

Головин Пётр Петрович (старший, автор)
Головин Пётр Петрович (младший, ассистент)

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ



МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ФИЗИКЕ
ДЛЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Ульяновск, 2020

Головин Пётр Петрович (старший) – автор
Головин Пётр Петрович (младший) – ассистент

Демонстрационные опыты по электродинамике



Методическое пособие по физике для общеобразовательных
организаций

Допущено Министерством образования
Российской Федерации

(Заключение Федерального экспертного совета № 741 от 27.05.2003)

2020

ББК 22.33
УДК 537
Г 61

Печатается по решению редакционно-
издательского совета ФГБОУ ВО
«УлГПУ им. И.Н. Ульянова»

Г61 Головин П.П., Головин П.П.

Демонстрационные опыты по электродинамике: методическое пособие по физике для общеобразовательных организаций / П.П. Головин, П.П. Головин. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2020. – 77 с.

ISBN 978-5-907216-23-5

В книге представлена методика проведения демонстрационных опытов по физике с использованием комплекта «Демонстрационные опыты по электродинамике», разработанного автором пособия. Комплект предназначен для демонстрации электрических явлений при изучении раздела «Электродинамика» в общеобразовательных организациях.

Данное методическое пособие предназначено для учителей физики, студентов и преподавателей педагогических университетов.

ISBN 978-5-907216-23-5



ББК 22.33
УДК 537

© Головин П.П., Головин П.П., 2020
© ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТРУКЦИЯ И СОДЕРЖИМОЕ КОМПЛЕКТА	8
«ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ»	
Выдержки из отзывов учителей-практиков	11
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	12
<i>Опыт 1. Знакомство с составными частями простейшей электрической цепи</i>	12
<i>Опыт 2. Измерение силы тока в электрической лампе</i>	13
<i>Опыт 3. Демонстрация примеров неправильного включения амперметра в цепь</i>	13
<i>Опыт 4. Измерение силы тока в двух последовательно соединённых лампах</i>	13
<i>Опыт 5. Измерение силы тока в двух параллельно соединённых лампах</i>	14
<i>Опыт 6. Измерение напряжения на лампе</i>	14
<i>Опыт 7. Демонстрация примеров неправильного включения вольтметра</i>	15
<i>Опыт 8. Одновременное измерение силы тока и напряжения</i>	15
<i>Опыт 9. Измерение напряжения источника тока</i>	15
ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ	16
<i>Опыт 10. Демонстрация влияния электрического сопротивления проводников на силу тока</i>	16
<i>Опыт 11. Демонстрация закона Ома для участка цепи</i>	16
<i>Опыт 12. Демонстрация зависимости сопротивления проводника от длины</i>	17
<i>Опыт 13. Демонстрация зависимости сопротивления проводника от сечения</i>	18
<i>Опыт 14. Определение удельного сопротивления проводника</i>	18
<i>Опыт 15. Демонстрация принципа работы реостата</i>	19
<i>Опыт 16. Демонстрация переменного резистора (реостата) как регулятора силы тока в цепи</i>	19
<i>Опыт 17. Демонстрация переменного резистора как регулятора напряжения</i>	20
<i>Опыт 18. Построение графика зависимости силы тока от напряжения (вольтамперной характеристики участка цепи)</i>	20
<i>Опыт 19. Построение графика зависимости силы тока от напряжения для двух проводников с разными сопротивлениями</i>	21
ЗАДАЧИ ОГЭ И ЕГЭ НА ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ	21
<i>Опыт 20. Задача 1</i>	21
<i>Опыт 21. Задача 2</i>	22
<i>Опыт 22. Задача 3</i>	22
<i>Опыт 23. Задача 4</i>	23
<i>Опыт 24. Задача 5</i>	23
<i>Опыт 25. Задача 6</i>	24
<i>Опыт 26. Задача 7</i>	24
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ	25
<i>Опыт 27. Демонстрация последовательного соединения проводников</i>	25
<i>Опыт 28. Измерение силы тока в различных частях последовательной цепи</i>	25

Опыт 29. Демонстрация распределения общего напряжения между отдельными участками последовательной цепи	25
Опыт 30. Демонстрация связи общего сопротивления последовательной цепи с сопротивлениями отдельных участков	26
Опыт 31. Измерение общего сопротивления двух одинаковых последовательно соединённых резисторов	26
Опыт 32. Демонстрация параллельного соединения проводников	27
Опыт 33. Демонстрация роста силы тока в цепи при увеличении количества параллельно соединённых участков	27
Опыт 34. Демонстрация уменьшения общего сопротивления цепи при параллельном соединении ламп	28
Опыт 35. Демонстрация распределения силы тока в цепи между параллельно соединёнными участками	28
Опыт 36. Измерение общего сопротивления двух параллельно соединённых участков	29
Опыт 37. Измерение общего сопротивления двух одинаковых параллельно соединённых резисторов	30
Опыт 38. Демонстрация последовательного и параллельного соединения трёх ламп	30
Опыт 39. Демонстрация действия шунта	30
Опыт 40. Демонстрация параллельного соединения переменного резистора к участку цепи	30
Опыт 41. Демонстрация смешанного соединения ламп	31
Опыт 42. Демонстрация роли шунта амперметра	32
Опыт 43. Демонстрация роли дополнительного сопротивления вольтметра.	33
Опыт 44. Демонстрация смешанного соединения резисторов.	33
Опыт 45. Демонстрация включения переменного резистора как потенциометра	34
Опыт 46. Демонстрация мостика Уитстона	34
ЗАДАЧИ ОГЭ И ЕГЭ НА СПОСОБЫ СОЕДИНЕНИЯ УЧАСТКОВ ЦЕПИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ	35
Опыт 47. Задача 1	35
Опыт 48. Задача 2	36
Опыт 49. Задача 3	36
Опыт 50. Задача 4	36
Опыт 51. Задача 5	37
Опыт 52. Задача 6	38
Опыт 53. Задача 7	38
Опыт 54. Задача 8	39
РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	40
Опыт 55. Определение работы электрического тока в лампе	40
Опыт 56. Сравнение работы электрического тока в двух одинаковых лампах при их последовательном и параллельном соединении	40
Опыт 57. Определение мощности лампы накаливания	40
Опыт 58. Сравнение общей мощности ламп при их параллельном и последовательном соединении	41

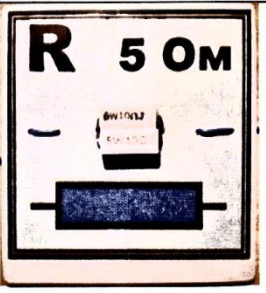
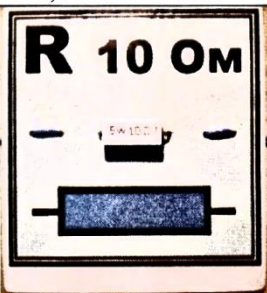
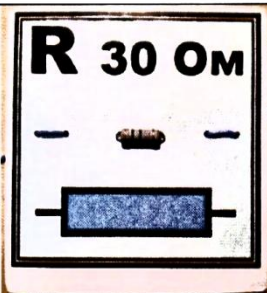
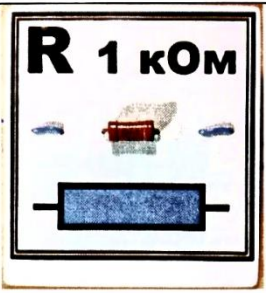
<i>Опыт 59. Демонстрация зависимости сопротивления спирали лампы накаливания и количества выделившейся теплоты в ней от силы тока</i>	41
<i>Опыт 60. Построение графика вольтамперной характеристики лампы накаливания</i>	42
<i>Опыт 61. Демонстрация учета сопротивления спирали лампы накаливания в электрических схемах в зависимости от степени накала</i>	42
<i>Опыт 62. Демонстрация зависимости выделения тепла в лампах с разными сопротивлениями (мощностями) от способа соединения</i>	42
<i>Опыт 63. Определение напряжения на внутреннем участке источника тока</i>	43
<i>Опыт 64. Исследование зависимости напряжения на внутреннем участке цепи от сопротивления внешнего участка</i>	43
<i>Опыт 65. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока</i>	44
<i>Опыт 66. Определение внутреннего сопротивления и ЭДС источника тока</i>	44
ЗАДАЧИ ЕГЭ НА ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ	45
<i>Опыт 67. Задача 1</i>	45
<i>Опыт 68. Задача 2</i>	45
<i>Опыт 69. Задача 3</i>	46
<i>Опыт 70. Задача 4</i>	46
<i>Опыт 71. Задача 5</i>	47
<i>Опыт 72. Задача 6</i>	47
<i>Опыт 73. Задача 7</i>	48
ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОР	48
<i>Опыт 74. Демонстрация конденсатора как накопителя электрической энергии</i>	49
<i>Опыт 75. Демонстрация разрядки конденсатора на измерительные приборы.</i>	49
<i>Опыт 76. Демонстрация тока зарядки конденсатора</i>	50
<i>Опыт 77. Определение ёмкости конденсатора</i>	50
<i>Опыт 78. Определение ёмкости двух параллельно и последовательно соединённых конденсаторов</i>	51
ЗАДАЧИ ЕГЭ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНДЕНСАТОРА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННО, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ	52
<i>Опыт 79. Задача 1</i>	52
<i>Опыт 80. Задача 2</i>	52
<i>Опыт 81. Задача 3</i>	53
<i>Опыт 82. Задача 4</i>	53
<i>Опыт 83. Задача 5</i>	54
ПРОХОЖДЕНИЕ ТОКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ	54
<i>Опыт 84. Демонстрация проводимости тока различными веществами</i>	54
<i>Опыт 85. Демонстрация проводимости тока человеческим телом</i>	55
P-N-ПЕРЕХОД. ДИОД	55
<i>Опыт 86. Демонстрация односторонней проводимости диода</i>	55
<i>Опыт 87. Определение прямого сопротивления диода</i>	56
<i>Опыт 88. Демонстрация разности потенциалов запирающего слоя p-n-перехода кремниевого диода</i>	56
<i>Опыт 89. Построение вольтамперной характеристики кремниевого диода</i>	57

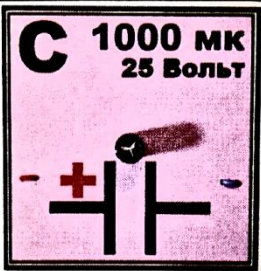
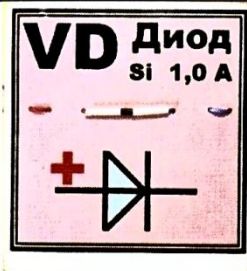
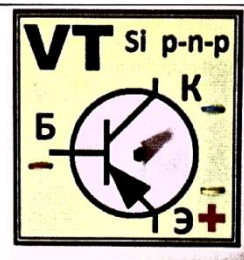
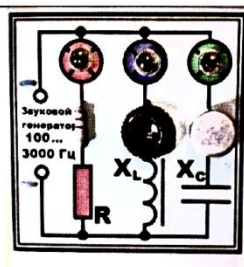
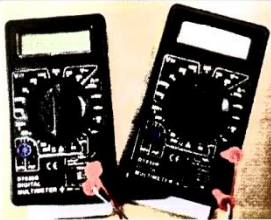
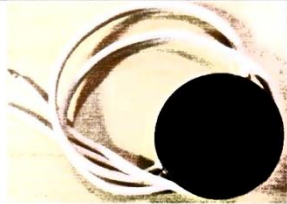
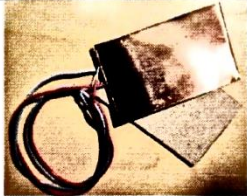
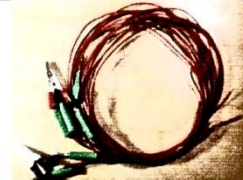
ЗАДАЧИ ЕГЭ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШУНТИРУЮЩЕГО И ОГРАНИЧИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ДИОДОВ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ	58
<i>Опыт 90. Задача 1</i>	58
<i>Опыт 91. Задача 2</i>	58
<i>Опыт 92. Задача 3</i>	58
<i>Опыт 93. Задача 4</i>	59
<i>Опыт 94. Задача 5</i>	59
<i>Опыт 95. Задача 6</i>	60
ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	60
<i>Опыт 96. Демонстрация однополупериодного выпрямления переменного тока</i>	60
<i>Опыт 97. Демонстрация двухполупериодного выпрямления переменного тока двумя диодами</i>	61
<i>Опыт 98. Демонстрация двухполупериодного выпрямления переменного тока четырьмя диодами</i>	61
<i>Опыт 99. Демонстрация светодиода в цепи постоянного и переменного тока</i>	62
ТРАНЗИСТОР. ФОТОРЕЗИСТОР. ТЕРМОРЕЗИСТОР	62
<i>Опыт 100. Демонстрация исправности р-п-переходов транзистора</i>	62
<i>Опыт 101. Демонстрация управляющего действия базового тока транзистора коллекторным током</i>	63
<i>Опыт 102. Демонстрация импульсного режима работы транзистора</i>	63
<i>Опыт 103. Демонстрация работы транзистора как усилителя</i>	64
<i>Опыт 104. Решение экспериментальных задач с использованием транзистора</i>	64
<i>Опыт 105. Демонстрация принципа работы фоторезистора</i>	65
<i>Опыт 106. Демонстрация принципа работы фотореле</i>	65
<i>Опыт 107. Демонстрация принципа работы терморезистора</i>	66
<i>Опыт 108. Демонстрация принципа работы термореле</i>	67
<i>Опыт 109. Изучение принципа работы модели реле времени</i>	67
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	68
<i>Опыт 110. Демонстрация тока самоиндукции</i>	68
<i>Опыт 111. Демонстрация принципа работы электромагнитного телефона (или динамической головки – громкоговорителя)</i>	69
<i>Опыт 112. Демонстрация принципа работы электромагнитного микрофона</i>	69
АКТИВНОЕ, ИНДУКТИВНОЕ, ЁМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ	70
<i>Опыт 113. Демонстрация проводимости активным сопротивлением постоянного и переменного тока</i>	70
<i>Опыт 114. Демонстрация особенностей роли конденсатора в цепи постоянного и переменного тока</i>	71
<i>Опыт 115. Демонстрация зависимости ёмкостного сопротивления конденсатора от частоты переменного тока</i>	71
<i>Опыт 116. Построение графика зависимости ёмкостного сопротивления конденсатора от частоты переменного тока</i>	72
<i>Опыт 117. Определение ёмкости конденсатора</i>	72
<i>Опыт 118. Демонстрация катушки в цепи постоянного и переменного тока</i>	73

Опыт 119. Демонстрация зависимости индуктивного сопротивления катушки от частоты переменного тока	73
Опыт 120. Построение графика зависимости индуктивного сопротивления катушки от частоты переменного тока	74
Опыт 121. Сравнительный анализ графиков зависимости ёмкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока	74
Опыт 122. Определение индуктивности катушки	75
Опыт 123. Демонстрация явления резонанса в последовательном колебательном контуре	75
Опыт 124. Демонстрация явления резонанса в параллельном колебательном контуре	75
Опыт 125. Построение графика зависимости силы тока от частоты в параллельном колебательном контуре	76
Опыт 126. Построение графика зависимости силы тока от частоты в последовательном колебательном контуре	76
Опыт 127. Сравнительный анализ графиков зависимости силы тока от частоты в последовательном и параллельном колебательных контурах	76
Опыт 128. Демонстрация разделения токов различных частот активным, индуктивным и ёмкостным сопротивлениями	77

КОНСТРУКЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ КОМПЛЕКТА «ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПО ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ»

Детали комплекта

1	 Лампа накаливания 1,8 Вт – 1 шт.	2	 Лампа накаливания 3 Вт – 3 шт.	3	 Резистор 5 Ом – 1 шт.
4	 Резистор 10 Ом – 2 шт.	5	 Резистор 15 Ом – 1 шт.	6	 Резистор 20 Ом – 1 шт.
7	 Резистор 30 Ом – 1 шт.	8	 Резистор 1 кОм – 1 шт.	9	 Переменный резистор 47 Ом – 1 шт.
10	 Терморезистор – 1 шт.	11	 Фоторезистор – 1 шт.	12	 Конденсатор 100 мкФ – 1 шт.

13	 Конденсатор 1000 мкФ – 1 шт.	14	 Конденсатор 4700 мкФ – 1 шт.	15	 Диод – 2 шт.
16	 Светодиод – 1 шт.	17	 Транзистор n-p-n-типа – 1 шт.	18	 Транзистор p-n-p-типа – 1 шт.
19	 Катушка - индуктивное сопротивление – 1 шт.	20	 Конденсатор – емкостное сопротивление – 1 шт.	21	 Приставка для демонстрации R, XL и XC - 1 шт.
22	 Мультиметр – 2 шт.	23	 Телефонный капсюль ТОН-2 (телефон-микрофон)	24	 Приставка с фехрелевым и нихромовым проводниками – 1 шт.
25	 Медная и цинковая пластины	26	 Проводники соединительные – 12 шт.	27	 Источник питания 4,5 В



а)



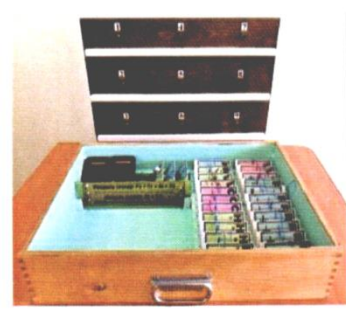
б)



в)



г)



д)



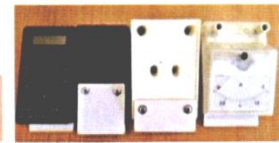
е)



ж)



з)



и)

Фото а) – внешний вид упаковочной коробки комплекта.

Фото б) – содержимое комплекта.

Фото в) – приоткрытый вид коробки комплекта.

Фото г) – комплектация комплекта для основной школы (открытая коробка с деталями).

Фото д) – комплектация комплекта для средней школы (открытая коробка с деталями).

Фото е) – в качестве источника питания можно использовать регулируемые стационарные источники постоянного и переменного тока до 12 В; используются демонстрационные измерительные приборы кабинета физики.

Фото ж), и) – в качестве источника питания постоянного тока можно использовать гальванические элементы и аккумуляторы до 10 В. Необходимое напряжение можно получить последовательным соединением нескольких элементов. Удобны для использования так называемые «квадратные» батарейки 4,5 В типа 3R12.

В качестве измерительных приборов также можно использовать лабораторные амперметры, вольтметры, миллиамперметры или цифровые мультиметры, к нижней части которых можно прикрепить жесткие пластины (рис. 3) для установления в пазах демонстрационной панели.

Достоинства комплекта:

- вариативность – минимум деталей, максимум возможностей;
- простота технологии сборки и её тиражируемость;
- динамичность постановки экспериментов по цепочке познания: «наблюдение – гипотеза – эксперимент – вывод»;
- экономия учебного времени вследствие быстроты сборки схем.

Выдержки из отзывов учителей-практиков

1. «Данные комплекты по электродинамике для демонстрационных опытов и лабораторных работ являются существенным расширением программы по теме «Электродинамика» и дают богатый материал для внеклассных занятий. Я думаю, что данные комплекты наиболее оптимальны в условиях Республики Саха».

Егоров А.А., учитель физики Верхневилуйской республиканской гимназии М.А. Алексеева, заслуженный учитель РФ.

2. «Наборы, представленные авторской школой Народного учителя СССР Головина П.П., позволяют проводить с учениками большой спектр лабораторных работ и практикумов по электродинамике. Чёткое, грамотное, логичное описание работ позволяют учителю сэкономить время, школьникам - без особого труда разобраться в построении и сборке электрических цепей. Комплекты позволяют организовать фронтальную, групповую и индивидуальную работу, а также проводить простые опыты, лабораторные работы и научные исследования или создавать проекты».

А.И. Семке, заслуженный учитель Кубани, Учитель года-2000, Лауреат премии «Династия», лауреат премии Януша Корчака, победитель конкурса «Мужская профессия-2020».

3. «Благодаря вашим комплектам мы занимаем призовые места на всех конкурсах». СОШ № 115 г. Красноярск. А.П. Грязева.

4. «Я работаю в нескольких аулах. Ваши пособия вожу с собой на велосипеде. Я их немного приспособил к нашим условиям». Башкортостан. И.Р. Канафин.

5. «Про вашу методику скажу: ПРОСТОТА – ВЕЛИКАЯ СИЛА!» Курсы в МИОО, Москва. Т.П. Зарецкая.

6. «Если бы ваши книги мне попались в студенческие годы, неизвестно, как сложилась бы моя жизнь». Оренбургская обл., В.Н. Рудаков.

7. «Эффект комплектов Головина в Кишиневе выше эффекта горячих пирожков!». Виорел Боканча, профессор Тираспольского госпедуниверситета, автор учебников по физике.

8. «Вы мне на курсах в Чебоксарах объяснили электродинамику и то, как работает транзистор. Я объяснила своему сыну-семикласснику Васе. Он теперь директор радиоэлектронного завода». Г. Цивильск, Г.Г. Павлова.

9. «Мои внуки живут на Ямайке. Пришлите, пожалуйста, ваши комплекты. Я их перешлю им, чтобы знали физику». Москва, учительница начальных классов А.И. Казакова.

10. «Ваши книги протерлись до дыр. Они для нас настольные. Вышлите, пожалуйста, ещё». Авиационный колледж, Самара. Н.Г. Мальцев.

11. «У меня нет своего кабинета. Куда завуч пошлет, иду туда проводить физику с вашими комплектами». Москва. Надежда Васильевна.

12. «Я вашими пособиями пользуюсь на уроках физики, технологии, во внеклассной работе. Такие классные!». Казахстан, Петропавловск, В.И. Разумов.

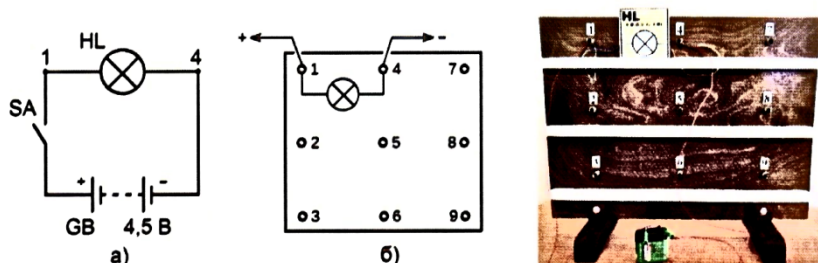
13. «Петр Петрович! Ты своими комплектами всю электродинамику охватил. Там уже нечего копать». А.И. Сенькин, заслуженный учитель школы РФ, Ульяновск.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Опыт 1. Знакомство с составными частями простейшей электрической цепи.

Оборудование: демонстрационная макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; источник питания (можно использовать «квадратную» батарею 4,5 В); ключ; соединительные провода - 3 шт.

Соберите простейшую электрическую цепь (рис. а, б, фото) и определите её составные части: источник электрической энергии (батарея), потребитель электрической энергии (лампа), линию связи (соединительные провода), коммутационные устройства (выключатель).

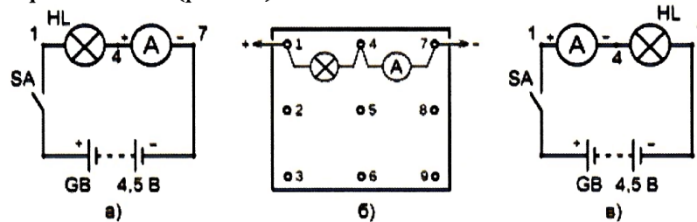


Опыт 2. Измерение силы тока в электрической лампе.

Оборудование: демонстрационная макетная панель; демонстрационный амперметр; лампа 6 В х 0,5 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите электрическую цепь (рис. а, б) и измерьте силу тока в лампе. Обратите внимание на полярность включения амперметра в электрическую цепь.

2. Изменится ли сила тока в цепи, если амперметр и лампу поменять местами? Ваш вывод проверьте экспериментом (рис. в).

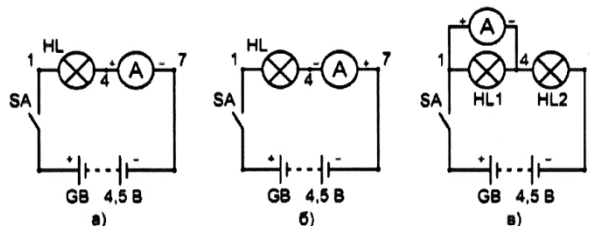


3. Исклучите амперметр из цепи и соедините лампу непосредственно с источником тока. Обратите внимание на то, что при этом накал лампы не изменяется. Это свидетельствует о том, что амперметр, включаемый в электрическую цепь последовательно, вследствие малого сопротивления (менее 0,1 Ом) не оказывает заметного влияния на её параметры.

Опыт 3. Демонстрация примеров неправильного включения амперметра в цепь.

Оборудование: демонстрационная макетная панель; демонстрационный амперметр; лампа 6 В х 0,5 А – 2 шт.; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и измерьте силу тока в лампе.
2. Измените полярность включения амперметра (рис. б) и ненадолго замкните цепь. Обратите внимание на то, что стрелка прибора теперь отклоняется влево, что недопустимо.



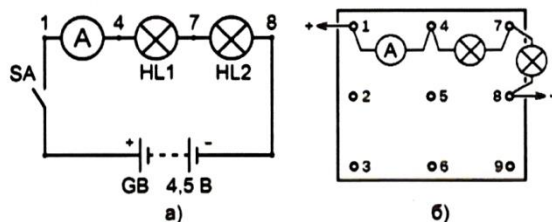
3. Включите амперметр параллельно к лампе HL1 (рис. в). Обратите внимание на то, что лампа HL1 гаснет, а амперметр показывает силу тока в лампе HL2, которая загорается ярче.

Вывод: амперметр, обладающий малым сопротивлением, включается в электрическую цепь только последовательно с измеряемым участком, с обязательным соблюдением полярности выводов!

Опыт 4. Измерение силы тока в двух последовательно соединённых лампах.

Оборудование: демонстрационная макетная панель; демонстрационный амперметр; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

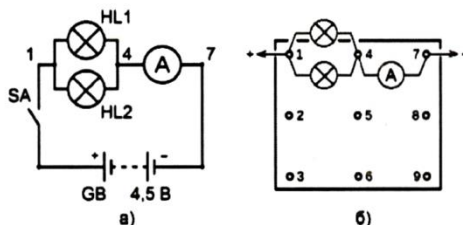
Измерьте силу тока в двух последовательно соединённых лампах (рис. а, б) и сравните её с силой тока в одной лампе (опыт 2).



Опыт 5. Измерение силы тока в двух параллельно соединённых лампах.

Оборудование: демонстрационная макетная панель; демонстрационный амперметр; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

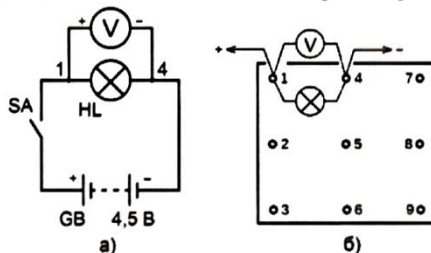
Измерьте силу тока в двух параллельно соединённых лампах (рис. а, б) и сравните её с силой тока в одной лампе (опыт 2) и силой тока в двух последовательно соединённых лампах (опыт 4).



