

АВТОРСКА СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ

на гл.ас.д-р Янко Маринов Николов

Конкурс за заемане на академична длъжност „доцент” в Института по Астрономия с Национална Астрономическа Обсерватория, БАН на тема: „Характеристики на междузвездната среда и околосвездното вещество при взаимодействащи двойни звезди“.

Междузвездната среда се обогатява от вещество, изхвърлено при избухване на нови и свръхнови звезди. Поради тази причина физичното и състояние и химичен състав са важни за разбирането на химичната история на Вселената, формирането и еволюцията на звезди и техните планетарни системи. Двата основни компонента на междузвездната среда са газът и междузвездните прахови зърна. Познанията за физиката на междузвездният газ и прах се получават от наблюдение на поглъщането на светлина и междузвездната поляризация.

Основният метод на работа, който използвам последните години, представлява спектрополяриметричните наблюдения. Спектрополяриметрията е мощен инструмент за изследване на междузвездната среда и околосвездното вещество при взаимодействащи двойни звезди и дава информация за:

- геометрията на изхвърления материал след избухването на нови звезди
- образуване на прах часове/дни след избухването на нова.

Стъпките при анализиране на поляризирана светлина от наблюдаваните обекти са няколко:

- Променливата поляризация при наблюдаваните звезди е индикатор за собствена поляризация при тях.
- Зависимостта на степента на поляризация от дължината на вълната дава информация за процеса на разсейване – разсейване на Ми (в синята част на спектъра степента на поляризация е по-висока, отколкото в червената част на спектъра); Томпсъново разсейване от свободни електрони (не се наблюдава зависимост на степента на собствена поляризация от дължината на вълната).
- Позиционния ъгъл на собствена поляризация дава информация за ориентацията на равнината на разсейване.
- Поляризационния поток в линията $H\alpha$ дава информация за радиалните скорости на различните компоненти на изхвърленото вещество.

1. Изследване на междузвездната поляризация към избрани обекти.

Най-голямото предизвикателство при анализа на поляризираната светлина при астрономичните обекти представлява междузвездната поляризация, ето защо преди анализ на наблюдаваната поляризация при обектите е необходимо да се определи междузвездната поляризация. Междузвездната поляризация може да бъде доминиращ компонент в наблюдаваната поляризация, особено за обекти, намиращи се близко до Галактичната равнина.

Наблюдаваната поляризация е векторна сума от междузвездна и собствена поляризация при обектите, като в оптичната област на спектъра междузвездната поляризация се описва със закон на Серковски (Serkowski et al., 1975. *Agron. J.* 196, 261).

Съществуват няколко методики при определяне на междузвездната поляризация по посока на изследваните обекти. Предпочитаният от мен метод е т.нар. “field stars method”, при който се получава информация за междузвездната поляризация чрез изследване на звезди в полето на обекта, на близко ъглово разстояние. Друг метод е чрез използване на деполяризиращ ефект в емисионните линии. Понякога при използване на този метод може да се загуби ценна информация за зависимостта на степента на поляризация от дължината на вълната (Nikolov, Y et al., 2023, *A&A*, 679, A150).

Спектрополяриметрични наблюдения на звезди по посока на повторно новата T CrB дадоха възможност да се направят 3D карти на разпределението на междузвездния прах, да се оценят размера на праховите зърна и да се пресметне екстинкцията към обектите. В момента T CrB е изключително актуална звезда за изследване, като актуалността е свързана с очакваното и избухване като нова (2025.5 ± 1.3 , Schaefer, B. E. 2023a, *MNRAS*, 524, 3146), където тя ще стане видима с невъоръжено око. Направени са и две 3D карти на екстинкцията по посока на T CrB, като са използвани данни от каталози, включващи изследването на The diffuse interstellar bands (DIBs) в полето на звездата. От получените данни може да се заключи, че междузвездният прах се намира на разстояние до 400 парсека по посока на T CrB. Сравнението на различни методики показва, че има съгласуваност при получаване на екстинкцията, използвайки спектрополяриметрични наблюдения и чрез еквивалентната ширина на различни междузвездни ивици (DIBs). Направена е и спектрална класификация на наблюдаваните звезди, като резултатите, получени от FoReRo2 са сравнени с такива, публикувани в различни каталози (Nikolov, Y., 2022, *New Astronomy*, 97, article id. 101859). Анализът на спектрополяриметричните наблюдения с инструмента FoReRo2 показва, че няма собствена поляризация при T CrB.

