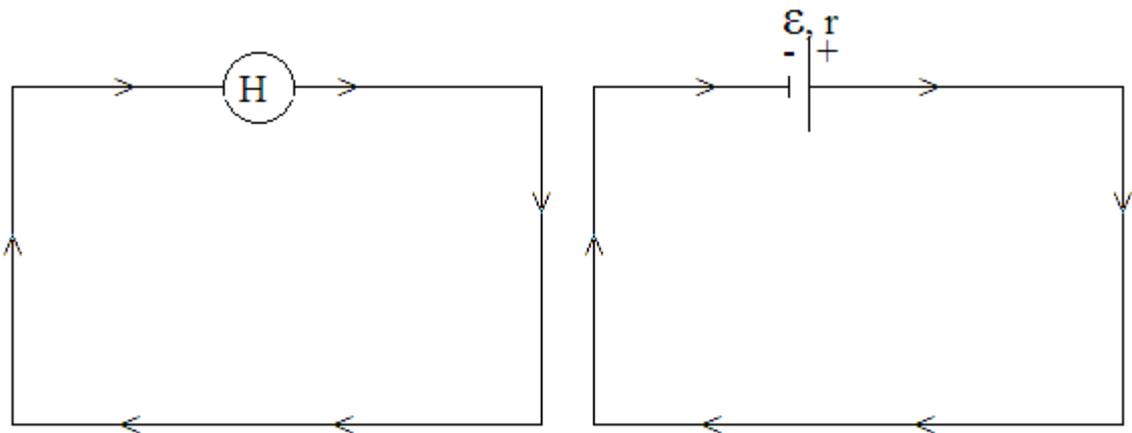


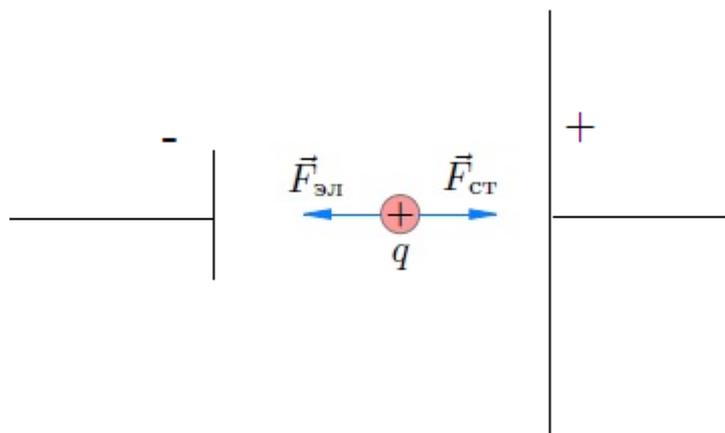
## ЭДС и сторонние силы. Полная цепь.

Постоянный ток может существовать только в замкнутой цепи. Для того, чтобы в цепи существовал ток, необходим источник тока, который способен создавать и поддерживать разности потенциалов на участках цепи.

За техническое направление тока принято движение положительного заряда от положительного полюса источника «плюса» к «минусу» - отрицательному полюсу источника тока. Но что же происходит дальше? Когда положительный заряд достиг отрицательного полюса? Внутри источника на заряд действуют сторонние силы, которые проносят положительный заряд через источник и выталкивают его во внешнюю цепь с положительного полюса. Природа сторонних сил различна: в батарейках (гальванических элементах) они возникают в результате химических реакций. В генераторах сторонние силы возникают при движении проводников в магнитном поле. Источник тока играет ту же роль, что и насос для перекачки жидкости в замкнутом контуре. Для того, чтобы жидкость текла по трубе, к ней постоянно необходимо прикладывать внешнюю силу для преодоления сил вязкости.

