

XXVI Городской открытый конкурс научно-исследовательских и
учебно-исследовательских работ обучающихся
Управление образования администрации города Березники
Муниципальное автономное образовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа № 30»
Научное общество учащихся «ПАРИ»

Направление: естественно-математическое
(физика)

«Тестер электропроводимости и регулятор света»

фамилия, имя, отчество участника (полностью)	Маратаев Кирилл Александрович Маратаев Данил Александрович
полное наименование образовательной организации (согласно Уставу)	Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №30»
класс (курс) участника	10 класс
контактный телефон участника	
фамилия, имя, отчество научного руководителя (полностью)	Кулагина Наталья Валерьевна
место работы руководителя	МАОУ СОШ №30
должность руководителя	учитель физики

Березники 2018г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Основная часть	4
1.1. Устройства, которые могут влиять на яркость лампочки.	4
1.2. Что такое резисторы и реостаты, из чего они состоят, как работают.	4
1.3. Что такое проводники и диэлектрики, чем они отличаются друг от друга.	7
2. Исследовательская часть	8
2.1. Исследование свойств резисторов.	8
2.2. Исследование зависимости яркости лампы от сопротивления в цепи.	12
2.3. Измерение сопротивления проводника при помощи амперметра и вольтметра	14
3. Конструирование	16
4. Заключение	18
5. Литература	19

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: Мы с братом спим в одной комнате. И если одному, по какой-то причине необходимо включить свет, а другой при этом спит, то яркий свет будет мешать. Поэтому мы решили сконструировать устройство, которое позволяло бы сделать свет приглушенным.

Цель: сконструировать устройство, которое позволяло бы сделать свет в комнате приглушенным. Сконструировать тестер электропроводимости и модель дома с регулируемым светом.

Задачи:

- 1 Выяснить какие устройства могут влиять на яркость лампочки.
- 2 Что такое резисторы и реостаты, из чего они состоят и как работают.
- 3 Исследовать свойства резисторов.
- 4 Исследовать зависимость яркости лампы от сопротивления в цепи.
- 5 Сконструировать устройство, которое позволяло бы сделать свет в комнате приглушенным, сконструировать «Тестер электропроводимости» веществ, отремонтировать старые школьные реостаты.
- 6 Провести испытания и рассказать ребятам о своей работе.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1. Устройства, которые могут влиять на яркость лампочки.

Сравнительно недавно в широкий обиход вошли диммеры – приборы, меняющие мощность ламп. Диммер – специальное устройство, назначением которого является постепенное регулирование уровня искусственного освещения. С помощью диммера можно преобразить комнату, создав в ней полумрак или залив световым потоком. Первый прибор, имеющий механический принцип действия, был запатентован в 1890-х годах в Соединенных Штатах. Он использовался для постепенного затемнения театрального зала.

Диммеры на основе симисторов

Более современным вариантом являются устройства, сделанные на основе симистора – полупроводникового прибора. Принцип работы подобных приспособлений заключается в следующем. Чтобы включить лампу, необходимо, чтобы через симистор прошел ток, то есть нужно создать определенное напряжение между электродами. Достигают этого, подзаряжая конденсатор от потенциометра R, при этом последний будет менять фазовый угол. Как только показатель напряжения на конденсаторе достигнет определенной величины, симистор откроется, благодаря чему через него сможет пройти электроток. Сопротивление прибора при этом падает, из-за чего лампочка будет гореть сильнее. Подобный процесс наблюдается как с положительными, так и с отрицательными полуволнами. Это объясняется симметричностью диака и триака, для которых не имеет значения, в какую сторону течет поток электронов.

Светорегуляторы на основе реостата

Первоначально диммеры изготавливались с помощью набора резисторов. Меняя сопротивление при помощи рычага, можно было регулировать освещение. При возрастании этого показателя сила тока падала, и свет в лампе становился слабее. И наоборот, уменьшая сопротивление, можно было усилить световой поток. Такие устройства нам больше всего подходят. Они просты в изготовлении и решают поставленные нами задачи, так как нам нужно не медленно выключать светильники, а убавлять яркость свечения до нужной нам величины.