Опыт 6. Измерение напряжения на лампе.

Оборудование: макетная панель; демонстрационный вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б) и измерьте напряжение на лампе.
2. Не выключая источника питания, исключите вольтметр из цепи. Обратите внимание, что яркость лампы при этом не изменилась. Это свидетельствует о том, что вольтметр, включаемый к измеряемому участку параллельно, вследствие большого сопротивления не оказывает заметного влияния на параметры цепи.



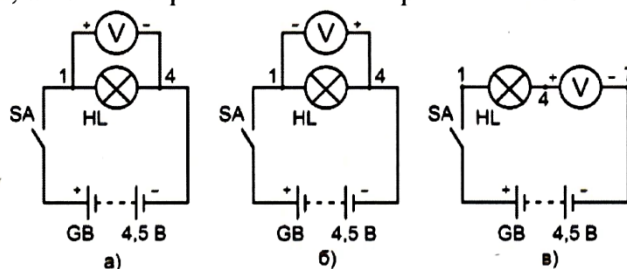
Вопросы.

1. Чем отличается способ включения вольтметра от способа включения амперметра в электрическую цепь?
2. Какую полярность включения вольтметра в электрическую цепь нужно соблюдать?

Опыт 7. Демонстрация примеров неправильного включения вольтметра.

Оборудование: демонстрационная макетная панель; демонстрационный вольтметр; лампа 6 В х 0,5 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и измерьте напряжение на лампе.
2. Измените полярность включения вольтметра (рис. б) и ненадолго замкните цепь. Обратите внимание на то, что стрелка прибора отклоняется влево, что недопустимо.
3. Включите вольтметр последовательно с лампой (рис. в) и обратите внимание на то, что лампа гаснет, а вольтметр показывает напряжение источника питания.



Вывод: вольтметр, обладающий большим сопротивлением, включается в электрическую цепь параллельно измеряемому участку с обязательным соблюдением полярности выводов!

Опыт 8. Одновременное измерение силы тока и напряжения.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; лампа 6 В х 0,5 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите электрическую цепь (рис. а, б).
2. Измерьте силу тока в лампе при трёх разных значениях напряжения на ней. Результаты наблюдения занесите в таблицу.
3. По таблице установите закономерность зависимости силы тока в цепи от величины прикладываемого напряжения.

Вывод: чем больше напряжение на участке цепи, тем больше сила тока в нём.

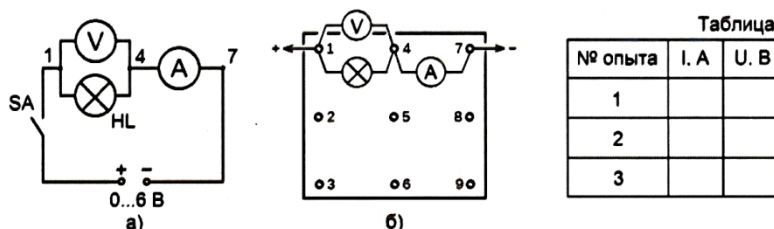
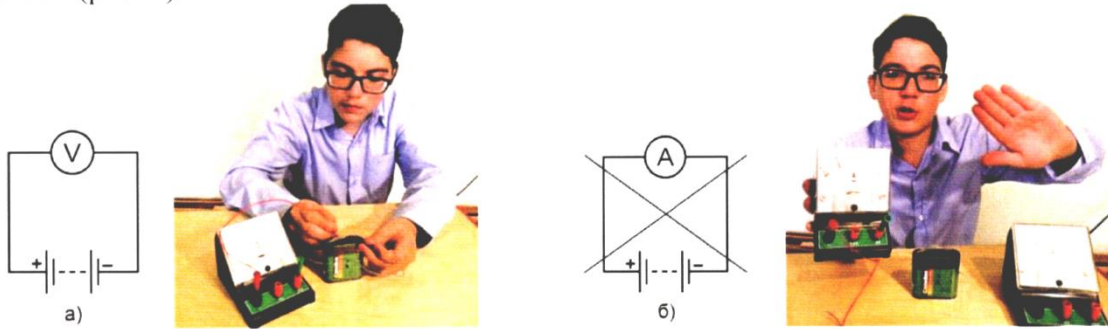


Таблица		
№ опыта	I, А	U, В
1		
2		
3		

Опыт 9. Измерение напряжения источника тока.

Оборудование: вольтметр; ключ; источник питания; соединительные провода - 3 шт.

Включите вольтметр непосредственно к выводам источника питания и следите за его показанием (рис. а).



Вопрос. Можно ли амперметр как вольтметр включать непосредственно к источнику тока (рис. б)?

Выводы.

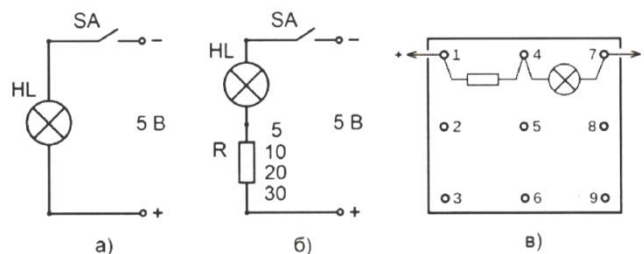
1. Амперметр, обладающий малым сопротивлением (менее 0,1 Ом), включается последовательно с измеряемым участком.
2. Вольтметр, обладающий большим сопротивлением (несколько тысяч Ом), включается параллельно измеряемому участку.
3. Вольтметр, включенный непосредственно к выводам источника питания при отсутствии внешнего участка, показывает выходное напряжение источника тока (электродвижущую силу).

ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

Опыт 10. Демонстрация влияния электрического сопротивления проводников на силу тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В x 0,3 А; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите электрическую цепь (рис. а) и запомните яркость лампы.
2. Последовательно с лампой поочерёдно включайте резисторы сопротивлениями 5 Ом, 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом (рис. б, в). Следите за тем, как меняется яркость лампы при включении в цепь того или иного проводника при неизменном выходном напряжении источника тока 5 В.



3. Сделайте вывод о том, как сила тока в цепи при неизменном напряжении зависит от сопротивления участка: чем больше сопротивление, тем меньше сила тока.

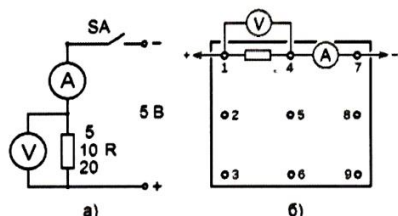
Опыт 11. Демонстрация закона Ома для участка цепи.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 20 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите электрическую цепь (рис. а, б), в которую поочерёдно включайте проводники (резисторы) сопротивлениями 5 Ом, 10 Ом, 20 Ом, поддерживая напряжение источника питания 5 В.

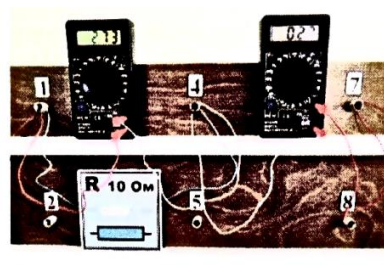
2. Для каждого опыта значения напряжения, силы тока, сопротивления проводника занесите в таблицу.

3. По результатам эксперимента убедитесь в справедливости закона Ома для участка цепи $I = U/R$.



Таблица

№ опыта	U, В	R, Ом	I, А
1			
2			
3			



Опыт 12. Демонстрация зависимости сопротивления проводника от длины.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; приставка с фехральной и нихромовой проволоками; лампа 6 В x 0,3 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

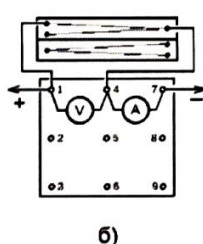
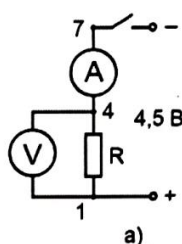
1. Соберите цепь (рис. а, б), где в качестве проводника R используйте приставку с фехральной проволокой (выводы 1-2-3).



2. Занесите в таблицу показания измерительных приборов при длине проводника L (25 см, выводы 1-2) и удвоенной длине 2L (50 см, выводы 1-3) при неизменном напряжении на нём 4 В.

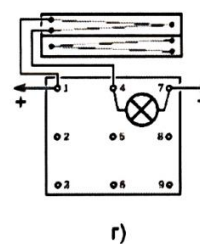
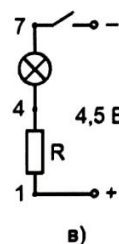
3. Вычислите сопротивление для каждого случая и сделайте вывод о том, как оно зависит от длины проводника.

4. Повторите опыт без измерительных приборов, включив последовательно с исследуемым проводником лампу накаливания (рис. в, г). Выходное напряжение источника питания установите так, чтобы при использовании всей длины проводника (выводы 1-3) лампа горела еле заметным накалом. Об уменьшении сопротивления проводника при уменьшении его длины судите по увеличению яркости лампы.



Таблица

Длина	U, В	I, А	R, Ом
L			
2L			



Опыт 13. Демонстрация зависимости сопротивления проводника от сечения.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; приставка с фехральной и нихромовой проволоками; лампа 6 В х 0,3 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

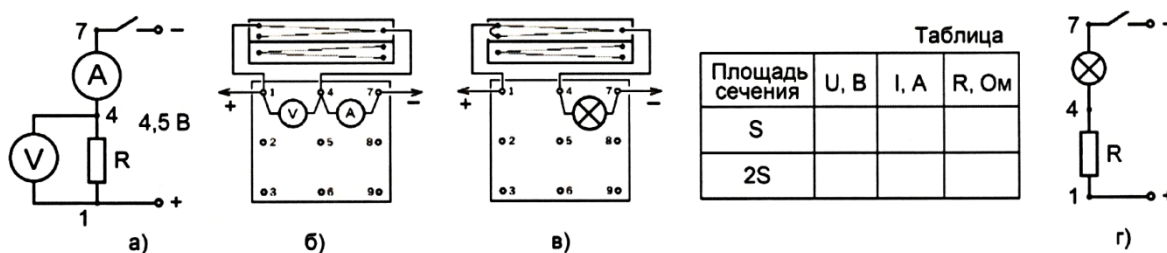
1. Соберите цепь (рис. а, б), где в качестве проводника R используйте приставку с фехральной и нихромовой проволоками.

2. По показаниям приборов вычислите сопротивление проводника при площади сечения S и длине $L=25$ см (используются выводы 1 и 2, рис. б) и удвоенной площади сечения $2S$ (используются выводы 1 и 3, соединенные вместе коротким проводником, и вывод 2 (рис. в) при неизменной длине L . Результаты опыта занесите в таблицу.

Сделайте вывод о том, как сопротивление проводника зависит от его площади сечения.

3. Повторите опыт без измерительных приборов, включив последовательно с исследуемым проводником лампу накаливания (рис. г). Выходное напряжение источника питания установите так, чтобы при сечении проводника S лампа горела еле заметным накалом.

Об уменьшении сопротивления проводника при увеличении его сечения судите по усилению накала лампы.



Опыт 14. Определение удельного сопротивления проводника.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; приставка с фехральной и нихромовой проволоками; лампа 6 В х 0,3 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

Примечание. Изначально предполагается, что материалы проводников неизвестны (перед демонстрацией соответствующие надписи заклеиваются, например, изолянтной).

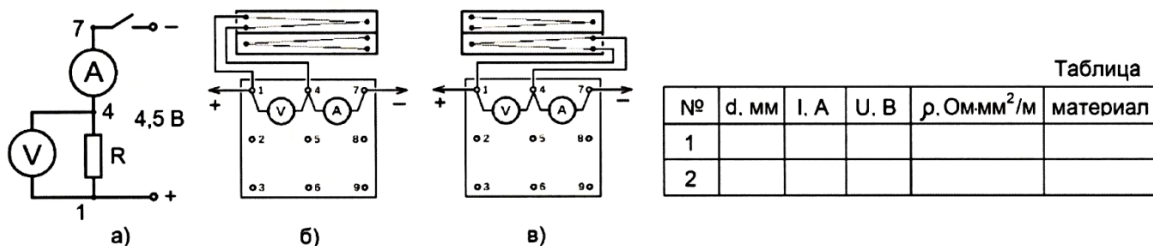
1. Соберите цепь (рис. а, б), где в качестве участка R используйте 50 см (25 см + 25 см) провода №1 (фехраль).

2. Длину провода, его диаметр и показания амперметра с вольтметром занесите в первую строку таблицы.

3. Вычислите удельное сопротивление проводника №1.

4. Повторите действия пунктов 1-3 с проводом №2 (нихром). Числовые значения эксперимента занесите в таблицу второй строкой.

5. По таблице удельных электрических сопротивлений веществ определите материалы, из которых сделаны проводники. Откройте надписи на приставке и убедитесь в правильности результатов исследования.

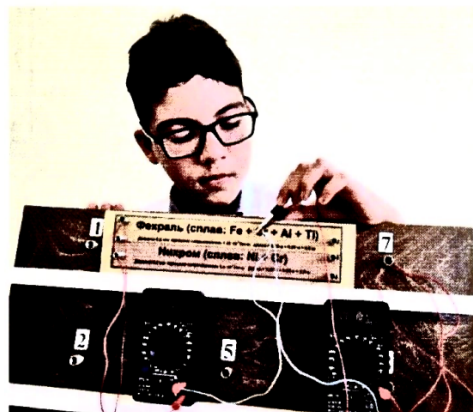
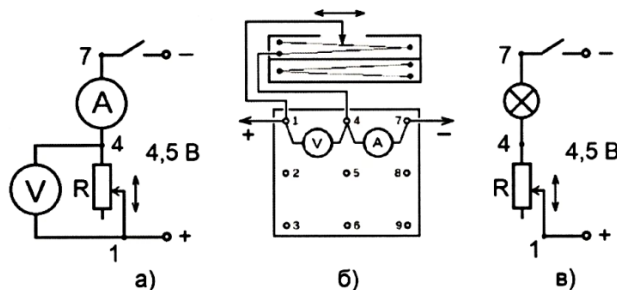


Опыт 15. Демонстрация принципа работы реостата.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; приставка с фехрелевой и нихромовой проволоками; лампа 6 В х 0,3 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 8 шт., в том числе один провод с зажимом типа «крокодил» для использования в качестве скользящего контакта.

1. Соберите цепь (рис. а, б). Перемещая свободный конец соединительного провода, включенного другим концом к клемме «плюс» источника тока, по поверхности провода приставки, следите за тем, как меняется сила тока (изменяется сопротивление цепи) при увеличении и уменьшении длины активной части фехрелевого провода.

2. Повторите опыт, заменив амперметр лампой накаливания (рис. в). Напряжение источника тока установите так, чтобы при использовании половины длины провода приставки (25 см) лампа горела еле заметным накалом. Во время опыта при увеличении длины провода (реостата) накал лампы усиливается, а при уменьшении - ослабевает.



Опыт 16. Демонстрация переменного резистора (реостата) как регулятора силы тока в цепи.

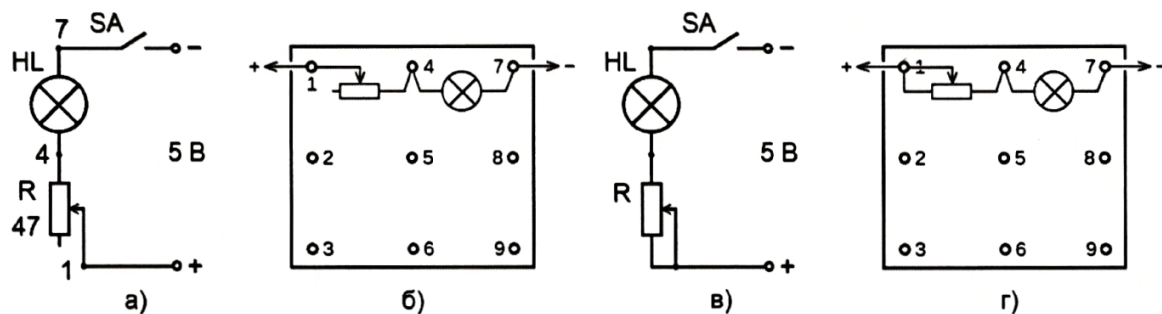
Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,3 А; переменный резистор сопротивлением 47 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь, соединив последовательно лампу и переменный резистор (рис. а, б). Обратите внимание на то, что переменный резистор включается в цепь одним из крайних выводов и средним выводом (движком).

2. Перемещая движок переменного резистора из одного крайнего положения до другого, следите за изменением яркости лампы.

3. Повторите опыт, включив переменный резистор в цепь всеми тремя выводами (рис. в, г).

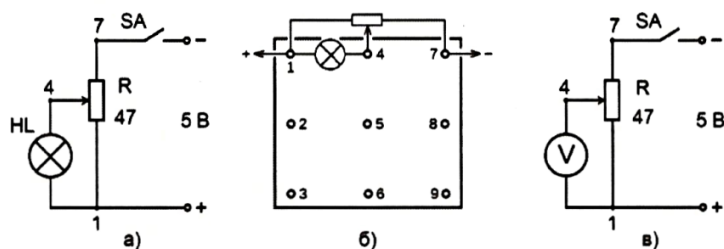
4. Сделайте вывод о том, почему и как можно использовать переменный резистор для увеличения и уменьшения силы тока в цепи.



Опыт 17. Демонстрация переменного резистора как регулятора напряжения.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,3 А; переменный резистор сопротивлением 47 Ом; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

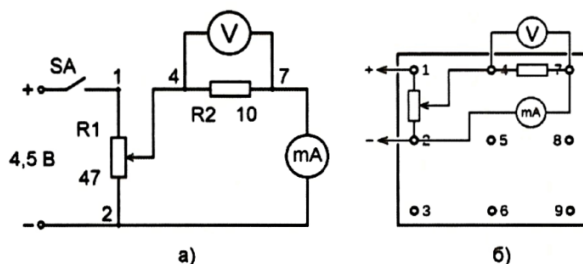
1. Соберите цепь (рис. а, б), где между движком и одним из крайних выводов переменного резистора включена лампа.
2. Меняя сопротивление резистора перемещением движка в ту или иную сторону, следите за изменением яркости лампы.
3. Повторите опыт, заменив лампу вольтметром (рис. в).
4. Объясните наблюдаемое явление.



Опыт 18. Построение графика зависимости силы тока от напряжения (вольтамперной характеристики участка цепи).

Оборудование: макетная панель; миллиамперметр, вольтметр, резистор 10 Ом; переменный резистор 47 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите электрическую цепь (рис. а, б), где в качестве проводника возьмите резистор сопротивлением 10 Ом.
2. Подавая на концы проводника напряжение до 1 В с шагом 0,2 В, фиксируйте силу тока в цепи. Результаты эксперимента занесите в таблицу.
3. Постройте график зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах (график вольтамперной характеристики).
4. Анализируя график, докажите, что $R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \operatorname{ctg} \alpha$



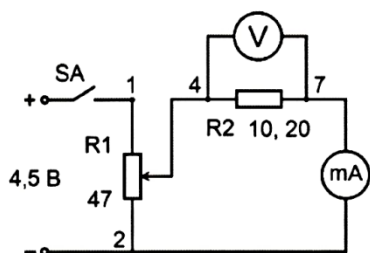
Таблица

U, В	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
I, А						

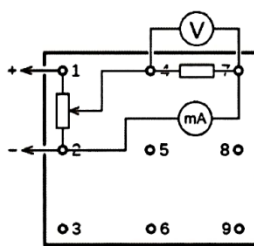
Опыт 19. Построение графика зависимости силы тока от напряжения для двух проводников с разными сопротивлениями.

Оборудование: макетная панель; миллиамперметр, вольтметр, резистор 10 Ом, 20 Ом; переменный резистор 47 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б), поочерёдно используя резисторы сопротивлениями 10 Ом и 20 Ом.
2. Подавая на концы проводника напряжение до 1 В с шагом 0,2 В, фиксируйте силу тока в цепи для каждого участка. Результаты эксперимента занесите в таблицу.
3. Постройте графики вольтамперной характеристики двух участков на одних и тех же координатных осях IU .
4. Анализируйте графики:
 - запишите на основе закона Ома для участка цепи уравнения графиков $I = f(U)$.
 - определите сопротивления участков по их графикам;
 - докажете, что сопротивления участков равны котангенсам углов между прямой вольтамперной характеристики участка и осью напряжений $R = \text{ctg}\alpha$.



а)



б)

		Таблица					
U, В		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
I, А	R=10 Ом						
	R=20 Ом						

Задачи ОГЭ и ЕГЭ на закон Ома для участка цепи для демонстрационного, экспериментального решения

Опыт 20. Задача 1.

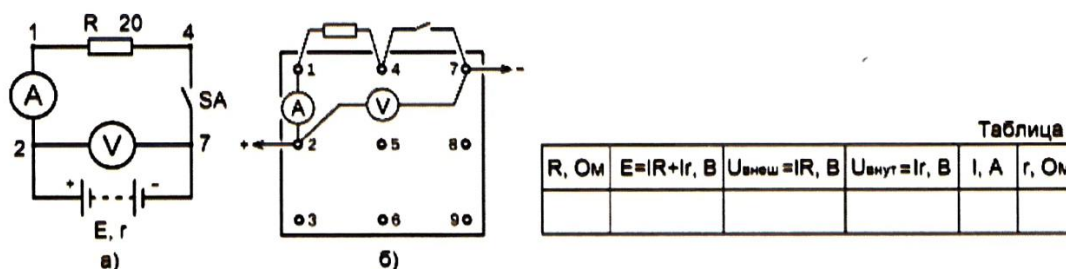
Условие. Полная цепь состоит из внешнего участка сопротивлением R и внутреннего участка сопротивлением r , которые соединены последовательно. Идеальный вольтметр, включенный непосредственно к источнику питания (рис. а), при выключенном ключе показывает ЭДС батареи $E = IR + Ir$. Если включить внешний участок R через идеальный амперметр, вольтметр покажет напряжение на внешнем участке цепи, которое меньше первоначального показания на $Ir = E - IR$.

Определите экспериментальным способом ЭДС, напряжение на резисторе R , силу тока в цепи I , внутренне сопротивление r .

Оборудование: макетная панель; амперметр, вольтметр, резистор 20 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 8 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и установите все искомые величины, данные занесите в таблицу.

Последовательность ваших действий определите из условия задачи.



Опыт 21. Задача 2.

Условие. Для исследования силы тока, протекающего через резистор неизвестным сопротивлением R_2 , от напряжения на нем была собрана электрическая цепь (рис. а). Переменный резистор R_1 служит для регулирования напряжения. На какую величину ΔU необходимо увеличить напряжение для увеличения силы тока на $\Delta I = 0,1$ А? Приборы считать идеальными.

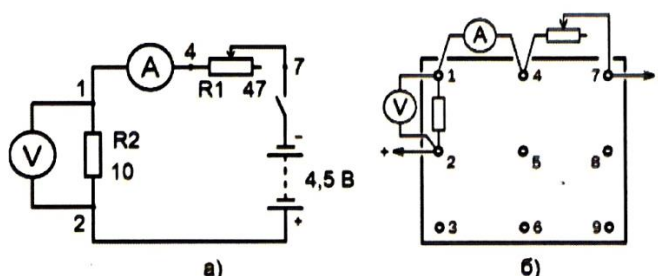
Оборудование: макетная панель; амперметр, вольтметр, резистор 10 Ом; переменный резистор 47 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите электрическую цепь, где обозначение резистора 10 Ом, сопротивление которого считается неизвестным, закройте ширмой.
2. Переменным резистором R_1 установите силу тока 0,2 А через резистор R_2 при некотором напряжении на нем U_2 , которое показывает вольтметр.
3. На какую величину ΔU надо увеличить напряжение для увеличения силы тока в цепи до 0,3 А?
4. Сопротивление участка R_2 вычислите по показаниям приборов согласно закону Ома для участка цепи: $R = \frac{U}{I}$.

Уберите ширму над резистором и убедитесь в правильности расчета с учетом погрешностей приборов и резистора.

Искомое значение увеличения напряжения вычислите по формуле: $\Delta U = \Delta IR = \frac{\Delta IU}{I}$.

5. Справедливость вашего вычисления подтвердите экспериментом.
6. Для закрепления технологии решения аналогичных задач замените резистор R_2 резистором с другим сопротивлением (например, 15 Ом) и вычислите ΔU при другом значении ΔI .



Опыт 22. Задача 3.

Условие. По аналогии с задачей предыдущего опыта составьте условие, в котором необходимо определить величину ΔI для увеличения показания вольтметра на ΔU при первоначально неизвестном сопротивлении резистора R_2 . Решите задачу аналитически и подтвердите правильность экспериментом.

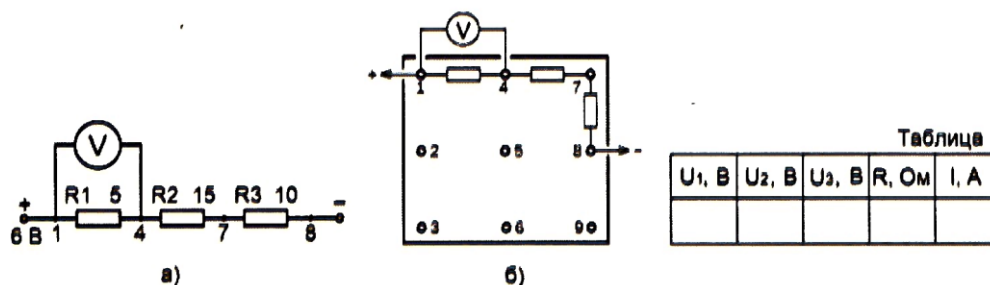
Оборудование: макетная панель; амперметр, вольтметр, резистор 10 Ом; переменный резистор 47 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 7 шт.

Опыт 23. Задача 4.

Условие. Вольтметр, подключенный к резистору сопротивлением 5 Ом (рис. а) показывает некоторое напряжение. Вычислите аналитически напряжения на участках R2 и R3, не подключая к ним вольтметра. Вычислите также сопротивление всей цепи и силу тока в ней.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода – 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а). Численные данные эксперимента заносите в таблицу.
2. По показанию вольтметра и известному сопротивлению участка R1 вычислите силу тока в цепи и напряжения на участках R2, R3, общее сопротивление R и силу тока в цепи.
3. Истинность результатов вычислений проверьте экспериментально, включив в цепь амперметр.



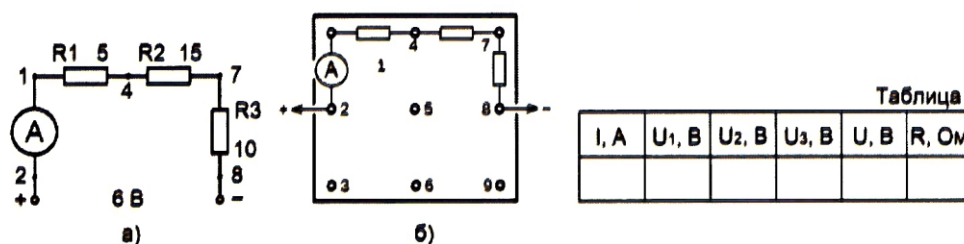
Опыт 24. Задача 5.

