

Условие

Задача 3. Разминаясь, заряжаюсь.

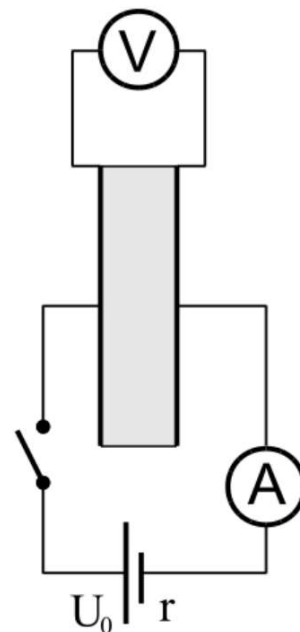


Рис. 1

1. Две проводящие пластины находятся на некотором расстоянии друг от друга. Между ними вставлена пластина из непроводящего электрический ток вещества с некоторой диэлектрической проницаемостью. К образованному конденсатору подключают измерительные приборы и источник питания с ЭДС, равной U_0 и внутренним сопротивлением r так, как показано на рис. 1. Внутреннее сопротивление вольтметра очень большое, сопротивление амперметра пренебрежимо мало.

Определите показания приборов сразу после замыкания ключа и через достаточно длительный промежуток времени. Качественно нарисуйте графики зависимости тока и напряжения, регистрируемых приборами, от времени.

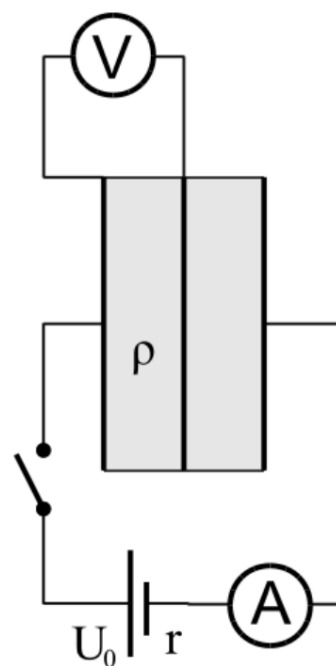


Рис. 2

2. Ответьте на вопросы предыдущего пункта и нарисуйте качественные графики, считая, что вещество между пластинами проводит электрический ток, причем сопротивление системы равно внутреннему сопротивлению источника питания. Диэлектрическая проницаемость вещества не изменилась.

3. Три металлические пластины расположены так, как показано на рис. 2. Между пластинами находится вещество с некоторой диэлектрической проницаемостью. Кроме того, вещество слева, между первой и второй пластиной, проводит электрический ток. Удельное сопротивление материала такое же, как и в предыдущем пункте. Вещество справа электрический ток не проводит.

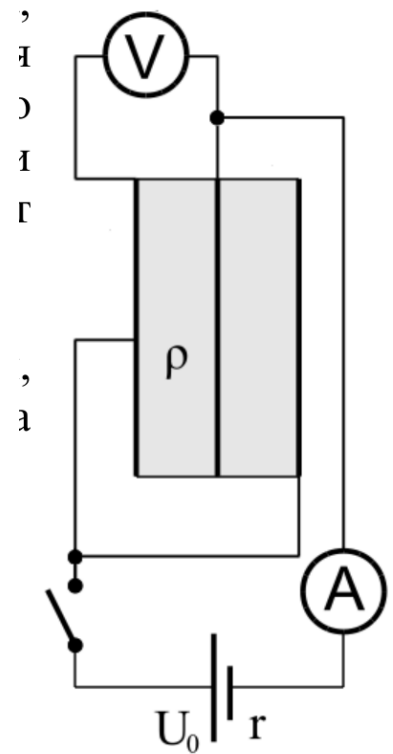


Рис. 3

Изобразите эквивалентную схему из резистора, конденсаторов и источника питания. Определите показания приборов сразу после замыкания ключа и через достаточно длительный промежуток времени. Качественно нарисуйте графики зависимости тока и напряжения, регистрируемых приборами, от времени.

