

# Конденсаторы

# Повторим теорию

$$\varphi = \frac{W_n}{q} \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

Напряжение

Работа поля по перемещению

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$A = qU$$

Связь напряженности с разностью потенциалов

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

# 5. Електроємкост

$$W_{вз} = - \sum_{i=1} q_i \phi_i$$

всеми зарядами системы, кроме  $q_i$ ,  
в точке, где находится заряд  $q_i$ .

Електроємкост  
уединенного проводника

$$C_{\text{пров}} = \frac{q}{\phi}$$

заряд проводника  
потенциал проводника относительно бесконечности

Заряд конденсатора (заряд его "+" - пластины)

$$C_{\text{конд}} = \frac{q}{U} = \frac{q_1}{\phi_1 - \phi_2}$$

Заряд пластины "1"  
Разность потенциалов  
между пластинами "1" и "2"

$$C_{\text{плоского конденсатора}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

Диэлектрическая проницаемость  
вещества между пластинами  
Площадь пластины конденсатора

Електроємкост  
конденсатора

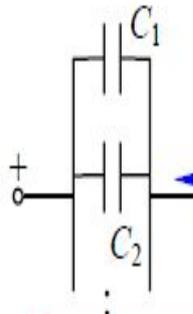
Напряжение  
на конденсаторе  
(разность потенциалов  
между "+" и "-" пластинами)

$$U = E \cdot d$$

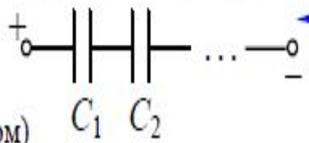
расстояние между  
пластинами конденсатора  
Напряженность электрического поля  
между пластинами конденсатора

$$W_{\text{конд}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2}$$

Энергия электрического поля  
конденсатора



Параллельное соединение конденсаторов  
(каждый конденсатор соединен одной пластиной с  
"+"-выходом системы, а другой пластиной с "-"-выходом)



Последовательное соединение конденсаторов  
(каждый конденсатор соединен одной пластиной с  
предыдущим, а другой пластиной с последующим  
конденсатором без ответвлений)

$$C_{\text{общ пар}} = C_1 + C_2 + \dots$$

$$U_{\text{общ пар}} = U_1 = U_2 = \dots$$

$$q_{\text{общ пар}} = q_1 + q_2 + \dots$$

Напряжение между выходами системы  
Заряд проводника, соединенного с "+"- выходом  
системы

$$U_{\text{общ посл}} = U_1 + U_2 + \dots$$

$$q_{\text{общ посл}} = q_1 = q_2 = \dots$$

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

Общая емкость системы конденсаторов — емкость такого одного конденсатора,  
при включении которого вместо всей системы не изменятся напряжение между выходами ( $U_{\text{общ}}$ ) и общий заряд  $q_{\text{общ}}$

Если проводник заряжен, то

# Задача 14, 31, 32

909. Заряженная положительным зарядом пылинка массой  $10^{-8}$  г находится в равновесии внутри плоского конденсатора, пластины которого расположены горизонтально. Разность потенциалов между пластинами 6000 В. На сколько необходимо изменить разность потенциалов между пластинами, чтобы пылинка осталась в равновесии, если она потеряла 1000 электронов? Расстояние между пластинами конденсатора 5 см.

910. Заряженная капелька масла уравновешена в электростатическом поле горизонтально расположенного плоского конденсатора. Какое напряжение подано на пластины конденсатора, если капелька при радиусе 2 мкм несет на себе три избыточных электрона? Расстояние между пластинами 8 мм. Что произойдет при раздвижении пластин в случае: а) когда пластины соединены с источником напряжения; б) когда пластины отключены от источника?

912. Между вертикальными пластинами плоского конденсатора, находящегося в воздухе, подвешен на тонкой шелковой нити маленький шарик, имеющий заряд 3 нКл. Какой заряд надо сообщить пластинам конденсатора, чтобы шарик отклонился на угол  $45^\circ$ ? Масса шарика 4 г, площадь пластин  $314 \text{ см}^2$ .

926. Какова емкость керамического конденсатора с площадью пластин  $1 \text{ см}^2$ , расстоянием между ними  $0,1 \text{ мм}$  и диэлектрической проницаемостью  $10\,000$ ?

