

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
гимназия №1 г. о. Самары

Программа «СТУПЕНИ»
Научная конференция учащихся
Секция «ФИЗИКА»

«Справедлив ли закон Ома?»

Салахов Азат,
ученик 9 «В» класса
МБОУ Гимназия №1
г.о. Самара

Научный руководитель:
Бузова Ольга Валентиновна,
к.п.н.,
учитель физики.

Закона Ома (уточнённый):

«Если использовать тщательно отобранные и безупречно подготовленные материалы, то при наличии некоторого навыка из них можно сконструировать электронную цепь, для которой измерения отношения тока к напряжению, даже если они производятся в течение ограниченного времени, дают значения, которые после введения соответствующих поправок оказываются равными постоянной величине»

**А.М.
Б.Розен**

Георг Ом
1787 -1854



Закон Ома:

$$I = \frac{1}{R} U$$

где

R

- электрическое сопротивление, величина которого зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан

Для однородного цилиндрического проводника:

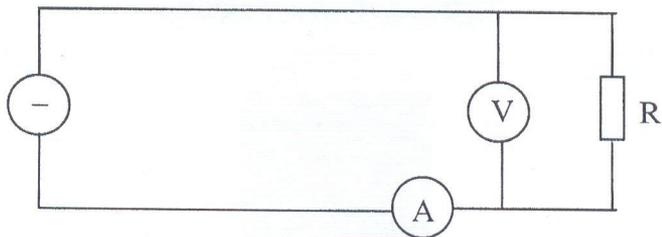
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

l - длина проводника

S - площадь поперечного сечения проводника

ρ - удельное электрическое сопротивление проводника

Схема и фотография экспериментальной установки

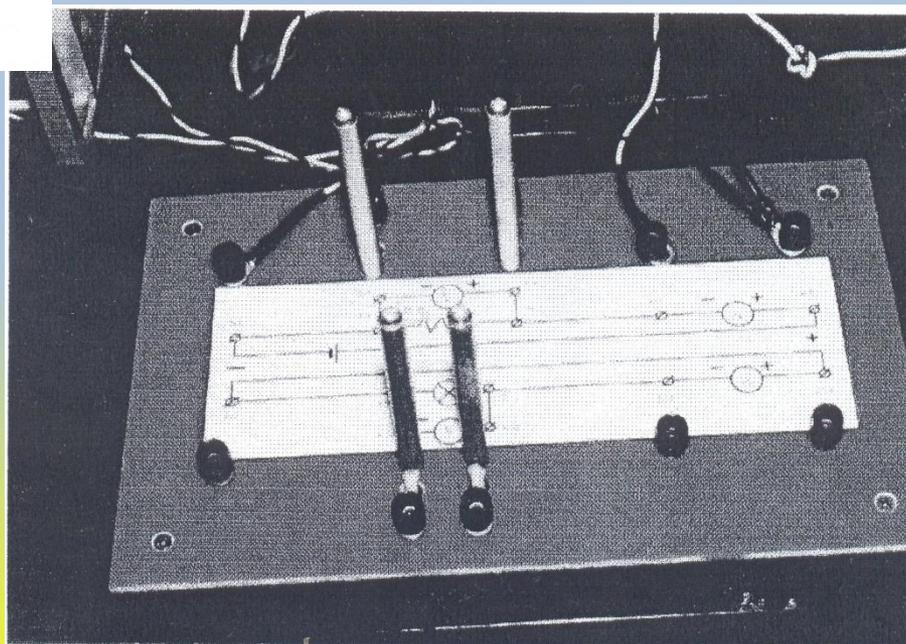


⊖ - источник постоянного тока,

V - вольтметр,

A - амперметр,

R - сопротивление.



