



Рабочая тетрадь по Электротехнике

Татарников М.С.

Москва 2023

Содержание

1	Техника безопасности	3
1.1	Правила поведения в учебной мастерской:	3
1.2	Правила безопасности в учебной мастерской:	3
2	Введение	5
2.1	Электрический ток	5
2.2	Сила тока	5
2.3	Напряжение	5
2.4	ЭДС	5
2.5	Закон Ома для участка цепи	5
2.6	Закон Ома для полной цепи	6
2.7	Мультиметр	6
2.8	Схематическое обозначение электронных компонентов	7
2.9	Первая цепь. Измерение силы тока и напряжения	7
3	Источники питания	8
3.1	Последовательное подключение батарей.	8
3.2	Параллельное подключение батарей.	8
3.3	Внутреннее сопротивление батарей.	9
3.4	*Порог включения	10
4	Переключатели. Логические элементы.	11
4.1	Логический элемент "НЕ".	11
4.2	Логический элемент "И".	11
4.3	Логический элемент "ИЛИ".	12
4.4	Логический элемент "И НЕ".	13
4.5	Логический элемент "ИЛИ НЕ".	13
4.6	Ползунковый переключатель.	14
4.7	Коммутационная схема на двух переключателях	14
5	Источники света. Введение в теорию полупроводников.	15
5.1	PN-переход. Введение	15
5.2	Параллельное и последовательное подключение светодиода.	15
5.3	Подключение светодиода с различным сопротивлением.	16
5.4	Поочередное свечение лампы и светодиода.	17
6	Резисторы, реостаты и потенциометры.	18
6.1	Работа и мощность	18
6.2	Резистор	18
6.3	Реостат и потенциометр	18
6.4	Резистор как ограничитель тока	19
6.5	Реостат как ограничитель тока	19
6.6	Реостат как делитель напряжения	20
6.7	Двойной делитель напряжения	21
7	Соединение элементов. Нелинейные элементы.	23
7.1	Вольт-амперная характеристика (ВАХ)	23
7.2	Последовательное соединение резисторов	23
7.3	Параллельное соединение резисторов	24
7.4	Лампа накаливания как нелинейный элемент	24
7.5	Звонок как нелинейный элемент	25
7.6	Диод как нелинейный элемент	26
8	Катушка индуктивности	28
8.1	Предисловие	28
8.1.1	Вектор магнитной индукции	28
8.1.2	Поток вектора магнитной индукции	28
8.1.3	Связь между потоком и силой тока	28
8.2	Катушка индуктивности и индуктивность	28
8.3	Электромагнитная индукция	29

8.3.1	Закон Фарадея	29
8.4	Получение электричества при помощи катушки индуктивности и постоянного магнита . . .	29
8.5	Электромагнит	30
8.6	Проверка явления самоиндукции	30
9	Электродвигатель	32
9.1	Устройство двигателя постоянного тока	32
9.2	Изменение направления и скорости вращения двигателя	32
9.3	Электродвигатель в качестве генератора	33
9.4	Регулирование частоты вращения двигателя и реверс двигателя	33
9.5	Пуск двигателя	33
10	Конденсаторы	35
10.1	Устройство конденсатора	35
10.2	Время зарядки конденсатора	35
10.3	Сопротивления конденсатора	37
10.4	Зарядка и разрядка конденсатора	37
10.5	Параллельное включение конденсаторов	38
10.6	Последовательное включение конденсаторов	39
11	Транзисторы	40
11.1	Принцип работы транзистора	40
11.2	Усиление с помощью PNP-транзистора	40
11.3	Усиление с помощью NPN-транзистора	40
11.4	Составной транзистор	41
12	Громкоговорители и микрофоны	42
12.1	Устройство микрофона и динамика	42
12.2	Проверка работоспособности динамика	42
12.3	Светомузыка	43
13	Фоторезистор	44
13.1	Устройство фоторезистора	44
13.2	Автоматический уличный фонарь	44
13.3	Проверка зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности	44
14	Демовариант контрольной работы №1	46
15	Демовариант контрольной работы №2	46
16	Список литературы	46

1 Техника безопасности

Учебная мастерская - это учебное помещение, где размещен ручной инструмент, приспособления, станки и верстаки. С их помощью ты моделируешь, конструируешь и изготавлиешь различные изделия или изучаешь свойства материалов. Работая в учебных мастерских, помни о следующих требованиях:

1.1 Правила поведения в учебной мастерской:

1. На урок приходить вовремя.
2. В учебную мастерскую входить только со звонком.
3. На урок приходить подготовленным: с собой иметь письменные принадлежности, тетрадь, и тд.
4. После звонка занять своё рабочее место. Соблюдать дисциплину во время урока.
5. Своё рабочее место содержать в чистоте и порядке. Не загромождать проходы сумками и портфелями.
6. Соблюдать правила пожарной безопасности.
7. Соблюдать правила личной гигиены и санитарные нормы.
8. Соблюдать правила поведения в учебной мастерской.
9. Соблюдать правила электробезопасности:
 - (а) запрещается самовольно вкл/выкл центральный электрощит;
 - (б) запрещается использовать электроустановки без разрешения учителя;
 - (с) запрещается использовать бытовые электроприборы без разрешения учителя.
10. По территории мастерской передвигаться только шагом, не менять рабочее место без разрешения учителя.

1.2 Правила безопасности в учебной мастерской:

1. Беспрекословно выполнять указания учителя.
2. Требования к одежде:
 - (а) одежда должна быть без внешних разрывов;
 - (б) должна быть в прилежном состоянии, иметь все пуговицы и т.д.
3. Запрещается носить колющие и режущие предметы в карманах.
4. Запрещается передавать колющие и режущие предметы режущей стороной вперёд.
5. Во избежание травм запрещается оставлять инструменты на краю верстка.
6. Работать только исправным инструментом.
7. При нахождении неисправного инструмента немедленно сообщить дежурному или учителю.
8. Бережно и аккуратно относиться к инструментам и приспособлениям.
9. В случае ранения, а также при недомогании немедленно обращаться за помощью к учителю.
10. Запрещается брать голыми руками горячие предметы, оголенные провода, электрические розетки, кабельные соединения.

Не знаешь — не лезь.

Каждый, кто хочет приступить к работе с электричеством, обязан знать немного физики, математики и химии, но много техники безопасности, а также много-много всяких мелочей. Все это составляет общую картину мира Электричества, который считается одной из малоизученных сфер науки. Мы не знаем доподлинно обо всех процессах и явлениях, потому что попросту не видим всего, что происходит в электрооборудовании и его частях. Многие приняты как должное, или доказано по косвенным признакам и измерениям, ведь мы не можем пощупать электрическое поле и увидеть напряжение.

Электричество — это ОЧЕНЬ опасно, но безумно интересно!

2 Введение

2.1 Электрический ток

Электрический ток — _____

Условия возникновения электрического тока:

1. _____
2. _____
3. _____

2.2 Сила тока

Сила тока — _____

Формула силы тока:

2.3 Напряжение

Напряжение — _____

Формула напряжения:

2.4 ЭДС

ЭДС — _____

Отличие напряжения от ЭДС:

1. _____

2. _____

2.5 Закон Ома для участка цепи

Закон Ома для участка цепи — _____

Формула:

2.6 Закон Ома для полной цепи

Закон Ома для полной цепи — _____

Формула:

2.7 Мультиметр

Мультиметр — _____

Измерение силы тока

Мультиметр подключается — _____

Щупы вставляются в клеммы при токе порядка 100 мА:

Черный — _____

Красный — _____

При токе порядка 1 А:

Черный — _____

Красный — _____

Измерение напряжения

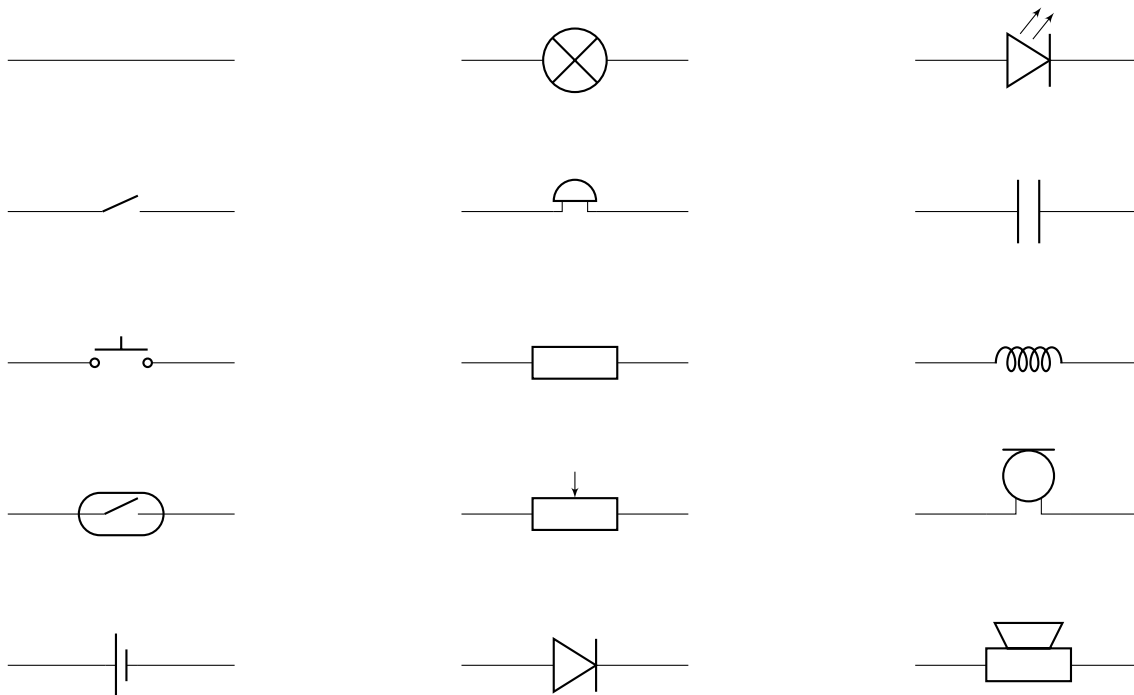
Мультиметр подключается — _____

Щупы вставляются в клеммы:

Черный — _____

Красный — _____

2.8 Схематическое обозначение электронных компонентов



2.9 Первая цепь. Измерение силы тока и напряжения

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 1.
2. Измерьте силу тока и напряжение на лампе.
3. Рассчитайте сопротивление лампы по закону Ома для участка цепи.
4. Занесите значения в таблицу 1.
5. Предположите и запишите в вывод, что нужно измерить, чтобы рассчитать сопротивление лампы по закону Ома для полной цепи.