932. Плоский конденсатор зарядили при помощи источника напряжением 200 В. Затем конденсатор был отключен от источника. Каким станет напряжение между пластинами, если расстояние между ними увеличить от первоначального 0,2 мм до 0,7 мм, а пространство между пластинами заполнить слюдой?

Между пластинами заряженного плоского конденсатора поместили диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  так, что он полностью заполнил объем между пластинами. Как изменились емкость конденсатора, заряд на пластинах и напряжение между ними, если конденсатор отключен от источника?

ФИЗИЧЕСКАЯ  
ХАРАКТЕРИСТИКА

ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ

- А) Заряд на пластинах
- Б) Напряжение между пластинами
- В) Емкость конденсатора

- 1) Уменьшится в  $\epsilon$  раз
- 2) Останется неизменной
- 3) Увеличится в  $\epsilon$  раз

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В

Между пластинами заряженного плоского конденсатора поместили диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  так, что он полностью заполнил объем между пластинами. Как изменились емкость конденсатора, заряд на пластинах и напряжение между ними, если конденсатор подключен к источнику?

ФИЗИЧЕСКАЯ  
ХАРАКТЕРИСТИКА

- А) Заряд на пластинах
- Б) Напряжение между пластинами
- В) Емкость конденсатора

ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) Уменьшится в  $\epsilon$  раз
- 2) Останется неизменной
- 3) Увеличится в  $\epsilon$  раз

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В

Пластины плоского конденсатора, подключённого к батарее, сделаны из металлических листов в виде квадрата со стороной  $a$ . Квадратные пластины заменили на круглые диаметром  $a$ . При этом расстояние между пластинами увеличили, а батарею оставили прежней. Как в результате изменятся следующие физические величины: электрическая ёмкость конденсатора, модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора, заряд конденсатора?

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

### ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- А) Электрическая ёмкость конденсатора
- Б) Модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора
- В) Заряд конденсатора

- 1) Увеличится
- 2) Уменьшится
- 3) Не изменится

А	Б	В

Пластины плоского конденсатора, подключённого к батарее, сделаны из металлических листов в виде круга диаметром  $a$ . Круглые пластины заменили на квадратные со стороной  $a$ . При этом расстояние между пластинами уменьшили, а батарею оставили прежней. Как в результате изменятся следующие физические величины: электрическая ёмкость конденсатора, модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора, заряд конденсатора?

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

### ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

А) Электрическая ёмкость конденсатора

1) Увеличится

Б) Модуль напряжённости электрического поля между пластинами конденсатора

2) Уменьшится

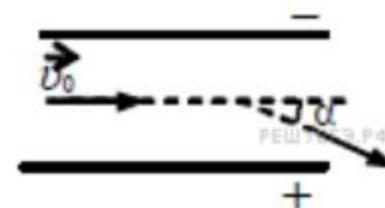
В) Заряд конденсатора

3) Не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

А	Б	В

Отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле между пластинами плоского конденсатора (см. рисунок). Начальная скорость частицы параллельна пластинам, при вылете из конденсатора скорость частицы направлена под углом  $\alpha$  к первоначальному направлению движения. Как изменятся модуль ускорения частицы и время пролёта частицей конденсатора при увеличении напряжённости электрического поля в конденсаторе?



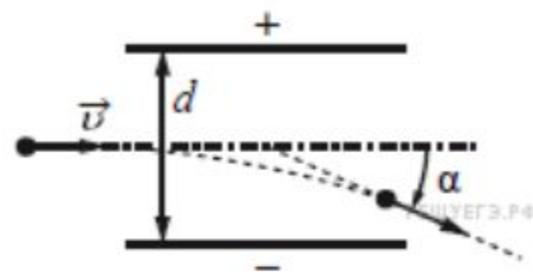
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения частицы	Время пролёта конденсатора

Заряженная частица массой  $m$ , движущаяся со скоростью  $\vec{v}$ , влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно  $d$ , а напряжённость электрического поля между пластинами равна  $E$ . Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол  $\alpha$ . Как изменятся модуль скорости вылетевшей частицы и угол  $\alpha$ , если уменьшить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в ответ выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответ могут повторяться.

