

11,13,14 группа Физика

Тема: Электрический ток. Закон Ома.

1. Посмотрите учебное видео.

<https://youtu.be/txKaOPs9PCs>

2. Напишите конспект учебного материала: **Внимание! Обязательно пишите название параграфа!**

Глава 15 ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электрический ток — направленное движение заряженных частиц. Благодаря электрическому току освещаются квартиры, приводятся в движение станки и т. п.

Рассмотрим наиболее простой случай направленного движения заряженных частиц — постоянный ток.

§ 102 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. СИЛА ТОКА

При движении заряженных частиц в проводнике происходит перенос электрического заряда с одного места в другое. Однако если заряженные частицы совершают беспорядочное тепловое движение, как, например, *свободные электроны в металле*, то переноса заряда не происходит (рис. 15.1, а). Поперечное сечение проводника в среднем пересекает одинаковое число электронов в двух противоположных направлениях. Электрический заряд перемещается через поперечное сечение проводника лишь в том случае, если наряду с беспорядочным движением электроны участвуют в направленном движении (рис. 15.1, б). В этом случае говорят, что в проводнике устанавливается *электрический ток*.

Электрическим током называют упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.

Электрический ток возникает при упорядоченном перемещении свободных электронов или ионов.

Если перемещать нейтральное в целом тело, то, несмотря на упорядоченное движение огромного числа электронов и атомных ядер, электрический ток не возникнет. Полный заряд, переносимый через любое сечение, будет при этом равным нулю, так как заряды разных знаков перемещаются с одинаковой средней скоростью.

Электрический ток имеет определенное направление. *За направление тока принимают направление движения положительно заряженных частиц*. Отсюда следует, что направление тока совпадает с направлением вектора напряженности электрического поля.

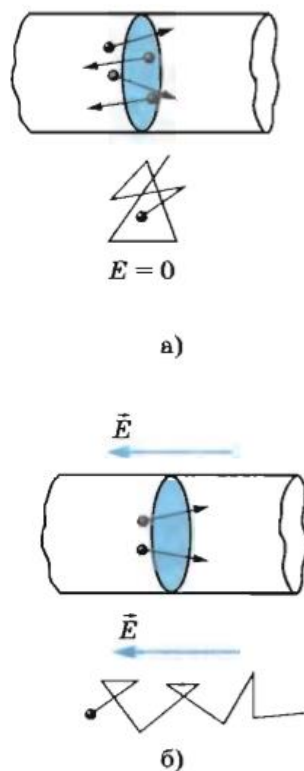


Рис. 15.1

Если ток образован движением отрицательно заряженных частиц, то направление тока считают противоположным направлению движения частиц. (Такой выбор направления тока не очень удачен, так как в большинстве случаев ток представляет собой упорядоченное движение электронов — отрицательно заряженных частиц. Выбор направления тока был сделан в то время, когда о свободных электронах в металлах еще ничего не знали.)

Действие тока. Движение частиц в проводнике мы непосредственно не видим. О наличии электрического тока приходится судить по тем действиям или явлениям, которые его сопровождают.

Во-первых, проводник, по которому течет ток, нагревается.

Во-вторых, электрический ток может изменять химический состав проводника, например выделять его химические составные части (медь из раствора медного купороса и т. д.).

В-третьих, ток оказывает силовое воздействие на соседние токи и намагниченные тела. Это действие тока называется **магнитным**. Так, магнитная стрелка вблизи проводника с током поворачивается. Магнитное действие тока в отличие от химического и теплового является основным, так как проявляется у всех без исключения проводников. Химическое действие тока наблюдается лишь у растворов и расплавов электролитов, а нагревание отсутствует у сверхпроводников.

Сила тока. Если в цепи устанавливается электрический ток, то это означает, что через поперечное сечение проводника все время переносится электрический заряд. Заряд, перенесенный в единицу времени, служит основной количественной характеристикой тока, называемой **силой тока**. Если через поперечное сечение проводника за время Δt переносится заряд Δq , то среднее значение силы тока равно:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (15.1)$$

Таким образом, средняя сила тока равна отношению заряда Δq , прошедшего через поперечное сечение проводника за промежуток времени Δt , к этому промежутку времени. Если сила тока со временем не меняется, то ток называют **постоянным**.

Сила тока в данный момент времени определяется также по формуле (15.1), но промежуток времени Δt в таком случае должен быть очень мал.