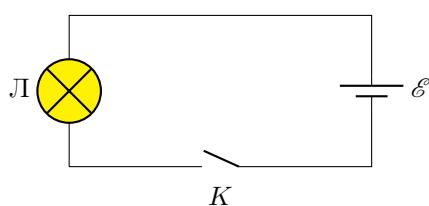


Рис. 1: Измерение силы тока и напряжения

Таблица 1: Измерение силы тока и напряжения

Сила тока I , А	Напряжение U , В	Сопротивление R , Ом

Вывод — _____

3 Источники питания

3.1 Последовательное подключение батарей.

1. Соберите по очереди схемы, изображенные на рисунке 2.
2. Сравните яркость лампы во всех трех случаях.
3. Укажите направление тока для каждой цепи.
4. Измерьте напряжение на лампе, напряжение на батарее, силу тока в цепи в каждом случае и занесите полученные значения в таблицу 2.
5. Запишите вывод о полученных результатах.

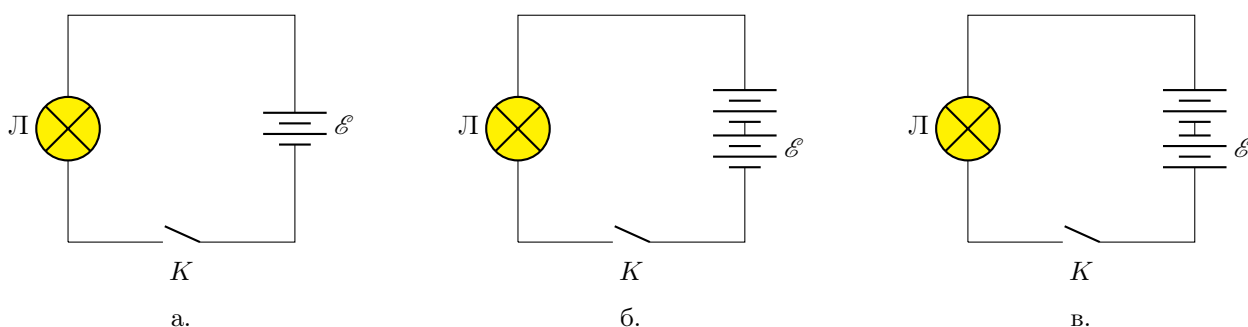


Рис. 2: Последовательное подключение источников тока.

Таблица 2: Последовательное подключение

Схема	ЭДС \mathcal{E} , В	Сила тока I , А	Напряжение U , В
а.			
б.			
в.			

Вывод — _____

3.2 Параллельное подключение батарей.

1. Соберите по очереди схемы, изображенные на рисунке 3.
2. Для каждого случая выполните следующее задание.
 - (а) Замкните сначала один ключ, пронаблюдайте яркость лампы.
 - (б) Измерьте силу тока в цепи и напряжение на лампе. Занесите полученные данные в таблицу.
 - (с) Замкните оба ключа, сравните яркость с предыдущим случаем.
 - (д) Измерьте силу тока в цепи и напряжение на лампе. Занесите полученные данные в таблицу 3.
3. Запишите вывод о полученных результатах.

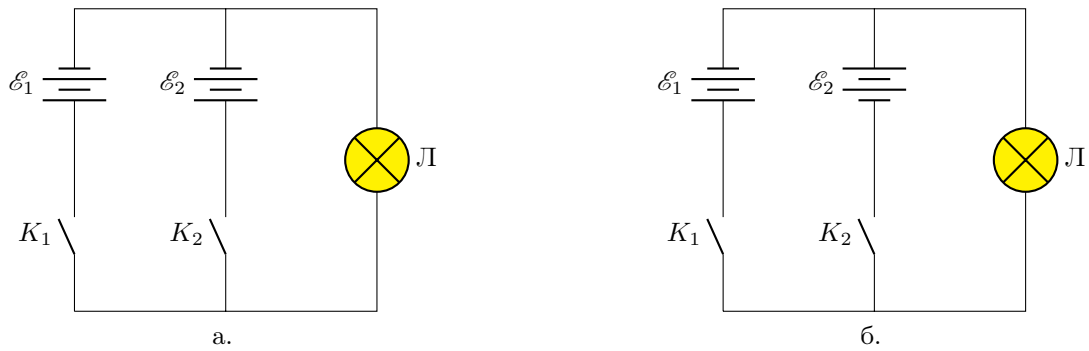


Рис. 3: Параллельное подключение источников тока.

Таблица 3: Параллельное подключение источников

Схема	Положение ключей	Сила тока I, А	Напряжение U, В
2.а.	замкнут 1 ключ		
	замкнуто 2 ключа		
2.б.	замкнут 1 ключ		
	замкнут 2 ключа		

Вывод — _____

3.3 Внутреннее сопротивление батареи.

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 4.
2. Замкните ключ
3. Измерьте ЭДС батареи и силу тока в цепи
4. Рассчитайте внутреннее сопротивление r по формуле:

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I}$$

5. Занесите значение в таблицу 4.
6. Сделайте вывод о возможности пренебрежения внутреннего сопротивления, по сравнению с резисторами, входящими комплект.

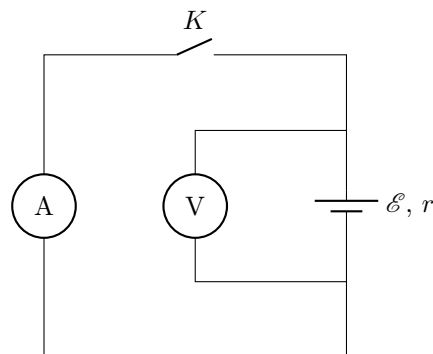


Рис. 4: Внутреннее сопротивление источника.

Таблица 4: Внутреннее сопротивление

ЭДС батареи \mathcal{E} , В	Сила тока короткого замыкания $I_{\text{кз}}$, А	Внешнее сопротивление r , Ом

Вывод — _____

3.4 *Порог включения

1. Придумайте и соберите схему для исследования разной силы тока и напряжения работающей лампы.
2. Нарисуйте вашу схему в прямоугольнике ниже.
3. Определите минимальное значение силы тока и напряжения работающей лампы. Занесите значения в таблицу 5.
4. Опишите в выводе принцип работы вашей схемы и метод нахождения и расчета значений.

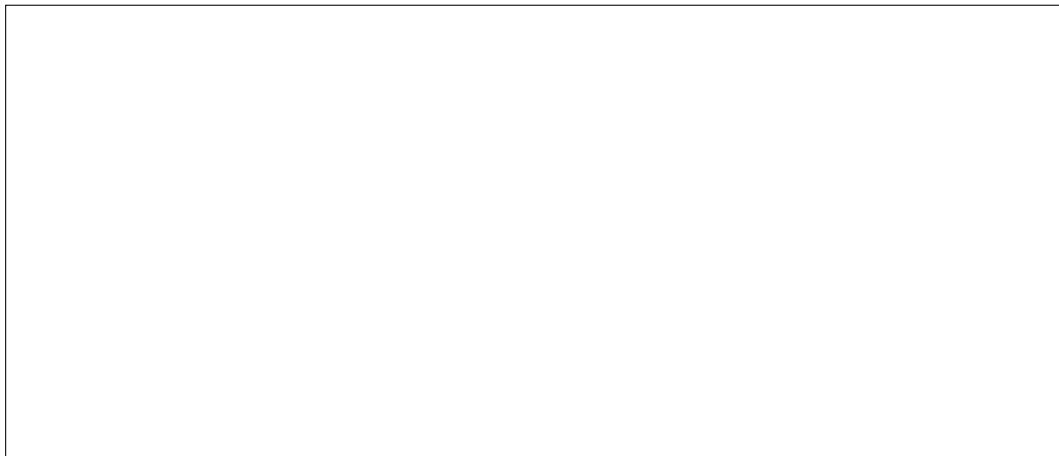


Рис. 5: Порог включения

Таблица 5: Порог включения

I_{min} , А	U_{min} , В

Вывод — _____

4 Переключатели. Логические элементы.

4.1 Логический элемент "НЕ".

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 6.
2. Заполните таблицу истинности 6, проверьте ее с помощью схемы.

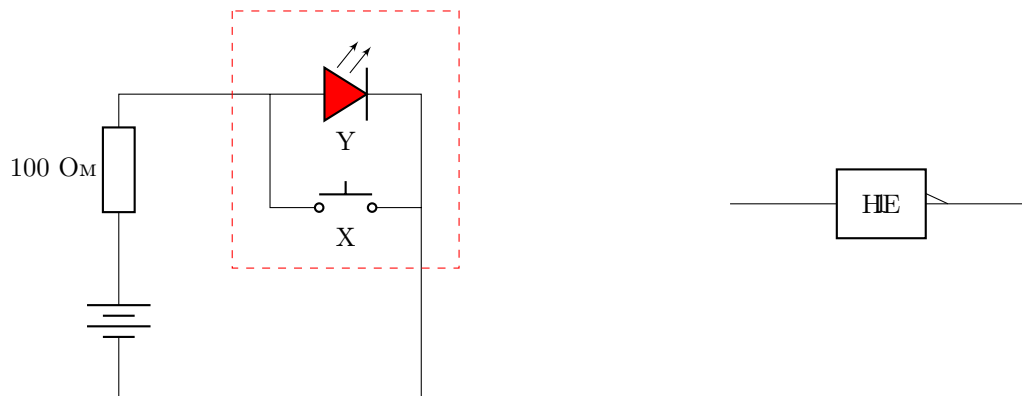


Рис. 6: Логический элемент "НЕ"

Таблица 6: Таблица истинности "НЕ"

X	Y

Вывод — _____

4.2 Логический элемент "И".

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 7.
2. Измерьте ЭДС источника.
3. Измерьте силу тока и напряжение светодиода, занесите значения в таблицу 7.

