



Конденсатор

Электромагнитные явления

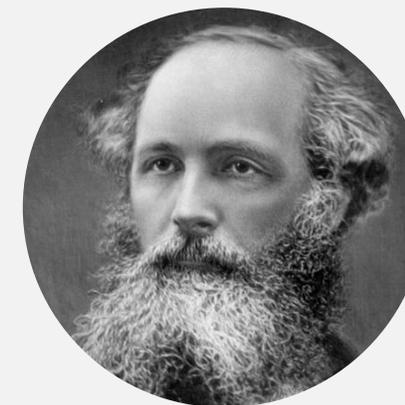
Сегодня мы:

- 1 узнаем, что такое конденсатор и для чего он служит;
- 2 познакомимся с новой физической величиной — электрической ёмкостью;
- 3 узнаем, какова единица измерения электрической ёмкости;
- 4 выясним, от чего и как зависит электроёмкость плоского конденсатора.

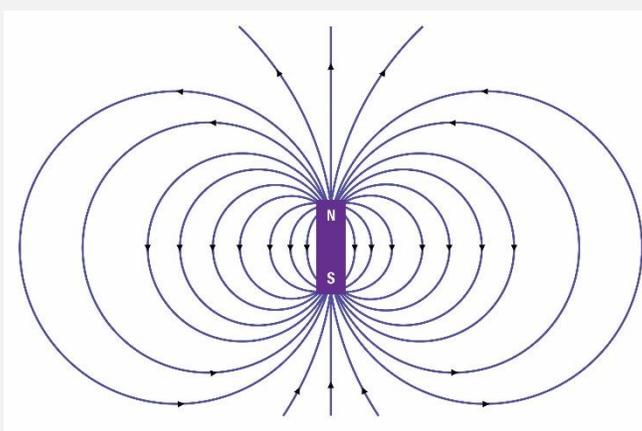


Теория электромагнитного поля

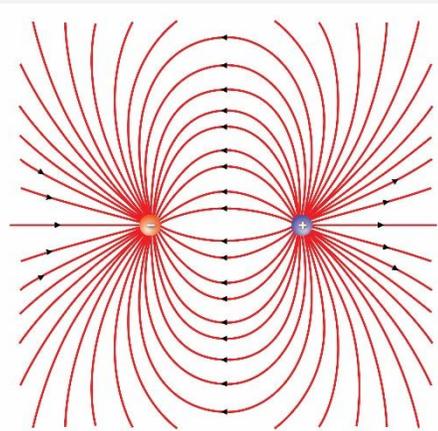
Изменяющееся со временем электрическое поле порождает переменное магнитное поле. Эти тесно взаимосвязанные и порождающие друг друга поля образуют **электромагнитное поле**.



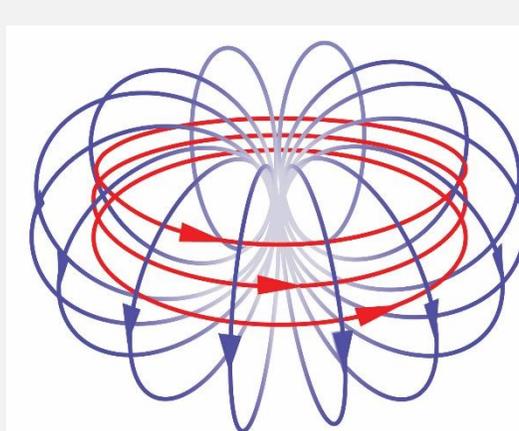
Дж. Максвелл



магнитное поле



электрическое поле



электромагнитное поле

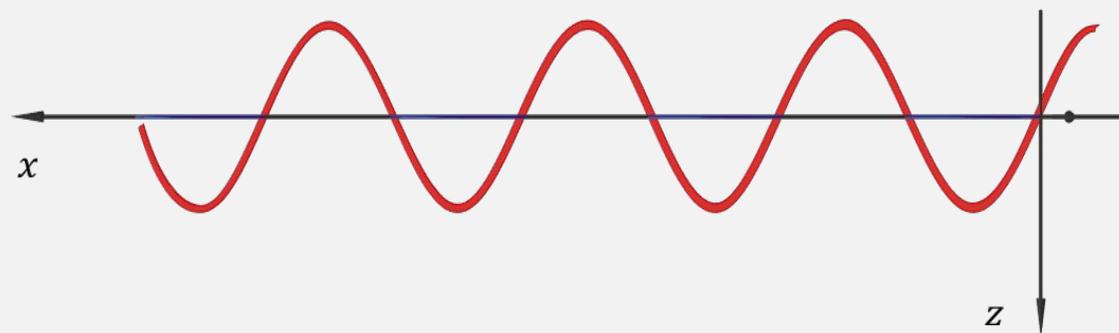
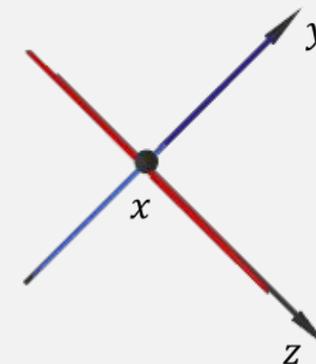
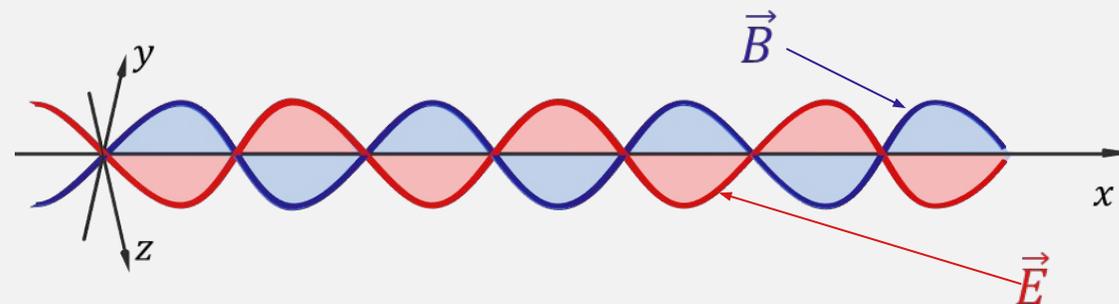
Электромагнитные волны

Процесс распространения переменного электромагнитного поля в пространстве и времени представляет собой **электромагнитную волну**.

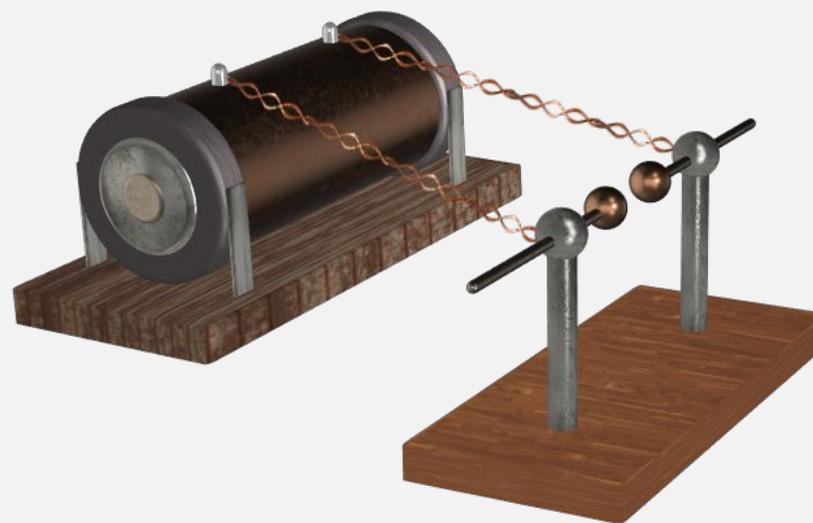
Электромагнитные волны **могут распространяться** не только в среде, но и в вакууме.



Для получения электромагнитных волн необходимы **ускоренно движущиеся заряды**.