1.2. Что такое резисторы и реостаты, из чего они состоят и как работают.

Резистор (англ. resistor, от лат. resisto — сопротивляюсь) - элемент, основное функциональное назначение которого, оказывать известное сопротивление электрическому току с целью регулирования тока и напряжения. Чем выше сопротивление резистора, тем меньший ток по нему протекает. Реостат был изобретен в 1843 году известнейшим английским изобретателем в области электротехники и средств связи Чарльзом Уитстоном. Кстати, первое его

изобретение было концертино — кнопочный пневматический музыкальный инструмент. (2,с.26)

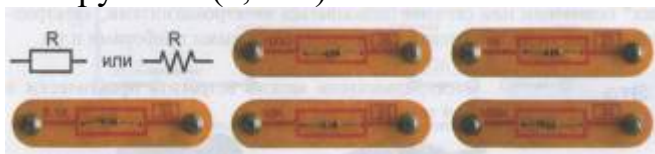


Рис.1

Внешний вид и условные обозначения резисторов, встречающиеся в принципиальных схемах. Обозначение резистора в виде пилы часто встречается в компьютерных программах по моделированию схем (Рис.1).

Основные характеристики резистора:

- Номинальное значение сопротивления (наминал). Указывается в омах (Ом), килоомах (кОм; $1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$), мегаомах (МОм; $1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$).
- Допуск — разброс значений сопротивления относительно его номинального значения. Указывается в процентах. Например, если на резисторе указано $1 \text{ кОм} \pm 10\%$, это означает, что реальное значение сопротивления может лежать в диапазоне от 900 Ом до 1,1 кОм.
- Максимальная рассеиваемая мощность — определяет максимально допустимое значение тока, протекающего по резистору. Вычисляется как $P = I^2 R$. При превышении этой величины резистор может сгореть. Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — указывает на изменение номинального значения сопротивления при изменении температуры. Очень важный параметр. Например, температура на поверхности Луны меняется от минус 160°C до $+120^\circ\text{C}$, следовательно, не каждый резистор можно устанавливать на космический аппарат.

Переменный резистор — предназначен для регулирования силы тока или напряжения в электрической цепи. Имеет три вывода А—В—С (рис. 5.2). Сопротивление между точками А—В постоянное. При перемещении ползунка сопротивление между точками А—С и В—С меняется. В крайнем левом положении ползунка сопротивление А—С равно 0, а сопротивление В—С максимально. В крайнем правом положении ползунка — наоборот. Переменный резистор имеет две основные схемы включения — реостатную (рис. 5.2а) и потенциометрическую (рис. 5.2б). При этом его называют «реостатом» и «потенциометром» соответственно. Переменные резисторы применяются для регулировки яркости света, громкости звука скорости вращения и т.п.

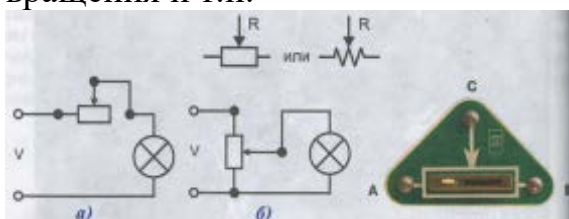


Рис.2

Внешний вид и условные обозначения переменных резисторов, встречающиеся в принципиальных схемах. Схемы реостатного (а) и потенциометрического (б) включения переменного резистора и нагрузки (лампы), (Рис.2)

Реостат (*переменный резистор*) — электрический аппарат, изобретённый Иоганном Христианом Поггендорфом, служащий для регулировки силы тока и напряжения в электрической цепи^[1] путём получения требуемой величины сопротивления. Как правило, состоит из проводящего элемента с устройством регулирования электрического сопротивления. Изменение сопротивления может осуществляться как плавно, так и ступенчато. (1,с.275)

Изменением сопротивления цепи, в которую включён реостат, возможно достичь изменения величины тока или напряжения. При необходимости изменения тока или напряжения в небольших пределах реостат включают в цепь параллельно или последовательно. Для получения значений тока и напряжения от нуля до максимального значения применяется потенциометрическое включение реостата, являющегося в данном случае регулируемым делителем напряжения.

