

РАЙОННЫЙ КОНКУРС ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ
«ПЕРВЫЕ ШАГИ»

СЕКЦИЯ: НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

«Изучение зависимости проводимости металлического проводника от его параметров»

Автор: Гутченко Иван, 11 класс
МБОУ « СОШ № 2, г. Советский »,
Тюменская область, ХМАО-Югра

Научный руководитель:
Боброва Татьяна Владимировна,
учитель физики
МБОУ « СОШ № 2, г. Советский»
Тюменской области, ХМАО-Югра

2023 год

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
I. Теоретическая часть	
1. Электрический ток в металлах.....	3
2. Сопротивление и проводимость металлического проводника.....	4
3. Зависимость проводимости от параметров проводника.....	5
II. Практическая часть:	
1. Описание установки для изучения проводимости металлического проводника	6
2. Измерение проводимости каждого металлического проводника	7
3. Результаты анкетирования учащихся после апробации стенда	8
4. Сравнительный анализ и экономический расчет проекта.....	9
Заключение.....	10
Список литературы	11
Приложения.....	12

Введение

Настоящая работа посвящена исследованию проводимости металлического проводника от его параметров (длины, площади поперечного сечения и удельного сопротивления) посредством изготовленного стенда и экономическому обоснованию проекта.

Актуальность. Исследовательская работа имеет большую практическую значимость для меня и моих сверстников при изучении электрических явлений. Изготовленный стенд, позволяет экспериментально продемонстрировать зависимость проводимости металлического проводника от его параметров и повысить уровень обученности учащихся и их навыков решения задач по физике.

Цель. Изготовить и апробировать стенд для наглядного представления зависимости проводимости металлического проводника от его параметров.

Задачи:

1. Изучить теоретический материал по теме «Электропроводность материалов».
2. Изготовить наглядный стенд, используя материалы, согласно плану, который и расширит демонстрационный материал школьной лаборатории.
3. Произвести вычисления проводимости каждого металлического образца, что позволит наглядно продемонстрировать зависимость проводимости от параметров проводника.
4. Построить графики функциональных зависимостей с учетом погрешностей измерений.
5. Провести социологический опрос учащихся 11 – х классов после апробации стенда.
6. Провести экономический расчет и сравнительный анализ стенда с имеющимся оборудованием школьной лаборатории. Сделать выводы.

Предмет исследования: проводники, изготовленные из меди, алюминия, никрома.

Объект исследования: зависимость проводимости проводников от их параметров с учетом экономической выгоды.

Методы исследования: технологический, экспериментальный, аналитический, графический, социологический опрос.

Новизна. В работе представлены расчеты и обоснования к применению экономически выгодного стенда для изучения зависимости проводимости проводника от его параметров. Этот стенд позволит не только проверить законы электрического тока, но и повысит уровень обученности учащихся школы и уровень мотивации к исследовательской деятельности. Оформлен буклет с рекомендациями по изготовлению стенда в качестве наглядного пособия.

Электрический ток в металлах.

Экспериментальное доказательство того, что ток в металлах создается свободными электронами, было дано в опытах Л.И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси (1912 г.), а также Т. Стюарта и Р. Толмена (1916 г.). Они обнаружили, что при резкой остановке быстро вращающейся катушки в проводнике катушки возникает электрический ток, создаваемый отрицательно заряженными частицами — электронами (приложение 1). Металлический проводник состоит из: положительно заряженных ионов, колеблющихся около положения равновесия, и свободных электронов, способных перемещаться по всему объему проводника. Таким образом, электрические свойства металлов обусловлены наличием в них свободных электронов. Эти электроны называются электронами проводимости. Они образуются путем отрыва от атомов металлов их валентных электронов. Такие электроны не принадлежат какому-то определенному атому и способны перемещаться по всему объему тела. В металле в отсутствие электрического поля электроны проводимости хаотически движутся и сталкиваются, чаще всего с ионами кристаллической решетки (рис. 1).

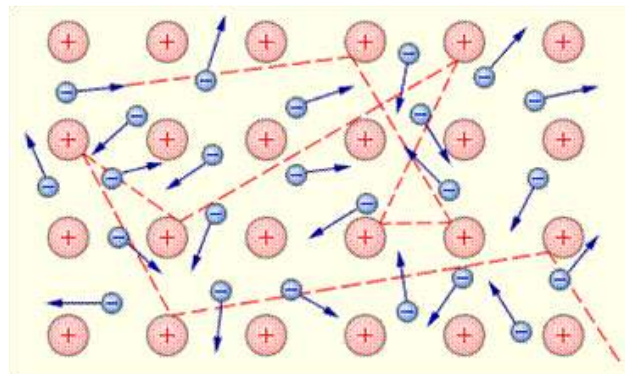


Рисунок 1

Ионы кристаллической решетки металла не принимают участие в создании тока. Электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение свободных электронов (в отличие от их беспорядочного теплового движения, всегда имеющегося в проводнике). Электрический ток в металлах возникает под действием внешнего электрического поля. На электроны проводимости, находящиеся в этом поле, действует электрическая сила, сообщающая им ускорение, направленное в сторону, противоположную вектору напряженности поля. В результате электроны приобретают некоторую добавочную скорость. Эта скорость возрастает до тех пор, пока электрон не столкнется с атомом кристаллической решетки металла. При таких столкновениях электроны теряют свою избыточную кинетическую энергию, передавая ее ионам. Скорость распространения тока равна скорости распространения электрического поля в пространстве, т.е. 300000 км/с.

