

МАСТЕР КЛАСС

*Учителя физики МОУ лицея № 51 высшей категории
Курловой Галины Александровны.*

Тема: *Методика решения задач.
Конденсаторы в цепи постоянного тока.*

Представленные задачи с глубоким физическим содержанием,
решение
которых требует свободного владения электростатическими законами.
Первые две задачи достаточно простые, необходимые для
первоначального ознакомления с методикой решения.
Преследовалась
цель максимально раскрыть физическую суть процессов, описанных в
задачах, и провести все необходимые математические выкладки.
Приведены задачи, предлагавшиеся на ЕГЭ в уровне «С» 2008 года
и на вступительных экзаменах МГТУ им. Н.Э. Баумана.

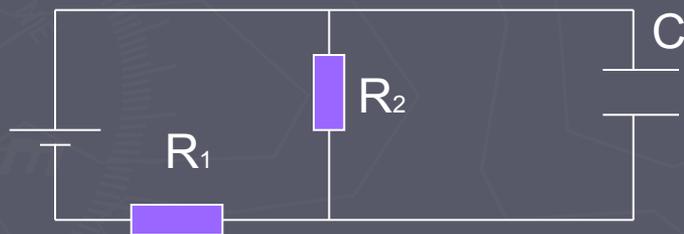
2009 – 2010г
г. Тольятти

Задача № 1

Определить энергию конденсатора емкостью $C = 200$ мкф, включенного в цепь, схема которой изображена на рисунке. ЭДС источника 5 В, его внутреннее сопротивление $0,5$ Ом. Сопротивление резистора

$$R_1 = 2 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 2,5 \text{ Ом}.$$



Решение задачи №1:

В стационарном режиме через конденсатор ток не идет.

Поэтому электрическую цепь можно представить проще:

Ток в этой цепи определяется

$$I = E / R_1 + R_2 + r.$$

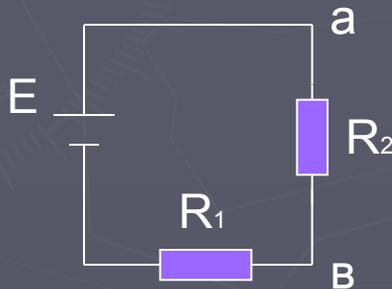
Напряжение на участке ав – напряжение на резисторе R_2 , а значит и на конденсаторе:

$$U = IR_2 = R_2 E / R_1 + R_2 + r.$$

$$W = CU^2/2$$

$$W = C(R_2)^2 E^2 / 2(R_1 + R_2 + r)^2 = 6,25/10000 \text{ Дж}$$

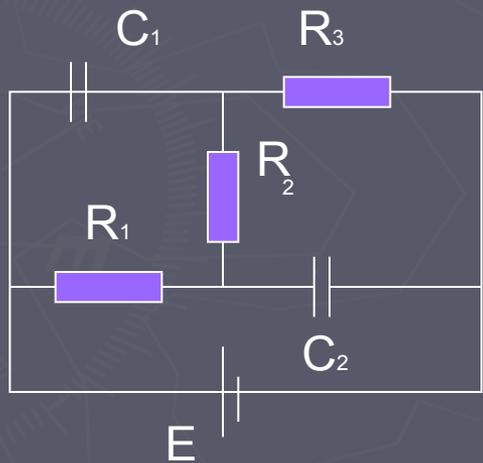
Ответ: $W = 6,25/10000 \text{ Дж}$



Задача № 2

Попробуйте решить самостоятельно.

Конденсаторы C_1 и C_2 и резисторы, сопротивления которых равны R_1 , R_2 , R_3 включены в электрическую цепь, как показано на рисунке. Найдите установившийся заряд на конденсаторе C , если ЭДС источника E , а его внутреннее сопротивление равно нулю.



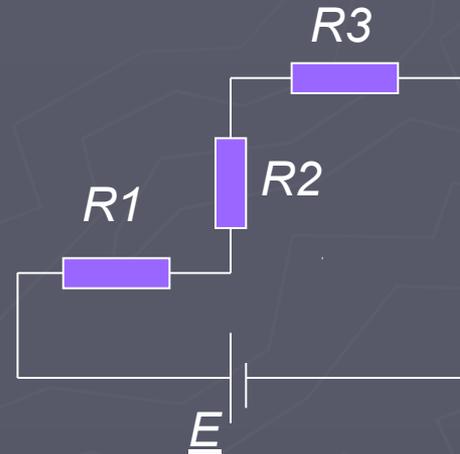
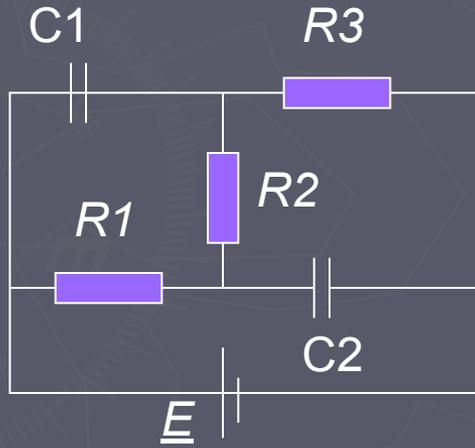
Ток в стационарном режиме идет по цветной ветке.

$$I = E / (R_1 + R_2 + R_3) = 1 \text{ A}$$

Напряжение на конденсаторе C_2 равно напряжению на резисторах R_2 и R_3

$$q_2 = C_2 U_{23} = C_2 I (R_2 + R_3) = 2 \text{ мкФ} \cdot 1 \text{ A} \cdot 10 \text{ Ом} = 20 \text{ мкКл}$$

