

Задачи.

- 1) Оценить значение уединенной массы, соответствующей протопланете на радиусе орбиты Сатурна (10 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 $\kappa_0 = 2.5 \cdot 10^{-4} [\text{сгс}]$, $\alpha = 2 \cdot 10^{-2}$, $\dot{M} = 10^{-7} M_\odot / \text{год}$, массовая доля пыли $f = 4\%$.
- 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 там же (см. задачу 1) для маргинально гравитационно устойчивого пылевого субдиска, приняв среднюю плотность планетезимали равной $\rho_m = 3 \text{ г/см}^3$.
- 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 10 и 100 масс характерной планетезимали (см. задачу 3).
- 5) Оценить массу планетного эмбриона, при которой происходит переход с дисперсионного на сдвиговый режимы 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 диска составляющим $3 \cdot 10^5$ лет), приняв, что критическая масса ядра планеты-гиганта была достигнута через 5 млн. лет и равнялась значению уединенной массы в этот момент. Фотоиспарением диска пренебречь.
- 7) Оценить время быстрой миграции 1го типа и соответствующую ей массу планеты для того же диска, что и в задаче 6 (возрастом 5 млн. лет).
- 8) Оценить время миграции 2го типа и диапазон масс планет, которые ее испытывают, для того же диска, что и в задаче 7.

- 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?
- 10) Оценить время прямого образования планет-гигантов из задачи 9 и их массу.
- 11) Пренебрегая истощением диска после прямого образования планет-гигантов в задаче 9, определить тип и оценить темп миграции таких планет.