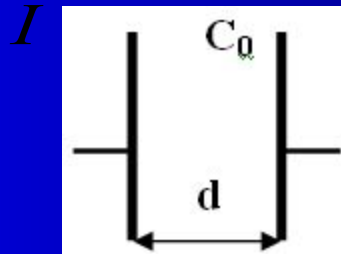
$$\varepsilon = 1$$

$$U_0 = 100\text{В}$$

$$d = 0,01\text{м}$$

$$d_{\text{пл}} = 0,005\text{м}$$

$$U = ?$$



$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const} \quad q_0 = q$$

$$q_0 = C_0 U_0 \quad C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \rightarrow$$

$$q_0 = \frac{U_0 \varepsilon_0 S}{d}$$

$q = CU$ Заряженная пластина делит конденсатор на два последовательно связанные конденсатора с ёмкостью C_1 и C_2 , для которых справедливо значение:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{и} \quad C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_1} \quad C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{d_1 + d_2}{\varepsilon_0 S} = \frac{d - d_{\text{пл}}}{\varepsilon_0 S} \rightarrow$$

$$q = \frac{U(d - d_{\text{пл}})}{\varepsilon_0 S}$$

$$\frac{U_0 \varepsilon_0 S}{d} = \frac{U \varepsilon_0 S}{d - d_{\text{пл}}} \rightarrow U = \frac{U_0 (d - d_{\text{пл}})}{d} = \frac{100 \cdot (0,01 - 0,005)}{0,01} = 50\text{В}$$

Ёмкость

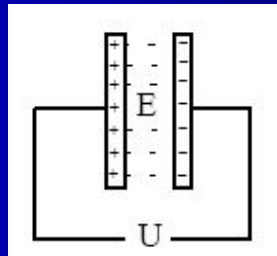
Ответ: $U = 50\text{В}$

Энергия электростатического поля.

Энергия заряженного плоского конденсатора W равна работе A , которая была затрачена при его зарядке, или совершается при его разрядке.

$$A = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2} = W$$

Поскольку напряжение на конденсаторе может быть рассчитано из соотношения:



$$U = E \cdot d$$

где E - напряженность поля между обкладками конденсатора,
 d - расстояние между пластинами конденсатора,
то энергия заряженного конденсатора равна:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{2d} \cdot E^2 \cdot d^2 = \frac{\epsilon\epsilon_0 SdE^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 VE^2}{2}$$

где V - объем пространства между обкладками конденсатора.