

# Расчет электрической цепи

Задачи для решения по практике ТОЭ  
Весенний семестр 2019-2020 учебного года  
Заочная форма обучения

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Основные законы и формулы

1. Сила тока определяется как количество заряда, прошедшего через проводник в единицу времени:  $J = \frac{dq}{dt}$ . В случае постоянного тока  $J = \frac{q}{t}$ , где  $q$  – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время  $t$ .

2. Плотность тока  $j = \frac{J}{S}$ , где  $S$  – площадь поперечного сечения проводника.

3. Закон Ома для участка цепи:  $J = \frac{U}{R}$ , где  $R$  – сопротивление участка;  $U$  – напряжение на концах участка.

4. Закон Ома для замкнутой цепи  $J = \frac{\varepsilon}{R + r}$ , где  $\varepsilon$  – ЭДС источника тока;  $R$  – внешнее сопротивление цепи;  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока.

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Основные законы и

### формулы

5. Сопротивление однородного проводника  $R = \rho \frac{\ell}{S}$ , где  $\rho$  – удельное

сопротивление;  $\ell$  – длина проводника;  $S$  – площадь поперечного сечения.

|

6. При последовательно соединении проводников их сопротивления складываются:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

7. При параллельном соединении проводников складываются проводимости проводников:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Основные законы и формулы

8. Количество теплоты, выделяемой при прохождении тока в проводнике, определяется законом Джоуля – Ленца:  $Q = JUt = J^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$ .

9. Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении  $P_n = JU = J^2 R = \frac{U^2}{R}$ .

10. Полная мощность, выделяющаяся в цепи:  $P = J\varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{R+r}$ .

11. Коэффициент полезного действия источника тока  $\eta = \frac{P_n}{P} = \frac{R}{R+r}$ .

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Способы расчета электрических цепей

#### постоянного тока

3.1. При замкнутом ключе  $K$  вольтметр  $V_1$  показывает  $0.8 \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – ЭДС батареи. Что покажут вольтметры  $V_1$  и  $V_2$  при разомкнутом ключе, если их сопротивления равны (рис. 2)?

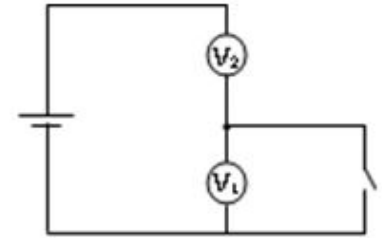


Рис.2

3.2. Найдите связь между плотностью тока и напряженностью электрического поля внутри однородного проводника, удельное сопротивление которого равно  $\rho$ .

3.3. Для измерения больших токов в цепи  $A_0A$  (рис. 3) в качестве шунта используется резистор сопротивлением  $r_{ш}$ , параллельно которому через резисторы  $r_1 = 2$  Ом и  $r_2 = 91$  Ом подключается гальванометр  $G$  с внутренним сопротивлением  $r = 8$  Ом. В положении  $Б$  переключателя  $K$  вся шкала прибора соответствует силе тока в цепи  $A_0A$   $I_1 = 10$  А, а в положении  $В$  – силе тока  $I_2 = 100$  А. Определить сопротивление шунта.

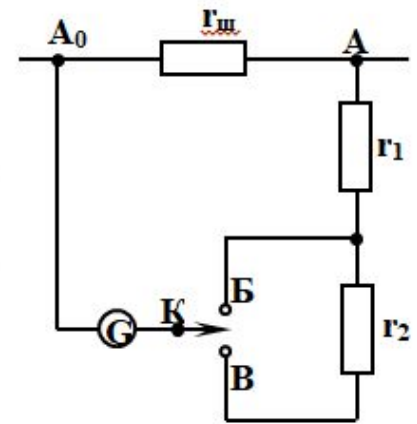


Рис.3

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Способы расчета электрических цепей

3.4. Через два последовательно соединенных проводника с одной и той же площадью поперечного сечения, но с разными удельными сопротивлениями ( $\rho_2 > \rho_1$ ) течет постоянный ток  $I$ . Определить поверхностную плотность зарядов, возникающую на границах раздела проводников.

3.5 Будет ли течь ток через идеальный диод  $D$  (рис. 4)? Если да, то чему он будет равен?

3.6. Присоединение к вольтметру некоторого добавочного сопротивления увеличивает предел измерения напряжения в  $n$  раз. Другое добавочное сопротивление увеличивает предел измерений в  $m$  раз. Во сколько раз увеличится предельно измеряемое вольтметром напряжение, если последовательно с вольтметром включить эти два сопротивления, соединенные между собой параллельно?