Использование реостата возможно как в качестве электроизмерительного прибора, так и прибора в составе электрической или электронной схемы.

Основные типы реостатов:

1. Проволочный реостат. Состоит из проволоки из материала с высоким удельным сопротивлением, натянутой на раму. Проволока проходит через несколько контактов. Соединяя с нужным контактом, можно получить нужное сопротивление.
2. Ползунковый реостат. Состоит из проволоки из материала с высоким удельным сопротивлением, виток к витку натянутой на стержень из изолирующего материала. Проволока покрыта слоем окислы, который специально получается при производстве. При перемещении ползунка с присоединённым к нему контактом слой окислы соскабливается, и электрический ток протекает из проволоки на ползунки. Чем больше витков от одного контакта до другого, тем больше сопротивление. Такие реостаты применяются в учебном процессе. Разновидностью ползункового реостата является *агрометр*, в котором роль ползунка выполняет колёсико из проводящего материала,двигающееся по поверхности диэлектрического барабана с намотанной на него проволокой.
3. Жидкостный реостат, представляющий собой бак с электролитом, в который погружаются металлические пластины. Обеспечивается плавное регулирование. Величина сопротивления реостата

пропорциональна расстоянию между пластинами и обратно пропорциональна площади части поверхности пластин, погруженной в электролит.

4. Ламповый реостат. Состоит из набора параллельно включённых ламп накаливания. Изменением количества включённых ламп изменялось сопротивление реостата. Недостатком лампового реостата является зависимость его сопротивления от степени разогрева нитей ламп.

1.3 Что такое проводники и диэлектрики, чем они отличаются друг от друга.

Проводники - вещества, хорошо проводящие электрический ток, то есть обладающие очень низким удельным сопротивлением. Хорошими проводниками считаются металлы и их сплавы. Но не все металлы имеют низкое сопротивление. Например, медь имеет удельное сопротивление $0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, из нее делают сетевые провода, вот нихром (сплав двух металлов, никеля и хрома) имеет уже $1,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ и, следовательно, в 5 раз хуже проводит электрический ток. Из нихромовой проволоки делают спирали в нагревательных приборах, т.к. при пускании тока она раскаляется докрасна. Вода не очень хороший проводник, но проводит электрический ток в достаточной степени, чтобы не купаться во время грозы и не тушить водой загоревшуюся электропроводку (для этого есть специальные огнетушители). В зависимости от количества солей и других примесей вода имеет сопротивление от единиц до сотен килоом. Человеческое тело состоит из воды, поэтому тоже пропускает ток, который может привести к смертельному исходу. Для увеличения сопротивления человека при работе с высоким напряжением рекомендуется использовать специальные перчатки и обувь. (2,с.33)

Проводники (Рис.3), диэлектрики (Рис.4).



Рис.№3



Рис.№4

Диэлектрики (изоляторы) - вещества, практически не проводящие электрический ток. Хорошие диэлектрики имеют сопротивление исчисляемое сотнями гигаом ($1 \text{ ГОм} = 10^9 \text{ Ом}$) или тераом ($1 \text{ ТОм} = 10^{12} \text{ Ом}$). Например, фарфор имеет удельное сопротивление $1020 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ и из него делают высоковольтные изоляторы, а не только посуду.

2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Исследование свойств резисторов.

1) Регулирование силы тока переменным резистором.

Цель работы: научиться изменять силу тока в цепи с помощью переменного резистора.