Экспериментальная проверка характера связи тока и напряжения в широком диапазоне токов и напряжений

U источника, В	Напряжение, В	Сила тока в цепи, А
0,5	0,5	0,075

Сопротивление нихромовой спирали

$$R = 6,7 \text{ Ом}$$

$$(R=U/I)$$

**Таблица измерений
напряжения и силы тока
для нихромовой спирали.**

U источника, В	Напряжение на сопротивлении, В	Сила тока в цепи, А
1,0	1,0	0,150
1,5	1,5	0,225
2,0	2,0	0,299
2,5	2,5	0,372
3,0	3,0	0,446
3,5	3,5	0,519
4,0	4,0	0,591
4,5	4,5	0,663
5,0	5,0	0,734
5,5	5,5	0,805
6,0	6,0	0,875
6,5	6,5	0,944
7,0	7,0	1,013
7,5	7,5	1,082
8,0	8,0	1,147
8,5	8,5	1,215
9,0	9,0	1,281
9,5	9,5	1,347
10,0	10,0	1,413
10,5	10,5	1,478
11,0	11,0	1,542
11,5	11,5	1,606
12,0	12,0	1,671

Вольт-амперная характеристика для нихромовой спирали.



**Теоретическая зависимость – сплошная линия,
Экспериментальная зависимость - пунктир**

Лампа накаливания напряжением 12 В

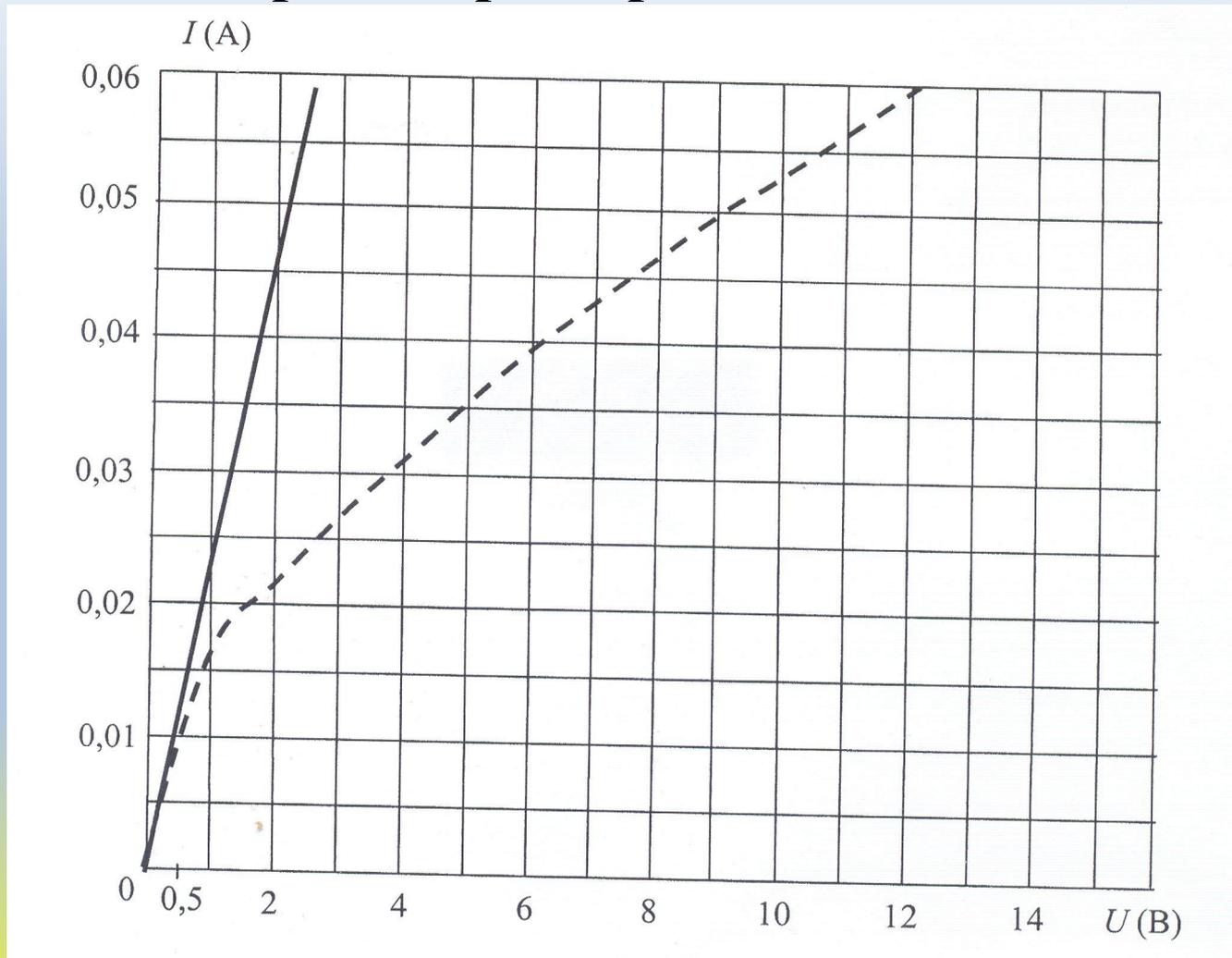
U источника, В	Напряжение на сопротивлении, В	Сила тока в цепи, А
0,5	0,5	0,13