Таблица 7: Таблица истинности "И"

X_1	X_2	Y	ЭДС батареи \mathcal{E} , В	Сила тока в светодиоде I , мА	Напряжение на светодиоде U , В
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

Вывод — _____

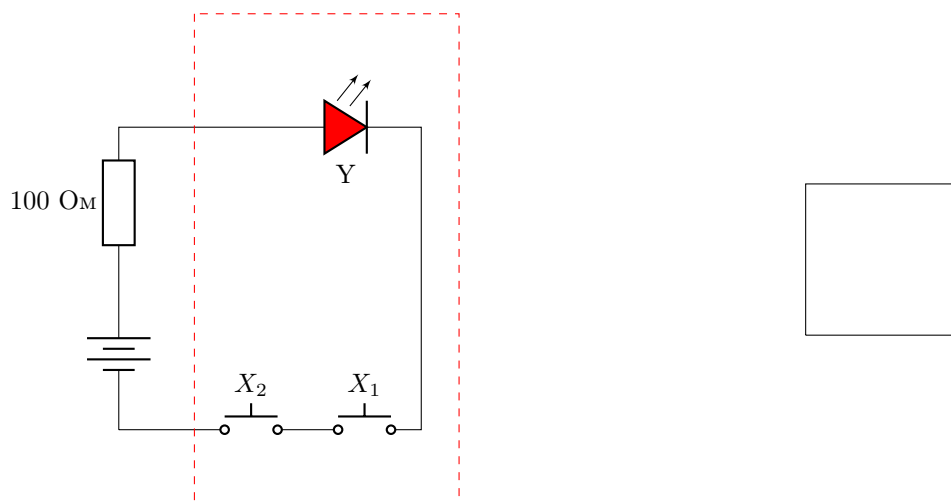


Рис. 7: Логический элемент "И"

4.3 Логический элемент "ИЛИ".

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 8.
2. Измерьте ЭДС источника.
3. Измерьте силу тока и напряжение светодиода, занесите значения в таблицу 8.

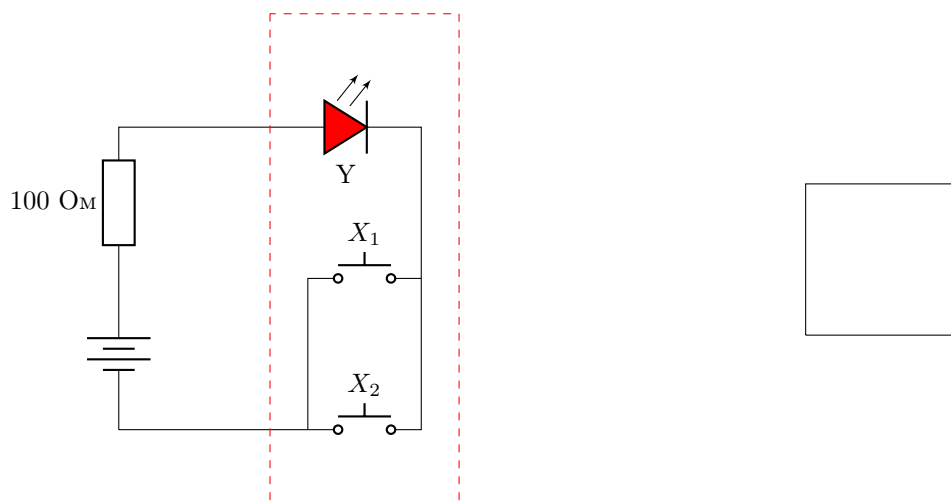


Рис. 8: Логический элемент "ИЛИ"

Таблица 8: Таблица истинности "ИЛИ"

X_1	X_2	Y	Сила тока в светодиоде I , мА	Напряжение на светодиоде U , В
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Вывод — _____

4.4 Логический элемент "И НЕ".

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 9.
2. Заполните таблицу истинности 9, проверьте ее с помощью схемы.

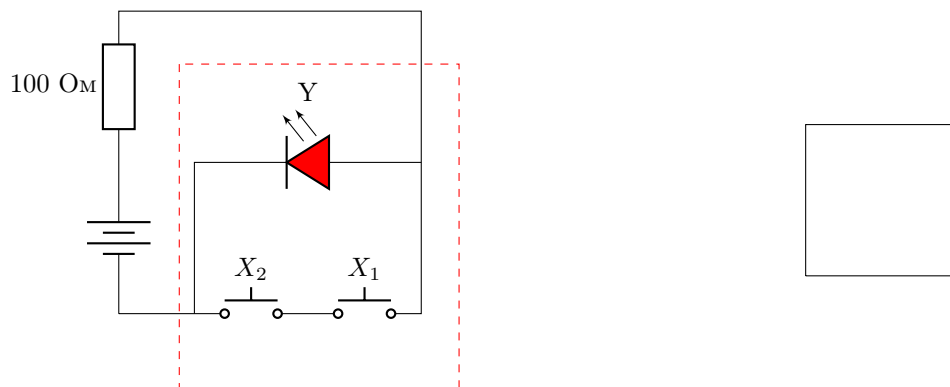


Рис. 9: Логический элемент "И НЕ"

Таблица 9: Таблица истинности "И НЕ".

X_1	X_2	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Вывод — _____

4.5 Логический элемент "ИЛИ НЕ".

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 10.
2. Заполните таблицу истинности 10, проверьте ее с помощью схемы.

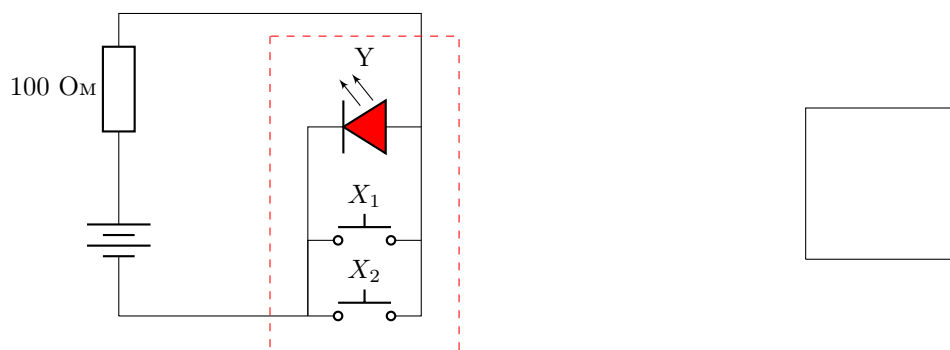


Рис. 10: Логический элемент "ИЛИ НЕ"

Вывод — _____

Таблица 10: Таблица истинности "ИЛИ НЕ".

X_1	X_2	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4.6 Ползунковый переключатель.

1. Соберите схему, представленную на рисунке 11.
2. Переведите движок переключателя K_2 в нижнее положение. Замкните геркон K_1 и наблюдайте за свечением лампы.
3. Переместите движок переключателя K_2 в верхнее положение и наблюдайте работу звонка.
4. Запишите выводы о предназначениях ползункового переключателя в электротехнических схемах.

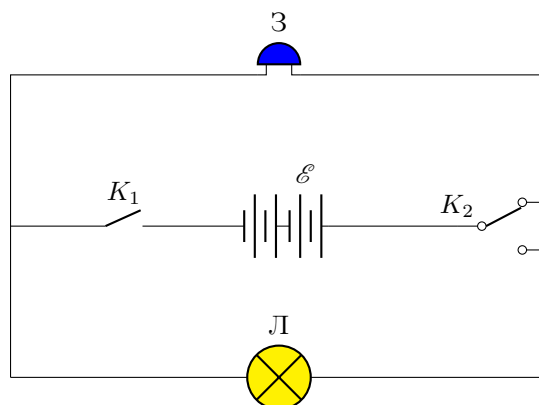


Рис. 11: Ползунковый переключатель

Вывод — _____

4.7 Коммутационная схема на двух переключателях

Вывод — _____

5 Источники света. Введение в теорию полупроводников.

Лампа — _____

Диод — _____

Светодиод — _____

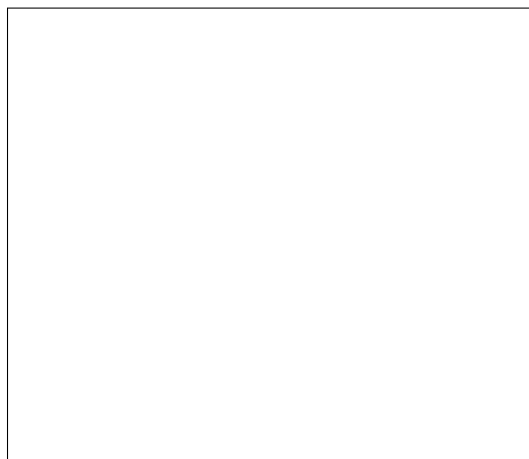
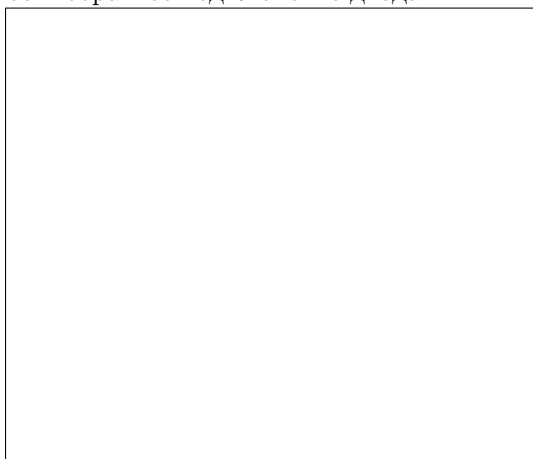
Полупроводники — _____

5.1 PN-переход. Введение

Полупроводник N-типа — _____

Полупроводник P-типа — _____

Прямое и обратное подключение диода:



Главное свойство диода/светодиода — _____

5.2 Параллельное и последовательное подключение светодиода.

1. Соберите по очереди схемы, указанные на рисунке 12.
2. Измерьте ЭДС батареи.
3. Укажите направление тока при всех замкнутых кнопках.
4. Замкните ключ К.
5. Для каждого случая выполните следующее задание:
 - (а) Поочередно замыкая ключи (только для первого случая), измерьте напряжение и силу тока на каждом светодиоде.
 - (б) Поменяйте полярность источника на обратную.

(с) Выполните пункт (а) еще раз.

6. Занесите все результаты в таблицу 11.

7. Сделайте выводы по наблюдениям.