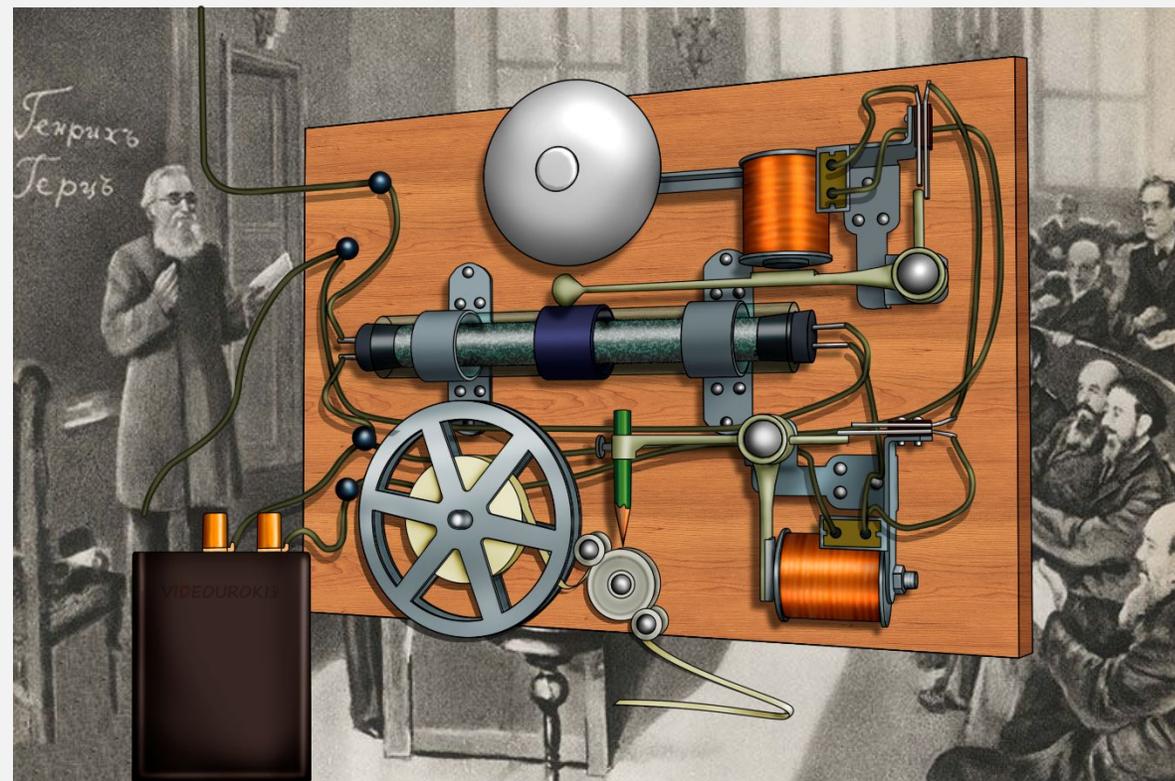


Опыт Герца, 1886 г.



Г. Герц
1857—1894

24 марта 1896 г.



А. С. Попов
1859—1906

Трансформатор

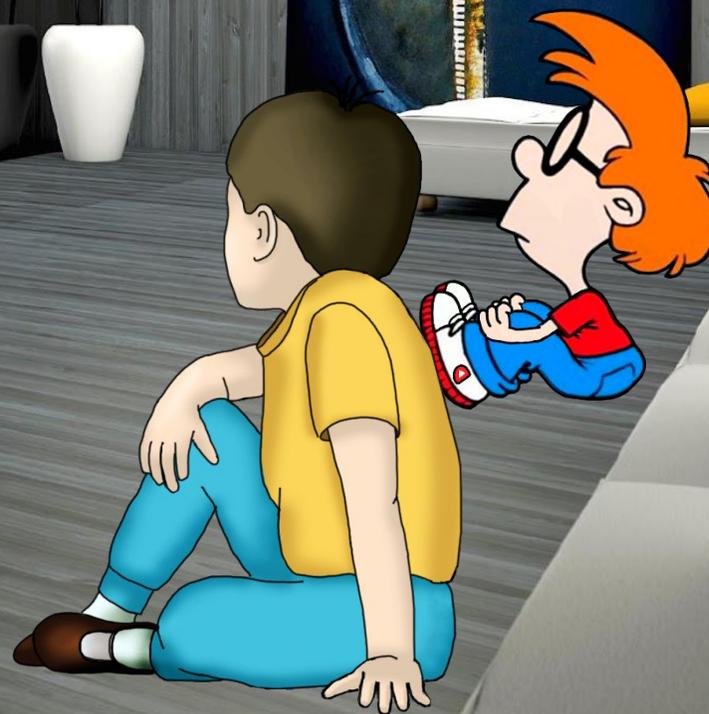
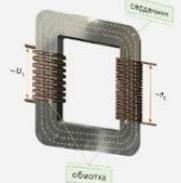
Трансформатор — устройство, служащее для преобразования силы и напряжения переменного тока при неизменной частоте.

Первичная обмотка — обмотка, по которой пропускается преобразуемый переменный ток.

Вторичная обмотка — обмотка, соединяющаяся с потребителем.

Коэффициент трансформации:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

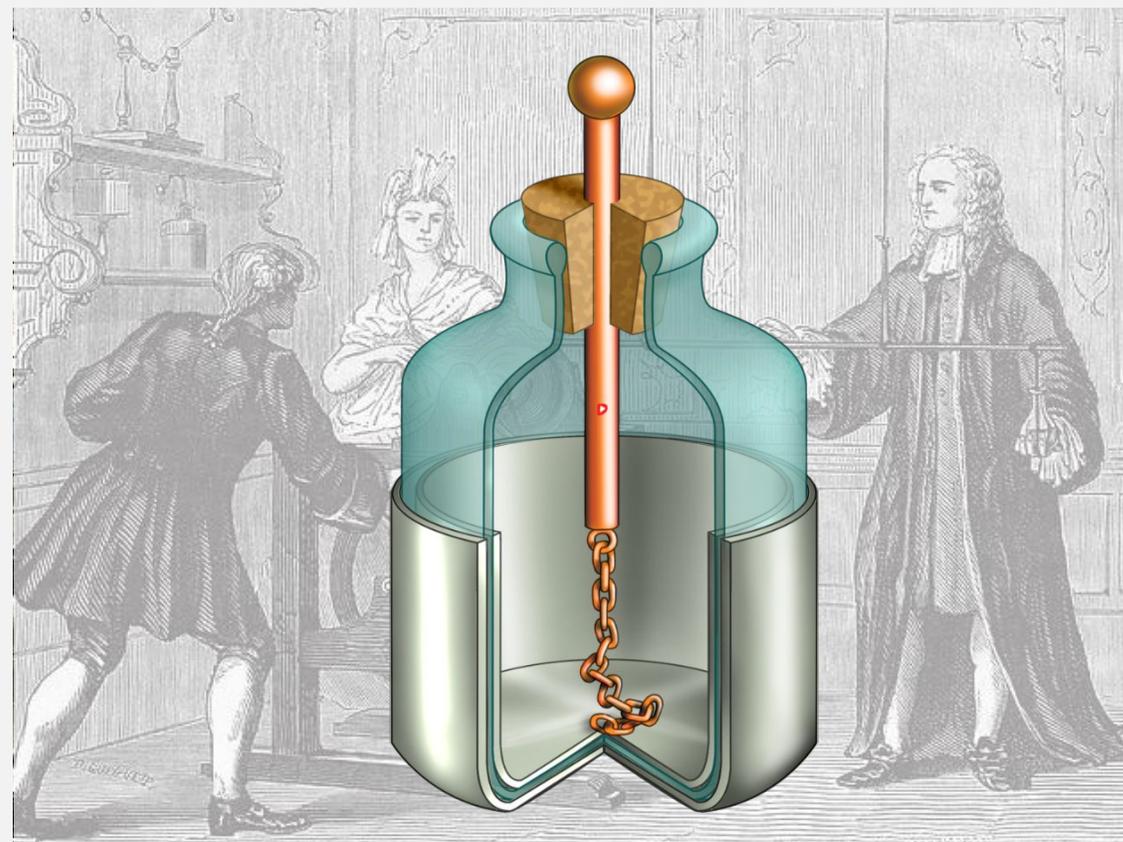


Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.



Опыт Мушенбрука и Кюнеуса, 1745 г.

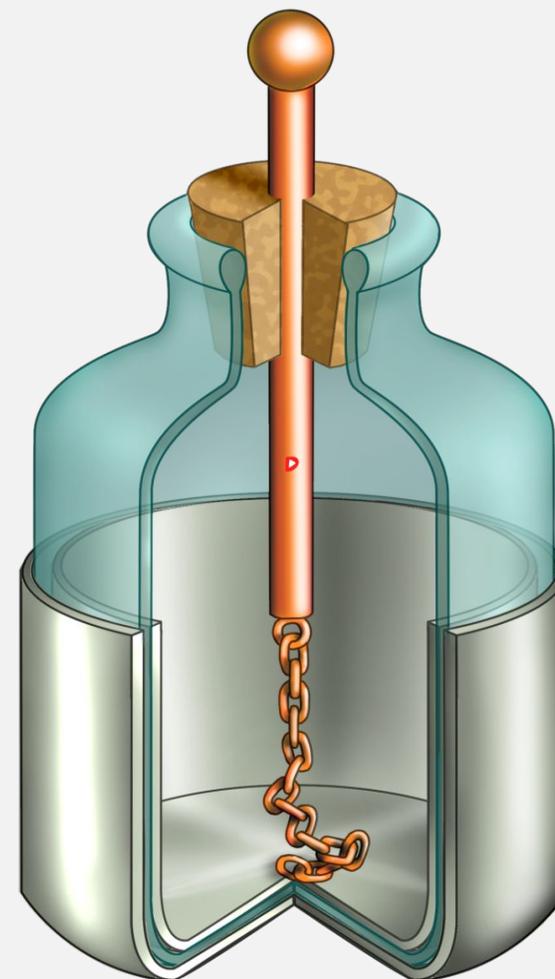


Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.