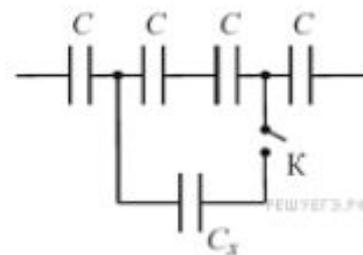
Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения $\alpha$

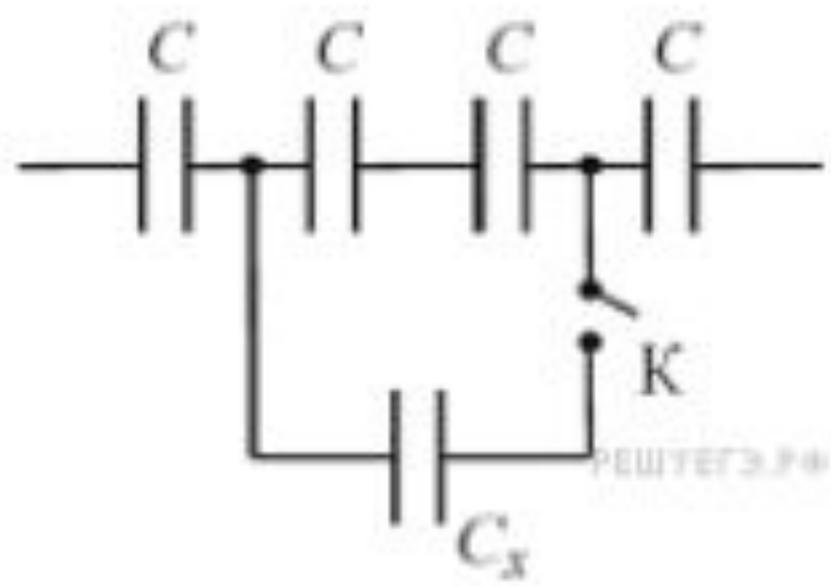
1.

Плоский воздушный конденсатор изготовлен из квадратных пластин со стороной  $a$ , зазор между которыми равен  $d$ . Другой плоский конденсатор изготовлен из двух одинаковых квадратных пластин со стороной  $a/2$ , зазор между которыми также равен  $d$ , и заполнен непроводящим веществом. Чему равна диэлектрическая проницаемость этого вещества, если электрические ёмкости данных конденсаторов одинаковы?

2.

Участок цепи, схема которого изображена на рисунке, до замыкания ключа К имел электрическую ёмкость 3 нФ. После замыкания ключа электроёмкость данного участка цепи стала равной 4 нФ. Чему равна электроёмкость конденсатора  $C_x$  (в нФ)?



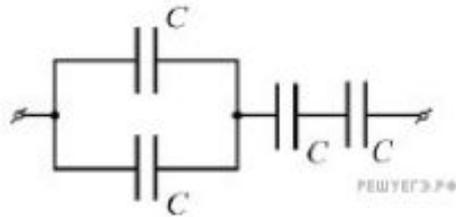


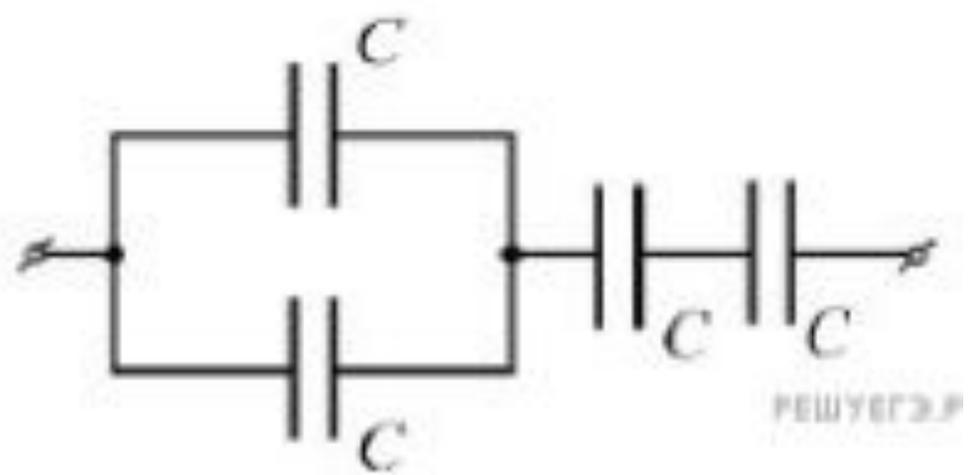
3.