Оборудование: • источник электропитания • переменный резистор • лампа • проволочный резистор R, • ключ • соединительные провода • металлический планшет. (Рис№5)



Рис№5

Ход работы

1. Сначала мы нарисовали схему электрической цепи, показанную на рисунке 5.
2. Перевели ползунок переменного резистора в одно из крайних положений.
3. Собрали электрическую цепь. Переменный резистор включили так, чтобы, меняя положение ползунка, можно было регулировать силу тока в цепи.
4. Включили источник питания, замкнули ключ и по показанию амперметра определили величину тока в цепи.
5. Повторили измерение силы тока в цепи еще четыре раза. Для этого перевели ползунок переменного резистора сначала в среднее положение, затем на максимальное удаление от исходного положения, затем опять в среднее и, наконец, вернее в исходное.

№ опыта	Сила тока, А
1 Максимальное сопротивление	$I_1=0,2$ А
2 Среднее положение	$I_2=0,22$ А
3 Минимальное сопротивление	$I_3=0,26$ А
4 Среднее положение	$I_4=0,22$ А
5 Максимальное сопротивление	$I_5=0,2$ А

Вывод: Силу тока в собранной цепи с помощью данного переменного резистора можно регулировать в пределах от 0,2 А до 0,26 А.

Далее мы отключили источник питания от сети и заменили лампу на проволочный резистор (рис.6)

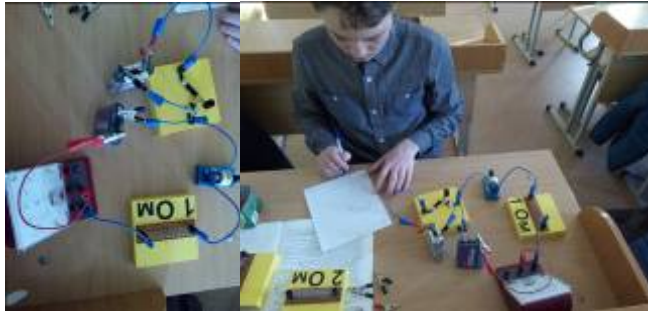
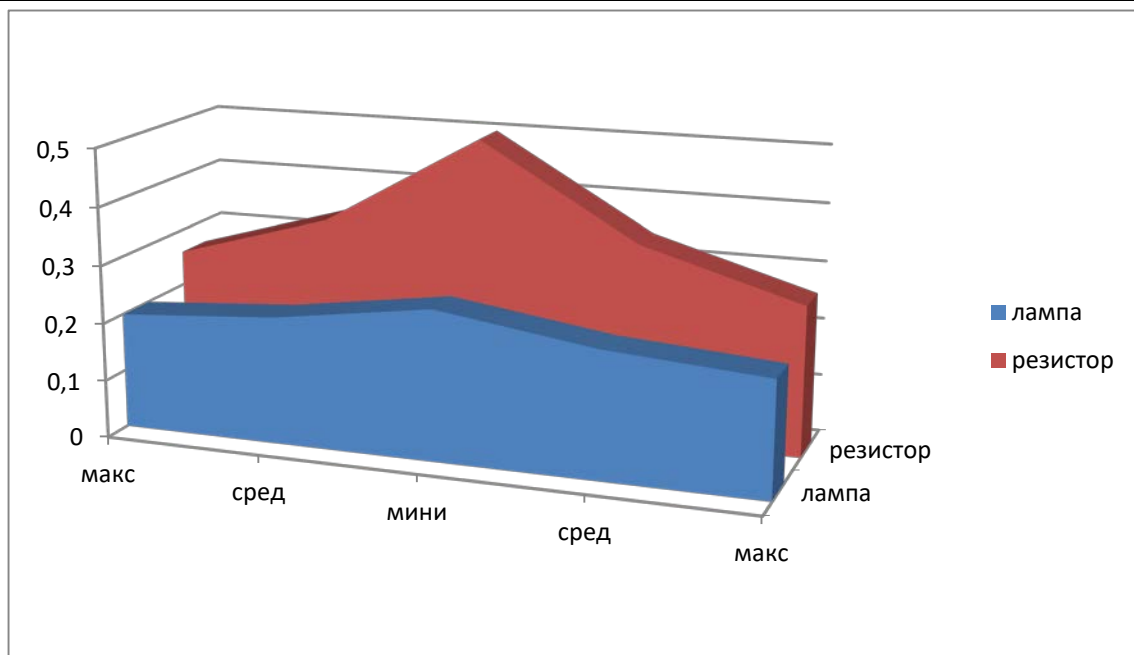


Рис.№6

6. Повторили действия указанные в пунктах с 5 по 7.