Сопротивление и проводимость металлического проводника

Высокая электропроводность металлов связана с тем, что в них имеется большое количество носителей тока — электронов проводимости, находящихся в непрерывном тепловом движении между атомами и положительными ионами металла. Внутри металла свободные электроны окружены со всех сторон положительными ионами, находящимися в узлах кристаллической решетки. В отсутствие внешнего электрического поля электроны проводимости совершают хаотическое тепловое движение. Когда к металлу приложено внешнее электрическое поле, электроны проводимости начинают двигаться, образуя электрический ток. С точки зрения электронной теории сопротивление металлов объясняется столкновениями электронов проводимости с ионами кристаллической решетки. При этом, очевидно, чем чаще происходят такие столкновения, тем больше удельное сопротивление металла. При столкновении с ионами электроны проводимости передают часть кинетической энергии ионам, что приводит к нагреванию проводника. Сопротивление проводника при прочих равных условиях зависит от его геометрии и от удельного электрического сопротивления материала, из которого он состоит. Сопротивление однородного проводника постоянного сечения зависит от свойств вещества проводника, его длины, сечения и вычисляется по формуле:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S},$$

где ρ — удельное сопротивление вещества проводника,

l — длина проводника,

S — площадь сечения.

Удельное сопротивление характеризует способность вещества препятствовать прохождению электрического тока. Чем большим сопротивлением обладает проводник, тем меньшую он имеет проводимость, тем хуже он проводит электрический ток, и наоборот. Поэтому сопротивление и проводимость проводника являются обратными величинами. Если сопротивление проводника обозначается буквой R , то проводимость определяется по формуле: $q = S/(\rho \cdot l)$ или $q = 1/R$. Обычно проводимость измеряется в 1/Ом (или в сименсах).

Зависимость проводимости от параметров проводника

Электропроводность проводника зависит от длины проводника, поперечного сечения проводника и материала проводника. Длинный проводник малого поперечного сечения создает току большое сопротивление. Короткие проводники большого поперечного сечения оказывают току малое сопротивление (хорошая проводимость). Проводимость металла зависит от удельного сопротивления. В зависимости от проводимости все металлические проводники можно разделить на следующие группы:

- материалы высокой проводимости;
- материалы с высоким удельным сопротивлением для резисторов и точных приборов;
- жаростойкие материалы;
- контактные материалы;
- сверхпроводники.

К материалам высокой проводимости относят серебро, медь и алюминий. К сплавам высокого сопротивления для резисторов измерительных приборов используют манганины - сплавы на медной основе, содержащие около 85% Cu , 12% Mn , 3% Ni , а так же константан - медно-никелевый сплав. Жаростойкие сплавы - это сплавы на основе никеля и хрома (нихром, фехраль и хромаль). Основная область применения этих сплавов - электронагревательные приборы, реостаты, резисторы.

Железная проволока длиной 1 м и сечением 1 мм² обладает сопротивлением 0,13 Ом. Чтобы получить 1 ом сопротивления, нужно взять 7,7 м такой проволоки. Наименьшим удельным сопротивлением обладает серебро — 1 ом сопротивления можно получить, если взять 62,5 м серебряной проволоки сечением 1 мм². Серебро — лучший проводник, но большая стоимость серебра исключает возможность его массового применения. После серебра в таблице идет медь: 1 м медной проволоки сечением 1 мм² обладает сопротивлением 0,0175 ом. Чтобы получить сопротивление в 1 ом, нужно взять 57 м такой проволоки.

Практическая часть

Описание установки для изучения проводимости металлического проводника.

Для определения зависимости проводимости металлического проводника был изготовлен стенд, на котором проводники с разным удельным сопротивлением (алюминий, медь и нихром) и различными значениями их длин и сечений (приложение 2) припаивались к клеммам. К этим же клеммам можно было последовательно включать источник постоянного тока и амперметр (для определения силы тока) и параллельно каждому образцу подключать вольтметр (для определения напряжения). Для определения геометрии проводников использовалась линейка и рулетка (для определения длины) и микрометр (для определения диаметра образца) (приложение 3). Вся работа заключалась в несколько этапов:

1. Подготовительный. На этом этапе подбирались материалы и оборудование для изготовления стенда, составлялся план работы. Из эстетических соображений мне пришлось сначала просверлить каркас в местах крепления клемм и приборов, затем установить клеммы и закрепить образцы (заранее подобранные по длине). Для включения каждого образца в электрическую цепь была выполнена пайка на каркасе, с помощью которой можно легко подключить исследуемый образец в электрическую цепь из последовательно соединенных источника постоянного тока, амперметра, металлического образца и ключа. Для измерения напряжения к клеммам параллельно включается вольтметр (приложение 4). Принципиальная схема изображена на рис. (приложение 5).
2. Основной. Проводимость каждого образца была вычислена по формуле, зная длину проводника, площадь сечения и удельное сопротивление. С другой стороны проводимость может быть вычислена по формуле, обратной формуле закона Ома для участка цепи. Это необходимо было сделать для сравнения значений проводимостей для каждого образца. Построены графики зависимости проводимости от геометрии образца.
3. Заключительный. На этом этапе происходила апробация стенда на уроках физики в 11А классе (с разрешения учителя), производился опрос учащихся, просчитывался бюджет проекта, оценивались погрешности измерений.

