

Конденсаторы

Электрическая емкость

При сообщении проводнику заряда, на его поверхности появляется потенциал φ . Но если этот же заряд сообщить другому проводнику, то потенциал будет другой. Это зависит от геометрических параметров проводника. Но в любом случае, потенциал φ пропорционален заряду q .

$$q = C\varphi$$

Коэффициент пропорциональности называют электроемкостью. *Электроемкость — физическая величина, численно равная заряду, который необходимо сообщить проводнику для того, чтобы изменить его потенциал на единицу.*

- Единица измерения емкости в СИ — фарада ($1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}$).

Если потенциал поверхности шара

то
$$\varphi_{\text{шар.}} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$

$$C_{\text{шар.}} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$$

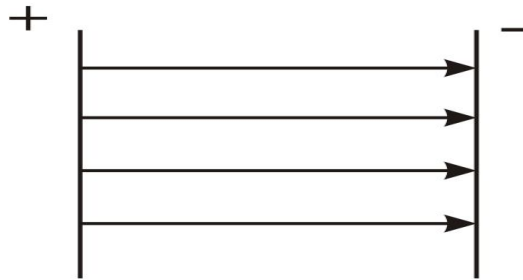
- Если $\epsilon = 1$ (воздух, вакуум) и $R = R$ земли, то

$$C_3 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ Ф или } 700 \text{ мкФ.}$$

Чаще на практике используют и более мелкие единицы: 1 нФ (нанофарада) = 10^{-9} Ф и 1 пкФ (пикофарада) = 10^{-12} Ф.

Конденсатор – устройство для накопления электрического заряда.

Электростатическое поле будет сосредоточено внутри конденсатора между обкладками.



Конденсаторы бывают *плоские, цилиндрические и сферические.*

Заряды на обкладках *противоположны по знаку, но одинаковы по величине.*

Емкость конденсатора:

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

Найдем формулу для емкости плоского конденсатора.

Напряженность между обкладками равна

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon S}$$

где: S – площадь пластин (обкладок); q – заряд конденсатора

$$U = Ed = \frac{q d}{\varepsilon_0 \varepsilon S},$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

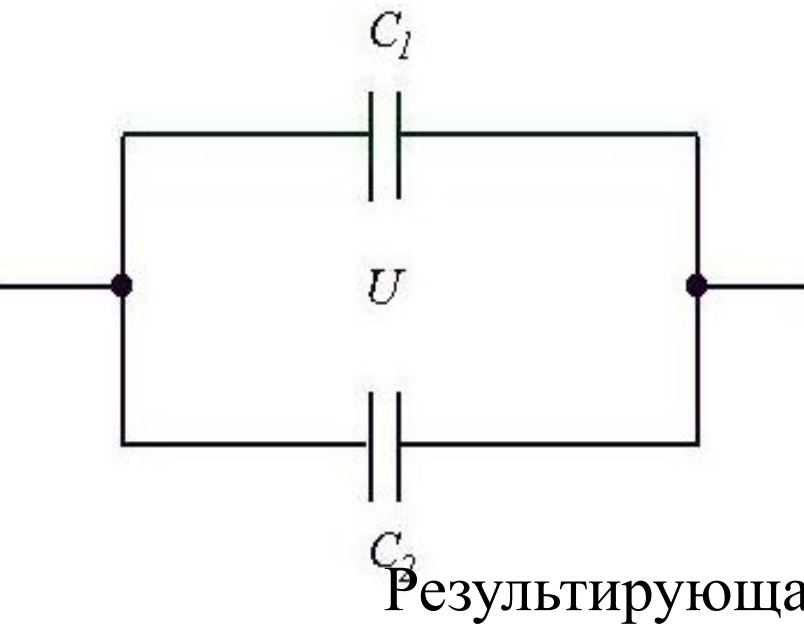
ε – диэлектрическая проницаемость диэлектрика между обкладками.

Диэлектрическая проницаемость вещества очень сильно влияет на емкость конденсатора.

