

## Ефективност на енергоотделянето в тясна двойна система като функция от параметрите на системата

Мария Димитрова

Институт за космически изследвания, БАН

### Въведение

Акрецията на газ върху компактен обект в тясна двойна звездна система, съдържаща компактен обект, е основен източник на енергия за рентгеновата светимост на голям кръг различни по тип астрофизични обекти.

Физичните условия, при които се извършва енергоотделянето, обаче, са твърде комплицирани. При описание на газовото течение в тясна двойна следва да се отчитат гравитационното и магнитното въздействие от страна на компонентите на системата, както и процесите в самото течение – механизмите на вискозно триене и енергообмен вследствие излъчване и поглъщане на лъчение. Пространството около компактният обект следва да бъде разглеждано във всичките му три пространствени измерения.

Всичко това прави точното описание на течението практически невъзможно дори с помощта на числени модели. Още повече, че не са напълно ясни точните формули, описващи вискозните взаимодействия и процесите на излъчване.

На практика за обяснение на различните наблюдателни данни, натрупани през последните десетилетия, се прибегва до приближени модели с различна степен на достоверност, отчитащи едни или други физични процеси.

Сравнително най-пълно е изследвано влиянието на темпа на постъпване на газ в областта около компактният обект. Редица модели правят опит за описанието на различни по тип променливости в рентгеновата светимост като резултат от промяна в темпа на акреция [1–4].

Едва в последните години се правят опити за моделиране на течения при различни вътрешни условия [5–8].

Настоящата публикация е продължение на серия изследвания, направени с цел да се изясни влиянието на всеки един от вътрешните и външните параметри на течението поотделно върху структурата му и респективно – върху рентгеновата светимост, която се отделя в областта, непосредствено около повърхността на компактният обект [3, 9]. И по-конкретно, изследвано е влиянието на параметрите на двойната система – маси на компонентите и разстояние между тях.

Такова изследване има смисъл в два аспекта. От една страна, в случай на ненадеждна идентификация на рентгеновия обект като част от двойна система, ако от параметрите на течението можем да получим указание за параметрите на системата. От друга страна – то допълва познанието за самото течение при отделяне влиянието на различните параметри един от друг.

### Пресмятания и резултати

Изследването се базира на числено моделиране.

Численият модел е построен на базата на Метода на крупните частици [10]. Изчисленията се извършват в неинерциална цилиндрична координатна система, в чийто център е разположен компактният обект.

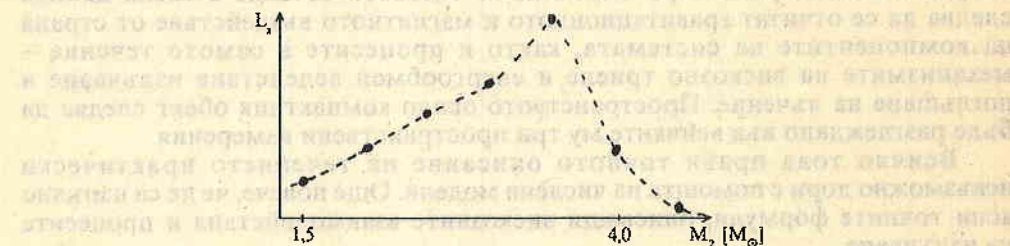
В изходните уравненията са отчетени гравитационните сили от двете компоненти на двойната система, както и центробежните сили. Налягането е сума от газовото илъчистото налягане. Уравнението на енергетичния баланс е записано за случай на оптически плътен слой. Методът е по-пълно описан в предишната публикация [9].

Направени са две серии пресмятания.

В първата, при постоянно разстояние между компонентите на двойната система и компактен обект – неутронна звезда с маса 1.5  $M_{\odot}$ , варира масата на втората компонента. Разгледани са седем случая – 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4 и 4,5 пъти  $M_{\odot}$ .

