

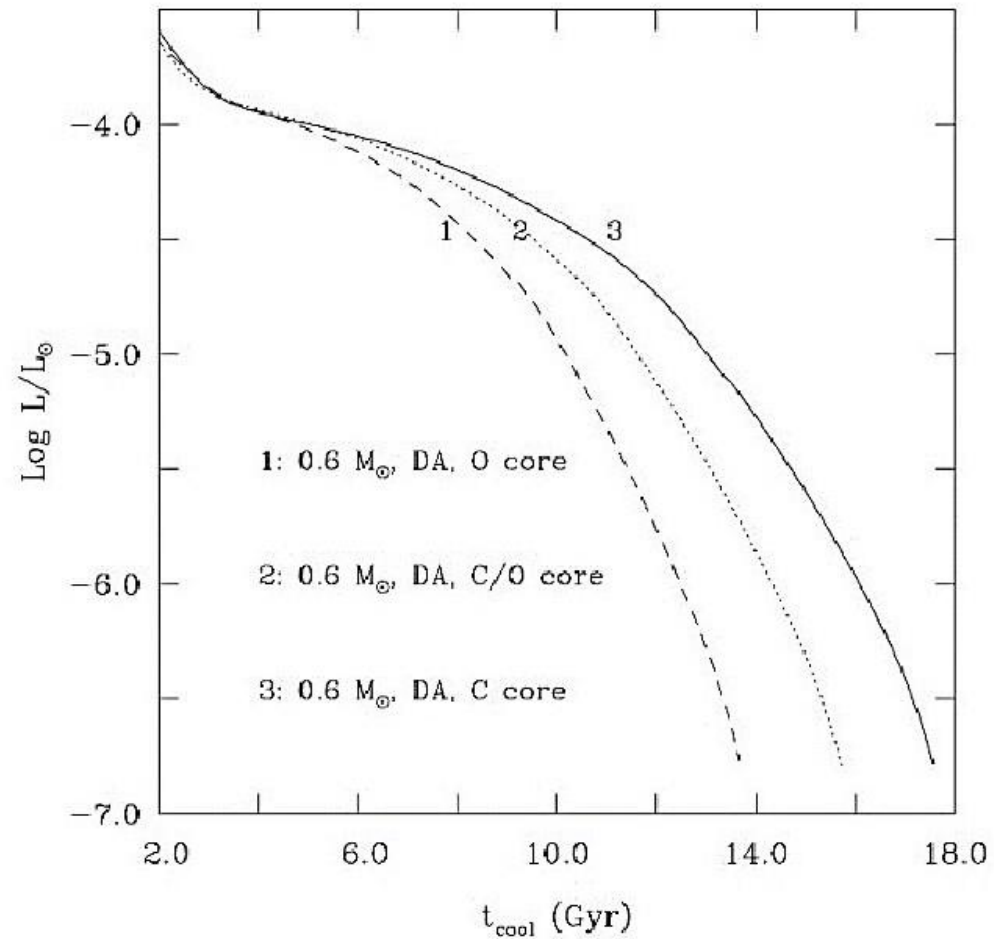
Влияние эффектов неидеальности в плотной плазме на эволюцию и наблюдаемые характеристики белых карликов

Авторы:

Ляпина Дарья Андреевна

Блинников Сергей Иванович

Тепловая эволюция белых карликов



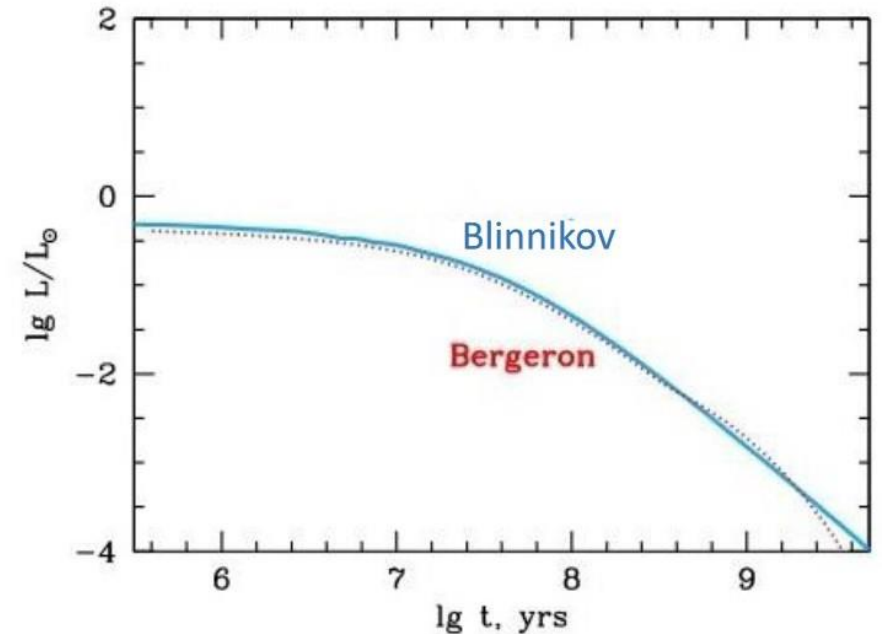
G. Fontaine et al., 2010.

Коды для эволюции

Отклонения от законов идеального газа для плазмы зависят от параметра Γ .

$$\Gamma = \frac{1}{kT} \frac{(Ze)^2}{R}$$

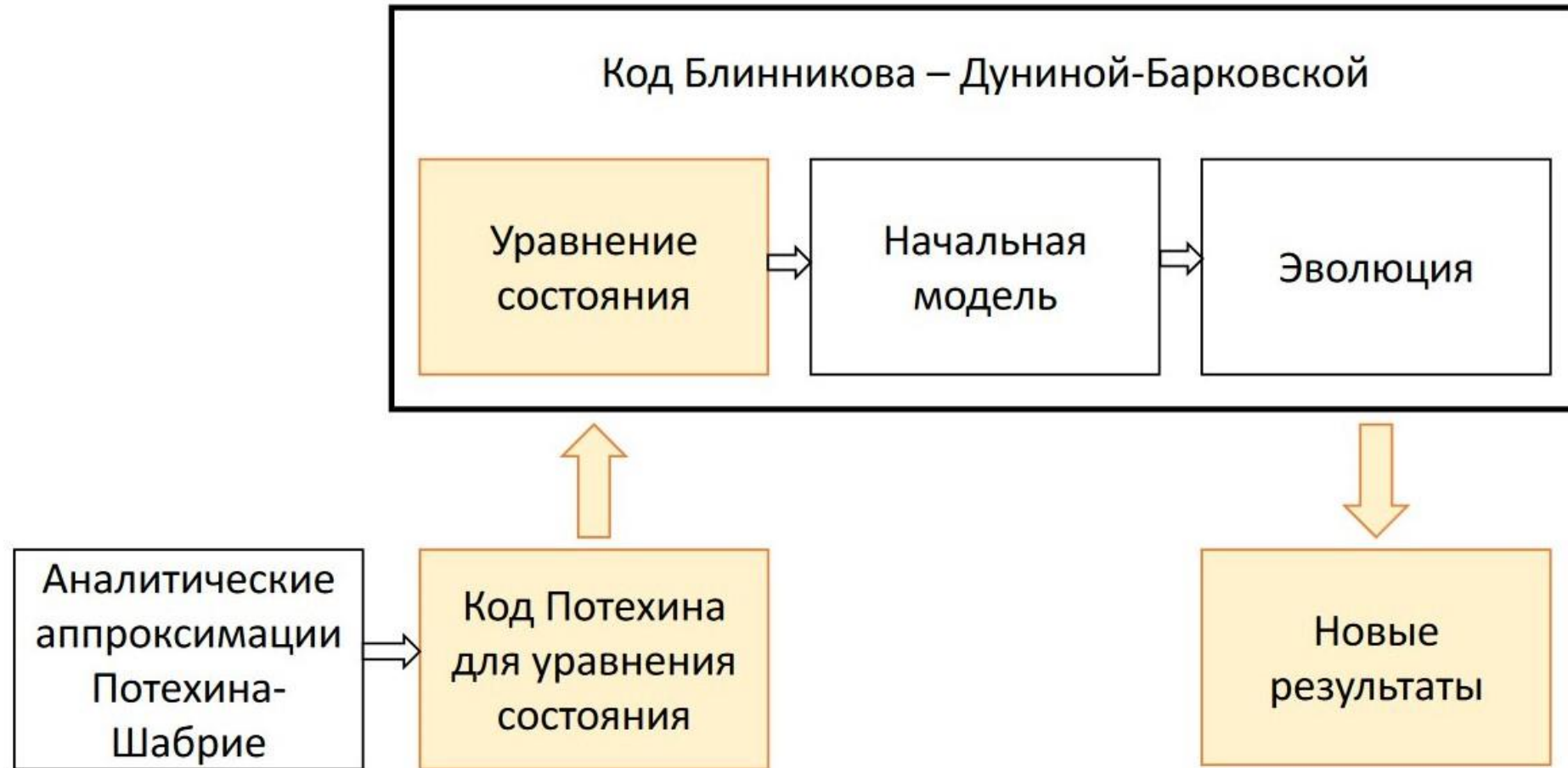
При $\Gamma \gg 1$ ионы будут располагаться в периодической решетке.



