АННОТАЦИЯ

диссертация на соискание степени «доктор философии» (Ph.D)
по специальности «6D060500-Ядерная физика»

ХАСАНОВ МАНАС КАБЫЛТАЙЕВИЧ

ГЕНЕРАЦИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ В МАГНИТОСФЕРЕ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

В диссертационной работе представлены результаты генерации гамма излучения за счет циклической реакций Pb-Bi а также распространения гамма излучения в сильном магнитном поле нейтронной звезды.

Актуальность темы

В классической области гамма-астрономии атмосфера непрозрачна, поэтому наблюдения возможны только из космоса с использованием спутников. Благодаря специализированным спутникам - Cos B (работает в 1975-1982 гг.), Комптоновская гамма-обсерватория (инструмент EGRET - Энергетический эксперимент по гамма-излучению) Телескоп - телескоп для эксперимента в области жесткого гамма-излучения, 1991-2000 гг., AGILE (Astro-rivelatore Gamma a Immagini, LEggero - легкий космический телескоп для съемки в гамма-диапазоне, с 2007 г.), Космическая обсерватория им. Э. Ферми (с 2008 г.) - открыт диффузный фон, точечные и протяженные источники гамма-излучения. Большинство точечных источников (если не все) связаны с компактными объектами, нейтронными звездами и черными дырами звездной массы внутри Галактики, а также с активным ядром галактики, в котором расположены сверхмассивные черные дыры. Расширенные источники представлены плотными молекулярными облака, в которые они вносят гамма-излучение. Те же источники в далеких галактиках, по-видимому, создают изотропный диффузный фон.

Нейтронная звезда является одним из возможных результатов эволюции массивных звезд. Эти компактные объекты не только имеют интересные астрофизические проявления, но и представляют большой интерес для фундаментальной физики. Три Нобелевские премии уже были присуждены за исследования нейтронных звезд (за открытие радио-пульсаров, за открытие двойного пульсара и проверку общей теории относительности, а также за развитие рентгеновской астрономии).

В настоящее время только 25 нейтронных звезд были обнаружены в оптическом и ближнем ИК диапазонах, около ста в гамма-диапазоне и около двухсот в рентгеновском диапазоне, по сравнению в радиодиапазоне было обнаружено примерно 2000 нейтронных звезд.

Однако, имеющиеся данные еще не позволяют сделать определенные выводы о механизме излучения пульсара в гамма диапазонах. Поэтому получение новых данных и построение теоретических моделей об излучении НЗ в этих диапазонах очень важно.

Процессы, связанные с образованием, эволюцией и превращением нейтронных звезд в черную дыру, являются наиболее мощными взрывными процессами во Вселенной: сверхновыми, гиперновыми, килоновыми звездами и гамма-всплесками. В связи с появлением мультимедийной астрономии эти объекты можно наблюдать на космологических расстояниях и, следовательно, использовать их для изучения свойств и структуры вещества в экстремальных состояниях. В последние десятилетия объем наблюдательных материалов увеличился в несколько раз, но некоторые ключевые моменты, связанные с природой и механизмами звездных взрывов и гамма-всплесков, так и остались загадкой.

Считается, что яркость типа 1a (SN 1a) в максимуме постоянна, в результате чего они идеально подходят для роли указателей расстояния во Вселенной. В результате взрыва SN 1a белый карлик превращается в нейтронную звезду. Но из-за некоторых проблем в объяснении данных наблюдений необходимы исследования, направленные на выявление механизма взрыва (SN 1a), генерации и распространения излучения в начальный и конечный моменты взрыва, а также определение структуры магнитных полей в джетах гамма-вспышек. На эти вопросы можно ответить с помощью компьютерного моделирования процессов, происходящих в глубинах и на поверхности нейтронной звезды, механизмов генерации и распространения излучения в магнитосфере НС, а также высокоточных измерений спектра, интенсивности и поляризация излучения звезды. К сожалению, поляризационные наблюдения SN 1a, особенно на ранних стадиях расширения оболочки, а также собственное и раннее оптическое излучение гамма-всплесков немногочисленны. Поляризация собственного оптического излучения от гамма-всплесков еще не зарегистрирована; Есть только несколько измерений поляризации послесвечения.

Нейтронные звезды не имеют внутренних ресурсов, чтобы восполнить энергию, которая теряется различными типами излучения, и в течение миллионов лет она постепенно угасает, превращаясь в мертвый объект. Однако,

если аккреция происходит на поверхности нейтронной звезды, она восстановит свою энергию.

Аккреция вызывает сложные магнитогидродинамические и ядерные процессы как на поверхности, так и внутри нейтронной звезды. Аккреция запускает цепочку ядерных реакций, которые служат эффективным источником энергии. В этом случае кора нейтронной звезды становится нестабильной, что приводит к появлению неравновесных процессов, таких как расширение коры, звездные толчки на поверхности нейтронной звезды и процессы диффузии нейтронов во внутренние слои. Однако, когда аккреция заканчивается, нейтронная звезда снова начнет терять энергию. Используя чувствительные рентгеновские телескопы и специальные методы наблюдения, мы можем обнаружить сигнатуры этих процессов: температура нейтронной звезды повышается во время эпизодов аккреции, но затем постепенно снижается. В частности, детальное картирование «кривой охлаждения» нейтронной звезды может дать уникальное представление о ее внутренней структуре, что является одной из основных задач изучения нейтронной звезды.