Если ток переменный, то сила тока, подобно заряду, — величина переменная. Она может быть как *положитель-*

ной, так и отрицательной. Знак силы тока зависит от того, какое из направлений вдоль проводника принять за положительное. Сила тока $I > 0$, если направление тока совпадает с условно выбранным положительным направлением вдоль проводника. В противном случае $I < 0$. (Термин *сила тока* нельзя считать удачным, так как понятие *сила*, применяемое к току, не имеет никакого отношения к понятию *сила* в механике. Но термин *сила тока* был введен давно и утвердился в науке.)

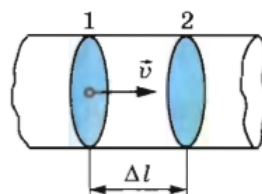


Рис. 15.2

Связь силы тока со скоростью направленного движения частиц. Пусть цилиндрический проводник (рис. 15.2) имеет поперечное сечение площадью S . За положительное направление в проводнике примем направление слева направо. Заряд каждой частицы будем считать равным q_0 . В объеме проводника, ограниченном поперечными сечениями 1 и 2 с расстоянием Δl между ними, содержится $nS\Delta l$ частиц, где n — концентрация частиц (носителей тока). Их общий заряд в выбранном объеме $q = q_0 nS\Delta l$. Если частицы движутся слева направо со средней скоростью $\vec{v}$, то за время $\Delta t = \frac{\Delta l}{v}$ все частицы, заключенные в рассматриваемом объеме, пройдут через поперечное сечение 2. Поэтому сила тока равна:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q_0 nS\Delta l v}{\Delta l} = q_0 n v S. \quad (15.2)$$

В СИ единицей силы тока является *ампер* (А). Эту единицу устанавливают на основе магнитного взаимодействия токов.

Измеряют силу тока *амперметрами*. Принцип устройства этих приборов основан на магнитном действии тока.

Скорость упорядоченного движения электронов в проводнике. Найдем скорость упорядоченного перемещения электронов в металлическом проводнике. Согласно формуле (15.2) $v = \frac{I}{enS}$, где e — модуль заряда электрона. Пусть, например, сила тока $I = 1$ А, а площадь поперечного сечения проводника $S = 10^{-6}$ м². Модуль заряда электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Число электронов в 1 м³ меди равно числу атомов в этом объеме, так как один из валентных электронов каждого атома меди коллективизирован и является свободным. Это число есть $n = 8,5 \cdot 10^{28}$ м⁻³ (см. задачу 6 упражнения 11). Следовательно,

$$v = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,5 \cdot 10^{28} \cdot 10^{-6}} \text{ м/с} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}.$$

Как видите, скорость упорядоченного перемещения электронов очень мала.

Основная количественная характеристика электрического тока — сила тока. Она определяется электрическим зарядом, переносимым через поперечное сечение проводника за единицу времени. Скорость заряженных частиц (электронов) в проводнике очень мала — около 0,1 мм/с.

Для возникновения и существования постоянного электрического тока в веществе необходимо, во-первых, **наличие свободных заряженных частиц**. Если положительные и отрицательные заряды связаны друг с другом в атомах или молекулах, то их перемещение не приведет к появлению электрического тока. Но наличия свободных зарядов еще недостаточно для возникновения тока.

Для создания и поддержания упорядоченного движения заряженных частиц необходима, во-вторых, **сила**, действующая на них в определенном направлении. Если эта сила перестанет действовать, то упорядоченное движение заряженных частиц прекратится из-за электрического сопротивления, оказываемого их движению ионами кристаллической решетки металлов или нейтральными молекулами электролитов.

На заряженные частицы, как мы знаем, действует электрическое поле с силой

$$\vec{F} = q\vec{E}.$$

Обычно именно электрическое поле внутри проводника служит причиной, вызывающей и поддерживающей упорядоченное движение заряженных частиц. Только в статическом случае, когда заряды покоятся, электрическое поле внутри проводника равно нулю.

Если внутри проводника имеется электрическое поле, то между концами проводника, в соответствии с формулой (14.21), существует разность потенциалов. Когда разность потенциалов не меняется во времени, в проводнике устанавливается *постоянный электрический ток*. Вдоль проводника потенциал уменьшается от максимального значения на одном конце проводника до минимального на дру-

гом, так как положительный заряд под действием сил поля перемещается в сторону убывания потенциала.

Электрический ток, как известно, может быть получен только в таком веществе, в котором имеются свободные заряженные частицы. Чтобы эти частицы пришли в упорядоченное движение, нужно создать в проводнике электрическое поле.

Ранее вы изучали закон Ома. Этот закон прост, однако столь важен, что его необходимо повторить.