Соединение конденсаторов

Емкостные батареи – комбинации параллельных и последовательных соединений конденсаторов.

1) Параллельное соединение



Общим является напряжение U

$$q_1 = C_1 U;$$

$$q_2 = C_2 U;$$

Суммарный заряд:

$$q = q_1 + q_2 = U(C_1 + C_2)$$

Результирующая емкость:

$$C = \frac{q}{U} = C_1 + C_2$$

Сравните с параллельным соединением сопротивлений R :

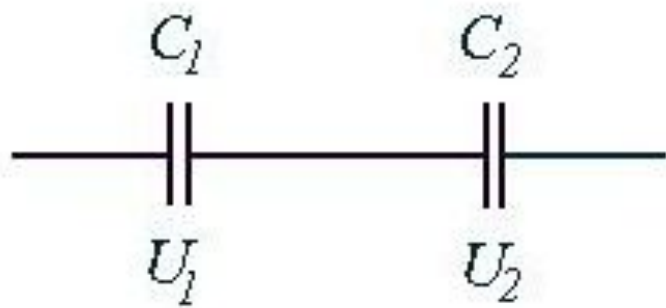
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Таким образом, при параллельном соединении конденсаторов их емкости складываются.

2) Последовательное соединение :

Общим является заряд q

$$U_1 = \frac{q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{q}{C_2};$$



$$U = \sum U_i = q \sum \frac{1}{C_i}$$

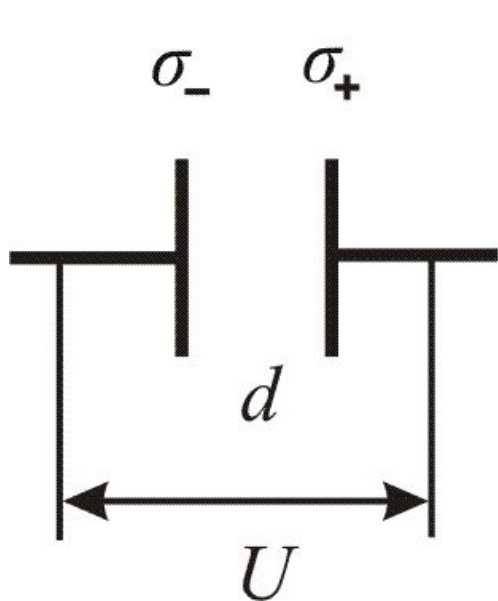
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} \quad R = R_1 + R_2$$

Расчет емкостей различных конденсаторов

1. Емкость плоского конденсатора.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}; \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_2}^{x_1} E dx = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} d$$