Условие. Амперметр, включенный в последовательную цепь, составленную из трех участков R1-R3 известными сопротивлениями, показывает некоторую силу тока. Определите напряжения, приходящиеся на участки, общее напряжение на всей цепи и общее сопротивление участков.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода – 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а). Числовые данные эксперимента заносите в таблицу.
2. По показанию амперметра, согласно закону Ома для участка цепи, аналитически вычислите: напряжения на резисторах R1, R2, R3 известными сопротивлениями, общее напряжение U и общее сопротивление R цепи.
3. Истинность результатов вычислений проверьте экспериментально, используя вольтметр.

Примечание. Измерительные приборы считать идеальными.



Опыт 25. Задача 6.

Условие. Цепь (рис. а) состоит из трех последовательно соединенных резисторов, подключенных к источнику напряжением 6 В. Напряжение на концах участка R3, сопротивление которого неизвестно, равно показанию вольтметра. Найдите силу тока в цепи, сопротивление R3 и напряжения U1 на R1 и U2 на R2, сопротивления которых указаны на схеме.

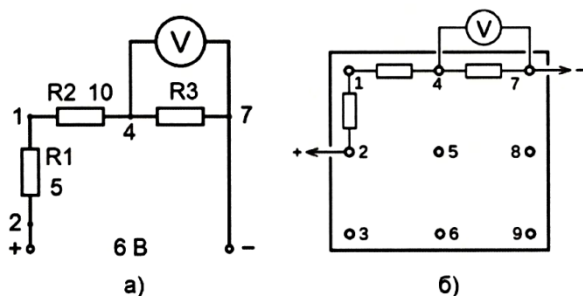
Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода – 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а), где значение сопротивления R3 15 Ом закройте ширмой. Числовые данные эксперимента заносите в таблицу.

2. Зная общее напряжение U, определите напряжение на первых двух участках $U_1 = U - U_3$.

3. Вычислите силу тока в цепи: $I = \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2}$.

4. По закону Ома для участка цепи определите остальные величины и заполните таблицу.



Таблица

U, В	U ₁ , В	U ₂ , В	U ₃ , В	R, Ом	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	I, А

Опыт 26. Задача 7.

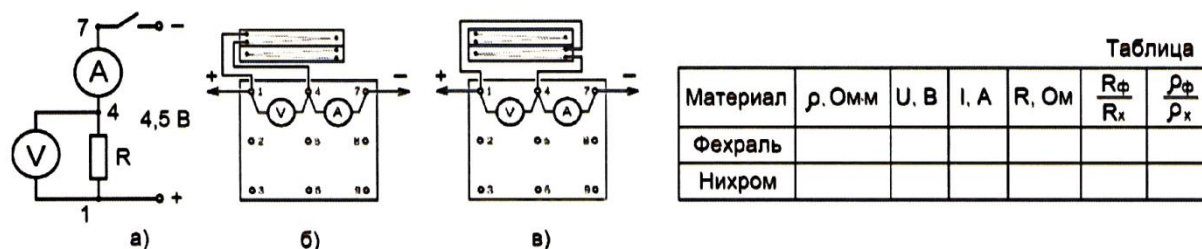
Условие. Зная удельные сопротивления проводников из фехраля и нихрома (указаны на панели), вычислите, как соотносятся их сопротивления $R_{\text{ф}}/R_{\text{х}}$ в зависимости от их удельных сопротивлений при одинаковой длине и площади поперечного сечения.

Вашу гипотезу проверьте, измерив их сопротивления согласно рис. а или измерив омметром.

Результаты измерений занесите в таблицу.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; панель с фехральной и нихромовой проволоками одинаковой длины и диаметра; источник питания; ключ; соединительные провода – 6 шт.

1. Соберите цепь по рис. а, б и определите сопротивление фехрального проводника.
2. Соберите цепь по рис. а, в и определите сопротивление нихромового проводника.
3. Сравните отношения сопротивлений проводников $R_{\text{ф}}/R_{\text{х}}$ и удельных сопротивлений $\rho_{\text{ф}}/\rho_{\text{х}}$. Сделайте соответствующий вывод.

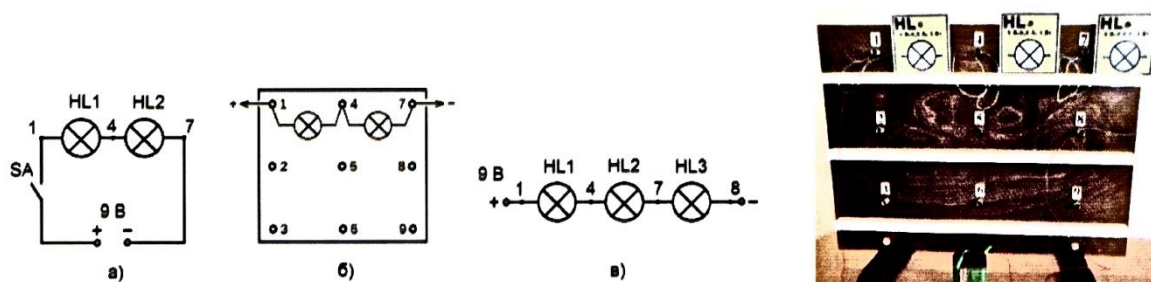


ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

Опыт 27. Демонстрация последовательного соединения проводников.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А - 3 шт.; источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь из двух последовательно соединённых электрических ламп (рис. а, б).
2. Соберите цепь из трёх последовательно соединённых ламп (рис. в).
3. Исключите одну из трёх ламп из цепи (рис. в), не отключая цепь питания. Объясните наблюдаемое явление.

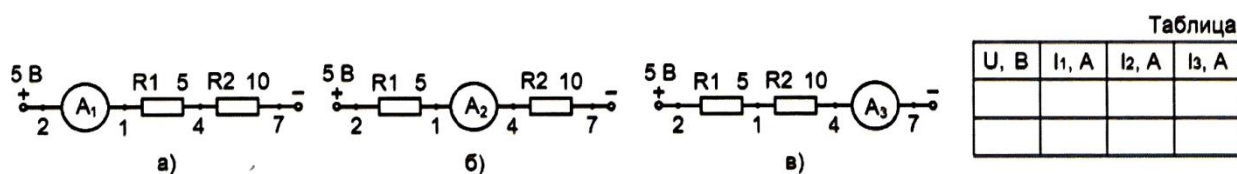


Примечание. Для контроля за силой тока в цепи последовательно с лампами можно включить амперметр.

Опыт 28. Измерение силы тока в различных частях последовательной цепи.

Оборудование: макетная панель; резисторы 5 Ом и 10 Ом; амперметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

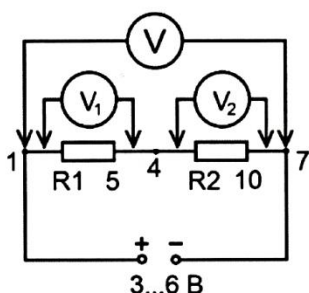
1. Соберите электрическую цепь из двух последовательно соединённых резисторов 5 Ом, 10 Ом и амперметра (рис. а).
2. Включая амперметр в разные участки цепи поочередно, измерьте силу тока в них (рис. б, в) при неизменном напряжении, например, 5 В. Показания приборов занесите в таблицу.
3. Повторите опыт при другом напряжении.
4. Сделайте вывод о том, что сила тока в различных частях последовательно соединённой цепи неизменна.



Опыт 29. Демонстрация распределения общего напряжения между отдельными участками последовательной цепи.

Оборудование: макетная панель; резисторы 5 Ом и 10 Ом; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите электрическую цепь из двух последовательно соединённых резисторов.
2. Измерьте напряжение на участках при двух разных напряжениях в пределах 3-6 В. Показания приборов занесите в таблицу.
3. Сделайте вывод о том, что при последовательном соединении общее напряжение распределяется между участками прямо пропорционально их сопротивлениям, а общее напряжение равно сумме напряжений на последовательно соединённых участках.



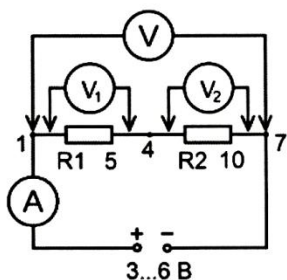
Таблица

№ опыта	U, В	U1, В	U2, В
1			
2			

Опыт 30. Демонстрация связи общего сопротивления последовательной цепи с сопротивлениями отдельных участков.

Оборудование: макетная панель; резисторы 5 Ом и 10 Ом; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите электрическую цепь из двух последовательно соединённых резисторов.
2. Измерьте силу тока в цепи и напряжение на участках, включая к ним поочередно вольтметр.
3. По показаниям амперметра и вольтметра по закону Ома вычислите сопротивление участков и общее сопротивление цепи при общем напряжении 3 В и 6 В. Результаты опыта занесите в таблицу.
4. По результатам экспериментов сделайте вывод о том, что при последовательном соединении общее сопротивление равно сумме сопротивлений участков.



Таблица

№ опыта	U, В	I, А	U1, В	U2, В	R1, Ом	R2, Ом	R, Ом
1							
2							

Вопросы.

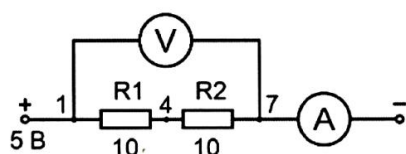
1. Зависит ли сопротивление проводника от силы тока в цепи?
2. Зависит ли сопротивление участка от напряжения на участке?

Опыт 31. Измерение общего сопротивления двух одинаковых последовательно соединённых резисторов.

Оборудование: макетная панель; резистор 10 Ом - 2 шт.; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите цепь из двух одинаковых последовательно соединённых резисторов.
 2. По показаниям приборов определите общее сопротивление цепи R и убедитесь в том, что оно в два раза больше сопротивления каждого из участков.
- Результаты опыта занесите в таблицу.

Примечание. Погрешность используемых в комплекте резисторов составляет 5%. Погрешности измерительных приборов в процентах указаны на их шкалах и паспортах.



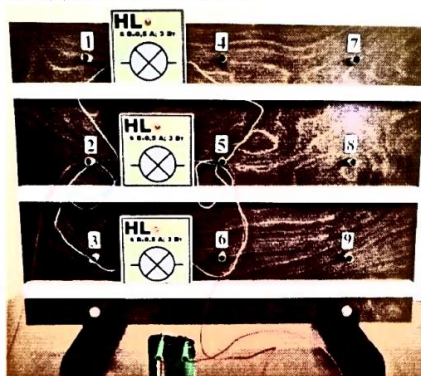
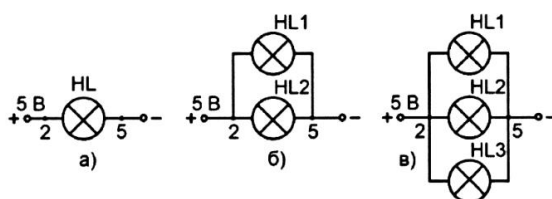
Таблица

R1, Ом	R1, Ом	R1, Ом	R2, Ом	R, Ом

Опыт 32. Демонстрация параллельного соединения проводников.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В x 0,5 А - 3 шт.; амперметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь из одной лампы и запомните яркость лампы (рис. а).
2. Включите поочередно параллельно первой лампе вторую (рис. б) и третью (рис. в). Обратите внимание на то, что яркость ламп при включении очередной лампы существенно не меняется. Объясните причину наблюдаемого явления.
3. Исклучите одну из ламп из цепи (рис. в). Обратите внимание на то, что оставшиеся лампы продолжают гореть. Объясните причину наблюдаемого явления.

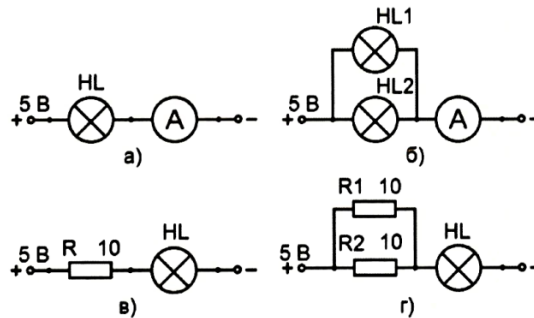


Опыт 33. Демонстрация роста силы тока в цепи при увеличении количества параллельно соединённых участков.

Оборудование: макетная панель; резистор 10 Ом - 2 шт.; лампа 6 В x 0,5 А - 2 шт.; амперметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и измерьте силу тока в лампе.
2. При том же напряжении источника питания включите вторую лампу параллельно первой (рис. б) и обратите внимание на то, что общая сила тока в цепи увеличилась. Объясните наблюдаемое явление.

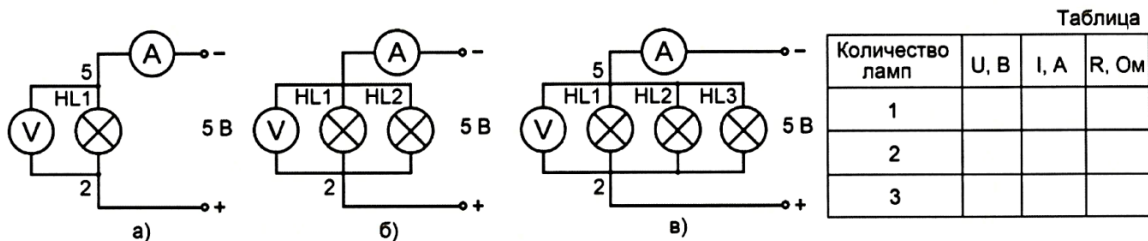
3. Повторите опыт, используя вместо ламп резисторы сопротивлениями 10 Ом, вместо амперметра - лампу (рис. в, г). Об увеличении силы тока при увеличении параллельно соединённых участков судите по усилению яркости лампы.



Опыт 34. Демонстрация уменьшения общего сопротивления цепи при параллельном соединении ламп.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А - 3 шт.; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом; амперметр; вольтметр; выпрямитель; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь по рисункам а, б, в. Показания приборов и занесите в таблицу.
2. По показаниям приборов вычислите сопротивление цепи.
3. Сравнивая общее сопротивление цепи в каждом случае, объясните причину его уменьшения с увеличением количества параллельно подключаемых участков.



Таблица

Количество ламп	U, В	I, А	R, Ом
1			
2			
3			

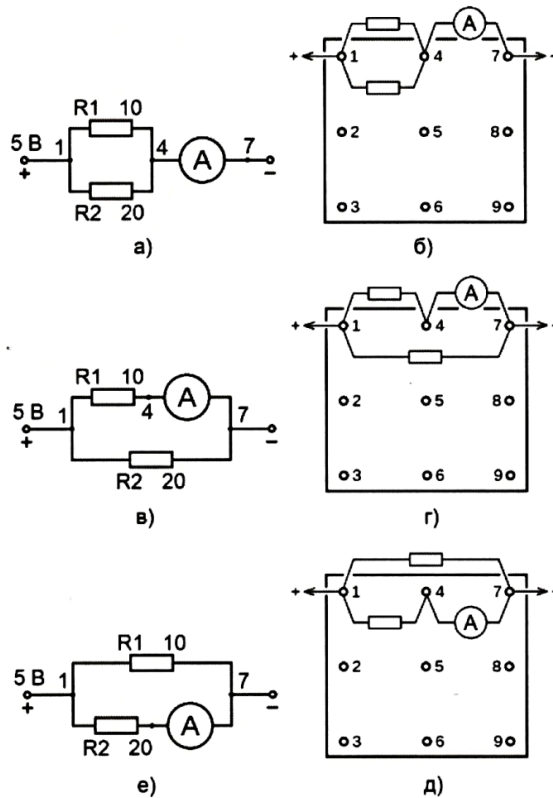
4. Выполните действия пунктов 1-3, заменив лампы резисторами 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом.

Опыт 35. Демонстрация распределения силы тока в цепи между параллельно соединёнными участками.

Оборудование: макетная панель; резисторы 10 Ом и 20 Ом; амперметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь из двух параллельно соединённых резисторов сопротивлениями 10 Ом, 20 Ом и измерьте силу тока I в неразветвленной части цепи (рис. а, б).
2. Измерьте силу тока I₁, I₂ в резисторах R₁ (рис. в, г) и R₂ (рис. д, е), составляющих параллельные участки разветвленной цепи.
3. Все измерения произведите при неизменном напряжении источника тока. Результаты опыта занесите в таблицу.
4. По результатам эксперимента установите связь между общим током и суммой токов в ветвях.

5. Обратите внимание на то, что при параллельном соединении при одинаковом напряжении на участках общий ток распределяется обратно пропорционально их сопротивлениям: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$.



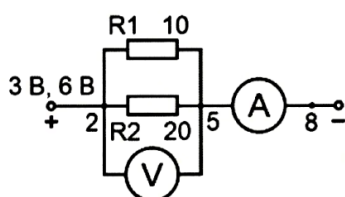
Таблица

U, В	I, А	I1, А	I2, А	I1+I2, А

Опыт 36. Измерение общего сопротивления двух параллельно соединённых участков.

Оборудование: макетная панель; резисторы 10 Ом и 20 Ом; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь из двух параллельно соединённых резисторов 10 Ом и 20 Ом.
2. Измерьте силу тока в общей цепи и напряжение на параллельно соединённом участке. По полученным данным вычислите общее сопротивление участка.
3. Опыт проведите дважды при напряжениях 3 В и 6 В. Результаты опытов занесите в таблицу.
4. Обратите внимание на то, что сопротивление двух параллельно соединённых участков меньше сопротивления каждого из них.



Таблица

№ опыта	U, В	I, А	R, Ом
1			
2			

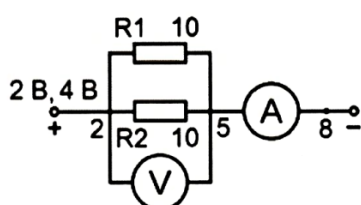
Опыт 37. Измерение общего сопротивления двух одинаковых параллельно соединённых резисторов.

Оборудование: макетная панель; резистор 10 Ом - 2 шт.; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) из двух одинаковых резисторов сопротивлением по 10 Ом.
2. По показаниям амперметра и вольтметра вычислите общее сопротивление резисторов.

Опыт повторите два раза при напряжениях 2 В и 4 В источника питания. Результаты опыта занесите в таблицу.

Анализируя результаты опыта, сделайте вывод о том, что сопротивление цепи, состоящей из двух одинаковых параллельно соединённых резисторов, в два раза меньше сопротивления каждого из них.



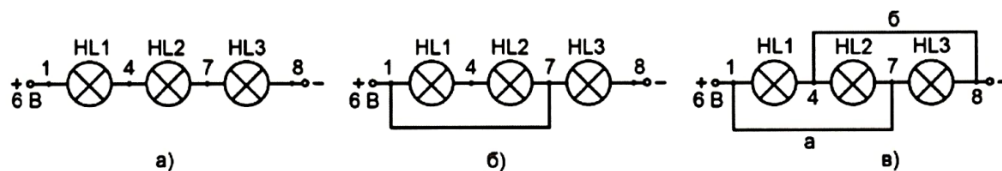
Таблица

№ опыта	U, В	I, А	R, Ом
1			
2			

Опыт 38. Демонстрация последовательного и параллельного соединения трёх ламп.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А - 3 шт.; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите последовательную цепь (рис. а) из трёх одинаковых ламп и запомните их яркость.
2. Не выключая цепь питания, проводником *а* соедините точку 1 с точкой 7 (рис. б).
3. Что изменилось в свечении ламп? Почему?
4. Соедините другим проводником *б* точку 4 с точкой 8 (рис. в). Как теперь соединены лампы?



Вопрос.

1. Почему при одном и том же напряжении питания лампы на рис. а горят тускло, а лампы на рис. б - ярко?
2. На каком из рисунков лампы соединены последовательно, а на каком параллельно?

Опыт 39. Демонстрация действия шунта.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; резисторы 15 Ом, 10 Ом, 5 Ом; амперметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а).

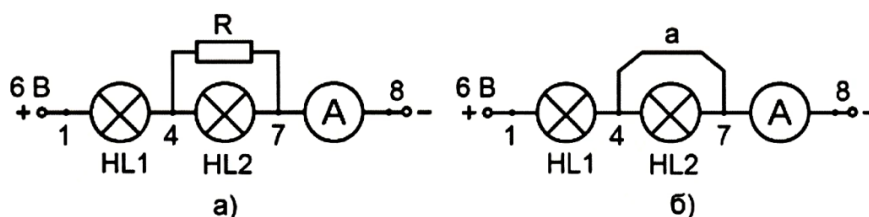
В качестве участка R, параллельно лампе HL2, поочерёдно включайте резисторы сопротивлением 15 Ом, 10 Ом, 5 Ом и следите за изменением яркости ламп и показанием амперметра. Объясните наблюдаемое явление.

2. Вместо резистора R, параллельно лампе HL2 (рис. б), включите кусок провода a с незначительным сопротивлением (шунт), которое можно принимать равным нулю.

Объясните наблюдаемое явление.

3. Как изменится состояние цепи (яркость лампы HL1 и показание амперметра), если лампу HL2, параллельно которой подключен шунт, удалить из цепи, оставив шунт?

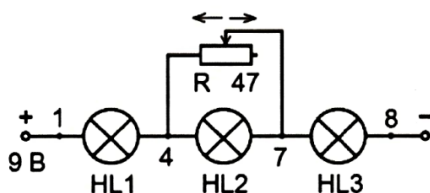
Ваши суждения проверьте экспериментом.



Опыт 40. Демонстрация параллельного соединения переменного резистора к участку цепи.

Оборудование: макетная панель; лампы 6 В х 0,5 А - 3 шт.; переменный резистор 47 Ом; источник питания; ключ; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь по рисунку.
2. Предположите изменение яркости каждой лампы при перемещении движка переменного резистора: а) влево; б) вправо.
3. Истинность (или ложность) вашей гипотезы проверьте экспериментально.

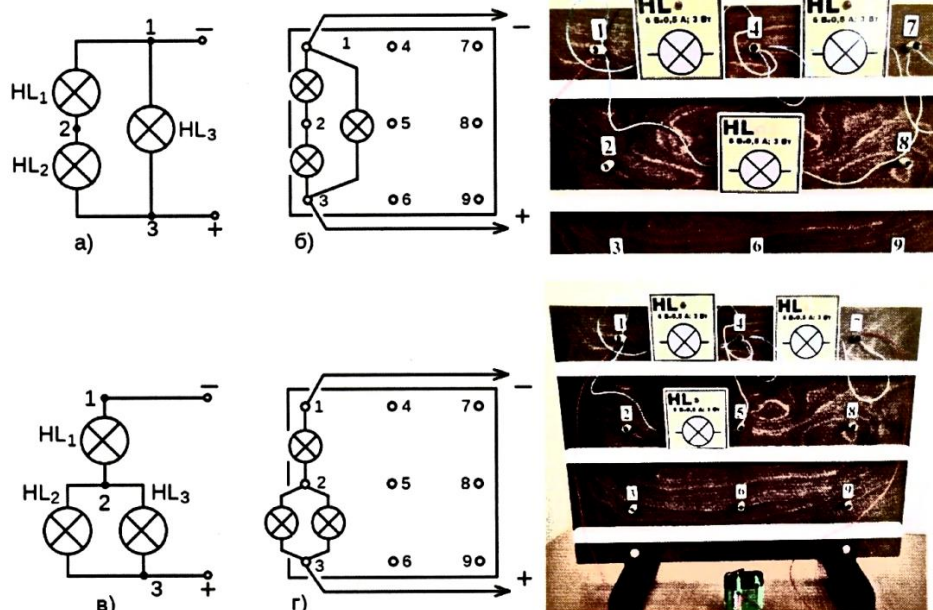


Опыт 41. Демонстрация смешанного соединения ламп.

Оборудование: макетная панель; лампы 6 В х 0,5 А - 3 шт.; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите электрическую цепь из трёх одинаковых ламп, где последовательно соединённые участки HL1 и HL2 включены параллельно участку HL3 (рис. а, б).
2. Измерьте напряжение на каждой лампе и объясните различие их яркости.
3. Измените цепь, включив лампу HL1 последовательно с параллельно соединёнными лампами HL2 и HL3 (рис. в, г). Объясните различие в яркости ламп.
4. Рассчитайте теоретически, как должны соотноситься напряжения на лампе HL1 (между точками 1 и 2) и на лампах HL2, HL3 (между точками 2 и 3) на рисунках в, г.

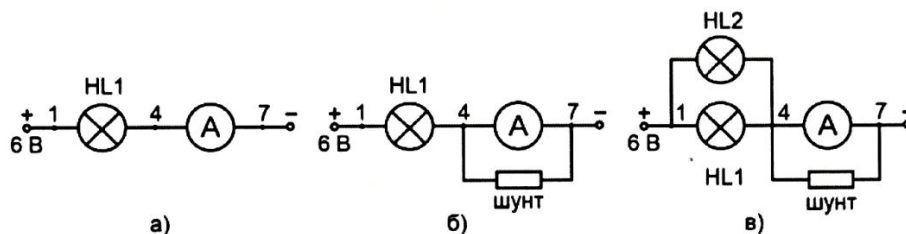
5. Измерьте эти напряжения. Совпадает ли результат эксперимента с вашими рассуждениями? Объясните наблюдаемое явление, помня о том, что сопротивление проводника (в данном случае спирали лампы) зависит от температуры.



Опыт 42. Демонстрация роли шунта амперметра.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В x 0,5 А - 2 шт.; амперметр; резистор-шунт 0,03 Ом (или отрезок тонкого провода длиной 20-30 см); источник постоянного напряжения; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и измерьте силу тока I_1 в лампе.
2. Включите параллельно амперметру резистор-шунт (рис. б) и вновь измерьте силу тока I_2 в цепи. Обратите внимание на то, что амперметр теперь показывает меньшую силу тока.
3. Вычислите увеличение предела измерения (цены деления) амперметра $n = I_1/I_2$. Результаты эксперимента занесите в таблицу.
4. Определите, какой предельный ток теперь можно измерить данным амперметром? Какова его цена деления?
5. Измерьте силу тока в двух параллельно соединённых лампах (рис. в). Убедитесь в правильности измерения, измерив силу тока без шунта.



Таблица

I_1, A	I_2, A	$n = \frac{I_1}{I_2}$	Предел измерения, А		Цена деления, А/дел	
			без шунта	с шунтом	без шунта	с шунтом

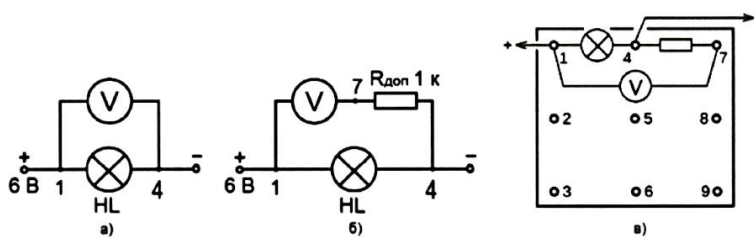
Опыт 43. Демонстрация роли дополнительного сопротивления вольтметра.

