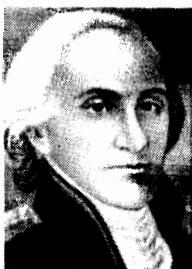


**А.Н. Крутский**

**ТОК, ЗАРЯД, НАПРЯЖЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ**

**в курсе физики основной и полной средней школы**



**Барнаул 2005**

Министерство образования и науки РФ

Барнаулский государственный педагогический университет

**А.Н. Крутский**

Актуальные вопросы методики преподавания физики

ТОК, ЗАРЯД, НАПРЯЖЕНИЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ

в курсе физики основной и полной средней  
ШКОЛЫ

Методический и психодидактический аспекты изучения темы

**Барнаул 2005**

**ББК 74.262.23**  
**УДК 373.1.02:53**

Крутский А.Н. Ток, заряд, напряжение, сопротивление в курсе физики основной и полной средней школы: Учебно – методическое пособие. – Барнаул: Изд-во БГПУ, 2005. – 40 с.

**Рецензенты:**

**П.Д. Голубь**, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры физики Барнаульского госпедуниверситета.

**О.Н. Поскотинова**, учитель физики высшей квалификационной категории МОУ СОШ № 103 г. Барнаула.

Работа посвящена вопросам изучения основных электротехнических величин тока, заряда, напряжения, сопротивления в курсе физики основной и полной средней школы. Проблема разработки методики изучения данных вопросов возникла в связи с тем, что при переходе на новый ГОСТ Международной системы единиц СИ изменены функции величин. Если до принятия нового ГОСТа основной величиной системы был заряд, то после введения нового стандарта его место заняла сила тока, а заряд стал величиной производной. В связи с изменением функций величин изменились логика их введения и некоторые связанные с ними единицы и их определения. Между тем, обучение в школах ведётся без учёта требования новых Государственных стандартов.

Пособие может быть использовано методистами физики, студентами физических факультетов, учителями и учащимися школ.

Публикуется в авторской редакции.

## 1. Проблема изучения темы ток, заряд, напряжение, сопротивление в средней школе

Рассмотрим примеры изложения обозначенных в заголовке пособия вопросов в различных программах и учебниках некоторых авторов, по которым в настоящее время ведётся обучение в школе.

В программе по физике для общеобразовательных учреждений, разработанной авторами С.В. Громовым и Н.А. Родиной [10, с. 42] в девятом классе обозначен раздел «Электрические явления». В состав его содержания кроме прочих входят такие вопросы: Постоянный электрический ток. Источники тока. Электрическая цепь. Сила тока, напряжение и сопротивление. Соответственно, в программе, разработанной авторами Е.М. Гутник и А.В. Пёрышкин [11, с. 47] в восьмом классе в разделе «Электрические явления» обозначен материал: Электрический ток в металлах Сила тока. Амперметр. Электрическое напряжение. Вольтметр. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка электрической цепи. Удельное сопротивление. Реостаты. Виды сопротивления проводников.

В программе для 10 класса автора В.А. Касьянова в разделе «Введение» обозначено изучение вопросов: Основные физические величины. Система единиц измерения физических величин. Эталоны [12, с. 104]. В разделе «Электростатика» там же обозначено изучение вопросов: Электрический заряд. Квантование заряда [12, с. 109]. В программе того же автора в 11 классе в разделе «Постоянный электрический ток» обозначены для изучения вопросы: Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Удельное сопротивление. Источник напряжения. Электродвижущая сила [12, с. 110]. Там же в разделе «Магнетизм» предложен для изучения вопрос: Взаимодействие токов (Релятивистское объяснение действия тока на движущийся заряд). Закон Ампера [12, с. 110].

В соответствии с программами в учебнике С.В. Громова и Н.А. Родиной для 9 класса [4, с.29] приведены следующие сведения о силе тока. **Силой тока** называется физическая величи-

на, показывающая, какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за 1 с. Пусть, например, за время  $t = 2$  с через поперечное сечение проводника носители тока переносят заряд  $q = 4$  Кл. Заряд, переносимый ими за 1 с, будет в два раза меньше. Разделив 4 Кл на 2 с, получим 2 Кл/с. Это и есть сила тока. Обозначается она буквой  $I$ :

$I$  – сила тока.

Итак, чтобы найти силу тока  $I$ , надо электрический заряд  $q$ , прошедший через поперечное сечение проводника за время  $t$ , разделить на это время:

$$I = \frac{q}{t}$$

Единица силы тока называется *ампером* (А) в честь французского учёного А.М. Ампера (1775-1836). В основу определения этой единицы положено магнитное действие тока, и мы на нём останавливаться не будем.

Если сила тока известна, то можно найти заряд  $q$ , проходящий через сечение проводника за время  $t$ . Для этого надо силу тока умножить на время:

$$q = It.$$

Полученное выражение позволяет определить единицу электрического заряда - *кулон* (Кл):

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}.$$

1 Кл – это заряд, который проходит за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А.

***Следует обратить внимание, что понятие силы тока вводится через понятие заряда, а понятие заряда - через силу тока.***

Понятие о напряжении вводится следующим образом [4, с. 31]. Мы знаем, что электрический ток – это направленное движение заряженных частиц. Это движение создаётся электрическим полем, которое при этом совершает работу.