Сопротивление лампы $R = 38,5 \text{ Ом}$

**Таблица измерений
напряжения и силы тока
для лампы накаливания**

U источника, В	Напряжение на сопротивлении, В	Сила тока в цепи, А
1,0	1,0	0,016
1,5	1,5	0,019
2,0	2,0	0,022
2,5	2,5	0,025
3,0	3,0	0,027
3,5	3,5	0,030
4,0	4,0	0,032
4,5	4,5	0,034
5,0	5,0	0,036
6,0	6,0	0,038
6,5	6,5	0,040
7,0	7,0	0,043
7,5	7,5	0,045
8,0	8,0	0,047
12,0	12,0	0,060

Вольт-амперная характеристика для лампы накаливания



**Теоретическая зависимость – сплошная линия,
Экспериментальная зависимость - пунктир**

Анализ результатов эксперимента:

Погрешность прибора В7-38

при измерении напряжения $\pm 0,28\%$

при измерении силы тока $\pm 0,65\%$

Сила тока

$$J = \frac{dq}{dt}$$

Вектор плотности тока $\vec{j} = \frac{dJ}{dS_1}$, который численно равен силе

тока \vec{j} через расположенную в данной точке перпендикулярную к направлению движения носителей тока площадку единичной площади dS_1 .

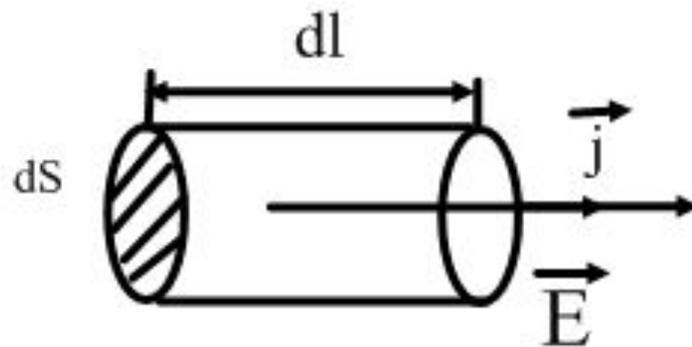
За направление dJ принимается направление вектора скорости упорядоченного движения положительных носителей.

Связь между векторами \vec{E} и \vec{j} в одной и той же точке проводника.

где

\vec{E} – напряжённость электрического поля

Выделим мысленно в окрестности точки малый цилиндрический объём,
ось которого параллельна \vec{E} , длина цилиндра dl .



Пусть

n - концентрация свободных электронов в металле

e - заряд электрона

\rightarrow

u - средняя скорость дрейфа электронов

Тогда $\vec{j} = e \cdot n \cdot \vec{u}$

Через поперечное сечение цилиндра течёт ток силой $j dS$ напряжение, приложенное к цилиндру равно $E dl$. Подставим эти значения в формулу $J = \frac{1}{R} U$.