Оборудование: макетная панель; вольтметр; резистор 1 кОм; лампа 6 В х 0,5 А; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и измерьте вольтметром напряжение U_1 на лампе.
 2. Включите последовательно с вольтметром дополнительный резистор $R_{\text{доп}}$ сопротивлением 1 кОм (рис. б, в) и вновь измерьте напряжение U_2 на лампе. Обратите внимание на то, что вольтметр теперь показывает меньшее напряжение.
 3. Вычислите увеличение предела измерения вольтметра $n = U_1/U_2$.
 4. Какова цена деления вольтметра с дополнительным сопротивлением?
- Результаты эксперимента занесите в таблицу.

Вопрос. Какое предельное напряжение можно измерить вольтметром с данным дополнительным сопротивлением?

5. Измените напряжение на лампе и вновь измерьте его вольтметром с дополнительным резистором 1 кОм. Убедитесь в правильности полученных данных, повторив измерение без дополнительного резистора.



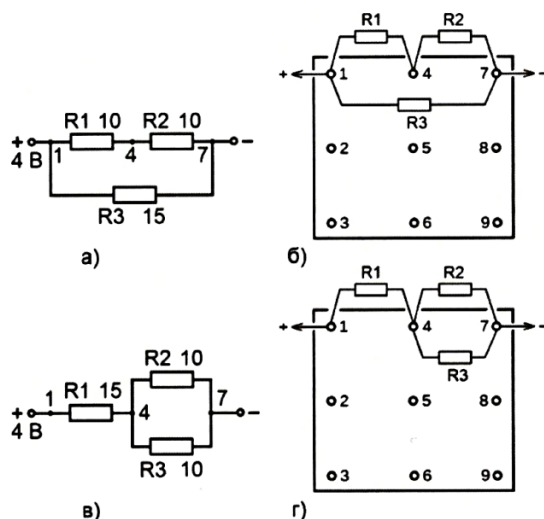
Таблица

$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$n = \frac{U_1}{U_2}$	Предел измерения, В		Цена деления, В/дел	
			без $R_{\text{доп}}$	с $R_{\text{доп}}$	без $R_{\text{доп}}$	с $R_{\text{доп}}$

Опыт 44. Демонстрация смешанного соединения резисторов.

Оборудование: макетная панель; резисторы 15 Ом, 10 Ом - 2 шт.; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите электрическую цепь из трёх резисторов, где последовательно соединённые участки R_1 и R_2 включены параллельно участку R_3 (рис. а, б).
2. Предположите, как должно распределиться общее напряжение 4 В между резисторами.
3. Включив цепь, измерьте напряжение на каждом резисторе и заполните первую строку таблицы.
4. Как соотносятся напряжения на участках между собой? Почему так?
5. Измените цепь, включив участок R_1 последовательно с параллельно соединёнными резисторами R_2 и R_3 (рис. в, г).
6. Предположите, как должно распределиться общее напряжение 4 В между резисторами?
7. Измерьте эти напряжения и заполните вторую строку таблицы. Совпадает ли результат эксперимента с вашими рассуждениями?



Таблица

№ опыта	$U_{17}, \text{В}$	$U_{14}, \text{В}$	$U_{47}, \text{В}$
1			
2			

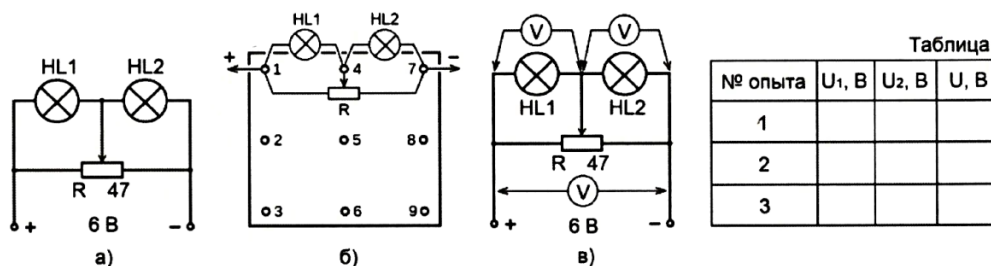
Опыт 45. Демонстрация включения переменного резистора как потенциометра.

Оборудование: макетная панель; лампы 6 В х 0,5 А - 2 шт.; переменный резистор 47 Ом; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б). Перемещая движок переменного резистора в ту или иную сторону, следите за изменением яркости ламп и объясните наблюдаемое явление.

2. Измерьте общее напряжение и напряжение на лампах при трёх разных положениях движка переменного резистора (рис. в). Заполните таблицу.

3. Найдите закономерную связь между общим напряжением U и напряжениями U_1 , U_2 на лампах.



Таблица

№ опыта	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U, \text{В}$
1			
2			
3			

Опыт 46. Демонстрация мостика Уитстона.

Оборудование: макетная панель; лампы 6 В х 0,5 А - 2 шт.; переменный резистор 47 Ом; резисторы 10 Ом, 15 Ом, 20 Ом; вольтметр; омметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).

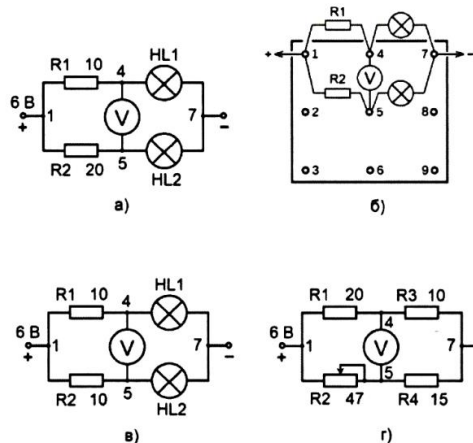
2. Предположите полярность потенциалов точек 4 и 5 относительно друг друга. Ваш вывод проверьте экспериментом, включив между этими точками вольтметр.

3. Укажите правильную полярность включения вольтметра между точками 4 и 5 (рис. в). Соберите цепь и ваш вывод проверьте экспериментально.

4. Соберите цепь (рис. г). Перемещая движок переменного резистора R2, выравнивайте потенциалы точек 4 и 5 так, чтобы вольтметр не показывал напряжения между ними. По методу мостика Уитстона, исходя из условия равновесия, вычислите его сопротивление: $R_2 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3}$.

5. Измерьте омметром сопротивление переменного резистора R2 и убедитесь в правильности расчёта.

6. На рис. г, увеличивая или уменьшая сопротивление переменного резистора, по показанию вольтметра в составе мультиметра, убедитесь в изменении полярности точек 4 и 5. Объясните наблюдаемое явление.



Задачи ОГЭ и ЕГЭ на способы соединения участков цепи для демонстрационного, экспериментального решения

Примечание.

1. Для определения сопротивления участков цепи используйте омметр с пределом «200», входящим в состав мультиметра.

Помните о том, что для измерения сопротивления участка его необходимо изъять из цепи.

2. В схемах в качестве ключа используйте проволочные перемычки.

Опыт 47. Задача 1.

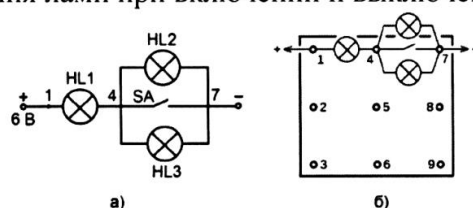
Условие. Изучите шунтирующее действие ключа SA в электрической цепи (рис. а).

Оборудование: макетная панель; лампы 6 В х 0,5 А - 3 шт.; источник питания; ключ (провод-перемычка); соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б) и, замыкая и размыкая ключ (провод-перемычку), следите за изменением состояния свечения ламп.

2. Объясните наблюдаемое явление.

3. Переставьте перемычку параллельно лампе HL1 (к точкам 1 и 4). Объясните изменение состояния свечения ламп при включении и выключении перемычки.

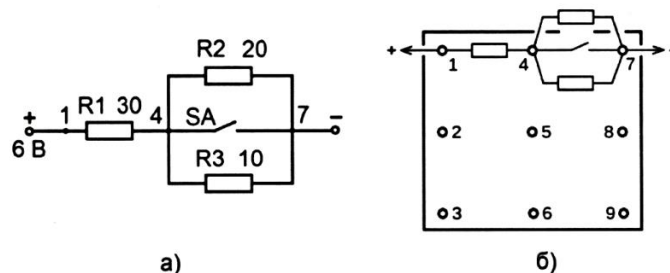


Опыт 48. Задача 2.

Условие. Изучите шунтирующее действие ключа SA в электрической цепи (рис. а).

Оборудование: макетная панель; резисторы 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом; омметр (мультиметр); провод-перемычка; соединительные провода - 4 шт.

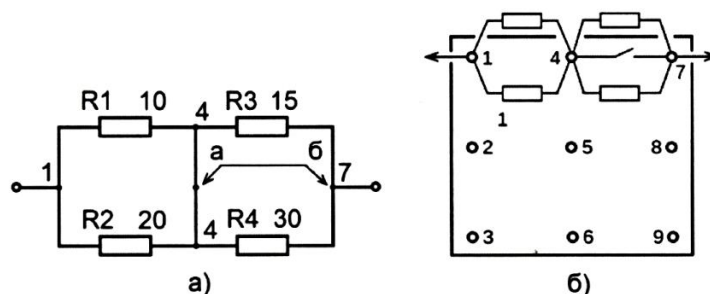
1. Соберите цепь (рис. а, б) и вычислите её общее сопротивление.
2. Правильность расчета проверьте омметром (мультиметром).
3. Рассчитайте сопротивление цепи при переключении точек 4 и 7. Правильность ответа проверьте омметром.
4. Переставьте перемычку параллельно резистору R1 (к точкам 1, 4) и повторите действия пункта 3.

**Опыт 49. Задача 3.**

Условие. Изучите шунтирующее действие проволочной перемычки в электрической цепи (рис. а).

Оборудование: макетная панель; резисторы 10 Ом, 15 Ом, 20 Ом, 30 Ом; провод-перемычка; омметр; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Рассчитайте общее сопротивление цепи при отсутствии перемычки и убедитесь в правильности, измерив омметром.
3. Рассчитайте общее сопротивление цепи при включенной перемычке и измерьте омметром.
4. Объясните причину изменения общего сопротивления при соединении точек 4 и 7 перемычкой.
5. Составьте эквивалентную схему цепи при отсутствии перемычки.

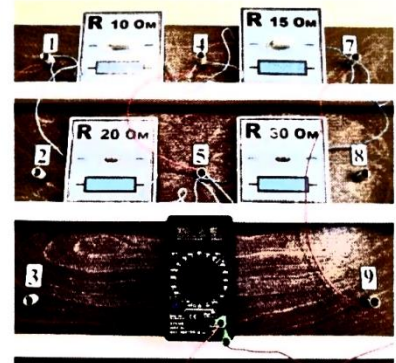
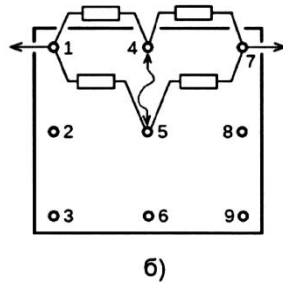
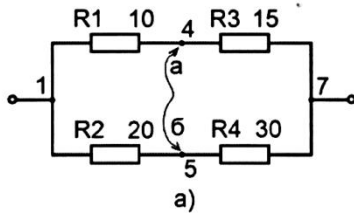
**Опыт 50. Задача 4.**

Условие. Изучите шунтирующее действие проволочной перемычки в электрической цепи (рис. а).

Оборудование: макетная панель; резисторы 10 Ом, 15 Ом, 20 Ом, 30 Ом; провод-перемычка; омметр; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).

2. Рассчитайте общее сопротивление цепи при отсутствии перемычки *аб* между точками 4 и 5. Убедитесь в правильности, измерив омметром.
3. Рассчитайте общее сопротивление цепи с перемычкой *аб* и измерьте его омметром.
4. Объясните причину одинаковости общего сопротивления цепи в обоих случаях.
5. Составьте эквивалентную схему цепи при отсутствии перемычки.



Опыт 51. Задача 5.

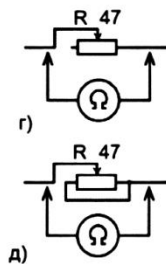
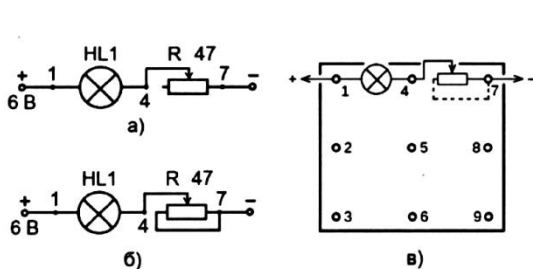
Условие. В каких пределах будет изменяться сопротивление переменного резистора с максимальным сопротивлением 47 Ом на схемах, собранных по рисункам а и б при перемещении движка в ту или иную сторону?

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; переменный резистор 47 Ом; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, в). Перемещая движок переменного резистора влево и вправо, следите за изменением яркости лампы и объясните наблюдаемое явление.
2. Соедините крайние выводы переменного резистора вместе в точке 7 (рис. б, в).
3. Перемещая движок переменного резистора влево и вправо, следите за изменением яркости лампы.
4. Объясните различие свечения лампы в цепях, собранных по рисункам а и б.
5. Составьте эквивалентную схему включения переменного резистора в цепь и объясните, почему при крайних положениях движка лампа горит ярче всего.
6. Отключите источник питания и омметром измерьте сопротивление переменного резистора в крайних положениях движка и середине проводящей части (рис. г, д). Данные измерения занесите в таблицу.

Примечание. На рис. б среднее положение движка можно установить по наименьшему свечению лампы или по показанию амперметра, используемого вместо лампы.

(Ответ: рис. г - $0 \leq R \leq 47$ Ом; рис. д - $0 \leq R \leq 11,7$ Ом).



Измерение R резистора	Таблица		
	Движок слева	Движок справа	Движок в середине
Рис. г			
Рис. д			

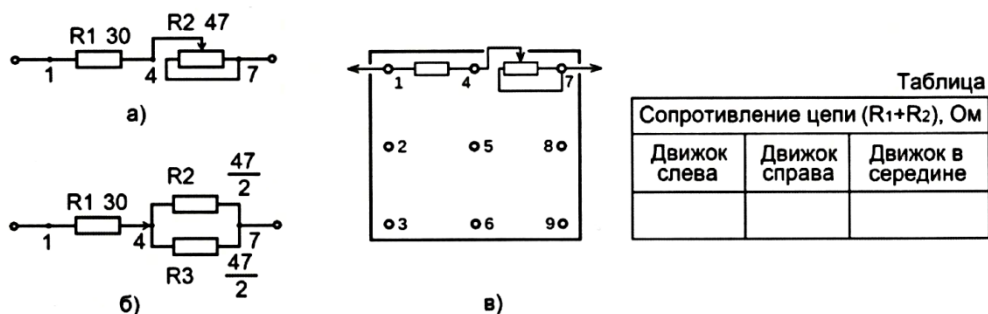
Опыт 52. Задача 6.

Условие. В каких пределах будет изменяться сопротивление цепи, состоящей из последовательно соединённых резистора 30 Ом и переменного резистора максимальным сопротивлением 47 Ом при перемещении движка в ту или иную сторону?

Оборудование: макетная панель; резистор 30 Ом; переменный резистор 47 Ом; омметр (мультиметр); соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Измерьте омметром общее сопротивление цепи при трёх разных положениях движка: а) в крайнем левом по рисунку; б) в среднем; в) в крайнем правом. Результаты измерения занесите в таблицу.
3. Для объяснения полученных данных начертите эквивалентную схему (рис. в). Обратите внимание на то, что при среднем положении движок делит проводящую часть переменного резистора на два параллельно соединённых участка сопротивлениями по $47/2$ Ома.

(Ответ: $30 \text{ Ом} \leq R \leq 41,7 \text{ Ом}$).

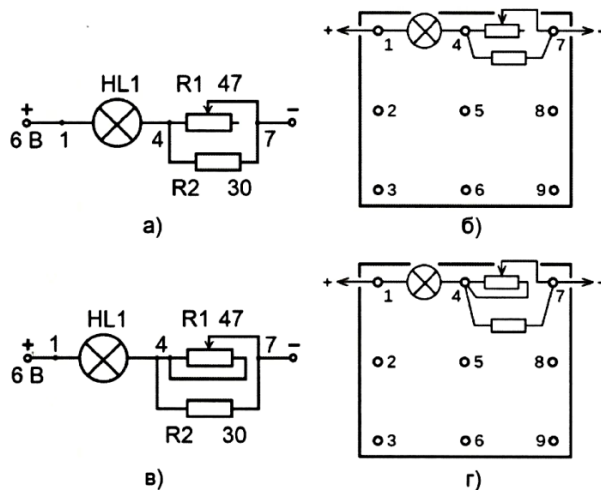
**Опыт 53. Задача 7.**

Оборудование: макетная панель; резистор 30 Ом; переменный резистор 47 Ом; лампа 6 В x 0,5 А; омметр (мультиметр); соединительные провода - 2 шт.

Условие. В каких пределах будет изменяться сопротивление цепи, состоящей из параллельно соединённых переменного резистора с максимальным сопротивлением 47 Ом и резистора 30 Ом при перемещении движка в ту или иную сторону (рис. а, в)?

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Перемещая движок переменного резистора R_1 в ту или иную сторону, наблюдайте изменение яркости лампы и объясните причину.
3. Зная сопротивления резисторов, вычислите, в каком диапазоне может изменяться общее сопротивление цепи.
4. Отключите источник питания и омметром замерьте диапазон изменения общего сопротивления цепи при вращении ручки переменного резистора.
5. Соберите цепь по рис. в, г, где крайние выводы переменного резистора соединены между собой, и осуществите действия пунктов 2-4.

(Ответ: рис. а - $0 \leq R \leq 18,3 \text{ Ом}$; рис. в - $0 \leq R \leq 8,8 \text{ Ом}$).



Опыт 54. Задача 8.

Оборудование: макетная панель; амперметр; вольтметр; резисторы 10 Ом, 20 Ом; ключ; источник питания; соединительные провода - 6 шт.

Условие 1. Что показывают включенные последовательно с источником тока амперметр и вольтметр (рис. а)?

1. Соберите цепь (рис. а) и ваш вывод проверьте экспериментом. Показания приборов занесите в таблицу 1.

Объясните результаты эксперимента.

Условие 2. Что показывают измерительные приборы, включенные параллельно участкам R_1 и R_2 (рис. б)?

1. Соберите цепь (рис. б) и ваш вывод проверьте на опыте. Показания приборов занесите в таблицу 2.

Объясните результаты эксперимента.

Условие 3. Что показывает каждый из приборов, включенных параллельно участку сопротивления 10 Ом (рис. в)?

1. Соберите цепь (рис. в) и убедитесь в правильности ваших рассуждений. Показания приборов занесите в таблицу 3.

Объясните результаты эксперимента.

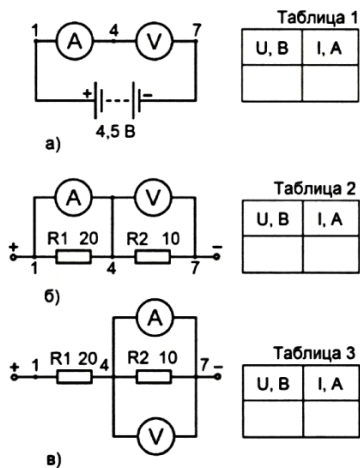


Таблица 1

U, В	I, А

Таблица 2

U, В	I, А

Таблица 3

U, В	I, А

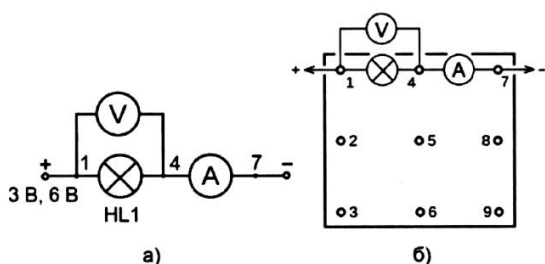
РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Опыт 55. Определение работы электрического тока в лампе.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а).
2. По показаниям приборов определите работу электрического тока в лампе за 1 секунду, 1 минуту, 1 час.

Опыт повторите дважды при разных токах и напряжениях. Результаты опыта занесите в таблицу.



Таблица

№ опыта	U, В	I, А	А, Дж		
			1 сек	1 мин	1 час
1					
2					



Опыт 56. Сравнение работы электрического тока в двух одинаковых лампах при их последовательном и параллельном соединении.

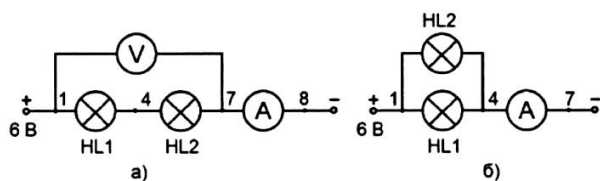
Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь из двух последовательно соединённых ламп (рис. а) и определите работу электрического тока в них за 1 секунду, 1 минуту и 1 час при напряжении 6 В.

2. Соедините эти лампы параллельно (рис. б) и определите работу электрического тока за то же время при том же напряжении 6 В.

Результаты опыта занесите в таблицу.

3. Объясните, почему при параллельном соединении в лампах совершается большая работа электрического тока, чем при их последовательном соединении (при неизменном общем напряжении).



Таблица

Способ соединения	U, В	I, А	А, Дж		
			1 сек	1 мин	1 час
Последовательное					
Параллельное					

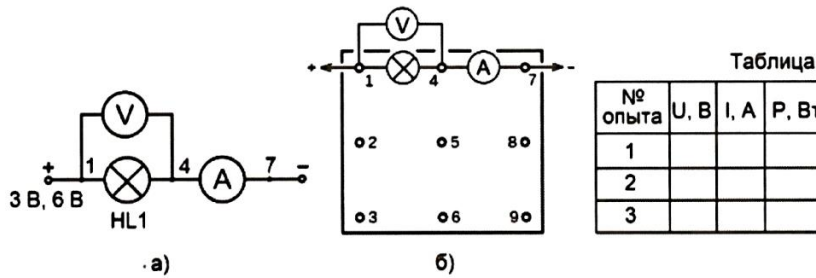
Опыт 57. Определение мощности лампы накаливания.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Вычислите номинальную мощность лампы по напряжению и силе тока, значения которых указаны на цоколе. Данные занесите в первую строку таблицы.

2. Соберите цепь (рис. а) и определите потребляемую мощность лампы при напряжении питания 3 В (вторая строка таблицы) и 6 В (третья строка таблицы).

3. Сравните полученные результаты и сделайте вывод о том, от чего зависит потребляемая мощность лампы.

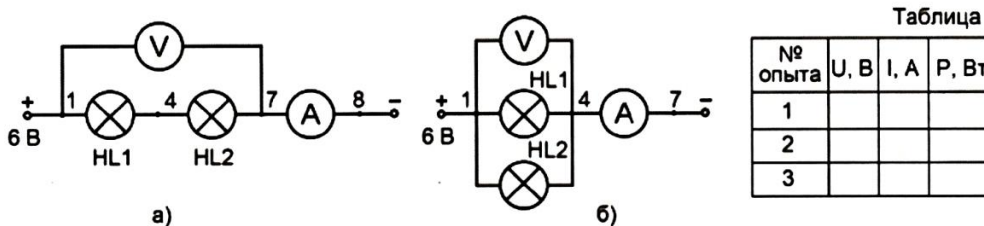


Опыт 58. Сравнение общей мощности ламп при их параллельном и последовательном соединении.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; амперметр; вольтметр; источник питания; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и по показаниям приборов вычислите потребляемую двумя последовательно соединёнными лампами мощность.
2. Соберите цепь (рис. б) и вычислите мощность, потребляемую двумя параллельно соединёнными лампами.

Результаты опытов занесите в таблицу и объясните различие мощности ламп в обоих случаях.

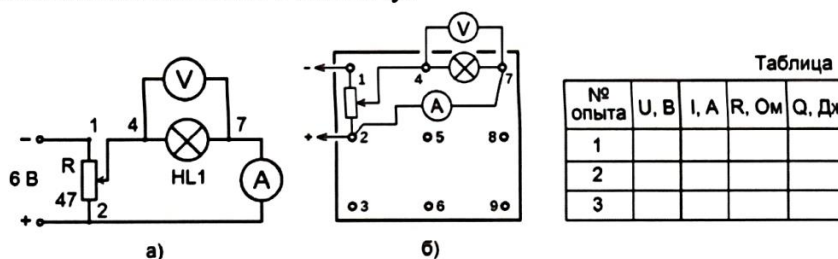


Задание. Сравните мощности двух последовательно и параллельно соединённых ламп с мощностью одной лампы при том же напряжении питания 6 В (опыт 57, таблица, опыт 2).

Опыт 59. Демонстрация зависимости сопротивления спирали лампы накаливания и количества выделившейся теплоты в ней от силы тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; амперметр; вольтметр; переменный резистор 47 Ом; источник питания; соединительные провода - 6 шт.

Соберите цепь (рис. а, б) и по показаниям приборов вычислите сопротивление спирали лампы и количество выделившейся теплоты за 1 секунду при напряжениях 1,5 В, 3 В, 6 В. Результаты опыта занесите в таблицу.

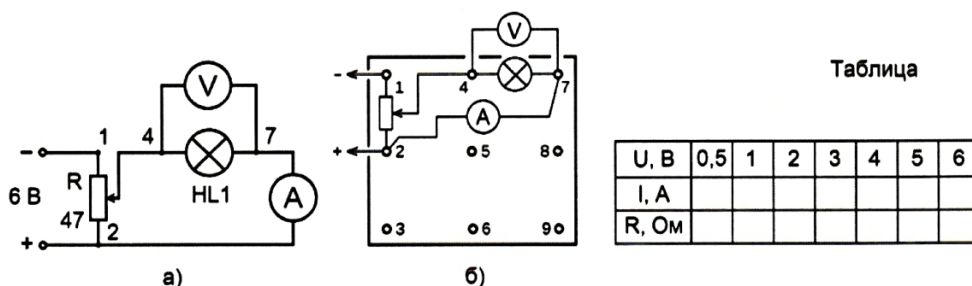


Вопрос. Как сопротивление спирали лампы зависит от силы тока в ней? Почему?

Опыт 60. Построение графика вольтамперной характеристики лампы накаливания.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; амперметр; вольтметр; переменный резистор 47 Ом; источник питания; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Плавно увеличивая напряжение на лампе от 0 до 6 В, следите за изменением яркости лампы. Данные занесите в таблицу и для каждого случая вычислите сопротивление спирали лампы.
3. Постройте график вольтамперной характеристики спирали лампы и объясните причину искривления линии зависимости $I = f(U)$ в сторону оси U .