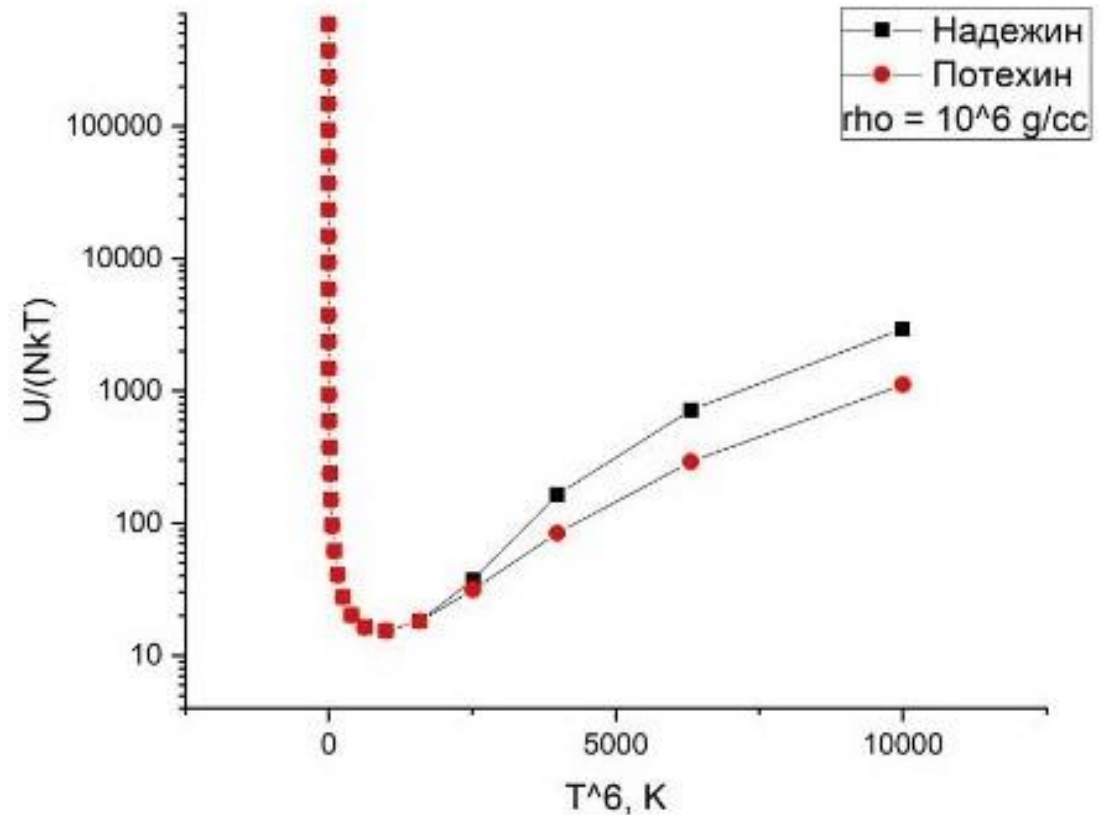
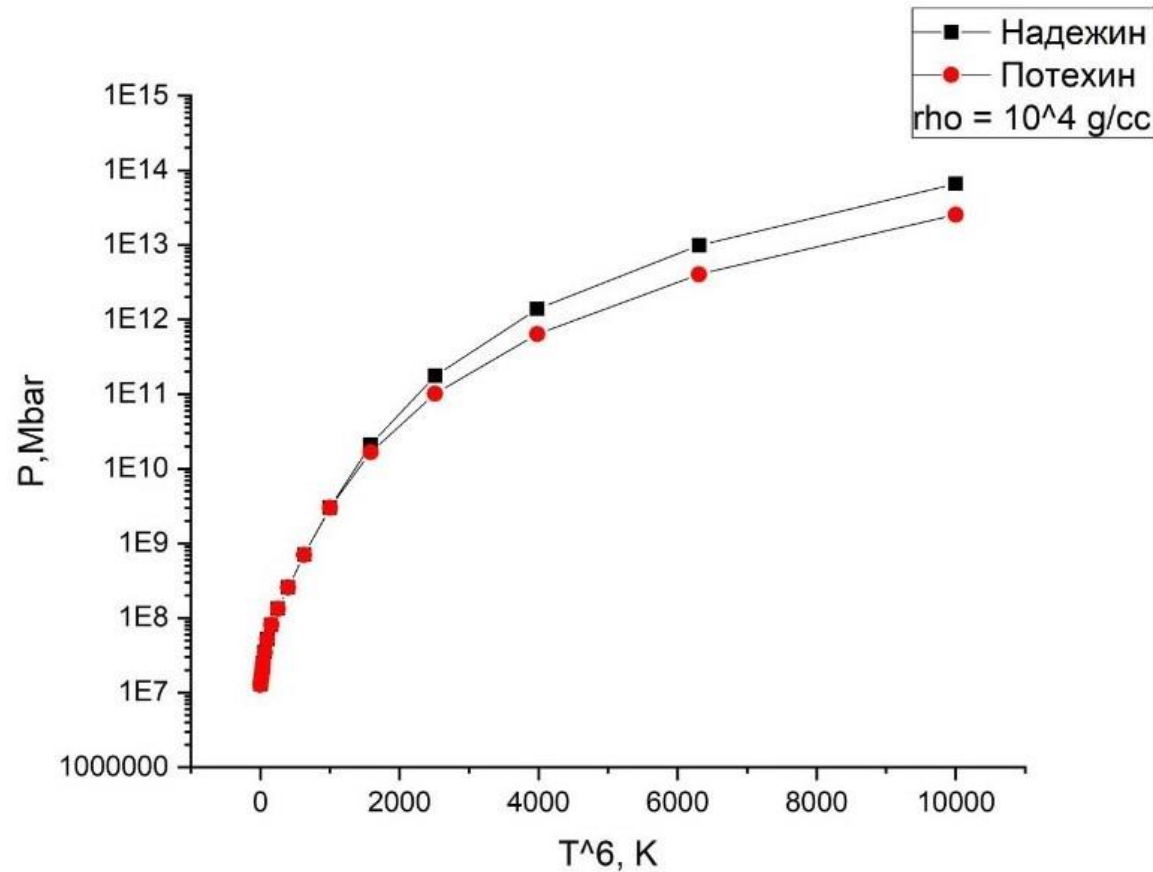
S. I. Blinnikov et al., 1994