Работу электрического поля, создающего ток, называют *работой тока*:

$A$  – работа тока.

Эта работа может быть разной на разных участках цепи, но на каждом из них она пропорциональна заряду, проходящему через него. Физическая величина, показывающая, какую работу совершает на данном участке ток при перемещении по этому участку заряда 1 Кл, называется **электрическим напряжением** (или просто **напряжением**) на этом участке.

Пусть, например, при перемещении вдоль участка цепи заряда  $q = 2$  Кл была совершена работа  $A = 10$  Дж. Для перемещения заряда 1 Кл потребовалась бы работа в два раза меньшая. Разделив 10 Дж на 2 Кл, получим 5 Дж/Кл. Это и есть напряжение на данном участке цепи. Обозначим его буквой  $U$ :

$U$  – напряжение.

Итак, чтобы найти напряжение  $U$  на данном участке цепи, надо работу тока  $A$  разделить на заряд  $q$ , прошедший по этому участку:

$$u = \frac{A}{q}$$

Единица электрического напряжения называется *вольт* (В) в честь А. Вольта, сконструировавшего первый источник тока. 1В – это такое напряжение, при котором электрическое поле при перемещении вдоль участка цепи заряда в 1 Кл совершает работу 1 Дж. Если же, например, напряжение на каком-то участке равно 10 В, то это означает, что при перемещении по нему заряда 1 Кл совершается работа 10 Дж.

Далее даётся понятие сопротивления. Физическая величина, характеризующая противодействие, оказываемое проводником электрическому току, обозначается буквой  $R$  и называется **электрическим сопротивлением** (или просто сопротивлением) проводника:

$R$  – сопротивление.

Единица сопротивления называется *ом* (Ом) в честь немецкого учёного Г. Ома, который впервые ввёл это понятие в физику. 1 Ом – это сопротивление такого проводника, в котором при напряжении 1 В сила тока равна 1 А. При сопротивлении

2 Ом сила тока при том же напряжении будет в два раза меньше, при сопротивлении 3 Ом – в три раза меньше и т.д. [4, с. 34].

## **2. Изменения в логике развития понятий «ток и заряд» с переходом на новый Государственный стандарт**

Анализ содержания данных и других учебных и методических пособий показывает, что в них не учитываются изменения, которые произошли в системе единиц с принятием нового ГОСТа при переходе на Международную систему единиц, хотя эти изменения неоднократно представлялись не только в источниках системы государственных стандартов, но и в специальных изданиях и методической литературе [1,2,5,7,8,9,13].

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 марта 1981 года № 1449 с 1 января 1982 года в Советском Союзе введён в действие государственный стандарт ГОСТ 8.417 – 81/СТ СЭВ 1052 – 78/ «ГСИ. Единицы физических величин», и выпущена методика его внедрения «Методические указания. Внедрение и применение. СТ СЭВ 1052 – 78 Метрология. Единицы физических величин. РД 50 – 160 – 79».

Отметим, какие изменения в связи с этим ГОСТом произошли в представлении физических величин, рассматриваемых в данной работе.

До внедрения нового ГОСТа, основанного на Международной системе единиц, представление основных электротехнических величин ток, заряд, напряжение, сопротивление было выстроено следующим образом. В системе величин за основную величину принимался заряд  $Q$ , а сила тока была величиной производной. За единицу заряда принимался один кулон - Кл. Единица заряда была выбрана следующим образом.

**1 кулон – это такой заряд, который проходя через раствор азотно-кислого серебра ( $Ag NO_3$ ) выделяет на катоде 1,118 мг серебра.**

Сила тока была величиной производной и выражалась через заряд и время:

$$I = \frac{q}{t}$$

Отсюда силе тока, как производной величине, определение давалось следующим образом:

**Силой тока называется физическая величина, равная отношению заряда ко времени его прохождения через проводник.**

Из этой формулы следовала и единица силы тока.

**За единицу силы тока принимается такой ток, при котором через поперечное сечение проводника за одну секунду проходит один кулон электричества.**

Это единица названа **ампером**. Обозначается она как **1А**.

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

В этой хорошо построенной логичной системе был один недостаток. Всякая основная физическая величина должна иметь свой эталон, хранящийся в Международной палате мер и весов, копии с которого снимаются всеми странами и применяются в своих региональных палатах мер и весов. Но изготовить эталон, отвечающий высоким требованиям точности, на основе процесса электролиза не удавалось. В самом деле, представьте себе насколько трудно уловить момент, когда на катоде выделится 1, 118 мг серебра. Попутно с серебром в растворе образуются пузырьки газа, которые создают искажение в процессе фиксации массы серебра.

Поэтому было принято решение произвести изменения в системе единиц, **сделав заряд производной единицей, а силу тока основной.**

О силе тока можно судить по взаимодействию проводников, по которым он проходит. На этом основании легко получить его единицу.

Таким образом, выстраивается следующая логика понятий.

**Ток. Током называется упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.**

**Сила тока. Силой тока называется физическая величина, характеризующая электромагнитное взаимодействие проводников с током.**

**Единица силы тока. За единицу силы тока принимается такой ток, который проходя по двум бесконечно длинным проводникам бесконечно малого сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр друг от друга вызывает силу взаимодействия  $2 \cdot 10^{-7}$  ньютона на каждый метр длины.**

Такая единица называется **1 ампер** и обозначается как **1А**.