№ опыта	Сила тока, А
1 Максимальное сопротивление	$I_1=0,26$ А
2 Среднее положение	$I_2=0,34$ А
3 Минимальное сопротивление	$I_3=0,5$ А
4 Среднее положение	$I_4=0,34$ А
5 Максимальное сопротивление	$I_5=0,26$ А

Вывод: Силу тока в собранной цепи с помощью данного переменного резистора можно регулировать в пределах от 0,26 А до 0,5 А.



Вывод: Таким образом, с помощью переменного сопротивления можно изменять силу тока в электрической цепи.

2) Исследование зависимости силы тока на участке цепи от сопротивления участка.

Цель работы: определить характер зависимости силы тока на участке цепи от величины сопротивления этого участка.

Оборудование: • источник электропитания • амперметр • вольтметр • резистор R1 • резистор R2 • переменный резистор • ключ • соединительные провода • металлический планшет. (Рис№7)



Рис.№7

Ход работы

1. Сначала мы собрали схему на рисунке 7. При сборке установки использовали сопротивление R1, величина которого 1 Ом. Переменное сопротивление включают в схему, вставляя соединительные провода в гнезда 1 и 2 на его подставке.
2. Замкнули ключ и, вращая ручку переменного сопротивления, установили на сопротивлении R1 величину напряжения – 0,5 В.
3. Измерили и записали значение силы тока в цепи.
4. Заменяли сопротивление R1 сопротивлением R2, величина которого равна 2 Ом.
5. С помощью переменного сопротивления установили на сопротивлении R2 прежнее значение напряжения 0,5 В.
6. Еще раз измерили и записали значение силы тока в цепи.
7. Сравнивая два полученных результата, мы увидели, что сила тока на участке цепи при увеличении его сопротивления в два раза и неизменном напряжении уменьшается в два раза.
8. Повторили опыт, установив на сопротивлении R2 напряжение 0,8 В.
9. Измерили и записали значение силы тока в цепи.
10. Заменяли сопротивление R2 на сопротивление R1, установили на нем напряжение 0,8 В и вновь измерили и записали значение силы тока в цепи.

№ опыта	I(A)	U(B)	R(Ом)
1	0,5	0,5	1
2	0,25	0,5	2
3	0,4	0,8	2
4	0,8	0,8	1

Вывод: Сравнивая результаты, полученные при одинаковом напряжении, выяснили, что сила тока обратно пропорциональна сопротивлению (чем

больше сопротивление, тем меньше сила тока). С увеличением сопротивления в 2 раза, сила тока уменьшается в 2 раза.

3) Переменный резистор как делитель напряжения .

Если переменный резистор в реостатном включении используется для регулировки тока, то потенциометрическое включение переменного резистора зачастую используется для регулировки напряжения, т.е. в качестве делителя напряжения. Ток I протекающий по цепи равен $I=V_{ВХ}/(R_1+R_2)$. Напряжение $V_{ВЫХ}=I*R_2$, откуда $V_{ВЫХ}=V_{ВХ}*R_2/(R_1+R_2)$. Эта формула верна при сопротивлении нагрузки много больше R_2 . Иначе надо учитывать ток, ответвляющийся в нагрузку.

Далее мы собрали схему (рис.7а), чтобы посмотреть как работает делитель напряжения.