Приходим к соотношению $j dS = \frac{dS}{\rho dl} E dl$, где $R = \rho \frac{dl}{dS}$.

После преобразований получаем

$$j = \frac{1}{\rho} E = \sigma \cdot E$$

где $\sigma = \frac{1}{\rho}$ - удельная электрическая проводимость (измеряется в сименсах на метр—1 см/м).

Учитывая, что \vec{j} и \vec{E} имеют одинаковое направление,

$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$ - закон Ома в дифференциальной форме.

Чтобы определить зависимость электропроводности металла от других физических величин, воспользуемся формулой

$$j = e \cdot n \cdot \vec{u}$$

Дрейфовая скорость непосредственно перед столкновением:

$$u = \frac{eE}{m} \tau$$

где $\frac{eE}{m}$ - ускорение электрона, τ - средняя продолжительность свободного полёта электронов. Тогда среднее значение дрейфовой скорости:

$$\vec{u} = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} \tau$$

Но $\tau = \frac{l}{v}$, где v - скорость теплового движения электронов в отсутствии поля ($v \gg u$)

Подставив полученные выражения в формулу $\vec{j} = e \cdot n \cdot \vec{u}$, получаем:

$$j = \frac{e^2 n l}{2 m v} E, \quad \tau = \frac{e^2 n l}{2 m v} \quad \text{или} \quad \rho = \frac{2 m v}{e^2 n l}.$$

Предположим, что к электронам приложена классическая статистическая механика, то есть средняя энергия поступательного движения молекул газа

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$$

где k - постоянная Больцмана.

Тогда
$$\tau = \frac{e^2 nl}{2\sqrt{3kmT}}$$

Таким образом, каждое вещество можно характеризовать постоянной для него величиной, называемой температурным коэффициентом сопротивления:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \Delta T}, \text{ тогда } \rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Где ρ_0 - удельное сопротивление при 273К,

ρ - удельное сопротивление при данной температуре.

Экспериментальная проверка наличия зависимости сопротивления металлов от температуры

Нагревание спирали на открытом пламени
- одной спиртовки,
- двумя спиртовками.

Результаты измерений: $U = 1 \text{ В}$ - постоянное.

Без нагрева $I = 150 \text{ мА}$.

Нагрев одной спиртовкой $I = 146 \text{ мА}$.

Нагрев двумя спиртовками $I = 141 \text{ мА}$.

Из уменьшения силы тока следует,
что сопротивление проводника
уменьшается при охлаждении

**Эксперимент, доказывающий,
что сопротивление проводника уменьшается при охлаждении.**

Спираль

Напряжение - 7 В, сила тока - 1,024 А.

**После кратковременного обдува спирали воздухом
сила тока возросла до 1,05 А.**

Сопротивление уменьшается.

**Нелинейность вольтамперных характеристик связана с тем,
что сопротивление металлов зависит от температуры.**

**Вывод этот не противоречит закону Ома – зависимость,
сформулированная в законе Ома, справедлива
только при постоянном сопротивлении.**

**Степень отклонения от закона Ома определяется тем, что
температурные коэффициенты сопротивления сильно отличаются:**

**у спирали (нихром) – $55 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$,
у лампы (вольфрам) – $510 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$.**

**Эпиграф к работе точно отражает сущность
закона Ома,
точнее его экспериментальной проверки**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физики шутят. Пер. с англ. - М.: Мир, 1993. 208с., ил.
2. Б.Н. Спасский История физики. – М.: Высшая школа, 1977.
3. И.В. Савельев Курс общей физики. Т.2. - М.: Наука, 1988.
4. Вольтметр универсальный цифровой В7-38. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 2.710.031 ТО.
5. Д.В. Сивухин Общий курс физики. Т.3. - М.: Наука, 1997.
6. И.Е. Тамм Основы теории электричества. - М.: Наука, 1976.
7. Физические величины: Справочник / А.И. Бабычев, И.А. Батушкина, А.М. Братковский и др.; под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова.- М., Энергоатомиздат, 1991.

Спасибо за внимание!