S. B. Popov et al., 2017

Идея работы



Уравнения состояния



Нами сопоставлялись удельная энергия, давление, теплоёмкость и параметр вырождения в уравнениях состояния Потехина – Шабрие и Блинникова – Надёжина – Дуниной-Барковской

Проверки

Были сделаны проверки:

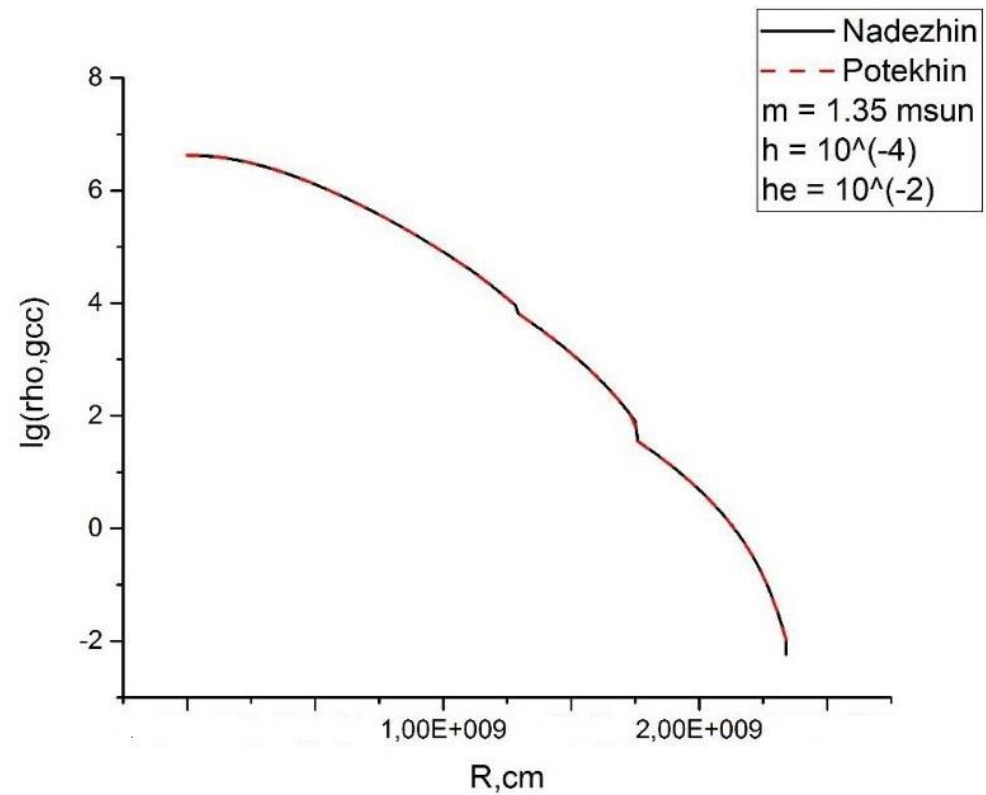
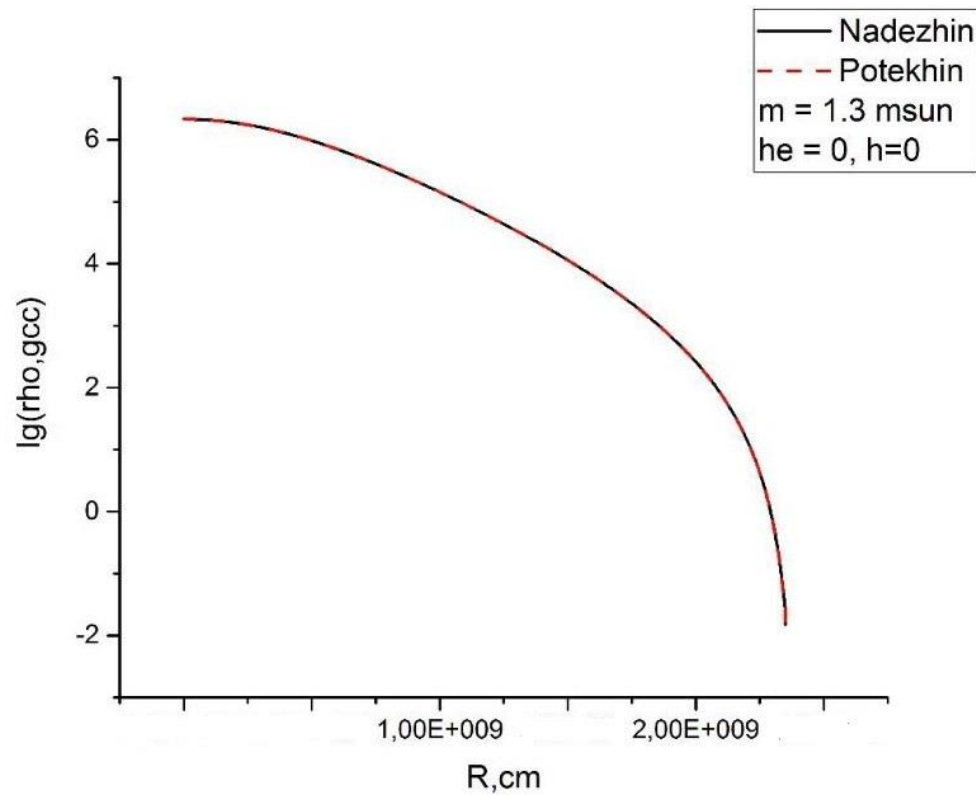
- Производных $(\frac{\partial E}{\partial T}, \frac{\partial P}{\partial T}$ и $\frac{\partial P}{\partial \rho})$
- Термодинамических тождеств (разность между частями уравнения получилась порядка 10^{-5}).

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_\rho = \frac{1}{T} \left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_\rho$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial \rho}\right)_T = \frac{1}{T} \left[\left(\frac{\partial E}{\partial \rho}\right)_T - \frac{P}{\rho^2} \right]$$