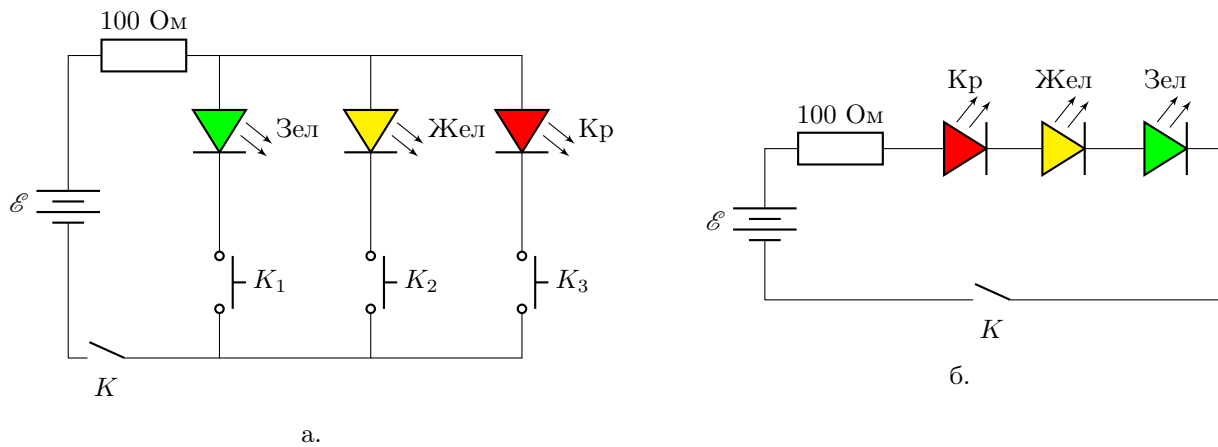


Рис. 12: Параллельное и последовательное подключение светодиода

Таблица 11: Прямое и обратное подключение светодиода.

Подключение	Полярность	ЭДС батареи \mathcal{E} , В	$U_{кр}$, В	$U_{жел}$, В	$U_{зел}$, В
Параллельно	Прямая				
	Обратная				
Последовательно	Прямая				
	Обратная				

Вывод — _____

5.3 Подключение светодиода с различным сопротивлением.

1. Соберите схему, указанную на рисунке 13.
2. При замкнутом ключе измерьте напряжение на каждом светодиоде.
3. Занесите результаты в таблицу 12.
4. Запишите вывод о зависимости яркости светодиода от номинала сопротивления.

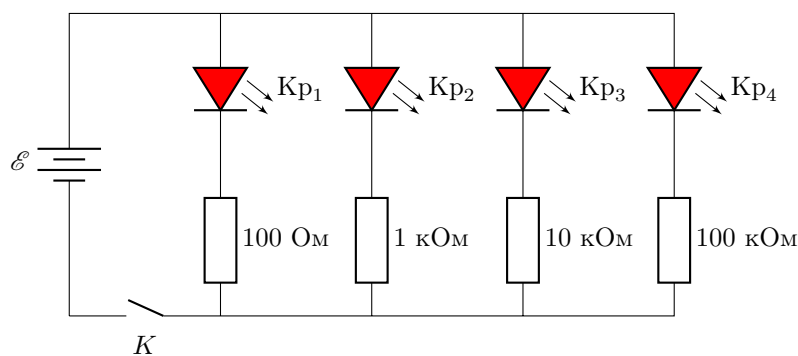


Рис. 13: Подключение светодиода с различным сопротивлением

Таблица 12: Зависимость яркости светодиода от сопротивления.

Схема	U_1 , В	U_2 , В	U_3 , В	U_4 , В
Ключ замкнут				

Вывод — _____

5.4 Поочередное свечение лампы и светодиода.

1. Соберите схему, указанную на рисунке 14.
2. Замкните ключ K_1 , наблюдайте горение лампы и светодиода.
3. Измерьте силу тока и напряжение на лампе и светодиоде. Занесите результаты в таблицу.
4. Замкните ключ K_1 и K_2 , наблюдайте горение лампы и светодиода.
5. Измерьте силу тока и напряжение на лампе и светодиоде. Занесите результаты в таблицу 13.
6. Запишите вывод о том, почему в одном случае горит только лампа, а в другом только светодиод.

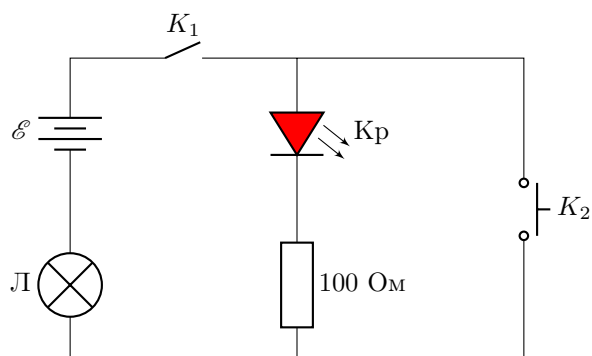


Рис. 14: Поочередное свечение светодиода и лампы

Таблица 13: Поочередное свечение лампы и светодиода.

Схема	Сила тока в лампе $I_{\text{л}}$, А	Сила тока в светодиоде $I_{\text{св}}$, А	Напряжение на лампе $U_{\text{л}}$, В	Напряжение на светодиоде $U_{\text{св}}$, В
K_1 замкнут K_2 разомкнут				
K_1 замкнут K_2 замкнут				

Вывод — _____

6 Резисторы, реостаты и потенциометры.

6.1 Работа и мощность

Закон Джоуля-Ленца — _____

Формула Закона Джоуля-Ленца:

Мощность — _____

Формула Мощность:

6.2 Резистор

Резистор — _____

Формула сопротивления проводника:

6.3 Реостат и потенциометр

Реостат — _____

Потенциометр — _____

Различия и применение:

1. _____

2. _____

6.4 Резистор как ограничитель тока

1. Соберите схему, указанную на рисунке 15. Укажите в ней направление тока при замкнутом выключателе.
2. Измерьте значение ЭДС батареи и занесите это значение в таблицу.
3. Для каждого сопротивления R_1, R_2, R_3 выполните следующее задание:
 - (a) Измерьте силу тока в цепи $I_{\text{изм}}$.
 - (b) Рассчитайте силу тока с помощью закона Ома $I_{\text{расч}}$.
 - (c) Рассчитайте, какая мощность рассеивается на резисторе с помощью формулы $P = UI$.
 - (d) Занесите данные в таблицу 14.
4. Запишите выводы о зависимости силы тока в цепи от ее внешнего сопротивления.

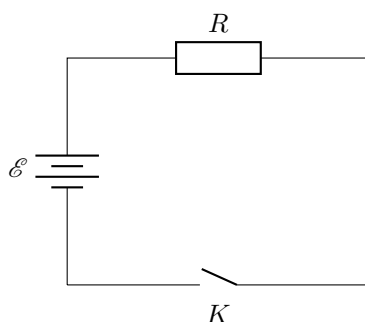


Рис. 15: Резистор как ограничитель тока

Таблица 14: Резистор как ограничитель тока

Схема	ЭДС батареи \mathcal{E} , В	Расчетная сила тока в резисторе $I_{\text{расч}}$	Измеренная сила тока в резисторе $I_{\text{изм}}$	Мощность на резисторе P , Вт
$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$				
$R_2 = 5.1 \text{ k}\Omega$				
$R_3 = 56 \text{ k}\Omega$				

Вывод — _____

6.5 Реостат как ограничитель тока

1. Соберите схему, указанную на рисунке 16. Укажите в ней направление тока при замкнутом ключе.
2. Выполните следующее задание для реостатов с пределом 1 кОм и 10 кОм:
 - (a) Замкните ключ К.
 - (b) Установите ползунок реостата в крайнее левое положение А.
 - (c) Двигая ползунок реостата из крайнего левого положения А в крайнее правое положение В. Измерьте сопротивление реостата между точками А и С с помощью омметра, а также силу тока в цепи для пяти различных положений движка реостата (включая крайнее левое и крайнее правое).
 - (d) Результаты измерений занесите в таблицу 15

3. Запишите вывод о том, как изменяется сила тока в цепи при движении ползунка реостата из крайнего левого положения А в крайнее правое положение В.

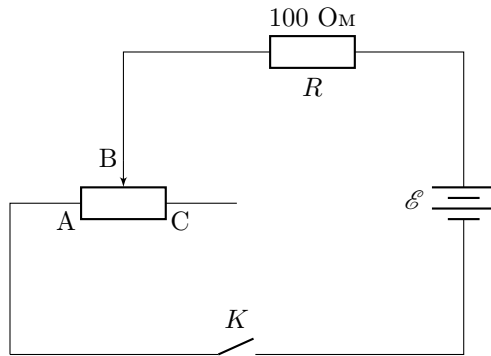


Рис. 16: Реостат как ограничитель тока

Таблица 15: Реостат как ограничитель тока

№	Положение движка реостата	Сопротивление реостата, $R \text{ Ом}$	Сила тока в цепи, $I \text{ А}$	Сопротивление реостата, $R \text{ Ом}$	Сила тока в цепи, $I \text{ А}$
		1 кОм		10 кОм	
1	крайнее левое				
2	промежуточное				
3	промежуточное				
4	промежуточное				
5	крайнее правое				

Вывод — _____

6.6 Реостат как делитель напряжения

1. Соберите схему, указанную на рисунке 17.
2. Замкните переключатель К. Поставьте движок реостата в крайнее верхнее положение А. Укажите направление силы тока в ней.
3. Двигая движок реостата из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее, измерьте напряжения на светодиодах для четырех различных положений движка реостата (включая крайнее верхнее и крайнее нижнее).
4. Результаты измерений занесите в таблицу 16.
5. Какие светодиоды горят и от чего зависит яркость их свечения? Запишите ответ в выводе.
6. Запишите вывод о возможности использования реостата в качестве делителя напряжения.

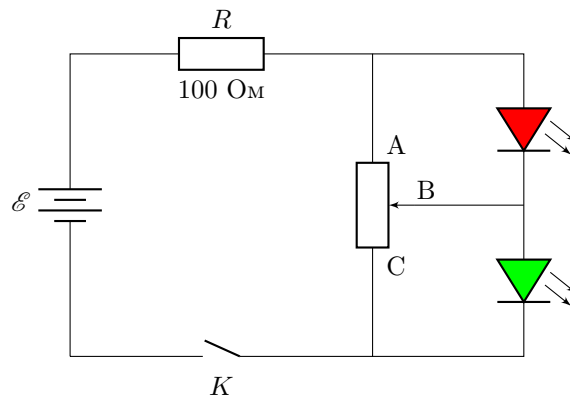


Рис. 17: Делитель напряжения

Таблица 16: Реостат как делитель напряжения

№	Положение движка реостата	Красный светодиод		Зеленый светодиод	
		Напряжение $U_{\text{кр}}, \text{В}$	Горит да/нет	Напряжение $U_{\text{зел}}, \text{В}$	Горит да/нет
1	Крайнее левое				
2	промежуточное				
3	промежуточное				
4	промежуточное				
5	Крайнее правое				

Вывод — _____

6.7 Двойной делитель напряжения

1. Соберите схему, указанную на рисунке 18.
2. Замкните выключатель К. Регулируя положения движков реостатов, установите их в таком положении, чтобы горели все светодиоды (при необходимости добавьте 1-2 батарейных отсека).
3. Укажите направление токов в схеме.
4. Измерьте значения напряжений на светодиодах, а также ЭДС батареи.
5. Результаты измерения занесите в таблицу 17.
6. Проверьте выполнение равенства $\mathcal{E} = U_{\text{кр}} + U_{\text{жел}} + U_{\text{зел}}$.
7. Запишите вывод о возможности использования реостатов в качестве управляющих элементов по распределению напряжения в нагрузках.