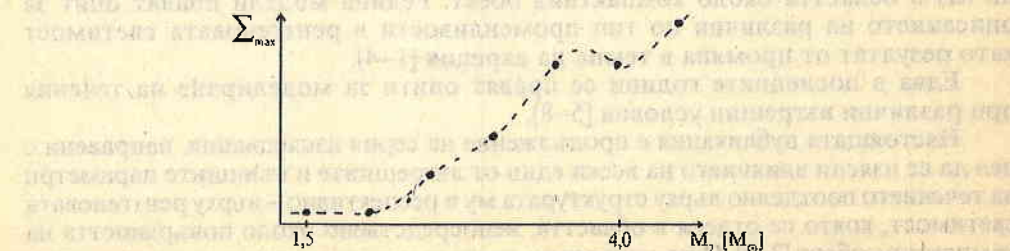
Времевата еволюция, както и в предходните работи, се проследява до момента на установяване на стационарно състояние на газовото течение. За критерий се приема получаването на константна стойност на рентгеновото лъчение от повърхността на неутронната звезда. Критерият е основателен, тъй като това съответства на постоянен темп на падане на газ върху повърхността на обекта.

На фиг. 1 е представена зависимостта на тази постоянна стойност от масата на втората компонента.



Фиг. 1. Зависимост на рентгеновата светимост в тясна двойна система при достигане на стационарен режим от масата на втората компонента

На фиг. 2 е представена зависимостта на максималната повърхнинна плътност, която се установява в течението, отново в различните седем случая.

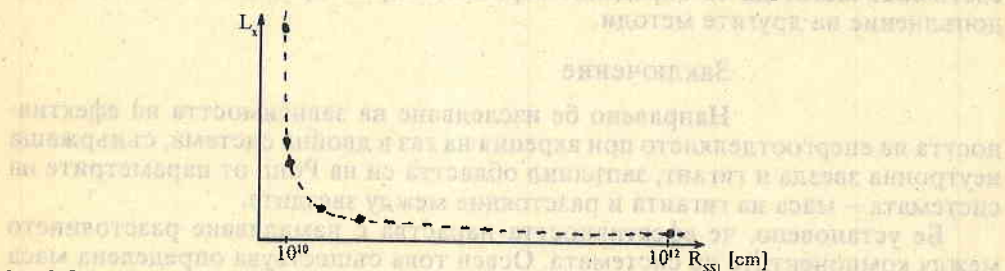


Фиг. 2. Зависимост на максималната повърхнинна плътност на газовото течение в тясна двойна система при достигане на стационарен режим от масата на втората компонента

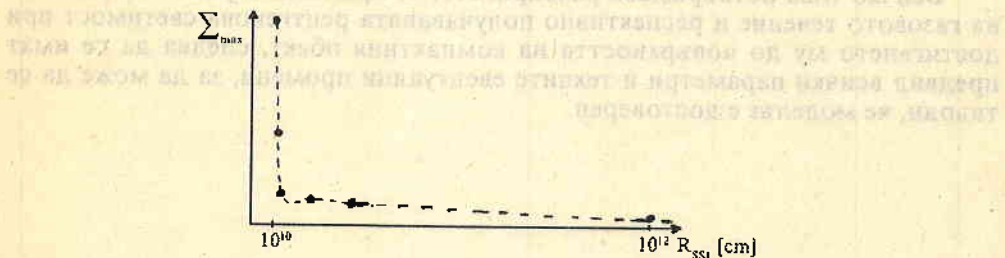
Както се вижда от графиките, рентгеновата светимост е максимална при  $M_2$  от порядъка на  $3,5 M_{\odot}$ , докато максималната плътност е растяща функция на масата на втората звезда.

При втората серия пресмятания, постоянна остава масата  $M_2 = 3,5 M_{\odot}$ . Разгледани са шест случая за разстоянието между компонентите съответно  $10^{10}$ ,  $5 \cdot 10^{10}$ ,  $10^{11}$ ,  $5 \cdot 10^{11}$ ,  $10^{12}$  и  $5 \cdot 10^{12}$  cm.

На фиг. 3 и 4 са представени зависимостите отново на рентгеновата светимост и максималната повърхнинна плътност от това разстояние.



Фиг. 3. Зависимост на рентгеновата светимост в тясна двойна система при достигане на стационарен режим от разстоянието между компонентите на системата



Фиг. 4. Зависимост на максималната повърхнинна плътност на газовото течение в тясна двойна система при достигане на стационарен режим от разстоянието между компонентите на системата

Както се вижда от фигурите, и двете величини намаляват с увеличаване разстоянието между компонентите на двойната система.