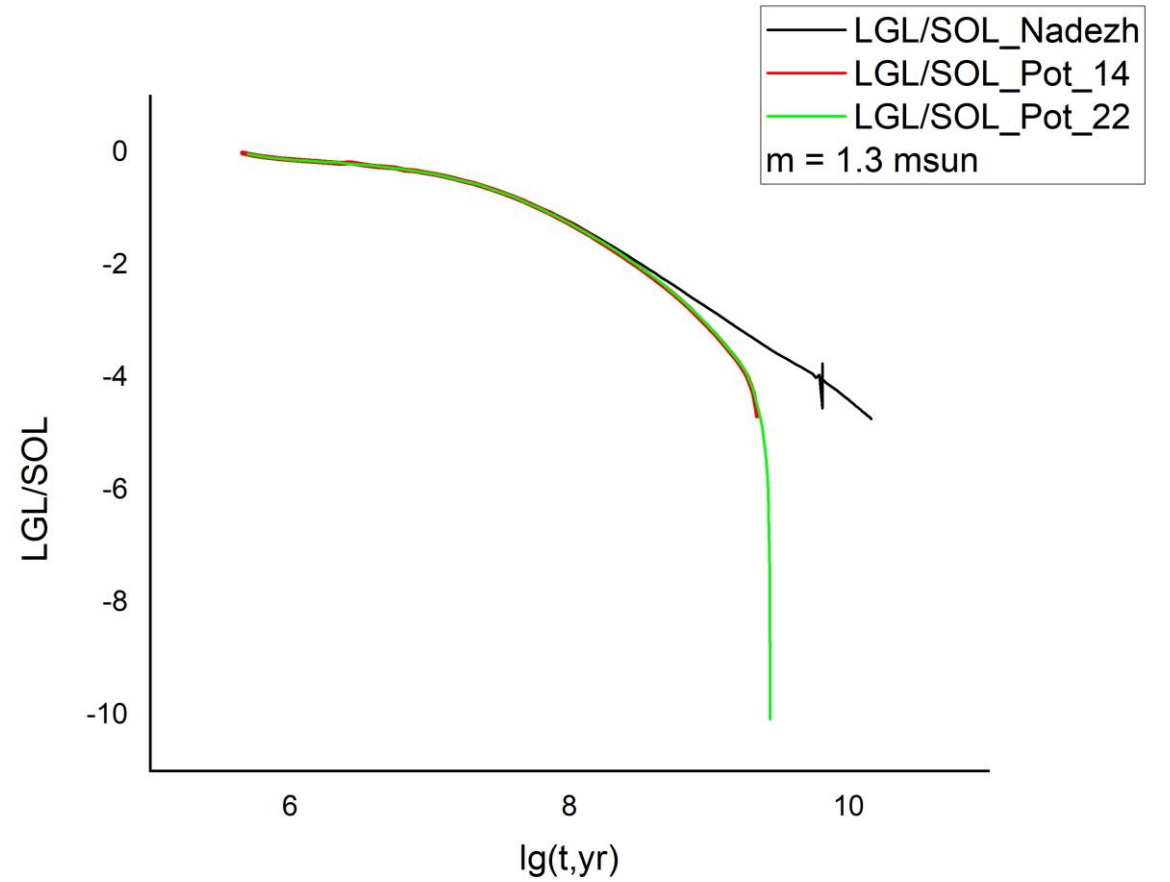
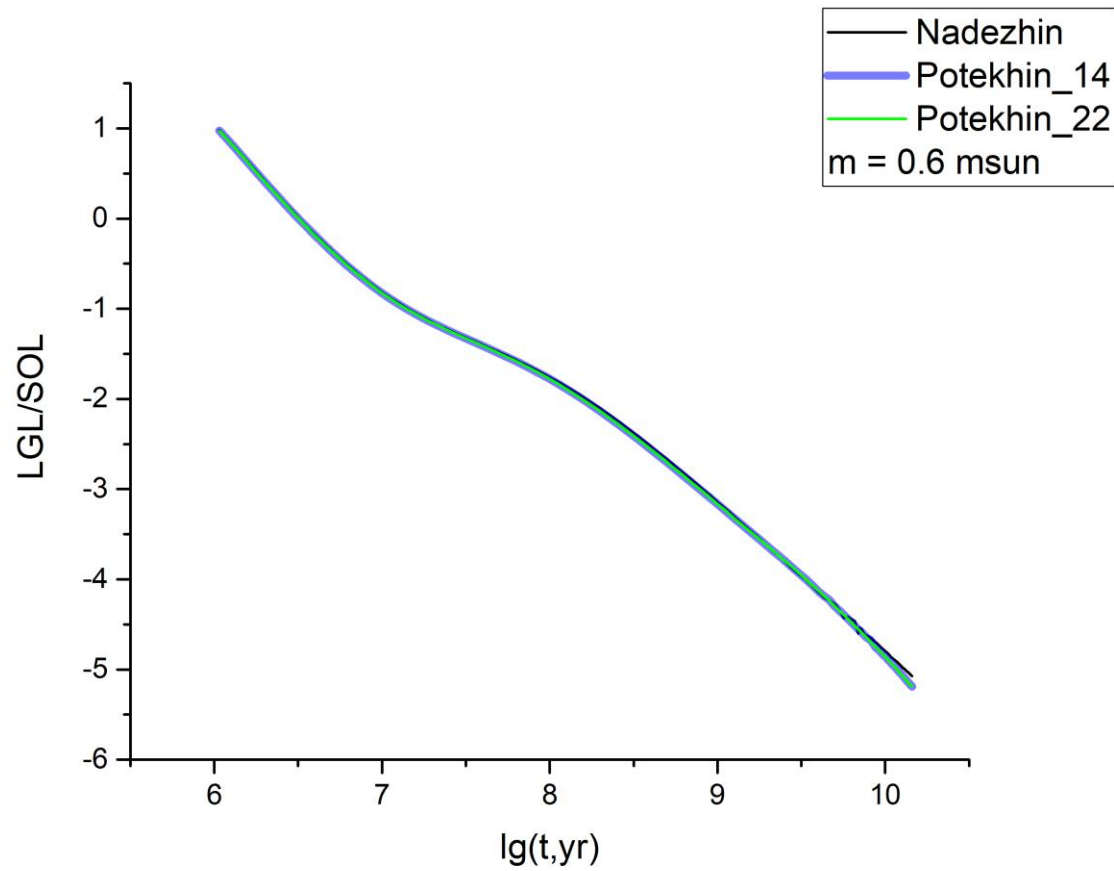
$$\frac{1}{T} \left[\left(\frac{\partial E}{\partial \rho}\right)_T - \frac{P}{\rho^2} \right] = -\frac{1}{\rho^2} \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_\rho$$

