

щества и др.) представляют собой настоящий фундамент теории эволюции звезд в ее современной форме. Однако, как уже указано в § 2 гл. 7, более точное описание горячей материи в звездах получается при использовании кинетических уравнений для уходящих нейтрино, а не термодинамического равновесия с нулевым химическим потенциалом нейтрино.

Новые расчеты Четчинина и Имшенника (см. § 3 гл. 7) приводят к уменьшению области неустойчивости ( $\gamma < 4/3$ ).

## § 5. Плотное вещество при низких температурах

Свойства вещества при нулевой температуре описаны в гл. 6. Каковы изменения в давлении и плотности энергии при низких температурах, когда только начинают включаться тепловые эффекты? Плотность энергии излучения  $\varepsilon = \sigma T^4$ , плотность тепловой энергии невзаимодействующих ферми-частиц  $\varepsilon_T = \text{const } T^2 \cong \cong nkT (kT/E_F)$ . Тепловое давление равно  $P_T = \frac{2}{3} \varepsilon_T$  в нерелятивистском случае и  $P_T = \frac{1}{3} \varepsilon_T$  в релятивистском случае. Точные значения этих вкладов важны при расчете охлаждения нейтронных звезд.

Как показали Гинзбург и его сотрудники (см. обзоры 1968; 1969), при низких температурах сильное влияние оказывает сверхтекучесть и сверхпроводимость, которая может реализоваться в плотной материи при температурах, намного выше обычных для сверхтекучести и сверхпроводимости температур от 4 до 20° К. Теплоемкость сверхтекучей материи экспоненциально мала; поэтому время охлаждения ее резко уменьшается.

Реальное значение этих замечаний для астрофизики см. далее в главе о пульсарах.

## § 6. Безразмерная энтропия

В заключение раздела об уравнении состояния получим удобные формулы, дающие выражение энтропии в безразмерных единицах.

Энтропия в классической теории определяется дифференциально:  $dS = dQ/T$  с точностью до постоянной величины; она имеет размерность *кал/г·градус*. Квантовая теория определяет абсолютное значение энтропии. При этом  $S = k \ln W$ , где  $k$  — постоянная Больцмана,  $W$  — вероятность состояния. Пользование тепловыми единицами представляет удобную условность, в рациональной системе  $T$  измеряется в единицах энергии,  $k \equiv 1$ . В этой системе найдем энтропию, приходящуюся на один нуклон  $S_1 = \ln W_1$ . Если система состоит только из нуклонов (полное число нуклонов