

# Электроемкость Конденсаторы

Различные по величине заряды распределяются по поверхности проводника подобно предыдущим порциям.

Сообщая проводнику больший заряд, мы пропорционально увеличиваем напряженность электростатического поля в каждой точке пространства, окружающего проводник.

Это же приведет к увеличению в такое же число раз потенциала проводника.

Таким образом, потенциал  $\varphi$  уединенного проводника пропорционален заряду  $Q$ , находящемуся на проводнике:

$$\varphi \sim Q$$

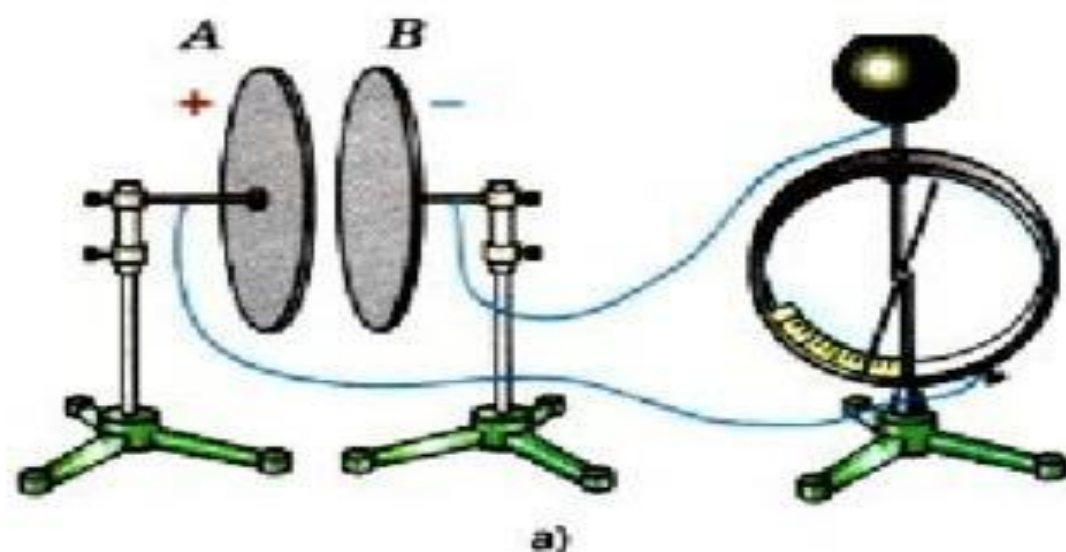
обозначим коэффициент пропорциональности буквой  $C$ .

$$\varphi = CQ$$

Величину  $C$  называют *емкостью* (или просто *емкостью*) *уединенного проводника*.

Емкость  $C$  уединенного проводника определяется количеством заряда  $Q$ , изменяющим его потенциал  $\varphi$  на единицу.

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$



При увеличении заряда в 2, 3, 4 раза соответственно в 2, 3, 4 раза увеличатся показания электрометра, т. е. увеличится напряжение между пластинами конденсатора.

Отношение заряда к напряжению будет оставаться

постоянным:  $\frac{q}{U} = \frac{2q}{2U} = \frac{3q}{3U} = \frac{4q}{4U} = \text{const.}$

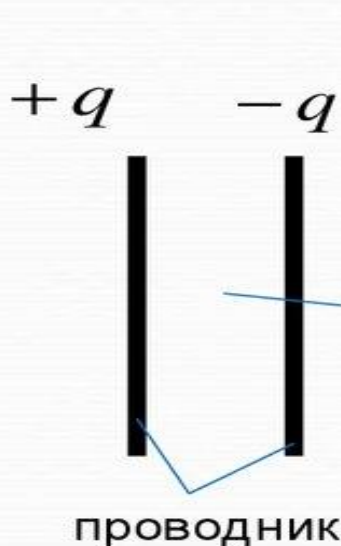
Способность двух проводников накапливать электрический заряд называют электроёмкостью.

Электроёмкость – физическая величина, определяемая отношением заряда одного из проводников к разности потенциалов (напряжения) между этим проводником и соседним.

$$C = \frac{q}{U}$$

$$1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$$

**Емкость** – величина, характеризующая способность двух проводников накапливать электрический заряд.



$$C = \frac{q}{U}$$

$C$  – емкость, Ф  
 $q$  – заряд одного из проводников, Кл  
 $U$  – разность потенциалов между проводниками, В

$$R_{ш} = kC_{ш}$$

на практике:

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$$

Если емкость шара 1 фарад,  
то радиус шара равен 9 млн.км.