Итак, докажем экспериментально, что электрическая проводимость проводника зависит от его длины, поперечного сечения и материала проводника.

Измерение проводимости каждого металлического проводника.

Проводимость образца вычислялась по формуле: $q = S/(\rho \cdot l)$, для этого измерялись линейкой длина проводника, микрометром его диаметр и радиус (для вычисления площади поперечного сечения использовалась формула $S = \pi R^2$), определялись табличные значения удельного сопротивления каждого металлического образца.

Для определения точности измерений и сравнения значений проводимости каждого образца, использовалась формула $q = I/U$. В момент замыкания цепи ключом, для каждого металлического образца измерялись значения силы тока и напряжения (приложение 6) и вычислялись значения проводимости каждого проводника. Уровень напряжения поддерживался одинаковым в 1В с помощью лабораторного автотрансформатора. Для установления зависимости проводимости проводника от его длины необходимо было брать проводники из одного материала одинаковой толщины, но разной длины. Для установления зависимости проводимости проводника от его площади сечения необходимо было брать проводники из одного материала одинаковой длины, но разной толщины. Для установления зависимости проводимости проводника от его удельного сопротивления необходимо было брать проводники из разного материала но одинаковой длины и толщины. Все измерения и вычисления занесены в таблицу (приложение 7). Из таблицы видно, что при увеличении длины образца, проводимость и сила тока уменьшались, при увеличении площади поперечного сечения образцов (толщины), выполненных из одного и того же материала и одинаковой длины проводимость увеличивалась. По полученным расчетам были построены графики зависимости проводимости исследуемых металлических образцов (приложение 8). Из графиков видно, что проводимость меди выше при тех же значениях длины и сечения чем проводимость алюминия. Нихром хуже всех проводит ток.

Результаты анкетирования учащихся 11 А класса.

При написании контрольной работы в прошлом учебном году ученики 10 класса (мои сверстники) показали низкий уровень знаний по теме «Электрические явления» (48 % получили оценку «3», и 5%- оценку «2»). Я решил выяснить причину этой проблемы и провел анкетирование в 11 А классах с вопросами:

1. Записать основные формулы по теме «Электрический ток».
2. Вырази неизвестную величину из формулы:
3. Что поможет тебе правильно выражать величину из формулы?

$$q = S / (l * \rho)$$

Результаты анкетирования оказались таковы: лишь 52 % всех опрошенных верно записали формулы при ответе на первый вопрос. (Это очень низкий результат, а ведь многим из них писать ВПР по физике!).

При ответе на второй вопрос лишь 48 % правильно выразили неизвестную величину из формулы.

62% сверстников ответили на третий вопрос так: если бы они увидели эту зависимость экспериментально, то обязательно бы запомнили. Своим проектом я решил помочь ребятам в запоминании формул и продемонстрировал на уроках физики работу стенда, после чего повел повторное анкетирование по трем вопросам (приложение 9):

1. Позволил ли вам изготовленный стенд наглядно установить зависимость проводимости металла от его длины, площади поперечного сечения и удельного сопротивления?
2. Вырази неизвестную величину из формулы:
3. Будете ли вы заниматься проектной или исследовательской деятельностью?

$$q = S / (l * \rho)$$

Ответы на вопросы распределились следующим образом: 92% утвердительно сказали «да» на первый вопрос, 16% уклонились от ответа. С ответом на второй вопрос верно справились 84% опрошенных учащихся. При ответах на 3 вопрос утвердительно сказали «да» 68 % опрошенных, и «нет» ответили 32% (это хороший результат, ведь количество исследований увеличится!).

Сравнительный анализ и экономический расчет проекта.

В школьной лаборатории много оборудования для изучения электрических явлений, но для исследования зависимости проводимости от параметров проводника имеются лишь резисторы с известным значением сопротивления. Я предлагаю свой экономически выгодный способ для такого рода исследования. К примеру, в лаборатории имеются новые конструкторы «Знаток» (максимальной комплектации), которые закупили по цене 2370 рублей. Но исследовать зависимость проводимости проводника от его параметров этот конструктор не позволяет, так как проводники выполнены как резисторы фиксированной длины и площадью поперечного сечения (определенного сопротивления).



В лаборатории имеются замечательные лабораторные комплекты по электродинамике (стоимостью 3700 руб.), но и они исследовать проводимость металла в зависимости от его геометрии не позволяют.



Я предлагаю свой наиболее оптимальный вариант для наглядного изучения теории проводимости металлических проводников посредством изготовленного стенда, стоимость которого обойдется всего 1217 руб. (экономическая выгода составляет более 1000 рублей). С помощью моего стенда можно исследовать различные виды соединений проводников, вычислять работу и мощность электрического тока, экспериментально проверять закон Ома.

№	Наименование материала	Количество	Цена
1	Медная проволока	5м	180 руб.
2	Алюминиевая проволока	5м	100 руб.
3	Нихромовая проволока	3м	170 руб.
4	Амперметр учебный	1 шт.	130 руб.
5	Вольтметр учебный	1 шт.	170 руб.
6	Ключ	1 шт.	45 руб.
7	Провода соединительные	6 шт.	72 руб.
8	Клеммы для крепления	14 шт.	120 руб.
9	Источник питания	1 шт.	230руб.
Итого			1217 руб.

