

Государственное автономное общеобразовательное учреждение
Московской области “Химкинский лицей”

**“Зависимость электрического сопротивления и удельного
электрического сопротивления металла от температуры”**

Выполнила:

ученица 9В класса:

Булгакова Юлия

Руководитель:

учитель физики

Украинец Оксана Владимировна

г. Химки

2021-2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Теоретическая часть.....	5
Практическая часть.....	12
Заключение. Вывод.....	18
Список Литературы.....	19
Приложение.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: провода встречаются во всех электрических приборах, однако не каждый металл является хорошим проводником электричества. Более того, способность проводить электрический ток может зависеть от внешних условий для одного и того же вещества. В наши дни, когда человек распространил своё влияние на весь окружающий мир, техника должна совершенствоваться и становиться надёжнее. Сбои в работе приборов, в том числе и вызванные изменением сопротивления проводов, недопустимы.

Цель: изучить изменения сопротивления металлов при разных температурах.

Проблема: как изменяется сопротивление металла(меди) при разных температурах.

Гипотеза: температура может существенно повлиять на сопротивление металла.

Задачи:

- 1.Найти нужную информацию о сопротивлениях металлов.
- 2.Проанализировать найденную информацию.
- 3.Провести опыты с металлами при разных температурах.
- 4.Сделать выводы и структурировать материал.
5. Защитить проект перед публикой.

Методы:

- 1.Исследовательский;
- 2.Анализ;
- 3.Моделирование;
- 4.ИКТ;

Объект: сопротивления металлов;

Предмет: металлические проводники электрического тока;

Продукт: результаты исследования;

Дорожная карта исследования:

1. Собрать теорию по теме:
 - a. Электрический ток, проводники и полупроводники
 - b. Сопротивление, напряжение, сила тока
 - c. Зависимость сопротивления и коэффициента сопротивления от температуры
2. Провести серию экспериментов:
 - a. Устанавливающих связь между сопротивлением и температурой, построить таблицы, графики
 - b. Устанавливающих связь между температурным коэффициентом альфа и температурой, построить таблицы, график
3. Сделать выводы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Электричество

Электричеством называется совокупность явлений, в основе которых лежит существование и взаимодействие электрических зарядов. Термин «электричество» ввёл в 1600 году английский врач и физик Уильям Гильберт. Он же впервые разделил магнитные свойства веществ и их электризацию, назвав последнее «эффектом янтаря».

Электричество – неотъемлемая часть природы, и было бы очень странным, если бы в физике рано или поздно не возник бы раздел, изучающий этот феномен. Электродинамика – наука о закономерностях и свойствах поведения электромагнитного поля (особого вида материи, осуществляющего взаимодействие между заряженными частицами и телами). Основоположником электродинамики считается Джеймс Клерк Максвелл – английский физик, который создал теорию электромагнитного поля. Также он принёс большой вклад в молекулярно-кинетическую теорию строения вещества, к которой мы ещё вернёмся в этой работе.

Сегодня человечество использует электричество повсюду: связь, транспорт, освещение, тепло и многие другие блага, без которых нельзя представить повседневную жизнь – всё это работает на электричестве.

2. Электростатика. Заряд, проводники, диэлектрики

Электростатика – подраздел электродинамики, изучающий покоящиеся заряды. Мы не будем подробно говорить о процессах, лежащих в этой области науки, но вспомним основные моменты.

Как известно, одним из четырёх фундаментальных типов взаимодействия являются электромагнитные взаимодействия. Одно из их замечательных свойств заключается в том, что им подвластны тела и частицы вне зависимости от их размеров. Элементарные (мельчайшие и неделимые (как сейчас считается)) частицы – не исключение. Если частицы взаимодействуют друг с другом с силами, которые медленно уменьшаются с увеличением расстояния и во много раз превышают силы всемирного тяготения (гравитационные взаимодействия), то такие частицы имеют заряд. Заряд измеряется в кулонах [Кл]. Частицы, составляющие атом – протон и электрон имеют заряд (нейтрон его не имеет).