4. Изобразите эквивалентную схему соединения, изображенного на рис. 3. Ответьте на вопросы предыдущего пункта и нарисуйте качественные графики.

Решение

Задача 10- 3. Разминаясь, заряжаюсь.

1. Сила тока в цепи:

$$Ir = U_0 - U_C \quad (1)$$

где U_C - разность потенциалов между пластинами конденсатора. Сразу после замыкания ключа заряд на конденсаторе (и, соответственно, напряжение) равен нулю, а ток максимален и определяется внутренним сопротивлением источника:

$$U_C(0) = 0 \quad (2)$$

$$I(0) = U_0/r \quad (3)$$

Когда конденсатор зарядится, разность потенциалов между пластинами станет равной ЭДС источника, а ток станет равным нулю.

$$U_C(\infty) = U_0 \quad (4)$$

$$I(\infty) = 0 \quad (5)$$

Качественные графики зависимости тока и напряжения от времени приведены на рис. 1.

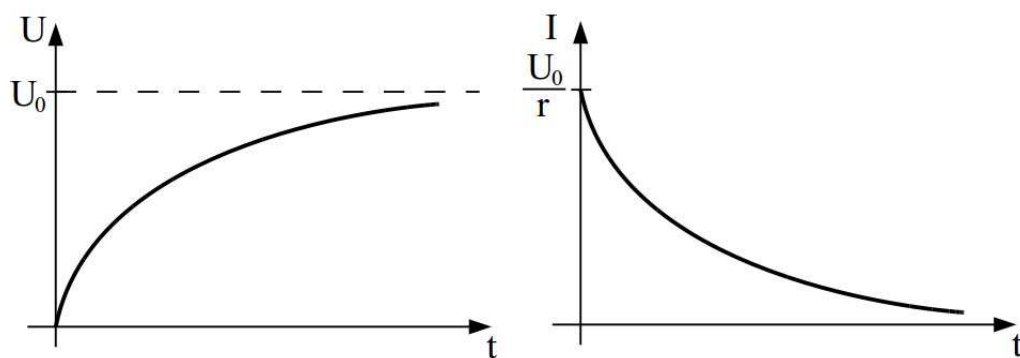
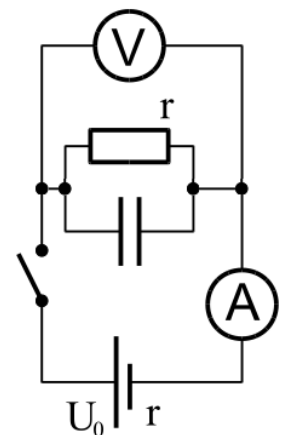


Рис. 1

Для проведения простых качественных рассуждений можно считать, что в начальный момент времени конденсатор ведет себя как резистор с очень малым сопротивлением, а в дальнейшем его сопротивление неограниченно возрастает.

2. Эквивалентная электрическая схема изображена на рис. 2.



В начальный момент времени сопротивление участка цепи, состоящего из параллельно включенных резистора и конденсатора, равно нулю. Поэтому разность потенциалов, регистрируемая вольтметром, равна нулю, а ток определяется внутренним сопротивлением источника:

$$U_C(0) = 0 \quad (6)$$

$$I(0) = U_0/r \quad (7)$$

Через достаточно большой промежуток времени сопротивление участка цепи будет равно r , значит ток будет равен:

$$I(\infty) = U_0/2r \quad (8)$$

а напряжение:

$$U(\infty) = U_0/2 \quad (9)$$

Качественные графики зависимости тока и напряжения от времени приведены на рис. 3.