Заключение

Металлические проводники чрезвычайно важны в науке и технике. Изучение свойств металлического проводника актуально в наши дни для создания новых технологий и совершенствования технологических процессов. В результате исследования я выяснил, что материалы высокой проводимости - серебро, медь и алюминий. Сплавы высокого сопротивления (манганины и константан - медно-никелевый сплав) используют для резисторов измерительных приборов и термопар. Из жаростойких сплавов изготавливают электронагревательные приборы, реостаты, резисторы.

Выполняя свою работу, я многое узнал о приборах, принцип действия которых основан на методе, описанном в моей исследовательской работе. Оказалось, что даже амперметры и вольтметры имеют добавочные сопротивления и шунты, омметры и мегаомметры (приложение 11) используют в своей работе понятие проводимости.

Я предлагаю свой наиболее оптимальный вариант для наглядного изучения теории проводимости металлических проводников. Впервые в нашей школе изготовлен стенд, позволяющий выяснить зависимость проводимости металлических проводников от длины, площади сечения и удельного сопротивления. В результате исследования, я выяснил, что если взять два проводника из разного материала одинаковой длины и сечения, то проводники будут проводить ток по-разному (в зависимости от их удельных сопротивлений). Длинный проводник малого поперечного сечения создает току большое сопротивление и будет иметь наименьшую проводимость. Короткие проводники большого поперечного сечения оказывают току малое сопротивление и имеют высокую проводимость.

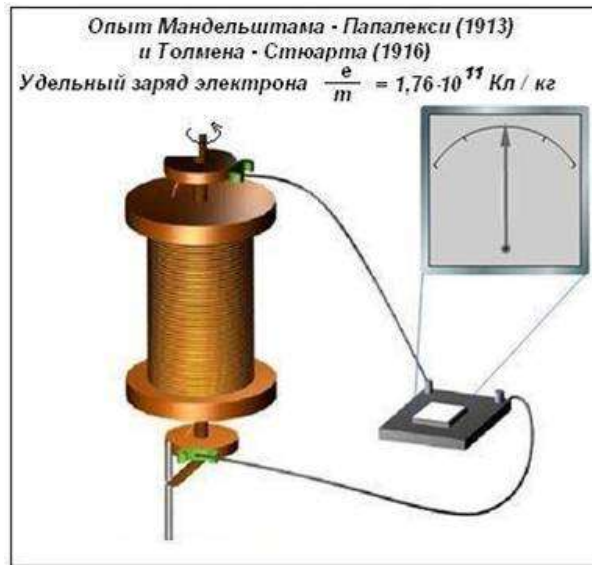
Построены графики зависимости проводимости проводника от его геометрии. Оформлен буклет- памятка с рекомендациями по изготовлению стенда. Исследовательская работа имеет большое практическое значение для учащихся (изготовлен стенд, не требующий больших затрат, который можно использовать как наглядное пособие на уроках физики) с целью прочному усвоению учебного материала и повышению мотивации к исследовательской деятельности (по результатам анкетирования).

В работе представлены расчеты и обоснования к применению экономически выгодного стенда в сравнении с другими конструкторами и лабораторными комплектами по электродинамике. Проведенные исследования, расчеты и обоснования могут быть использованы любым образовательным учреждением для изучения электрических явлений в школе, а так же для привлечения учащихся к исследовательской деятельности.

Список литературы:

1. Гуревич А. Е. «Физика. Электромагнитные явления. 10 класс» Москва, Издательский дом «Дрофа». 2005 год.
2. Кабардин О.Ф. Физика: Справ. материалы. Учеб. пособие для учащихся. – 5-е изд., переработан. и доп. – М.: Просвещение, 2008.
3. Маляров О.В. Физика в таблицах и схемах издание 3-е. СП в ООО «Виктория плюс», 2007.
4. В.А. Касьянов. Физика.11 класс. Базовый уровень: учеб. Для общеобразовательных учреждений / М.: Дрофа, 2019. – 288 с. : ил., 12 л. цв. вкл.
5. <http://multiring.ru/course/physicspart2/content/chapter1/section/paragraph12/the>
6. <http://www.rza.org.ua/elteh/read/19--Soprotivlenie-i-provodimost-provodnikov--Zavisim>
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C

Приложение 1.