Вольт-амперная характеристика. В предыдущем параграфе было установлено, что для существования тока в проводнике необходимо создать разность потенциалов на его концах. Сила тока в проводнике определяется этой разностью потенциалов. Чем больше разность потенциалов, тем больше напряженность электрического поля в проводнике и, следовательно, тем большую скорость направленного движения приобретают заряженные частицы. Согласно формуле (15.2) это означает увеличение силы тока.

Для каждого проводника — твердого, жидкого и газообразного — существует определенная зависимость силы тока от приложенной разности потенциалов на концах проводника. Эту зависимость выражает так называемая **вольт-амперная характеристика** проводника. Ее находят, измеряя силу тока в проводнике при различных значениях напряжения. Знание вольт-амперной характеристики играет большую роль при изучении электрического тока.

Закон Ома. Наиболее простой вид имеет вольт-амперная характеристика металлических проводников и растворов

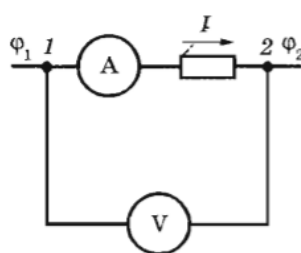


Рис. 15.3

электролитов. Впервые (для металлов) ее установил немецкий ученый Георг Ом, поэтому зависимость силы тока от напряжения носит название *закона Ома*.

На участке цепи, изображенной на рисунке 15.3, ток направлен от точки 1 к точке 2. Разность потенциалов (напряжение) на концах проводника равна $U = \phi_1 - \phi_2$.

Так как ток направлен слева направо, то напряженность электрического поля направлена в ту же сторону и $\phi_1 > \phi_2$.

Закон Ома для участка цепи:

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна приложенному к нему напряжению U и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка R :

$$I = \frac{U}{R}. \quad (15.3)$$

Закон Ома имеет очень простую форму, но доказать экспериментально его справедливость довольно трудно. Дело в том, что разность потенциалов на участке металлического проводника даже при большой силе тока мала, так как мало сопротивление проводника.

Обычный электромметр непригоден для измерения столь малых напряжений: его чувствительность слишком мала. Нужен несравненно более чувствительный прибор. Вот тогда, измеряя силу тока амперметром, а напряжение чувствительным электрометром, можно убедиться в том, что сила тока прямо пропорциональна напряжению.

Применение обычных приборов для измерения напряжения — вольтметров — основано на использовании закона Ома. Принцип устройства вольтметра такой же, как у амперметра. Угол поворота стрелки прибора пропорционален силе тока. Сила тока, проходящего по вольтметру, определяется напряжением между точками цепи, к которой он подключен. Поэтому, зная сопротивление вольтметра, можно по силе тока определить напряжение. На практике прибор градуируют так, чтобы он сразу показывал напряжение в вольтах.

Сопротивление. Основная электрическая характеристика проводника — *сопротивление*. От этой величины зависит сила тока в проводнике при заданном напряжении. **Сопротивление проводника** представляет собой как бы меру противодействия проводника направленному движению электрических зарядов. С помощью закона Ома (15.3) можно определить сопротивление проводника:

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

Для этого нужно измерить напряжение на концах проводника и силу тока через него.

Сопротивление зависит от материала проводника и его геометрических размеров. Сопротивление проводника длиной l с постоянной площадью поперечного сечения S равно:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (15.4)$$

где ρ — величина, зависящая от рода вещества и его состояния (от температуры в первую очередь). Величину ρ называют **удельным сопротивлением** проводника. *Удельное сопротивление материала численно равно сопротивлению проводника из этого материала длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м².*

Единицу сопротивления проводника устанавливают на основе закона Ома и называют ее **омом**. *Проводник имеет сопротивление 1 Ом, если при разности потенциалов 1 В сила тока в нем 1 А.*

Единицей удельного сопротивления является 1 Ом · м. Удельное сопротивление металлов мало. А вот диэлектрики обладают очень большим удельным сопротивлением. В справочных таблицах приводятся значения удельного сопротивления некоторых веществ.

Значение закона Ома. Закон Ома для участка цепи определяет силу тока на участке электрической цепи при заданном напряжении между его концами и известном сопротивлении. Он позволяет рассчитать тепловые, химические и магнитные действия тока, так как они зависят от силы тока. Из закона Ома вытекает, что замыкать обычную осветительную сеть проводником малого сопротивления опасно. Сила тока может оказаться настолько большой, что это может иметь тяжелые последствия.

Закон Ома — основа всей электротехники постоянных токов. Формулу $I = \frac{U}{R}$ надо хорошо понять и твердо запомнить.

Источник : Интернет-ресурсы.

Материалы направлять по адресу : nadezda_boldova@mail.ru