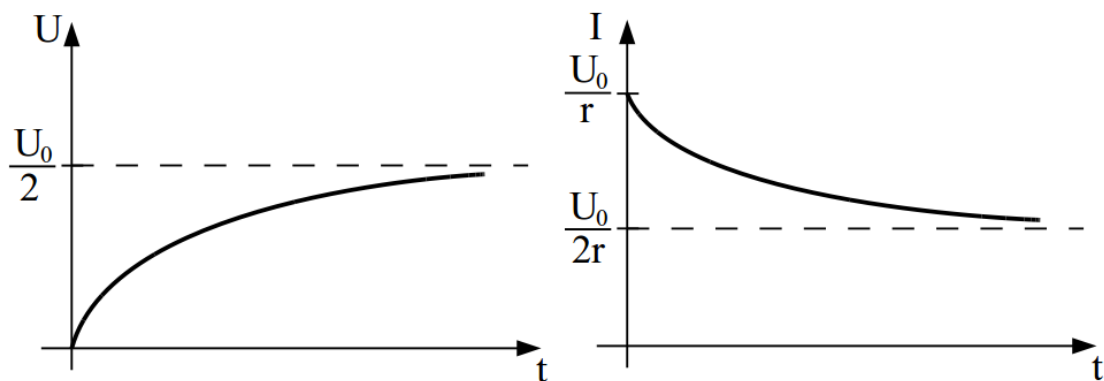
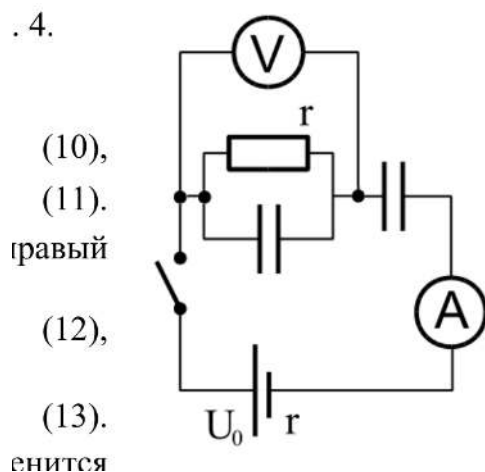


Рис. 3.



3. Эквивалентная электрическая схема изображена на рис. 4. В начальный момент времени по-прежнему:

$$U_C(0) = 0 \quad (10)$$

$$I(0) = U_0/r \quad (11)$$

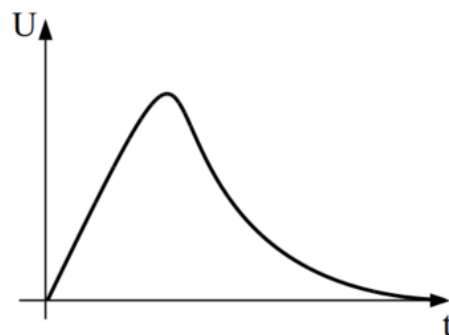
Через длительный промежуток времени зарядится правый конденсатор, и ток в цепи прекратится, т. е.:

$$I(\infty) = 0 \quad (12)$$

а напряжение:

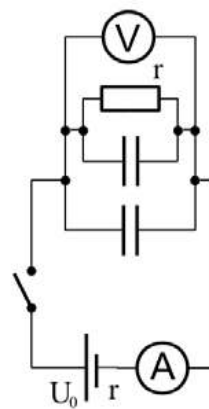
$$U(\infty) = 0 \quad (13)$$

Зависимость силы тока в цепи качественно не изменится



и будет приблизительно такой же, как и на рис. 1. При построении зависимости напряжения на левом конденсаторе от времени следует учесть, что в течение определенного времени конденсатор будет заряжаться, однако позже весь заряд «стечет» по параллельно присоединенному резистору. Качественный график зависимости напряжения, регистрируемого вольтметром, от времени представлен на рис. 5.

Рис. 5



4. Эквивалентная электрическая схема изображена на рис. 4. Как видно из рисунка, в цепь параллельно включены два конденсатора и резистор. Такое включение аналогично рассмотренному в п.2.

Рис. 6