Любой заряд порождает электрическое поле (магнитную составляющую мы не будем рассматривать). Напомним, это особый вид материи, непрерывный в пространстве и воздействующий на заряды. Электрическое поле непрерывно связано с зарядом, которым создано (окружает его), ослабевает с расстоянием и действует на другие заряды. Электрическое поле имеет

направление, т.к. представлено силовыми линиями. За направление линий электрического поля условно принимается направление от положительного заряда, к отрицательному.

Сила электромагнитных взаимодействий между неподвижными точечными зарядами описывается законом Кулона. Он гласит: сила взаимодействия двух покоящихся точечных электрических зарядов прямо пропорциональна произведению модулей этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния меж ними:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

В природе имеются заряды противоположных знаков: заряд протона принято считать положительным, электрона – отрицательным. Заряды одного знака притягиваются, а заряды разных знаков отталкиваются. Из этого следует такое явление, как электризация влиянием. Если поднести близко друг другу (но не соприкасасть) тела, одно из которых имеет заряд, то на близлежащих частях этих тел скопятся заряды разноименных знаков.

Один из главных законов электростатики является закон сохранения заряда, он гласит, что алгебраическая сумма всех зарядов системы постоянна.

Естественно, даже веществах, имеющих твёрдую кристаллическую структуру, атомы не остаются абсолютно неподвижными. Всегда присутствуют мельчайшие вибрации, усиливающиеся, если телу сообщить энергию. Но тяжелые и большие (в атомных масштабах) ядра движутся гораздо меньше, чем электроны. При тесном контакте двух предметов происходит переход электронов с одного тела на другое (с имеющего более слабые связи на имеющее более сильные). Это называется электризация трением.

Из такого описания электризации следует ещё одно определение зарядов разных знаков. Тела называются положительно заряженными, если действуют на другие заряженные тела также, как как стекло, наэлектризованное трением о шёлк. Тела называются отрицательно заряженными, если они действуют на другие заряженные тела также, как сургуч наэлектризованный трением о шерсть.

3. Электрический ток. Общие сведения и закон Ома

Когда в теле происходит перемещение электрических зарядов, мы говорим, что в нём течёт электрический ток. Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц под действием электрического поля. Из определения очевидно, что для два основных условия для возникновения электрического тока – это наличие свободных зарядов и электрическое поле (т.е. источник тока, сила, которая приводит заряды в движение). Электрический ток, как и электрическое

поле, имеет направление. За направление электрического тока условно принимается направление движения положительных зарядов под действием данного поля.

Как было отмечено ранее, некоторые частицы имеют возможность перемещаться внутри кристаллической решётки, т.е. являются носителями свободного заряда. Однако, в разных веществах, в зависимости от их строения, заряда ядра, межатомных расстояний и пр. разное количество частиц является свободным. Отсюда следует деление всех веществ на проводники и диэлектрики (изоляторы), а также более сложный класс полупроводников, подходящих одновременно и на проводники, и на изоляторы.

К хорошим проводникам относятся все металлы, водные растворы электролитов (солей и кислот). Хорошими диэлектриками считаются фарфор, стекло, эбонит, шёлк, резина и пр. Важно помнить, что деление на проводники и изоляторы условно. Диэлектрики тоже могут пропускать электрический ток, но несравненно меньший, чем среднестатистический проводник.

Проводники тоже имеют свою классификацию, уже более чёткую. Дело в том, что перемещение заряда в металлах и растворах электролитов протекает по-разному. Если в проводнике носителями заряда являются электроны, то такая проводимость называется электронной (как в случае с металлами). Если в проводнике носителями заряда являются ионы, то такая проводимость называется ионной (как в случае с растворами электролитов). Известны и случаи смешанной проводимости, когда сочетаются носители заряда разных типов.

Интересная особенность электролитов как проводников в том, что они разлагаются под действием прохождения заряда. О подобных проводниках говорят, что они имеют второй тип проводимости (т.е. электрический ток в них вызывает химические изменения). К проводникам первого рода относятся проводники, в которых ток зарядов не вызывает химических изменений (к этому типу относятся и металлы).