**Емкость зависит от:**

1. геометрических размеров и формы проводников;
2. взаимного расположения проводников;
3. диэлектрической проницаемости

Единица емкости — фарад (Ф): 1 Ф — емкость такого уединенного проводника, потенциал которого изменяется на 1 В при сообщении ему заряда 1 Кл.

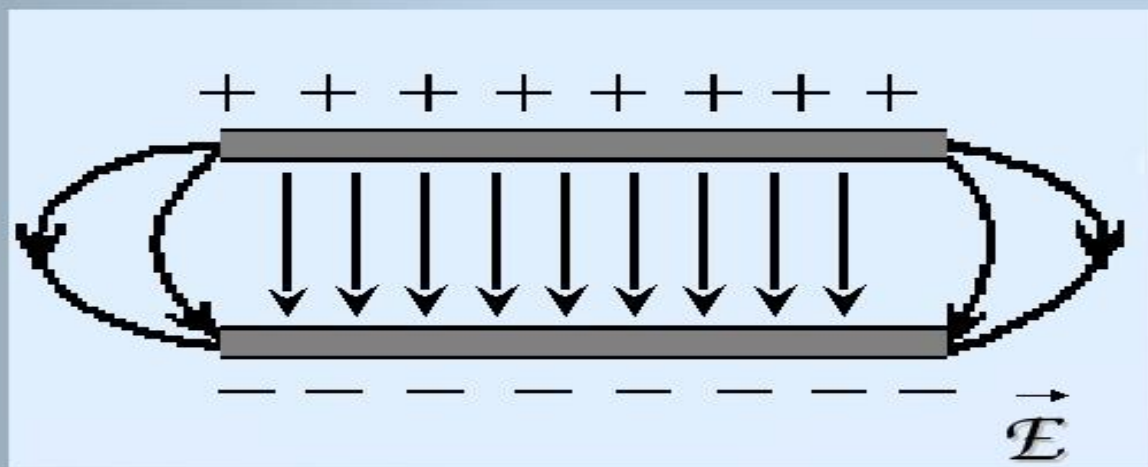
Потенциал уединенного шара радиуса  $R$ , находящегося в однородной среде с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$ , равен:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{\varepsilon R}.$$

Емкость шара:  $C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R.$

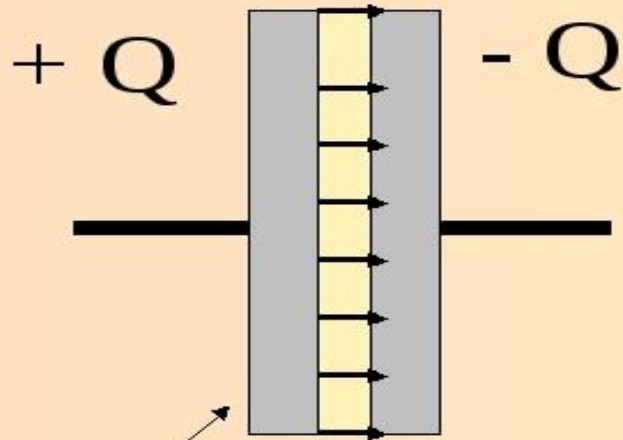
Отсюда следует, что емкостью 1 Ф обладал бы уединенный шар, находящийся в вакууме и имеющий радиус  $R = C / (4\pi\varepsilon_0) \approx 9 \cdot 10^6$  км, что примерно в 1400 раз больше радиуса Земли.

# Конденсаторы



Конденсатор электрический – система из двух или более электродов (обкладок), разделённых диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок.

Два проводника, разделенных слоем диэлектрика называются конденсатором



обкладки

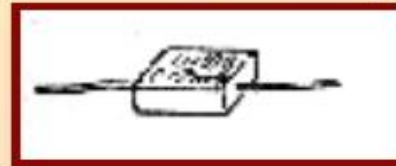
Под зарядом конденсатора понимается заряд одной из пластин