Бъдещи спектрополяриметрични изследвания на междузвездната среда включват определяне на междузвездната поляризация и екстинкция по посока на младия разсеян звезден куп NGC 2244. Това е една задача, която започнахме съвместно с Надежда Калчева, Department of Physics and Astronomy, University of Wisconsin Oshkosh. За момента резултат от тази работа е представен във вид на постер: Yanko Nikolov, Nadejda Kaltcheva “Spectropolarimetry of stars in the open cluster NGC 2244” на European Astronomical Society Annual Meeting, 10.07.2023 – 14.07.2023, Краков, Полша.

2. Спектрополяриметрични наблюдения на повторно новата RS Oph след избухването и през 2021 година.

Спектрополяриметрични наблюдения преди избухването на RS Oph показват, че звездата няма собствен компонент на поляризация (Nikolov, Y. M., Zamanov, R. K., Stoyanov, K. A., 2019, *Acta Astronomica*, 69, 4 ; Nikolov, Y et al., 2023, *A&A*, 679, A150).

Дългогодишен въпрос при избухването на нови е как тези избухвания могат да доведат до образуване на прах, въпреки привидно неблагоприятната среда по време на избухването. При системи като RS Oph, изхвърленото вещество по време на термоядреното избухване на повърхността на бялото джудже се сблъсква с вече съществуващ околзвезден материал. Използвахме спектрополяриметрични наблюдения с инструмента FoReRo2 за да покажем, че при този обект собствената поляризация на втория ден след избухването и през 2021 година

се дължи на асиметрични прахови структури. Прахът съществува в първите 9 дни след избухването, през което време постепенно се разрушава.

Зависимостта на степента на собствена поляризация от дължината на вълната дава информация за естеството на процесите на разсейване. Ако разсейването е доминирано от прах, степента на собствена поляризация се увеличава към синия край на спектъра – нещо което е ярко изразено на ден 2 след избухването. Това представлява и едно от най-ранните наблюдения на прах при нови до момента. Обикновено прах се регистрира в инфрачервената област месеци след избухването. Интересно е да се спомене, че времевия интервал на съществуване на прах при RS Oph при последните и две избухвания е сходен, като методиките, с които е регистриран прах са различни. Най-вероятно праховите частици при избухването на RS Oph са се образували в плътни региони, получени при удара на изхвърлената материя при термоядреното избухване на повърхността на бялото джудже с вече съществуващата материя в орбиталната равнина. При това взаимодействие се образуват плътни региони в орбиталната равнина, където част от веществото е защитено от силното излъчване, съпровождащо избухването. Теоретично образуването на прах в тези региони е изследвано от Derdzinski et al. 2017, MNRAS, 469, 1314.

Един от най-важните резултати от изследването е, че поляризационните характеристики на RS Oph след избухването са подобни на тези на активни галактични ядра (AGNs). На базата на спектрополяриметрични наблюдения се стига до идеята за обединения модел при активни галактични ядра (AGNs) (e.g. [Antonucci](#), 1993, Annual Rev. Astron. Astrophys., Vol. 31, p. 473-521). За първи път в научната литература посочваме сходства в поляризираната светлина между тези два различни типа обекти и правим предположението, че сходната геометрия води до подобни характеристики в поляризираната светлина при различни типове обекти.

Сходствата в поляризираната светлина между RS Oph и AGNs се изразява в следното:

- Структура на поляризационния поток в линията H_{α}
- Ориентация на позиционния ъгъл спрямо радио структурите

В поляризационния поток в емисионната H_{α} линия при RS Oph се наблюдава двойна структура, в първата седмица след избухването, като на ден 2-ри след избухването червения компонент има радиална скорост от +3000 км/с, като позиционния ъгъл е отклонен на 90 градуса спрямо синия пик в поляризираната светлина в линията. Синия пик е с радиална скорост от -1200 км/с. По-късно на ден 6- и 7-ми след избухването се наблюдава двупикова H_{α} линия в поляризирана светлина, със структура подобна на някои AGNs. Двата пика при RS Oph съответстват на бавно разширяващ се тор в орбиталната равнина и бързо движещо се вещество, перпендикулярно на орбиталната равнина.

Позиционен ъгъл, успореден на оста на радио излъчване, както е в случая на RS Oph е подобен на наблюдавания при Сийфърт тип 1 галактики (Smith, J. E., et al. 2004, MNRAS, 350, 140), докато позиционен ъгъл, перпендикулярен на оста на радио излъчване се наблюдава при Сийфърт тип 2 галактики (e.g. Antonucci, R. R. J. 1983, Nature, 303, 158; Brindle, C., et al. 1990, MNRAS, 244, 577). Предлагаме, че подобна геометрия, тор и полярни области на разсейване, могат да възпроизведат подобни спектрополяриметрични характеристики.

За тези нови, които образуват екваториална структура (или тор) по време на избухването, геометрията на разсейване ограничава ориентацията на позиционния ъгъл:

успореден или перпендикулярен на този тор, в зависимост от относителния принос на екваториалните и полярни области на разсейване.