Лейденская банка



Лейден

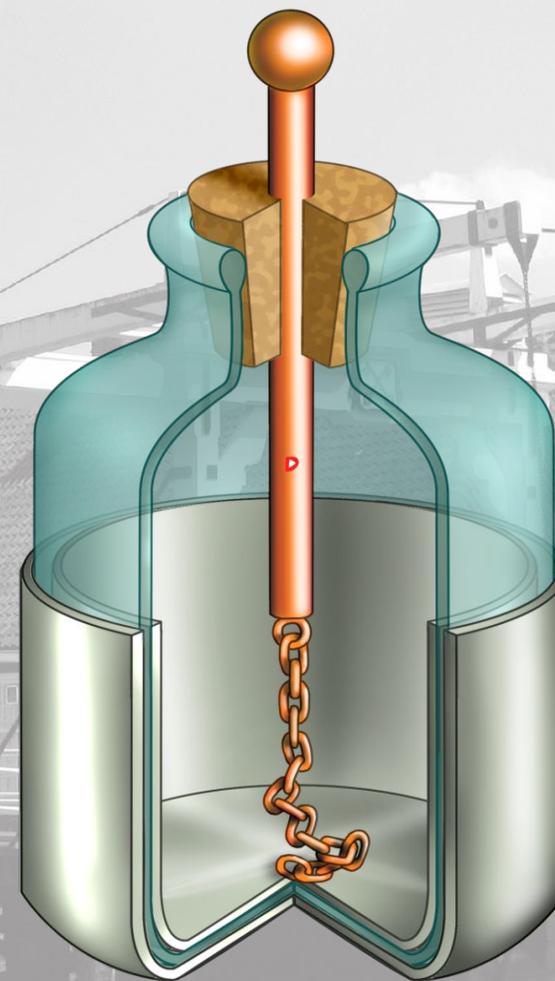


Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

Опыт с лейденской банкой повторялся неоднократно.

Лейденская банка





Было забавно наблюдать разнообразие жестов и слышать мгновенный вскрик десятков людей.



Конденсатор



Говорят, что от этой цепи солдат и произошёл термин «электрическая цепь».



Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

 — обозначение конденсатора на электрических схемах.



Толщина слоя диэлектрика много меньше размеров обкладок.



Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

 — обозначение конденсатора на электрических схемах.

Заряд конденсатора — это модуль заряда любой из его обкладок.



Заряды распределены на внутренних поверхностях пластин.

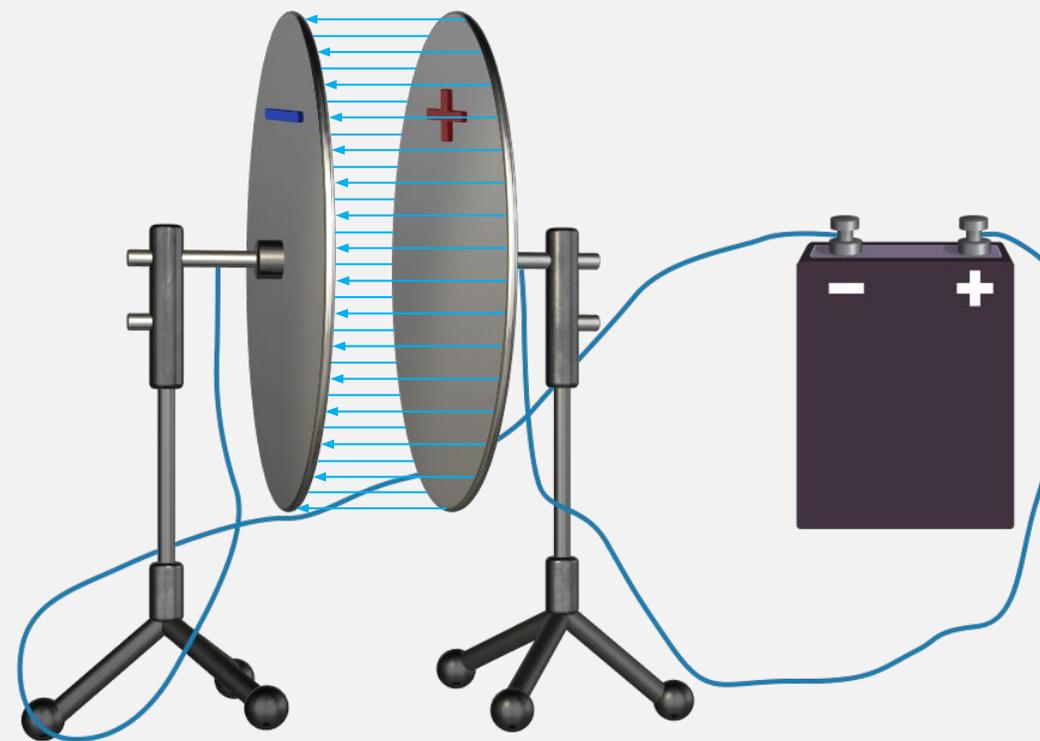


Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

 — обозначение конденсатора на электрических схемах.

Заряд конденсатора — это модуль заряда любой из его обкладок.



Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

 — обозначение конденсатора на электрических схемах.

Заряд конденсатора — это модуль заряда любой из его обкладок.

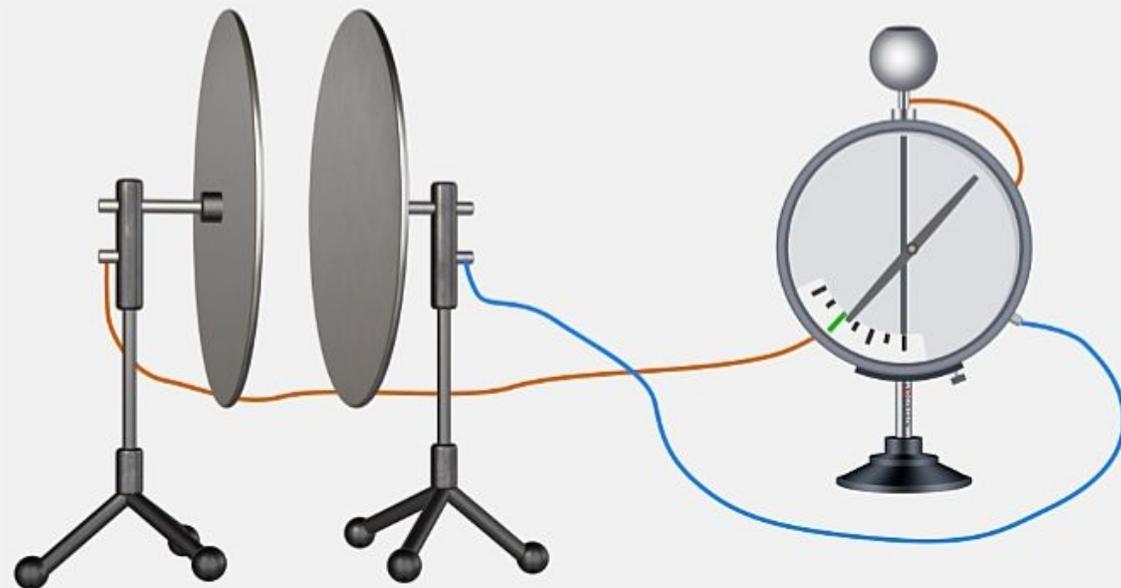


Электроёмкость конденсатора

Электрическая ёмкость — это величина, характеризующая свойство проводника накапливать электрический заряд.

Заряд конденсатора	q	$2q$	$3q$
Напряжение между обкладками	U	$2U$	$3U$

Чем больше сообщённый конденсатору электрический заряд, тем больше напряжение между его обкладками.



$$\frac{q}{U} = \frac{2q}{2U} = \frac{3q}{3U} = \text{const}$$



Ёлектроёмкость конденсатора

Ёлектроёмкость конденсатора — это физическая величина, численно равная отношению заряда конденсатора к напряжению на его пластинах.

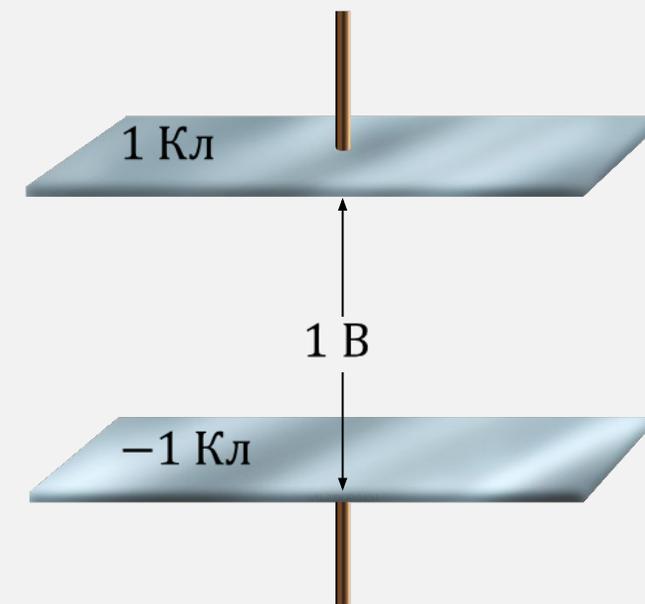
1 Ф — это такая ёмкость конденсатора, при которой заряд, равный 1 Кл, создаёт между обкладками конденсатора напряжение 1 В.

