

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЕ

Каспарова Анастасия

Государственный астрономический институт им.

П.К.Штернберга, Москва

11 ноября 2005 г.





Большая туманность Ориона представляет собой огромную область звездообразования. Светящийся газ окружает горячие молодые звезды, находящиеся на краю огромного межзвездного молекулярного облака.

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Межзвездная среда

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

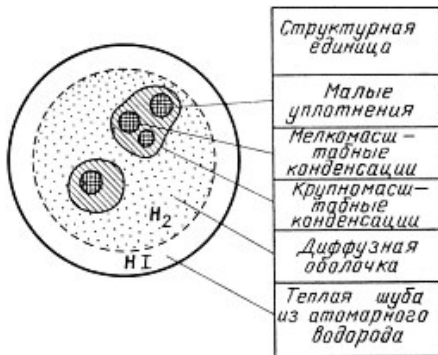
Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Неоднородная
структура
молекулярных
облаков



Теплообмен

Нагревается межзвездная среда при поглощении излучения звезд, столкновениях частиц космических лучей и рентгеновских квантов с ее атомами, а охлаждается благодаря собственному излучению.

Чрезвычайная разреженность среды!

Дискретность атомных уровней позволяет центральным областям облака нагреваться.

Гравитация

Дисперсионное уравнение

$$\omega^2 = C_s^2 k^2 - 4\pi G\rho,$$

где C_s — скорость звука,
 $k = 2\pi/\lambda$ — волновое число,
 ρ — плотность вещества,
 ω — круговая частота волны.



В однородной среде возмущения с характерным размером

$$\lambda > \lambda_J = \frac{2\pi}{k_J} = \frac{\sqrt{\pi} C_s}{\sqrt{G\rho}}$$

оказываются неустойчивыми и начинают сжиматься.

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Приравняв время свободного падения

$$t_{ff} = \pi \left(\frac{R^3}{8GM} \right)^{1/2} = \left(\frac{3\pi}{32G\rho} \right)^{1/2} \approx \frac{1}{\sqrt{\pi G\rho}}$$

к характерному динамическому времени

$$t_{dyn} = \frac{R}{C_s} = R \sqrt{\frac{\mu}{\gamma \mathfrak{R} T}},$$

где \mathfrak{R} — универсальная газовая постоянная, γ — показатель адиабаты, μ — молекулярный вес, n — концентрация атомов и молекул. Из чего следует

$$R_J \approx \left(\frac{\gamma \mathfrak{R} T}{\pi \mu G \rho} \right)^{1/2} = 5 \frac{\gamma^{1/2}}{\mu} \left(\frac{T}{n} \right)^{1/2}$$

$$M_J \approx \left(\frac{\gamma \mathfrak{R} T}{\mu G} \right)^{3/2} \rho^{-1/2} = 17 \frac{\gamma^{3/2}}{\mu^2} \left(\frac{T^3}{n} \right)^{1/2}.$$

Среда неустойчива при $\lambda > \lambda_J$, и $M > M_J$.

Влияние на сжатие

- Фрагментации вследствие тепловой неустойчивости

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Влияние на сжатие

- Фрагментации вследствие тепловой неустойчивости
- Неустойчивость Рэлея-Тейлора.

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Влияние на сжатие

- Фрагментации вследствие тепловой неустойчивости
- Неустойчивость Рэлея-Тейлора.
- Внешнее давление окружающей среды на облако может ускорить коллапс.

- Фрагментации вследствие тепловой неустойчивости
- Неустойчивость Рэля-Тейлора.
- Внешнее давление окружающей среды на облако может ускорить коллапс.
- Фон звезд

- Фрагментации вследствие тепловой неустойчивости
- Неустойчивость Рэля-Тейлора.
- Внешнее давление окружающей среды на облако может ускорить коллапс.
- Фон звезд
- Вращение облака.

