

2. Протон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 120 км/с. Напряженность поля внутри конденсатора 30 В/см, длина пластин 10 см. С какой скоростью протон вылетает из конденсатора? $m_p = 1,76 \cdot 10^{-27}$ кг; $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. (Ответ: 270 км/с.)

3. Капелька масла радиусом 1 мкм, несущая в себе заряд двадцати электронов, находится в равновесии в поле горизонтально расположенного конденсатора, когда к нему приложено напряжение 82 В. Расстояние между пластинками $d = 8$ мм. Чему равен заряд электрона. Плотность масла 800 кг/м³. (Ответ: $1,63 \cdot 10^{-19}$ Кл.)

4. Электрон с некоторой скоростью влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам на равном расстоянии от них. К пластинам конденсатора приложено напряжение 300 В. Расстояние между пластинами $d = 2$ см. Длина конденсатора $L = 10$ см. Какова должна быть предельная скорость, чтобы электрон не вылетел из конденсатора? $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг; $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. (Ответ: $3,63 \cdot 10^7$ м/с.)

Домашнее задание

П. 95 и п. 96.

Урок 108. Электроёмкость уединенного проводника. Электроёмкость конденсатора

Цель: сформировать понятие электроёмкость, доказать практическую значимость конденсатора.

Ход урока

I. Повторение изученного

1. На какие два типа делят молекулы вещества по характеру представленного распределения в них зарядов?
2. В чем проявляется действие внешнего электростатического поля на молекулы полярного диэлектрика?
3. Как действует внешнее электростатическое поле на молекулы полярного диэлектрика?
4. Почему диэлектрик ослабляет электростатическое поле?
5. Чему равен суммарный заряд незаряженного проводника?
6. Чему равна напряженность поля внутри проводника, помещенного в электростатическое поле?
7. Почему электростатическое поле не проникает внутрь проводника?
8. Что называют электростатической защитой?

II. Физический диктант. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле

См. раздел «Самостоятельные и контрольные работы».

Ответы: 1. Проводники. 2. Свободные электроны. 3. На поверхности проводника. 4. Нет. 5. Да, уменьшают. 6. Нет свободных носителей заряда.

Объясните эксперимент

1. Поставьте электрометр на изолятор и зарядите его. Затем соедините шаровой кондуктор электрометра с его корпусом при помощи проводника с эбонитовой ручкой. Почему стрелка приходит в нулевое положение? Если коснуться рукой корпуса электрометра, то стрелка вновь отклонится, правда на меньший угол. Почему? (Ответ: Стрелка отклоняется, если между стрелкой, стержнем и шаровым кондуктором, с одной стороны, и корпусом – с другой, имеется разность по-

тенциалов. После соединения корпуса с кондуктором потенциал их выравнивается и стрелка приходит в нулевое положение. При касании рукой корпуса мы его заземляем. В результате между кондуктором и корпусом возникает разность потенциалов, что и отмечает электрометр.)

III. Изучение нового материала

Для накопления значительных разноименных электрических зарядов применяются конденсаторы.

Конденсаторы — это система из двух проводников (обкладок), разделенных диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с линейными размерами проводников. Плоский конденсатор представляет собой две плоские металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика. Напряженность поля между пластинами

$E = \frac{v}{\epsilon\epsilon_0}$. Физическая величина, определяемая отношением заряда q к разности потенциалов $\Delta\phi$ между обкладками конденсатора, называется электро-

емкостью $C = \frac{q}{\phi_1 - \phi_2}$.

Единица емкости в системе СИ — фарад $1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$.

Вычислим формулу для емкости плоского конденсатора:

$$E = \frac{v}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}; \quad \phi_1 - \phi_2 = Ed = \frac{qD}{\epsilon\epsilon_0 S}; \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}.$$

Емкость плоского конденсатора можно увеличить путем увеличения площади обкладок, уменьшая расстояние между ними и применяя диэлектрики с большими значениями диэлектрической проницаемости.

Емкость уединенной среды радиусом R :

$$\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}; \quad C = 4\pi\epsilon_0 R.$$

Емкость шара зависит от его радиуса и не зависит от заряда на его поверхности.

1Ф — емкость очень большой величины: такой емкостью обладает сфера $9 \cdot 10^6$ км, что в 13 раз превышает радиус Солнца.

Виды конденсаторов: воздушный, бумажный, слюдяной, электростатический.

Назначение:

1. Накапливать на короткое время заряд или энергию для быстрого изменения потенциала.
2. Не пропускать постоянный ток.
3. В радиотехнике — колебательный контур, выпрямитель.
4. Фототехника.