Совпадение начальных моделей

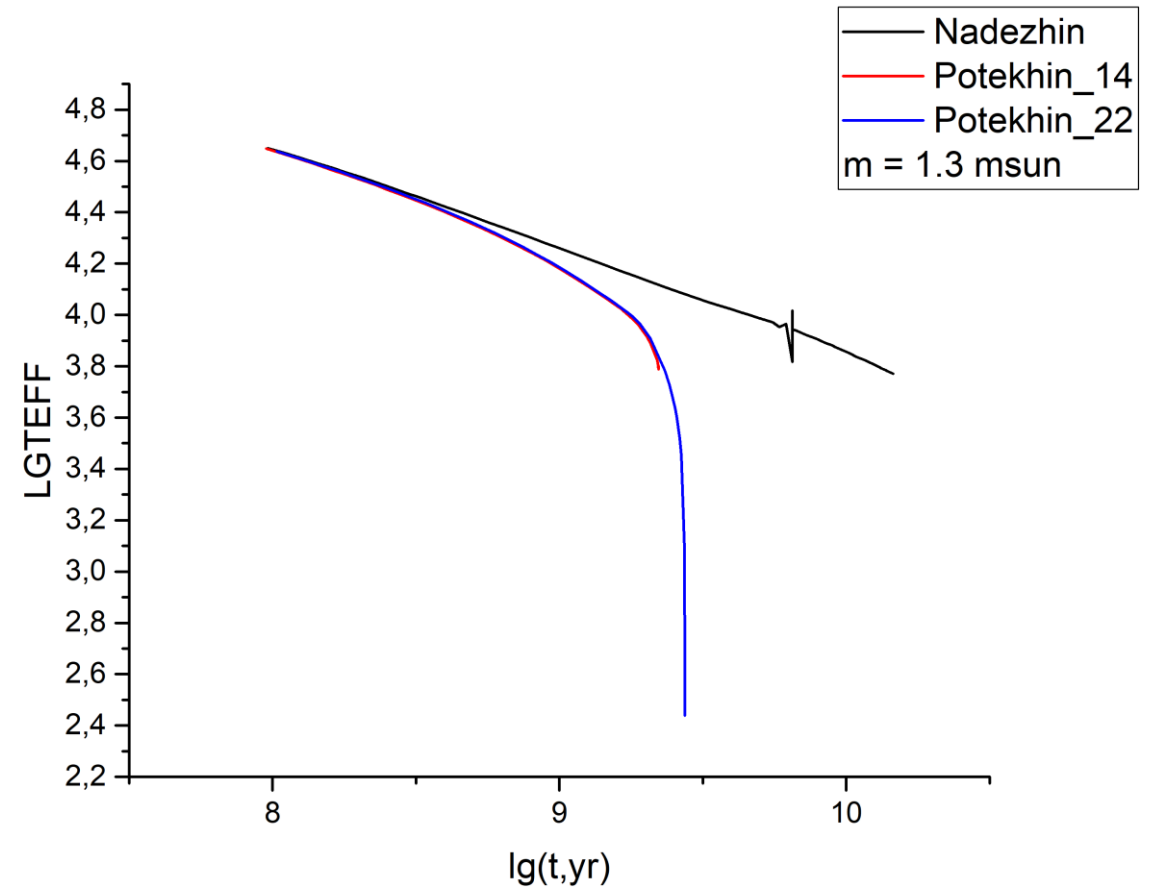
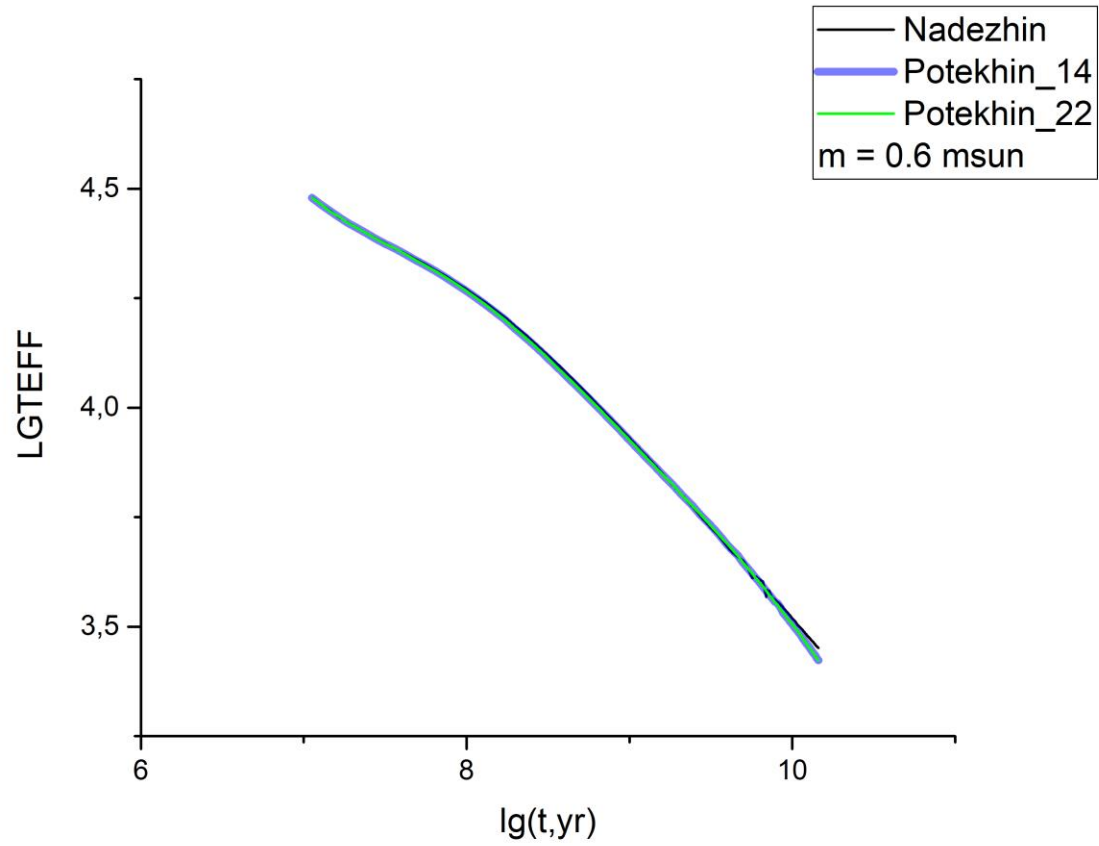


Начальные модели не должны были меняться.