Поскольку в этой системе величин заряд является величиной производной, то он определяется в соответствии с формулой

$$q = I t$$

Данная формула предполагает следующее определение заряда:

**Зарядом называется физическая величина, равная произведению силы тока на время.**

В соответствии с этой определяющей формулой выбирается и единица заряда.

**За единицу заряда принят такой заряд, который протекает через поперечное сечение проводника за одну секунду при силе тока в один ампер.**

Соответствующим образом можно получить наименование и обозначение единицы заряда в СИ:

$$q = I \cdot t \rightarrow [q] = [I] \cdot [t] = A \cdot c = Кл$$

Таким образом, **1 Кл** – это такой заряд, который протекает через поперечное сечение проводника за **1 с** при силе тока **1 А**.

Дальнейшие рассуждения, связанные с введением понятий напряжения и сопротивления не меняются.

Таким образом, если кратко сформулировать изменения, которые произошли в представлении основных электротехнических величин ток, заряд, напряжение, сопротивление, то их можно сформулировать следующим образом.

До введения новой Международной системы единиц основной величиной был **ЗАРЯД**, а **ТОК** был величиной производной. После введения в 1982 году нового Государственного стандарта на физические величины, рассматриваемые величины поменялись местами: **ТОК** стал основной величиной, а **ЗАРЯД** – производной. В связи с этим произошли и соответствующие вышеизложенные изменения в их определяющих формулах, словесных формулировках и процедурах получения единиц величин.

Изменение в Государственных стандартах повлекло за собой изменения в методике изучения данных понятий в школьной физике.

Ниже приводится методика изучения темы «Ток. Заряд. Напряжение. Сопротивление», основанная на психодидактической технологии системного усвоения знаний, а именно, на системно-структурном и системно-логическом подходах психодидактики.

### **3. Методика изучения темы ток, заряд, напряжение, сопротивление в основной и полной средней школе**

Основная идея этой методики заключается в том, что целесообразно изучать аналогичные понятия, разбросанные по различным параграфам учебника, в системе, которую можно с большим успехом осуществить на одном уроке, вместо 10-15 уроков. При этом создаются условия для большей доступности и лучшего понимания материала. Подробное представление дан-

ных дидактических идей нами уже публиковалось при разработке изучения темы «Количество теплоты» в курсе физики восьмого и десятого классов, когда понятия и формулы, связанные с количеством теплоты, требующимся для нагревания, плавления, испарения и количеством теплоты, выделяющимся при сгорании топлива, изучаются на одном уроке, вместо 12 уроков [6].

Дидактической основой для изучения данной темы является структурная схема (Рис 1, с. 11). Эта схема не даётся учащимся в готовом виде, а строится постепенно в процессе изложения материала темы и предстаёт перед учащимися в динамике. По мере демонстраций в структурную схему заносятся рисунки, призванные актуализировать факты при воспроизведении рассказа по структурной схеме. Предварительно учащимися в тетради заготавливается таблица для этой схемы. Логика изложения материала следующая.

**3.1. Ток. Сила тока.** 1) В памяти учащихся воспроизводится определение понятия «Электрический ток».

**Электрический ток – это упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.** (Стр. схема, с.11, колонка 1).

2) Проводится демонстрация взаимодействия проводников с током. Учащиеся наблюдают за взаимодействием проводников: когда ток идёт по ним в противоположных направлениях, проводники отталкиваются, и в одном направлении – проводники притягиваются. (Требуется ток порядка 15 ампер.)

На рис 2 с.13 показано начальное положение проводников в опыте по их отталкиванию, когда токи идут в противоположном направлении. Перед началом демонстрации проводники находятся близко друг от друга с тем, чтобы действие силы отталкивания было более заметным в момент прохождения токов. На рис 3 с.14 можно наблюдать отталкивание проводников при включении тока.

На рис 4 с.15 показано положение двух проводников, по которым не проходит ток. Проводники параллельны и расставлены на сравнительно большом расстоянии друг от друга с тем, чтобы не произошло замыкание при их сближении. На рис 5 с.16

**Место для структурной схемы**

Рис 1

можно видеть взаимодействие проводников (притяжение) и их сближение при прохождении токов в одном направлении.

Соответствующие рисунки заносятся учащимися в структурную схему в колонку 1.

Демонстрируется, что сила взаимодействия может меняться, становиться больше или меньше. Для характеристики степени взаимодействия проводников вводится понятие силы тока. **Если проводники взаимодействуют с большей силой (сильнее притягиваются или отталкиваются), говорят, что сила тока большая, если с меньшей силой – сила тока меньшая.**

3) Для количественной оценки степени взаимодействия проводников с током вводится физическая величина – **сила тока.**

**Сила тока, это физическая величина, характеризующая электромагнитное взаимодействие проводников с током.**

4) Вводится единица силы тока.

**За единицу силы тока принят такой ток, который, проходя по двум бесконечно длинным проводникам бесконечно малого сечения, находящимся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызывает силу взаимодействия  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины провода.** (Рисунок на структурной схеме с. 11, первая колонка.)

