

## Закон Ома

Темы кодификатора ЕГЭ: закон Ома для участка цепи, электрическое сопротивление.

Рассмотрим некоторый элемент электрической цепи постоянного тока. Это может быть что угодно: металлический проводник, раствор электролита, лампочка накаливания, газоразрядная трубка. . .

Будем менять напряжение  $U$ , поданное на наш элемент, и измерять силу тока  $I$ , протекающего через него. Получим функциональную зависимость  $I = I(U)$ . Эта зависимость называется *вольт-амперной характеристикой* элемента и является наиважнейшим показателем его электрических свойств.

Вольт-амперные характеристики различных элементов цепи могут выглядеть по-разному. Очень простой вид имеет вольт-амперная характеристика металлического проводника. Эту зависимость экспериментально установил Георг Ом.

### Закон Ома для участка цепи

Оказалось, что сила тока в металлическом проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах:  $I \sim U$ . Коэффициент пропорциональности принято записывать в виде  $1/R$ :

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

Величина  $R$  называется *сопротивлением* проводника. Измеряется сопротивление в *омах* (Ом). Как видим, Ом=В/А.

Дадим словесную формулировку закона Ома.

**Закон Ома для участка цепи.** *Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на этом участке и обратно пропорциональна сопротивлению участка.*

Закон Ома оказался справедливым не только для металлов, но и для растворов электролитов.

Сформулированный закон имеет место для так называемого *однородного* участка цепи — участка, не содержащего источников тока. Закон Ома для неоднородного участка (на котором имеется источник тока) мы обсудим позже.

Вольт-амперная характеристика (1) является линейной функцией. Её графиком служит прямая линия (рис. 1).

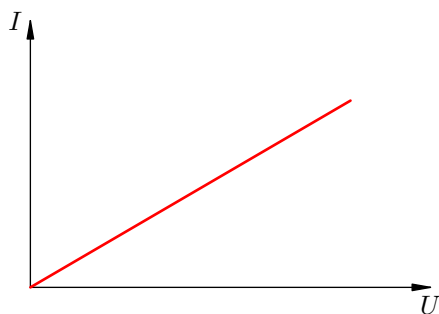


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика металлического проводника

По этой причине металлические проводники (и электролиты) называются *линейными элементами*. А вот газоразрядная трубка, например, является нелинейным элементом — её вольт-амперная характеристика уже не будет линейной функцией. Но об этом мы поговорим позднее.

## Электрическое сопротивление

А сейчас давайте подумаем вот о чём. Пусть к концам проводника приложено постоянное напряжение  $U$ . Тогда на свободные заряды проводника действует сила со стороны стационарного электрического поля. Раз есть сила — значит, эти заряды должны двигаться с ускорением; скорость их направленного движения будет увеличиваться, а вместе с ней будет возрастать и сила тока. Но закон Ома гласит, что сила тока будет постоянной. Как же так?

Дело в том, что сила со стороны стационарного поля — не единственная сила, действующая на свободные заряды проводника.

Например, свободные электроны металла, совершая направленное движение, сталкиваются с ионами кристаллической решётки. Возникает своего рода сила сопротивления, действующая со стороны проводника на свободные заряды. Эта сила уравнивает электрическую силу, с которой на свободные заряды действует стационарное поле. В результате скорость направленного движения заряженных частиц не меняется по модулю<sup>1</sup>; вместе с ней остаётся постоянной и сила тока.

Так что величина  $R$  названа сопротивлением не случайно. Она и в самом деле показывает, в какой степени проводник «сопротивляется» прохождению тока.

## Удельное сопротивление

Возьмём два проводника из одинакового материала с равными поперечными сечениями; пусть отличаются только их длины. Ясно, что сопротивление будет больше у того проводника, у которого больше длина. В самом деле, при большей длине проводника свободным зарядам труднее пройти сквозь него: каждый свободный электрон встретит на своём пути больше ионов кристаллической решётки. Аналогия такая: чем длиннее заполненная машинами улица, тем труднее будет через неё проехать.

Пусть теперь проводники отличаются только площадью поперечного сечения. Ясно, что чем больше площадь, тем меньше сопротивление проводника. Снова аналогия: чем шире шоссе, тем больше его пропускная способность, т. е. тем меньше его «сопротивление» движению машин.

Опыт подтверждает эти соображения и показывает, что сопротивление проводника прямо пропорционально его длине  $l$  и обратно пропорционально площади поперечного сечения  $S$ :

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (2)$$

Коэффициент пропорциональности  $\rho$  уже не зависит от геометрии проводника; он является характеристикой вещества проводника и называется *удельным сопротивлением* данного вещества. Величины удельных сопротивлений различных веществ можно найти в соответствующей таблице.

В каких единицах измеряется удельное сопротивление? Давайте выразим его из формулы (2):

$$\rho = \frac{RS}{l}.$$

---

<sup>1</sup>Точнее говоря, свободные электроны всё же двигаются равноускоренно, но только в промежутках между соударениями с ионами кристаллической решётки. В среднем же оказывается, что электроны перемещаются с постоянной скоростью.

Получим:

$$[\rho] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{м}} = \text{Ом} \cdot \text{м}.$$

Однако такая «теоретическая» единица измерения не всегда удобна. Она вынуждает при расчётах переводить площадь поперечного сечения в квадратные метры, тогда как на практике чаще всего речь идёт о квадратных миллиметрах (для проводов, например). На такой случай предусмотрена «практическая» единица:

$$\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

В таблице задачника Рымкевича удельное сопротивление даётся как в «теоретических» единицах, так и в «практических».