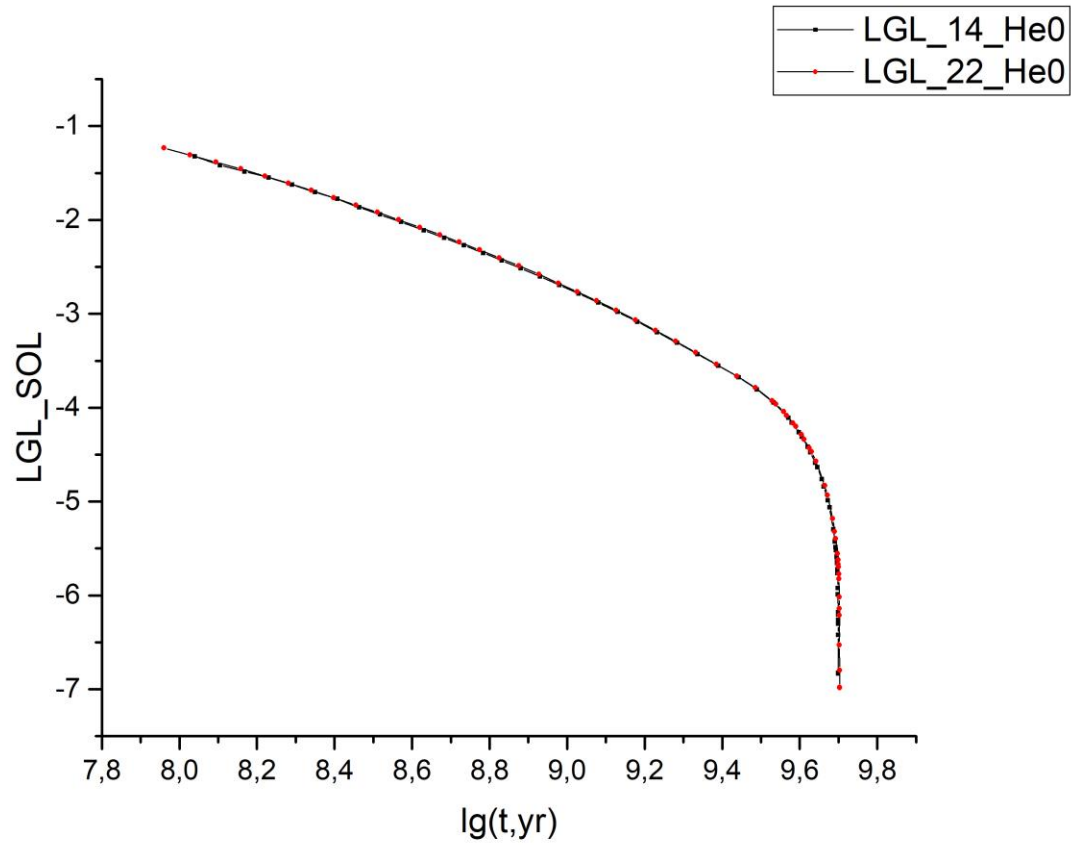
Эволюционные треки для светимости



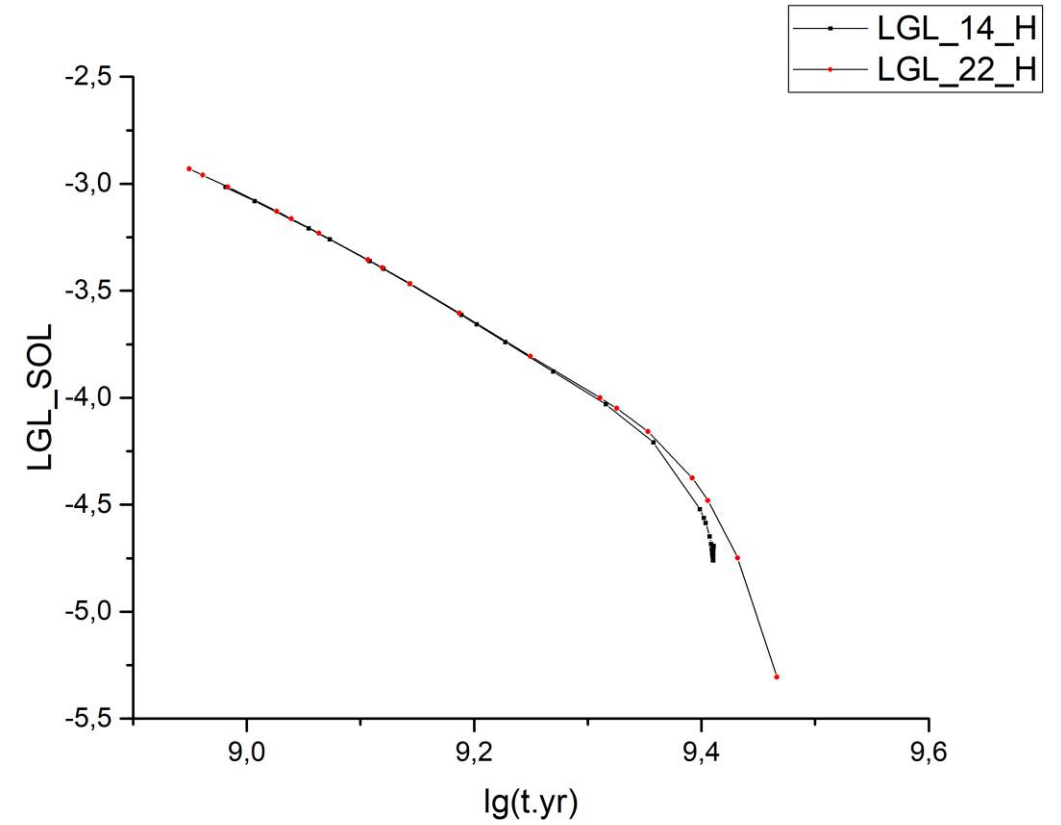
Эволюционные треки для температуры



Эволюционные треки



Содержание H = 0, He = 0



Содержание H = 10^{-4} Msun, He = 10^{-2} Msun

Наблюдения

Выделим несколько интервалов температур. Для каждого из них можно ввести:

$$f_i = \frac{t_i}{t_1 + t_2 + t_3}$$

Для плотности числа белых карликов:

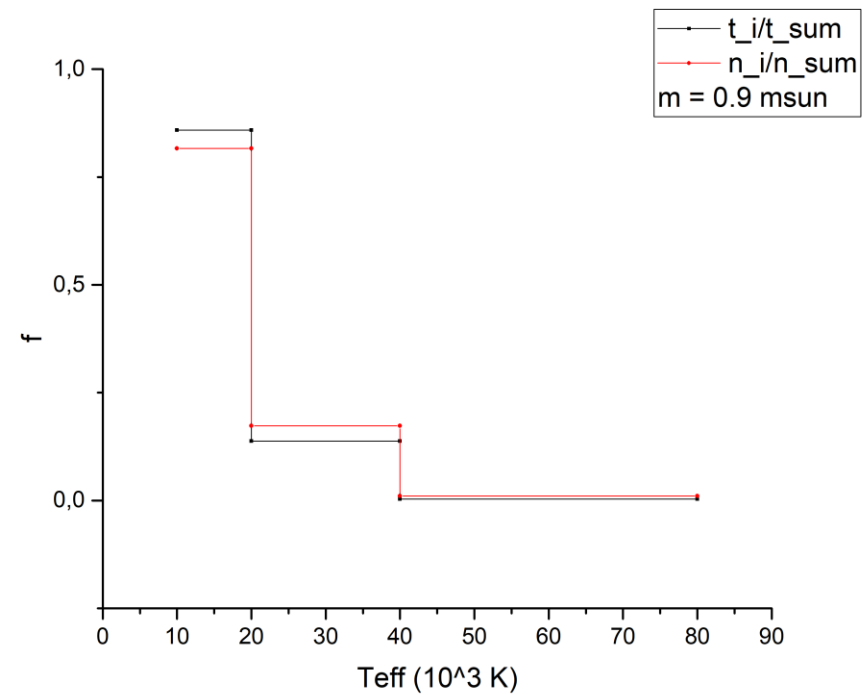
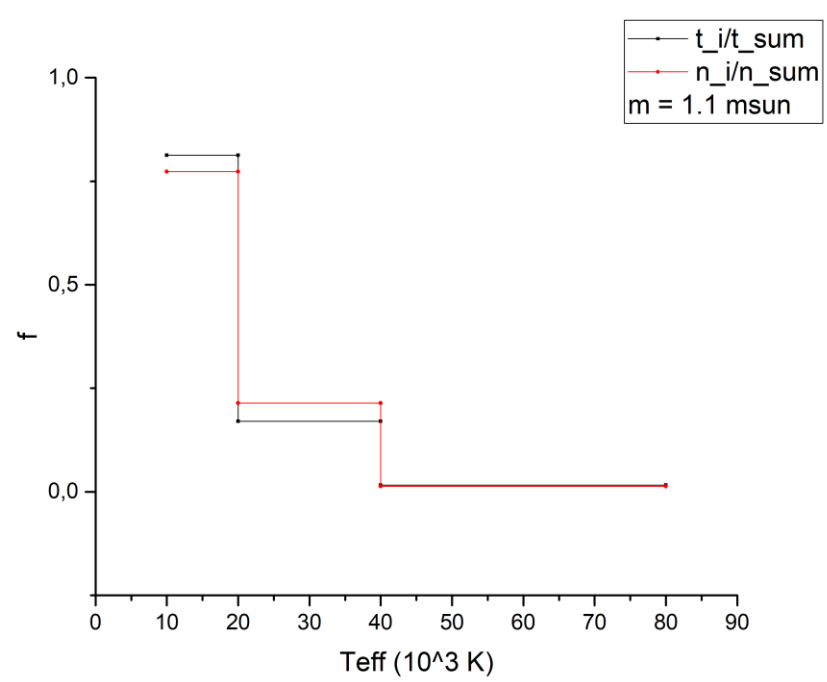
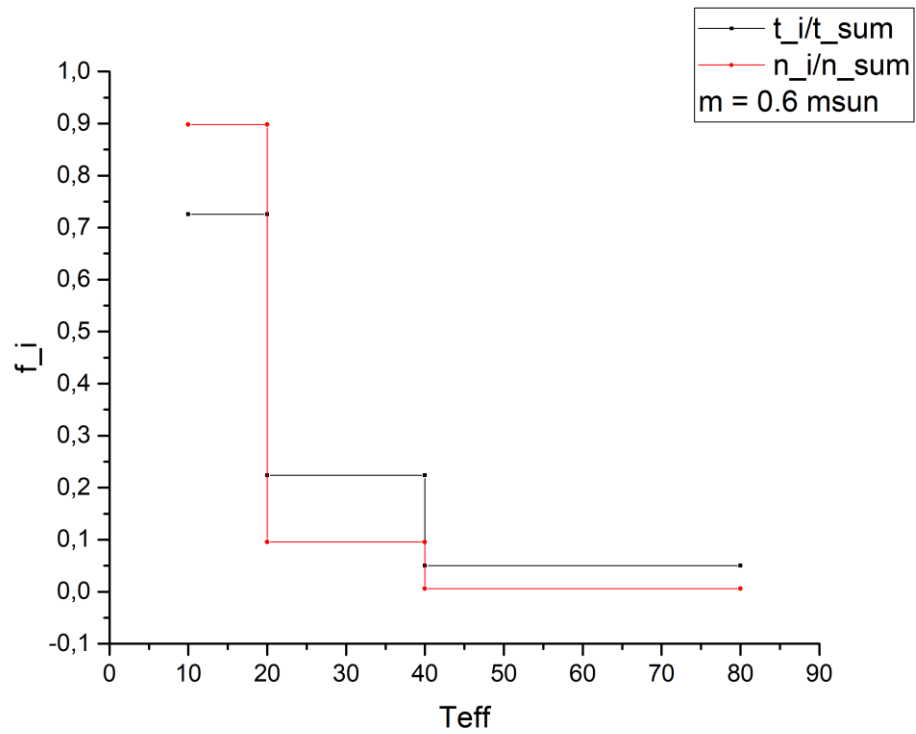
$$f_i^{(0)} = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + n_3}$$