Эта единица названа «ампером» в честь французского учёного Ампера. Сила тока обозначается буквой  $I$ , а её единица

$$[I] = \text{ампер} = A$$

5) Даются некоторые сведения об эталоне ампера.

Ввиду того, что взять проводники бесконечно большой длины невозможно, то эталон изготавливается в виде двух плоских катушек с большим числом витков провода. Они включаются в цепь последовательно. Специальный механизм обеспечивает измерение силы взаимодействия катушек с током, поэтому прибор называется «Ампер-весы». При прохождении по цепи

**Рис 2. Проводники параллельны**

**Рис 3 Проводники отгалкиваются**

**Рис 4. Проводники параллельны**

**Рис 5. Проводники притягиваются**

тока в 1А стрелка прибора устанавливается против деления на шкале прибора. (Принцип действия эталона показан на рисунке в колонке 1 структурной схемы на с. 11).

**3.2. Заряд.** 6) Вводится понятие **заряда**. Поскольку заряд в СИ является величиной производной, то он выражается через силу тока и время.

$$q = I t$$

**Зарядом называется физическая величина, равная произведению силы тока на время его прохождения.**

**За единицу заряда принят такой заряд, который проходит через поперечное сечение проводника за единицу времени при силе тока в одну единицу.**

Получим наименование единицы заряда в СИ.

$$[q] = [I] \cdot [t] = A \cdot c = \text{кулон} = \text{Кл}$$

**За единицу заряда в Международной системе единиц принят такой заряд, который проходит через поперечное сечение проводника за 1 с при силе тока 1 А.**

**3.3. Напряжение.** 7) Вводится понятие **напряжения**.

Демонстрируем установку, которая включает в себя ряд приборов. На базе метровой линейки и небольшого электродвигателя (можно использовать электродвигатель СД-2, которыми в своё время школы были снабжены в достаточном количестве) собираем устройство, при помощи которого можно наблюдать за движением грузика, который поднимается на нити электродвигателем на фоне линейки. Электродвигатель может вращаться от напряжения, которое берётся с выхода секундомера, или же от автономного источника питания. Приборы можно настроить так, чтобы, например, за 6 секунд грузик поднимался на высоту линейки 1 м. Включаем секундомер на 2, 4 и 6 секунд, и отмечаем положение грузика на фоне шкалы линейки. (Рис 6, Рис 7, Рис 8, Рис 9 на с. 18, 19, 20, 21.)

Выражаем значение работы по подъёму грузика за эти

Рис 6

Груз в нейтральном положении

Рис 7

Груз в первом положении

Рис 8

Груз во втором положении

Рис 9

Груз в третьем положении

промежутки времени и проходящий по цепи электродвигателя заряд. Производим записи в третью колонку структурной схемы.

$$\begin{array}{ccc} mgh & 2 mgh & 3 mgh \\ I t & 2 I t & 3 I t \end{array}$$

Поскольку в идеальном случае, когда в электрической цепи нет потерь энергии, работа по подъёму грузика равна работе тока в электрическом двигателе, а произведение  $I t$  равно заряду, прошедшему через электродвигатель, то можно сделать замену величин.

$$\begin{array}{ccc} A & 2A & 3A \\ q & 2q & 3q \end{array}$$

Поделив эти ряды величин друг на друга, получим.

$$\frac{A}{q} \quad \frac{2A}{2q} \quad \frac{3A}{3q}$$

$$\frac{A}{q} = \frac{A}{q} = \frac{A}{q} = Const$$

**Отношение работы электрического тока к заряду есть величина постоянная.**

Что характеризует эта постоянная величина? Характеризует ли она работу тока? Нет. Работа тока менялась, а эта величина оставалась постоянной.

Характеризует ли она прошедший по цепи заряд? Нет. Заряд менялся, а данная величина оставалась постоянной.

Что не менялось в этой электрической цепи? Не менялись свойства источника тока. Он оставался постоянным во всех трёх

случаях. Значит эта величина характеризует свойство источника тока создавать в электродвигателе ток определённого значения. Назовём это свойство напряжением. Обозначим его буквой  $U$ .

$$U = \frac{A}{q}$$

Можно дать следующее определение напряжению.

**Напряжением называется физическая величина, равная отношению работы электрического тока к заряду, создающему этот ток.**

Физический смысл напряжения. **Напряжение показывает, какая работа совершается электрическим током при прохождении заряда в одну единицу.**

Выберем единицу напряжения. **За единицу напряжения принято такое напряжение, при котором при прохождении единицы заряда ток совершает единицу работы.**

Единица напряжения в СИ. **За единицу напряжения в СИ принято такое напряжение, при котором при прохождении по цепи заряда в 1 Кл совершается работа в 1 Дж.**

Получим наименование и обозначение единицы напряжения в СИ.

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

Напряжение является энергетической характеристикой электрической цепи. По напряжению можно судить о значении работы, которая может совершаться в этой цепи при прохождении заряда.

$$A = q U$$

Результаты опытов и расчётов заносим в колонку 2 структурной схемы с. 11.