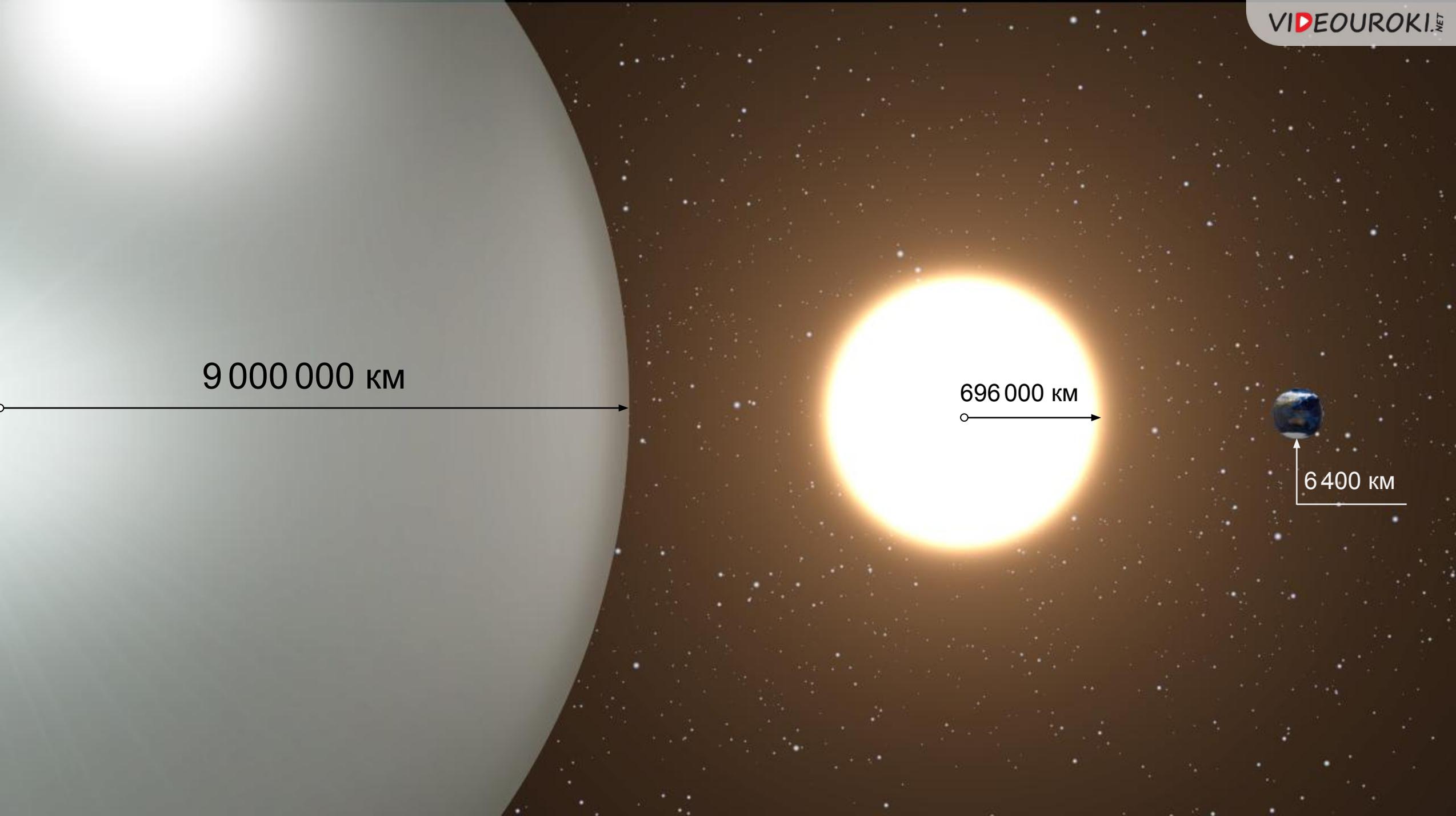


1 Ф — это очень большая ёмкость.

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

$$[C] = [Ф]$$





9 000 000 KM

696 000 KM

6 400 KM

Электроёмкость конденсатора

Электроёмкость конденсатора — это физическая величина, численно равная отношению заряда конденсатора к напряжению на его пластинах.

1 Ф — это такая ёмкость конденсатора, при которой заряд, равный 1 Кл, создаёт между обкладками конденсатора напряжение 1 В.

Дольные единицы электроёмкости:

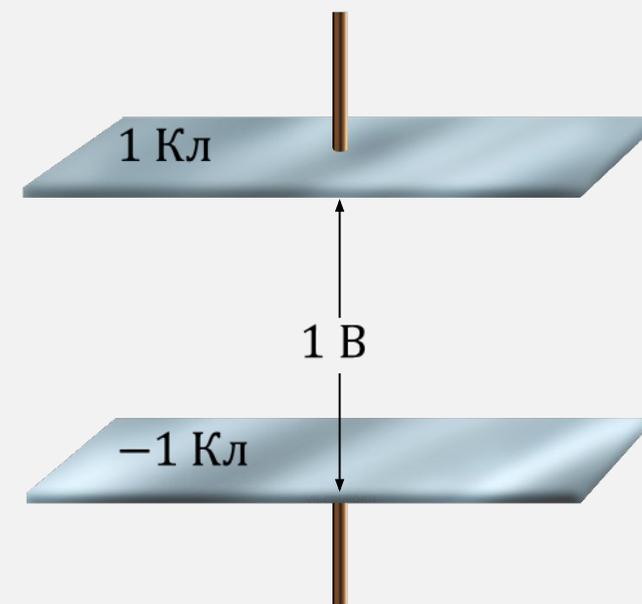
$$1 \text{ мкФ} = 0,000001 \text{ Ф} = 10^{-6} \text{ Ф};$$

$$1 \text{ нФ} = 0,000000001 \text{ Ф} = 10^{-9} \text{ Ф};$$

$$1 \text{ пФ} = 0,000000000001 \text{ Ф} = 10^{-12} \text{ Ф}.$$

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

$$[C] = [\Phi]$$





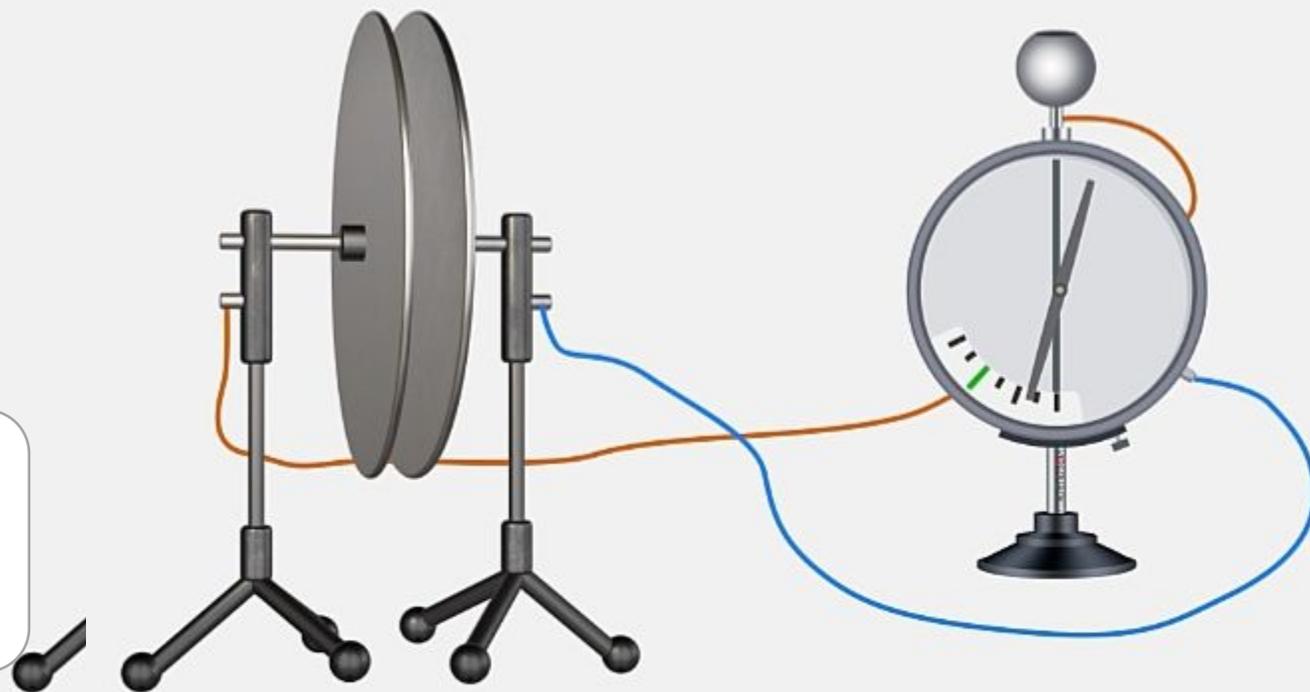
Электроёмкость
Земли составляет
709 мкФ.