Предположим, что темп рождения белых карликов не меняется, тогда:

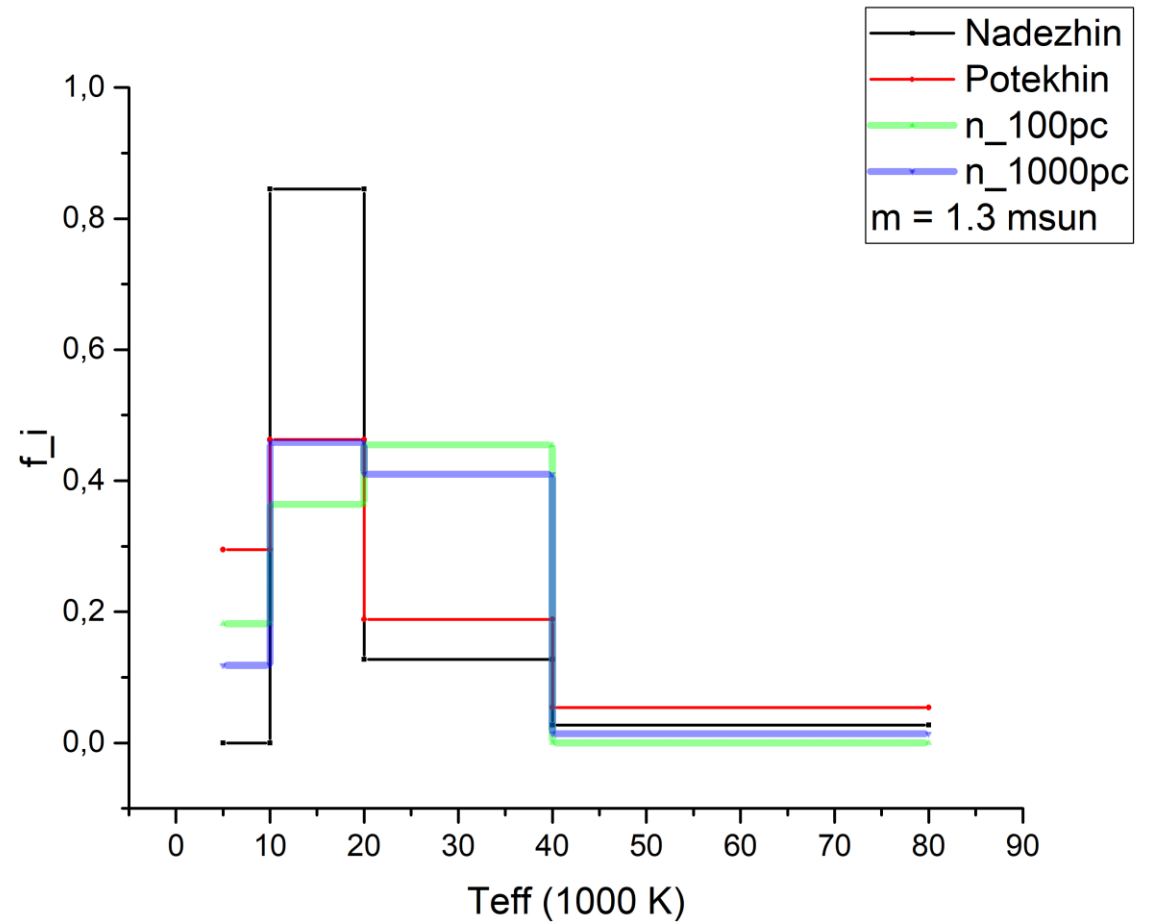
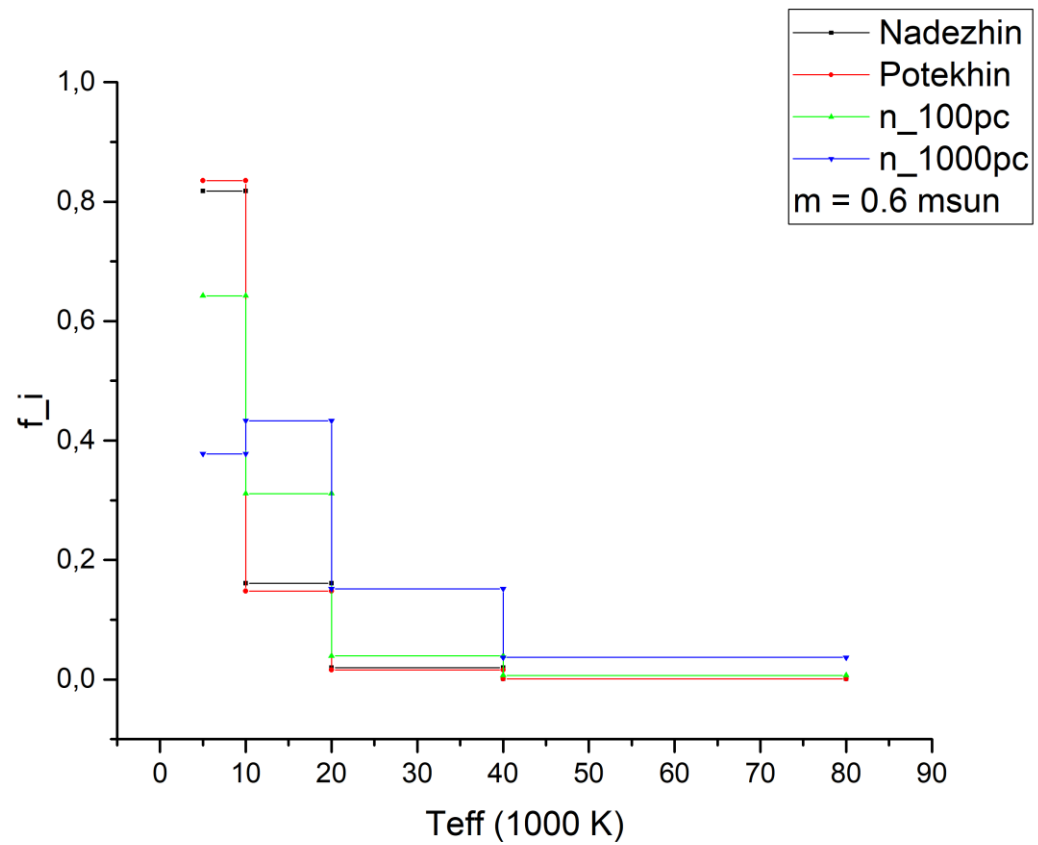
$$f_i \approx f_i^{(0)}$$

Данные по плотности брались из Монреальской базы данных белых карликов.