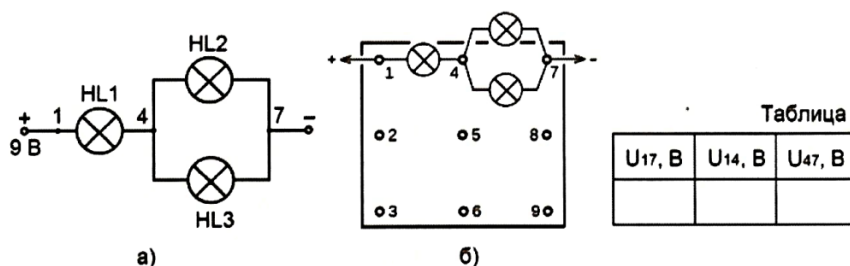


Опыт 61. Демонстрация учета сопротивления спирали лампы накаливания в электрических схемах в зависимости от степени накала.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А – 3 шт.; вольтметр; источник питания с регулируемым напряжением; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь со смешанным соединением из трех ламп.
2. Подайте на участок цепи напряжение 9 В и обратите внимание на различие яркости ламп. Объясните наблюдаемое явление.
3. Измерьте общее напряжение на лампах и предположите его распределение между участками 1-4 (на лампе HL1) и 4-7 (на параллельно соединённых лампах HL2 и HL3).
4. Измерьте напряжение на участках 1-4 и 4-7 и объясните результаты наблюдения с учетом графика вольтамперной характеристики лампы накаливания из предыдущего опыта.

Примечание. В холодном состоянии все лампы имеют одинаковые сопротивления.



Опыт 62. Демонстрация зависимости выделения тепла в лампах с разными сопротивлениями (мощностями) от способа соединения.

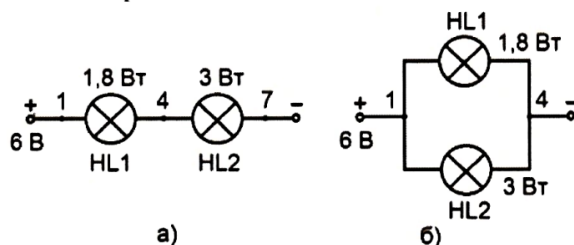
Оборудование: макетная панель; лампа 6 В, 0,5 А (3 Вт); лампа 6 В, 0,3 А (1,8 Вт); источник питания; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь, где две лампы разной мощности (разными сопротивлениями спиралей) включены параллельно.

Обратите внимание на то, что лампа большей мощности (с меньшим сопротивлением) горит ярче. В ней выделяется больше тепла.

2. Включите эти лампы последовательно и обратите внимание на то, что теперь больше тепла выделяет лампа меньшей мощности (с большим сопротивлением).

Объясните наблюдаемый факт.



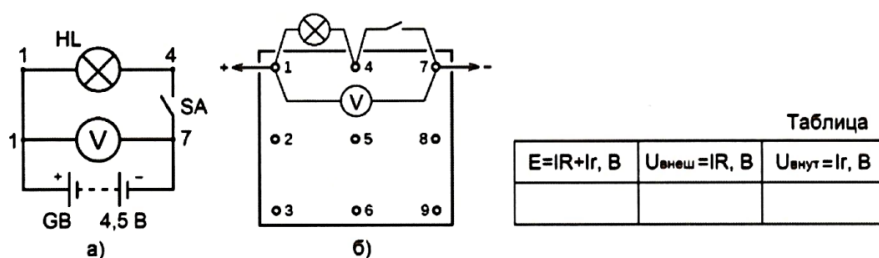
Закон Ома для замкнутой цепи.

Опыт 63. Определение напряжения на внутреннем участке источника тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В x 0,5 А; вольтметр; ключ; гальванический источник питания 4,5 В, например, «квадратная» батарея; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. По показанию вольтметра при разомкнутом ключе определите ЭДС источника тока E .
3. Включите цепь и вольтметром измерьте напряжение на внешнем участке (лампе) IR .
4. По разности показаний вольтметра в обоих случаях определите напряжение Ir , приходящееся на внутренний участок источника тока.

Результаты опыта занесите в таблицу.



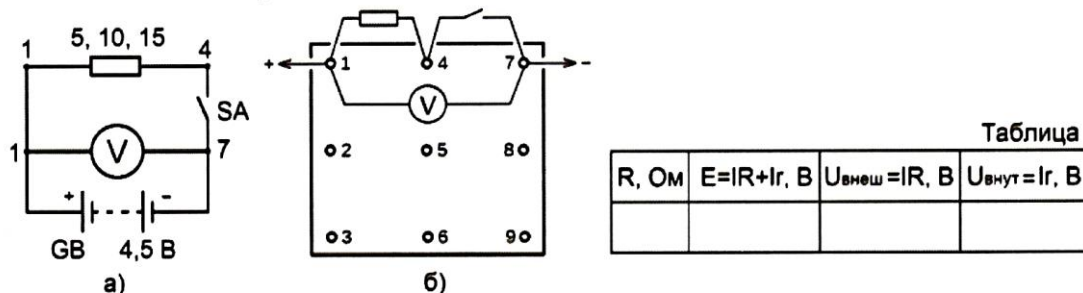
Опыт 64. Исследование зависимости напряжения на внутреннем участке цепи от сопротивления внешнего участка.

Оборудование: макетная панель; резисторы 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом; вольтметр; ключ; источник питания 4,5 В («квадратная» батарея); соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. В качестве внешнего участка R включайте поочерёдно резисторы сопротивлением 5 Ом, 10 Ом, 15 Ом. Для каждого случая определите: ЭДС E по показанию вольтметра при разомкнутом ключе; напряжение на внешнем участке $U_{\text{внеш}}$ по показанию вольтметра при замкнутом ключе; напряжение на внутреннем участке источника по формуле: $U_{\text{внут}} = Ir = E - U_{\text{внеш}}$.

3. Результаты исследования заносите в таблицу.

4. Сделайте вывод о том, как напряжение на внутреннем участке цепи зависит от сопротивления внешнего участка?

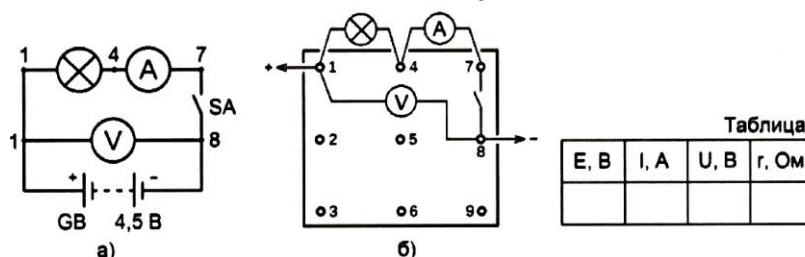


Опыт 65. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; ключ; гальванический источник постоянного тока, например, «квадратная» батарея 4,5 В; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. По показанию вольтметра при разомкнутом ключе определите ЭДС E источника тока.
3. Включите цепь и определите силу тока и напряжение на внешнем участке.
4. По формуле закона Ома для замкнутой цепи ($E=IR+Ir=U+Ir$) определите внутреннее сопротивление источника тока r .

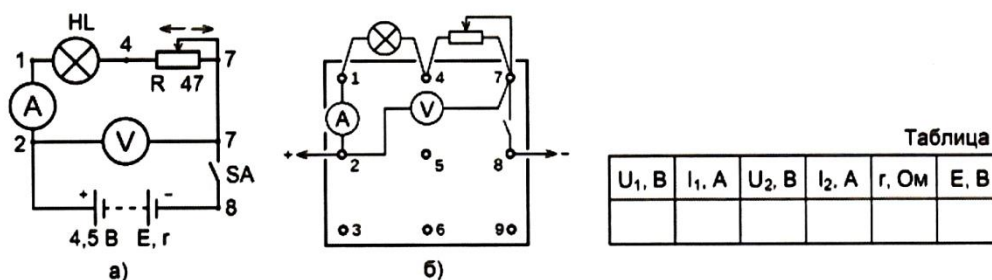
Результаты исследования занесите в таблицу.



Опыт 66. Определение внутреннего сопротивления и ЭДС источника тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; переменный резистор 47 Ом (реостат); ключ; гальванический источник постоянного тока, например, «квадратная» батарея 4,5 В; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Снимите показания измерительных приборов при двух положениях движка переменного резистора, когда он находится по рисунку: а) ближе к левому краю; б) около среднего положения. В обоих случаях значения напряжения и силы тока занесите в таблицу.
3. С учетом того, что во время эксперимента ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока остаются неизменными, запишите формулу ЭДС для двух положений движка переменного резистора: $E=U_1+I_1r$; $E=U_2+I_2r$. Приравняв правые части формул, определите значение внутреннего сопротивления r .
4. По известному значению внутреннего сопротивления вычислите ЭДС источника тока.



Задачи ЕГЭ на закон Ома для полной цепи для демонстрационного, экспериментального решения

Опыт 67. Задача 1.

Условие. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление гальванических источников постоянного тока.

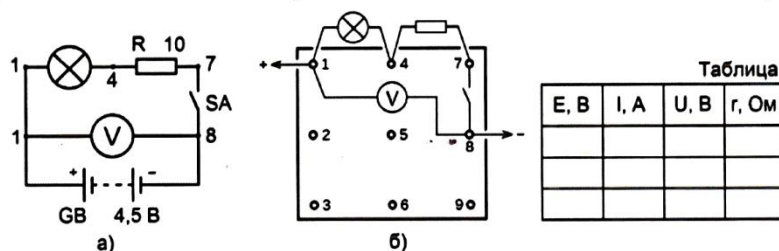
Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; резистор 10 Ом; вольтметр; амперметр; ключ; гальванические и аккумуляторные источники постоянного тока, включая «квадратную» батарею 4,5 В – 3 шт.; соединительные провода – 7 шт.

1. Соберите цепь.
2. При выключенном внешнем участке по показанию вольтметра, включенного непосредственно к электродам источника питания, определите его ЭДС E .
3. Включите цепь и по показаниям приборов определите внутреннее сопротивление r источника.

Числовые значения эксперимента занесите в первую строку таблицы.

4. Согласно действиям пунктов 1-3 определите внутренние сопротивления других источников питания постоянного тока с ЭДС до 9 В – гальванических элементов или аккумуляторных батарей.

Данные дополнительных экспериментов заносите в свободные строки таблицы.

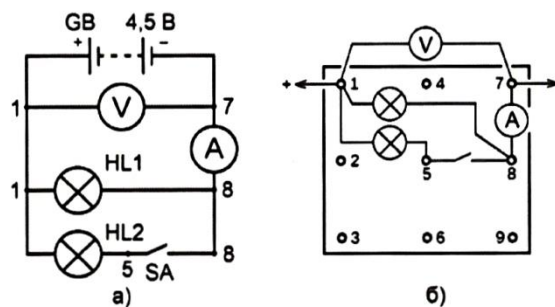


Опыт 68. Задача 2.

Условие. Как изменятся показания амперметра и вольтметра при замыкании ключа SA (перемычки)?

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А – 2 шт.; вольтметр; амперметр; ключ; источник постоянного тока (4,5 – 9) В; соединительные провода – 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Предположите, как изменяются показания измерительных приборов, если замкнуть ключ.
3. Вашу гипотезу проверьте экспериментально.

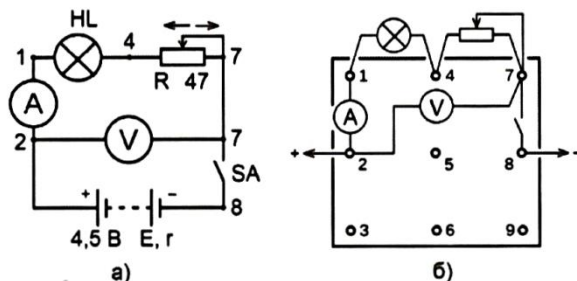


Опыт 69. Задача 3.

Условие. Как изменятся показания амперметра и вольтметра при перемещении движка переменного резистора: а) влево; б) вправо?

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; переменный резистор 47 Ом (реостат); ключ; гальванический источник постоянного тока, например, «квадратная» батарея 4,5 В; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Рассуждая теоретически, предположите, как будут изменяться показания амперметра и вольтметра при перемещении движка переменного резистора: а) влево по рисунку; б) вправо по рисунку.
3. Истинность или ложность вашей гипотезы проверьте с помощью эксперимента.
4. Объясните наблюдаемое явление, помня о том, что при изменении силы тока и напряжения во внешней цепи ЭДС и внутреннее сопротивление источника питания остаются неизменными.

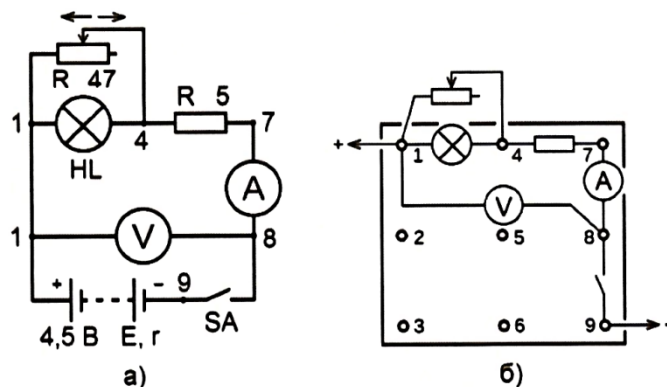


Опыт 70. Задача 4.

Условие. Как будут изменяться показания приборов и яркость лампы, если движок переменного резистора перемещать по рисунку: а) влево; б) вправо?

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; переменный резистор 47 Ом (реостат); ключ; гальванический источник постоянного тока, например, «квадратная» батарея 4,5 В; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. На основании закона Ома для полной (замкнутой) цепи объясните, как изменятся показания приборов и яркость лампы, если движок переменного резистора перемещать по рисунку: а) влево; б) вправо.
3. Выдвинутую вами гипотезу проверьте экспериментально (эксперимент – критерий истины!) и объясните наблюдаемое явление, сделайте вывод.

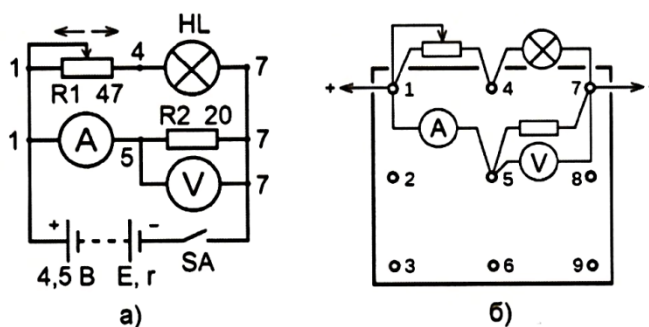


Опыт 71. Задача 5.

Условие. Как будут изменяться показания приборов и яркость лампы, если движок переменного резистора перемещать по рисунку: а) влево; б) вправо?

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; резистор 20 Ом; переменный резистор 47 Ом (реостат); ключ; гальванический источник постоянного тока 4,5 В; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. На основании закона Ома для полной (замкнутой) цепи объясните, как изменятся показания приборов и яркость лампы, если движок переменного резистора перемещать по рисунку: а) влево; б) вправо.
3. Выдвинутую вами гипотезу проверьте экспериментально и объясните наблюдаемое явление, сделайте вывод.

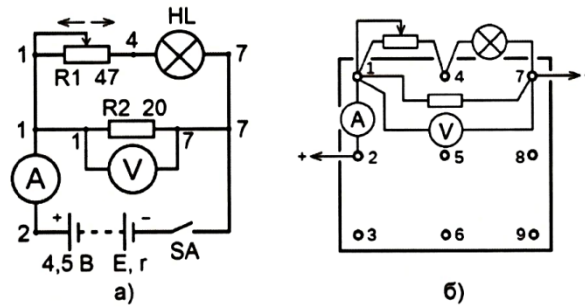


Опыт 72. Задача 6.

Условие. Как будут изменяться показания приборов и яркость лампы, если движок переменного резистора перемещать по рисунку а) влево; б) вправо?

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; резистор 20 Ом; переменный резистор 47 Ом (реостат); ключ; гальванический источник постоянного тока 4,5 В; соединительные провода - 7 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. На основании закона Ома для полной (замкнутой) цепи объясните, как изменятся показания приборов и яркость лампы, если движок переменного резистора перемещать по рисунку: а) влево; б) вправо.
3. Выдвинутую вами гипотезу проверьте экспериментально и объясните наблюдаемое явление, сделайте вывод.



Опыт 73. Задача 7.

Условие. Проведя необходимые измерения, определите во сколько раз сопротивление внешнего участка R больше (или меньше) сопротивления внутреннего участка электрической цепи, представленной на рис. а.

Оборудование: макетная панель; вольтметр (считать идеальным); резистор 5 Ом; переменный резистор 47 Ом; ключ; гальванический источник постоянного тока («квадратная» батарея) 4,5 В; соединительные провода - 4 шт.

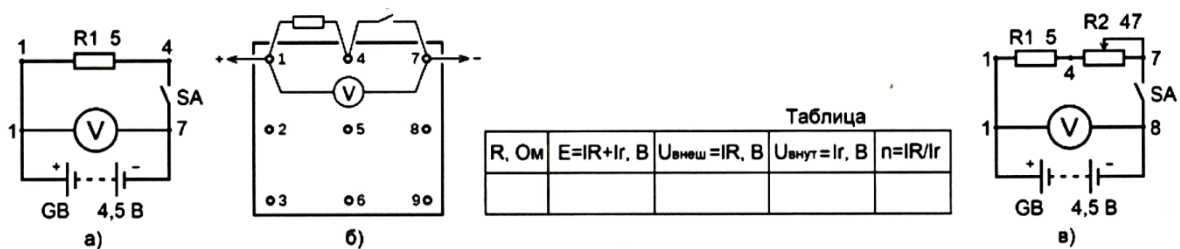
1. Соберите цепь и по показанию вольтметра, подключенного непосредственно к электродам источника питания, определите его ЭДС E . Данные эксперимента заносите в таблицу.

2. Замкните ключ и по показанию вольтметра определите напряжение на внешнем участке IR .

3. По разности показаний вольтметра до включения и после выключения цепи определите напряжение на внутреннем участке цепи Ir .

4. Зная, что по последовательно соединенным внешнему и внутреннему участкам цепи протекает один и тот же ток, определите во сколько раз n сопротивление внешнего участка R больше (или меньше) сопротивления внутреннего участка r : $n = R/r$.

5. Последовательно с резистором 5 Ом включите переменный резистор 47 Ом (рис. б) и, меняя его сопротивление, исследуйте изменение напряжений на внешнем и внутреннем участках и установите закономерную зависимость.



ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОР

Внимание!

1. При включении конденсаторов в электрическую цепь нельзя превышать максимально допустимого значения напряжения, указанного на корпусе.

1. При включении электролитических (оксидных) конденсаторов в цепь обязательно нужно соблюдать правильную полярность соединения его электродов с соответствующими выводами источника питания.

2. Значения ёмкости электролитических конденсаторов, указанных на корпусе, могут отличаться от истинного на 30 % и более.

Опыт 74. Демонстрация конденсатора как накопителя электрической энергии.

Оборудование: макетная панель; электролитический конденсатор ёмкостью 4700 мкФ; светодиод с ограничительным резистором; лампа 6,3 В х 0,3 А; регулируемый источник постоянного напряжения до 12 В; переключатель (можно заменить проводом); соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б). Зарядите конденсатор ёмкостью 4700 мкФ, подключив его выводы к источнику тока с учётом полярностей электродов.

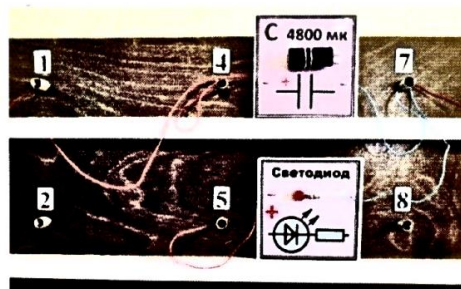
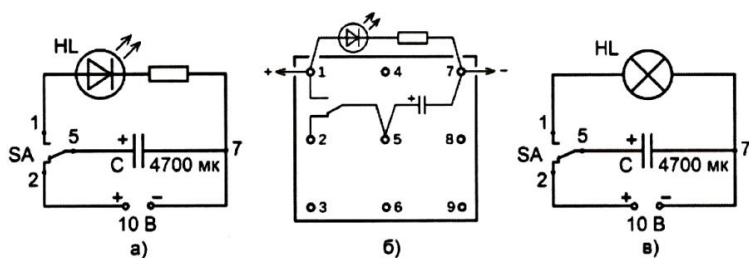
2. Переключите заряженный конденсатор к светодиоду с ограничительным резистором и следите за процессом разрядки конденсатора.

3. Повторите опыт, сменив светодиод лампой накаливания (рис. в), рассчитанной на силу тока 0,3 А.

Ответьте, почему от заряженного конденсатора светодиод светится дольше, чем лампа?

4. Вычислите электрическую энергию, накопленную конденсатором во время опыта, по формуле: $W_C = CU^2/2$.

5. Убедитесь в том, что конденсатор продолжительное время может сохранить запасённую энергию. Для этого зарядите конденсатор и разрядите его на светодиод через несколько десятков минут.



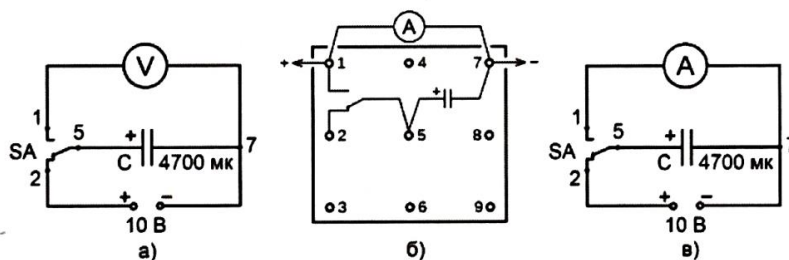
Опыт 75. Демонстрация разрядки конденсатора на измерительные приборы.

Оборудование: макетная панель; конденсатор ёмкостью 4700 мкФ; амперметр; вольтметр; источник постоянного напряжения; переключатель (можно заменить проводом-перемычкой); соединительные провода - 4 шт.

Примечание. Перед каждым экспериментом конденсатор следует разрядить, например, подключив его к выводам лампы или светодиода, включенного с учётом полярности.

1. Соберите цепь (рис. а, б).

2. Зарядите конденсатор от источника тока и переключите его выводы на вольтметр, включенный с учётом полярности. Наблюдайте за процессом разрядки конденсатора через вольтметр, который длится несколько минут.



3. Повторите опыт, заменив вольтметр амперметром (рис. в). Обратите внимание на то, что при подключении конденсатора стрелка амперметра кратковременно отбрасывается на несколько делений.

4. Объясните различие в показаниях измерительных приборов при разрядке конденсатора через них. Помните о том, что вольтметр обладает значительно большим сопротивлением, чем амперметр.

Опыт 76. Демонстрация тока зарядки конденсатора.

Оборудование: макетная панель; конденсатор ёмкостью 4700 мкФ; светодиод с ограничительным резистором; лампа 6,3 В х 0,3 А; амперметр демонстрационный; вольтметр демонстрационный; источник постоянного напряжения; ключ; соединительные провода - 4 шт.

Примечание. Перед каждой демонстрацией конденсатор следует разрядить, например, подключив к его выводам лампу или светодиод.

1. Соберите цепь (рис. а, б), включив последовательно конденсатор, светодиод, источник тока.

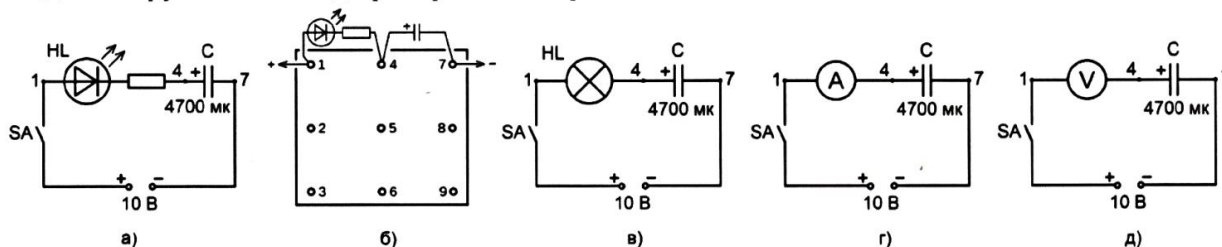
2. Включите цепь и следите за процессом зарядки конденсатора по свечению светодиода. Обратите внимание на то, что по мере зарядки конденсатора яркость светодиода ослабевает. При полной зарядке конденсатора ток в цепи прекращается, светодиод не горит.

3. Повторите опыт, заменив светодиод миниатюрной лампой накаливания (рис. в). Объясните, в течение какого времени горит лампа, включенная последовательно с конденсатором к источнику питания. Почему?

4. Повторите опыт пункта 3, заменив лампу амперметром (рис. г) и вольтметром (рис. д). Объясните различие в показаниях приборов в каждом случае.

5. Почему вольтметр, включенный последовательно с конденсатором к источнику тока, после его полной зарядки перестаёт показывать напряжение?

Покажет ли вольтметр напряжение, если включить параллельно к заряженному конденсатору? Ваш вывод проверьте экспериментом.



Опыт 77. Определение ёмкости конденсатора.

Оборудование: макетная панель; конденсатор ёмкостью 100 мкФ и 1000 мкФ; гальванометр (или миллиамперметр) демонстрационный; регулируемый источник постоянного напряжения; переключатель (можно заменить проводом); соединительные провода - 4 шт.

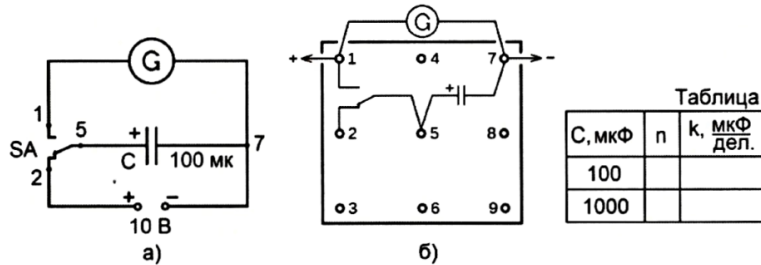
1. Соберите цепь (рис. а, б). Зарядите конденсатор 100 мкФ, и разрядите на гальванометр (миллиамперметр). Подберите такое напряжение источника питания, чтобы отброс стрелки составлял, например, 2 деления шкалы.

2. Поделив ёмкость конденсатора C на число делений n отброса стрелки прибора, определите коэффициент k : $k=C/n$. Коэффициент k численно равен электроёмкости, вызывающей отклонение стрелки измерительного прибора на одно деление шкалы.

3. Включите в цепь при данном же напряжении источника питания другой конденсатор C_x в пределах 100-1000 мкФ, например, 1000 мкФ. Зарядите его и разрядите на гальванометр.

По отбросу стрелки прибора на n_x делений вычислите его ёмкость $C_x = kn_x$.

Результаты опыта занесите в таблицу.



Опыт 78. Определение ёмкости двух параллельно и последовательно соединённых конденсаторов.

Оборудование: макетная панель; гальванометр (миллиамперметр) демонстрационный, конденсаторы 100 мкФ и 1000 мкФ; регулируемый источник постоянного напряжения; переключатель (можно заменить проводом); соединительные провода - 4 шт.