При всички пресмятания темпът на постъпване на газ през вътрешната точка на Лагранж в областта около компактният обект е един и същ и е равен на  $10^{-9} M_{\odot}/\text{год}$ .

Структурата на течението във всичките по-горе разгледани случаи е много близка до тази, представена в [3, 9]. Единствено максималната плътност е по-голяма при по-голяма маса на втората звезда, както и при по-малко разстояние между компонентите на системата (фиг. 2 и 4).

### Дискусии

Както се вижда от представените по-горе зависимости ефективността на енергоотделянето при акреция на газ в двойна звездна система зависи не само от темпа на постъпване на газ в областта около компактният обект, но и от параметрите на самата система. Ефективността е по-голяма при по-малко разстояние между компонентите на системата. Освен това е максимална при определено съотношение между масите на двете звезди.

При изследванията на други автори не е обръщано внимание на тези зависимости, вероятно най-вече поради обстоятелството, че разглежданията им са обвързани с конкретни наблюдаеми обекти и са правени съответно при фиксирани параметри на двойната система [1, 3, 5-7].

Когато рентгеновият обект е надеждно идентифициран с конкретна двойна система и параметрите ѝ са уточнени по други критерии, все пак има смисъл да бъдат имани предвид споменатите зависимости в случай, че по наблюдаемата рентгенова светимост се съди за темпа на загуба на маса от страна на втората звезда. Особено в случаите на нестационарни режими на акреция.

При неточно определени параметри на двойната система или ненадеждна идентификация на рентгенов обект с такава, обратно, по рентгеновата светимост могат да се определят вероятни параметри, които да служат за допълнение на другите методи.

### Заклучение

Направено бе изследване на зависимостта на ефективността на енергоотделянето при акреция на газ в двойна система, съдържаща неутронна звезда и гигант, запълнил областта си на Рош, от параметрите на системата – маса на гиганта и разстояние между звездите.

Бе установено, че ефективността нараства с намаляване разстоянието между компонентите на системата. Освен това съществува определена маса на гиганта, при която тя е максимална.

Всичко това потвърждава разбирането, че при моделиране поведението на газовото течение и респективно получаваната рентгенова светимост при достигането му до повърхността на компактният обект, следва да се имат предвид всички параметри и техните евентуални промени, за да може да се твърди, че моделът е достоверен.

### Литература

1. Gaudenzi, S., R. Lombardi, F. Giovannelli, R. Claudi – Adv. Space Res., 8, 1988, 2-3, p. 325.
2. Georgiewa, E., L. Filipov – Adv. Space Res., 8, 1988, 2-3, p. 493.
3. Filipov, L., M. Dimitrova – Adv. Space Res., 11, 1991, 2-3, p. 67.
4. Dimitrova, M. – Аерокосмически изследвания в България, 1996, кн. 13.
5. Whitehurst, R. – MNRAS, 1994, 266, p. 35.
6. Lanzafame, G., G. Belvedere, D. Molteni – MNRAS, 1992, 258, p. 152.
7. Meglicki, Z., D. Wickremasinghe, G.V. Backnell – MNRAS, 1993, 264, p. 691.
8. Sandip Chakrabarti, Diego Molteni – MNRAS, 1995, 272, 1, p. 80.
9. Dimitrova, M. – Аерокосмически изследвания в България, 1997, кн. 13.
10. Белоцерковский, О.М. Выхисленные методы механики сплошных сред. Москва, Наука, 1985.

Постъпила на 10. I. 1997 г.

The efficiency of the energy production  
in a close binary system as a function  
of the system's parameters

*Maria Dimitrova*

(Summary)

In terms of a two-dimensional numerical model in a close binary star system, the efficiency of energy production as a function of the system's parameters is studied. The system is assumed to contain a neutron star and a red giant, that has filled its Roshe lobe. The calculations are made with constant accretion rate through the first Lagrangean point and constant mass of the neutron star, varying, first, the mass of the second star, and then, the distance between the two stars. It is shown that efficiency of energy production depends on both these parameters.