Электроёмкость конденсатора

Чем **меньше расстояние** между обкладками, тем **больше ёмкость** конденсатора.



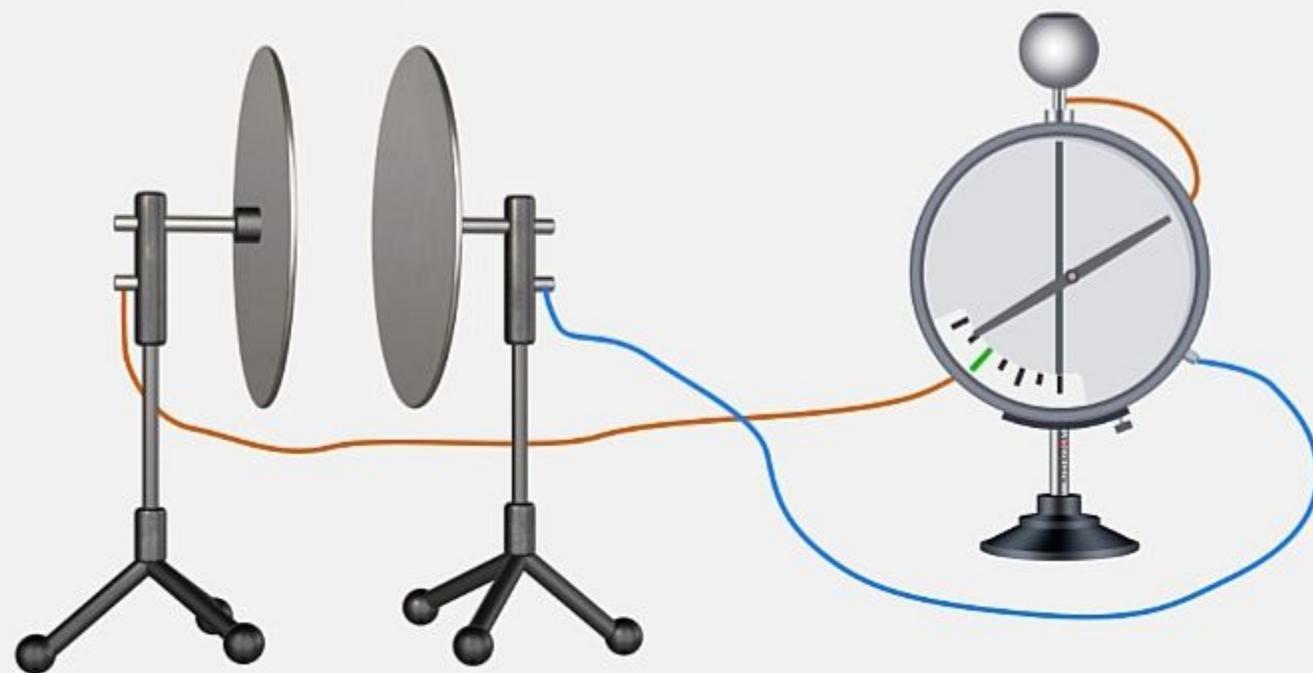
Уменьшение
напряжения связано с
увеличением ёмкости
конденсатора.



Электроёмкость конденсатора

Чем **меньше расстояние** между обкладками, тем **больше ёмкость** конденсатора.

Чем **меньше площадь** обкладок конденсатора, тем **меньше** его **ёмкость**.

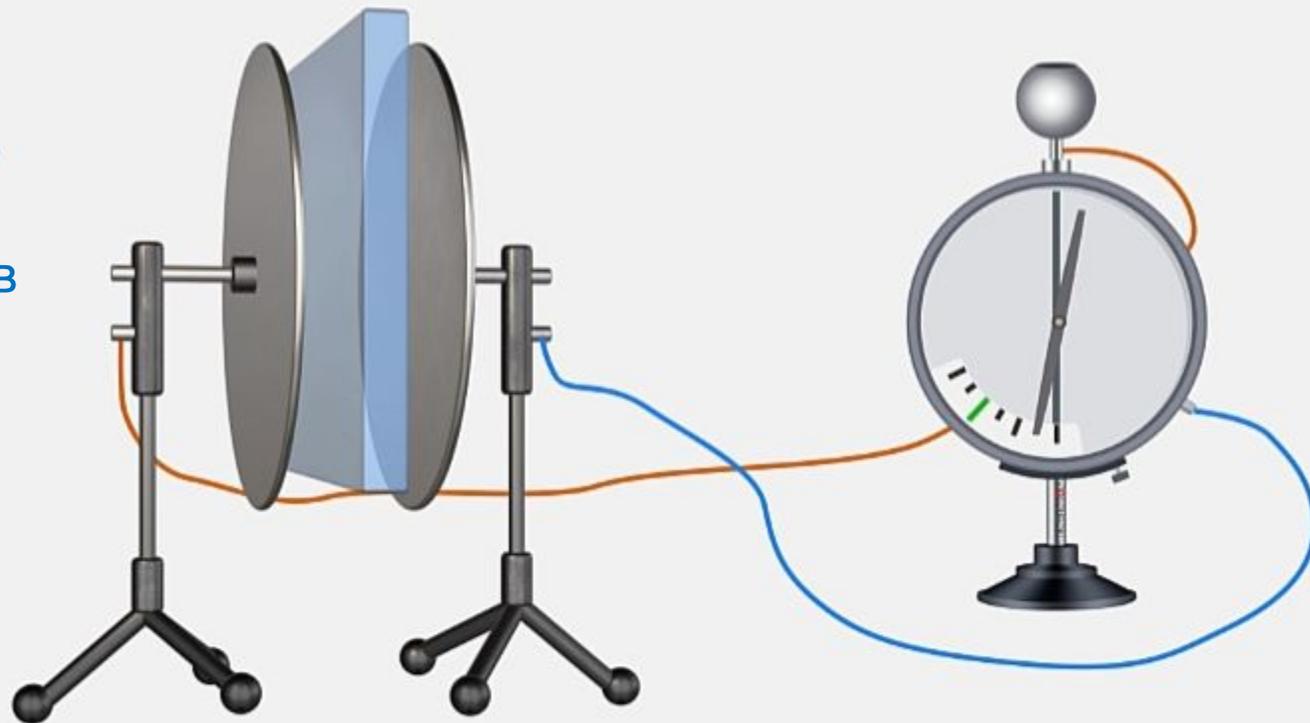


Ёлектроёмкость конденсатора

Чем **меньше расстояние** между обкладка-ми, тем **больше ёмкость** конденсатора.

Чем **меньше площадь** обкладок конденсатора, тем **меньше** его ёмкость.

Ёмкость конденсатора зависит и **от свойств** используемого **диэлектрика**.



Ёлектроёмкость конденсатора

Диэлектрическая проницаемость среды — физическая величина, характеризующая свойства изолирующей среды.

Диэлектрическая проницаемость среды показывает, во сколько раз сила взаимодействия двух электрических зарядов в этой среде меньше, чем в вакууме.



Диэлектрическая проницаемость веществ

Вещество	ϵ
Вакуум	1
Вода (чистая)	81
Воздух	1,0006
Керамика (радиотехническая)	до 80
Масло трансформаторное	2,2
Слюда	6—8
Стекло	4—7
Янтарь	2,8

Ёлектроёмкость конденсатора

Ёлектроёмкость плоского конденсатора зависит от площади пластин, расстояния между ними и свойств внесённого в конденсатор диэлектрика.

ϵ_0 — электрическая постоянная.

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

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



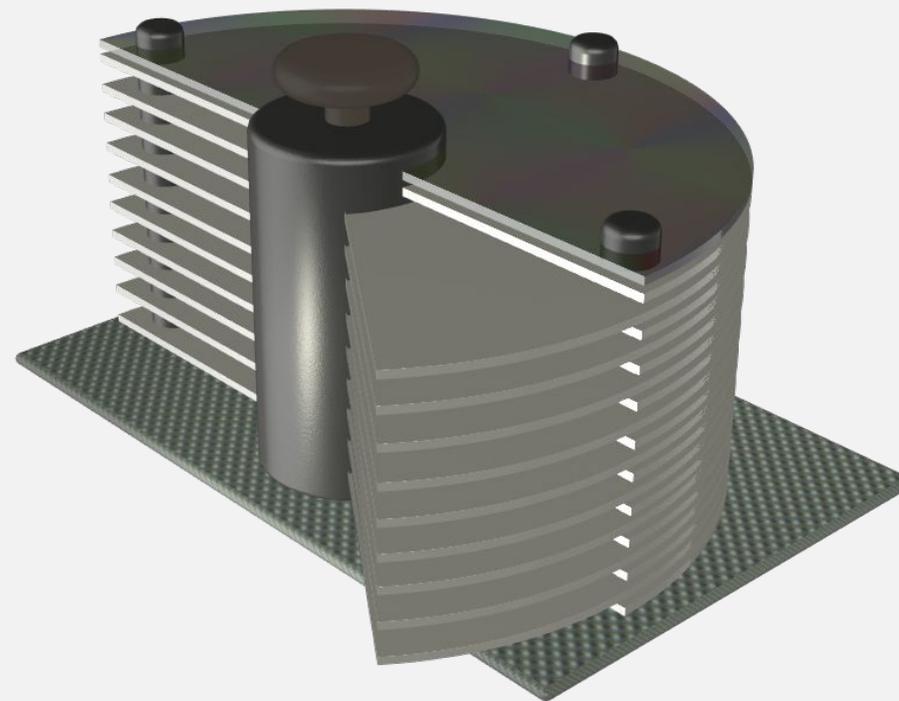
Зависимость ёмкости плоского конденсатора от его параметров указывает способы изменения ёмкости.