Обозначение на электрических схемах

## КОНДЕНСАТОРЫ

По виду диэлектрика



слюдяной



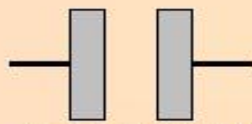
бумажный



электролитический

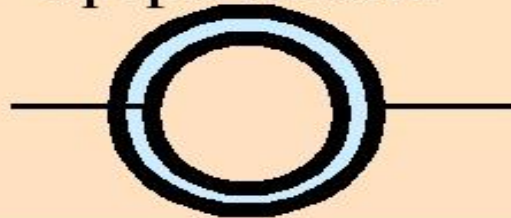
По форме

плоские



воздушный

сферические

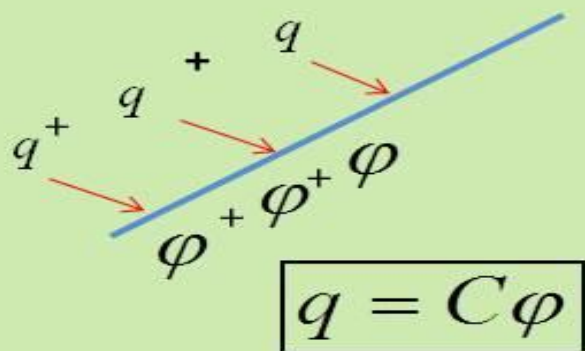




# Конденсаторы

## Електроємкость уединенного проводника

Уединенным проводником называется проводник, который находится столь далеко от других тел, что влиянием их электрических полей можно пренебречь



Каждая новая порция зарядов, сообщаемых проводнику, распределяется по его поверхности подобно предыдущей (**отношение плотностей зарядов в двух произвольных точках поверхности проводника при любой величине заряда будет одним и тем же**). Отсюда вытекает, что потенциал уединенного проводника пропорционален находящемуся на нем заряду.

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

Коэффициент пропорциональности  $C$  называют **электроємкостью**

Електроємкость проводника или системы проводников – физическая величина, характеризующая способность проводника или системы проводников **накапливать электрические заряды**.

Единица електроємкостии - фарад (Ф)

1 нФ (нанофарада) =  $10^{-9}$  Ф

1 пФ (пикофарад) =  $10^{-12}$  Ф

# Електроємкость. Конденсатори

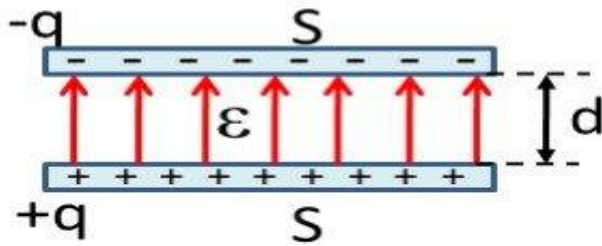
Електроємкость – *способнсть провoдників наоапливати заряди*

$$C = \frac{q}{U}$$

Единица електроємкости 1Ф(фарад)

**Не зависи:** *от заряда и разности потенциалов*  
**Зависи:** *от геометрических размеров и среды*

**Плоский конденсатор** - *две параллельные пластины, заряженные противоположно и разделенные слоем диэлектрика ( $\epsilon$ )*



$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/\text{Н} \cdot \text{м}^2$   
- электрическая постоянная

**Энергия конденсатора** – *энергия электрического поля, заключенного между обкладками конденсатора*

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

- Конденсатор позволяет легко накапливать большие заряды в небольшом объёме пространства.
- Конденсатор – это система двух проводников, разделённых диэлектриком.
- Заряд конденсатора - это абсолютное значение заряда одной из обкладок конденсатора.

$$C = \frac{q}{U}$$

$C$  - емкость двух заряженных проводников

$q$  - модуль заряда проводника, заряды на проводниках равны, но противоположны по знаку

$U$  - разность потенциалов между проводниками

# Електроёмкость

## зависит от:

- размеров и формы проводников
- диэлектрической проницаемости среды.

## не зависит от:

- $Q$  - заряда
- $U$  - напряжения

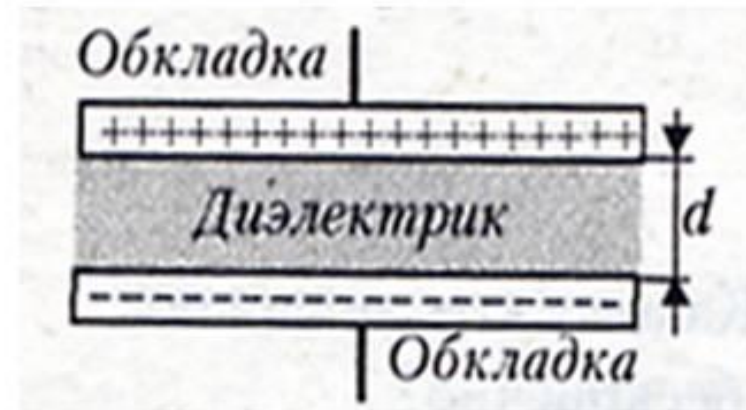
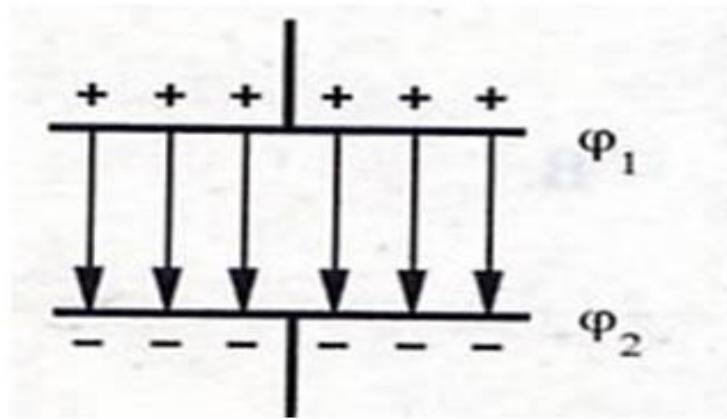
## Електроємкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d},$$

