

Что и как изучает астрофизика частиц.

Иллюстрации.

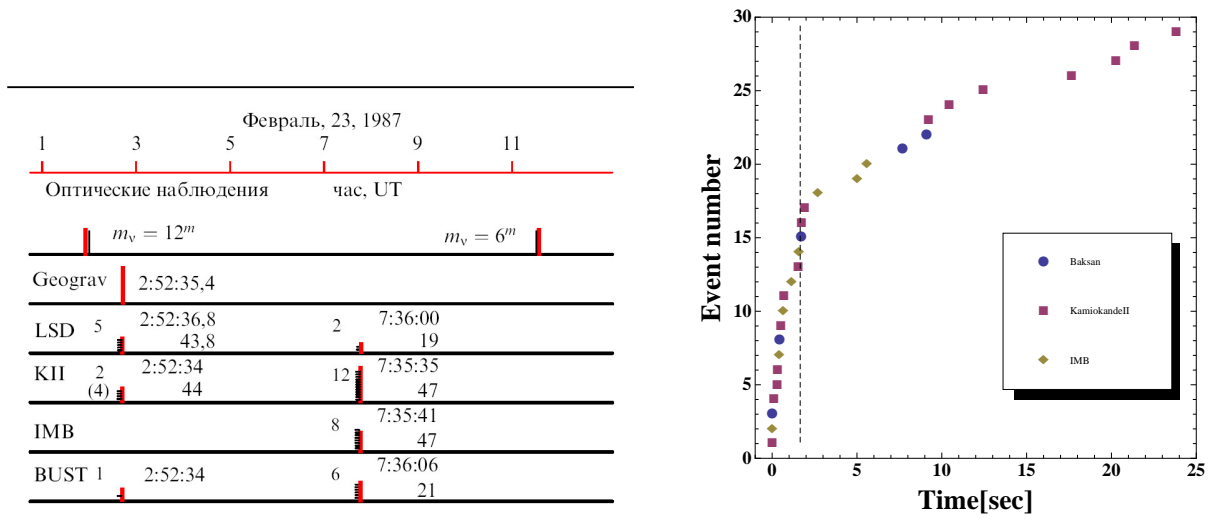


Рис. 1: Зарегистрированный нейтринный сигнал от SN1987A. Слева: схематическая временная развертка сигнала на различных детекторах нейтрино (LSD, К-II, IMB, BUST=БПСТ) с указанием числа зарегистрированных частиц и времен прихода первой и последней частиц в пачке; Geograv – сигнал детекторов гравитационных волн; на верхней линии указана видимая звездная величина сверхновой (источник: О.Г. Ряжская, УФН 176 (2006) 1039). Справа: интегральный нейтринный сигнал “второго пика” по данным детекторов К-II (фиолетовые квадраты), IMB (болотные ромбы) и БПСТ (синие кружочки). Вертикальная штриховая линия отмечает предполагаемый переход от первой нейтринной вспышки к диффузионному хвосту, то есть момент коллапса, при котором ядро стало непрозрачным для нейтрино (источник: F. Vissani et.al., arXiv:1008.4726).

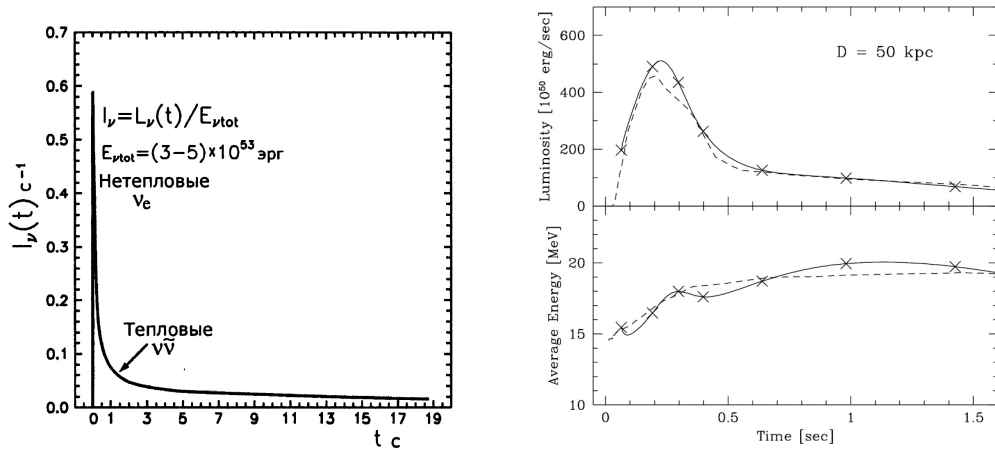


Рис. 2: Ожидаемый теоретически нейтринный сигнал от сверхновой II типа. Слева: моделирование сигнала в источнике по работе Надежина 1978 г., т.е. до SN1987A (источник: А. Засов, К. Постнов, “Общая астрофизика”, рис. 9.1). Справа: моделирование (1997 г.) сигнала в детекторе SuperKamiokande от будущей сверхновой в Большом Магеллановом Облаке – с учетом распространения и детектирования сигнала (источник: Т. Totani et al., astro-ph/9710203).