Ёлектроёмкость конденсатора

Ёлектроёмкость плоского конденсатора зависит от площади пластин, расстояния между ними и свойств внесённого в конденсатор диэлектрика: $C = (\epsilon_0 \epsilon S) / d$.

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}.$$



Электроёмкость конденсатора

Электроёмкость плоского конденсатора зависит от площади пластин, расстояния между ними и свойств внесённого в конденсатор диэлектрика: $C = (\epsilon_0 \epsilon S) / d$.

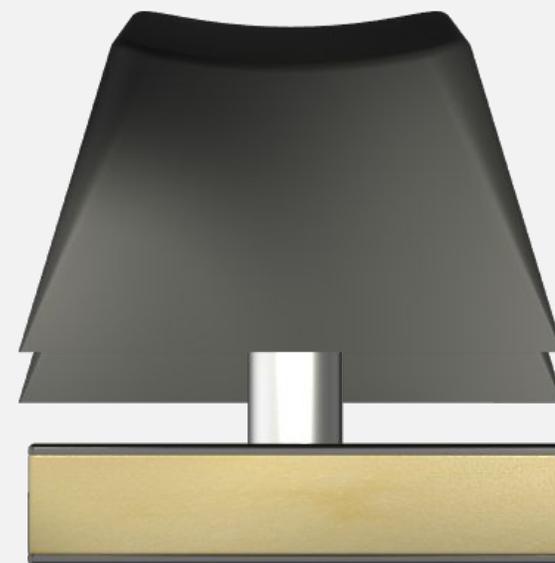
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}.$$



Ёлектроёмкость конденсатора

Ёлектроёмкость плоского конденсатора зависит от площади пластин, расстояния между ними и свойств внесённого в конденсатор диэлектрика: $C = (\epsilon_0 \epsilon S) / d$.

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}.$$



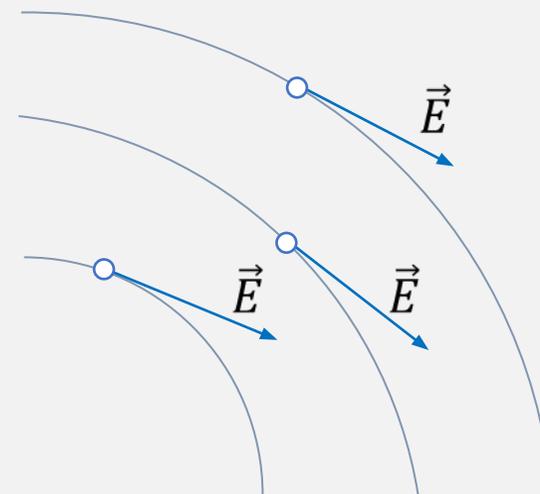
Напряжённость электростатического поля

Напряжённость электрического поля (\vec{E}) — векторная физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке.

Направление \vec{E} совпадает с направлением касательной к силовой линии электрического поля.

$$E = \frac{F}{q}$$

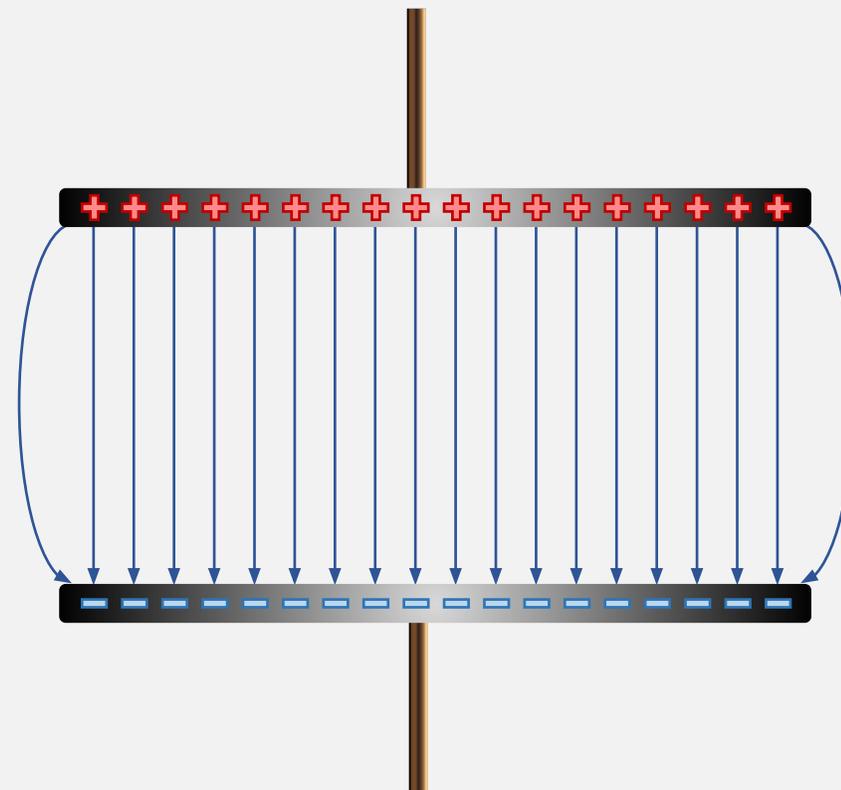
$$[E] = \left[\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right] = \left[\frac{\text{В}}{\text{м}} \right]$$



Ёлектроёмкость конденсатора

Линии напряжённости электрического поля плоского конденсатора параллельны и расположены на одинаковом расстоянии друг от друга.

Электрическое поле плоского конденсатора однородное.



Неоднородностью поля у края пластин часто пренебрегают.

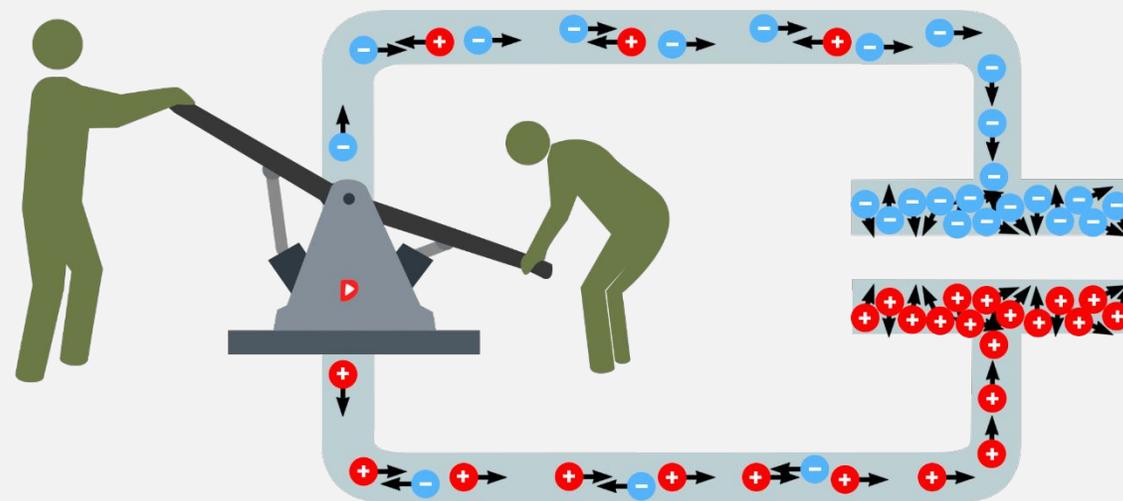


Электроёмкость конденсатора

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

 — обозначение конденсатора на электрических схемах.

