

ВЕРТИКАЛНА СТРУКТУРА И СРАВНЕНИЕ В РАЗВИТИЕТО НА АКРЕЦИОННИТЕ ДИСКОВЕ НА ЛЕБЕД X-1 И СТРЕЛЕЦ A*

Красимира Янкова

Институт за космически изследвания и технологии — Българска академия на науките
e-mail: f7@space.bas.bg

Ключови думи: Акреционен диск, магнитното поле

Резюме: В тази статия се обсъжда взаимодействието на магнитното поле с плазмата. Изградено е адекватно допълнение към модела на радиална структура за магнетизиран адвективен акреционен диск. Разработката е приложена за два реални наблюдаеми източника. Лебед X-1 (Cyg X -1) – кандидат за ниско-масивна черна дупка в ТДС. Стрелец A* (SgrA*) - ядрото на нашата Галактика – представител на супер-масивни черни дупки. Разглеждаме разпределенията на водещите параметри. Анализираме развитието на дисковете в течение на един период. Сравняваме поведението им, като се отчитат характерните разлики и индивидуални особености на обектите.

VERTICAL STRUCTURE AND COMPARISON TO THE DEVELOPMENT OF THE ACCRETION DISKS IN Cyg X-1 AND Sgr A *

Krasimira Yankova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: f7@space.bas.bg

Keywords: Accretion disk, magnetic field

Abstract: This article discusses the interaction of the magnetic field and the plasma. Built is adequately addition to the radial model of advective magnetized accretion disk. The work is applied to two real observable sources. Cygnus X-1 (Cyg X -1) - candidate for low-massive black hole at CBS. Sagittarius A* (SgrA*) - the core of our galaxy: a representative of the super-massive black holes. Consider the distribution of leading parameters. We analyzed the evolution of discs during a one period. Comparing their behavior, taking into account individual characteristic and features of the objects.

Въведение

В поредица от статии ние развиваме един модел свързан с взаимодействието на полето и плазмата в акреционен диск. По рано представихме глобален модел за радиалната структура на диска [1,3], модел за локалната структура [9], както и интерпретация на получените резултати [3,4,5,9]. Доизградихме двумерния модел със 3D-допълнение за първия комплект от уравненията на разцепената пълна система във [2].

Вертикалната структура допълва 2D-модела качествено, като разгръща описателните възможности на глобалния модел като цяло.

Наред с проследяването на еволюцията на водещите параметри дава възможност за онагледяване на специфичните условия [11] завършващи пълнотата на модела.

Също така ако се използва приблизително линейното разпределение на $f_4(x)$ от 2D-модела за граница на диска с короната, от 3D-структурата на диска може да се получат началните разпределения $f_i(x, H)$ за флуида. На долната граница на короната такива условия получени от 2D-структурата: $f_i(x, 0) = f_i(x)$ са некоректни, поради осредняването по z.

В тази статия ние използваме резултатите от 3D-структурата [12], за описание на процесите в конкретни реални източници. Ще работим с два вече добре познати [10] обекти: Cyg X-1 - невидима част от бинарна система (BS) в съзвездието Лебед и ядрото на нашата галактика SgrA*.

3D-допълнение

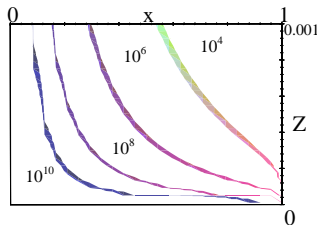
Функциите $f_1(x,Z)$, $f_2(x,Z)$, $f_3(x,Z)$, $f_4(x,Z)$, $f_5(x,Z)$, $f_6(x,Z)$, $f_7(x,Z)$, $f_8(x,Z)$ са съответните разпределения на физическите величини ρ , v_r , v_z , v_s , B_r , B_ϕ и коефициентите ω и k_ϕ в диска в момента $t=1P \sim \Omega_0^{-1}$ ($\varphi_0=0$). За фиксирана координата $Z=const$ или $x=const$ може да получим и разпределението на ниво – профил за дадената координата.