- где  $S$  - площадь пластины (обкладки) конденсатора
- $d$  - расстояние между пластинами
- $\epsilon_0$  - электрическая постоянная
- $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость диэлектрика

# Схема конденсатора

где  $d$  много меньше  
размеров проводника.



# Обозначения на схемах



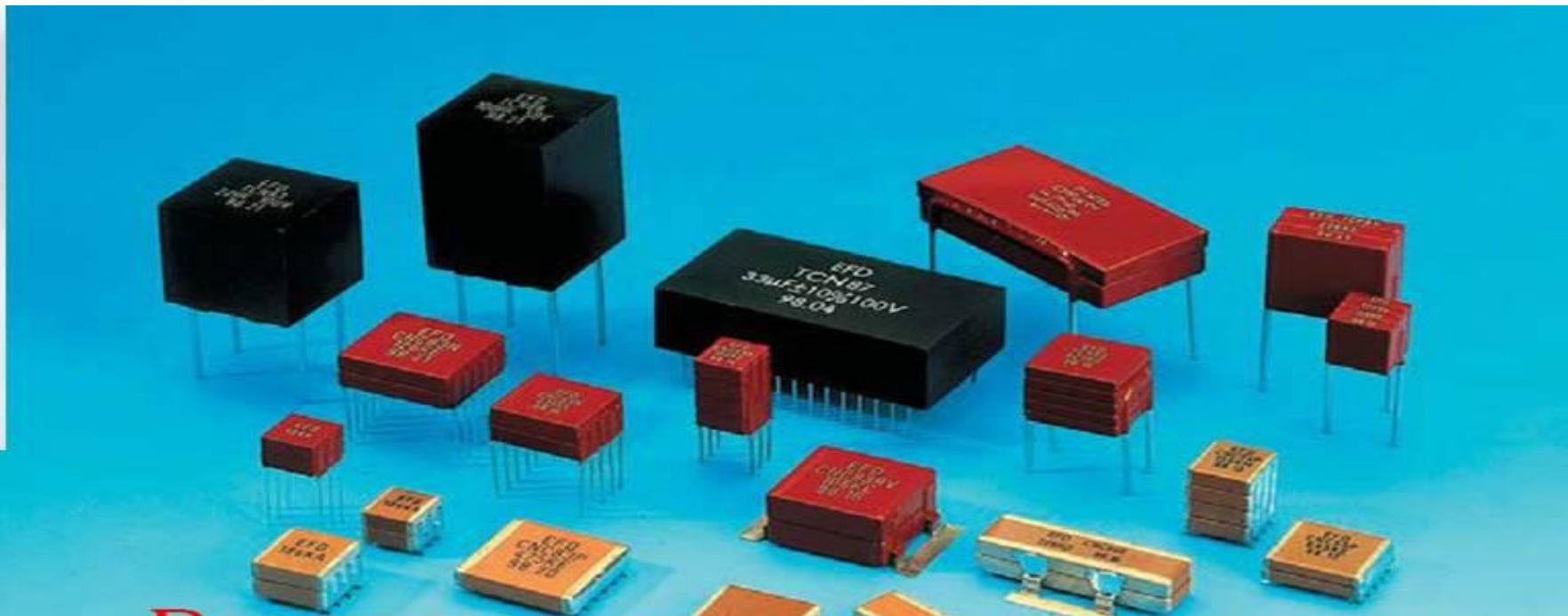
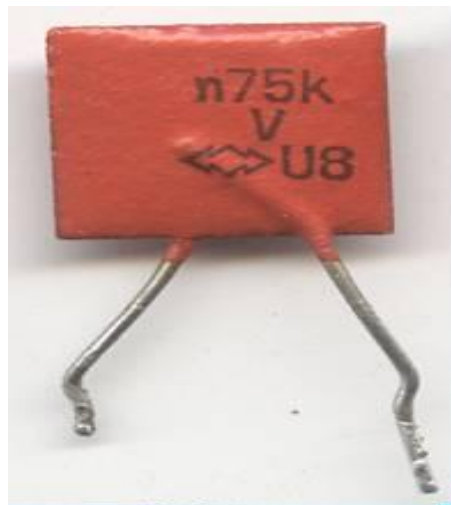


# Виды конденсаторов:

1. **по виду диэлектрика:** воздушные, слюдяные, керамические, электролитические
2. **по форме обкладок:** плоские, сферические.
3. **по величине емкости:** постоянные, переменные (подстроечные).

