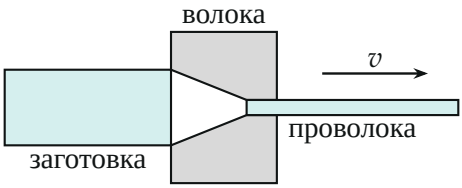
Вытягивание медной проволоки

Задача 3. [Росатом 2025/26, отборочный этап, 7 класс, задача 3] «Вытягивание медной проволоки».

Из цельной заготовки меди с помощью вытягивания изготавливают проволоку круглого сечения. В течение суток израсходовано $m = 3600$ кг меди. Скорость вытягивания проволоки равна $v = 1$ м/с. Найдите площадь поперечного сечения проволоки, если за истекшие сутки производилась проволока только одного сечения. Плотность меди $\rho = 8900$ кг/м^3. Указание: объём V цилиндра высотой h и площадью поперечного сечения S равен $V = hS$.



Поясняющий рисунок: заготовка протягивается через волоку и превращается в длинную тонкую проволоку; её скорость v

▲ **Решение. Что происходит.** Вся израсходованная за сутки медь превратилась в одну длинную проволоку. Масса меди связана с объёмом плотностью, объём проволоки — с площадью сечения и длиной, а длина — со скоростью и временем. Цепочка «масса → объём → длина» связывает m с искомой площадью S одной формулой.

Обозначения. $t = 24 \cdot 3600$ с $= 86\,400$ с — сутки в секундах; ℓ — длина проволоки; V — её объём; S — площадь поперечного сечения.

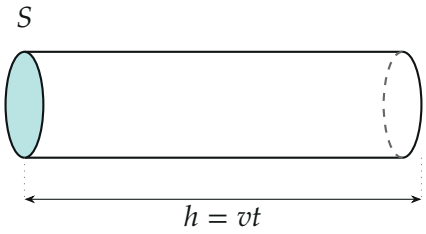
1. Длина проволоки. Проволока вытягивается с постоянной скоростью весь промежуток t, значит, равномерное движение даёт

$$\ell = vt = 1 \text{ м/с} \cdot 86\,400 \text{ с} = 86\,400 \text{ м} = 86{,}4 \text{ км}.$$

Время нужно брать именно в секундах: скорость задана в м/с.

2. Объём проволоки. Проволока — цилиндр длиной ℓ с площадью основания S, и по указанию к задаче объём равен произведению:

$$V = S\ell = S\,vt.$$

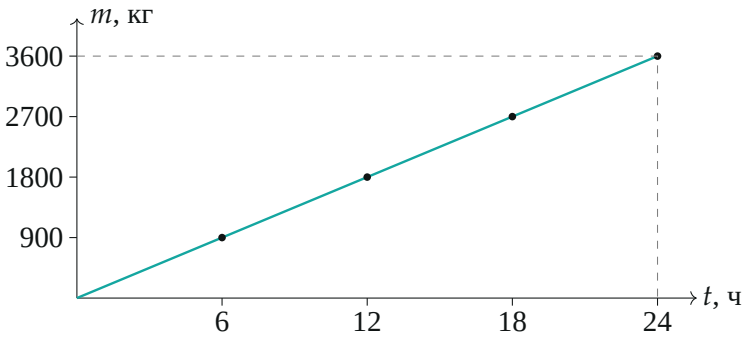


Участок проволоки длиной $h = vt$: объём — площадь сечения S, умноженная на длину

3. Масса. Медь не пропадает и не добавляется, поэтому масса проволоки равна массе израсходованной меди, а масса однородного тела — плотность, умноженная на объём:

$$m = \rho V = \rho\, S\, vt.$$

Масса растёт со временем линейно: за каждый час вытягивается одна и та же масса, график $m(t)$ — прямая через начало координат; в конце суток она достигает 3600 кг.

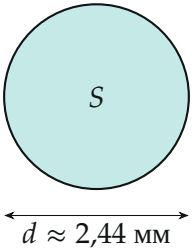


Масса вытянутой проволоки $m = \rho Svt$: прямая; точки — по формуле для $S = 4{,}68$ мм^2

4. Площадь сечения. Неизвестным осталось только S:

$$S = \frac{m}{\rho\, v\, t} = \frac{3600\ \text{кг}}{8900\ \text{кг/м}^3 \cdot 1\ \text{м/с} \cdot 86\,400\ \text{с}} \approx 4{,}68 \cdot 10^{-6}\ \text{м}^2 = 4{,}68\ \text{мм}^2.$$

Один квадратный метр — 10^6 квадратных миллиметров, поэтому $4{,}68 \cdot 10^{-6}\ \text{м}^2 = 4{,}68\ \text{мм}^2$. Для круглой проволоки это диаметр $d = \sqrt{4S/\pi} \approx 2{,}44$ мм — правдоподобно для технического провода.



Сечение проволоки в масштабе 10 : 1*: круг диаметром* 2,44 *мм имеет площадь* 4,68 *мм*^{2}

Обратите внимание. Время в формуле — в секундах. Если подставить 24 часа, не переведя сутки в секунды, ответ окажется завышен в 3600 раз.

Проверка. Второй способ: сначала объём меди, потом площадь через длину. $V = m/\rho = 3600/8900 \approx 0{,}4045\ \text{м}^3$, длина $\ell = 86\,400$ м, откуда $S = V/\ell \approx 4{,}68 \cdot 10^{-6}\ \text{м}^2$ — то же. Размерность: $\dfrac{\text{кг}}{(\text{кг/м}^3) \cdot (\text{м/с}) \cdot \text{с}} = \text{м}^2$. Предел: скорость вдвое больше — проволока вдвое длиннее при той же массе, значит, сечение вдвое меньше, как и даёт $S \propto 1/v$.

Смысл: за сутки вытянуто 86,4 км проволоки сечением меньше пяти квадратных миллиметров — тонкая и очень длинная.

Ответ. $S = \dfrac{m}{\rho v t} \approx 4{,}68 \cdot 10^{-6}\ \text{м}^2 = 4{,}68\ \text{мм}^2$, где $t = 24 \cdot 3600$ с.