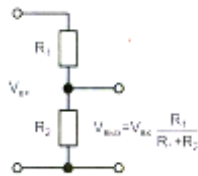


Рис.№7а



Установили ползунок переменного резистора в среднее положение. Замкнули выключатель. Плавно перемещали ползунок в верхнее положение, затем в нижнее положение. В среднем положении ползунка резистор как бы разделен на две равные части по 25 кОм. В этом положении напряжение, прикладываемое к точкам А и В, делится ровно в два раза, и мы получили в точке С напряжение около 1,5 В (при условии использования батареи 3 В и при пренебрежении резистором 30). Меняя положение ползунка, мы меняли соотношение между сопротивлениями А-С и В-С, тем самым меняя напряжение в точке С и ток, протекающий через светодиоды.

В крайнем верхнем положении ползунка сопротивление между точками А и С равно 0 . Красный светодиод 17 как бы исключается из схемы, и почти весь ток, минуя его, устремляется через зеленый светодиод 26. Напряжение в точке С становится равным падению напряжения на зеленом светодиоде (около 2 В). В крайнем нижнем положении ползунка сопротивление между точками В и С становится равным 0. Напряжение в точке С, соответственно, тоже равно 0 — светодиод 26 не горит а загорается светодиод 17 (Рис.№7б).

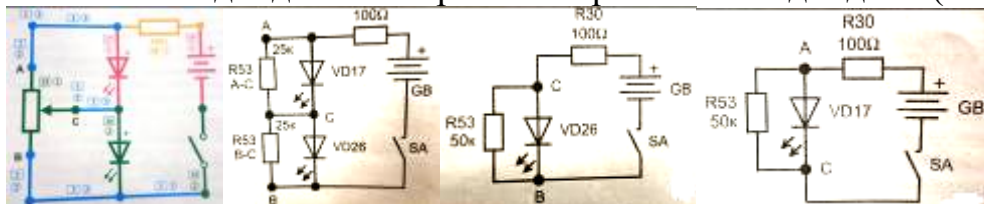


Рис.№7б

Вывод: Меняя положение ползунка реостата, можно изменять соотношение между сопротивлениями и соотношение между напряжениями на них.

4) Резистор как ограничитель тока

Далее мы собрали схему рис.8. Замкнули выключатель и записали показания гальванометра. Заменили резистор на другой, который имеет сопротивление в 10 раз больше — 100 кОм. Замкнули выключатель и записали новое показание гальванометра, оно оказалось в 10 раз меньше предыдущего.



Рис.№8

Изменение тока в цепи при помощи резисторов (Рис.№8).

Изучили схему рис.9. В ней применяется реостатное включение переменного резистора, которое используется для регулировки силы тока в цепи. Собрали ее и установили ползунок в среднее положение, замкнули выключатель. Изменяя положение ползунка, убедились, что стрелка гальванометра реагирует на изменение тока в цепи — чем больше сопротивление, тем меньше ток и меньшее отклонение стрелки гальванометра. Если вместо гальванометра подсоединить электродвигатель, то при помощи реостата можно будет менять скорость его вращения.

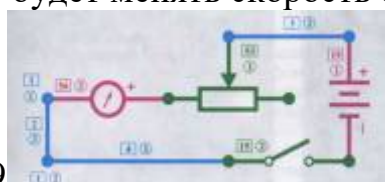


Рис.№9

Регулировка силы тока переменным резистором в реостатном включении (Рис.9)

Вывод: Изменение положение ползунка приводит к изменению тока в цепи — чем больше сопротивление, тем меньше ток

2.2. Исследование зависимости яркости светодиода от силы тока в цепи.

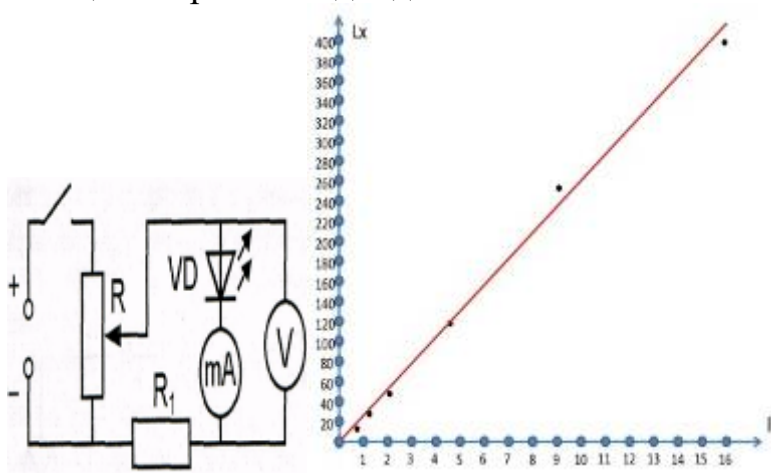
Цель: Исследовать зависимость яркости светодиода от силы тока в цепи.