Модуль напряжённости электрического поля в плоском воздушном конденсаторе ёмкостью 50 мкФ равен 200 В/м. Расстояние между пластинами конденсатора 2 мм. Чему равен заряд этого конденсатора? Ответ выразите в микрокулонах.

4.

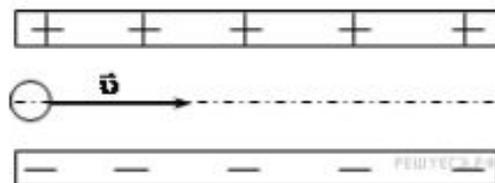
Четыре конденсатора одинаковой электроёмкости  $C = 25$  пФ соединены так, как показано на схеме. Определите электроёмкость полученной батареи конденсаторов. Ответ выразите в пФ.



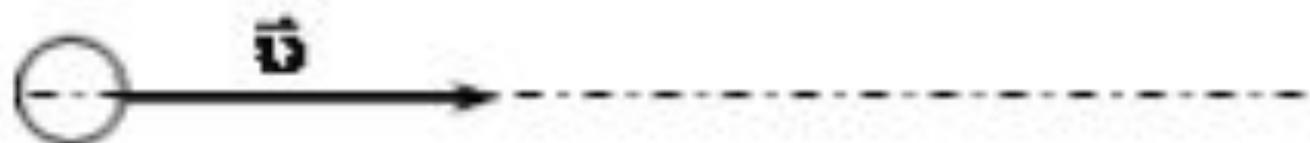
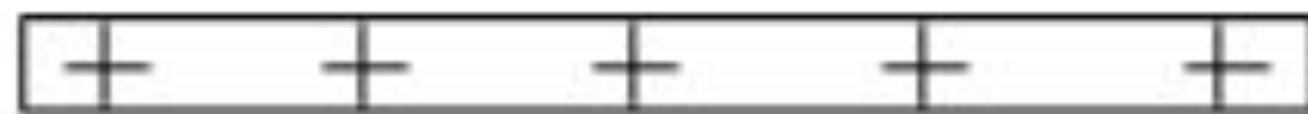


5.

Пылинка, имеющая массу  $10^{-8}$  г и заряд  $(-1,8) \cdot 10^{-14}$  Кл, влетает в электрическое поле вертикального плоского конденсатора в точке, находящейся посередине между его пластинами (см. рисунок, вид сверху).

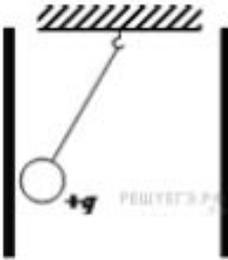


Чему должна быть равна минимальная скорость, с которой пылинка влетает в конденсатор, чтобы она смогла пролететь его насквозь? Длина пластин конденсатора 10 см, расстояние между пластинами 1 см, напряжение на пластинах конденсатора 5 000 В. Система находится в вакууме.



6.

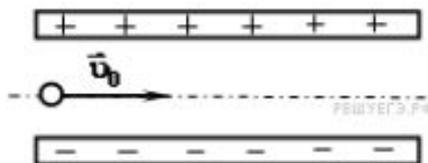
Маленький шарик с зарядом  $q = 4 \cdot 10^{-8}$  Кл и массой 3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,5 мм?





7.

Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью  $\vec{v}_0$  ( $v_0 \ll c$ ) параллельно пластинам (см. рисунок), расстояние между которыми  $d$ .



На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если конденсатор заряжен до разности потенциалов  $\Delta\varphi$ ? Длина пластин  $L$  ( $L \gg d$ ). Действием на электрон силы тяжести пренебречь.



8.

Польный шарик массой  $m = 0,3$  г с зарядом  $q = 6$  нКл движется в однородном горизонтальном электрическом поле из состояния покоя. Траектория шарика образует с вертикалью угол  $\alpha = 45^\circ$ . Чему равен модуль напряженности электрического поля  $E$ ?

9.

К источнику тока с ЭДС  $\varepsilon = 9$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением  $R = 8$  Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 0,002$  м. Какова напряженность электрического поля между пластинами конденсатора?