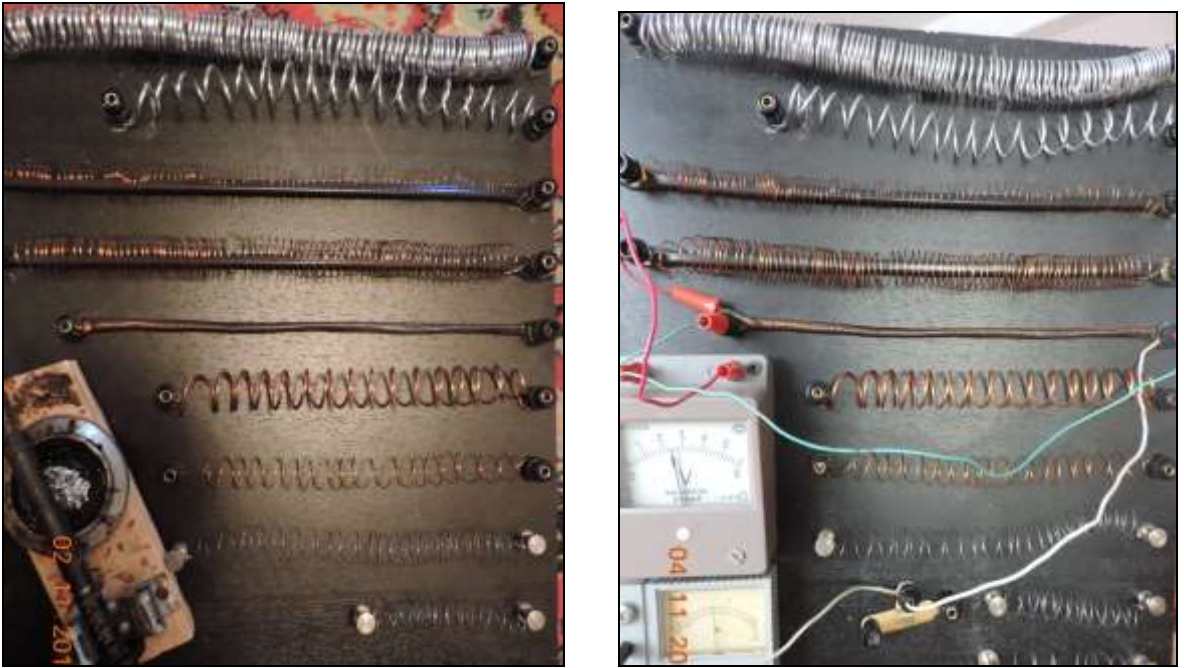
Приложение 2.



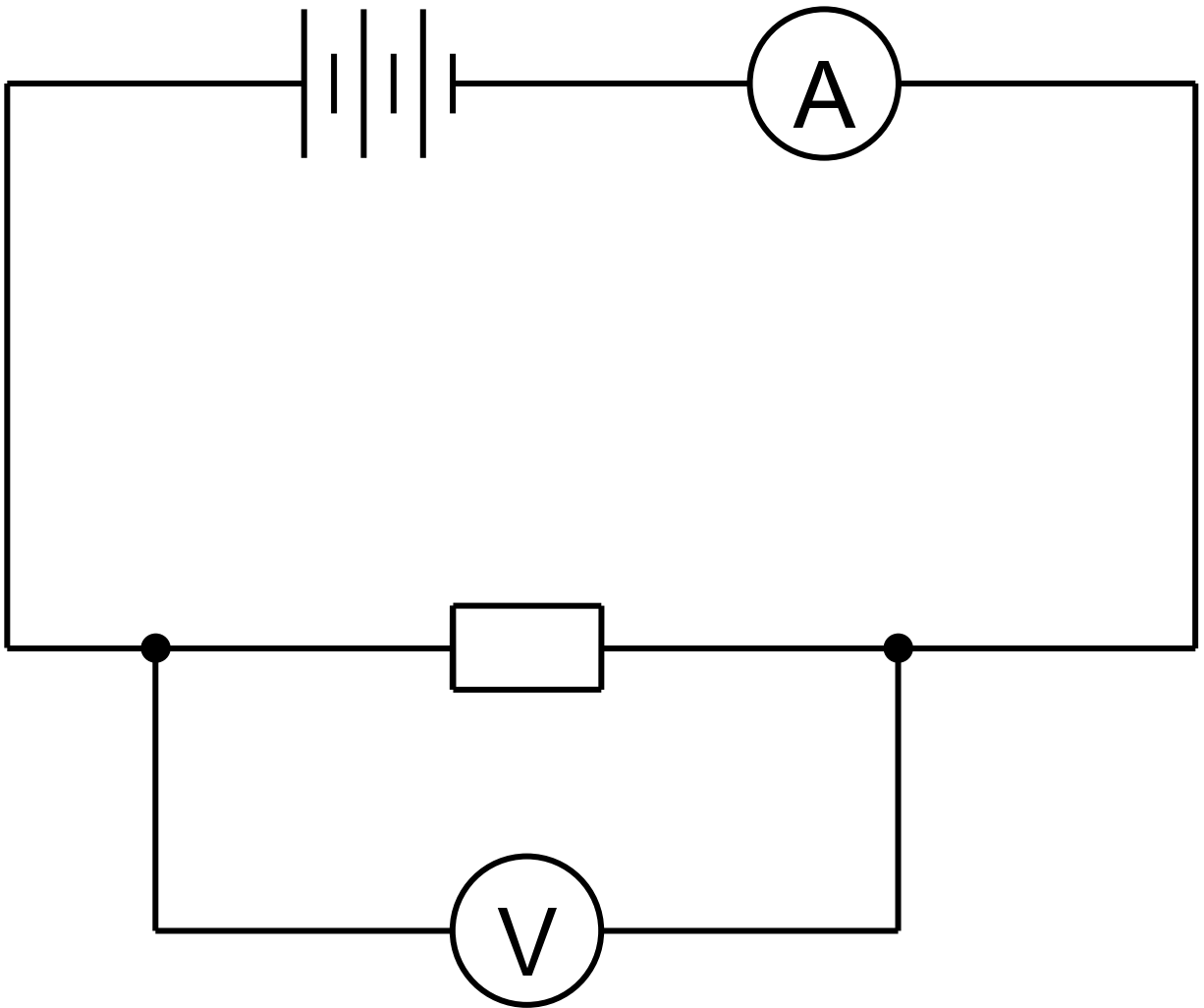
Приложение 3.