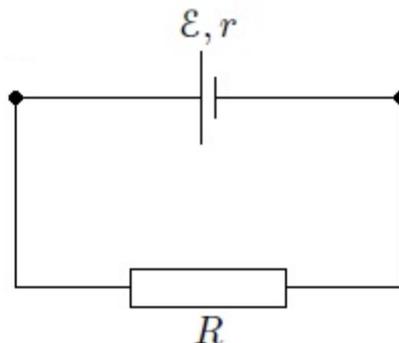


Так же и здесь: сторонние силы помогают положительному заряду преодолеть притяжение к отрицательному полюсу и пройти через положительный полюс, от которого он отталкивается электростатическими силами.



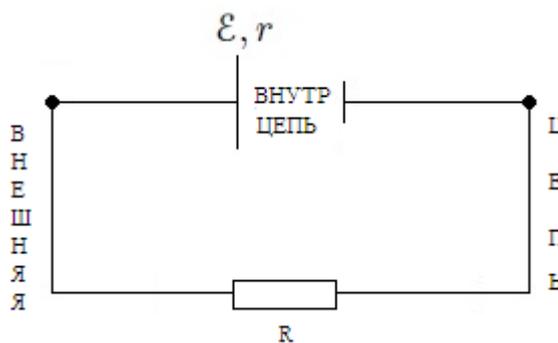
При таком перемещении положительного заряда сторонние силы совершают работу. Физическая величина, равная отношению работы сторонних сил по перемещению положительного заряда от положительного полюса к отрицательному к величине переносимого заряда, называется

электродвижущей силой источника тока. Каждый источник тока характеризуется своей ЭДС, которая измеряется в вольтах, и своим  $r$  – внутренним сопротивлением. Внутреннее сопротивление – электрическое сопротивление источника: из-за него происходит нагрев источника и падение напряжения на нем.



Рассмотрим такую ситуацию: пусть дана полная цепь, содержащая полезную нагрузку (резистор) и источник тока, у которого есть ЭДС и внутреннее сопротивление. Выведем закон Ома для полной цепи.

Полная замкнутая цепь представляет собой электрическую цепь, в состав которой входят внешние сопротивления и источник тока. Полную цепь можно поделить на внешний участок цепи и внутренний участок цепи. Внутренняя цепь – участок, где действуют сторонние силы. (Сторонние силы действуют только в источнике тока!) Все остальное – внешняя цепь.



Если же раньше мы рассматривали участок цепи, и применяли к нему закон Ома для участка цепи ( $U = IR$  для резистора на схеме), то для того, чтобы рассмотреть полную цепь, необходим закон Ома для полной цепи.

$$\mathcal{E} = I(R+r) = IR + Ir = U + Ir = U_R + U_{\text{пад}}$$

$Ir$  называют падением напряжения на источнике. И тогда напряжение во внешней цепи (у нас внешняя цепь состоит из одного резистора) будет равна разности ЭДС и падения напряжения на источнике.

Откуда взялось это уравнение?

По закону сохранения энергии, в результате прохождения тока в замкнутой цепи происходит нагревание проводников.

1) Тогда полная работа электрического тока в замкнутой цепи, равная работе сторонних сил, равна количеству теплоты, выделившейся на источнике и на внешней цепи.

$$A = A_{\text{ст}} = Q_{\text{полн}} ; \quad A_{\text{ст}} = q\varepsilon \quad \Rightarrow \quad q\varepsilon = Q_{\text{полн}}$$

$$Q_1 = I^2 R t \text{ - тепло на внешней цепи (закон Джоуля-Ленца)}$$

$$Q_2 = I^2 r t \text{ - тепло на источнике (закон Джоуля-Ленца)}$$

$$Q_{\text{полн}} = Q_1 + Q_2 = I^2 R t + I^2 r t = I^2 (R+r)t$$

$$\text{Так как } q\varepsilon = Q_{\text{полн}}, \text{ то } q\varepsilon = I^2 (R+r)t$$

По определению заряда  $q = It$ .

$It \varepsilon = I^2 (R+r)t$  поделим на  $I, t$  и получим

$$\boldsymbol{\varepsilon = I(R+r)}$$

*Сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе источника тока и обратно пропорциональна сумме электрических сопротивлений внешнего и внутреннего участка цепи.*