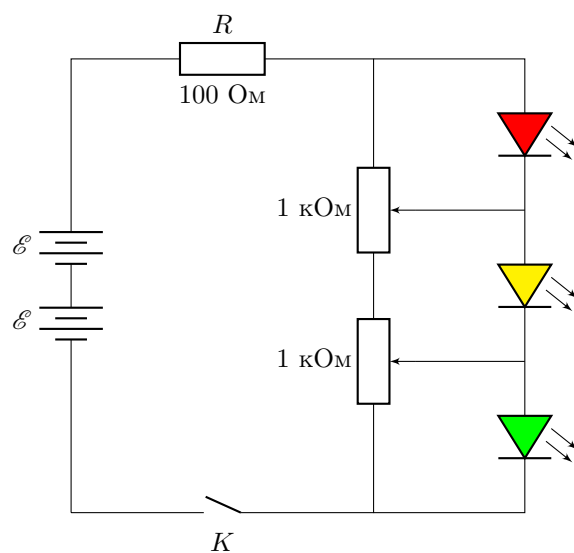


Рис. 18: Двойной делитель напряжения

Таблица 17: Двойной делитель напряжения

ЭДС батареи \mathcal{E} , В	Напряжение $U_{кр}$, В	Напряжение $U_{жел}$, В	Напряжение $U_{зел}$, В

Вывод — _____

7 Соединение элементов. Нелинейные элементы.

7.1 Вольт-амперная характеристика (ВАХ)

ВАХ — _____

Линейные элементы — _____

Нелинейные элементы — _____

7.2 Последовательное соединение резисторов

1. Соберите схему, представленную на рисунке 19.
2. Выполните следующее задание при замкнутом и разомкнутом ключе K2:
 - (a) Замкните выключатель K1. Горит ли светодиод и почему? Измерьте силу тока в светодиоде. Результаты измерений занесите в таблицу 18.
 - (b) Укажите направление силы тока в схеме.
 - (c) Рассчитайте общее сопротивление цепи, используя измеренные значения ЭДС и силы тока в цепи. Результаты расчетов занесите в таблицу 18. Проверьте выполнение равенства $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2$.
3. Запишите выводы о характере зависимости общего сопротивления цепи от сопротивлений ее частей при их последовательном соединении. Запишите также объяснение выполнения/невыполнения равенства в пункте 2с.

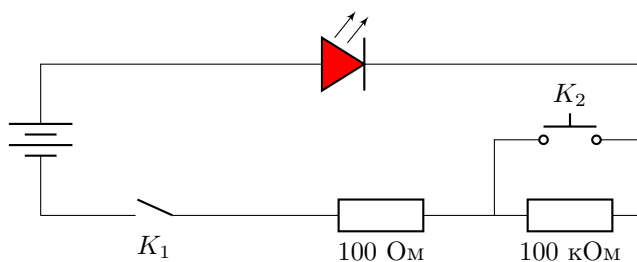


Рис. 19: Последовательное соединение резисторов

Таблица 18: Последовательное соединение резисторов

Схема	ЭДС батареи \mathcal{E} , В	Сила тока в цепи I , мА	Напряжение $U_{\text{жел}}$, В	Сопротивление светодиода $R_{\text{св}}$, Ом	Горит светодиод? да/нет
K2 разомкнут					
K2 замкнут					

Вывод — _____

7.3 Параллельное соединение резисторов

1. Соберите схему, представленную на рисунке 20.
2. Выполните следующее задание при замкнутом и разомкнутом ключе K_2 :
 - (а) Замкните выключатель K_1 . Горит ли светодиод и почему? Измерьте силу тока в светодиоде. Результаты измерений занесите в таблицу 19.
 - (б) Укажите направление силы тока в схеме.
 - (в) Рассчитайте общее сопротивление цепи, используя измеренные значения ЭДС и силы тока в цепи. Результаты расчетов занесите в таблицу 19. Проверьте выполнение равенства $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.
3. Запишите выводы о характере зависимости общего сопротивления цепи от сопротивлений ее частей при их последовательном соединении. Запишите также объяснение выполнения/невыполнения равенства в пункте 2с.

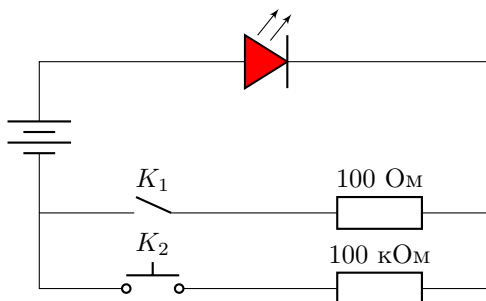


Рис. 20: Параллельное соединение резисторов

Таблица 19: Параллельное соединение резисторов

Схема	ЭДС батареи \mathcal{E} , В	Сила тока в цепи I , мА	Напряжение $U_{\text{жел}}$, В	Сопротивление светодиода $R_{\text{св}}$, Ом	Горит светодиод? да/нет
K2 разомкнут					
K2 замкнут					

Вывод — _____

7.4 Лампа накаливания как нелинейный элемент

1. Соберите схему, представленную на рисунке 21. Укажите направление силы тока в ней при замкнутом ключе К.
2. Следуйте этому заданию до тех пор, пока в схеме не окажется 4 батарейных отсека.
 - (а) Измерьте силу тока в лампе и напряжение на ней при замкнутом ключе К. Результаты измерений занесите в таблицу 20.
 - (б) Поменяйте полярность лампы и повторите пункт 2 (При этом значения напряжения и силы тока быть отрицательными).
 - (в) Добавьте в схему еще один батарейный отсек.

- Используя измеренные значения, рассчитайте сопротивление лампы в каждом случае и занесите его значение в таблицу 20.
- Сравните полученные сопротивления лампы в различных опытах. Учитывая, что чем больше напряжение на лампе, тем больше яркость ее свечения, а значит и температура, сделайте предположение о том, как изменяется сопротивление лампы в зависимости от ее температуры? Запишите это в выводе.
- Постройте в масштабе на миллиметровке вольт-амперную характеристику лампы накаливания** (график зависимости напряжения на лампе от силы протекающего через нее тока).
- Запишите вывод, в котором укажите: является ли лампа накаливания нелинейным элементом?

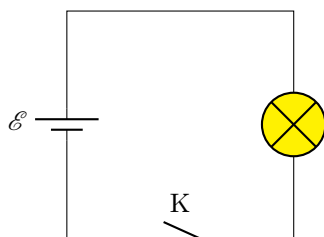


Рис. 21: Исследование лампы на нелинейность

Таблица 20: Исследование лампы на нелинейность

Количество батарейных отсеков	Полярность	Сила тока в лампе I , мА	Напряжение на лампе U , В	Сопротивление лампы R , Ом
1	прямая			
	обратная			
2	прямая			
	обратная			
3	прямая			
	обратная			
4	прямая			
	обратная			

Вывод — _____

7.5 Звонок как нелинейный элемент

- Соберите схему, представленную на рисунке 22. Укажите направление силы тока в ней при замкнутом ключе К.
- Двигая движок реостата из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее, измерьте напряжение на звонке и силу тока в нем для пяти различных положений движка реостата для прямой и обратной полярности (при этом значения напряжения и силы тока быть отрицательными) включения звонка (включая крайнее верхнее и крайнее нижнее). Результаты измерений занесите в таблицу 21.
- Используя измеренные значения, рассчитайте сопротивление звонка в каждом случае и занесите его значение в таблицу 21.
- Сравните полученные сопротивления звонка в различных опытах. Как изменяется сопротивление звонка в зависимости от напряжения на нем и его полярности?

5. Постройте в масштабе на миллиметровке вольт-амперную характеристику звонка (график зависимости напряжения на звонке от силы протекающего через нее тока).
6. Запишите вывод, в котором укажите: является ли звонок нелинейным элементом?

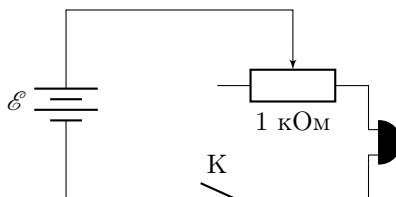


Рис. 22: Исследование звонка на нелинейность

Таблица 21: Исследование звонка на нелинейность

Положение движка реостата	Полярность	Сила тока в лампе I , мА	Напряжение на лампе U , В	Сопротивление лампы R , Ом
1	прямая			
	обратная			
2	прямая			
	обратная			
3	прямая			
	обратная			
4	прямая			
	обратная			
5	прямая			
	обратная			

Вывод — _____

7.6 Диод как нелинейный элемент

1. Соберите схему, представленную на рисунке 23. Укажите направление силы тока в ней при замкнутом ключе К.
2. Двигая движок реостата из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее, измерьте напряжение на диоде и силу тока в нем для пяти различных положений движка реостата для прямой и обратной полярности (при этом значения напряжения и силы тока быть отрицательными) включения звонка (включая крайнее верхнее и крайнее нижнее). Результаты измерений занесите в таблицу 22.
3. Используя измеренные значения, рассчитайте сопротивление диода в каждом случае и занесите его значение в таблицу 22.
4. Сравните полученные сопротивления диода в различных опытах. Как изменяется сопротивление звонка в зависимости от напряжения на нем и его полярности?
5. Постройте в масштабе на миллиметровке вольт-амперную характеристику диода (график зависимости напряжения на диоде от силы протекающего через нее тока).
6. Запишите вывод, в котором укажите: является ли диод нелинейным элементом?