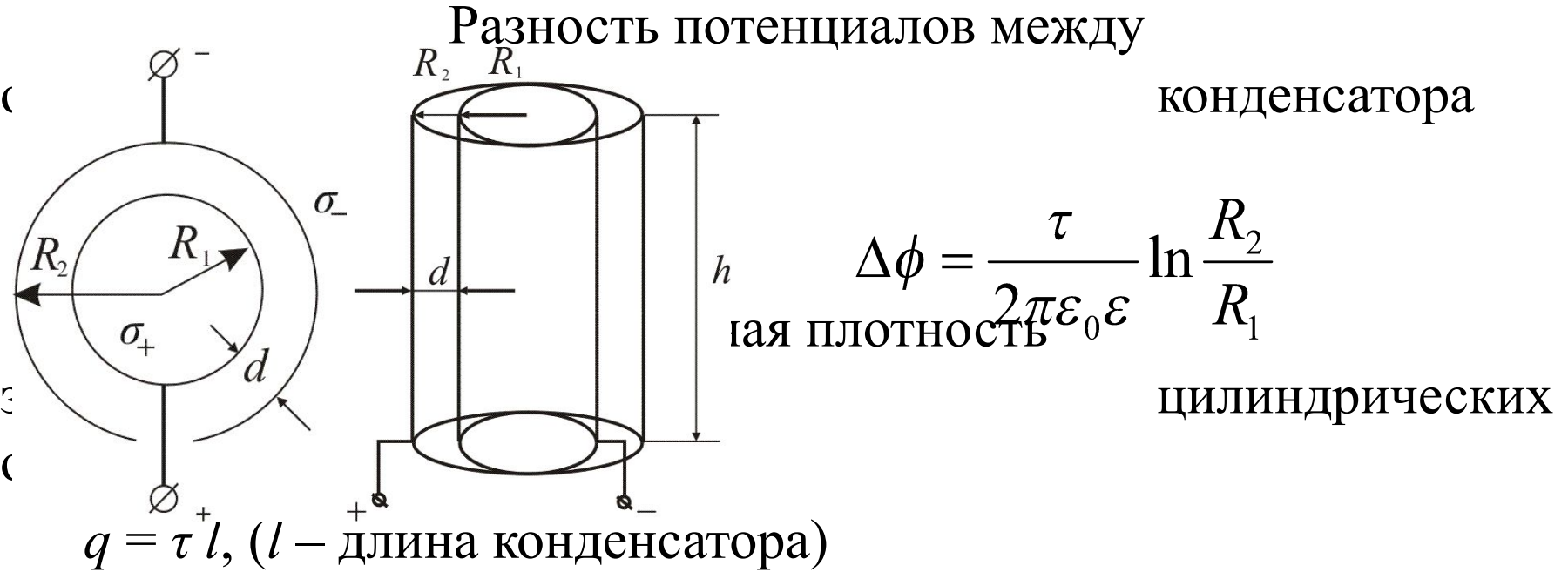


где $d = x_2 - x_1$ – расстояние между пластинами.

Так как заряд $q = \sigma S$, то

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

2. Емкость цилиндрического конденсатора.



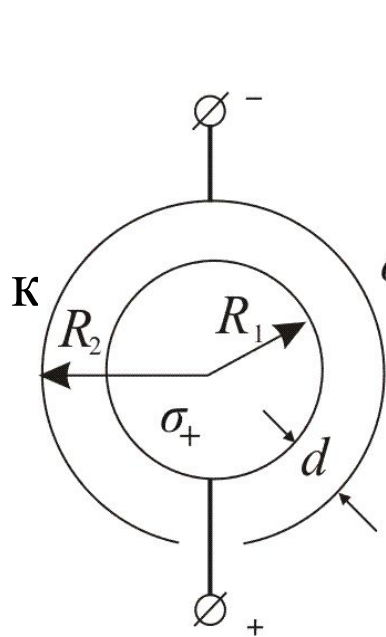
$$\Delta\phi = \frac{l\tau \ln \frac{R_2}{R_1}}{2\pi\epsilon_0\epsilon l} = \frac{q}{C}$$

$$C_{\text{цил.}} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

Понятно, что зазор между обкладками мал: $d = R_2 - R_1$, то есть $d \ll R_1$, тогда

$$\ln \frac{R_2}{R_1} \approx \frac{R_2 - R_1}{R_1} \quad C_{\text{цил.}} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l R_1}{R_2 - R_1} = \epsilon_0\epsilon \frac{S}{d}$$

3. Емкость сферического конденсатора.



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

разность потенциалов между обкладками

σ_- - де R_1 и R_2 - радиусы

$$\Delta\phi = \frac{q}{C},$$

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

В сферическом конденсаторе $R_1 \approx R_2$; $S = 4\pi R_2$; $R_2 - R_1 = d$ — расстояние между обкладками. Тогда

$$C_{\text{шар.}} = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R^2}{d} = \varepsilon_0\varepsilon \frac{S}{d}.$$

Таким образом, емкость сферического конденсатора

$$C_{\text{шар.}} = \varepsilon_0\varepsilon \frac{S}{d},$$

что совпадает с емкостями плоского и цилиндрического конденсаторов.

Энергия заряженного конденсатора

$$W_c = \frac{CU^2}{2}$$

Энергию конденсатора можно посчитать и по другим формулам:

$$W_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2}qU$$