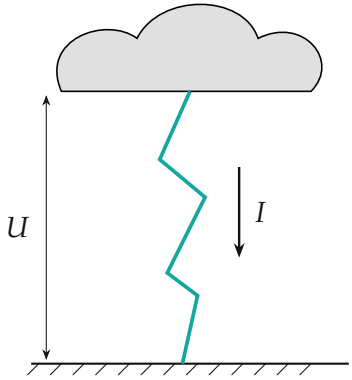
Энергия молнии

Задача 5. [ИОШ 2025/26, отборочный этап, 9 класс, задача 5] Ток в канале молнии течёт со средней силой $I = 5 \cdot 10^4$ А под напряжением $U = 2 \cdot 10^8$ В. Продолжительность разряда молнии составляет $\tau = 2 \cdot 10^{-3}$ с. На какое время хватило бы энергии такой молнии для электроснабжения дома при средней мощности энергопотребления $P = 2$ кВт? Какова «цена» энергии молнии при тарифе на электроэнергию $q = 5$ руб/(кВт·ч)?



Поясняющий рисунок: канал молнии между облаком и землёй, напряжение U, ток I в течение времени τ.

▲ **Решение. Что происходит.** Молния — короткий, но очень мощный электрический разряд. Энергию, которую электрическое поле отдаёт за время разряда, найдём как мощность тока UI, умноженную на время τ. Дом потребляет энергию медленно, с малой мощностью P; та же энергия при малой мощности расходуется долго. Задача на работу тока и перевод джоулей в киловатт-часы.

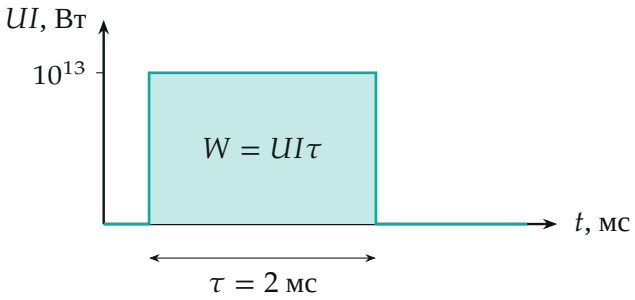
Обозначения. W — энергия разряда, T — время, на которое её хватило бы дому, n — «цена» энергии. Считаем I и U постоянными, равными средним значениям, и что вся энергия разряда пошла бы потребителю без потерь.

1. Энергия разряда. Мощность тока на участке с напряжением U равна UI (работа поля над зарядом q равна qU, за единицу времени про-

ходит заряд I). За время τ

$$W = UI\tau = 2 \cdot 10^8 \text{ В} \cdot 5 \cdot 10^4 \text{ А} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Дж}.$$

Мощность разряда $UI = 10^{13}$ Вт огромна, но длится разряд всего две тысячных секунды.

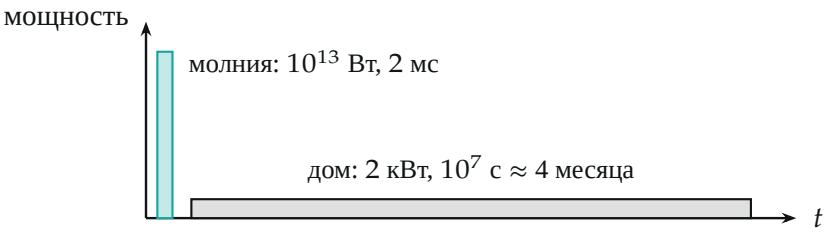


Мощность разряда во времени (средние значения). Энергия — площадь под графиком.

2. Время работы дома. Дом расходует энергию с мощностью P, поэтому той же энергии хватит на время

$$T = \frac{W}{P} = \frac{UI\tau}{P} = \frac{2 \cdot 10^{10} \text{ Дж}}{2 \cdot 10^3 \text{ Вт}} = 10^7 \text{ с}.$$

Переведём в привычные единицы: в сутках 86 400 с, поэтому $T \approx 116$ суток, около 4 месяцев.



Одна и та же энергия W (площади равны, масштаб условный): очень высокий узкий импульс молнии и низкий длинный график потребления дома.

3. Цена энергии. Тариф задан в рублях за киловатт-час, поэтому переведём энергию: $1\ \text{кВт}\cdot\text{ч} = 10^3\ \text{Вт}\cdot 3600\ \text{с} = 3{,}6\cdot 10^6\ \text{Дж}$, и

$$W = \frac{2\cdot 10^{10}}{3{,}6\cdot 10^6}\ \text{кВт}\cdot\text{ч} \approx 5{,}56\cdot 10^3\ \text{кВт}\cdot\text{ч}.$$

Цена

$$n = qW = \frac{q\,UI\tau}{3{,}6\cdot 10^6\ \text{Дж}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})} \approx 5\cdot 5556\ \text{руб} \approx 2{,}8\cdot 10^4\ \text{руб}.$$



Цепочка перевода: джоули → киловатт-часы → рубли.

Обратите внимание: энергия молнии огромна только по мощности; по количеству энергии это примерно четыре месяца потребления одного дома, тысячи киловатт-часов. К тому же разряд длится миллисекунды, и запасти его энергию технически очень трудно.

Проверка. Размерность: $\text{В}\cdot\text{А}\cdot\text{с} = \text{Дж}$, $\text{Дж}/\text{Вт} = \text{с}$. Второй способ для цены: дом за месяц ($2{,}6\cdot 10^6$ с) расходует $2\ \text{кВт}\cdot 720\ \text{ч} = 1440\ \text{кВт}\cdot\text{ч}$, то есть 7200 руб; за 3,86 месяца — около 27 800 руб. Совпадает.

Смысл: молния — это гигантская мощность, но небольшая энергия: её «цена» — несколько десятков тысяч рублей.

Ответ. 1) $T = \dfrac{UI\tau}{P} = 10^7$ с $\approx$ 116 суток $\approx$ 4 месяца; 2) $n = \dfrac{qUI\tau}{3{,}6\cdot 10^6\ \text{Дж}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})} \approx 2{,}8\cdot 10^4$ руб.