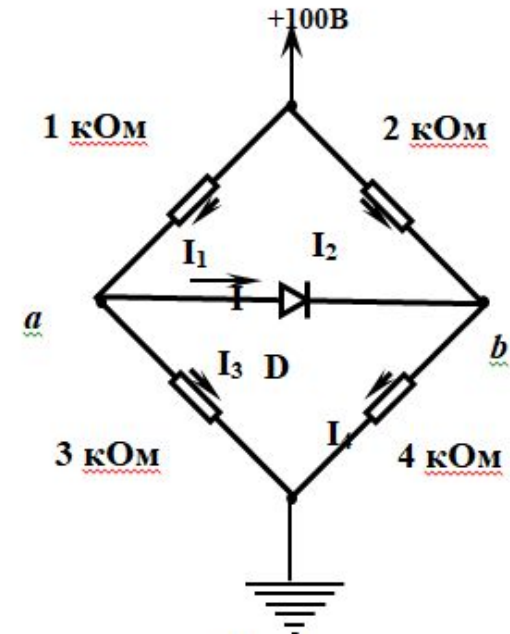


Рис.4

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Способы расчета электрических цепей

3.7. Резистор сопротивлением  $R$  подключен к параллельно соединенным батареям с ЭДС  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  и внутренними сопротивлениями соответственно  $r_1$  и  $r_2$ . Определить ток, текущий через нагрузку.

3.8. При разомкнутом ключе  $K$  вольтметр  $V_1$  показывает  $0.9\varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – ЭДС батареи (рис. 5). Что покажут вольтметры при замкнутом ключе, если сопротивление вольтметра  $V_2$  вдвое меньше сопротивления вольтметра  $V_1$ ?

3.9. Определить, при каких условиях ток через резистор  $R_1$  (рис. 6) равен 0. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

3.10. Определите ток в перемычке АВ (рис. 7).

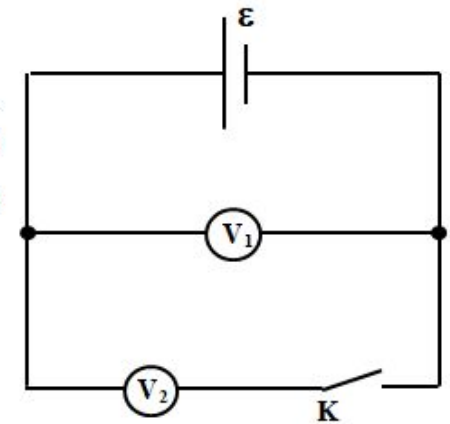


Рис.5

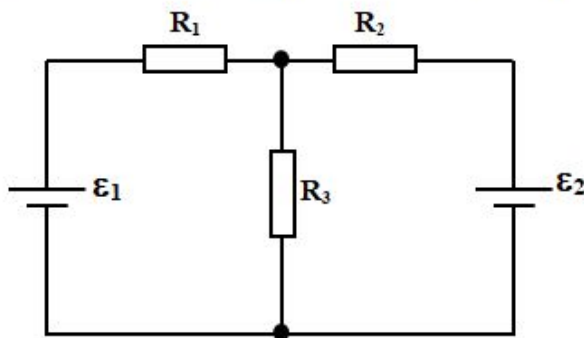


Рис.6

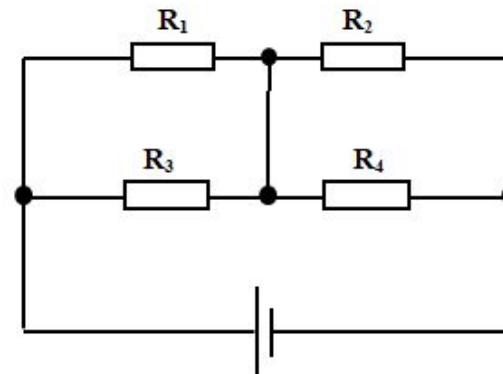


Рис.7

## Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

### Конденсаторы в цепи постоянного тока

4.5. В схеме, изображенной на рисунке 14, ключ первоначально разомкнут, а конденсаторы емкостями  $C_1 = 20$  мкФ и  $C_2 = 40$  мкФ заряжены одинаковыми зарядами  $q = 10$  мКл (знаки зарядов обкладок показаны на рисунке). Сопротивление резистора  $R = 5$  кОм, внутреннее сопротивление вольтметра  $R_v = 20$  кОм. Определите показание вольтметра сразу после замыкания ключа и затем после установления равновесия зарядов в цепи.