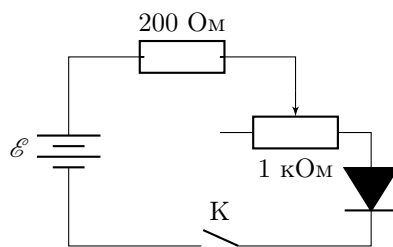


Рис. 23: Исследование диода на нелинейность

Таблица 22: Исследование диода на нелинейность

Положение движка реостата	Полярность	Сила тока в лампе I , мА	Напряжение на лампе U , В	Сопротивление лампы R , Ом
1	прямая			
	обратная			
2	прямая			
	обратная			
3	прямая			
	обратная			
4	прямая			
	обратная			
5	прямая			
	обратная			

Вывод — _____

8 Катушка индуктивности

8.1 Предисловие

8.1.1 Вектор магнитной индукции

Вектор магнитной индукции — _____

Единицы измерения магнитной индукции:

8.1.2 Поток вектора магнитной индукции

Поток вектора — _____

Формула потока вектора магнитной индукции:

Единицы измерения потока:

8.1.3 Связь между потоком и силой тока

Модуль индукции B магнитного поля, создаваемого током в любом замкнутом контуре, пропорционален силе тока. Так как магнитный поток Φ пропорционален B , то $\Phi \propto B \propto I$.

$$\Phi = LI$$

Где L — коэффициент пропорциональности (индуктивность контура, или коэффициент самоиндукции) между силой тока в проводящем контуре и созданным им магнитным потоком, пронизывающим этот контур

8.2 Катушка индуктивности и индуктивность

Катушка индуктивности — _____

Обозначение катушки индуктивности в схемах:

Индуктивность — _____

Единица измерения индуктивности:

8.3 Электромагнитная индукция

Электромагнитная индукция — _____

8.3.1 Закон Фарадея

ЭДС индукции — _____

Закон Фарадея:

8.4 Получение электричества при помощи катушки индуктивности и постоянного магнита

1. Соберите схему, представленную на рисунке 24.
2. Установите предел измерения вольтметра 200 мВ.
3. Перемещайте магнит вдоль катушки и наблюдайте изменение показаний вольтметра. Объясните данное явление.
4. Запишите выводы о том, как зависят показания вольтметра от скорости перемещения магнита и направления его перемещения?

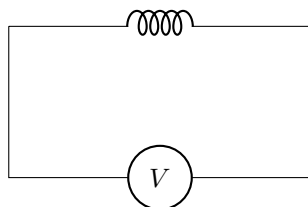


Рис. 24: Получение электричества при помощи катушки и магнита

Вывод — _____

8.5 Электромагнит

1. Соберите схему, представленную на рисунке 25. Укажите направление силы тока в ней с замкнутым выключателем K_1 .
2. Выполните следующее задание при положении компаса сначала с одной стороны катушки, после с противоположной:
 - (a) Положите магнитную стрелку (иглоку) рядом с катушкой индуктивности. Замкните выключатель K_1 и наблюдайте за изменением положения магнитной стрелки. Объясните данное явление.
 - (b) При замкнутом выключателе K_1 кратковременно нажмите кнопку K_2 и наблюдайте за изменением положения магнитной стрелки. Объясните данное явление.
3. Запишите выводы о магнитных свойствах катушки индуктивности.

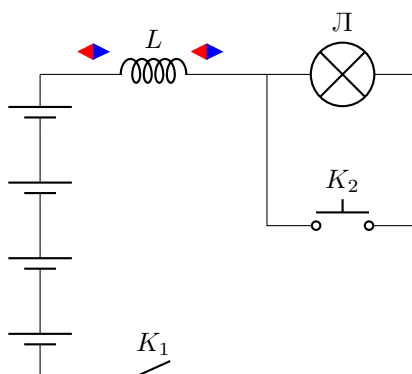


Рис. 25: Получение электричества при помощи катушки и магнита

Вывод — _____

8.6 Проверка явления самоиндукции

1. Соберите схему, представленную на рисунке 26.
2. Нажмите кнопку К. Как горят светодиоды и почему? Укажите направления силы тока в данном случае.
3. Отпустите кнопку К. Как горят светодиоды и почему? Укажите направления силы тока в данном случае.
4. Запишите выводы о протекании тока при зажатой и отжатой кнопке К, а также о возможности накопления энергии катушкой индуктивности.

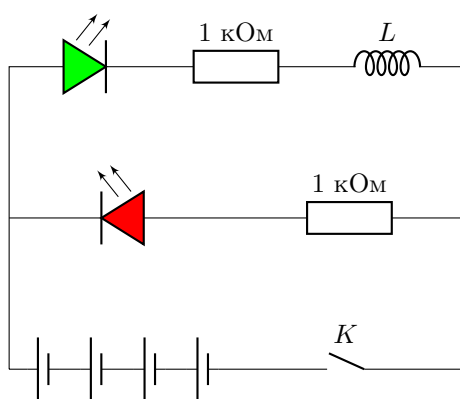


Рис. 26: Проверка явления самоиндукции

Вывод — _____

9 Электродвигатель

9.1 Устройство двигателя постоянного тока

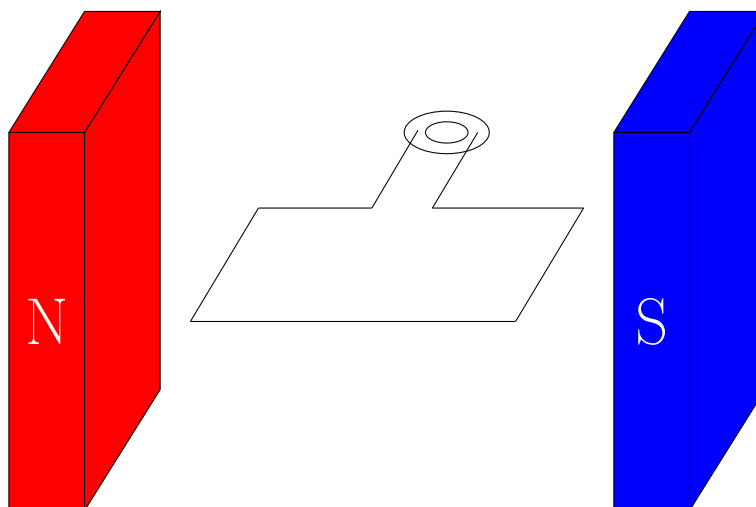


Рис. 27: Принцип работы электродвигателя

9.2 Изменение направления и скорости вращения двигателя

1. Соберите по очереди схемы, представленные на рисунке 28. Укажите в каждом случае направление силы тока при зажатой кнопке К.
2. Для каждой схемы выполните следующее занятие:
 - (а) Установите пропеллер на двигатель. Зажмите кнопку К и наблюдайте за направлением и частотой вращения пропеллера.
 - (б) Разверните двигатель на 180° и повторите пункт 2а.
3. Сделайте вывод о зависимости частоты вращения двигателя от приложенного напряжения и о зависимости направления вращения двигателя от направления тока. Запишите выводы.

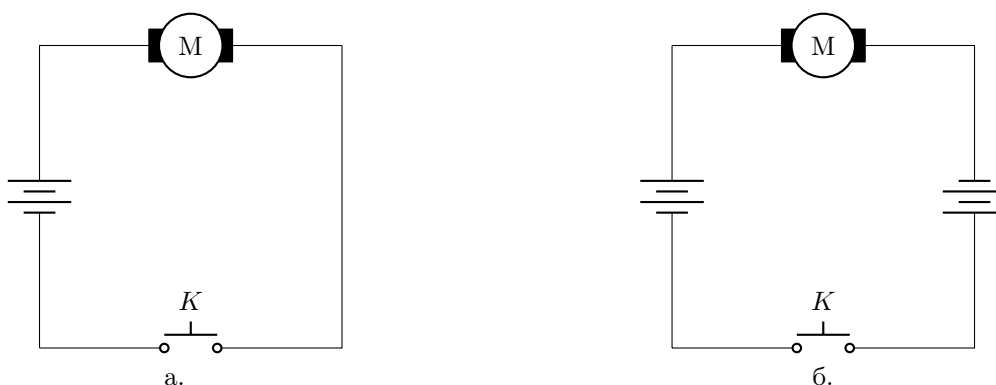


Рис. 28: Изменение направления и скорости двигателя

Вывод — _____

9.3 Электродвигатель в качестве генератора

1. Соберите схему, представленную на рисунке 29.
2. Вращайте вал двигателя по/против часовой стрелки с различной частотой и наблюдайте за показаниями вольтметра.
3. Запишите выводы о возможности применения электродвигателя в качестве генератора, о зависимости полярности создаваемого ЭДС от направления вращения двигателя, а также о зависимости величины создаваемого ЭДС от скорости вращения двигателя.

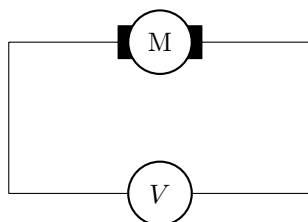


Рис. 29: Электродвигатель в качестве генератора

Вывод — _____

9.4 Регулирование частоты вращения двигателя и реверс двигателя

1. Соберите схему, представленную на рисунке 30. Укажите направление силы тока в цепи при верхнем/среднем/нижнем положении движка реостата.
2. Замкните выключатель К. Перемещая движок реостата, наблюдайте за направлением и скоростью вращения электродвигателя.
3. Запишите выводы о возможности регулирования направления и частоты вращения двигателя.

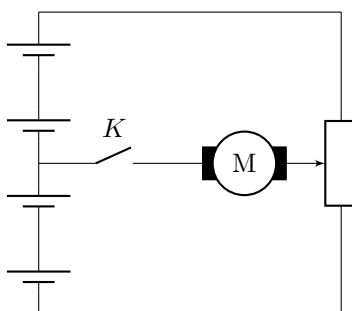


Рис. 30: Регулирование частоты вращения двигателя и реверс двигателя

Вывод — _____

9.5 Пуск двигателя

1. Соберите схему, представленную на рисунке 31. Укажите направление силы тока в ней при зажатой кнопке К.

2. Зажмите кнопку K и наблюдайте за яркостью свечения лампы. Аккуратно и кратковременно (на одну секунду) затормозите вращение двигателя и наблюдайте за яркостью свечения лампы.
3. Запишите выводы о зависимости яркости свечения лампы от частоты вращения двигателя.