# Классификация конденсаторов





В мире тысячи видов конденсаторов, для разных областей применений...



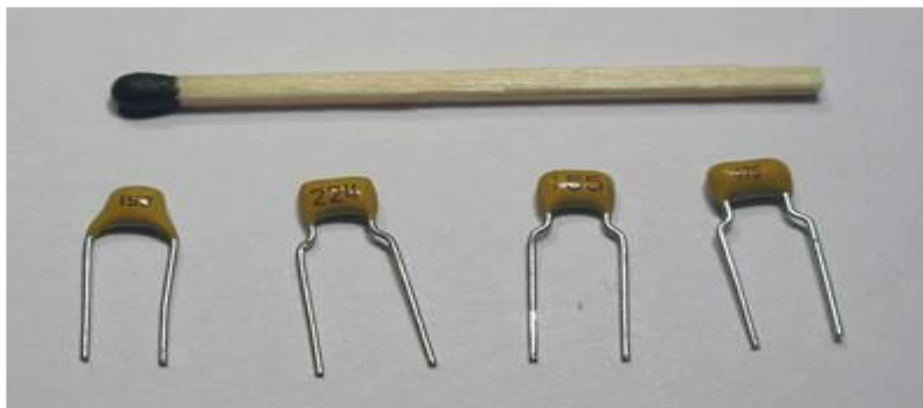
# Условные обозначения

- КДК – конденсатор дисковой керамический,
- КДМ – конденсатор дисковой малогабаритный,
- КСГ – конденсатор слюдяной герметический,
- БМ – бумажный малогабаритный,
- БГМ – бумажный герметический малогабаритный,
- КЭ – электролитический,
- КЭГ – электролитический герметический.

# конденсатор дисковой керамический



# конденсатор дисковой малогобаритный



# конденсаторы слюдяные опрессованные



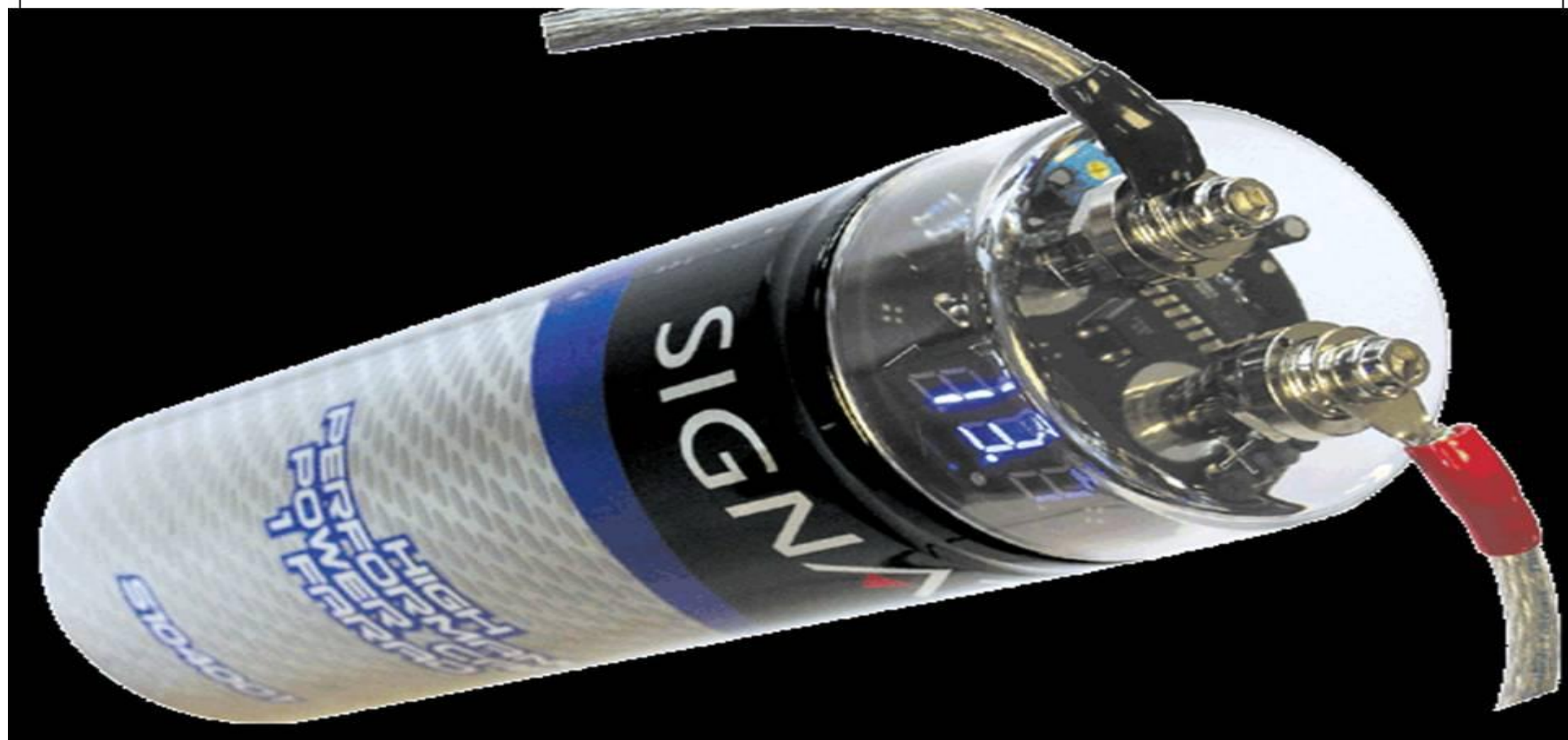
Конденсаторы, у которых в качестве изоляции между пластинами используется слюда, называются слюдяными.



