

Задачи.

- 1) Оценить значение уединенной массы, соответствующей протопланете на радиусе 5 а.е. в модели активного диска (без учета прогрева центральной звездой, масса которой равна массе Солнца), приняв, что непрозрачность за снеговой линией $\kappa = \kappa_0 T^2$, где $\kappa_0 = 2.5 \cdot 10^{-4} [\text{сгс}]$, $\alpha = 10^{-2}$, $\dot{M} = 10^{-7} M_\odot / \text{год}$, массовая доля пыли $f = 1\%$.
- 2) Оценить минимальное характерное время радиального дрейфа твердых частиц там же (см. задачу 1) и соответствующий размер этих частиц. Среднюю плотность вещества внутри твердых частиц принять равной $\rho_m = 3 \text{ г/см}^3$.
- 3) Оценить массу, радиус и время образования планетезимали по механизму Сафронова-Голдрайха-Варда там же (см. задачу 1) для маргинально гравитационно устойчивого пылевого субдиска, приняв среднюю плотность планетезимали равной $\rho_m = 3 \text{ г/см}^3$. Сколько таких планетезималей понадобится, чтобы сформировать ядро будущего газового гиганта?
- 4) Оценить время взрывного роста планетного эмбриона там же (см. задачу 1), приняв, что угол раскрытия планетезимального диска составляет 1% от угла раскрытия газового диска, а масса планетного эмбриона составляет 500 масс характерной планетезимали (см. задачу 3).
- 5) Оценить массу планетного эмбриона, при которой происходит переход с дисперсионного на сдвиговый режим роста для того же планетезимального диска, что и в задаче 4.
- 6) Оценить время взрывного роста планеты-гиганта в режиме сферической аккреции там же (см. задачу 1, в которой дополнительно считать возраст молодого диска составляющим $3 \cdot 10^5$ лет), приняв, что критическая масса ядра планеты-гиганта была достигнута через 5 млн. лет в старом диске и составляла 15 масс Земли. Фотоиспарением диска пренебречь.
- 7) Оценить минимальное время быстрой миграции 1го типа и соответствующую ей массу планеты для того же старого диска, что и в задаче 6 (возрастом 5 млн. лет) на орбите радиусом 5 а.е.

- 8) Оценить время миграции 2го типа и диапазон масс планет, которые ее испытывают, для того же диска, что и в задаче 7 на орбите радиусом 5 а.е.
- 9) Оценить, на каком расстоянии от центральной звезды в ее молодом протопланетном диске, описанном в задаче 1, становится возможным прямое образование планет-гигантов за счет гравитационной неустойчивости диска. Как с возрастом диска меняется обсуждаемое расстояние?