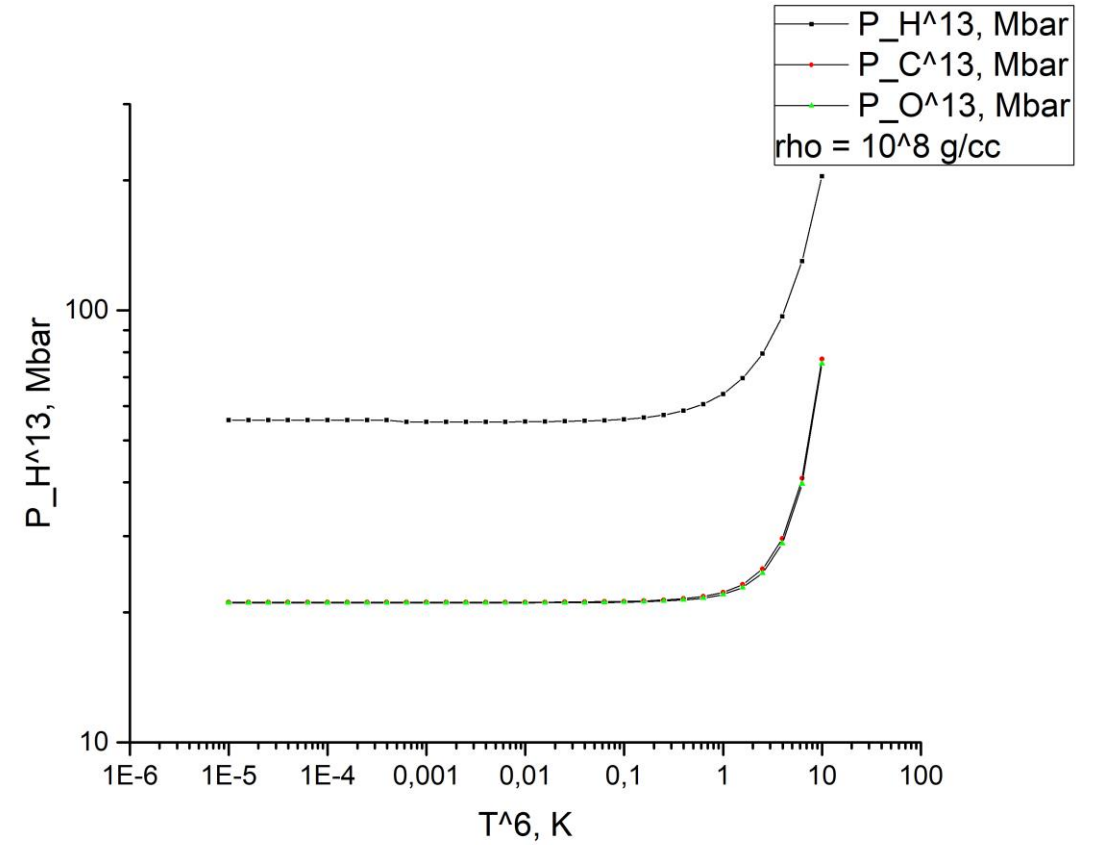
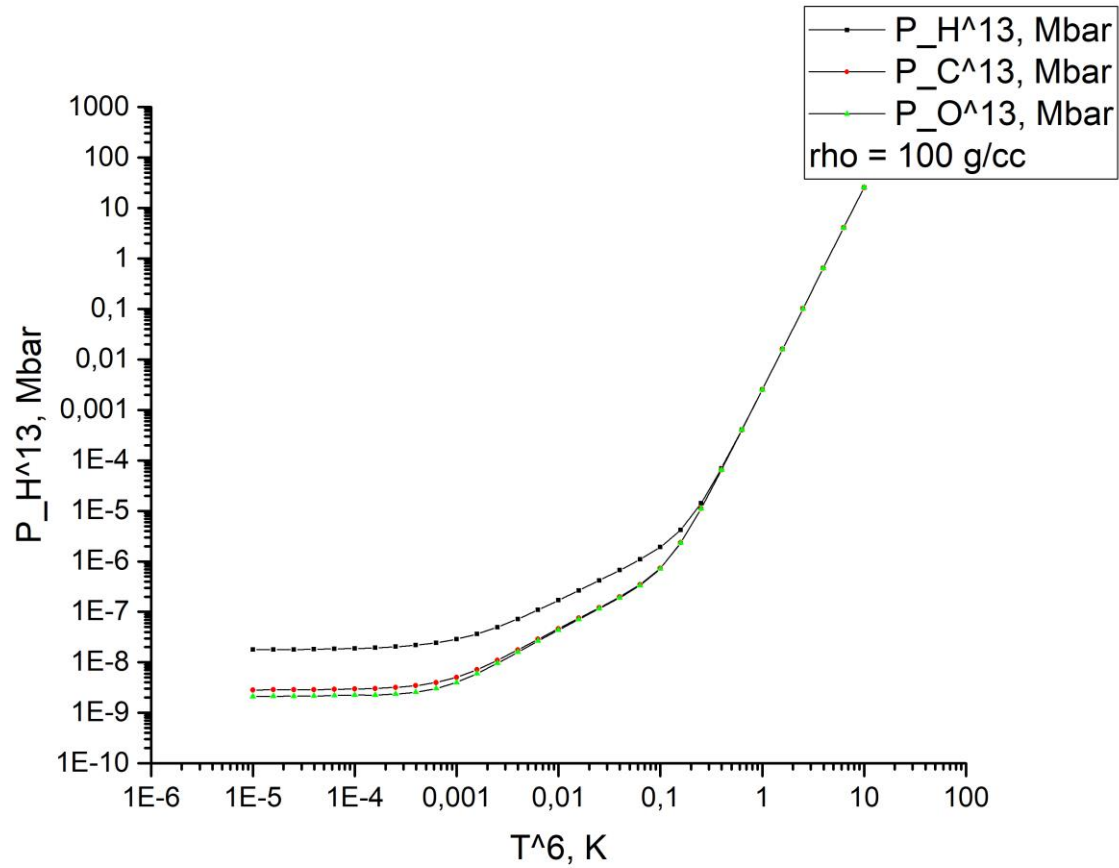
Наблюдения



Наблюдения



Различия для разных химсоставов



ИТОГИ

- Учёт стадии кристаллизации в эволюционных кодах С. И. Блинникова и Н. В. Дуниной-Барковской. Эта стадия особенно важна для массивных объектов.
- Доработка кода для более холодных объектов на поздних стадиях эволюции.
- Объяснение найденных отличий от других эволюционных кодов.
- Использование нового уравнения состояния для моделирования эволюции белых карликов.
- Новая версия уравнения состояния позволяет протянуть эволюционную кривую на область больших возрастов.