В нашей лаборатории нет прибора, который измеряет яркость. Мы немного схитрили, так как по законам освещенности яркость и сила света источника пропорциональны освещенности (освещенность — отношение светового потока к площади участка на который он падает), то исследовав зависимость освещенности от силы тока, мы получим зависимость яркости от силы тока. Освещённость — световая величина, равная отношению светового потока, падающего на малый участок поверхности, к его площади. Освещённость численно равна световому потоку, падающему на участок поверхности малой

единичной площади. Обозначение - Е. Единица измерения в Международной системе единиц (СИ): люкс.

У нас в кабинете физики есть прибор «Люксометр», с помощью которого можно измерить освещенность. Его действие основано на явлении фотоэффекта (явление выбивания электронов с поверхности металла под действием света). Под действием света в приборе возникает электрический ток, при этом сила тока прямо пропорциональна освещенности. Приемное окошко прибора покрывают светофильтром, чувствительность которого близка к чувствительности глаза. Приборы, подобные люксометру, предпочтительнее глаза, так как могут работать непрерывно и обладают большой точностью измерений. Шкала прибора проградуирована в люксах (единицы измерения освещенности Е). Фильтр, которым мы пользовались, увеличивает показания шкалы в 10 раз.

Мы собрали схему (Рис№9а). Изменяя силу тока, которая проходит через светодиод снимали показания миллиамперметра и люксометра. Данные занесли в таблицу и построили график зависимости освещенности (яркости) от протекающего через светодиод тока.



Рис№9а

Lx	10	10	10	12	14	40	120	260	390
I, A	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	2,2	4,8	9	16



Вывод: При малых токах светодиод не светится. Начиная с некоторого значения яркость светодиода становится прямо пропорциональной силе тока. Токи более 20 мА светодиоды не выдерживают и сгорают.

2.3. Измерение сопротивления проводника при помощи амперметра и вольтметра.

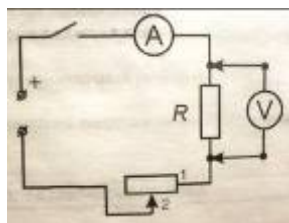
Цель работы:

1. Освоить метод измерения сопротивления проводника с помощью амперметра и вольтметра;
2. Убедиться в том, что сопротивление проводника не зависит от силы тока в нем и напряжения на его концах.

Оборудование: • источник электропитания • амперметр • вольтметр • проволочный резистор R 1 • ключ • соединительные провода • металлический планшет.

Ход работы:

1. Мы собрали схему на рисунке 9б



Рис№ 9б



Рис№ 9в

2. Подготовили таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№ опыта	Сила тока I, А	Напряжение U, В	Сопротивление R, Ом
1	0,3	0,35	1,16
2	0,4	0,5	1,25
3	0,5	0,6	1,2
4	0,6	0,7	1,16
5	0,7	0,85	1,21
			Среднее сопротивление = 1,2

3. Собрали электрическую цепь, проверили правильность сборки и включили источник питания.

4. Установили ползунок переменного сопротивления в одно из крайних положений.

5. Измерили силу тока и напряжение на сопротивлении R 1. Данные занесли в таблицу.

6. Повторили опыт еще два раза, установив ползунок переменного сопротивления сначала среднее положение, а затем в другое крайнее положение.

7. Отключили источник питания от сети.

8. Вычислили, применяя закон Ома для участка цепи, величину сопротивления R_1 . Используя результаты измерения, полученные в каждом из трех опытов.