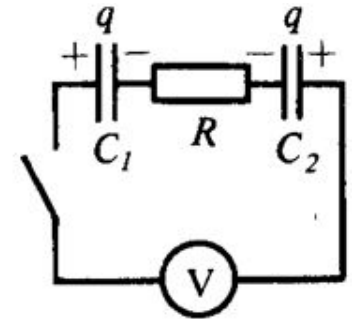


Рис. 14

4.6. Две батареи (рис.15) с одинаковыми значениями ЭДС  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ , но разными внутренними сопротивлениями ( $r_1 = 0,1$  Ом,  $r_2 = 1,1$  Ом) включены последовательно в цепь, содержащую емкость  $C$  и сопротивления  $R_1 = 2,8$  Ом и  $R_2 = 1,12$  Ом. Когда цепь разомкнута, идеальный вольтметр, подсоединенный к клеммам батареи с ЭДС  $\varepsilon_1$  показывает напряжение  $U_0 = 8$  В. Потом вольтметр подсоединяют к клеммам батареи с ЭДС  $\varepsilon_2$  и замыкают ключ  $K$ . Найти показания вольтметра: 1) непосредственно после замыкания ключа; 2) после того, как токи в цепи установятся.

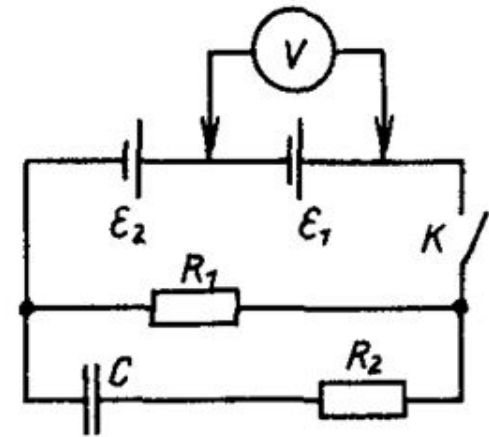


Рис. 15

**(Получив отрицательное напряжение, объясните этот факт)**



Ответы на задачи 3.1. – 3.10.

Задача 3.1.	Ответ: $U = 4\varepsilon / 9$
Задача 3.2.	Ответ: $j = E/\rho$ .
Задача 3.3.	Ответ: 1/9 Ом
Задача 3.4.	Ответ: $\sigma = \varepsilon_0(\rho_2 - \rho_1)I / S$ .
Задача 3.5.	Ответ: да, 4 мА
Задача 3.6.	Ответ: $k = (m - 1)(m + n - 2)$ .
Задача 3.7.	Ответ: $I = \frac{\varepsilon_{\text{экв}}}{r_{\text{экв}} + R}$ ; $\varepsilon_{\text{экв}} = \frac{\varepsilon_2 r_1 + \varepsilon_1 r_2}{r_1 + r_2}$ ; $r_{\text{экв}} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$ .
Задача 3.8.	Ответ: $U_1 = U_2 = 3\varepsilon / 4$ .
Задача 3.9.	Ответ: $\varepsilon_2 / \varepsilon_1 = (R_2 + R_3) / R_3$ .
Задача 3.10.	Ответ: $I_{AB} = \frac{U(R_2 R_3 - R_1 R_4)}{R_1 R_3 (R_2 + R_4) + R_2 R_4 (R_1 + R_3)}$

Задача 4.1	$q_1 = UC_1(C_2 + C_3)/(C_1 + C_2 + C_3);$ $q_2 = UC_1C_2/(C_1 + C_2 + C_3);$ $q_3 = UC_1C_3/(C_1 + C_2 + C_3).$
Задача 4.2	$I = \alpha\varphi^2$
Задача 4.3	$q = \frac{CU_0}{30}$
Задача 4.4	$q = \frac{4C(2U_0 - U_1)}{11}$
Задача 4.5	<p>Ответ: Сразу после замыкания ключа в цепи возникает ток</p> $I = \frac{U_1 - U_2}{R + R_v} = \frac{\frac{q}{C_1} - \frac{q}{C_2}}{R + R_v}$ <p>и вольтметр покажет напряжение <math>U_v = IR_v = 200</math> В. После установления равновесия ток прекратится и напряжение на вольтметре будет равно нулю.</p>
Задача 4.6	<p>Ответ: <math>U_1 = U_0 \frac{r_1 - r_2 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{r_1 + r_2 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = -0,8</math> В; <math>U_2 = U_0 \frac{r_1 - r_2 + R_1}{r_1 + r_2 + R_1} = 3,6</math> В.</p>