Получените разпределения и профили на водещите параметри в диска описват 3D-структурата на/ в дисковете на обектите:

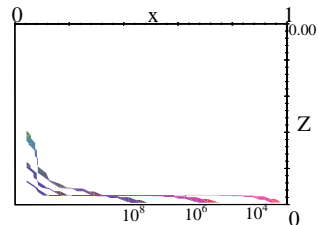
3D-модел на диска в двойната рентгенова система Cyg X-1

В момента на разстилане в ширината на плътностните контури ясно се наблюдават камбановидни максимуми при $x < 0.2$ към центъра. Те са гъсто разположени близо до екваториалната равнина на диска (ЕРД). Което е в съгласие и с поведението на скоростите: Радиалната v_r и вертикалната v_z скорости съществено се различават от константа само в околността на екваториалната равнина.

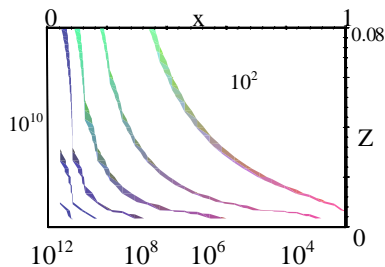
Радиалната скорост в момента $t=1P$ расте с отдалечаване от екваториалната равнина, което значи че акрецията се ускорява с нарастването на височината. Вертикалната скорост претърпява обръщане на знака за различни участъци от диска. В най-външния регион е изцяло отрицателна – това е вследствие втичането от тора в момента $t=1P \sim \Omega_0^{-1}$. По диска вектора се завърта, което се проявява като нарастването и в екваториалната равнина и при вътрешния ръб вертикалната скорост е напълно положителна.



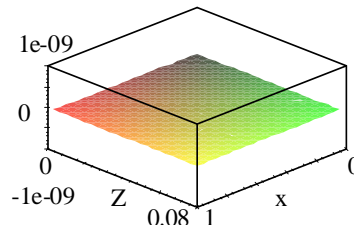
(1a) Профил при $f_1(x, Z) = 10^4; 10^6; 10^8; 10^{10}$ за Cyg X-1, $t=1P$.



(1b) Профил при $f_1(x, Z) = 10^4; 10^6; 10^8$ за Cyg X-1, $t \sim 0$.



(1c) Профил при $f_1(x, Z) = 10^2; 10^4; 10^6; 10^8; 10^{10}; 10^{12}$ за SgrA*, $t \sim \Omega_0^{-1}$.



(1d) Разпределение на $f_1(x, Z)$, за SgrA*, $t \sim 0$.

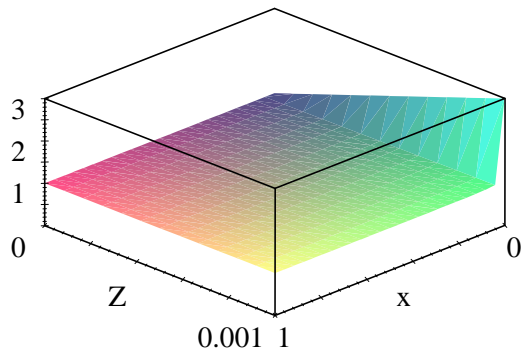
Фиг. 1

3D-модел на SgrA*

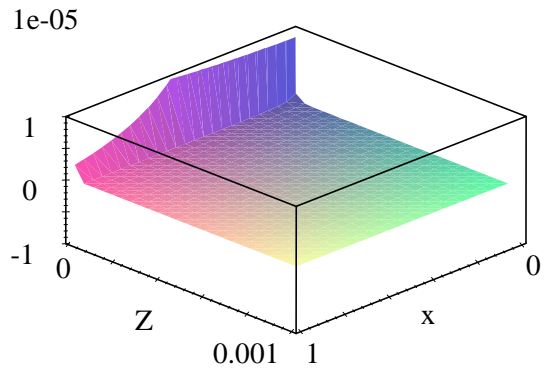
Профилът на този диск за момента $t \approx 0$ е абсолютно празен (в рамката няма контури). Типично поведение при разстилане от тор. Първоначално се спуска само спиралата(те), а впоследствие се запълва и диска. В момента $t \approx 0$ видът и на двете скорости съответства на разстилане на дъщерен диск от тор. На практика те не се отличават от нулата.