Перейдём к характеристикам, описывающим ток. Сила тока (I) – физическая величина, характеризующая заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за единицу времени (измеряется в амперах):

$$I = \frac{q}{t}$$
$$\left[\frac{\text{Кл}}{\text{с}} \right] = [\text{А}]$$

Напряжение (U) – скалярная физическая величина, равная отношению работы электрического поля (работы по перемещению заряда) к единице этого заряда (измеряется в вольтах):

$$U = \frac{A}{q}$$
$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = [\text{В}]$$

Теперь перейдём к связи силы тока и напряжения – закону Ома. Связь, экспериментально установленная между этими двумя физическими величинами, является линейной. опыты показывают, что сила проходящего тока тем меньше, чем больше сопротивление. Величина, прямо пропорциональная напряжению и обратно пропорциональная силе тока, называется электрическим сопротивлением (или просто сопротивлением). Таким образом, закон Ома будет иметь вид:

$$R = \frac{U}{I} [\text{Ом}] \text{ или } U = IR$$

где R – электрическое сопротивление.

Как и любая закономерность или теория, закон Ома имеет свои границы применимости. Закон Ома применим для проводников, сопротивление которых не зависит от напряжения и силы тока (подобные закономерности наблюдаются в газах и некоторых других веществах). Для угля, электролитов и металлов закон Ома работает.

4. Сопротивление. Причины и свойства

Также экспериментально установлена зависимость сопротивления от длины проводника и площади его поперечного сечения. Эксперименты показывают, что сопротивление провода прямо пропорционально длине провода и обратно пропорционально площади его поперечного сечения. Также нельзя отрицать, что сопротивление будет меняться в зависимости от того, из какого материала изготовлен проводник. Полученные результаты заключены в формуле:

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

где ρ – коэффициент пропорциональности, зависящий от рода материала, а точнее – удельное сопротивление. Удельное сопротивление численно равно сопротивлению цилиндра вещества, имеющего равную единице длину, и равную единице площадь поперечного сечения. Удельное сопротивление

измеряется

в:

$$\left[\frac{\text{Ом}}{\text{м}} \right] \text{ или } \left[\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right]$$

Величина, обратная сопротивлению, называется электрической проводимостью (измеряется в сименс):

$$G = \frac{1}{R} [\text{См}]$$

Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной проводимостью (измеряется в сименс на метр):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \left[\frac{\text{См}}{\text{м}} \right]$$

Электрическую и удельную проводимость можно связать в единую формулу:

$$G = \sigma \frac{S}{l}$$

где l – длина, а S – площадь однородного проводника с удельной проводимостью σ .

Однако, это не все характеристики, от которых зависит сопротивление проводника. Теперь обратимся к природе электрического сопротивления.

До этого, говоря об электрическом токе, мы говорили о телах, имеющих кристаллическую решётку, т.е. о твёрдых телах. Но, также было сказано, что к хорошим проводникам относятся растворы электролитов. Электрический ток в разных средах протекает по-разному. Но подробно рассматривать ток в электролитах мы не станем, а обратимся к току в металлах.

Как уже было отмечено, металлы являются проводником первого рода (электрический ток не вызывает химических изменений самого проводника). То, что ионы металлов не участвуют в переносе заряда (из чего следует постоянство химического состава вещества) экспериментально доказал немецкий физик Карл Виктор Эдуард Рикке (1845-1915) в 1901 году.

Также металлы обладают проводимостью электронного типа, и в них всегда есть электроны, способные к переносу заряда. Это валентные электроны, изначально принадлежащие внешнему электронному слою свободного атома. Когда создаётся металлическая связь, формируется кристаллическая решётка, валентные электроны становятся как бы «общими» для нескольких ионов металла (электронный газ). Если внутри металла нет электрического поля, то движение электронов хаотично, а если электрическое поле присутствует, то движение электронов упорядочивается.