Значит, при разрядке конденсатора может быть совершена работа.



$$A_{BH} = E$$

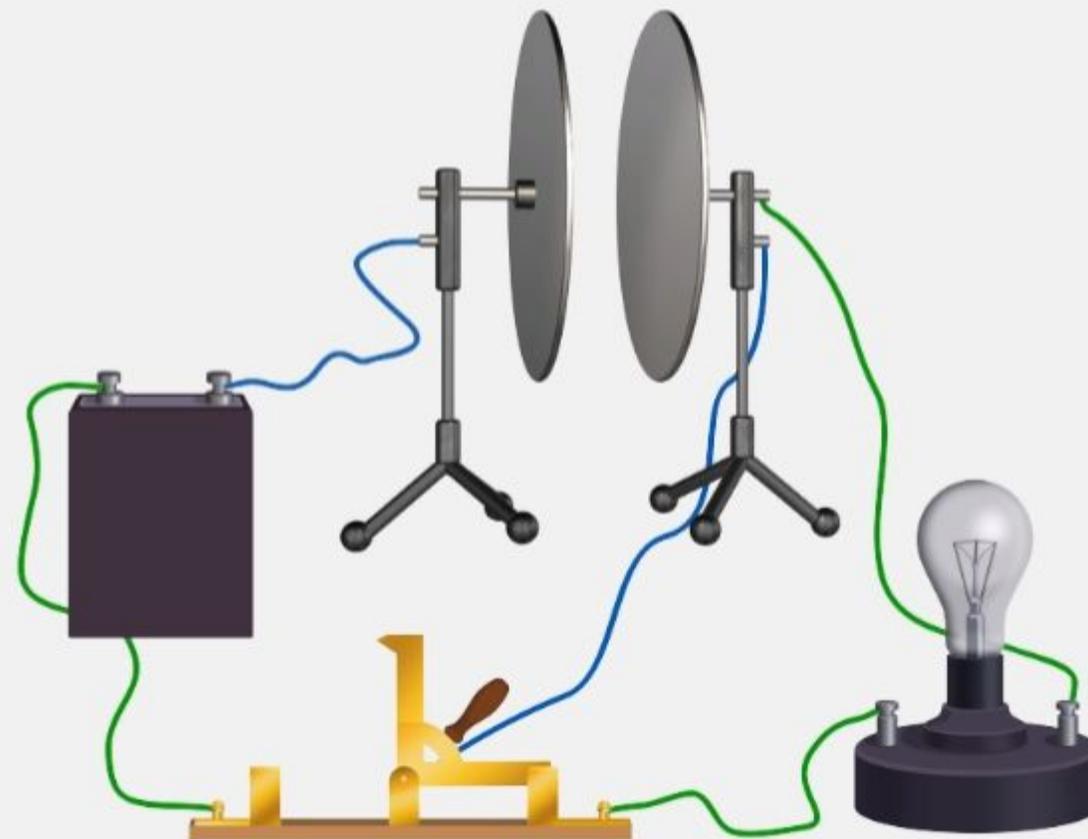
Электроёмкость конденсатора

Энергия электрического поля конденсатора:

$$E = \frac{qU}{2}$$

Электроёмкость: $C = \frac{q}{U}$.

Конденсаторы находят широкое применение во многих областях науки и техники.

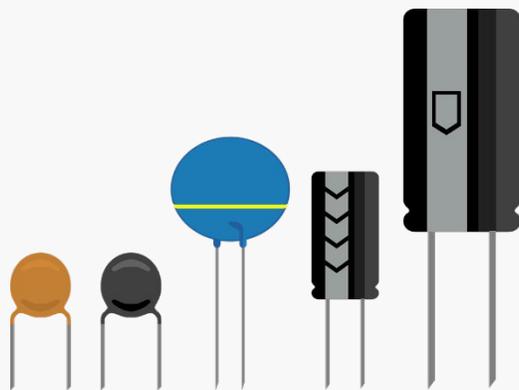
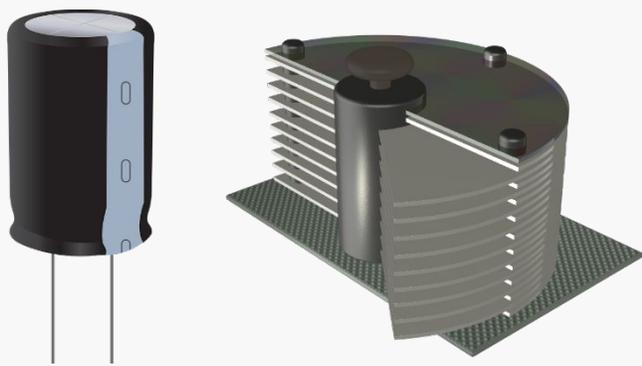


Классификация конденсаторов

по назначению

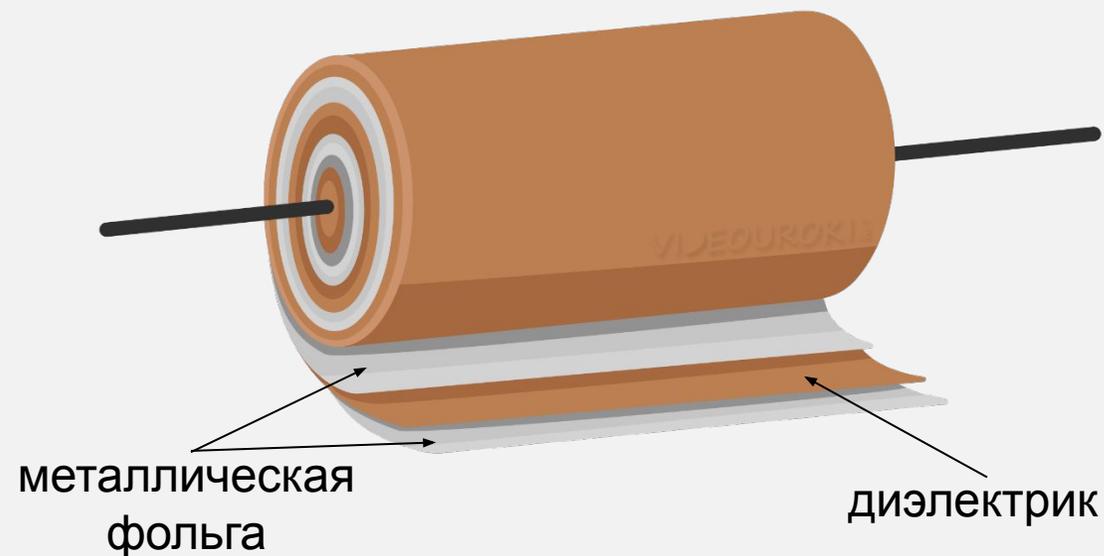
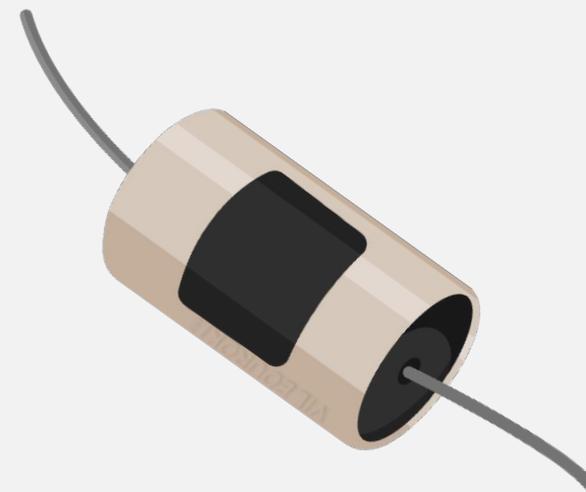
по форме обкладок

по типу диэлектрика



Конденсатор

Бумажный конденсатор представляет собой две ленты металлической фольги, разделённые тонкой парафинированной бумагой, полистиролом, слюдой или другим диэлектриком, которые свёрнуты в тугую спираль и запаяны.

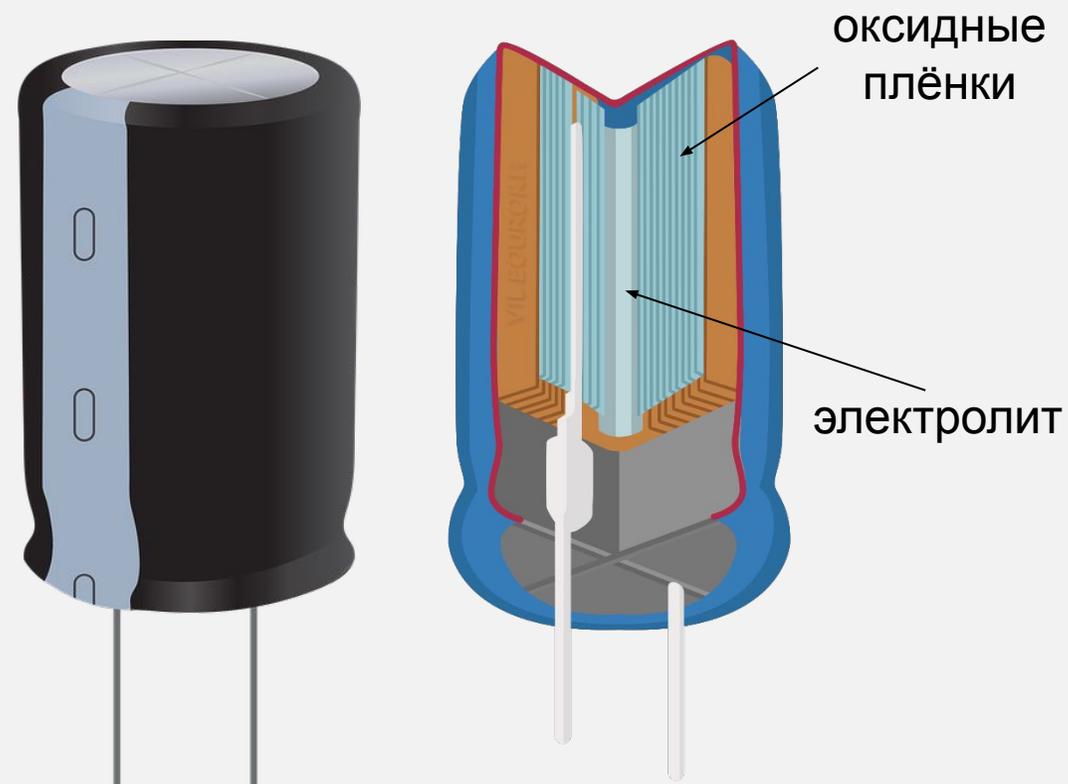


Конденсатор

Электролитические конденсаторы — конденсаторы, которые в качестве диэлектрика используют тонкую оксидную плёнку, нанесённую на поверхность анода, а в роли катода выступает электролит.