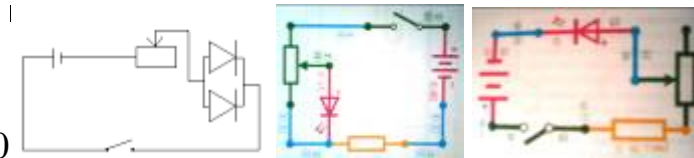
9. Сопоставили величины сопротивлений, измеренных при разных режимах работы электрической цепи.

Вывод: сопротивление проводника не зависит от силы тока в нем и приложенного к нему напряжения.

3.КОНСТРУИРОВАНИЕ

3.1.Конструирование устройства, которое позволяло бы сделать свет в комнате приглушенным.

- 1 Мы взяли кусок пластика и сконструировали потолок комнаты.
- 2 Собрали схемы (Рис№10) из параллельно включенных светодиодов, переменного сопротивления, выключателя и батарейки. Испробовали разные схемы.



Рис№10



- 3 Разместили ее на потолке комнаты. Провели испытания. Светодиод меняет свою яркость свечения


3.2.Конструирование «Тестера электропроводимости» веществ.

- 1.Мы взяли кусок белого пластика.
- 2.Подобрали разные предметы: карандаш, циркуль, ручку, ластик, значок, отвертку, часы, вилку, ключ, пуговицу, пробку, скрепку, гайку, CD диск, гвоздь, лак для ногтей, сверло, фигурки солдата и машины.
- 3.Закрепили пластик вертикально на стойке и прикрепили к нему все предметы.
- 4.Соединили все предметы проводами и подключили к ним лампочку и щуп. «Тестер электропроводимости» готов!(Рис№10а)

Рис№10а



	Предмет	Проводит электрический ток/Не проводит
	Сверло	проводит
	Карандаш (дерево)	не проводит
	Карандаш (грифель)	проводит

	Деньги (бумажные)	не проводит
	Деньги (металлические)	проводят
	Ластик	не проводит
	Мамина помада	не проводит
	Пуговица (металлическая)	проводит
	Номерок (деревянный)	не проводит
	Номерок (металлический)	проводит
	Мамина расческа	проводит
	Ручка	не проводит
	Линейка (пластиковая)	не проводит

3.3.Отремонтировали старые школьные реостаты.

Свойства графита проводить электрический ток используются давно, например в электродвигателях используются графитовые щетки. Как известно, грифель простого карандаша сделан из графита. Грифель современного карандаша имеет малое сопротивление и через него может проходить ток. Поэтому грифелем карандаша мы закрасили испортившееся покрытие реостата. Реостаты теперь работают как новые.

4.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате своей работы мы:

1Выяснили, какие устройства могут влиять на яркость лампочки.

2Узнали что такое резисторы и реостаты, из чего они состоят и как работают.

3Исследовали свойства резисторов.

4Исследовали зависимость яркости лампы от сопротивления в цепи.

5Сконструировали устройство, которое позволяло бы сделать свет в комнате приглушенным, сконструировали «Тестер электропроводимости» веществ, отремонтировали старые школьные реостаты.

6Провели испытания и рассказали ребятам о своей работе в центре-музее занимательной физики «Мини – экспериментариум» и подарили экспонаты музею.

5 ЛИТЕРАТУРА

- 1) Мякишев Г.Я. Физика: Учеб. Для 10 кл. общеобразовательных учреждений / - 11-е изд.-М.: Просвещение, 2003.
- 2) А.А.Бахметьев Электронный конструктор «Знаторк», практические занятия по физике 8-11 классы изд.-М.
- 3) Переваскин А.В. , Бахметьев А.А. Маркировка электронных компонентов. М.:Додэка,XXI , 2003.
- 4) Поляков В.Т. Посвящение в радиоэлектронику. М.: Радио и связь, 1988.
- 5) www.fizika.ru
- 6) www.wikipedia.ru
- 7) www.elektronika-muk.ru