Ответ: $q_2 = 20 \text{ мкКл}$

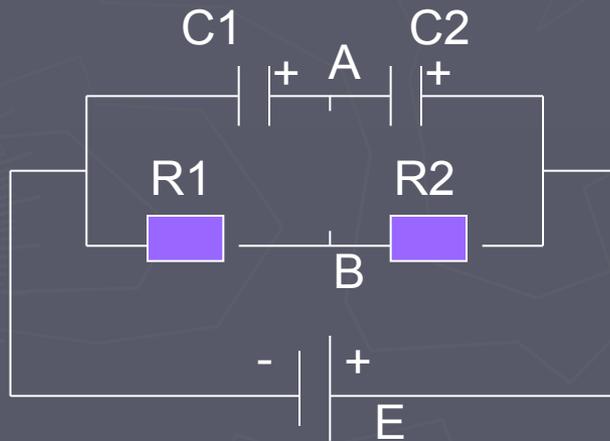


Следующий тип задач позволяет определить разность потенциалов в электрической цепи содержащей конденсаторы.

Задача № 3

Найти разность потенциалов между точками А и В в цепи. Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь. ЭДС источника равна $E=10\text{В}$, $R_1 = 2\text{ ом}$, $R_2 = 3\text{ ом}$. Емкость конденсаторов $C_1 = 0,5\text{мкф}$,

$$C_2 = 2\text{ мкф}$$



Решение задачи №3:

Ток в стационарном режиме идет от источника через сопротивление R_1 и R_2

$$I = E/R_1 + R_2 = 10\text{В}/5\text{ом} = 2\text{А} . U_{r1} = I R_1 = 4\text{В}$$

По верхней ветке, через конденсаторы ток не идет.

Правые пластины конденсатора заряжены положительно, левые отрицательно от источника тока. Если идти от точки А против часовой стрелки до точки В потенциал изменяется:

при переходе через конденсатор C_1 потенциал (энергия) уменьшается от + к -, при переходе по резистору R_1 к точке В потенциал возрастает:

$$U_a - U_{C_1} + U_{r1} = U_b :$$

$$U_a - U_b = U_{C_1} - U_{r1}$$

По законам последовательного соединения конденсаторов:

$$q_1 = q_2,$$

следовательно: $C_1 U_1 = C_2 U_2$, Откуда: $U_1 C_1 / C_2 = U_2$

$$E = U_1 + U_2 = U_1 + U_1 C_1 / C_2 = U_1 (1 + C_1 / C_2).$$

$$U_{C_1} = E / (1 + C_1 / C_2) = 10\text{В} / (1 + 0,5\text{мкф}/2\text{мкф}) = 8\text{В}$$

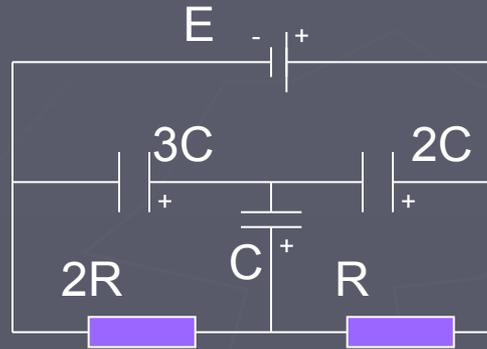
$$U_a - U_b = U_{C_1} - U_{r1} = 8\text{В} - 4\text{В} = 4\text{В}$$

Ответ: $U_a - U_b = 4\text{В}$

Задача №4. Определить заряд конденсатора C в схеме, представленной на рисунке. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

Решение задачи:

Обозначим заряды конденсаторов C , $2C$ и $3C$ через q_1, q_2 и q_3 соответственно.



Предположим, что у конденсатора C положительный заряд находится на нижней пластине. Тогда из закона сохранения заряда

$$-q_2 - q_1 + q_3 = 0$$

(в выделенном квадрате пластины конденсаторов не соединены с источником, значит заряд этих пластин до зарядки конденсаторов и после зарядки остается равны нулю

$$1) q_2 + q_1 = q_3$$

В стационарном режиме ток идет только через источник тока R и $2R$. Через конденсаторы ток не идет. R и $2R$ соединены последовательно, поэтому ток в цепи:

$$I = E/3R$$

Продолжение решения задачи №4

Выберем обход в правом контуре по часовой стрелке, тогда по 2-му правилу Кирхгофа:

$$2) - U_c + U_{2c} = IR = E/3; \quad q_2/2c - q_1/c = E/3; \quad q_2/2C - q_1/C = E/3; \quad -2q_1 + q_2 = 2CE/3$$

$$q_2 = 2q_1 + 2CE/3$$

(конденсатор - накопитель энергии, здесь в роли источника тока)

Аналогично в левом контуре:

$$3) U_{3c} + U_c = I2R = 2E/3$$

$$q_3/3c + q_1/c = 2E/3$$

С учетом первого уравнения:

$$(q_2 + q_1 = q_3)$$

$$3) q_1/3c + q_2/3c + q_1/c = 2E/3;$$

$$q_2 + q_1 + 3q_1 = 2CE$$

$$4q_1 + 2q_1 + 2CE/3 = 2CE$$

$$6q_1 = 2CE - 2CE/3 = 6CE/3 - 2CE/3 = 4CE/3$$

$$q_1 = 4CE/18 = 2CE/9$$

Ответ: Заряд на конденсаторе C: $q_1 = 2CE/9$

Примечание: Следует обратить внимание на то, что q_1 положительный. Это означает, что предположение о знаке заряда на обкладках конденсатора C было правильным (от этого предположения зависит расстановка знаков в первом уравнении). Понятно, что если бы было сделано другое предположение, ответ имел бы другой знак.