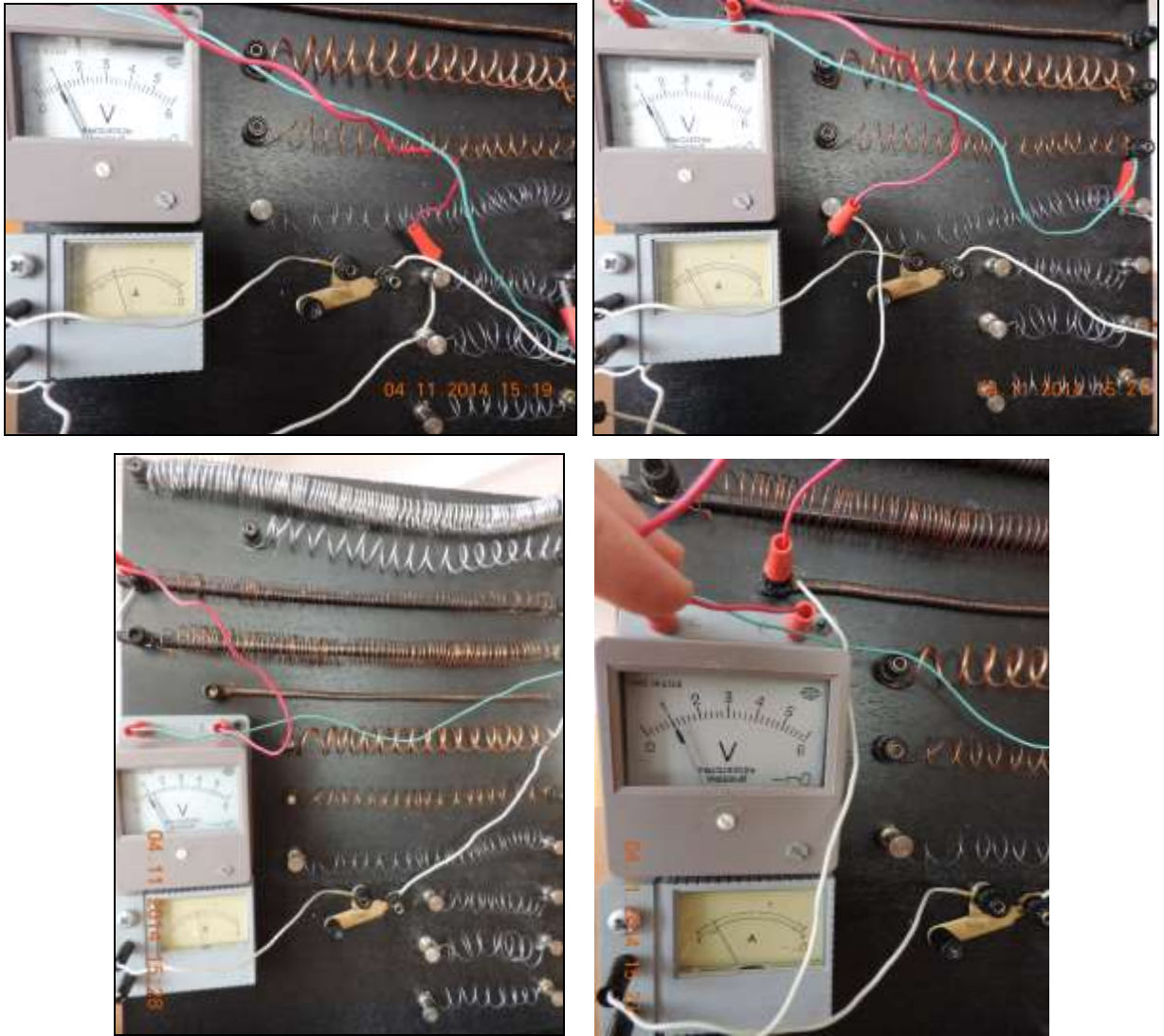
Приложение 4.



Приложение 5.



Приложение 6.



Приложение 7.

образец	l, м	d, мм	S, мм ²	ρ , Ом*мм ² /м	q, сименс	I, А	U, В	q, сименс
нихром	0,5	0,5	0,196	1,1	0,35	0,35	1	0,35
	1,5	0,5	0,196		0,1	1,1	1	0,1
	0,5	0,8	0,51		0,9	0,8	1	0,8
	0,3	0,8	0,51		1,3	1,1	1	1,1
медь	3	0,5	0,196	0,017	1,9	1,8	1	1,8
	5	0,5	0,196		1,8	1,7	1	1,6
	5	0,8	0,51		2,1	1,9	1	1,9
алюминий	3	1,2	1,13	0,026	2,2	1,9	1	1,9
	5	1,2	1,13		1,9	1,8	1	1,8

Приложение 8.