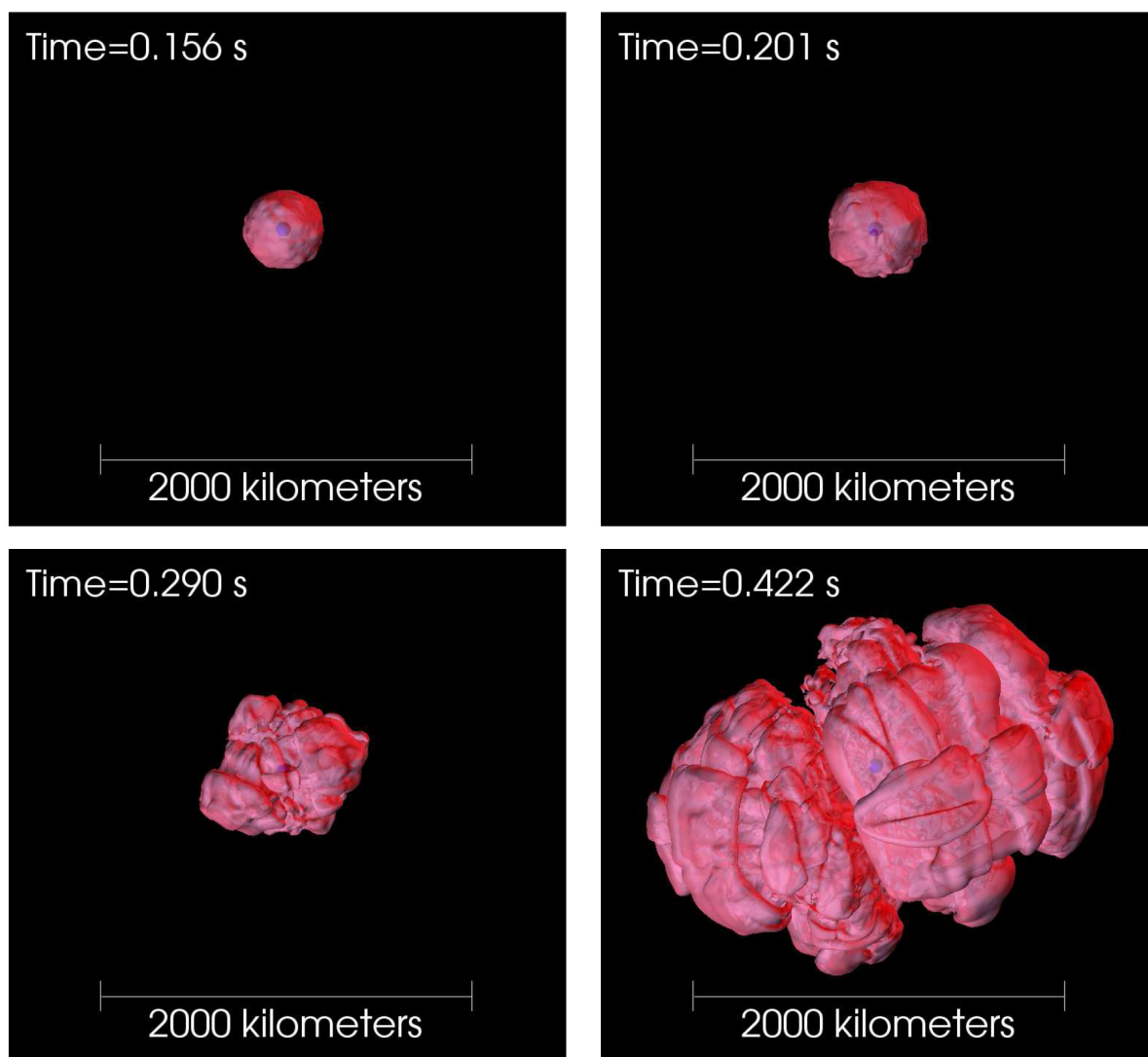


Рис. 3: Результаты трехмерного моделирования пре-взрыва сверхновой II типа. Синий маленький шарик – поверхность постоянной плотности $\rho = 2 \times 10^{12} \text{ g/cm}^3$; розовая поверхность соответствует постоянному параметру $Y_e = 0.47$ – отношению числа электронов к числу барионов, которое влияет на давление. Видно, что процесс далек от центрально- или аксиально-симметричного (источник: J. Nordhaus et al., arXiv:1006.3792).

Задачи.

1. В модели двухстадийного взрыва сверхновой II типа оценить промежуток времени между двумя нейтринными сигналами. Сравнить с наблюдениями SN1987A. *Указание: воспользоваться формулой для потерь энергии на гравитационное излучение, изучив ее качественный вывод в Приложении А.4 к книге Постнова и Засова.*
2. Ограничить сверху сечение нейтрино-нейтринного взаимодействия при соответствующих энергиях на основе того факта, что нейтрино от SN1987A не рассеялись на реликтовых нейтрино. Сравнить с сечением Стандартной модели.
3. Ограничить сверху массу нейтрино из продолжительности второго нейтринного сигнала от SN1987A, считая справедливой каноническую модель коллапса в части времени излучения основного нейтринного сигнала. Сравнить с другими ограничениями. *Указание: продолжительности сигналов определяются из рис. 1; диапазон энергий зарегистрированных нейтрино: (6–35) МэВ в КП, (12–23) МэВ в БПСТ, (20–40) МэВ в ИМВ. Более точная информация приведена в статье: В.Л. Дадькин, Г.Т. Зацепин, О.Г. Рязская, УФН **158** (1989) 139.*
4. Ограничить сверху заряд нейтрино из продолжительности второго нейтринного сигнала от SN1987A, считая справедливой каноническую модель коллапса в части времени излучения основного нейтринного сигнала. Сравнить с другими ограничениями.
5. Уточнить обсуждавшееся на лекции ограничение на размер дополнительных пространственных измерений, рассмотрев конкретные процессы излучения калуца-клейновских гравитонов и используя более точные оценки соответствующих сечений. Сравнить полученные ограничения с первыми ограничениями ЛНС, см. arXiv:1101.4919 и приведенные там ссылки.