

Заявка на конкурс научных работ ИКИ

1. Авторы: Поутанен Ю., Сулейманов В.Ф.
2. Цикл работ по моделям излучения быстро вращающихся нейтронных звезд
3. Ссылки на публикации

- [1] Salmi T., Nättilä J., **Poutanen J.**,
Bayesian parameter constraints for neutron star masses and radii using X-ray timing observations of accretion-powered millisecond pulsars,
2018, A&A, 618, A161 (Impact factor 2017, IF=5.565)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833348>
- [2] **Suleimanov V.F., Poutanen J.**, Werner K.,
Accretion heated atmospheres of X-ray bursting neutron stars,
2018, A&A, 619, A114 (IF=5.565)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833581>
- [3] **Suleimanov V.F., Poutanen J.**, Werner K.,
Observational appearance of rapidly rotating neutron stars. X-ray bursts, cooling tail method and radius determination,
2020, A&A, 639, A33 (IF 2019=5.636)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202037502>
- [4] Salmi T., **Suleimanov V.F., Poutanen J.**,
Effects of Compton scattering on the neutron star radius constraints in rotation-powered millisecond pulsars,
2019, A&A, 627, A39 (IF 2018 =6.209)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935442>
- [5] Salmi T., **Suleimanov V.F., Nättilä J., Poutanen J.**,
Magnetospheric return-current-heated atmospheres of rotation-powered millisecond pulsars,
2020, A&A, 641, A15 (IF=5.636)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202037824>
- [6] **Poutanen J.**,
Accurate analytic formula for light bending in Schwarzschild metric,
2020, A&A, 640, A24 (IF=5.636)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202037502>
- [7] **Poutanen J.**,
Relativistic rotating vector model for X-ray millisecond pulsars,
2020, A&A, 641, A166 (IF=5.636)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038689>

4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Свойства вещества при плотностях, превышающих плотность атомных ядер, являются до сегодняшнего времени неизвестными. Изучение свойств такого сверхплотного вещества представляет из себя фундаментальную физическую проблему, в решении которой астрофизические наблюдения могут сыграть решающую роль. Такая высокая плотность вещества достигается в ядрах нейтронных звезд (НЗ), и от его свойств, в частности упругости, зависят их радиусы. Поэтому определение радиусов НЗ является актуальной астрофизической задачей, способствующей решению фундаментальной физической проблемы.

Для определения радиусов НЗ необходимо иметь правильную теоретическую модель их спектров излучения. Сравнивая теоретические спектры излучения НЗ, вычисленные при различных значениях их параметров, в том числе и радиуса, с наблюдаемыми спектрами излучения и кривыми блеска НЗ, можно определить их радиусы.

5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

Астрофизическими источниками, наиболее подходящими для определения радиусов НЗ являются рентгеновские барстеры и миллисекундные рентгеновские пульсары, как аккрецирующие, так и радиопулсары, горячие полярные шапки которых излучают в рентгеновском диапазоне. В барстерах излучение производится за счет энергии термоядерного горения. Излучение аккрецирующих миллисекундных пульсаров производится при падении вещества из аккреционного диска на поверхность НЗ. А рентгеновское излучение миллисекундных радиопулсаров производится в полярных шапках, нагретых потоком релятивистских частиц. В представленных работах разработаны методы расчетов излучения с поверхности быстровращающихся НЗ в указанных источниках. Учтены эффекты специальной и общей теории относительности, отклонение формы НЗ от сферической и поляризация излучения.

6. Используемый подход, его новизна и оригинальность

Для моделирования выходящего спектра излучения исследованных объектов используется метод моделей атмосфер, суть которого состоит в совместном расчете физической структуры верхних слоев излучающей области с полем излучения в них. В представленных работах было учтено, что энергия падающих частиц выделяется по всей толще моделируемых слоев (атмосфере) НЗ. Расчет формы НЗ за счет вращения был проведен новым упрощенным методом, базирующимся на точных релятивистских расчетах вращающихся НЗ. Искривление лучей света в поле тяготения НЗ и изменение энергии фотонов также учтено новым приближенным способом, который позволяет ускорить расчеты в тысячи раз. Для расчета поляризации наблюдаемого излучения от вращающихся НЗ были выведены аналитические формулы.

7. Полученные результаты и их значимость

Проведено моделирование атмосфер и спектров излучения рентгеновских барстеров, дополнительно нагреваемых быстрыми ионами на поздних стадиях затухания рентгеновских вспышек. Показано, что наблюдаемая спектральная эволюция барстеров на этих стадиях хорошо описывается такими моделями. Разработанная при этом методика использовалась для моделирования относительно холодных атмосфер миллисекундных пульсаров, нагреваемых релятивистскими электронами. Показано, что спектры и угловое распределение выходящего излучения в этом случае сильно отличаются от зависимостей, рассчитанных для стандартных моделей атмосфер, когда велика доля электронов относительно низких энергий с Лоренц-факторами ниже 100. Разработанные модели будут использованы для определения масс и радиусов НЗ по данным рентгеновского телескопа NICER.

Разработана методика расчета формы быстровращающейся НЗ, если в качестве начальных параметров наряду с частотой вращения заданы масса и радиус невращающейся НЗ. Разработана методика расчета спектров таких звезд, в том числе с помощью интерполяции в рассчитанной ранее обширной сетке спектров моделей атмосфер горячих НЗ для получения локального спектра вращающейся НЗ в каждой точке ее поверхности. Разработана методика расчета спектральной эволюции термоядерной вспышки на поверхности вращающейся НЗ. Итоговый метод применен для изучения термоядерной вспышки на поверхности НЗ в источнике SAX J1810.8–2609, которая вращается с частотой 532 Гц. Показано, что без учета вращения радиус НЗ может быть завышен на 0.6–1.2 км.

Для учета искривления лучей света в поле тяготения компактных объектов предложено новое аналитическое выражение, которое ускоряет расчеты в тысячи раз по сравнению со стандартными методами. Получены формулы для учета влияния вращения НЗ в миллисекундных пульсарах на фазовое изменение поляризации излучения, которые будут необходимы для интерпретации данных космического рентгеновского поляриметра IXPE.