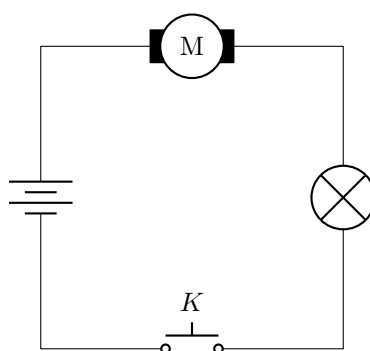


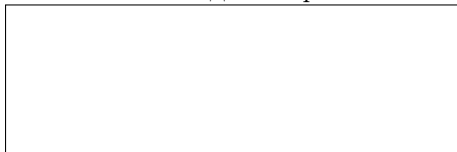
Рис. 31: Пуск двигателя

Вывод — _____

10 Конденсаторы

Конденсатор — _____

Обозначение конденсатора в схеме:

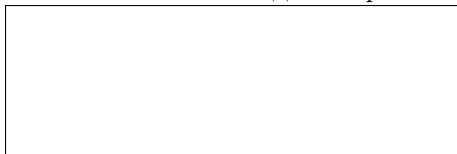


Единицы измерения емкости конденсатора:



Плоский конденсатор — _____

Емкость плоского конденсатора:



10.1 Устройство конденсатора

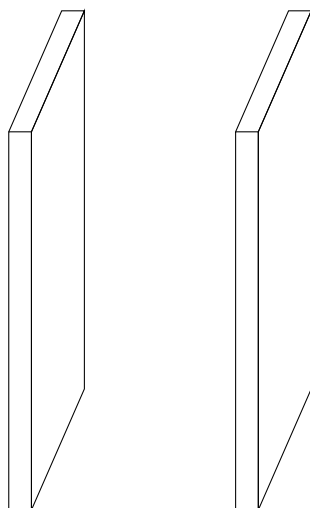


Рис. 32: Устройство конденсатора

10.2 Время зарядки конденсатора

Чтобы узнать, за какое время конденсатор заряжается и разряжается, используется одна интересная зависимость. Рассмотрим новую величину, описывающую время заряда конденсатора — постоянная времени. Эта величина обозначается буквой τ (тау), и равна она:

$$\tau = RC$$

Ее значение описывает время, за которое конденсатор зарядится на $\sim 33.3\%$.

Данная постоянная зависит только от величины и параметров резистора и конденсатора, но не зависит от величины тока, протекающего в цепи, и напряжения на элементах. Ее зависимость выводится из дифференциального уравнения.

Рассмотрим цепь:

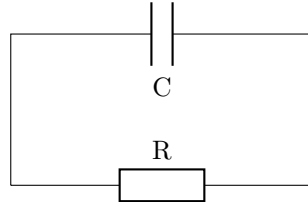


Рис. 33: Заряд и разряд конденсатора

Значение тока заряда в этой цепи будет равно:

$$I = C \frac{dU}{dt},$$

при этом сила тока на резисторе из закона Ома равняется:

$$I = \frac{U}{R},$$

где U — напряжение на конденсаторе.

Из первого правила Кирхгофа можно записать следующее выражение:

$$\frac{U}{R} = -C \frac{dU}{dt},$$

Это обычное дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными. Все с U в одну сторону, с t в другую:

$$\frac{dU}{U} = -\frac{dt}{RC},$$

возьмем интеграл:

$$\int \frac{dU}{U} = - \int \frac{dt}{RC},$$

В итоге получаем:

$$\ln U = -\frac{t}{RC} + Const,$$

$$U = e^{-\frac{t}{RC}} \cdot e^{Const}.$$

Эта формула выражает зависимость в цепи напряжения U от времени t , а произведение RC обозначается одной буквой τ , тем самым получаем постоянную времени, и можем переписать уравнение:

$$U = e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot e^{Const}$$

Из эмпирических данных известно, чтобы зарядить или разрядить конденсатор на 99%, что обычно достаточно для прикладных задач, то нужно взять τ равное $\tau = 5RC$.

10.3 Сопротивления конденсатора

1. Соберите схему, представленную на рисунке 34. Убедитесь в том, что лампа горит.
2. Соберите схему 34, представленную на рисунке. Конденсатор в этом случае включен в цепь постоянного тока. Убедитесь в том, что лампа не горит.
3. Сделайте вывод о сопротивлении конденсатора, включенного в цепь постоянного тока.



Рис. 34: Сопротивление конденсатора

Вывод — _____

10.4 Зарядка и разрядка конденсатора

1. Соберите схему, представленную на рисунке 35. Укажите направление силы тока в ней при зарядке и разрядке конденсатора.
2. Зажмите кнопку K_1 . Засеките время заряда конденсатора по яркости светодиода и по показаниям вольтметра. Результаты измерений занесите в таблицу 23.
3. Отпустите кнопку K_1 и замкните выключатель K_2 . Засеките время разрядки конденсатора по показаниям вольтметра. Результаты измерений занесите в таблицу 23.
4. Рассчитайте для каждого случая постоянную времени τ , и занесите ее в таблицу 23.
5. Запишите вывод о времени зарядки и разрядки конденсаторов разной емкости.

Таблица 23: Зарядка и разрядка конденсатора

№	Сопротивление		Емкость C, мкФ	$\tau_{\text{разряд}}$, с	Время зарядки, с		Время разрядки, с	
	R_1 , кОм	R_2 , кОм			по яркости светодиода	по показаниям вольтметра	по яркости светодиода	по показаниям вольтметра
1	1	5,1	100					
2	100	1000	100					
3	100	1000	10					

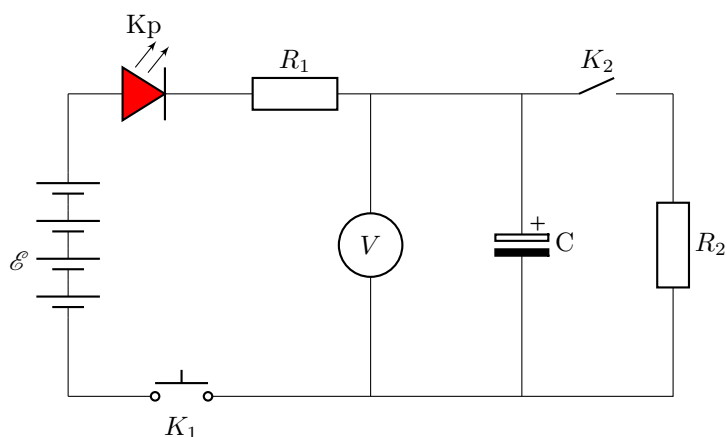


Рис. 35: Зарядка и разрядка конденсатора

10.5 Параллельное включение конденсаторов

Вывод — _____

1. Соберите схему, представленную на рисунке 36. Нарисуйте схему и укажите направление силы тока в ней при зарядке и разрядке конденсаторов.
2. Выполните следующее задание для всех значений сопротивления резисторов R_1 , R_2 и электроемкостей конденсаторов C_1 , C_2 .
 - (a) Рассчитайте постоянную времени τ , и занесите ее в таблицу 24.
 - (b) Жажмите кнопку K_1 . Засеките время заряда конденсатора по яркости светодиода и по показаниям вольтметра. Результаты измерений занесите в таблицу 24.
 - (c) Отпустите кнопку K_1 и замкните выключатель K_2 . Засеките время разрядки конденсатора по показаниям вольтметра. Результаты измерений занесите в таблицу 24.
3. Запишите выводы об изменении общей электроемкости конденсаторов при их параллельном соединении.

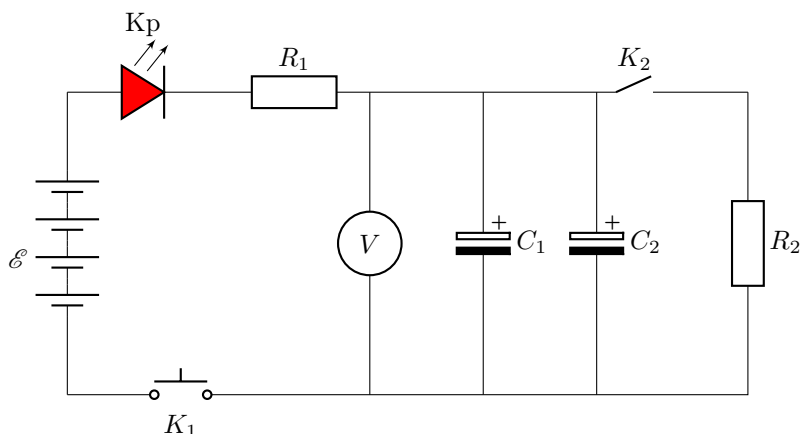


Рис. 36: Параллельное подключение конденсаторов

Вывод — _____

Таблица 24: Параллельное подключение конденсаторов

№	Сопротивление		Емкость		$\tau_{\text{разряд}},$ с	Время зарядки, с		Время зарядки, с	
	$R_1,$ кОм	$R_2,$ кОм	$C_1,$ мкФ	$C_2,$ мкФ		по яркости светодиода	по показаниям вольтметра	по яркости светодиода	по показаниям вольтметра
1	1	5.1	100	47					
2	10	56	100	47					

10.6 Последовательное включение конденсаторов

- Соберите схему, представленную на рисунке 37. Нарисуйте схему и укажите направление силы тока в ней при зарядке и разрядке конденсаторов.
- Выполните следующее задание для всех значений сопротивления резисторов R_1 , R_2 и емкостей конденсаторов C_1 , C_2 .
 - Рассчитайте постоянную времени τ , и занесите ее в таблицу 25.
 - Зажмите кнопку K_1 . Засеките время заряда конденсатора по яркости светодиода и по показаниям вольтметра. Результаты измерений занесите в таблицу 25.
 - Отпустите кнопку K_1 и замкните выключатель K_2 . Засеките время разрядки конденсатора по показаниям вольтметра. Результаты измерений занесите в таблицу 25.
- Запишите выводы об изменении общей емкости конденсаторов при их последовательном соединении.

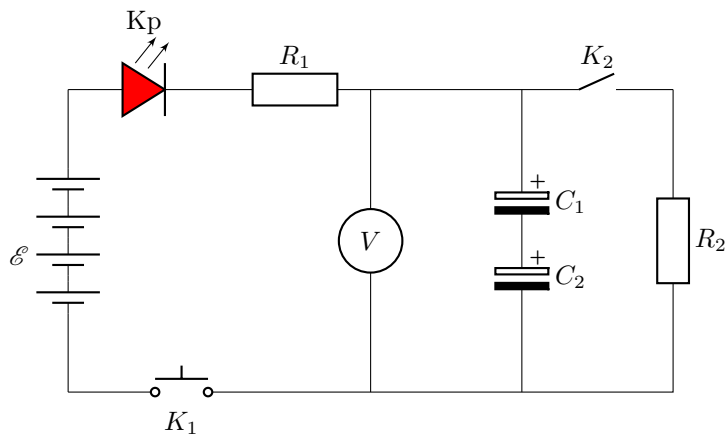


Рис. 37: Последовательное подключение конденсаторов

Таблица 25: Последовательное подключение конденсаторов

№	Сопротивление		Емкость		$\tau_{\text{разряд}},$ с	Время зарядки, с		Время зарядки, с	
	$R_1,$ кОм	$R_2,$ кОм	$C_1,$ мкФ	$C_2,$ мкФ		по яркости светодиода	по показаниям вольтметра	по яркости светодиода	по показаниям вольтметра
1	1	5.1	100	47					
2	10	56	100	47					

Вывод — _____

11 Транзисторы

11.1 Принцип работы транзистора

11.2 Усиление с помощью PNP-транзистора

1. Соберите схему, представленную на рисунке 38.
2. Установите движок реостата крайнее верхнее положение. Укажите направление тока в ней.
3. Замкните выключатель К. Плавно перемещайте движок реостата из крайнего верхнего положения вниз. Для пяти положений движка реостата измерьте токи коллектора и базы. Результаты измерений занесите в таблицу 26.
4. Рассчитайте коэффициент усиления PNP-транзистора $\beta = I_K/I_B$, используя измеренные значения тока коллектора и тока базы. Результаты расчетов занесите в таблицу 26.
5. Запишите выводы о зависимости коэффициента усиления PNP-транзистора от тока базы.