### 3.4. Сопротивление. 8) Введём понятие **сопротивления проводника**.

Для этого соберём установку, включающую в себя источник тока (ВС-24), демонстрационные амперметр и вольтметр, и резистор, например, на 2 Ома. Можно использовать реостат. Подадим на него некоторое напряжение. Фиксируем значение тока. Затем удваиваем напряжение. При этом значение тока удваивается. При возрастании напряжения значение тока становится втрое больше, и т.д. в зависимости от желания экспериментатора. (Рис 10, Рис. 11, Рис 12, Рис 13 на с. 26, 27, 28, 29). Записываем полученный ряд величин

U	2 U	3 U	
I	2 I	3 I	и т.д.

Делим данные ряды величин друг на друга.

$$\frac{U}{I} \qquad \frac{2U}{2I} \qquad \frac{3U}{3I}$$

После сокращения получаем.:

$$\frac{U}{I} = \frac{U}{I} = \frac{U}{I} = Const$$

Что характеризует данная постоянная величина? Характеризует ли она приложенное напряжение? Нет, так как напряжение менялось, а это отношение оставалось постоянным.

Характеризует ли она значение тока? Тоже нет, т.к. ток менялся, а это отношение оставалось постоянным.

А что в исследуемой цепи не менялось? Не менялся проводник, по которому пропускали ток. Следовательно, данное постоянное число характеризует выбранный нами для эксперимента проводник. **Эту константу, характеризующую свойства проводника, назвали «сопротивление» и обозначили буквой R.**

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

Физический смысл сопротивления в качественном отношении можно определить как **свойство проводника препятствовать прохождению тока.**

В количественном отношении сопротивление показывает, какое напряжение надо приложить к проводнику, чтобы получить ток в одну единицу. В СИ это может звучать так: **Сколько вольт напряжения надо приложить к проводнику, чтобы получить ток в один ампер.** Чем большее напряжение надо приложить для создания тока в 1А, тем большим сопротивлением обладает проводник.

Что принято за единицу сопротивления? **За единицу сопротивления принято такое сопротивление, при котором для создания тока в одну единицу требуется приложить напряжение в одну единицу.**

В международной системе единиц за единицу сопротивление принято **сопротивление такого проводника, к которому для создания тока 1 А требуется приложить напряжение 1 В.**

Получим наименование и обозначение единицы сопротивления в СИ.

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{В}{А} = ом = Ом$$

Таким образом, 1 Ом – это сопротивление такого проводника, в котором течёт ток 1 ампер при напряжении 1 вольт.

Напряжение отсутствует

Рис 10

Напряжение равно  $U$

Рис 11

Напряжение равно  $2U$

Рис 12

Напряжение равно  $3U$

Рис 13

#### 4. Биографические сведения об учёных, именем которых названы единицы изученных величин

##### Ампер Андре Мари (1775 – 1836)



Выдающийся французский учёный, основоположник нового раздела физики – электродинамики. Кроме открытого им закона взаимодействия токов, ему принадлежат термины: «электрическая цепь», «электрический ток», «сила тока», «напряжённость», «гальванометр», «соленоид», «ёмкость» и даже ... «кинематика». Им предложено правило выбора направления тока (по движению положительных зарядов).

По жизни Ампер казался странным человеком: близорукий, рассеянный, доверчивый, мало обращающий внимание на свой внешний вид, прямолинейно говорящий человеку всей, что о нём думает, и в то же время до болезненности скромный. Ампер славился своей рассеянностью. Про него рассказывали, что однажды он с сосредоточенным видом три минуты варил в воде свои часы, держа в руке яйцо, которое намеревался сварить.

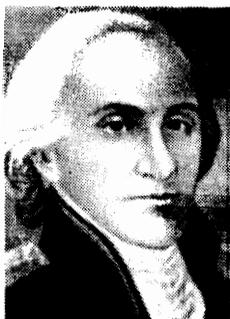
Отца у Ампера казнили в 1793 году в бурное время французской революции. Жена молодого Ампера – он страстно - любил её – умирает от тяжёлой болезни, когда ей не было и тридцати лет. Второй брак превращается в цепь трагикомических и тягостных событий, так как тесть закабаляет Ампера ловко составленным брачным контрактом. Жена издевается над ним и выгоняет его из дома. Ампер – некрасивый, неловкий, невероятно застенчивый, жалуется на несправедливость судьбы, не скрывая слёз. При этом он просил высечь на плите надгробия горькие слова: «Наконец-то счастлив»

Запоздалые почести и слава придут к Амперу уже после его смерти – его назовут «Ньютоном электричества». Пройдут

года, пока ни станет ясным, что смерть Ампера – это национальное несчастье, более того, это потеря не одной Франции.

Прах его покоится в Париже на Монмартрском кладбище, а на надгробном памятнике высечены слова: «Он был так же добр и так же прост, как и велик».