График зависимости проводимости от удельного сопротивления

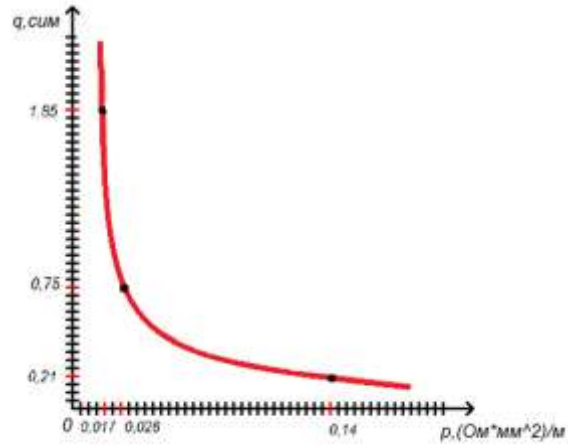


График зависимости проводимости от длины проводника

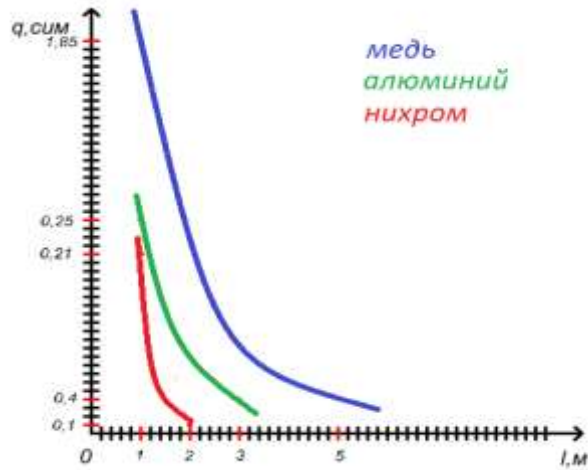
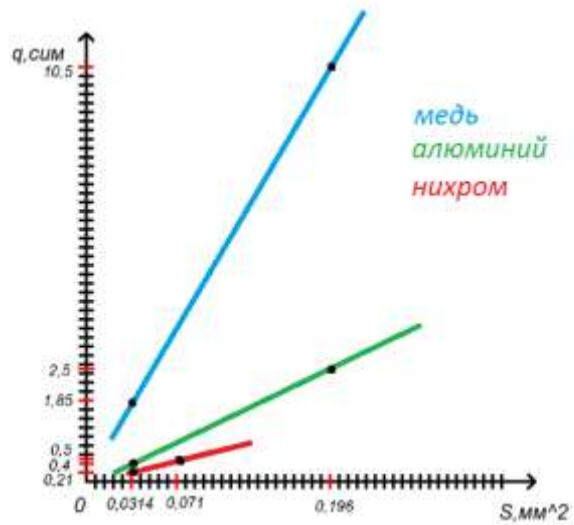


График зависимости проводимости от площади поперечного сечения



Приложение 9.

Результаты анкетирования 1.

вопрос	класс	Всего, чел.	%	«да», чел.	%	«нет», чел.	%
1	11a	19	100	10	52	9	48
2	11a	19	100	13	68	6	32

Приложение 10.

Результаты анкетирования 2.

вопрос	класс	Всего, чел.	%	«да», чел.	%	«нет», чел.	%
1	11a	19	100	18	96	1	4
2	11a	19	100	15	84	4	16
3	11a	19	100	17	92	2	8

Приложение 11.

ВЕНА Тестеры для измерения изоляции (мегаомметры)

UNITEST ISO-compact

Технические характеристики

Тип датчика: 3-3 розетка, кварцевый кристаллический

Диапазон измерений: 0,19 999 МОм / 10 кОм, 0,1 999 МОм / 100 кОм

Соотношение/разрешение: ± 0,5% + 5 единиц

Скорость измерения: 300 В DC

Испытательное напряжение: 20...100 В / 1 В

Напряжение/разрешение: 0,420 В

Диапазон частот: ± 0,5% + 3 единицы

Постоянное напряжение (Точность): ± 2% + 3 единицы

Переменное напряжение (Точность): ± 1 мА

Испытательный ток: Категория защиты по напряжению: CAT II / 400 В

Категория защиты по напряжению: IEC61010/EN61010/IEC61557/FM1557-2

Стандарты безопасности: 1 x 9 В, IEC-58941

Элементы питания: 355 x 75 x 40 мм

Габариты: 356,35

UNITEST TELARIS ISO

Технические характеристики

Тип датчика: 3-3 розетка, кварцевый кристаллический

Диапазон измерений: 0,1 999 999, 19 999, 199 999 МОм

Соотношение/разрешение: 0,2% + 5 единиц

Скорость измерения/разрешение: 100/200/500/1000 В DC

Скорость измерения/разрешение: 2 мА

Испытательное напряжение: 0,500 В / 1 В AC/DC

Напряжение короткого замыкания цепи: ± 0,1% + 3 единицы

Напряжение/разрешение: ± 200 мА

Испытательный ток: Класс безопасности: CAT III / 600 В

Испытательный ток: IEC61010/EN61010/IEC61557/EN61557-2/4

Класс безопасности: ± 1,5 В IEC 188

Категория защиты по напряжению: 235 x 103 x 70 мм

Элементы питания: 640,957

UNITEST Insulation Tester 5778

Технические характеристики

Тип датчика: стандартный (разъемный)