## Высоковольтные конденсаторы

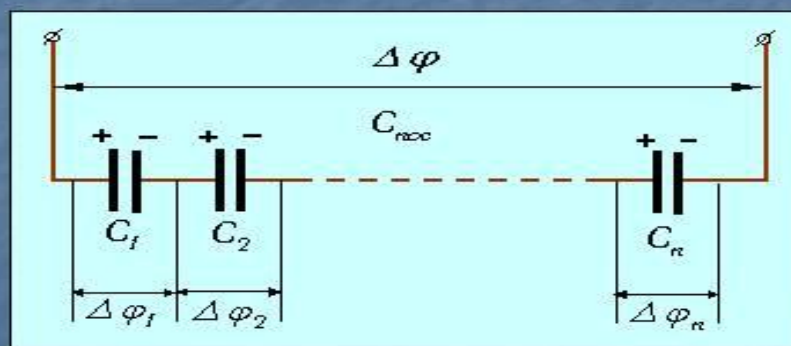


# Конденсатор 1 Фарада цифровой



## Последовательное соединение конденсаторов

**Последовательное соединение конденсаторов** – это такое соединение конденсаторов, при котором отрицательно заряженная обкладка предыдущего конденсатора соединяется с положительно заряженной обкладкой последующего.



## Закон последовательного соединения конденсаторов

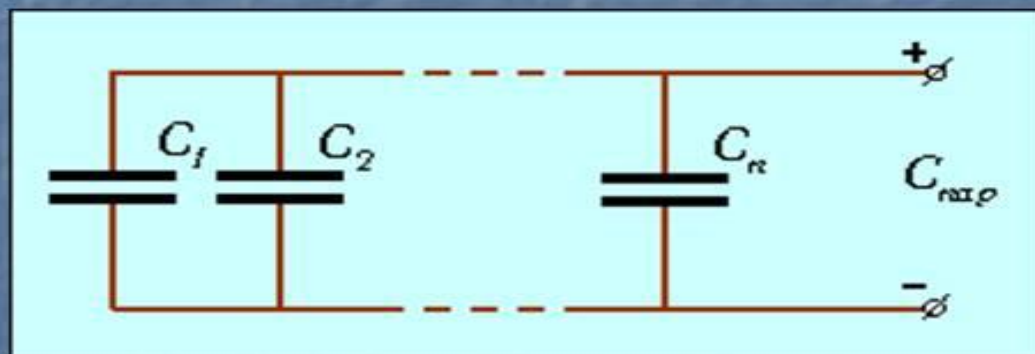
При последовательном соединении конденсаторов:

- заряды на отдельных конденсаторах одинаковы и равны заряду батареи;
- напряжение на батарее равно сумме напряжений на отдельных конденсаторах;
- емкость батареи определяется по формуле

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

## Параллельное соединение конденсаторов

**Параллельное соединение конденсаторов** – это такое соединение конденсаторов, при котором все отрицательно заряженные обкладки конденсаторов присоединяются к одному проводу, а все положительно заряженные обкладки – к другому.