Резултатите от спектрополяриметричните изследвания на RS Oph са публикувани в Nikolov, Y et al., 2023, A&A, 679, A150.

Бъдещи спектрополяриметрични наблюдения на други нови могат да бъдат основен аналитичен инструмент за изследване геометрията на изхвърленото вещество и образуването на прах. Планираме да тестваме идеята за ориентацията на позиционния ъгъл спрямо асиметричните структури, които се наблюдават при други повторно нови като T Cru.

Бъдещи спектрополяриметрични изследвания на променливи звезди включват 4U 2206 +54 и X Per. И двете статии са в процес на подготовка, като при X Per се наблюдава и променлива поляризация. При рентгеново двойните звезди, заради приливното взаимодействие на компактният обект и околозвездният диск около Ве звездата, в околозвездният диск се формират области с различни плътности. На базата на спектроскопични наблюдения на X Per се детектира ексцентрична вълна в околозвездният диск около Ве звездата (Zamanov et al., 2020, MNRAS, 499, 3). Най-вероятно променливата природа на собствената поляризация при X Per се дължи също на тази ексцентрична вълна.

Продължаваме със спектрополяриметрични наблюдения на повторно новата T CrB. За момента няма промяна на степента на поляризация и позиционен ъгъл, което изключва хипотезата за формиране на прах преди избухването на звездата. Спектрополяриметрични наблюдения в първите дни след избухването на T CrB биха дали информация за формирането на прах и геометрията на изхвърленото вещество. Спектрополяриметрията дава възможност да се регистрира момента на формиране на прах и асиметрия и да се изследва интересният въпрос дали и колко забавяне има между двата момента.

Важен компонент от спектрополяриметричните наблюдения представляват наблюденията на стандартни звезди. Дългата серия, която имаме на стандартни звезди с висока степен на поляризация, показва че при някои от тях се наблюдава променлива поляризация, която е индикатор за собствена поляризация при звездата (променлива поляризация наблюдаваме при 20% от стандартите с висока поляризация). Данните са събрани и са в процес на анализване, които ще бъдат включени в инструментална статия, описваща инструмента FoRePo2 в спектрополяриметричен режим на наблюдения. Подобни изследвания са изключително полезни за астрономичната общност, занимаваща се с поляриметрични/спектрополяриметрични наблюдения.

3. Изследване за фликеринг при симбиотични звезди

Наши наблюдения в Johnson V and B филтри на EF Aquilae показват наличие на фликеринг, с амплитуди, достигащи до 0.2 звездни вечелини. Това е 11-тата симбиотична звезда (от повече от 200 известни симбиотични звезди) при които за първи път се регистрира фликеринг (Zamanov, R. K., Voeva, S., Nikolov, Y. M., et al., 2017, Astronomische Nachrichten, 338, 6, pp. 680-685).

Симбиотичните звезди понякога крият своята симбиотична природа за значителни периоди от време. При симбиотични звезди, при които акрецията върху бялото джудже се захранва от звездния вятър на червения гигант, характерните емисионни линии могат да отслабнат до спектър, подобен на изолиран спектър на червен гигант. Ако сценарият за орбитално-модулирана скорост на натрупване е правилен (Luna, G. J. et al. 2018a, A&A, 616, A53), тогава ниската скорост на натрупване на вещество се извършват в момента, когато

бялото джудже и червения гигант са най-отдалечени един от друг. Като част от голям научен екип, приносът ми за изследването на южната симбиотична звезда RT Cru включваше фотометрични наблюдения в дистанционен режим с Helen Sawyer Hogg (HSH) телескоп в В, V, и R филтри, както и спектрална класификация на спектри получени през минимума на звездата през 2019 година. На базата на спектрална класификация на тези спектри определихме спектрален клас на червения гигант М6. Резултатите са публикувани в Pujol, A., et al., „Taking a break: paused accretion in the symbiotic binary RT Cru“, 2023, Astronomy & Astrophysics, 670, id.A32.

Регистрирахме фликеринг в U на симбиотичната звезда SU Lyn (Zamanov, R. K., et al. 2023, Bulgarian Astronomical Journal, 38, p. 83).

Бъдещите изследвания на фликеринг при симбиотични звезди включват определяне размера на източника на фликеринг и температурата му за южни симбиотични звезди, наблюдения за които вече получих с Helen Sawyer Hogg (HSH) телескопа, намиращ се в El Leoncito Astronomical Complex, Аржентина в периода 2021г.-2023г. Това включва звезди както със силно изявен фликеринг като RT Cru и V648 Car, така и изследване за фликеринг на кандидати за симбиотични звезди.

Дата: 9 юли 2024г.

С уважение:

Име и фамилия: *Янко Николов*