



§ 26.

Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля — Ленца

Вспомним, что работу совершают силы. Поэтому приведенные в названии параграфа словосочетания «работа тока», «мощность тока» не совсем верны. Правильнее говорить о *работе электрических сил*, движущих заряд в проводнике и создающих в нем таким образом электрический ток. Как определить эту работу?

Мы знаем (см. § 18), что значение этой работы пропорционально перенесенному заряду q и напряжению U между начальной и конечной точками:

$$A = qU,$$

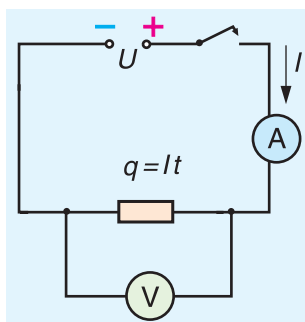


Рис. 162

где U — это напряжение на рассматриваемом резисторе (электродвигателе и т. д.). Его мы можем измерить вольтметром. Перенесенный заряд q можно найти, измерив силу тока I (рис. 162) и время t . Действительно, из формулы силы тока $I = \frac{q}{t}$ следует $q = It$. Таким образом, работа тока на участке цепи

$$A = IUt. \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что если напряжение выразить в вольтах, силу тока — в амперах, время — в секундах, а работу — в джоулях, то $1 \text{ Дж} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ с}$.

Вы уже знаете, что быстроту совершения работы характеризует мощность $P = \frac{A}{t}$. Тогда мощность тока

$$P = IU. \quad (2)$$

Из формулы (2) мощность $1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В}$.

Если энергия источника тока превращается только во внутреннюю энергию (идет на нагревание проводника), то, используя закон Ома, работу тока и мощность можно записать по-другому. Так как напряжение $U = IR$, то $A = IIRt$, или

$$A = I^2Rt, \quad (3)$$

а мощность

$$P = I^2 R. \quad (4)$$

Формулы (3) и (4) удобно использовать для цепей с последовательным соединением проводников, так как сила тока в проводниках одинаковая. Для параллельно соединенных проводников работу и мощность удобнее выражать через одинаковое для них напряжение, исключив силу тока. Сила тока $I = \frac{U}{R}$, тогда $A = \frac{U}{R} U t$, или

$$A = \frac{U^2 t}{R}, \quad (5)$$

а мощность

$$P = \frac{U^2}{R}. \quad (6)$$

Английский ученый Дж. П. Джоуль и русский ученый Э. Х. Ленц еще в первой половине XIX в. независимо друг от друга провели опыт, который схематически изображен на рисунке 163. Полученные ими результаты позволили установить формулу для расчета количества теплоты, выделяющегося в проводнике при прохождении по нему тока. Пропуская ток различной силы через проводники разного сопротивления и измеряя количество выделившейся теплоты, они пришли к зависимости

$$Q = I^2 R t. \quad (7)$$

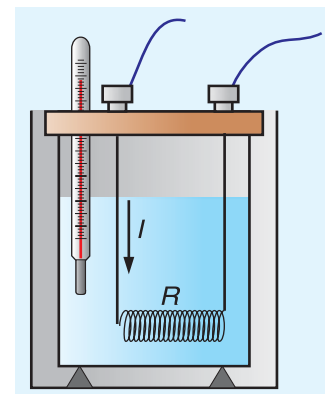


Рис. 163

Это выражение называют **законом Джоуля — Ленца**.

Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока.

Для больших значений произведенной током работы широко используют внесистемную единицу **киловатт-час (1 кВт · ч)**. Она вводится из связи мощности и работы:

$$A = Pt \quad (1 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}).$$

Предлагаем самостоятельно дать определение этой единице.

Ее перевод в единицы СИ: $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3\,600\,000 \text{ Дж}$, или $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ кДж}$. Именно в киловатт-часах мы определяем по счетчику и оплачиваем расход электроэнергии.

■ Главные выводы

1. Работу электрических сил в проводнике называют работой электрического тока.
2. Работа электрического тока на участке цепи зависит от величины перенесенного заряда и напряжения на этом участке.
3. Количество выделяемой в проводнике теплоты пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока.
4. Для простоты расчетов в быту расход электроэнергии выражают в киловатт-часах: $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ кДж}$.

? Контрольные вопросы

1. Что называют работой электрического тока?
2. Почему вместо формулы $A = qU$ чаще используют формулу $A = IUt$?
3. Как был установлен закон Джоуля — Ленца? Как он читается?
4. При каких условиях применяется формула работы тока $A = I^2Rt$?



Пример решения задачи

С помощью электронагревателя сопротивлением $R = 81 \text{ Ом}$ воду объемом $V = 2,0 \text{ л}$ нагревают от температуры $t_1 = 20^\circ \text{C}$ до температуры $t_2 = 100^\circ \text{C}$ за время $\tau = 20 \text{ мин}$. Определите КПД нагревателя, если напряжение в сети $U = 220 \text{ В}$.

Дано:

$$R = 81 \text{ Ом}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$V = 2,0 \text{ л} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ \text{C}$$

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\tau = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$$

$$\eta — ?$$

Решение

$$\text{По определению } \eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сов}}} \cdot 100 \, \%.$$

Полезная работа равна увеличению внутренней энергии воды, т. е. количеству полученной ею теплоты:

$$A_{\text{пол}} = Q = cm(t_2 - t_1).$$

Массу воды выразим через ее плотность и объем $m = \rho V$, тогда $A_{\text{пол}} = c\rho V(t_2 - t_1)$. Совершенная током работа

$$A_{\text{сов}} = \frac{U^2 \tau}{R}.$$