Сегодня имеющиеся данные еще не позволяют сделать определенные выводы о механизме пульсарного излучения в гамма диапазонах, поэтому теоретически изучаются ядерные реакции, протекающие на этих объектах, интенсивно. Циклическая ядерная реакция Pb-Bi, впервые рассмотренная Д. Клейтоном играет важную роль в объяснении нуклеосинтеза тяжелых элементов, взрывов новых и сверхновых звезд. Поэтому подробные расчеты, связанные с ядерной реакцией цикла Pb-Bi и всех его подциклов, а также расчеты интенсивности гамма-излучения по циклу Pb-Bi актуальны сегодня для объяснения механизма пульсарного излучения в гамма-излучении. Сверхсильные магнитные поля некоторых нейтронных звезд так называемых магнетаров могут приводить к нелинейным квантовым электродинамическим эффектам (таким как поляризация вакуума), которые важны для процессов облучения. Поэтому все эти различные свойства нейтронной звезды представляют большой интерес для теоретической астрофизики физики неидеальной плазмы и ядерной физики.

Цель работы

Основной целью работы является изучения механизмов генерации и распространения гамма-излучения в неравновесных процессах на коре и магнитосфере НЗ.

Объектом исследования - кора и магнитосфера нейтронных звезд.

Предмет исследования - генерация гамма-лучей циклической реакцией Pb-Bi в коре нейтронных звезд и распространение ее в магнитосфере.

Методы исследования.

Аналитические и численные методы, компьютерное моделирование.

Задачи исследования. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– Моделирование циклических реакций Pb-Bi.

– Определение интенсивности излучения по циклу Pb-Bi.

– Определение относительного времени задержки двух нормальных мод гамма-излучения, проходящего через магнитосферу нейтронной звезды.

Положения, выносимые на защиту:

– Цикл Pb-Bi имеет дополнительные под циклы в диапазоне нейтронных потоков $10^{13} - 10^{18}$нейтрон/см^2, поэтому полный цикл Pb-Bi в указанном диапазоне нейтронных потоков содержит Tl206, Pb206-Pb209, Bi209-Bi210, Po210-Po211.

– Интенсивность гамма-излучения полного цикла Pb-Bi, который происходит на поверхности нейтронной звезды под действием потока межзвездного вещества, составляет порядка 10^{18} фотон / см^2 сек.

– Гамма-излучение, прошедшее через магнитное поле нейтронной звезды, распадается на две нормальные моды, которые задерживаются относительно друг друга на 10^{-8} сек.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые

– Определен изотопный состав и полный цикл Pb-Bi.

– Рассчитана интенсивность гамма-излучения цикла Pb-Bi на поверхности нейтронной звезды.

– Рассчитана зависимость относительной задержки по времени между двумя нормальными модами от гамма-излучения, прошедшего через магнитное поле нейтронной звезды.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Определение параметров циклических реакций Pb-Bi в диссертационной работе, позволяют определить ряд проблем, связанных с содержанием элементов в результате звездного нуклеосинтеза, и уточнить генерацию гамма излучения. Также определение деталей распространения гамма-лучей через дипольную и

квадрупольную магнитосферу нейтронных звезд дает нам альтернативный метод измерения параметров магнитного поля нейтронной звезды.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается публикациями в рецензируемых научных журналах и участием в международных конференциях.

Личный вклад автора.

Вместе с научными руководителями автор принял участие в постановке задачи и предложил рассмотреть расширенную циклическую реакцию Pb-Bi. Автор разработал программный пакет «IBUS» для работы с файлами ENDF и для расчета энерговыделения при циклической реакции. Автор также написал код с использованием «Mathematica» для расчета задержки электромагнитного импульса.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ: 3 в журналах из Перечня ККСОН МОН РК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание степени PhD и 1 статей в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором, входящих в международный информационный ресурс Scopus (Elsevier, Нидерланды); 4 работ в сборниках Международных научных конференций, в том числе 1 в материалах зарубежных конференций.

Апробация диссертационной работы. Результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались:

– на Международной научной конференции «Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics, and Relativistic Field Theories» (2018, Rome, Italy);

– на Международной научной конференции «Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics, and Relativistic Field Theories» (2018, Rome, Italy);

– на Международной научной конференции научной, посвященная 80-летию академика НАН РК Абдильдина М.М. Абдильдинские чтения: «Актуальные проблемы современной физики» (2018, Almaty).

– на Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» (2016, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан);

– на Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» (2017, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан);

– Международный научный форум «Ядерная наука и технологии». - Алматы, 2017.

Связь темы диссертации с планами научных работ. Работа выполнена в рамках планов научных проектов Министерства образования и науки Республики Казахстан «Движение вращающихся протяженных тел в гравитационных полях» (2015-2017), «Численное исследование динамики пробных тел в поле протяженных тел с внутренней структурой в общей теории относительности (2018-2020) ».

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 2 разделов, заключения и списка использованных источников из 149 наименований, содержит 100 страниц, включая 20 рисунок.