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

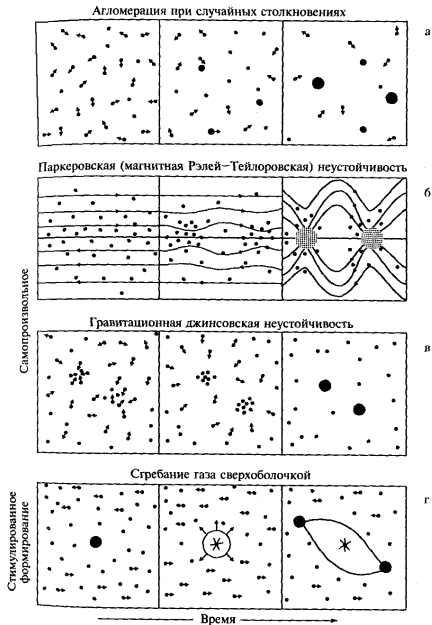
Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения



Протозвезды

ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЕ

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения



Ускорение силы тяжести на сферической поверхности протозвезды равно

$$g = G \frac{M}{R^2},$$

а по формулам механики

$$R = \frac{gt^2}{2},$$

отсюда время сжатия протозвезды

$$t = \sqrt{\frac{2R^3}{GM}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{2\pi}{3}\bar{\rho}}}$$

$$L = \frac{GM^2}{2Rt}$$

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

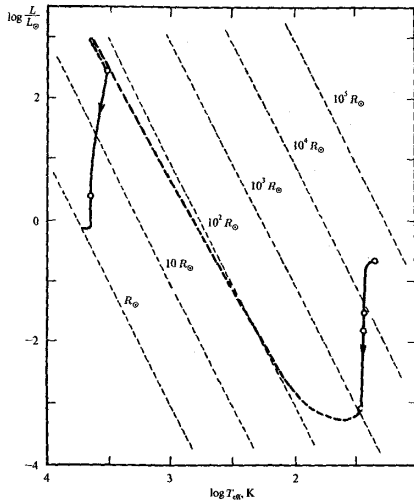
Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

$$R = \frac{GM^2}{IM} = \frac{GM}{I}$$

где
 I — энергия,
 необходимая
 для
 превращения
 в плазму
 одного грамма
 первоначаль-
 ного
 вещества.



⇒ Протозвезда с массой, равной массе Солнца, спадет до радиуса в $80R_{\odot}$. В этот момент протозвезда испытывает вспышку светимости.

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

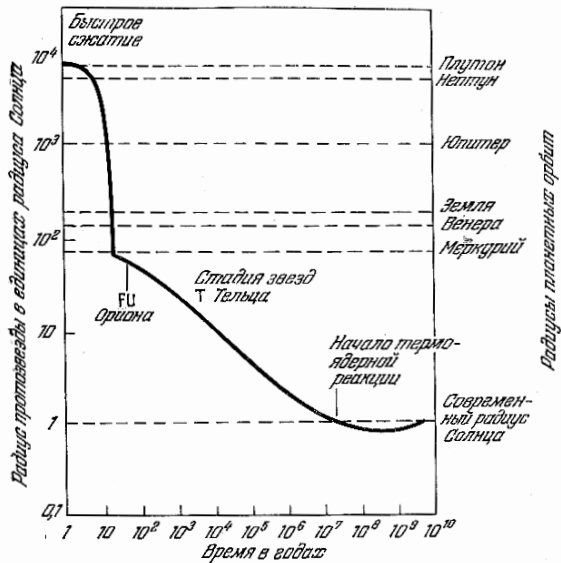
Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения



Изменение со временем радиуса сжимающейся протозвезды. Стадии быстрого сжатия (на графике — слева) соответствует вспышка светимости.

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

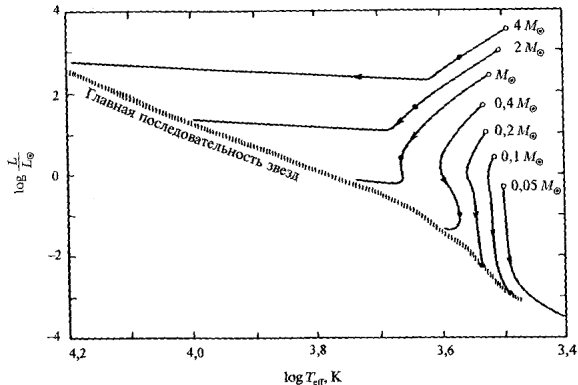
Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения



Треки протозвезд в период квазигидростатического сжатия. Открытый и заполненный кружки отмечают начало и конец полностью конвективной стадии (Хаяши 1966)

Каспарова Анастасия

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения



Облака светящегося водорода и темные полосы пыли. IC 1396 представляет собой активную область звездообразования, находящуюся на расстоянии двух тысяч световых лет в созвездии Цефея.

Введение

Межзвездная среда

Теплообмен

Гравитация

Влияние на сжатие

Протозвезды

Разные массы

Наблюдения

Диаграмма
 светимость —
 температура для
 звезд типа
 Т Тельца из
 туманности
 Ориона. Сплошной
 линией — НГП.

