

Спиральная галактика

Общая масса пыли в некоторой спиральной галактике, похожей на нашу, $M = 10^8 M_\odot$. Примерные размеры галактики таковы: диаметр диска $d = 30$, толщина диска $h = 400$ пк, характерный диаметр гало $D_g = 100$ кпк, а диаметра балджа — $D_b = 1$ кпк.

Определите для всего объёма диска среднюю концентрацию n (в единицах «число частиц/м³») и среднюю плотность ρ_* (в единицах кг/м³) пыли.

Для справки: $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ кг, средний радиус пылинки $a = 0.1$ мкм, а плотность её вещества $\rho = 3000$ кг/м³, $1 \text{ пк} = 3.08 \cdot 10^{16}$ м.

Решение:

Прежде всего, отметим, что в спиральных галактиках вся пыль сосредоточена в диске (причём только в тонком слое вблизи его плоскости, *но это допустимо не знать и при решении не использовать*), а в гало и балдже её нет совсем (при этом пыль концентрируется к центральной плоскости диска, но т.к. в условии нас просят найти среднюю по диску концентрацию, то мы этого учитывать не будем). Значит, нам надо найти объём диска галактики:

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 h = 3.14 \cdot 15000^2 \cdot 400 = 2.83 \cdot 10^{11} \text{ пк}^3$$

Или в единицах СИ:

$$V = 2.83 \cdot 10^{11} \cdot (3.08 \cdot 10^{16})^3 = 8.27 \cdot 10^{60} \text{ м}^3$$

Средняя по всему объёму диска плотность пыли будет равна

$$\rho_* = \frac{M}{V} = \frac{10^8 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{8.27 \cdot 10^{60}} = 2.4 \cdot 10^{-23} \text{ кг/м}^3$$

Вычислим количество пылинок массой m каждая с суммарной массой $M = 10^8 M_\odot$:

$$N = \frac{M}{m} = \frac{M}{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi a^3} = \frac{10^8 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{3000 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot (10^{-7})^3} = \frac{2 \cdot 10^{38}}{1.26 \cdot 10^{-17}} = 1.59 \cdot 10^{55} \text{ шт.}$$

А значит, концентрация пылинок будет равна:

$$n = \frac{N}{V} \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$$

Ответ: $n \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-3}$; $\rho_* = 2.4 \cdot 10^{-23} \text{ кг/м}^3$