

## Школьные задачи / Физика / Ф-5

Вольфрамовый снаряд, имеющий форму сферы диаметром 50 см, движется со скоростью 10800 км/ч. Какую массу воды с начальной температурой 20 °С можно было бы нагреть и испарить, если кинетическую энергию снаряда полностью перевести в тепло?

Плотность вольфрама 19300 кг/м<sup>3</sup>, у воды удельная теплоёмкость и удельная теплота парообразования равны 4,18 кДж/(кг·°С) и 2257 кДж/кг соответственно.

### Решение

Кинетическая энергия снаряда массой  $M$ , движущегося со скоростью  $v$ , составляет

$$E_k = \frac{Mv^2}{2}$$

Для нахождения  $M$  нужно плотность вольфрама  $\rho$  умножить на объём сферы, равный ( $D$  – диаметр)

$$V = \frac{\pi D^3}{6}$$

Имеем:

$$E_k = \frac{Mv^2}{2} = \frac{V \cdot \rho \cdot v^2}{2} = \frac{\pi D^3}{6} \cdot \frac{\rho v^2}{2} = \frac{\pi D^3 \rho v^2}{12}$$

Если эту энергию перевести в тепло  $Q$ , оно пойдёт на нагрев воды до температуры кипения 100 °С ( $Q_1$ ) и на испарение ( $Q_2$ ):

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Для нагрева  $m$  кг воды нужно теплоты

$$Q_1 = Cm\Delta t,$$

где  $\Delta t = 100\text{ °С} - 20\text{ °С} = 80\text{ °С}$ , а  $C$  – удельная теплоёмкость. Для испарения же воды потребуется количество теплоты, равное ( $L$  – удельная теплота парообразования)

$$Q_2 = Lm$$

Таким образом

$$Q = Cm\Delta t + Lm = m(C\Delta t + L)$$

По условию задачи

$$E_k = Q,$$

следовательно

$$\frac{\pi D^3 \rho v^2}{12} = m(C\Delta t + L)$$

и

$$m = \frac{\pi D^3 \rho v^2}{12(C\Delta t + L)}$$

Для получения ответа сначала переведём значения исходных данных в одну систему единиц (СИ):  $D = 50\text{ см} = 0,5\text{ м}$ ,  $v = 10800\text{ км/ч} = 3000\text{ м/с}$ ,  $C = 4,18\text{ кДж/(кг·°С)} = 4180\text{ Дж/(кг·°С)}$ ,  $L = 2257\text{ кДж/кг} = 2,257 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$ . Теперь остаётся подставить полученные величины в формулу:

$$m = \frac{3,14 \cdot (0,5\text{ м})^3 \cdot 19300\text{ кг/м}^3 \cdot (3000\text{ м/с})^2}{12 \cdot (4180\text{ Дж/(кг·°С)} \cdot 80\text{ °С} + 2,257 \cdot 10^6\text{ Дж/кг})} = 2190\text{ кг}$$

### Ответ

2190 кг

## Комментарий

Скорость и масса снаряда в условии выбраны не случайно – они приближены к имеющимся в открытом доступе техническим характеристикам ракеты системы «Орешник» (масса боевой части и максимальная скорость), остальные необходимые численные данные для задачи взяты из издания: Енохович А.С. Справочник по физике. М.: Просвещение, 1978. – 415 с.

Результат решения даёт наглядное представление о том, насколько большой энергией (читай – поражающей силой) обладают подобные гиперзвуковые снаряды только за счёт своего движения – в рассмотренном случае этой энергии (в тротиловом эквиваленте составляющей примерно 1,3 тонны) теоретически достаточно для обращения в пар двух тонн воды.

© Широков Александр, 12.03.2025