Диапазон измерений: 0,25 МОм

Класс точности: 1,5

Скорость измерения: 0,30 Мом

Испытательное напряжение: 0,100 Ом

Испытательный ток: 250/500/1000 В

Испытательный ток: >1 мА

Класс безопасности: CAT II / 250 В

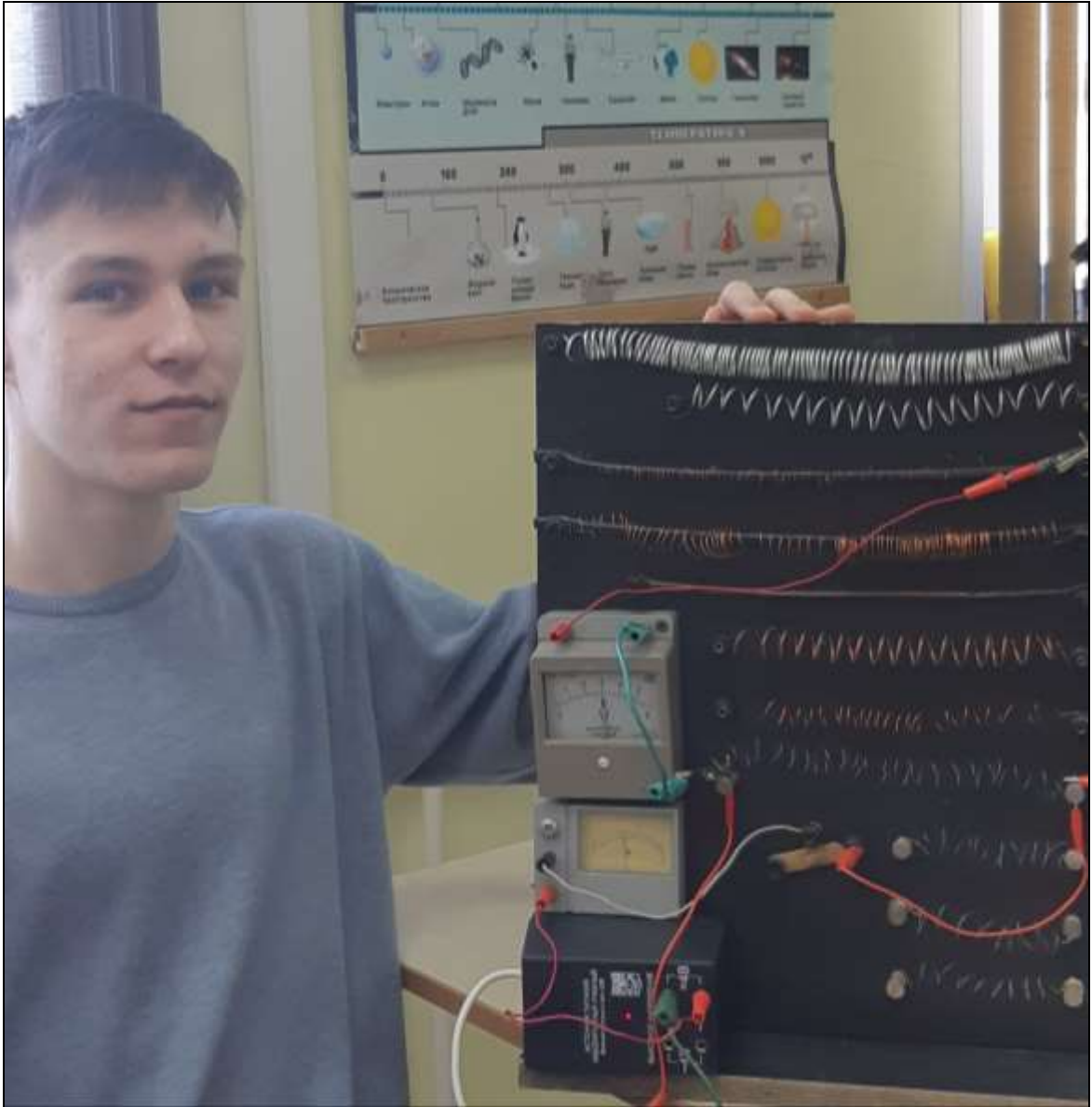
Категория защиты по напряжению: стандартная "класс"

Уровень безопасности: IEC61010/EN61010/EN61557/EN61557-2/4

Элементы питания: 190 x 130 x 120 мм

Габариты: 2 м

Приложение 12.





ДИПЛОМ

DOC № 0073682

Награждается

Гутченко Иван

Руководитель - Боброва Татьяна Владимировна
МБОУ "СОШ№2 г. Советский"
г. Советский, ХМАО-Югра

Участник

Всероссийского конкурса для детей и молодежи
Творчество и интеллект

Номинация:

Конструирование и моделирование

Название работы:

«Изучение зависимости проводимости металлического
проводника от его параметров»

Конкурсная работа соответствует ФГОС
список участников и победителей конкурса размещен
на сайте «Эталон» по адресу: <https://fi-co.ru/search/>

Свидетельство Роскомнадзора о регистрации СМИ
№ФС77-62416

г.Москва 01.04.2023



Председатель Оргкомитета
А.Л.Морозова







Международный педагогический портал «Солнечный Свет»
лицензия на осуществление образовательной деятельности №9757-л
свидетельство о регистрации СМИ №ЭЛ ФС 77-65391

ДИПЛОМ

Награждается

Гутченко Иван Олегович

МБОУ СОШ №2 г. Советский
г.Советский

ПОБЕДИТЕЛЬ (1 МЕСТО)

Международного конкурса
"Конструирование"

Работа: «Опытная проверка Закона Ома
для металлического проводника »

Руководитель: Боброва Татьяна Владимировна
Номер документа: ТК4925185



30 марта 2023 г.
Председатель оргкомитета
Ирина Космынина