



Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Решение задачи 10. Автостопом на комете

1 – 2.

- 1) За время $t = \Delta v/a$ от момента «загарпунивания» корабль достигает скорости Δv и проходит расстояние $L_1 = at^2/2 = \Delta v^2/2a$. За это же время комета проходит расстояние $L_2 = \Delta vt = \Delta v^2/a$.

Разность пройденных путей равна длине троса:

$$L = L_1 - L_2 = \Delta v^2/a - \Delta v^2/2a = \Delta v^2/2a.$$

$$L = \Delta v^2/2a = 7000^2/(2 \cdot 10 \cdot 9,8) = 250000 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ м} = \underline{\underline{250 \text{ км}}}$$

- 2) Поскольку ускорение корабля постоянно, то сила, ускоряющая корабль, составляет $F = ma$. Необходимо, чтобы трос на пределе выдерживал эту силу (далее, по мере разматывания троса и уменьшения массы корабля, необходимая для поддержания ускорения сила станет меньше), т.е. $F = s\sigma$

$$s = \frac{ma}{\sigma} = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 10^{11}} = 7,54 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

$$s = \frac{\pi d^2}{4}, \quad d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,54 \cdot 10^{-7}}{3,14}} = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ м} \approx \underline{\underline{1 \text{ мм}}}$$

$$m_{nt} = sL\rho = \frac{F}{\sigma} L\rho = \frac{ma}{\sigma} L\rho = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 9,8 \cdot 2,5 \cdot 10^5 \cdot 2260}{1,3 \cdot 10^{11}} = \underline{\underline{426 \text{ кг}}}$$

- 3) По формуле Циолковского

$$\Delta v = I \ln \left(\frac{m}{m_2} \right) = I \ln \left(\frac{m}{m - m_{nt}} \right) = 5000 \cdot \ln \left(\frac{1000}{1000 - 426} \right) = \underline{\underline{2,78 \text{ км/с}}}$$

прирост скорости для такой же массы реактивного топлива в 2,5 раза меньше.

3. Из $L = \Delta v^2/2a$ находим

$$\Delta v = \sqrt{2aL} = \sqrt{2L \frac{F}{m + m_{nt}}} = \sqrt{2L \frac{s\sigma}{m + m_{nt}}} = \sqrt{\frac{2m_{nt}\sigma}{\rho(m + m_{nt})}}$$

$$\lim_{\frac{m_{nt}}{m+m_{nt}} \rightarrow 1} \Delta v = \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,3 \cdot 10^{11}}{2260}} = 10725 \text{ м/с} \approx \underline{\underline{11 \text{ км/с}}}$$