## Закон параллельного соединения конденсаторов

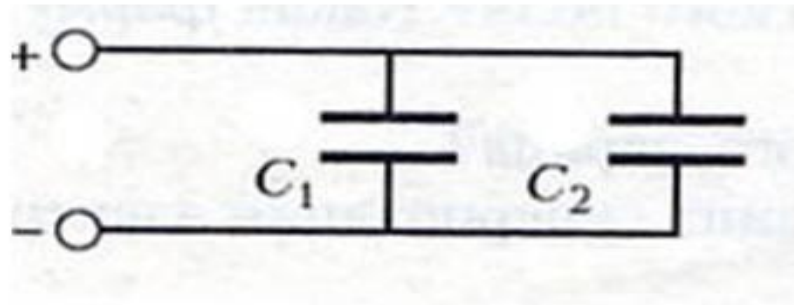
При параллельном соединении конденсаторов:

- заряд батареи равен сумме зарядов на отдельных конденсаторах
- напряжения на отдельных конденсаторах одинаковы и равны напряжению на батарее
- емкость батареи равна сумме емкостей конденсаторов, входящих в батарею

$$C = \sum_{i=1}^n C_i.$$

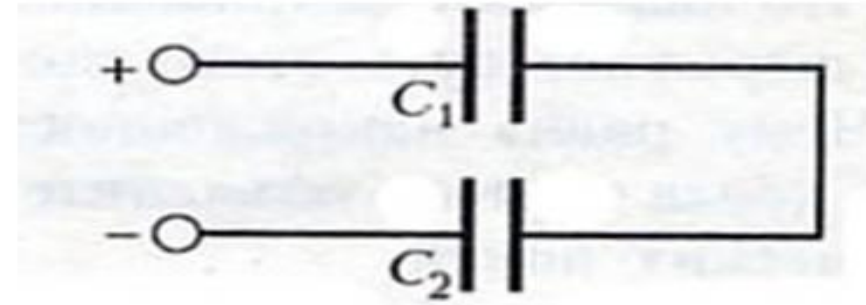
## Включение конденсаторов в электрическую цепь

параллельное



$$C = C_1 + C_2.$$

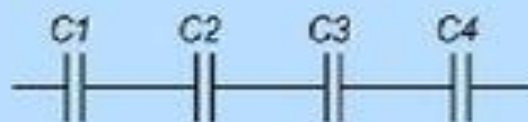
последовательное



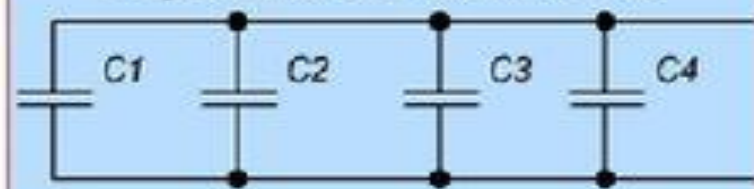
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}.$$

## Соединение конденсаторов

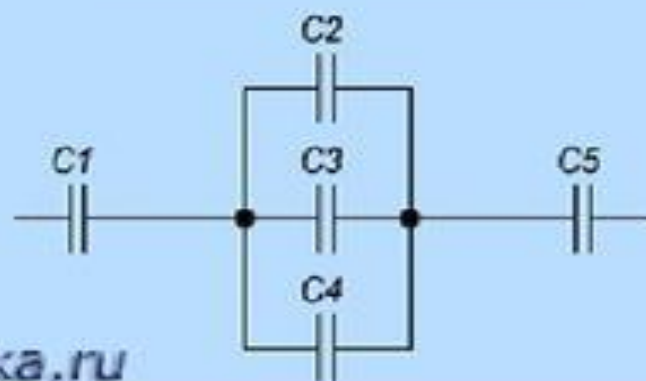
### Последовательное соединение



### Параллельное соединение

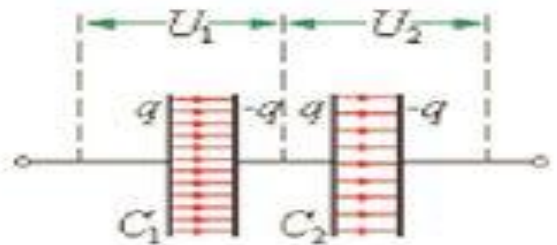
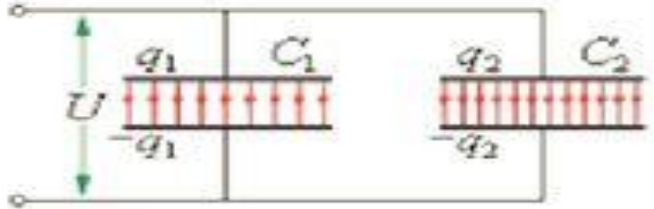