### Шарль Огюстен Кулон (1736-1806)



Французский физик Шарль Кулон родился в городе Ангулеме в семье чиновника. После окончания средней школы он закончил высшую военно-инженерную школу в Мезьере – одном из лучших технических учебных заведений того времени и поступил на военную службу. Затем Кулон в течение ряда лет служил на острове Мартиника, где руководил строительством крупного форта. В 1772 году Кулон вернулся во Францию и был назначен инженером по крепостным и водным сооружениям. Одновременно со службой он проводил научные исследования. Вначале его привлекали проблемы трения, кручения и сопротивления материалов. Первая научная работа Кулона, начатая ещё на Мартинике, была посвящена методам решения задач строительной механики. Она сразу принесла Кулону известность. Кулон был одним из первых учёных, сочетавших высокий уровень научных исследований с упором на практическое приложение. Ярким примером такого сочетания явилась работа Кулона по изучению сухого трения. На основе простых и весьма убедительных опытов Кулон изучил зависимость силы трения покоя и силы трения скольжения от множества факторов (нормального давления, длительности контакта тел, относительной скорости движения тел и т.п.). Особенно важно то, что опыты Кулона были полномасштабными, т.е. проводились с реальными телами в реальной обстановке. Итогом работ Кулона стало подтверждение пропорциональности силы трения скольжения и силы нормального

давления в широком диапазоне нагрузок. Надо заметить, что закон  $F_{\text{тр}} = mN$  был сформулирован ещё Г. Амонтоном в 1669 году, но только Кулон полностью экспериментально обосновал его.

Его имя стало известно в научном мире в 1777 году, когда он опубликовал ряд работ, в которых представил результаты экспериментов по измерению кручения волос, шёлковых и металлических нитей.

За работу по внешнему трению Кулон в 1781 году получил премию Парижской академии наук и был избран её членом. Он переехал в Париж, полностью посвятив себя научной работе.

В 1780 гг. он исследует кручение тонких металлических нитей и на этой основе создаёт необычайно чувствительный прибор – знаменитые крутильные весы. Эти весы стали основным инструментом в цикле работ Кулона по электричеству и магнетизму. В этом цикле из семи мемуаров были установлены важнейшие количественные законы электростатики и магнито-статики.

Попытки экспериментального определения закона «электрической силы» предпринимались с середины XVIII в., но все они до работы Кулона оказались неудачными, поскольку не проводилось различия между силами, действующими между заряженными телами произвольных размеров и форм, и силами, действующими между точечными зарядами (в действительности, достаточно малыми заряженными телами, находящимися на расстоянии, намного превышающими их размеры). Метод измерения этих сил по закручиванию нити в крутильных весах, предложенный Кулоном, позволил измерить не только сами силы, но и установить единицу электрического заряда, что имело особое значение для дальнейшего развития науки об электричестве.

Пользуясь изобретенными им крутильными весами, Кулон детально исследовал взаимодействие одноименных и разноименных точечных электрических зарядов. Эти эксперименты привели к открытию в 1785 году основного закона электростатики – закона Кулона. В своих опубликованных работах 1785-

1789 г. учёный показал, что электрические заряды всегда располагаются на поверхности проводника, ввёл понятие магнитного момента и поляризации зарядов и т.д.

Экспериментальные работы Кулона имели важное значение для создания теории электромагнитных явлений. Его именем названа единица количества электричества (Кулон).

В последние годы жизни Кулон занимался изучением вязкого трения. Он также много занимался вопросами улучшения народного образования во Франции.

### Вольта Алессандро (1745 – 1827)



Итальянский физик, изобретатель первого в мире источника постоянного тока (1800), получившего название «вольтов столб». Идея создания такого источника у Вольта возникла после того, как он обнаружил контактное электричество, действие которого он демонстрировал оригинальным образом. Предлагалось поместить серебряную монету на язык, а медную – под язык. Соединив монеты проводником, можно было ощущать кисловатый вкус, вызванный протекающим через язык током.

Его источник состоял из стопки чередующихся серебряных и цинковых кружков, разделённых картонками, смоченными солёной водой. Получаемое таким образом электричество, по предложению Вольта, было названо гальваническим (в честь Луиджи Гальвани, опыты которого с препарированными лягушками способствовали открытиям Вольта).

Источники тока Вольта получили широкое применение как в научных исследованиях, так и в практических целях. «Вольтовы столбы», соединённые в батареи, позволили длительное время пропускать ток через проводники, в том числе, и жидкости. В результате удалось воду разложить на кислород и

водород, а английский химик Х Дэви таким методом выделил из щёлочи новые химические элементы - калий и натрий. В 1802 году петербургский профессор В.В. Петров собрал батарею из 2100 элементов Вольта, имеющую общую э.д.с. 1700 В, и с её помощью впервые получил электрическую дугу, используемую в дальнейшем для сварки металлов, их резки, а также в осветительных приборах большой яркости.

А. Вольта начал говорить очень поздно. Первое слово он произнёс в 4 года, и это было слово «нет». Именно это слово он сказал, ознакомившись с выводами Гальвани о существовании животного электричества.

Именем Вольта названа единица напряжения – вольт. С этим связан анекдот следующего содержания. Когда Вольта спрашивали: «Какое ваше любимое число?», он неизменно отвечал: «220!».

По иронии судьбы все приборы и личные вещи учёного – виднейшего специалиста в области электричества, сгорели на выставке, посвященной его памяти, в результате пожара, вызванного неисправностью проводки.

### Ом Георг Симон (1787 – 1854)

Знаменитый немецкий физик – экспериментатор, открывший известный закон, который сейчас носит его имя.