1. Согласно пунктам 1 и 2 предыдущего опыта определите коэффициент k .
2. Соедините конденсаторы 100 мкФ и 1000 мкФ параллельно (рис. а, б) и зарядите их тем же напряжением, использованным для определения коэффициента k . Используя метод отброса стрелки гальванометра, определите общую ёмкость конденсаторов. Убедитесь в том, что при параллельном соединении конденсаторов общая ёмкость равна сумме ёмкостей отдельных конденсаторов:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2.$$

3. Соедините конденсаторы 100 мкФ и 1000 мкФ последовательно (рис. в, г) и тем же методом определите их общую ёмкость: $1/C_{\text{общ}} = 1/C_1 + 1/C_2$ или $C_{\text{общ}} = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$.

Результаты опыта занесите в таблицу второй строкой.

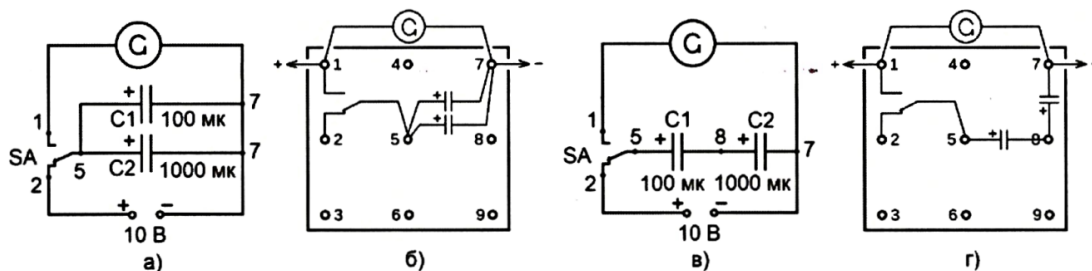


Таблица					
k, мкФ дел.	C1, мкФ	C2, мкФ	Соединение	n	Собщ, мкФ
			параллельное		
			последовательное		

Задачи ЕГЭ с использованием конденсатора для демонстрационного, экспериментального решения

Опыт 79. Задача 1.

Условие. Изучите распределение общего напряжения на последовательно соединённых конденсаторах 100 мкФ, 1000 мкФ, 4700 мкФ.

Оборудование: макетная панель; конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ, 4700 мкФ; вольтметр; соединительные провода - 4 шт.

1. Предположите, как будет распределяться общее напряжение между последовательно соединёнными конденсаторами.

2. Вашу гипотезу проверьте экспериментально. Для объяснения наблюдаемого явления исходите из того, что последовательно соединённые конденсаторы заряжаются одинаково. Напряжение на конденсаторах зависит от их ёмкости: $U=q/C$.

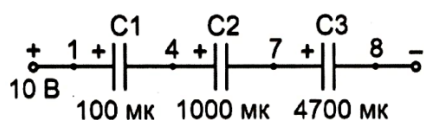


Таблица							
C1, мкФ	C2, мкФ	C3, мкФ	Cобщ, мкФ	U1, В	U2, В	U3, В	Uобщ, В

Опыт 80. Задача 2.

Условие. Последовательно соединённые конденсатор 100 мкФ и резистор 30 Ом подключены к источнику регулируемого напряжения. Исследуйте, как распределяется общее напряжение между резистором и конденсатором.

Оборудование: макетная панель; конденсаторы 100 мкФ; резистор 30 Ом; вольтметр; источник питания; соединительные провода - 4 шт.

1. Предположите распределение общего напряжения между участками R и C.
2. Вашу гипотезу проверьте экспериментально, собрав цепь и измерив напряжения. Показания вольтметров занесите в таблицу.

3. Объясните результаты опыта.
4. Предположите, что будут показывать вольтметры по истечении некоторого времени после удаления резистора из цепи, если приборы и конденсатор не идеальные (имеют конечное сопротивление). Вашу гипотезу проверьте экспериментом.

5. Предположите, что показывали бы идеальные вольтметры при удалении резистора из цепи?

6. Предположите, что будут показывать вольтметры после удаления резистора и конденсатора из цепи. Вашу гипотезу проверьте экспериментом.

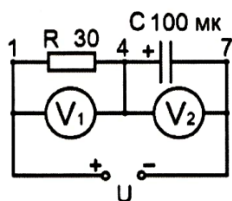


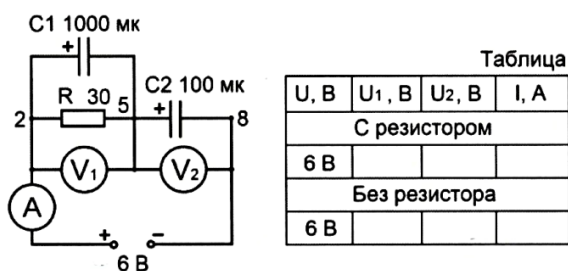
Таблица		
U, В	U1, В	U2, В
4 В		
6 В		
8 В		

Задача 81. Задача 3.

Условие. Определите показания измерительных приборов: а) с резистором 30 Ом; б) без резистора.

Оборудование: макетная панель; конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ; резистор 30 Ом; вольтметр; амперметр; источник питания; соединительные провода - 8 шт.

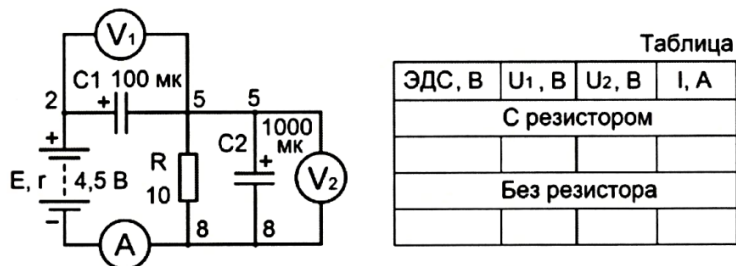
1. Соберите цепь и показания приборов занесите в таблицу. Объясните результаты опыта.
2. Предположите, что будут показывать приборы после удаления резистора из цепи. Вашу гипотезу проверьте экспериментом и объясните причины показаний приборов.

**Опыт 82. Задача 4.**

Условие. Исследуйте, как распределяется напряжение питания между конденсаторами и резистором, если ЭДС батареи 4,5 В и имеет некоторое внутреннее сопротивление.

Оборудование: макетная панель; конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ; резистор 10 Ом; вольтметр; амперметр; источник питания 4,5 В («квадратная» батарея); соединительные провода - 8 шт.

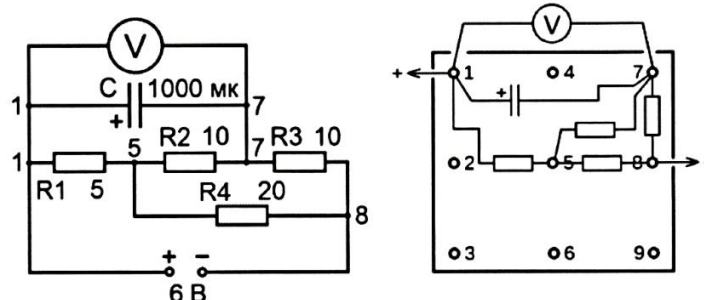
1. Предположите, как будет распределяться ЭДС батареи между внутренним участком r и внешним участком, содержащим резистор 10 Ом и конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ.
2. Соберите цепь и вашу гипотезу проверьте экспериментом. Показания приборов занесите в таблицу и объясните их происхождение при наличии резистора 10 Ом в цепи. ЭДС источника питания измерьте вольтметром при отключенном внешнем участке.
3. Предположите, как изменятся показания приборов, если резистор удалить из цепи.
4. Вашу гипотезу уточните экспериментом и данные занесите в таблицу. Объясните причину изменений в показаниях приборов.
5. Объясните, учитывается или не учитывается при расчетах внутреннее сопротивление источника питания в данной схеме.



Опыт 83. Задача 5.

Условие. Что будет показывать вольтметр, включенный параллельно конденсатору? Как будут изменяться показания вольтметра, если из схемы удалять один из резисторов: а) резистор R3? б) резистор R2? в) резистор R4? г) резистор R1?

Соберите схему и проведите эксперимент согласно условию. Каждый раз объясните причину возникновения напряжения, показываемого вольтметром.



ПРОХОЖДЕНИЕ ТОКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Опыт 84. Демонстрация проводимости тока различными веществами.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; карандаш с графитовым стержнем; источник постоянного тока; стакан с дистиллированной водой; соль; полоска ткани шириной 1 см, длиной 20 см; соединительные провода - 2 шт.

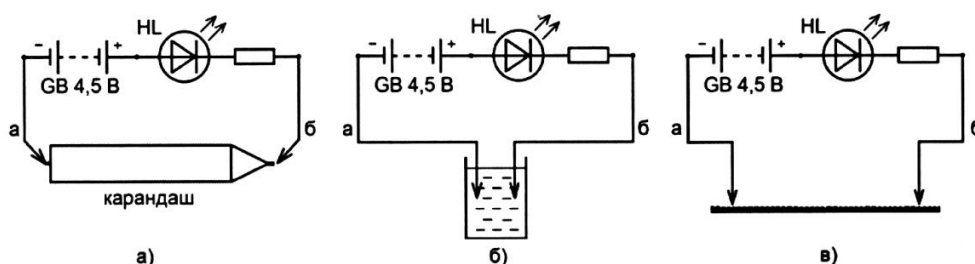
1. Соедините к противоположным концам стержня карандаша последовательно включенные источник тока и светодиод с ограничительным резистором (рис. а). По свечению светодиода убедитесь в том, что графит (стержень карандаша) является хорошим проводником.

2. Свободные оголённые концы проводников *а* и *б*, подключенные к источнику тока через светодиод (рис. б), опустите в стакан с дистиллированной водой. Светодиод не горит, т.к. дистиллированная вода является диэлектриком.

Добавьте в воду щепотку соли. При этом светодиод загорается, свидетельствуя о возникновении тока в цепи. Растворы солей являются хорошими проводниками тока вследствие того, что в них имеются положительные и отрицательные ионы (заряды).

3. Узкую полоску ткани намочите в солёном растворе и разложите на столе между свободными концами проводов *а* и *б* (рис. в). Наблюдайте за изменением яркости светодиода в зависимости от длины ткани, находящейся между концами проводов, и объясните явление.

Исследуйте проводимость различных материалов.

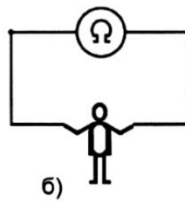
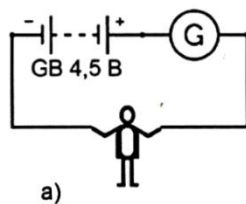


Опыт 85. Демонстрация проводимости тока человеческим телом.

Оборудование: демонстрационный гальванометр; источник постоянного тока; соединительные провода - 3 шт.

1. Соедините последовательно источник постоянного тока и демонстрационный гальванометр. Свободные концы проводов, идущих от источника тока и гальванометра, соедините через себя (рис. а), взявшись сначала сухими руками, потом влажными. Сравните показание гальванометра в обоих случаях и сделайте вывод.

2. Омметром, входящим в состав цифрового мультиметра, измерьте ваше сопротивление (рис. б).



К сведению.

Человеческое тело, как и тело других живых существ, является проводником тока. Если человек оказывается под напряжением, то через него проходит электрический ток. Безопасным можно считать ток до 0,01 А. Ток силой 0,05 А, протекающий через организм человека, опасен для жизни. Ток 0,1 А может привести к смерти.

Степень поражения током зависит от сопротивления тела человека, которое в нормальном состоянии (здоровый организм, сухая кожа) может быть больше 100 000 Ом. Но в особо неблагоприятных условиях (болезнь, сильное потовыделение, влажное или мокрое тело, открытые раны на теле и т.д.) сопротивление может понизиться до нескольких сотен Ом.

Внимание! Будьте осторожны при обращении с электрическими приборами!

P-N-ПЕРЕХОД. ДИОД

Опыт 86. Демонстрация односторонней проводимости диода.

Оборудование: макетная панель; диод; лампа 6 В х 0,5 А; ключ; вольтметр; источник постоянного тока; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б). Диод, включенный «прямо», проводит ток, лампа горит.

2. Измерьте напряжение U_1 на диоде, U_2 на лампе, и общее напряжение U на участке «лампа-диод». Заполните таблицу.

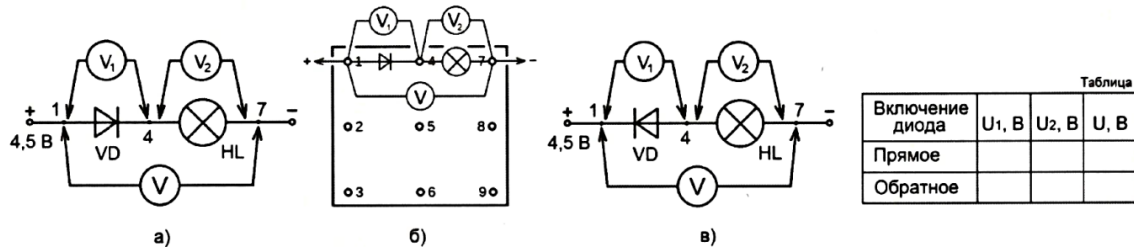
Убедитесь, что последовательно соединённые диод и лампа общее напряжение делят между собой.

3. Смените полярность включения диода (рис. в) и убедитесь в том, что «обратно» включенный диод тока не проводит.

4. Измерьте напряжение на участках и обратите внимание на то, что теперь почти всё напряжение источника питания приходится на долю диода.

Объясните, какое сопротивление току оказывает диод, включенный в обратном направлении.

Примечание. При проведении измерений помните о том, что сопротивление стрелочного вольтметра во много раз меньше обратного сопротивления диода.



Опыт 87. Определение прямого сопротивления диода.

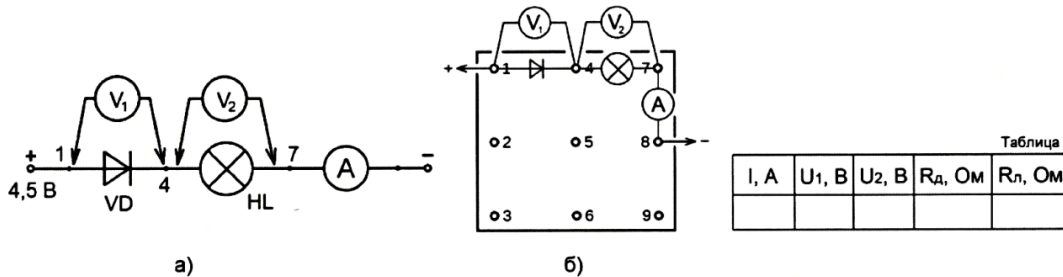
Оборудование: макетная панель; диод; лампа 6 В х 0,5 А; вольтметр; амперметр; ключ; источник постоянного тока; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б), где диод, включенный в прямом направлении, проводит ток, и лампа горит.

2. Измерьте силу тока в цепи, напряжение на лампе и диоде.

3. По закону Ома для участка цепи вычислите сопротивление диода R_d и лампы R_L . Заполните таблицу.

Сравните сопротивление лампы и диода.



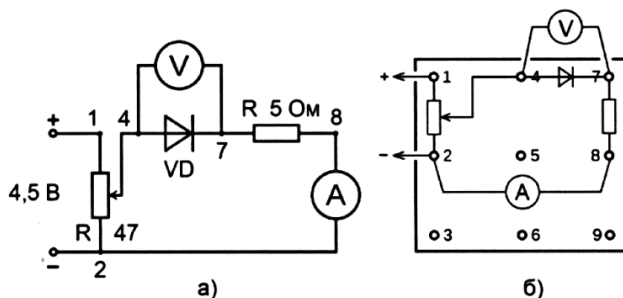
Опыт 88. Демонстрация разности потенциалов запирающего слоя p-n-перехода кремниевого диода.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод; резистор 5 Ом; вольтметр; амперметр; ключ; источник постоянного тока; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б), где последовательно с диодом включенный резистор 5 Ом служит для защиты его от пробоя.

2. Плавно увеличивая выходное напряжение источника питания, следите за тем, как стрелка амперметра будет заметно отклоняться только при напряжении 0,5 В на диоде. Разность потенциалов запирающего слоя у кремния составляет 0,5-0,6 В, о чём свидетельствует данный опыт. При увеличении напряжения на диоде от 0,5 В до 0,8 В сила тока через него резко возрастает, достигая максимально допустимого.

К сведению. У германиевого диода разность потенциалов запирающего слоя составляет около 0,2 В.



Внимание. При проведении опыта помните о том, что нельзя превышать силу прямого тока через диод 1,0 А, максимально допустимого для данного типа.

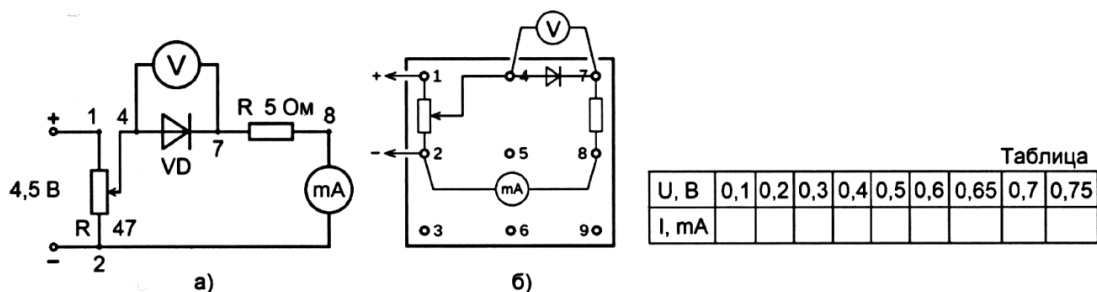
Опыт 89. Построение вольтамперной характеристики кремниевого диода.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод (КД209); переменный резистор 47 Ом, вольтметр постоянного тока с ценой деления не менее 0,1 В; миллиамперметр постоянного тока; источник постоянного напряжения 4,5 В; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите электрическую цепь (рис. а, б). В ней переменный резистор R1 служит для плавного регулирования напряжения на диоде, а резистор R2 играет роль ограничителя тока, защищая диод и миллиамперметр от перегрузки.
2. Напряжение на диоде увеличивайте каждый раз на 0,1 В, доведя его до 0,7 В. Каждый раз фиксируйте показания миллиамперметра.

Внимание! Сила прямого тока не должна превышать максимально допустимого среднего тока данного типа диода.

3. По полученным данным постройте график зависимости силы прямого тока через диод от приложенного напряжения.
4. По графику определите значение разности потенциалов запирающего слоя р-п-перехода диода.



Примечание. Обратите внимание на то, что разность потенциалов запирающего слоя р-п-перехода для кремниевого диода составляет около 0,5 В. При увеличении прямого напряжения на диоде его р-п-переход открывается только при напряжении около 0,5 В, что наглядно видно на графике.

Задачи ЕГЭ с использованием шунтирующего и ограничительного действия диодов для демонстрационного, экспериментального решения

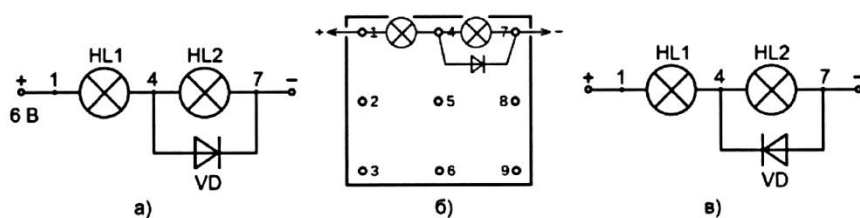
Опыт 90. Задача 1.

Условие. Объясните причину разного уровня нагрева спиралей ламп в схемах, показанных на рис. а и в.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод - 2 шт.; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; источник постоянного тока; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и объясните, почему лампа HL1 светит ярко, а лампа HL2 светит тускло (или совсем не светит).

2. Измените полярность включения диода (рис. б) и объясните, почему теперь обе лампы светят одинаково ярко.



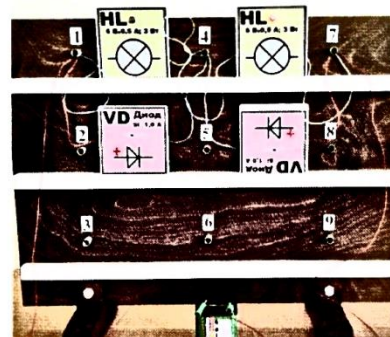
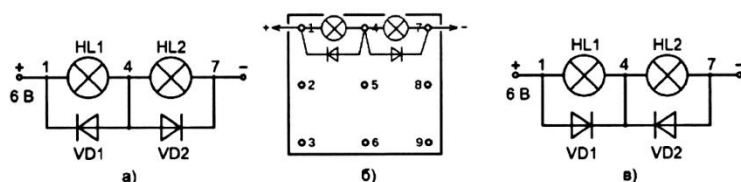
Опыт 91. Задача 2.

Условие. Объясните причину различия в свечении ламп в конструкциях, показанных на рис. а и в.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод - 2 шт.; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; источник постоянного тока; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б) и объясните различие в свечении ламп при данной полярности питания и при противоположной.

2. Как изменится свечение ламп, если изменить полярность включения источника питания (рис. в)? Ваш вывод проверьте экспериментом. Как изменится свечение ламп при изменении полярности питания? Проверьте на опыте.



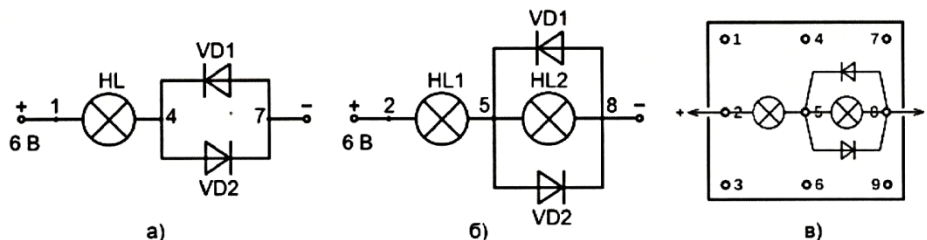
Опыт 92. Задача 3.

Условие. Объясните путь прохождения тока от вывода «+» к выводу «-» в конструкциях, нарисованных на рис. а и б.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод - 2 шт.; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; источник постоянного тока; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и запомните уровень яркости лампы. Как изменится свечение лампы при изменении полярности питания? Ваш вывод проверьте опытом.

2. Соберите цепь (рис. б) и проверьте, как изменится яркость ламп при изменении полярности питания. Объясните наблюдаемое явление.

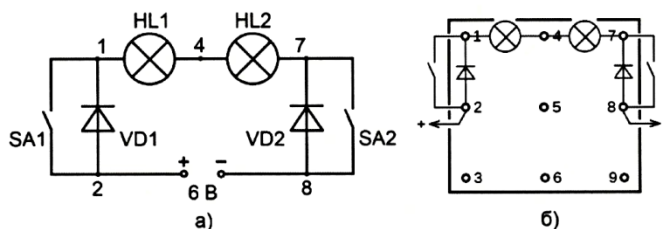


Опыт 93. Задача 4.

Условие. Объясните роль выключателей SA1 и SA2 в управлении свечением ламп при разных полярностях подаваемого к конструкции напряжения (рис. а).

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод - 2 шт.; лампа 6 В х 0,5 А - 2 шт.; ключ - 2 шт. (можно заменить проводом-перемычкой); источник постоянного тока; соединительные провода - 4 шт.

1. Какой из выключателей управляет свечением ламп при данной полярности включения источника питания (рис. а, б) и при противоположной? Ваш вывод проверьте экспериментально.



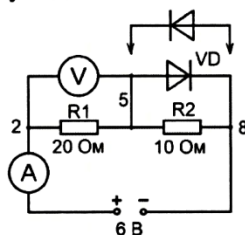
Опыт 94. Задача 5.

Условие. Изучите, что будут показывать измерительные приборы при данной полярности включения диода и при обратной полярности.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод; резисторы 10 Ом и 20 Ом; источник постоянного тока; соединительные провода - 4 шт.

1. Предположите, каковы показания амперметра и вольтметра при прямом включении диода, установленного параллельно резистору R2. Вашу гипотезу проверьте экспериментом и сделайте вывод.

2. Предположите, что покажут приборы, если изменить полярность включения диода. В правильности ваших рассуждений убедитесь на опыте.



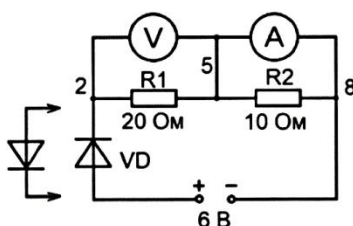
Опыт 95. Задача 6.

Условие. Исследуйте, что будут показывать измерительные приборы при данной полярности включения диода и при обратной полярности.

Оборудование: макетная панель; кремниевый диод; резисторы 10 Ом и 20 Ом; источник постоянного тока; соединительные провода - 6 шт.

1. Предположите, каковы показания амперметра и вольтметра при прямом включении диода, установленного последовательно с резисторами. Вашу гипотезу проверьте экспериментом и сделайте вывод.

2. Предположите, что покажут приборы, если изменить полярность включения диода. В правильности ваших рассуждений убедитесь на опыте.

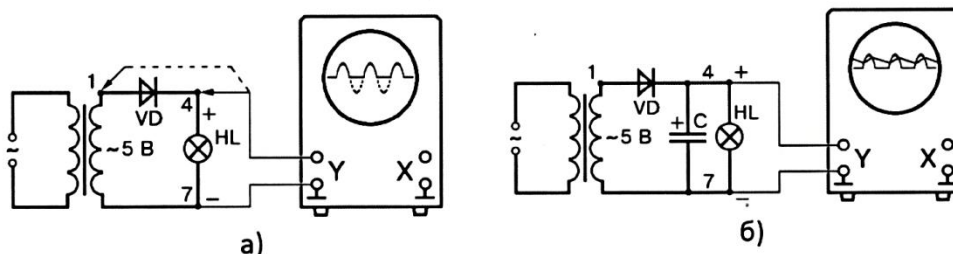


ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Опыт 96. Демонстрация однополупериодного выпрямления переменного тока.

Оборудование: макетная панель; диод; лампа 6 В, 0,5 А; конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ, 4700 мкФ; источник переменного тока 5 В; осциллограф; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а), где лампа HL питается от источника переменного тока через выпрямительный диод VD.
2. Включите параллельно лампе вертикальный вход осциллографа и убедитесь в однополупериодном выпрямлении переменного тока.
3. Переключите верхний по рисунку провод от точки 4 к точке 1 (пунктирная линия) и наблюдайте осциллограмму переменного тока.



4. Включайте параллельно лампе поочерёдно конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ, 4700 мкФ (рис. б) и наблюдайте их сглаживающее действие выпрямленного напряжения. Это явление объясняется так: в первый полупериод, когда диод проводит ток, конденсатор заряжается, а во второй полупериод он разряжается через лампу (ломаная линия на осциллограмме). Чем больше ёмкость конденсатора, тем лучше он сглаживает.

Опыт 97. Демонстрация двухполупериодного выпрямления переменного тока двумя диодами.