Так в чём же причина электрического сопротивления в металлах? Электроны, начиная двигаться под действием поля, испытывают соударения с ионами. Различие в проводимости разных металлов существует из-за того, что, во-первых, все металлы имеют разное количество свободных

электронов, а во-вторых, меж соударениями с ионами они проходят разные пути (металлы имеют разную длину связи).

Зная природу сопротивления, можно ответить на вопрос, почему температура влияет на него. При изменении температуры имеет место изменение характеристик колебаний ионов в кристаллической решётке, изменяется скорость движения электронов, имеет место тепловое расширение, увеличиваются межатомные расстояния. При повышении температуры сопротивление металлов увеличивается. Хотя, существуют сплавы, для которых сопротивление почти не меняется с изменением температуры – например, константан и манганин.

Может показаться, что все эти факторы влияют на изменение сопротивления слишком незначительно, чтобы их учитывать, но опыты доказывают обратное. Например, газы при комнатных температурах являются хорошими изоляторами, при нагреве они начинают проводить электрический ток. Аналогичным примером среди твёрдых тел является стекло. В нормальных условиях стекло – диэлектрик, а при температуре утрачивает изолирующие свойства.

Следует упомянуть и о таком явлении, как сверхпроводимость. При очень низких температурах сопротивление многих металлов резко падает до нуля. Критическая температура различна для разных металлов. Прохождению тока в таких условиях ничего не мешает, т.к. колебания ионов в кристаллической решётке останавливаются.

Естественно, зависимость сопротивления от температуры можно описать в формулах.

$$R(t) = R_0(1 + \alpha(t - t_0))$$

$$\rho(t) = \rho_0(1 + \alpha(t - t_0))$$

где α – температурный коэффициент сопротивления, разный для разных металлов. Температурным коэффициентом сопротивления называется отношение приращения сопротивления металла при его нагреве на 1°C к первоначальному сопротивлению:

$$\alpha t = \frac{R - R_0}{R}$$

Множитель температуры при коэффициенте α даёт возможность взять больший диапазон температур, чем 1°C , что значительно упрощает измерения на практике.

На самом деле, сам температурный коэффициент тоже зависит от температуры. Обычно, и при решении задач, и при экспериментах, этим пренебрегают, т.к. это изменение очень мало. Можно воспользоваться формулой среднего температурного коэффициента для некоего (достаточно большого) интервала температур:

$$\alpha_{\text{cp}} = \frac{R_t - R_0}{R_0} \cdot \frac{1}{t - t_0}$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель: установить зависимость электрического сопротивления и удельного электрического сопротивления меди от температуры

Оборудование: металлическая (медная) проволока, изолирующая (деревянная) основа для проволоки, микрометр, рулетка, термопара, мультиметр, нагревательный прибор (духовка).

Ход работы:

1. Измерить линейные размеры проводника: диаметр с помощью микрометра, длину с помощью рулетки.
2. Измерить сопротивление проводника с помощью мультиметра при комнатной температуре, замерить температуру в комнате с помощью термопары.
3. Измерить сопротивление проводника с помощью мультиметра при уличной температуре (зимой), замерить температуру на улице с помощью термопары.
4. Измерить сопротивления проводника при нагреве в духовке при разных показателях температуры.

Рисунок экспериментальной установки:

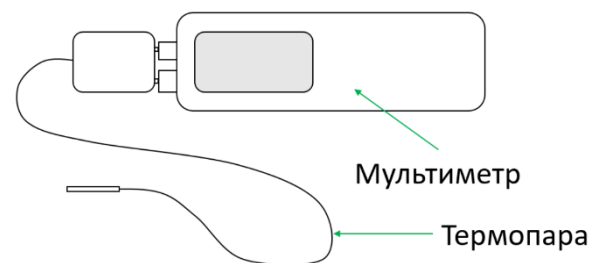
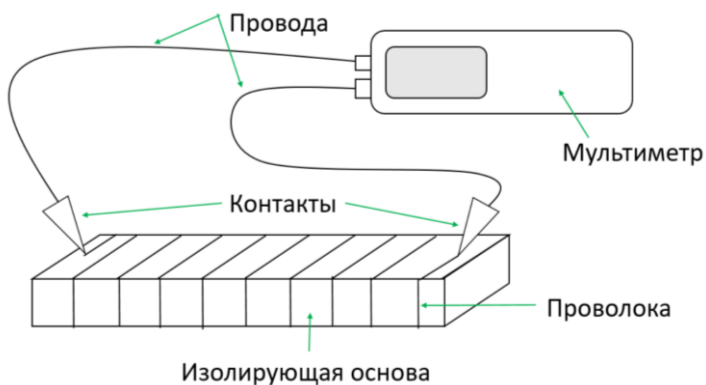