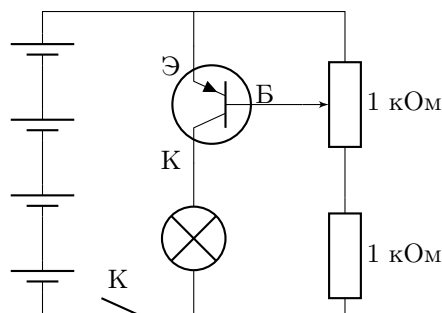


Рис. 38: PNP-транзистор

Таблица 26: Усиление с помощью PNP-транзистора

№	Ток коллектора I_K , А	Ток базы I_B , А	Коэффициент усиления β
1			
2			
3			
4			
5			

Вывод — _____

11.3 Усиление с помощью NPN-транзистора

1. Соберите схему, представленную на рисунке 39.
2. Установите движок реостата крайнее верхнее положение. Укажите направление тока в ней.
3. Замкните выключатель К. Плавно перемещайте движок реостата из крайнего верхнего положения вниз. Для пяти положений движка реостата измерьте токи коллектора и базы. Результаты измерений занесите в таблицу 27.
4. Рассчитайте коэффициент усиления NPN-транзистора $\beta = I_K/I_B$, используя измеренные значения тока коллектора и тока базы. Результаты расчетов занесите в таблицу 27.

5. Запишите выводы о зависимости коэффициента усиления NPN-транзистора от тока базы.

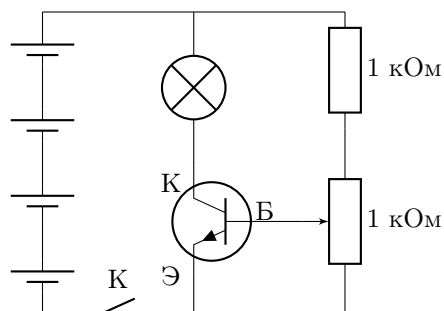


Рис. 39: NPN-транзистор

Таблица 27: Усиление с помощью NPN-транзистора

№	Ток коллектора I_K , А	Ток базы I_B , А	Коэффициент усиления β
1			
2			
3			
4			
5			

Вывод — _____

11.4 Составной транзистор

1. Соберите схему, представленную на рисунке 40.
2. Установите движок реостата крайнее нижнее положение. Укажите направление тока в ней.
3. Замкните выключатель К. Плавно перемещайте движок реостата из крайнего нижнего положения вверх. Для пяти положений движка реостата (при которых лампа горит) измерьте токи коллектора и базы. Результаты измерений занесите в таблицу 28.
4. Рассчитайте коэффициент усиления составного транзистора, используя измеренные значения тока коллектора и тока базы. Результаты расчетов занесите в таблицу 28.
5. Сравните значения коэффициентов усиления PNP и NPN транзисторов со значением коэффициента усиления составного транзистора.
6. Запишите выводы о зависимости коэффициента усиления составного транзистора от тока базы, а также результат сравнения из пункта 5.

Вывод — _____

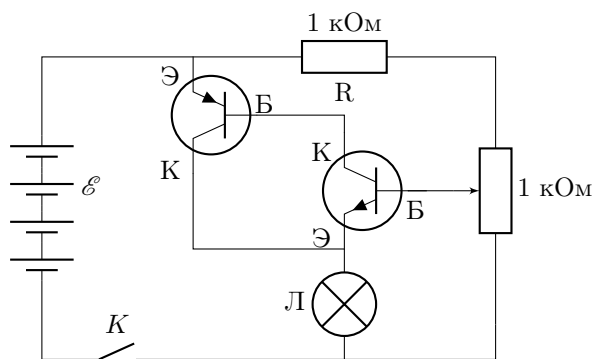


Рис. 40: Каскад транзисторов

Таблица 28: Усиление с помощью каскада транзисторов

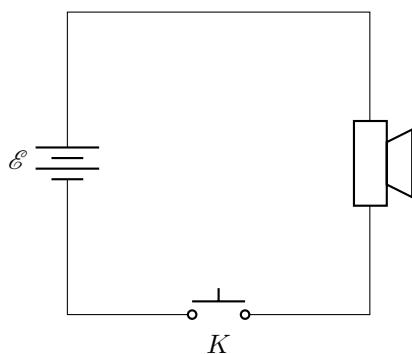
№	Ток коллектора I_K , А	Ток базы I_B , А	Коэффициент усиления β
1			
2			
3			
4			
5			

12 Громкоговорители и микрофоны

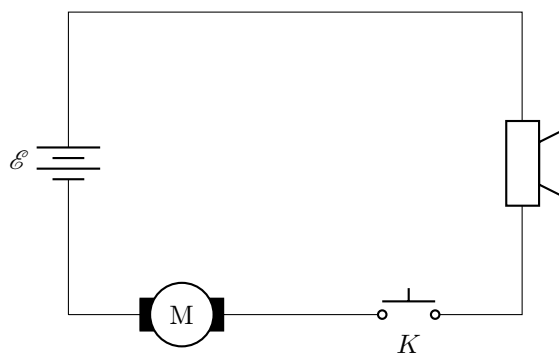
12.1 Устройство микрофона и динамика

12.2 Проверка работоспособности динамика

1. Соберите схему, представленную на рисунке ??. Укажите направление силы тока в ней при зажатой кнопке К.
2. Зажмите кнопку К и услышите звук.
3. Подключите в цепь последовательно двигатель, чтобы получилась схема ??. Укажите направление силы тока в ней при зажатой кнопке К.
4. Зажмите кнопку К и услышите звук. **ОСТОРОЖНО** притормозите двигатель и опишите наблюдения.
5. Запишите выводы о работе громкоговорителя в исследуемых схемах.



а.



б.

Рис. 41: Громкоговоритель

Вывод — _____

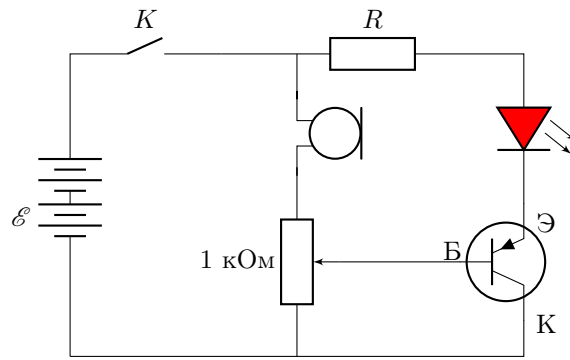


Рис. 42: Светомузыка

12.3 Светомузыка

1. Соберите схему, представленную на рисунке ??.
2. Замкните выключатель К. Установите движок реостата в крайнее нижнее положение. Отрегулируйте реостат: перемещайте движок реостата снизу вверх до тех пор, пока светодиод не начнет светиться (свечение должно быть достаточно тусклым).
3. Громко хлопните в ладоши рядом с микрофоном и наблюдайте за свечением светодиода.
4. Включите звуковую запись на ваш выбор (желательно с ярко выраженными битами) и поднесите динамик к микрофону. Наблюдайте за свечением светодиода в такт с битами.
5. Запишите выводы о принципах работы данной электросхемы.

Вывод — _____

13 Фоторезистор

13.1 Устройство фоторезистора

13.2 Автоматический уличный фонарь

1. Соберите схему, представленную на рисунке ??.
2. Замкните выключатель К. Постепенно заслоните фоторезистор и наблюдайте за яркостью свечения лампы.
3. Поменяйте местами резистор и фоторезистор и повторите пункт 2.
4. Запишите выводы о возможности применения фоторезистора в конструкции автоматического уличного фонаря.

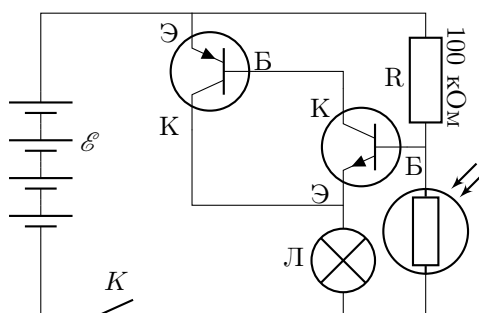


Рис. 43: Автоматический уличный фонарь

Вывод — _____

13.3 Проверка зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности

1. Соберите схему, представленную на рисунке 44.
2. Посветите фонариком на фоторезистор. Подкладывая тетрадные листы между фонариком и фоторезистором, наблюдайте за изменением сопротивления фоторезистора. Результаты измерения сопротивления фоторезистора с помощью омметра занесите в таблицу 29.
3. Закройте фоторезистор пальцем и запишите показание фоторезистора в таблицу.
4. Запишите выводы о зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности и о пропускаемой способности света через палец.

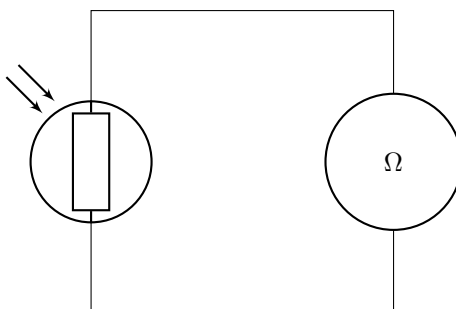


Рис. 44: Зависимость сопротивления

Таблица 29: Зависимость сопротивления фоторезистора от освещенности

Количество тетрадных листов, шт	Сопротивление фоторезистора, Ом
0	
5	
10	
Полностью закрыт от света	
Палец	

Вывод — _____

- 14 Демовариант контрольной работы №1
- 15 Демовариант контрольной работы №2
- 16 Список литературы