Сверхновые как средство изучения Вселенной

DOI: 10.34854/ICPAF.2023.50.2023.1.1.012

1,2,3Глазырин С.И., 1,3Урвачев Е.М., 1,3Блинников С.И.

1ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики
 им. Н.Л. Духова», Москва, Россия, glazyrin@vniia.ru
2Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия
3НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Являясь яркими событиями в жизни любой галактики, сверхновые представляют инструмент для изучения как крупномасштабной структуры, так и удалённых частей Вселенной. Развитие астрономии позволило открывать такие вспышки сотнями за сутки в автоматическом режиме, что значительно повысило точность этого инструмента в последнее время. Его применение основано на обработке наблюдаемых данных - спектров, кривых блеска, которые также несут множество информации о плазменных процессах в сверхновых. Экстремальные состояния вещества в звезде позволяют изучать эффекты, недоступные для лабораторного исследования на Земле. Гидродинамические и радиационные процессы являются доминирующими, а в условиях звёздных масштабов может происходить практически неограниченный рост различных неустойчивостей, что проявляется в наблюдательных данных. В докладе будут обсуждаться процессы в некоторых типах сверхновых, важных для космологии, и возможности, которые они предоставляют для изучения Вселенной. Одни объекты — термоядерные сверхновые (SNIa), благодаря которым было открыто ускоренное расширение Вселенной [1]. Кривая блеска таких сверхновых имеет особенность: абсолютная светимость в максимуме коррелирует с шириной кривой блеска — соотношение Псковского-Филлипса [2], что и позволяет их использовать в космологичских приложениях. Это соотношение получено эмпирически, теоретическое его обоснование пока находится на стадии дискуссий в литературе. Вспышки SNIa возникают при термоядерном горении белых карликов в двойных системах: при слиянии звезд, либо из-за развития неустойчивостей в результате аккреции. Фундаментальная проблема таких сверхновых связана с физикой горения, его неустойчивостями, турбулентностью, а также переходом в детонацию. Наблюдаемые параметры остатков сверхновых, распределения элементов позволяют также обогатить наши знания о горении. Из-за сложности с теоретическим обоснованием соотношения Псковского-Филлипса, такие сверхновые не могут быть использованы напрямую в космологии при измерении расстояний до удалённых объектов, а требуют калибровки. Другой класс сверхновых, у которых наблюдаются узкие линии в спектре, позволяют построить прямой метод измерения расстояний [3]. Метод строится на основе того, что в таких объектах свечение определяется фронтом радиативной ударной волны. Хотя проверка метода на нескольких объектах показывает хорошую точность, многомерные эффекты вносят неопределённость. Плотный тонкий слой, который следует за головной ударной волной, в многомерной динамике может быть неустойчив и фрагментироваться, что скажется на эффективности свечения. Эти сверхновые помимо вклада в космологию представляют интерес для проверки моделей радиационной гидродинамики.

Литература

1. A. Riess et al. ApJ 116, 1009 (1998); S. Perlmutter et al. ApJ 517, 565 (1999).
2. Yu. Pskovskii Sov. Astron 21, 675 (1977); M. Phillips ApJ 413, 105 (1993).
3. П.В. Бакланов и др. Письма в ЖЭТФ 98, 489 (2013).