IV. Закрепление изученного

1. Для чего предназначены конденсаторы?
2. Как устроен конденсатор?
3. Что называется емкостью?
4. В каких единицах выражается емкость?
5. От чего зависит емкость конденсатора?
6. Для чего пространство между обкладками конденсатора заполняют диэлектриками?
7. Как устроен конденсатор переменной емкости?

V. Решение задач

1. Какой емкости конденсатор, если он получил заряд $6 \cdot 10^{-5}$ Кл, от источника ка 120 В. (*Ответ:* 0,5 мкФ.)

2. Какой величины заряд сосредоточен на каждой из обкладок конденсатора емкостью 10 мкФ, заряженного до напряжения 100 В? (*Ответ:* 1 мКл.)

3. Определите толщину диэлектрика конденсатора, емкость которого 1400 пФ, площадь покрывающих друг друга пластин 14 см^2 , если диэлектрик – слюда $\epsilon = 6$. (*Ответ:* $5,3 \cdot 10^{-2}$ мм.)

Домашнее задание

П. 101, 102, с. 267, задачи (1, 2).

Урок 109. Энергия электростатического поля

Цель: определить энергию заряженного конденсатора.

Ход урока**I. Проверка домашнего задания**

1. Что называется конденсатором?
2. Дайте определение электроемкости.
3. Почему введение диэлектрика увеличивает электроемкость конденсатора?
4. Как зависит электроемкость плоского конденсатора от его геометрических размеров?
5. Во сколько раз увеличивается электроемкость конденсатора при введении диэлектрика?

II. Физический диктант. Конденсаторы

Ответы: 1. ...электроемкостью. 2. В фарадах. 3. Конденсатором. 4. Модуль заряда одной из обкладок. 5. Внутри, между обкладками. 6. Увеличиться. 7. Да.

III. Изучение нового материала**Эксперимент**

Зарядим конденсатор, затем подключим его к выводам электрической лампы. При подключении лампы наблюдается кратковременная вспышка света!

За счет какой энергии произошло нагревание спирали лампы?

В начале опыта суммарный электрический заряд на пластинах конденсатора перед началом опыта был равен нулю, он остается равным нулю и в конце опыта, когда исчезает электрическое поле между обкладками.

Электрическое поле обладает энергией, за счет нее произошла вспышка.

Если на обкладках конденсатора электроемкость C находит одинаковые по модулю электрические заряды, то $\Delta\varphi_0 = \frac{q_0}{C}$. В процессе разрядки конденсатора убывает от $\Delta\varphi_0$ до нуля.

$$\Delta\varphi_\varphi = \frac{\Delta\varphi_0}{2} = \frac{q_0}{2C}; A = q_0 \Delta\varphi_\varphi = \frac{q_0 \Delta\varphi_0}{2} = \frac{C \Delta\varphi_0^2}{2}; W_3 = W_0 - Q = A \Rightarrow W_3 = \frac{C \Delta\varphi_0^2}{2}$$

$$\text{или через напряженность } W_3 = \frac{C \Delta\varphi_0^2}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d} \cdot E^2 d^2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} \cdot Sd.$$

Разделим обе части на $V = S \cdot d$ $\omega = \frac{W_3}{V} = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2}$ – плотность энергии электрического поля, т. е. энергия, содержащаяся в единице объема.

Впервые понятие плотности энергии электрического поля ввел Дж. Максвелл.

IV. Закрепление изученного

1. Опишите опыт, доказывающий, что электрическое поле между обкладками заряженного конденсатора обладает энергией?

2. Чему равна энергия заряженного конденсатора?

3. Чему равна плотность энергии электрического поля?

V. Соединение конденсаторов.

1. Параллельное соединение (рис. 179):

$$1. q = q_1 + q_2 + q + \dots + q_n$$

$$2. U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$3. C_{об} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

2. Последовательное соединение (рис. 180):

$$1. U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$2. q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$$

$$3. \frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

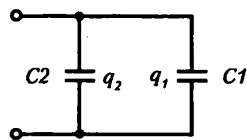


Рис. 179

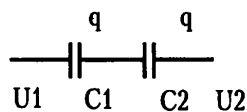


Рис. 180

VI. Решение задач

1. Определите емкость конденсатора, для изготовления которого использовали ленту алюминиевой фольги длиной 157 см и шириной 90 мм. Толщина парафиновой бумаги 0,1 мм. Какая энергия запасена в конденсаторе, если он заряжен до рабочего напряжения $4 \cdot 10^2$ В? (Ответ: $C = 25 \cdot 10^{-3}$ мкФ, $W = 2$ мДж.)

