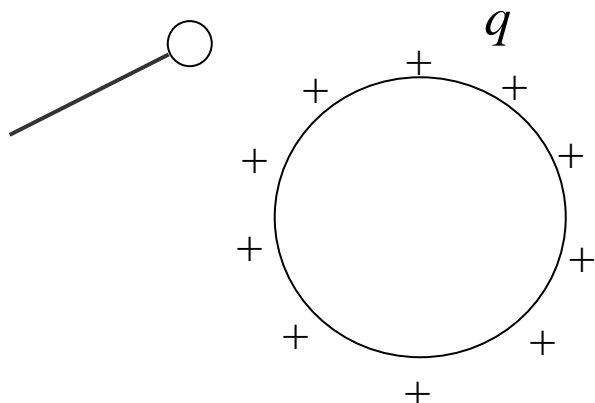


ЛЕКЦИЯ № 4

8. Электроемкость. Конденсаторы

Любые тела способны накапливать на себе электрический заряд, однако у различных тел эта способность разная – они отличаются электрической емкостью (электроемкостью), при этом электроемкость значительно зависит от уединенности тела.

- уединенный проводник



$$q \sim \varphi$$

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (4-1)$$

Электроемкость уединенного проводника C – скалярная физическая величина, равная электрическому заряду, который нужно нанести из бесконечности на этот проводник, чтобы его потенциал увеличился на единицу.

В СИ электроемкость измеряется в фарадах (Ф).

Для уединенного проводника в виде шара, находящегося в каком-либо диэлектрике, можно записать

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{\varepsilon} = k_e \frac{q}{\varepsilon R}$$

Тогда электроемкость шара

$$C_{\text{ш}} = \frac{\varepsilon R}{k_e} = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R \quad (4-2)$$

Т. е. электроемкость проводника не зависит ни от его заряда, ни от его потенциала $C_{\text{ш}} \neq f(q, \varphi)$, она зависит только от формы и размеров проводника и электрических свойств диэлектрика вокруг проводника.

$$C_{\text{ш}} = 1 \text{ Ф} \text{ – очень большая величина} \rightarrow R = 9 \cdot 10^9 \text{ м.}$$

$$(R_{\text{Земли}} \approx 6,4 \cdot 10^6 \text{ м.})$$

Наибольшую электроемкость имеют конденсаторы – устройства, содержащие два проводника (обкладки), разделенные слоем диэлектрика. В зависимости от формы проводников (обкладок) различают плоские, сферические, цилиндрические и другие конденсаторы.

Емкость конденсатора C – скалярная физическая величина, равная отношению заряда q на одном из проводников к разности потенциалов (напряжению) U между проводниками:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}. \quad (4-3)$$

В СИ емкость измеряется в фарадах (Ф).

Емкость конденсатора не зависит ни от его заряда, ни от напряжения, она зависит только от размеров, формы конденсатора и электрических свойств среды между обкладками. Так, для плоского конденсатора емкость вычисляется по формуле:

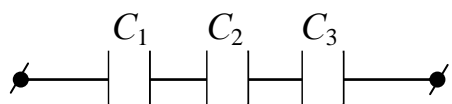
$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}, \quad (4-4)$$

где S – площадь одной из пластин конденсатора;

d – расстояние между пластинами.

Если конденсатор зарядить от источника напряжения и, отключив его от источника, изменить расстояние d или величину ε , то будут меняться емкость C и напряжение U , а заряд q будет постоянным ($q = \text{const}$).

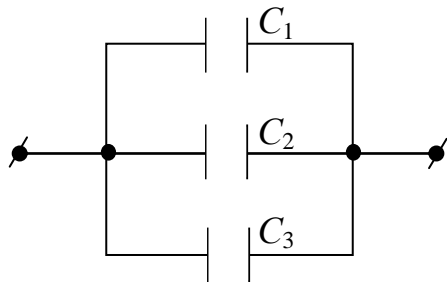
Если, зарядив конденсатор, не отключать его от источника, то при изменении ε или d , будут меняться C и q , а напряжение будет постоянным ($U = \text{const}$).



Последовательное
соединение конденсаторов

При последовательном соединении конденсаторов (рис.) их общая емкость вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{C_{\text{об}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}, \quad (4-5)$$

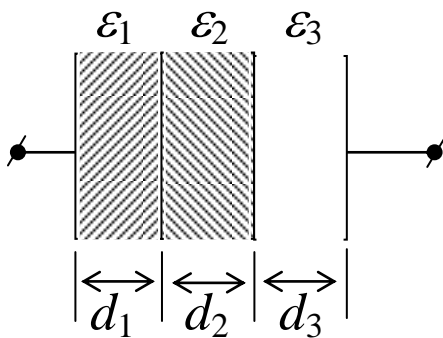


Параллельное
соединение конденсаторов

при параллельном (рис.) –

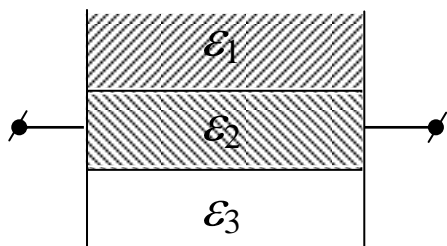
$$C_{\text{об}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n. \quad (4-6)$$

Если между обкладками конденсатора находятся разные диэлектрики, тогда



$$C_1 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{d_1}; \quad C_2 = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S}{d_2}; \quad C_3 = \frac{\varepsilon_3 \varepsilon_0 S}{d_3}.$$

$$\frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



$$C_1 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S_1}{d}; \quad C_2 = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_0 S_2}{d}; \quad C_3 = \frac{\varepsilon_3 \varepsilon_0 S_3}{d}.$$

$$C_{об} = C_1 + C_2 + C_3$$

9. Энергия уединенного проводника и конденсатора.

Энергия электростатического поля

При нанесении электрического заряда на уединенный проводник из бесконечности совершается работа против сил электрического поля

$$A = \int_1^2 q d\varphi = \int_{\varphi=0}^{\varphi} C \varphi d\varphi = \frac{C \varphi^2}{2}$$

Эта работа идет на увеличение энергии заряженного проводника

$$W_e = \frac{C \varphi^2}{2} = \frac{q \varphi}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (4-7)$$

Заряженный конденсатор тоже обладает энергией

$$W_{e_k} = \frac{C_k U^2}{2} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C_k} \quad (4-8)$$

Но вокруг заряженного проводника и между пластинами заряженного конденсатора создается электростатическое поле, которое является носителем электрической энергии. Величину электрической энергии поля можно выразить через характеристики поля.

Для однородного электрического поля в изотропном диэлектрике можно написать:

$$W_e = \frac{C_{\kappa} U^2}{2} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S (E \cdot d)^2}{2d} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} Sd = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} V$$

Тогда для объемной плотности энергии электростатического поля имеем:

$$\omega_e = \frac{dW_e}{dV} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{E \cdot D}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon \varepsilon_0} \quad (4-9)$$

Так что же является носителем электрической энергии – электрический заряд или поле? В электростатике ответить на этот вопрос невозможно, т. к. электростатическое поле неразрывно связано с электрическим зарядом.

Ответ был получен в электродинамике. Электрическое поле может создаваться не только электрическим зарядом, но и переменным магнитным полем.

Значит, носителем энергии является электрическое поле.