Рис.1. Измерение сопротивления проволоки

Рис. 2. Измерение температуры

Формулы:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ — площадь поперечного сечения проводника,}$$

$$\rho_0 \text{ — табличная величина, } \rho_0 = 0,0176 \frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$R_{\text{теор}(0)} = \rho \frac{l}{S} = \rho_0 \frac{4l}{\pi d^2} \text{ —}$$

сопротивление проводника при начальной температуре

$R(t)_{\text{теор}} = R_0(1 + \alpha(t - t_0))$ – сопротивление проводника в зависимости от температуры

$$R_{\text{эксп(ср)}} = \frac{R_{\text{эксп(1)}} + R_{\text{эксп(2)}} + R_{\text{эксп(3)}}}{3}$$

$$\rho(t)_{\text{теор}} = \rho_0(1 + \alpha(t - t_0))$$

$$\rho_{\text{эксп}} = \frac{R_{\text{эксп}} \pi d^2}{4l}$$

$$\rho_{\text{эксп(ср)}} = \frac{\rho_{\text{эксп(1)}} + \rho_{\text{эксп(2)}} + \rho_{\text{эксп(3)}}}{3}$$

Выполним расчёты:

$$R_{\text{теор(0)}} = 0,0176 \frac{4 \cdot 1,83}{\pi \cdot 0,12^2} = 2,79 \text{ Ом}$$

$$R(-20)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(-20 - 0)) = 2,55 \text{ Ом}$$

$$R(20)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(20 - 0)) = 3,02 \text{ Ом}$$

$$R(50)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(50 - 0)) = 3,39 \text{ Ом}$$

$$R(100)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(100 - 0)) = 3,99 \text{ Ом}$$

$$R(150)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(150 - 0)) = 4,59 \text{ Ом}$$

$$R(200)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(200 - 0)) = 4,85 \text{ Ом}$$

$$R(250)_{\text{теор}} = 2,79(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(250 - 0)) = 5,66 \text{ Ом}$$