Трудно себе представить, что закон Ома, давно вошедший во всём мире в школьный курс, почти двадцать лет не признавался наукой, а имя его создателя оставалось неизвестным. А ведь современники Георга Ома были крупнейшими учёными начала XIX века – Фурье, Ампер, Фарадей, Лаплас. История знает примеры, когда научные открытия гениальных одиночек намного опережали своё время. Такая судьба выпала и на долю Георга Ома. Он открыл закон, ставший основой современной теоретической и практической электротехники, дал научное определение таким



понятиям, как сила тока, ЭДС, напряжение, сопротивление. Эталон сопротивления, предложенный Омом, позволил упорядочить проведение экспериментов. Он первым применил в электротехнике математические методы, благодаря чему стал возможен важный для науки переход от качественных наблюдений к количественным измерениям.

Георг Симон Ом родился 16 марта 1787 года в провинциальном немецком городе Эрлангене. Его отец зарабатывал на жизнь слесарным ремеслом, а всё свободное время отдавал науке, к которой всегда тянулась его душа. Он самостоятельно изучал физику, химию, высшую математику. Жажду к знаниям скромный слесарь сумел привить и своим сыновьям, Георг, ставший профессором физики, и его брат Мартин, профессор математики, считали, что всем доступным в жизни они обязаны отцу, передавшему детям свою настойчивость в работе, целеустремлённость и веру в успех.

В 1805 году Георг Ом поступил на философский факультет Эрлангенского университета, где начал изучать физику, математику и философию. К сожалению, соблазны вольной студенческой жизни не миновали его, и вскоре Георг стал уделять знаниям гораздо меньше времени, чем того хотелось бы отцу. Да и платить за обучение становилось всё тяжелее. Отучившись всего три семестра, Георг оставил университет и уехал в Швейцарию, в небольшой городок в Готтштадт, где ему предложили место учителя математики в частной школе.

Но отец не оставил надежды увидеть своего младшего сына учёным. В письмах к нему он старался убедить Георга, что важно научиться не только преподавать знания другим, но и найти в себе силы продолжить образование, постигнуть нелёгкое искусство учить себя самого.

Наставления отца возымели действие. В 1811 году Георг возвращается в Эрланген и за один год заканчивает университет, защищает диссертацию, получает степень доктора философии. В 1824 году Ом заинтересовался электротехникой. В то время в этой области науки было множество нерешенных проблем – не разработана методика экспериментов, не найдены закономерно-

сти, связывающие основные величины. Да и не было прибора, позволяющего с достаточной точностью проводить измерения. За изготовление такого прибора и взялся Ом. Он сконструировал его на базе крутильных весов Кулона: магнитную стрелку подвесил на проволоке над проводником, расположенным в направлении магнитного меридиана. Чем больший ток протекал по проводнику, тем сильнее отклонялась стрелка. В качестве источника тока Ом использовал элемент Вольта – медную и цинковую пластины, помещённые в раствор соляной кислоты. Открытие своего закона Ому далось непросто, во-первых, из-за несовершенства имеющихся в его распоряжении измерительных приборов, и, во вторых, из-за препятствий, чинимых высокопоставленными чиновниками, курирующих образование Германии.

В 1826 году за публикацию небольшой статьи, в которой выводился ныне всем известный закон, кёльнский школьный учитель Георг Ом был уволен по личному указанию министра просвещения. Высокопоставленный чиновник придерживался убеждения, что внесение математики в классическую физику – недопустимая ересь. Всем инспекторам он приказал бдительно следить за чистотой натурфилософии, и считать в ней главным именно умозрительный подход к явления природы.

Примечательно, что в Германии к министерскому окрику прислушались не только учителя, но и учёные. Георг Ом не был богат и знаменит. Не был он обласкан дружбой и признанием коллег, относившихся к безродному профессору с большим предубеждением практически всю его жизнь. Признание пришло к немецкому учёному из далёкой России. Русские учёные Э.Х. Ленц и Б.С. Якоби уже в 1832 году применили закон Ома в работе о количественном исследовании электромагнитной индукции. В Германию закон Ома вернулся более чем с десятилетним опозданием. Министерство просвещения упорно не пропускало в учебники мысль о том, что познать законы электричества без математики невозможно. Сама работа Ома откровенно высмеивалась за «болезненную фантазию, принижающую математикой достоинства природы».

Обиделся ли учёный на министерство в 1826 году? Отнюдь. Он проработал в немецких школах не один год, преподавал математику и физику, и на собственном опыте убедился, что там царит «беспросветная казёнщина». Согласно его наблюдениям, обскурантизм в школьном преподавании занял место логики на 99%. «Но даже один процент вселяет надежду на продвижение логики вперёд, - говорил он друзьям. – Что ж, подождём!».

Действительно, он на несколько лет отошёл от научной деятельности, занимался самообразованием, но зато потом, когда наступил просвет, выпустил ряд блестящих трудов по электричеству, акустике, кристаллооптике, в которых широко применялись математические формулы. В 1939 году, через 13 лет после изгнания из школы, Ом стал членом-корреспондентом берлинской академии наук.

В 1842 году, через 16 лет после открытия закона, работы Ома были переведены на английский язык и Лондонское королевское общество избрало его своим членом, наградив учёного золотой медалью.