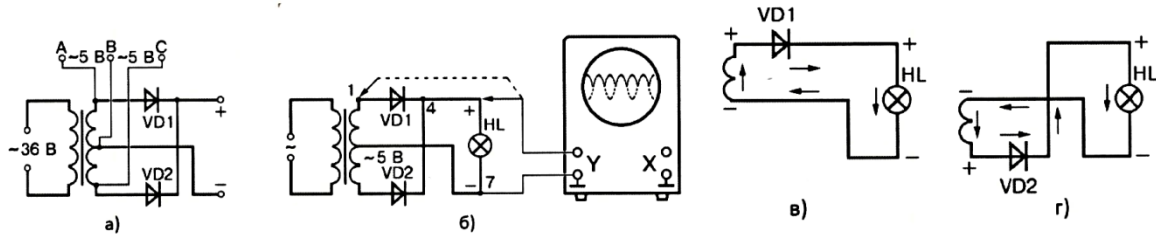
Оборудование: макетная панель; диод - 2 шт.; лампа 6 В х 0,5 А; конденсатор 1000 мкФ; источник переменного тока 2 х 5 В - трансформатор со средним выводом вторичной обмотки; осциллограф; соединительные провода - 5 шт.

Примечание. В качестве источника переменного тока со средним выводом вторичной обмотки трансформатора рекомендуем использовать источник питания для фронтальных лабораторных работ, предварительно усовершенствовав его.

Снимите корпус источника питания и найдите выводы вторичной обмотки. Припаяйте медные многожильные проводники в изоляции к выводам вторичных полуобмоток А, В, С (рис. а), не нарушая конструкции прибора. Для среднего вывода В возьмите провод, отличающийся от проводов А и С по цвету.

Выведенные наружу концы проводов можно оставить свободными, но лучше всего присоединить их к трём клеммам, установленным на задней стенке корпуса прибора.

Между выводами АВ и ВС имеется переменное напряжение по 5 В.



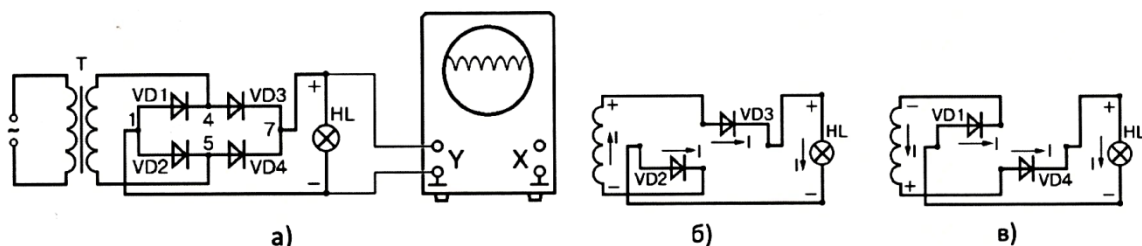
1. Соберите цепь (рис. б).
2. Включите параллельно лампе вертикальный вход осциллографа и наблюдайте двухполупериодное выпрямление переменного тока двумя диодами. Каждый полупериод выпрямляется диодами поочерёдно (рис. в, г).
3. Включите параллельно лампе конденсатор 1000 мкФ с учётом полярности выводов и наблюдайте его сглаживающее действие.
4. Сравните однополупериодное выпрямление (предыдущий опыт) и двухполупериодное выпрямление и объясните, чем они отличаются друг от друга.

Опыт 98. Демонстрация двухполупериодного выпрямления переменного тока четырьмя диодами.

Оборудование: макетная панель; диод - 4 шт.; лампа 6 В х 0,5 А; источник переменного тока 5 В; осциллограф; соединительные провода - 4 шт.

Примечание. В состав комплекта входят только две панели с диодами.

1. Соберите цепь (рис. а).



2. Включите параллельно лампе вертикальный вход осциллографа и наблюдайте двухполупериодное выпрямление переменного тока четырьмя диодами.

Из рисунков б, в видно, что в этой конструкции поочерёдно выпрямляют диоды VD2, VD3 и VD1, VD4.

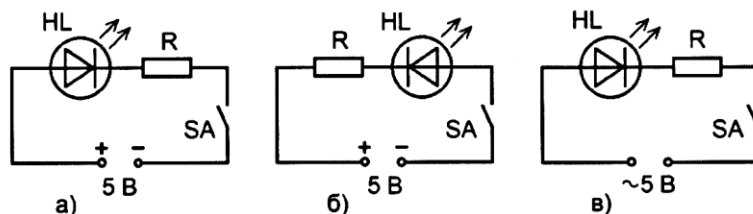
Опыт 99. Демонстрация светодиода в цепи постоянного и переменного тока.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; ключ; источник постоянного и переменного тока; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь (рис. а) и убедитесь в том, что светодиод, включенный прямо через ограничительный резистор к источнику постоянного напряжения, проводит ток, о чём свидетельствует его свечение.

2. Измените полярность включения светодиода (рис. б). Теперь он не проводит тока и не светит.

3. Включите светодиод к источнику переменного тока (рис. в) и убедитесь в том, что независимо от полярности включения он проводит ток и светит. Объясните этот факт.



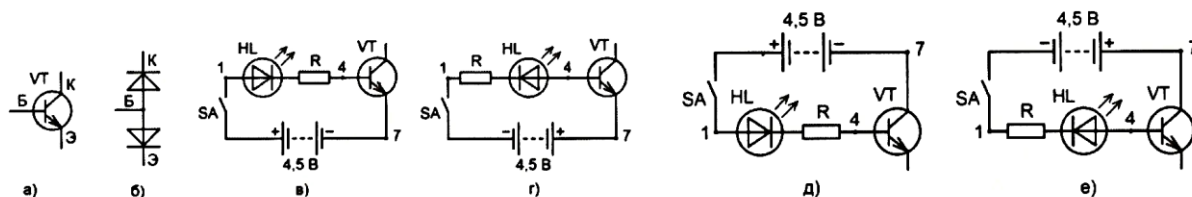
ТРАНЗИСТОР. ФОТОРЕЗИСТОР. ТЕРМОРЕЗИСТОР

Опыт 100. Демонстрация исправности р-п-переходов транзистора.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; транзистор кремниевый п-р-п-структуры; стабилизированный источник постоянного тока 4-5 В (например, «квадратная» батарея); ключ; соединительные провода - 3 шт.

Примечание. Условно транзистор можно представить как два диода с общей проводящей зоной (рис. а, б). Следовательно, целостность его р-п-переходов можно проверить тем же способом, что и исправность диодов.

1. Соберите цепь по рис. в. Переход «база-эмиттер» включен в прямом направлении, о чём свидетельствует свечение диода.



2. Смените полярность включения источника питания и светодиода (рис. г). Переход «база-эмиттер» включен в обратном направлении и тока не проводит. Светодиод не горит.

3. Таким же способом проверьте целостность перехода «база-коллектор» (рис. д, е).

4. Самостоятельно составьте схемы для проверки р-п-переходов транзистора р-п-структуры и выполните действия пунктов 1-2.

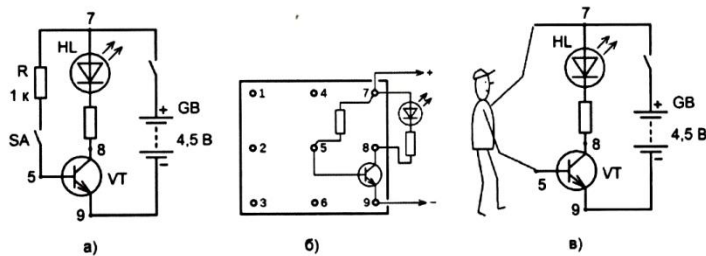
Опыт 101. Демонстрация управляющего действия базового тока транзистора коллекторным током.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; транзистор кремниевый n-p-n-структуры; резистор 1 кОм; стабилизированный источник постоянного тока 4-5 В; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь по рис. а и б. Включая и выключая резистор R, убедитесь в том, что, когда базовая цепь отключена, в коллекторной цепи ток отсутствует. Светодиод не горит.

При замыкании цепи базы в коллекторе появляется ток. Ток базы управляет коллекторным током.

2. Соберите цепь (рис. в), где в качестве базового резистора используйте сопротивление вашего тела между руками. Опыт проведите дважды: сухими руками и влажными. Объясните, почему в этих случаях яркость свечения светодиода разная.



Опыт 102. Демонстрация импульсного режима работы транзистора.

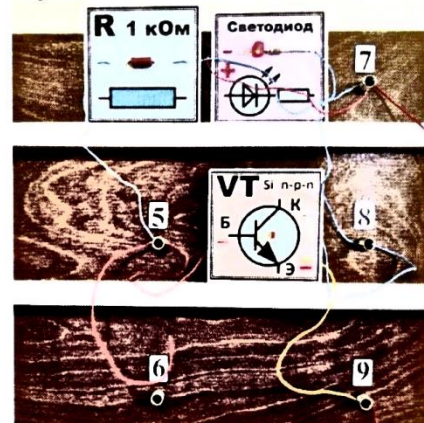
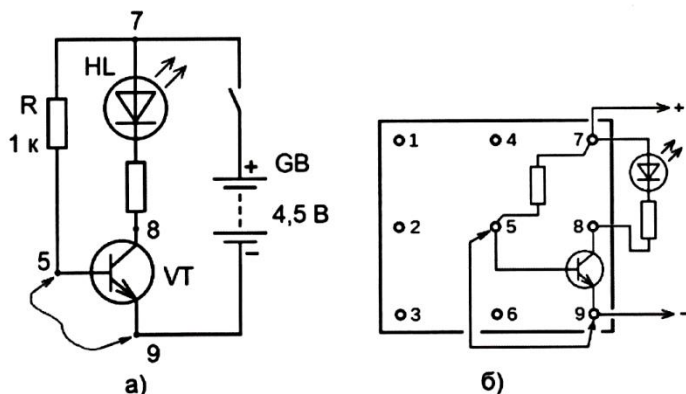
Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; транзистор кремниевый n-p-n-структуры (КТ315); стабилизированный источник постоянного тока 4-5 В; ключ; соединительные провода - 4 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б). Резистор R в цепи базы обеспечивает небольшой базовый ток. Транзистор открыт, светодиод горит.

2. Замкните проводником *аб* базу с эмиттером. При этом базовый ток отсутствует, транзистор закрыт.

1. Замыкая и размыкая базу с эмиттером, убедитесь в импульсном режиме работы транзистора.

Транзистор может служить как быстродействующий ключ.

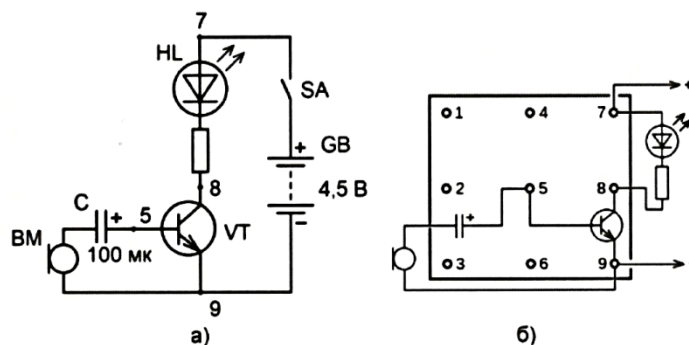


Опыт 103. Демонстрация работы транзистора как усилителя.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; транзистор кремниевый n-p-n-структуры; стабилизированный источник постоянного тока 4-5 В; конденсатор 100 мкФ; электромагнитный микрофон сопротивлением 1000-2000 Ом (например, телефонный капсюль ТОН-2) или звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. Постукивайте по крышке микрофона. При этом светодиод вспыхивает, свидетельствуя о том, что малый микрофонный ток в цепи базы вызывает усиленный ток в цепи коллектора.

Конденсатор в цепи базы предотвращает замыкание базы с эмиттером через катушку микрофона.



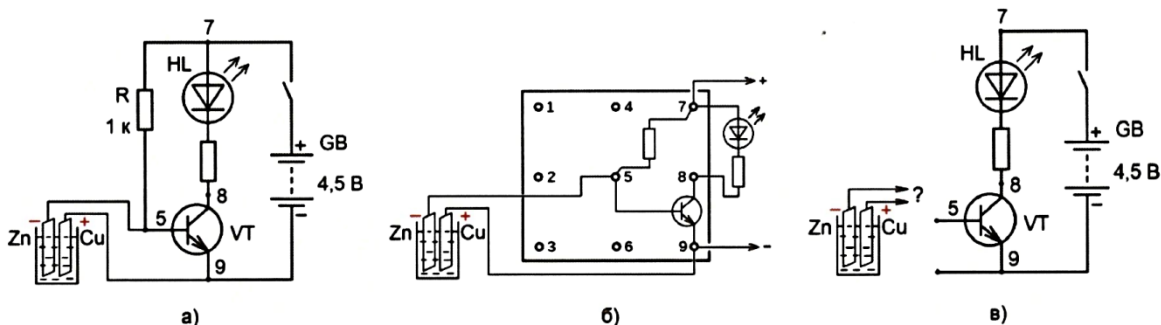
Примечания.

1. Вместо микрофона на вход усилителя (точки 2-9) можно подать сигнал с выхода генератора звуковой частоты напряжением 0,4-0,6 В. Это именно то напряжение, которое нужно подать на переход транзистора «эмиттер-база», чтобы открыть коллекторный переход.
2. При использовании транзистора p-n-p-типа, например, КТ209, полярность включения конденсатора, светодиода и источника питания необходимо сменить на обратное расположение по схеме.

Опыт 104. Решение экспериментальных задач с использованием транзистора.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором; транзистор кремниевый n-p-n-структуры; резистор 1 кОм; цинковая и медная пластины с проводами; стабилизированный источник постоянного тока 4-5 В; стакан с солёной водой; ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б), где в исходном состоянии светодиод в цепи коллектора горит.



2. Включите к базе цинковый электрод, а к эмиттеру - медный. Опустите электроды в солёный раствор (или воткните в солёный огурец). Транзистор закрывается, светодиод гаснет.

3. Смените электроды и повторите опыт. Светодиод никак не реагирует на опускание электродов в раствор. Объясните наблюдаемое явление.

Примечание. Цинковая и медная пластины, опущенные в раствор соли, представляют собой источник питания. Причем, медная пластина является положительным электродом, а цинковая пластина – отрицательным.

4. Исклучите из цепи базовый резистор 1 кОм (рис. в). В исходном положении электроды в раствор не опущены. Светодиод не горит.

Помня о том, что кремниевый транзистор п-р-п-структуры открывается напряжением около 0,4 В между эмиттером и базой, приложенным потенциалом «+» к базе, определите, какой электрод куда надо включить, чтобы при их опускании в раствор транзистор открылся, а светодиод загорелся?

Ваш вывод проверьте экспериментом.

Опыт 105. Демонстрация принципа работы фоторезистора.

Фоторезистор представляет из себя полупроводниковый радиоэлемент, который меняет свое сопротивление в зависимости от освещения видимым или инфракрасным светом. Свойство фоторезистора менять своё сопротивление под воздействием света широко используется в электронной автоматике.

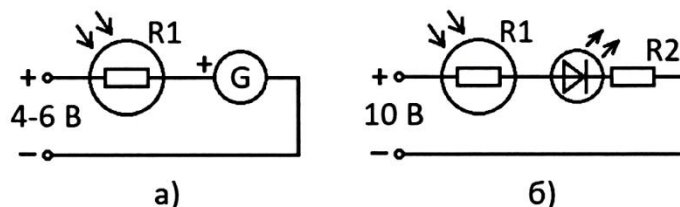
Фоторезисторы используются в автоматах для защиты персонала от опасных зоны, для обнаружения бумажной ленты, подаваемой на печатную машину, для контроля уровня жидких и сыпучих тел, для регулирования включения и выключения уличного освещения и маяков, для подсчёта штучной продукции на производственных конвейерах.

Оборудование: макетная панель; фоторезистор, гальванометр, источник постоянного напряжения, 4-6 В (например, «квадратная» батарея), ключ; соединительные провода - 3 шт.

1. Соедините фоторезистор последовательно с демонстрационным гальванометром. Освещая и затемняя фоторезистор, следите за показанием гальванометра.

2. Соедините фоторезистор последовательно со светодиодом. При освещении фоторезистора ярким светом светодиод загорается.

Примечание. Используемый в комплекте фоторезистор ФР-765 имеет рабочее напряжение 20 В, темновое сопротивление 2 МОм, темновой ток 10 мкА.



Опыт 106. Демонстрация принципа работы фотореле.

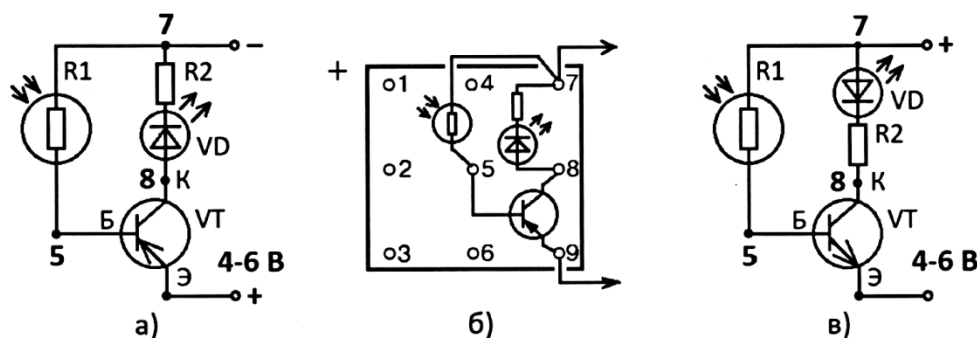
Оборудование: макетная панель; фоторезистор; светодиод с ограничительным резистором; транзистор п-р-п-типа КТ315; транзистор р-н-р-типа КТ209; источник постоянного напряжения 4-6 В; ключ; соединительные провода - 2 шт.

1. Соберите модель фотореле на базе транзистора р-п-р-структуры по рис. а.

При освещении фоторезистора базовый ток, протекающий через фоторезистор и базовый п-р-переход транзистора, увеличивается, создавая достаточное для открывания транзистора напряжение 0,5-0,6 В, приложенное между базой и эмиттером.

В реальных конструкциях в коллекторной цепи вместо светодиодной цепочки включается электромагнитное реле, управляющее исполнительными устройствами.

2. Соберите модель фотореле на базе транзистора п-р-п-структуры по рис. б и проверьте его работоспособность.



Опыт 107. Демонстрация принципа работы терморезистора.

Терморезистор представляет собой полупроводниковый резистор, сопротивление которого зависит от температуры. Свойство терморезистора - менять своё сопротивление под воздействием тепла - широко используется в электронной автоматике.

Терморезисторы используются в автоматах для поддержания температуры приборов, механизмов среды в заданных пределах; для обеспечения пожарной безопасности, для защиты приборов от перегрева; для измерения температур в труднодоступных местах.

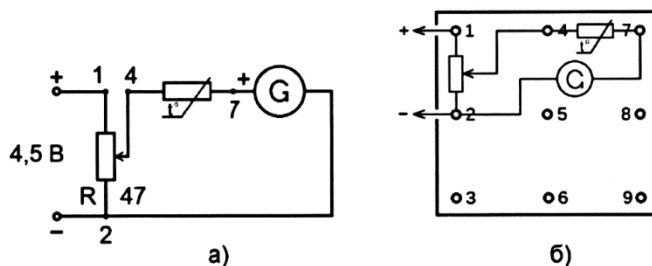
В данных экспериментах используется терморезистор марки ММТ-4 сопротивлением 1,2 кОм при нормальных условиях, предназначенный для работы в интервале температур - 70 ... +125 °С.

Оборудование: макетная панель; терморезистор (ММТ-4), источник постоянного напряжения 2-3 В; гальванометр (микроамперметр); соединительные провода - 4 шт.

1. Включите терморезистор последовательно с гальванометром (рис. а, б) и переменным резистором подберите такое напряжение, когда гальванометр показывает незначительный ток.

2. Нагревая корпус терморезистора от предмета, предварительно нагретого примерно до 70-100 градусов, следите за увеличением силы тока через терморезистор.

Внимание! При работе с нагретым прибором соблюдайте меры предосторожности!



Опыт 108. Демонстрация принципа работы термореле.

Оборудование: макетная панель; терморезистор (ММТ-4), светодиод с ограничительным резистором, транзистор п-р-п-типа КТ315, транзистор п-р-п-типа КТ209, источник постоянного напряжения, 4-10, ключ; соединительные провода - 2 шт.

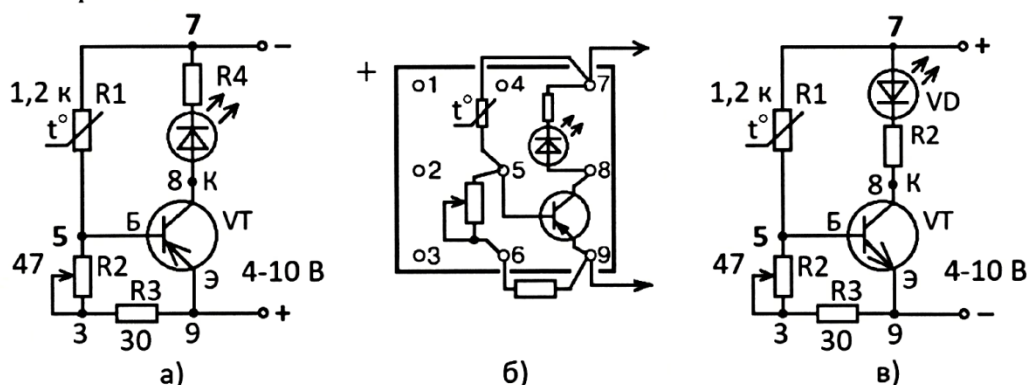
1. Соберите модель термореле на базе транзистора п-р-п-структуры по рис. а. В начальный момент при комнатной температуре терморезистора переменным резистором R2 47 ом подберите состояние еле заметного свечения светодиода.

2. Нагревая терморезистор в допустимых пределах (предыдущий опыт), наблюдайте за усилением яркости светодиода.

3. При уменьшении сопротивления терморезистора вследствие нагревания сила тока через цепочку резисторов R1, R2, R3 увеличивается, создавая на резисторах R2-R3 напряжение, необходимое для открывания р-п-перехода «эмиттер-база», что вызывает усиления тока через коллекторную цепь, о чем свидетельствует усиление яркости светодиода.

В реальных конструкциях в коллекторной цепи вместо светодиодной цепочки включается электромагнитное реле, управляющее исполнительными устройствами.

4. Соберите модель термореле на базе транзистора п-р-п-структуры по рис. в и проверьте его работоспособность.



Опыт 109. Изучение принципа работы модели реле времени.

Оборудование: макетная панель; светодиод с ограничительным резистором, транзистор п-р-п-типа (КТ315), транзистор п-р-п-типа (КТ209), резистор 1 кОм, конденсатор 4700 мкФ, источник постоянного напряжения 4-10 В, ключ; соединительные провода - 3 шт.

Реле времени предназначено для формирования временных задержек при работе каких-либо устройств. Например, широко известны фотоаппараты, которые срабатывают через некоторое время после нажатия пусковой кнопки. В подъездах часто используется задержка выключения освещения после того, как прошёл человек. Многие современные электронные устройства, используемые людьми, после прекращения активных действий автоматически выключаются по истечении некоторого времени.

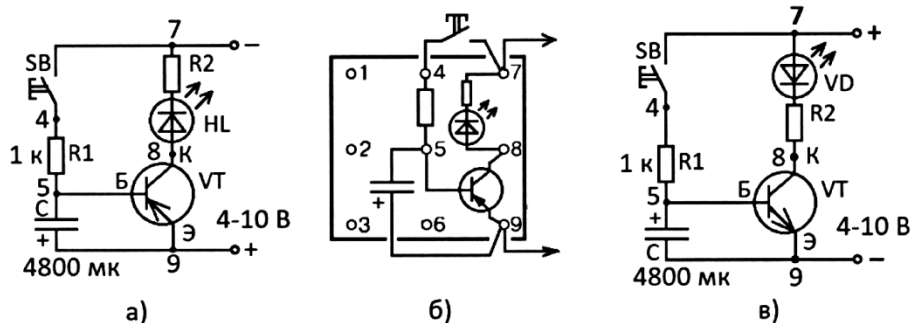
1. Соберите модель реле времени согласно рисункам а и б, используя транзистор п-р-п-структуры. Вместо кнопки SB используйте проводник.

2. Замкните кратковременно точки 4 и 7. При этом конденсатор С заряжается напряжением питания схемы. Его напряжение, приложенное потенциалом «-» к базе, открывает транзистор, о чем сигнализирует свечение светодиода.

По мере разрядки конденсатора через эмиттер-база напряжение на конденсаторе, следовательно, и на управляющем р-п-переходе, уменьшается. При уменьшения напряжение на конденсаторе до 0,4-0,5 В транзистор закрывается и светодиод гаснет.

В реальных конструкциях в цепи коллектора транзистора обычно включается электромагнитное реле, которое через свои контакты управляет вторичными цепями.

3. Соберите модель реле времени на базе транзистора n-p-n-структуры по рис. в и проверьте его работоспособность.



ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Опыт 110. Демонстрация тока самоиндукции.

Оборудование: макетная панель; диод выпрямительный; светодиод с ограничительным резистором; катушка индуктивности 5 мГн; гальванометр; батарея элементов 4,5 В; ключ; соединительные провода - 5 шт.

Примечание.

а). В этом опыте в качестве источника питания используется батарея элементов 4,5 В, а не сетевой выпрямитель.

б). Диод VD, включенный последовательно с гальванометром, пропускает ток только в одном направлении - в сторону острия треугольника на его условном графическом обозначении.

1. Соберите цепь (рис. а, б), где в качестве индикатора тока используется гальванометр (миллиамперметр). Обратите внимание на то, что вследствие запирающего действия диода VD ток источника питания на гальванометр не идет.

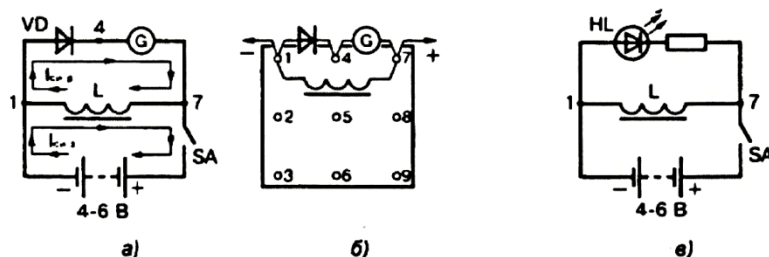
2. Включайте и выключайте ключ SA. Наблюдайте возникновение кратковременного тока самоиндукции $I_{\text{си}}$ через гальванометр в моменты размыкания цепи. Он протекает по катушке, диоду, гальванометру.

Ток самоиндукции $I_{\text{си}}$, возникающий при замыкании цепи, протекает по катушке, ключу, источнику тока. Он гальванометром не регистрируется.

3. Соберите цепь (рис. в), где для регистрации тока самоиндукции используйте светодиод с ограничительным резистором.

Наблюдайте свечение светодиода в момент размыкания цепи и объясните этот факт.

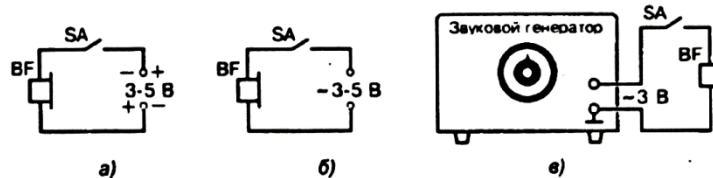
Примечание. В этом опыте можно использовать как батарею элементов, так и сетевой выпрямитель.