$$R(-20)_{\text{эксп(ср)}} = \frac{2,7 + 2,6 + 2,7}{3} = 2,67 \text{ Ом}$$

$$R(20)_{\text{эксп(ср)}} = \frac{2,9 + 3 + 3}{3} = 2,97 \text{ Ом}$$

$$R(50)_{\text{эксп(ср)}} = \frac{3,2 + 3,2 + 3,3}{3} = 3,23 \text{ Ом}$$

$$R(100)_{\text{эксп(ср)}} = \frac{3,3 + 3,4 + 3,4}{3} = 3,37 \text{ Ом}$$

$$R(150)_{\text{эксп(ср)}} = \frac{3,6 + 3,6 + 3,5}{3} = 3,57 \text{ Ом}$$

$$R(200)_{\text{эксп (ср)}} = \frac{3,7 + 3,8 + 3,7}{3} = 3,73 \text{ Ом}$$

$$R(250)_{\text{эксп (ср)}} = \frac{3,8 + 3,8 + 3,8}{3} = 3,8 \text{ Ом}$$

$$\rho(-20)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(-20 - 0)) = 0,0157 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(20)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(20 - 0)) = 0,0187 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(50)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(50 - 0)) = 0,0209 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(100)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(100 - 0)) = 0,0246 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(150)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(150 - 0)) = 0,0283 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(200)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(200 - 0)) = 0,032 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(250)_{\text{теор}} = 0,0176(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}(250 - 0)) = 0,0358 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(-20)_{\text{эксп(1)}} = \frac{2,7 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0167 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(-20)_{\text{эксп(3)}} = \frac{2,6 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0161 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(-20)_{\text{эксп(3)}} = \frac{2,7 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0167 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(20)_{\text{эксп(1)}} = \frac{2,9 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0179 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(20)_{\text{эксп(2)}} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0185 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(20)_{\text{эксп(3)}} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0185 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(50)_{\text{эксп(1)}} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0185 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(50)_{\text{эксп}(2)} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0185 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(50)_{\text{эксп}(3)} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0185 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(100)_{\text{эксп}(1)} = \frac{3,3 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0204 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(100)_{\text{эксп}(2)} = \frac{3,4 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,021 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(100)_{\text{эксп}(3)} = \frac{3,4 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,021 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(150)_{\text{эксп}(1)} = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0222 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(150)_{\text{эксп}(2)} = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0222 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(150)_{\text{эксп}(3)} = \frac{3,5 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0216 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(200)_{\text{эксп}(1)} = \frac{3,7 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0229 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(200)_{\text{эксп}(2)} = \frac{3,8 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0235 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(200)_{\text{эксп}(3)} = \frac{3,7 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0229 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(250)_{\text{эксп}(1)} = \frac{3,8 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0235 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(250)_{\text{эксп}(2)} = \frac{3,8 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0235 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(250)_{\text{эксп}(3)} = \frac{3,8 \cdot \pi \cdot 0,12^2}{4 \cdot 1,83} = 0,0235 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(-20)_{\text{ср}} = \frac{0,0167 + 0,0161 + 0,0167}{3} = 0,0165 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(20)_{\text{ср}} = \frac{0,0179 + 0,0185 + 0,0185}{3} = 0,0183 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(50)_{\text{ср}} = \frac{0,0197 + 0,0204 + 0,0197}{3} = 0,0199 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(100)_{\text{cp}} = \frac{0,0204 + 0,021 + 0,021}{3} = 0,0208 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(150)_{\text{cp}} = \frac{0,0222 + 0,0222 + 0,0216}{3} = 0,022 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