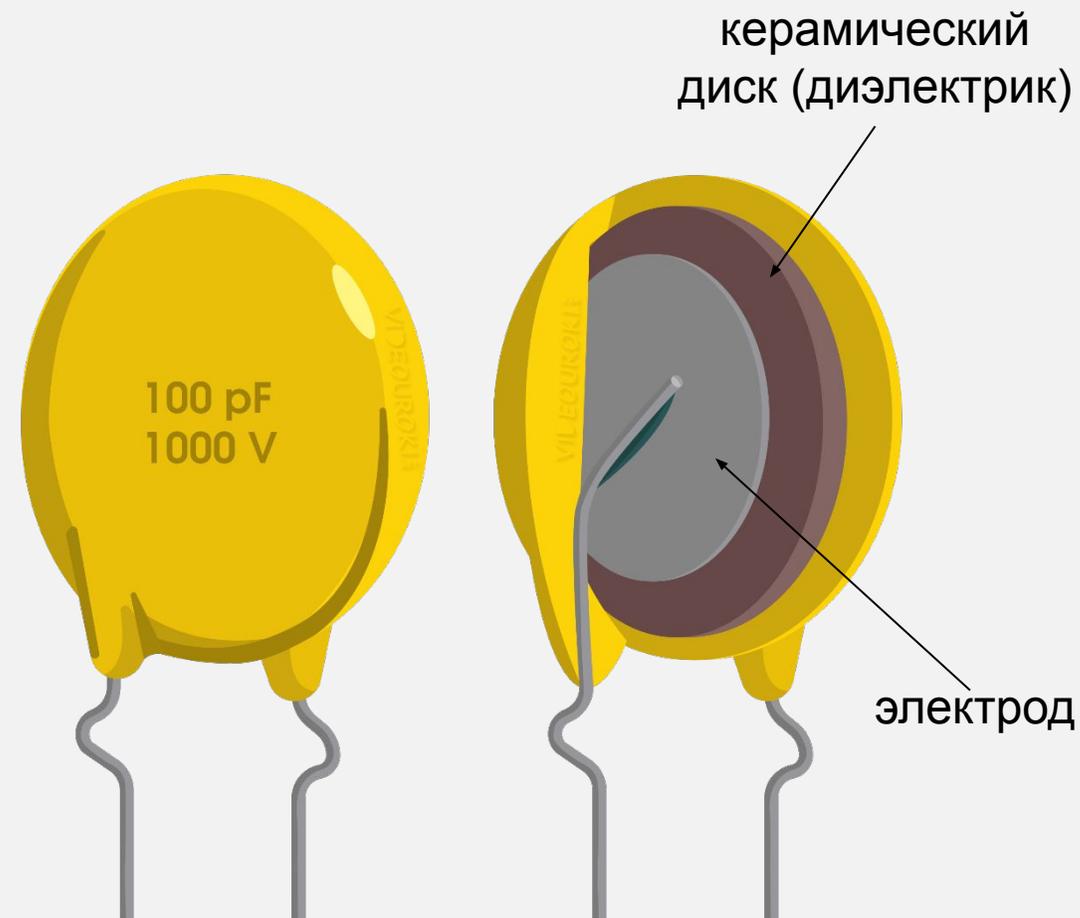
Ёмкость таких конденсаторов может достигать сотен и тысяч мкФ.



Конденсатор

Керамический конденсатор — это конденсатор, в котором диэлектриком служит специальный керамический материал.

Ёмкость таких конденсаторов достигает сотен пФ.



Задача. Плоский воздушный конденсатор, состоящий из двух обкладок площадью 10^{-2} м^2 каждая, поместили в керосин, диэлектрическая проницаемость которого равна 2, и подключили к источнику тока, напряжение на полюсах которого равно 120 В. Определите энергию электрического поля конденсатора, если расстояние между его обкладками составляет 2 см.

ДАНО

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$\varepsilon = 2$$

$$U = 120 \text{ В}$$

$$d = 0,02 \text{ м}$$

$$E = ?$$

РЕШЕНИЕ

Энергия электрического поля конденсатора:

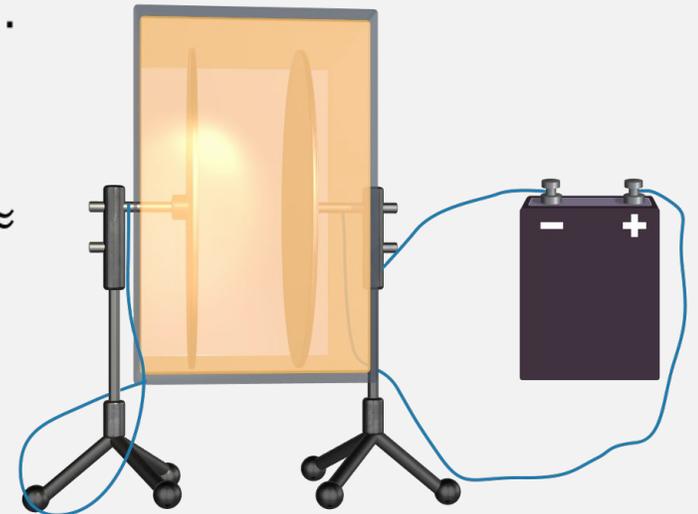
$$E = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S U^2}{2d}$$

Ёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$

$$E = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} \cdot 2 \cdot 0,01 \text{ м}^2 \cdot (120 \text{ В})^2}{2 \cdot 0,02 \text{ м}} \approx$$

$$\approx \frac{2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}^2 \cdot \text{В}^2}{0,04 \text{ Н} \cdot \text{м}} \approx 0,6 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$$

ОТВЕТ: $E = 0,6 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$



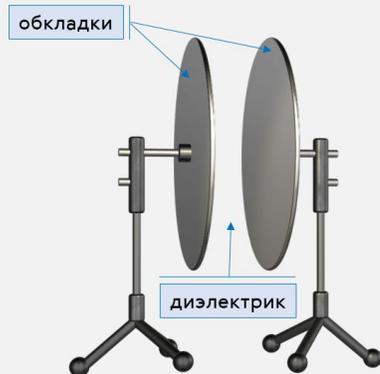
Главные выводы

Конденсатор

Конденсатор — это устройство, служащее для накопления заряда и энергии электрического поля.

 — обозначение конденсатора на электрических схемах.

Толщина слоя диэлектрика много меньше размеров обкладок.

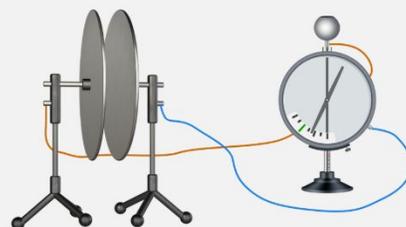


Ёмкость плоского конденсатора

Чем **меньше расстояние** между обкладками, тем **больше ёмкость** конденсатора.

Чем **меньше площадь** обкладок конденсатора, тем **меньше его ёмкость**.

Ёмкость конденсатора зависит и от свойств используемого **диэлектрика**.



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

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

Ёмкость конденсатора

Ёмкость конденсатора — это физическая величина, численно равная отношению заряда конденсатора к напряжению на его пластинах.

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

$$[C] = [\Phi]$$

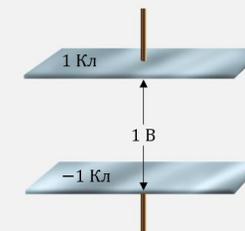
1 Ф — это такая ёмкость конденсатора, при которой заряд, равный 1 Кл, создаёт между обкладками конденсатора напряжение 1 В.

Дольные единицы ёмкости:

$$1 \text{ мкФ} = 0,000001 \text{ Ф} = 10^{-6} \text{ Ф};$$

$$1 \text{ нФ} = 0,000000001 \text{ Ф} = 10^{-9} \text{ Ф};$$

$$1 \text{ пФ} = 0,000000000001 \text{ Ф} = 10^{-12} \text{ Ф}.$$



Ёмкость конденсатора

Энергия электрического поля конденсатора:

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

Ёмкость: $C = \frac{q}{U}$.