Тем не менее, ещё долгие годы не прекращались попытки опровергнуть закон Ома. Даже в 1852 году французский физик М. Дебре писал, что «закон Ома никак не представляет собой точного выражения фактов». Но большинство учёных всего мира к тому времени уже пользовались в своих работах открытиями Ома.

Вспоминая о трудностях открытия закона Ома и его приближённый характер, физики предлагают в шутку уточнить его формулировку следующим образом: «Если использовать тщательно отобранные и безупречно подготовленные исходные материалы, то при наличии некоторого навыка из них можно сконструировать электрическую цепь, для которой измерения отношения напряжения к силе тока дают значения, которые после введения соответствующих поправок, оказываются равными постоянной величине, называемой сопротивлением».

Почти через три десятилетия после смерти Георг Симон Ом удостоился высшего признания своих научных заслуг: в

1881 году на электрическом конгрессе в Париже его имя было присвоено единице измерения сопротивления. Это было сделано по предложению русского учёного А.Г. Столетова.

## 5. Заключение

1. Руководствуясь данной методикой можно выстроить логику изложения понятий и физических величин ток, заряд, напряжение, сопротивление в соответствии с требованием ГОСТ 8.417 – 81 /СТ СЭВ 1052-78/ «ГСИ. Единицы физических величин» и методическими указаниями по его внедрению и применению РД 50 – 160 -79 [8,9], что позволяет реализовать дидактический **принцип научности**.

2. Применение системно-структурного подхода психодидактики позволяет представить изучаемое содержание в виде структурной схемы и реализовать дидактический **принцип системности** знаний.

3. Применение системно-логического подхода даёт возможность выстроить логику изучения рассматриваемых вопросов как единую тему, сделать их обозримыми и взаимосвязанными, представить их в сжатом виде для изучения на одном уроке, что реализует **принципы доступности и прочности** знаний.

4. Применение системно-логического подхода позволяет выстроить единую систему демонстраций взаимосвязанных электродинамических явлений и удачно реализовать **принцип наглядности обучения**. Все предложенные демонстрации реализуются на имеющемся в любом кабинете физики оборудовании и могут быть выполнены учителем физики в любой школе.

**Библиографический список**

1. ГОСТ 16 263 – 70. Метрология. Термины и определения.
2. ГОСТ 8.417 – 81 /СТ СЭВ 1052-78/ «ГСИ. Единицы физических величин».
3. Голубь П.Д. Физики от А до Я. Биографический справочник. – Барнаул: Из-во БГПУ, 2002. – 141 с.
4. Громов С.В., Родина Н.А. Физика 9. – М.: Просвещение, 2002. – 160 с.
5. Крутский А.Н. Использование государственных стандартов в процессе изучения физических величин в средней школе. – Барнаул, 1984. – 40 с.
6. Крутский А.Н.. Психодидактика. Часть 4. Системно-функциональный подход к усвоению знаний. – Барнаул: Из-во БГПУ, 1995. – 143 с.
7. Методические указания. Внедрение и применение СТ СЭВ 1052 – 78. «Метрология. Единицы физических величин». РД 50 – 160 -79. – М.: Издательство стандартов, 1979.
8. О физических величинах //Физика в школе. – 1983. – №2.– С.60-73.
9. Стоцкий Л.Р. Применение единиц физических величин в школе //Физика в школе. – 1979.– №6.– С. 67-69.
10. Физика. 7-9 классы. Авторы программы С.В. Громов, Н.А. Родина //Программы для общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия. – М.: Дрофа, 2002. – С. 37-43.
11. Физика. 7-9 классы. Авторы программы Е.М. Гутник, А.В. Пёрышкин //Программы для общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия. – М.: Дрофа, 2002.– С. 44-51.
12. Физика. Для общеобразовательных учреждений. 10-11 классы. Автор программы В.А. Касьянов //Программы для общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия. – М.: Дрофа, 2002. – С.102-114.
13. Чертов А.Г. Международная система единиц измерений. – М.: Высшая школа, 1967. – 288 с.

## Оглавление

1. Проблема изучения темы ток, заряд, напряжение, сопротивление в средней школе.....	3
2. Изменения в логике развития понятий «ток и заряд» с переходом на новый Государственный стандарт .....	6
3. Методика изучения темы ток, заряд, напряжение, сопротивление в основной и средней школе .....	9
3.1. Ток. Сила тока .....	10
3.2. Заряд .....	17
3.3. Напряжение .....	17
3.4. Сопротивление .....	24
4. Биографические сведения об учёных, именем которых названы единицы изученных величин.....	30
4.1. Ампер Андре Мари .....	30
4.2. Кулон Шарль Огюстен .....	31
4.3. Вольта Алессандро .....	33
4.4. Ом Георг Симон .....	34
5. Заключение.....	38
Библиографический список .....	39

**Крутский Александр Николаевич**

Ток, заряд, напряжение, сопротивление в курсе физики  
основной и полной средней школы.

Учебно–методическое пособие.

Подписано в печать 24. 01. 05

Объём 2,6 усл. печ. л. Печать оперативная.

Тираж 200 экземпляров. Заказ 10.

Цена договорная.

Отпечатано в типографии УД администрации

Алтайского края.

656099, Барнаул, ул. Папанинцев,106.