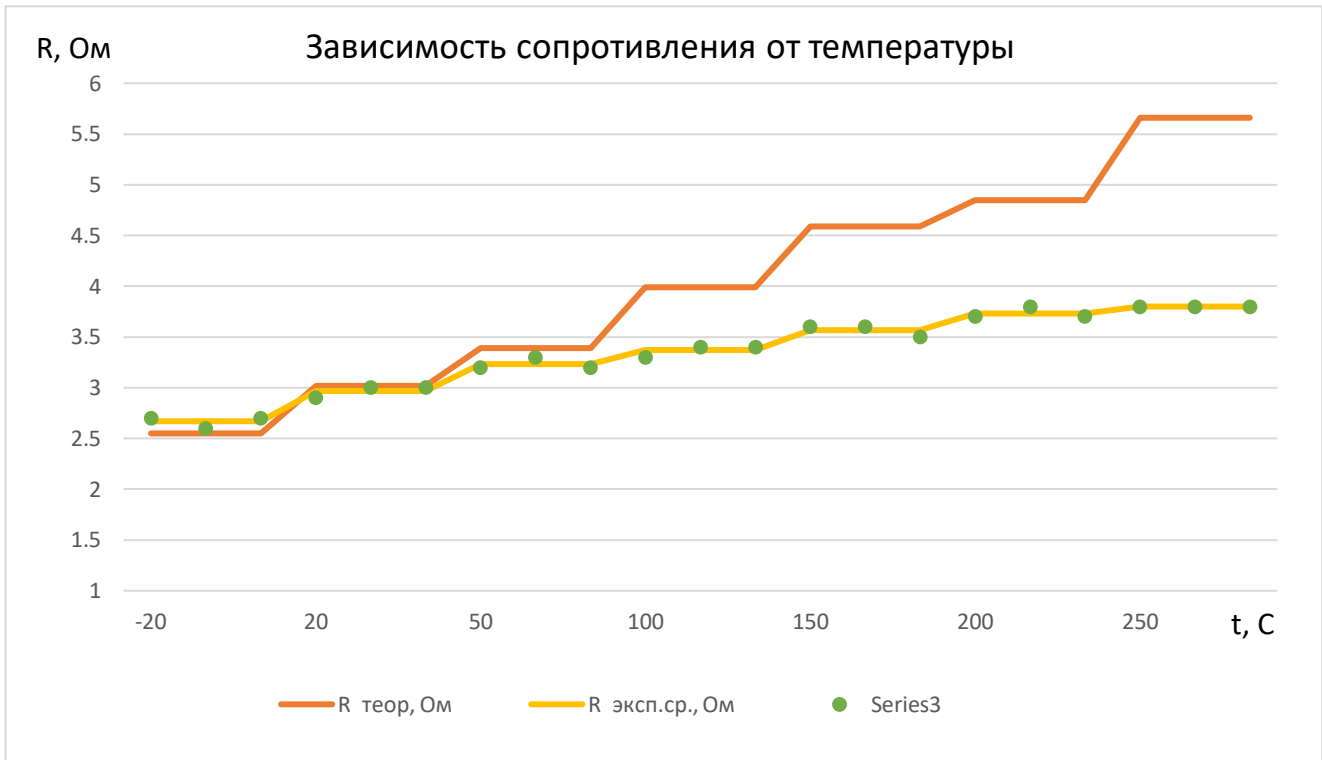
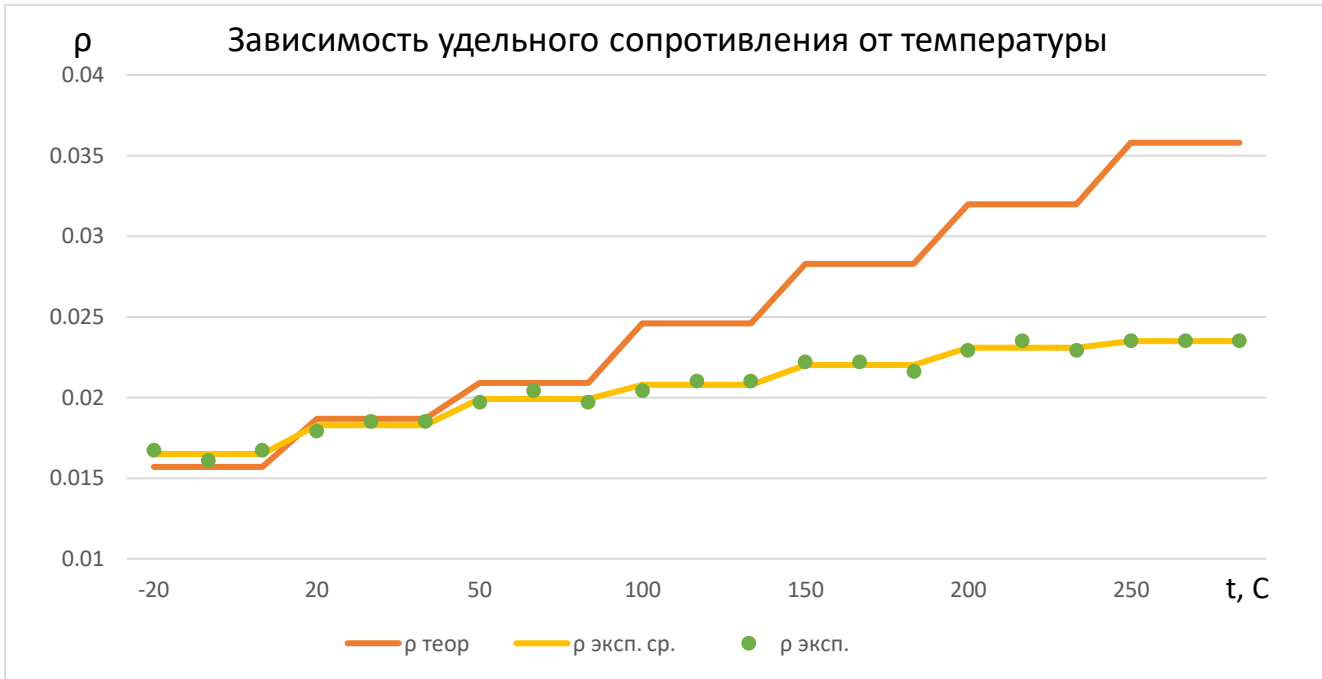
$$\rho(200)_{\text{cp}} = \frac{0,0229 + 0,0235 + 0,0229}{3} = 0,0231 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$\rho(250)_{\text{cp}} = \frac{0,0235 + 0,0235 + 0,0235}{3} = 0,0235 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