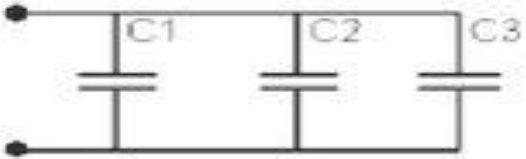


### Смешанное соединение



<http://sxemotehnika.ru>



Последовательное соединение	Параллельное соединение
	
	
$U = U_1 + U_2 + \dots + U_i$	$U = U_1 = U_2 = \dots = U_i$
$q = q_1 = q_2 = \dots = q_i$	$q = q_1 + q_2 + \dots + q_i$
$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_i}$	$C = C_1 + C_2 + \dots + C_i$

# Последовательное соединение конденсаторов

При последовательном соединении все конденсаторы заряжаются одинаковым количеством электричества, так как непосредственно от источника тока заряжаются только крайние пластины (1 и 6), а остальные пластины (2, 3, 4 и 5) заряжаются через влияние. При этом заряд пластины 2 будет равен по величине и противоположен по знаку заряду пластины 1, заряд пластины 3 будет равен по величине и противоположен по знаку заряду пластины 2 и т. д.

Напряжения на различных конденсаторах будут, вообще говоря, различными, так как для заряда одним и тем же количеством электричества конденсаторов различной емкости всегда требуются различные напряжения. Чем меньше емкость конденсатора, тем большее напряжение необходимо для того, чтобы зарядить этот конденсатор требуемым количеством электричества, и наоборот.

Таким образом, при заряде группы конденсаторов, соединенных последовательно, на конденсаторах малой емкости напряжения будут больше, а на конденсаторах большой емкости — меньше.

# Последовательное соединение конденсаторов

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$$

$$U_{\text{общ}} = \frac{q}{C_{\text{общ}}},$$

$$U_1 = \frac{q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{q}{C_2}; \quad U_3 = \frac{q}{C_3}.$$

$$\frac{q}{C_{\text{общ}}} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}.$$

## Последовательное соединение конденсаторов

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Для частного случая двух последовательно соединенных конденсаторов формула для вычисления их общей емкости будет иметь вид:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

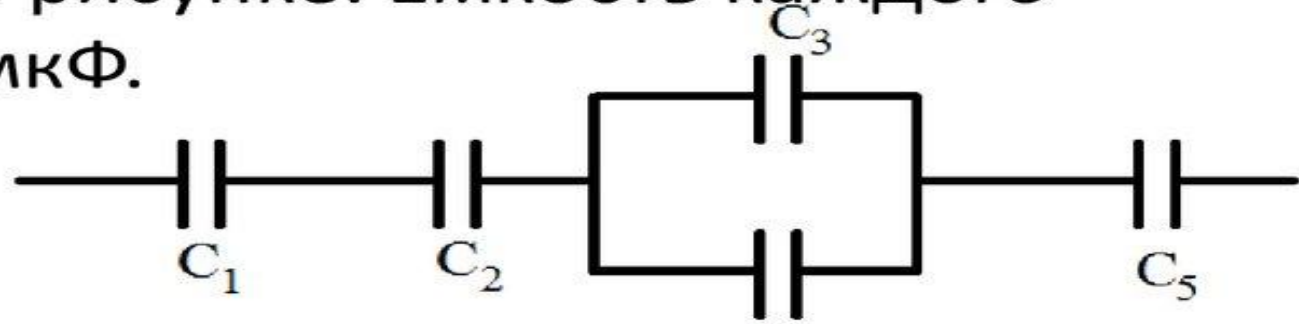
## Последовательное соединение конденсаторов

Если последовательно соединены конденсаторы, имеющие одинаковую емкость, то их общую емкость можно вычислить по формуле

$$C_{\text{общ}} = \frac{C}{n}. \quad (15)$$

## Домашнее задание

1) Определите емкость батареи конденсаторов, изображенной на рисунке. Емкость каждого конденсатора 1 мкФ.



2) Два последовательно соединенных конденсатора емкостями 2 и 4 мкФ присоединили к источнику напряжением 180 В. Конденсаторы отсоединили друг от друга и от источника и соединили одноименно заряженными пластинами. Определите установившееся напряжение.