2. Два шара, заряды которых $20 \cdot 10^{-8}$ Кл и 10^{-7} Кл, емкостями 2 пФ и 3 пФ, соединили проводниками. Определить заряды шаров после их соединения. (Ответ: $q_2 = 18 \cdot 10^{-8}$ Кл, $q_1 = 12 \cdot 10^{-8}$ Кл.)

3. Какую работу необходимо совершить для удаления диэлектрика с диэлектрической проницаемостью 6 из конденсатора, заряженного до разности потенциалов 1000 В. Площадь пластин 10 см², расстояние между ними 2 см. (Ответ: При отклонении от источника $6,6 \cdot 10^{-6}$ Дж, при подключении к источнику $-1,1 \cdot 10^{-6}$ Дж.)

4. Воздушный конденсатор емкостью 250 мФ подключен к источнику, разностью потенциалов 100 В. Вычислите энергию конденсатора. Как изменится энергия конденсатора при заполнении пространства между пластинами веществом с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 20$? (Ответ: $1,25 \cdot 10^{-6}$ Дж, $2,5 \cdot 10^{-6}$ Дж.)

Домашнее задание

П. 103, с. 268, задача 3.

Урок 110. Решение задач. Конденсаторы

Цель: учить применять физические законы при решении задач.

Ход урока

1. Два плоских воздушных конденсатора с одинаковыми емкостями $C = 10$ пФ соединены последовательно. На сколько изменится емкость конденсаторов, если пространство между пластинами одного из них заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$? (1,7 пФ)

2. Три последовательно соединенных конденсатора с емкостями $C_1 = 100$ пФ, $C_2 = 200$ пФ, $C_3 = 500$ пФ подключены к источнику тока, который сообщил им за-

ряд $q=10$ нКл. Найти напряжение на конденсаторах U_1, U_2, U_3 , напряжение источника тока U и емкость всех конденсаторов C_0 ($U_1=30$ В, $U_2=15$ В, $U_3=6$ В, $U=51$ В, $C_0=59$ нФ)

3. Плоский воздушный конденсатор, заряженный до разности потенциалов $U_0=50$ В, отключен от источника тока. После этого в конденсатор параллельно обкладкам вносят проводящую пластину толщиной $d_0=1$ мм. Расстояние между обкладками $d=5$ мм, площади обкладок и пластинок одинаковы. Найти разность потенциалов U между обкладками конденсатора с проводящей пластиной. ($U=40$ В)

4. Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено тремя диэлектрическими пластинами равной толщины $d=2$ мм из стекла ($\epsilon_1=7$), слюды ($\epsilon_2=6$) и парафина ($\epsilon_3=2$). Площади обкладок и пластинок одинаковы и равны $S=200$ см². Найти емкость C такого конденсатора. ($C=90$ нФ)

5. При разрядке батареи, состоящей из $n=20$ параллельно включенных конденсаторов с одинаковыми емкостями $C=4$ мкФ, выделилось количество теплоты $Q=10$ Дж. До какой разницы потенциалов были заряжены конденсаторы. (500 В)

6. Какое количество теплоты Q выделится при заземлении заряженного до потенциала $j=3000$ В шара радиуса $R=5$ см? (25 мкДж)

7. Плоский воздушный конденсатор зарядили до разности потенциалов $U_0=200$ В, затем конденсатор отключили от источника тока. Какой станет разность потенциалов между пластинами, если расстояние между ними увеличить от $d_0=0,2$ мм до $d=0,7$ мм, а расстояние между пластинами заполнить слюдой ($\epsilon=7$). (100 В)

8. Пластины плоского воздушного конденсатора присоединены к источнику тока с напряжением $U=600$ В. Площадь квадратной пластины конденсатора $S_0=100$ см², расстояние между пластинами $d=0,1$ см. Какой ток будет проходить по проводам при параллельном перемещении одной пластины вдоль другой со скоростью $v=6$ см/с? ($I=32$ мА)

Домашнее задание

П. 103, 102.

Урок 111. Лабораторная работа «Определение максимальной электроемкости воздушного конденсатора переменной емкости»

Цель: научить применять знания по теме «Электроемкость».

Оборудование: Воздушный конденсатор переменной емкости; штангенциркуль.

Ход урока

I. Содержание и метод выполнения работы

Определяется максимальная электроемкость воздушного конденсатора переменной емкости.

Конденсатором называют систему двух проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Так, например, две плоские параллельные металлические пластины, разделенные слоем диэлектрика (в частности воздуха), образуют плоский конденсатор.

Воздушный конденсатор переменной емкости можно представить как систему параллельно соединенных конденсаторов, число которых на единицу меньше числа пластин. Электроемкость такой системы можно вычислить по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 S (n-1)}{d}, \text{ где}$$