Заполним таблицу:

t, C	R ₀ , Ом	l, м	d, мм	R теор, Ом	R эксп, Ом	R эксп. ср., Ом	ρ теор	ρ эксп.	ρ эксп. ср.
-20	2,79	1,83	0,12	2,55	2,7	2,67	0,0157	0,0167	0,0165
					2,6			0,0161	
					2,7			0,0167	
20				3,02	2,9	2,97	0,0187	0,0179	0,0183
					3			0,0185	
					3			0,0185	
50				3,39	3,2	3,23	0,0209	0,0197	0,0199
					3,3			0,0204	
					3,2			0,0197	
100				3,99	3,3	3,37	0,0246	0,0204	0,0208
	3,4	0,021							
	3,4	0,021							
150	4,59	3,6	3,57	0,0283	0,0222	0,022			
		3,6			0,0222				
		3,5			0,0216				
200	4,85	3,7	3,73	0,032	0,0229	0,0231			
		3,8			0,0235				
		3,7			0,0229				
250	5,66	3,8	3,8	0,0358	0,0235	0,0235			
		3,8			0,0235				
		3,8			0,0235				

Табл.1. Результаты эксперимента



Вывод: Выяснили, что электрическое сопротивление металла (меди) пропорционально температуре, зависимость близка к линейной.

Как видно по графикам, с увеличением температуры увеличивается разница между теоретическими и экспериментальными значениями электрического сопротивления и удельного электрического сопротивления. Это можно объяснить тем, что проволока может содержать в себе примеси других металлов, а значит, сплав, из которого она изготовлена, имеет другие табличные значения удельного сопротивления и температурного коэффициента сопротивления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе этого исследования мы в теории и на практике изучили изменение сопротивления металла при разных температурах. Это явление незаменимо в технике: оно должно учитываться при конструировании и эксплуатации приборов. Более того, изменение сопротивления металла при изменении температуры может лежать в основе работы некоторых приборов и систем. К примеру, саморегулируемые термометры в системе «умный дом» могут работать по этому принципу, подавая по проводам энергию в разных количествах в зависимости от температуры в помещении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

«Новый репетитор по физике для подготовки к ЕГЭ: электромагнетизм, колебания и волны, оптика, элементы теории относительности, физика атома и атомного ядра: задачи и методы из решения» - И.Л. Касаткина

«Элементарный учебник физики: электричество и магнетизм» – под ред. Г.С. Ландсберга

«Механика и молекулярная физика в курсе общей физики» - Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер, Е.М. Лифшиц

«3800 задач по физике для школьников и поступающих в вузы» - Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суров, Г.Г. Спирин, Т.А. Ющенко

Физика: Электродинамика 10 – 11 кл.: Учебник для углубленного изучения физики – Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков, Б.А. Слободсков.

ПРИЛОЖЕНИЕ



Рис.3. Рулетка (измерение линейных размеров проводника)



Рис.4. Микрометр (измерение диаметра проводника)



Рис.5. Мультиметр и термопара (измерение температуры в помещении и на улице)



Рис.6. Мультиметр (измерение сопротивления проводника)