Опыт 111. Демонстрация принципа работы электромагнитного телефона (или динамической головки – громкоговорителя).

Оборудование: динамическая головка (или телефонный капсюль электромагнитного типа); источник постоянного тока; звуковой генератор; ключ.

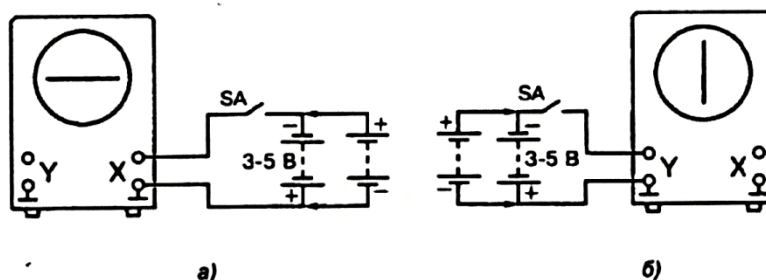
1. Отверните крышку телефонного капсюля и ознакомьтесь с его устройством: найдите мембрану, стержень, катушку. Заверните крышку на место.
2. Соберите цепь (рис. а). Пропустите ток по катушке телефона в разных направлениях и следите за появлением характерных звуков - «щелчков». Обратите внимание на то, что они появляются только в моменты включения или выключения цепи. Почему?
3. Подключите телефонный капсюль к выходу сетевого источника переменного тока напряжением 3-5 В (рис. б). Объясните причину возникновения звуковых колебаний. Какова частота этих колебаний?
4. Включите телефонный капсюль к выходу звукового генератора (рис. в) и слушайте изменение издаваемого мембраной звука при изменении частоты генератора от 100 Гц до 2000 Гц.



Опыт 112. Демонстрация принципа работы электромагнитного микрофона.

Оборудование: телефонный капсюль ТОН-2; демонстрационный гальванометр; осциллограф; камертон на резонаторном ящике с молоточком; источник постоянного тока или батарея элементов 3-5 В.

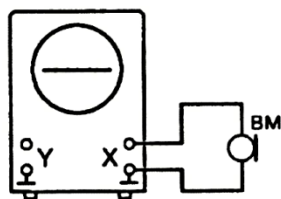
1. Отверните крышку микрофона (электромагнитного телефонного капсюля) и включите его к гальванометру от амперметра. Надавливая на мембрану и отпуская её, следите за отклонением стрелки прибора в ту или иную сторону. Объясните наблюдаемое явление.
2. Включите осциллограф и установите светящуюся точку (электронный луч) в середине экрана.
3. Подайте к горизонтальному входу «Х» (к горизонтально отклоняющим пластинам, рис. а) постоянное напряжение в разной полярности от источника постоянного тока и следите за отклонением луча в ту или иную сторону.
4. Подайте к вертикальному входу «У» (к вертикально отклоняющим пластинам, рис. б) постоянное напряжение в разной полярности и следите за отклонением луча вверх и вниз. Чувствительность входного сигнала установите так, чтобы отклоняющийся луч оставался в пределах экрана (в поле зрения).



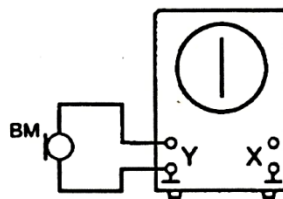
5. Включите выводы микрофона к горизонтальному входу осциллографа при выключенном напряжении развёртки (рис. в). Постукивая по крышке микрофона или произнося звуки в непосредственной близости от него, следите за отклонением электронного луча по горизонтали в обе стороны от начального положения. Объясните наблюдаемое явление.

6. Включите выводы микрофона к вертикальному входу осциллографа (рис. г) и произведите действия предыдущего пункта, предварительно установив наибольшее усиление входного сигнала. Следите за отклонением луча по вертикали вверх-вниз от начального положения. Объясните наблюдаемое явление.

7. Установите микрофон перед резонаторным ящиком камертона. Включите наименьший диапазон частот напряжения развёртки и, постукивая молоточком по камертону и подбирая частоту развёртки, установите на экране неподвижную картину синусоиды. Объясните её происхождение.



в)



г)

АКТИВНОЕ, ИНДУКТИВНОЕ, ЁМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

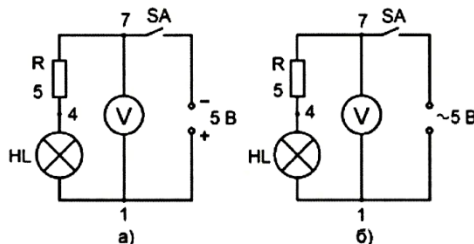
Опыт 113. Демонстрация проводимости активным сопротивлением постоянного и переменного тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,3 А; резистор 5 Ом; вольтметр постоянного тока; вольтметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 5 шт.

1. Соберите цепь (рис. а). Подайте на лампу и включенный последовательно с ней резистор постоянное напряжение 5 В. Запомните яркость лампы.

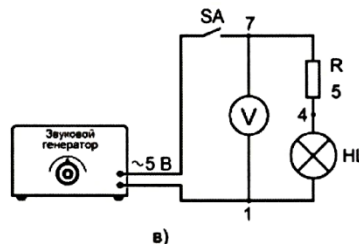
2. Переключите эту цепь на переменный ток напряжением 5 В (рис. б). Обратите внимание на то, что лампа и резистор, обладающие активным сопротивлением, одинаково хорошо проводят и постоянный, и переменный ток.

3. Включите лампу с резистором к выходу звукового генератора (рис. в). Меняя частоту тока от 100 Гц до 2000 Гц, следите за тем, как лампа и резистор одинаково хорошо проводят токи всех частот.



а)

б)



в)

Опыт 114. Демонстрация особенностей роли конденсатора в цепи постоянного и переменного тока.

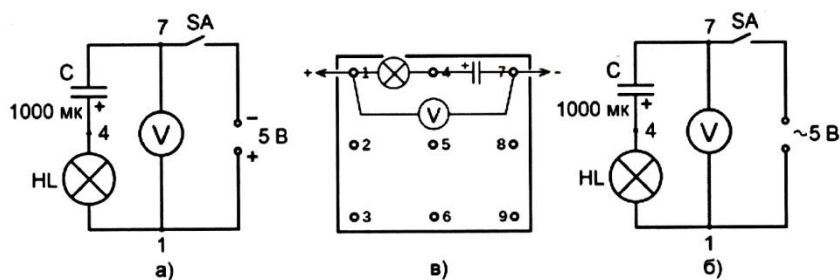
Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,3 А; конденсатор 1000 мкФ; вольтметр переменного тока; источник постоянного напряжения 4-10 В; ключ; соединительные провода - 5 шт.

Примечание. Конденсатор при включении в цепь постоянного тока проводит ток только в период зарядки.

1. Соберите цепь (рис. а, б), где последовательно соединённые лампа HL и конденсатор С включены к источнику постоянного тока.

Включите цепь и обратите внимание на то, что вольтметр показывает наличие напряжения, но лампа не горит. Это свидетельствует о том, что конденсатор, обкладки которого разделены диэлектриком, постоянного тока не пропускает.

2. Переключите эту цепь к сетевому источнику переменного тока или звуковому генератору (рис. в). Полярность включения конденсатора любая. Лампа горит, конденсатор проводит переменный ток.

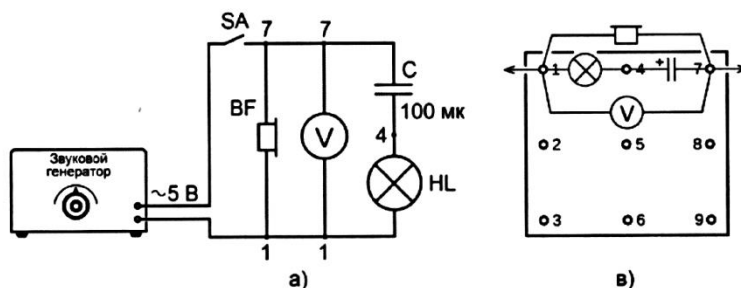


Опыт 115. Демонстрация зависимости ёмкостного сопротивления конденсатора от частоты переменного тока.

Оборудование: макетная панель; конденсатор 100 мкФ (ёмкостное сопротивление); лампа 6 В х 0,3 А; вольтметр переменного тока; звуковой генератор; телефонный капсюль ТОН-2 (используется при отсутствии звукового сигнала генератора); ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Включите лампу через конденсатор к выходу звукового генератора (рис. а). Телефонный капсюль в цепи служит для контроля «на слух» изменения частоты тока.

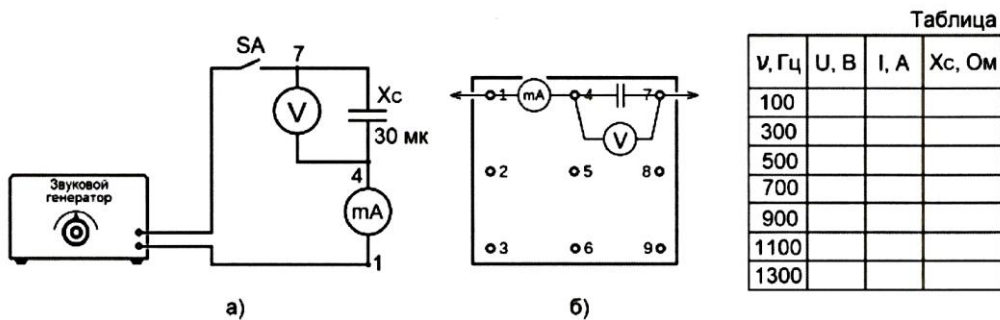
2. Меняйте плавно частоту переменного тока от 0 до 2000 Гц и следите за тем, как по мере увеличения частоты лампа загорается ярче, а при уменьшении частоты она затухает и гаснет, хотя напряжение остаётся неизменным. Следовательно, сопротивление конденсатора переменному току зависит от частоты согласно формуле: $X_C = 1/(2\pi fC)$.



Опыт 116. Построение графика зависимости ёмкостного сопротивления конденсатора от частоты переменного тока.

Оборудование: макетная панель; конденсатор 30 мкФ (ёмкостное сопротивление); вольтметр переменного тока; миллиамперметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. По показаниям приборов вычислите ёмкостное сопротивление конденсатора при частотах тока генератора, указанных в таблице.
3. По результатам эксперимента постройте график зависимости ёмкостного сопротивления конденсатора от частоты тока: $X_C = f(\nu)$ и проанализируйте его вид.



Опыт 117. Определение ёмкости конденсатора.

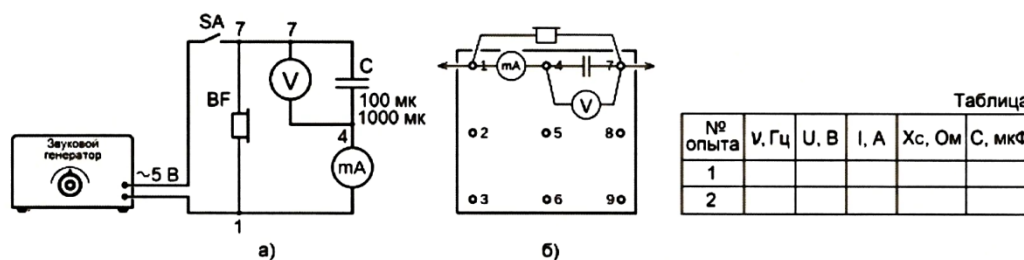
Оборудование: макетная панель; конденсаторы 100 мкФ и 1000 мкФ; амперметр (или миллиамперметр) переменного тока; вольтметр переменного тока; телефонный капсюль ТОН-2; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а). Установите частоту генератора 2000 Гц. Измерьте напряжение на конденсаторе 100 мкФ и силу тока в нём. По показаниям приборов вычислите ёмкостное сопротивление конденсатора X_C и его электроёмкость C .
2. Повторите действия пункта 1 для конденсатора 1000 мкФ. Результаты опыта занесите в таблицу.

Примечание.

1. Полярность включения конденсатора не имеет значения.
2. Вычисленная ёмкость может не совпадать с номинальной, нанесённой на корпусе, по следующим причинам:
 - у электролитических конденсаторов, применяемых в опыте, погрешность составляет 30 %;
 - электролитический конденсатор, предназначенный для работы в цепях постоянного тока, в данном опыте включается в цепь переменного тока;
 - электролитические конденсаторы с течением времени склонны терять ёмкость, поэтому вычисленные вами значения электроёмкости конденсатором могут быть меньше маркированных на корпусе значений;
 - измерительные приборы имеют погрешность.

Для более точного измерения силы тока рекомендуем использовать более точный лабораторный амперметр или миллиамперметр переменного тока.

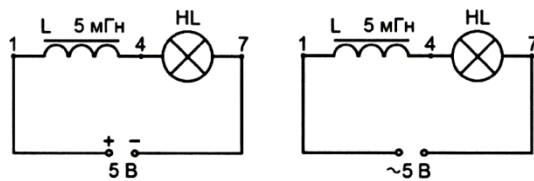


Опыт 118. Демонстрация катушки в цепи постоянного и переменного тока.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,5 А; катушка индуктивности 5 мГн; амперметр постоянного тока; амперметр переменного тока; вольтметр постоянного тока; вольтметр переменного тока; источник постоянного напряжения; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а), где катушка L последовательно с лампой включена в цепь постоянного тока напряжением 5 В. Лампа горит ярко, катушка проводит ток, оказывая только активное сопротивление.

4. Включите катушку последовательно с лампой к звуковому генератору частотой тока 400 Гц (рис. б) с выходным напряжением 5 В. Лампа горит тускло, катушка плохо проводит ток, оказывая активное и индуктивное сопротивление.



Опыт 119. Демонстрация зависимости индуктивного сопротивления катушки от частоты переменного тока.

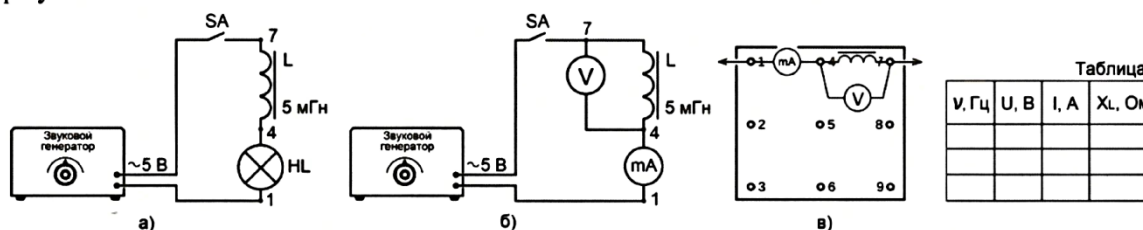
Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,3 А; катушка индуктивности 5 мГн; миллиамперметр переменного тока; вольтметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а), где катушка через лампу включена к выходу звукового генератора.

2. Меняйте плавно частоту генератора от 0 Гц до 2000 Гц. Следите за тем, как по мере увеличения частоты уменьшается яркость лампы, свидетельствуя об увеличении индуктивного сопротивления катушки.

3. Соберите цепь (рис. б), где для измерения напряжения на катушке используйте вольтметр переменного тока, а для измерения силы тока – миллиамперметр переменного тока. По показаниям приборов вычислите индуктивное сопротивление катушки при частотах 400 Гц, 800 Гц, 1200 Гц.

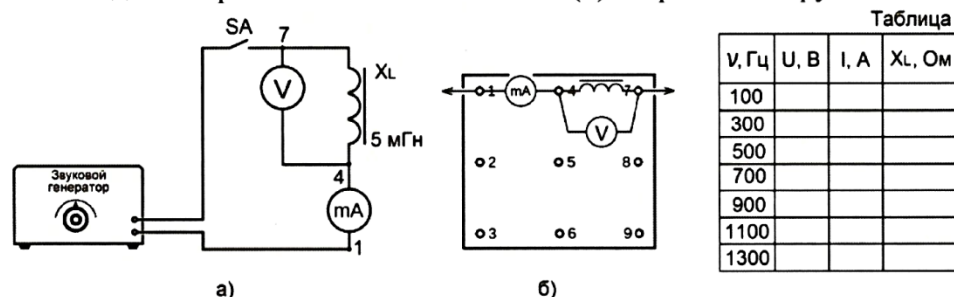
Результаты эксперимента занесите в таблицу и проанализируйте их на основе формулы $X_L = 2\pi\nu L$.



Опыт 120. Построение графика зависимости индуктивного сопротивления катушки от частоты переменного тока.

Оборудование: макетная панель; катушка 5 мГн (индуктивное сопротивление); вольтметр переменного тока; миллиамперметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б).
2. По показаниям приборов вычислите индуктивное сопротивление конденсатора при частотах тока генератора, указанных в таблице.
3. По результатам эксперимента постройте график зависимости индуктивного сопротивления конденсатора от частоты тока: $X_L = f(\nu)$ и проанализируйте его вид.



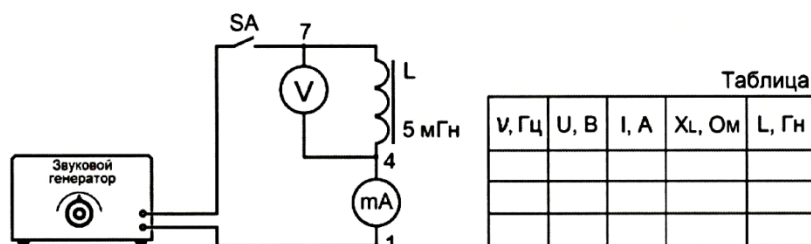
Опыт 121. Сравнительный анализ графиков зависимости ёмкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока.

1. По табличным данным опытов 116 и 120 постройте графики зависимости ёмкостного и индуктивного сопротивлений от частоты тока в одних и тех же координатных осях и произведите их сравнение на основе формул: $X_C = 1/(2\pi\nu C)$; $X_L = 2\pi\nu L$.
2. Объясните, что собой представляют параметры (сопротивление и частота) точки пересечения графиков линий $X_L = f(\nu)$ и $X_C = f(\nu)$.

Опыт 122. Определение индуктивности катушки.

Оборудование: макетная панель; лампа 6 В х 0,3 А; катушка индуктивности 5 мГн; миллиамперметр переменного тока; вольтметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

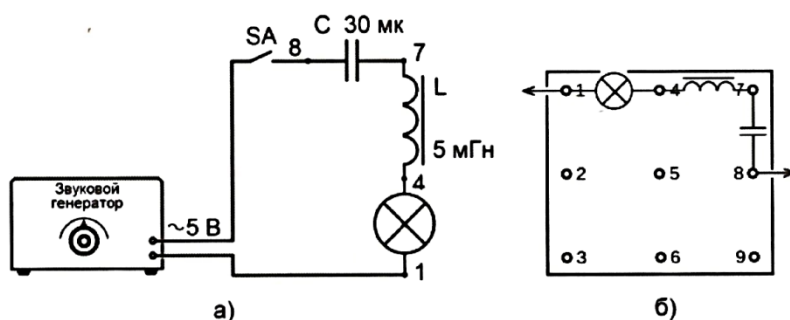
1. Соберите цепь, где параллельно с катушкой включен вольтметр переменного тока, а последовательно - миллиамперметр переменного тока.
 2. Измерьте напряжение и силу тока в цепи при частотах 400 Гц, 800 Гц, 1200 Гц. По показаниям приборов вычислите индуктивность катушки.
- Зависит ли индуктивность катушки, являющаяся её физическим свойством, от частоты тока?



Опыт 123. Демонстрация явления резонанса в последовательном колебательном контуре.

Оборудование: макетная панель; катушка индуктивности 5 мГн (индуктивное сопротивление); конденсаторы 30 мкФ (ёмкостное сопротивление), 100 мкФ; лампа 6 В х 0,3 А; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 3 шт.

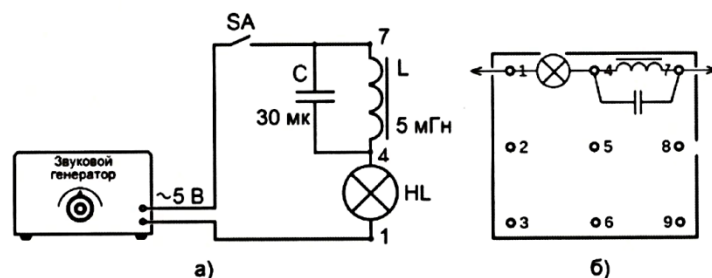
1. Соберите цепь (рис. а), где последовательно соединенные катушка, конденсатор, лампа включены к выходу звукового генератора.
2. Установите неизменное выходное напряжение генератора и плавно изменяйте частоту тока от 0 до 2000 Гц. Следите за изменением яркости лампы. По максимальной яркости определите резонансную частоту, при которой последовательный колебательный контур имеет наименьшее сопротивление.
3. Исследуйте, как на резонансную частоту влияет изменение ёмкости цепи параллельным и последовательным соединением конденсатора 100 мкФ.
4. Зная резонансную частоту и ёмкость конденсатора, по формуле Томсона вычислите индуктивность катушки.



Опыт 124. Демонстрация явления резонанса в параллельном колебательном контуре.

Оборудование: макетная панель; катушка индуктивности 5 мГн (индуктивное сопротивление); конденсаторы 30 мкФ (ёмкостное сопротивление), 100 мкФ; лампа 6 В х 0,3 А; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 3 шт.

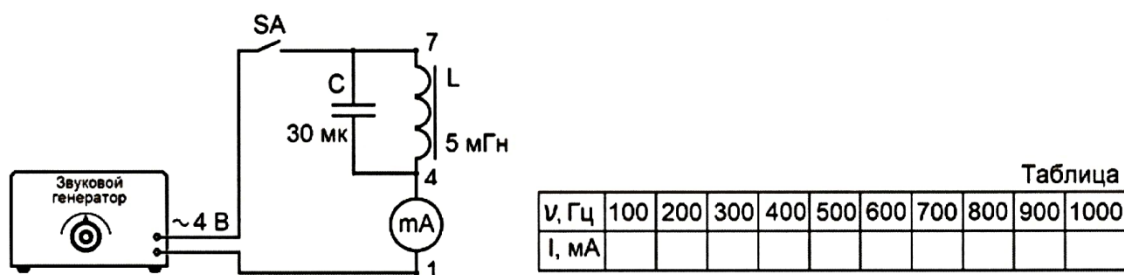
1. Соберите цепь (рис. а), где параллельно соединенные катушка и конденсатор последовательно с лампой включены к выходу звукового генератора.
2. Установите неизменное выходное напряжение генератора и плавно изменяйте частоту тока от 0 до 2000 Гц. Следите за изменением яркости лампы. По минимальной яркости определите резонансную частоту, при которой параллельный колебательный контур имеет наибольшее сопротивление.
3. Исследуйте, как на резонансную частоту влияет изменение ёмкости цепи параллельным и последовательным соединением конденсаторов 30 мкФ и 100 мкФ.
4. Зная резонансную частоту и ёмкость конденсатора, по формуле Томсона вычислите индуктивность катушки.



Опыт 125. Построение графика зависимости силы тока от частоты в параллельном колебательном контуре.

Оборудование: макетная панель; катушка индуктивности 5 мГн (индуктивное сопротивление); миллиамперметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

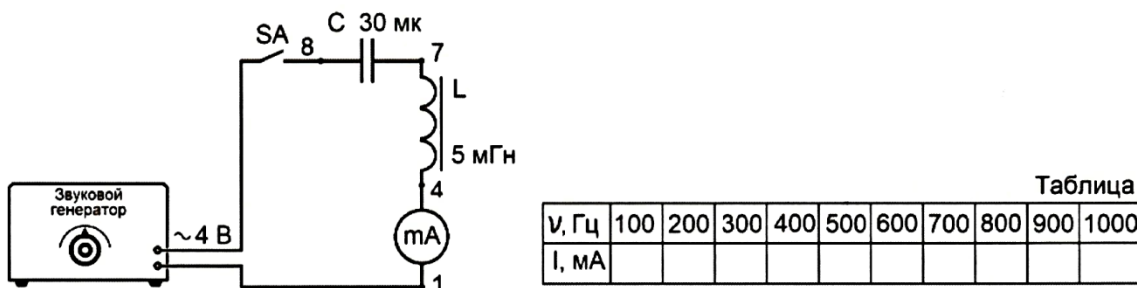
1. Соберите цепь.
2. При неизменном выходном напряжении звукового генератора, плавно меняя частоту сигнала согласно таблице, фиксируйте значения силы тока.
3. По числовым значениям эксперимента определите резонансную частоту параллельного колебательного контура.
4. Постройте график зависимости $I = f(\nu)$ и проведите его анализ.



Опыт 126. Построение графика зависимости силы тока от частоты в последовательном колебательном контуре.

Оборудование: макетная панель; конденсатор 30 мкФ (ёмкостное сопротивление); миллиамперметр переменного тока; звуковой генератор; ключ; соединительные провода - 6 шт.

1. Соберите цепь.
2. При неизменном выходном напряжении звукового генератора, плавно меняя частоту сигнала согласно таблице, фиксируйте значения силы тока.
3. По числовым значениям эксперимента определите резонансную частоту последовательного колебательного контура.
4. Постройте график зависимости $I = f(\nu)$ и проведите его анализ.



Опыт 127. Сравнительный анализ графиков зависимости силы тока от частоты в последовательном и параллельном колебательных контурах.

1. По табличным данным предыдущих опытов постройте графики зависимости силы тока (в параллельном и последовательном колебательных контурах) от частоты тока (в одних и тех же координатных осях) и произведите их сравнение.

2. Объясните, почему при резонансной частоте в параллельном колебательном контуре течет наименьший ток, а в последовательном – наибольший ток.

Опыт 128. Демонстрация разделения токов различных частот активным, индуктивным и ёмкостным сопротивлениями.

Оборудование: сборка, содержащая активное, индуктивное и ёмкостное сопротивления с индикаторными лампами; телефонный капсюль ТОН-2 (для контроля за частотой на слух); звуковой генератор; ключ; соединительные провода – 3 шт.

1. Соберите цепь (рис. а, б), где параллельно соединённые активное сопротивление R (резистор), индуктивное сопротивление X_L (катушка) и ёмкостное сопротивление X_C (конденсатор) включены к выходу звукового генератора. Лампы HL_1 – HL_3 позволяют контролировать силу тока в ветвях. Телефонный капсюль BF служит для звуковой индикации частоты тока.

2. Плавно регулируя частоту генератора от 0 до 2000 Гц, следите за яркостью ламп. Обратите внимание на то, что при малой частоте, например, 100 Гц, горят лампы HL_1 и HL_2 . При увеличении частоты яркость лампы HL_2 уменьшается, а яркость лампы HL_3 увеличивается. Яркость лампы HL_1 , соединённой последовательно с активным сопротивлением R , не меняется. При частоте 2000 Гц горят лампы HL_1 и HL_3 . Наблюдаемое явление объясняется тем, что активное сопротивление резистора от частоты тока не зависит. Индуктивное сопротивление катушки прямо пропорционально, а ёмкостное сопротивление конденсатора обратно пропорционально зависят от частоты переменного тока: $X_L = 2\pi\nu L$; $X_C = 1/(2\pi\nu C)$.