Разпределението на радиалната скорост v_r в момента $t=1P \sim \Omega_0^{-1}$, отново показва засилване на акрецията във височина, но по плавно отколкото при двойната.

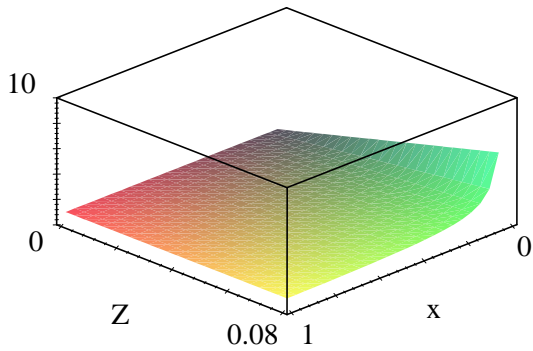
Вертикалната скорост намалява във височина и тук е насочена изцяло към екваториалната равнина на диска (ЕРД). Фунията на джетовете където знака се обръща е ясно отцепена от непрекъснатия диск.



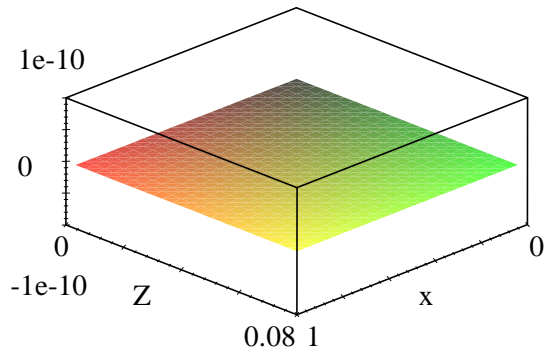
(2a) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост $f_2(x, Z)$ за точката на втичане ($\varphi_0 = 0$) в момента $t = 1P \sim \Omega_0^{-1}$, за Cyg X-1.



(2b) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост $f_2(x, Z)$ за точката на втичане ($\varphi_0 = 0$) в момента $t \approx 0$, за Cyg X-1.

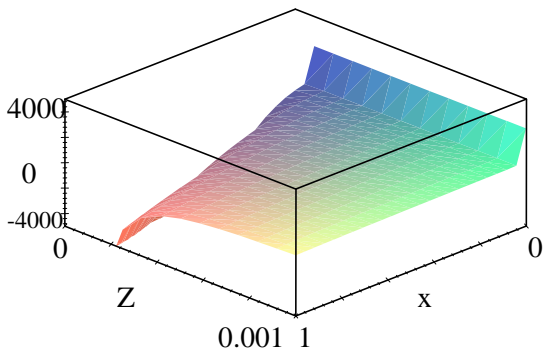


(2c) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост $f_2(x, Z)$ в момента $t = 1P \sim \Omega_0^{-1}$, за Sgr A*.

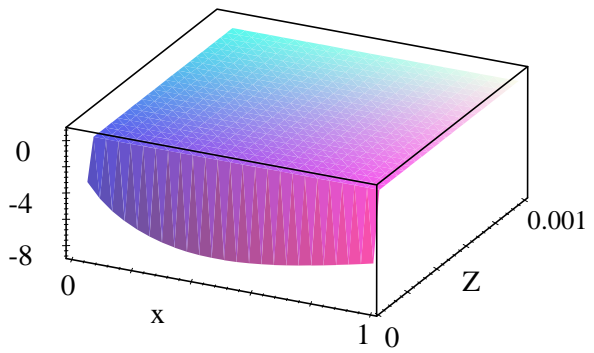


(2d) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост $f_2(x, Z)$ в момента $t \approx 0$, за Sgr A*.

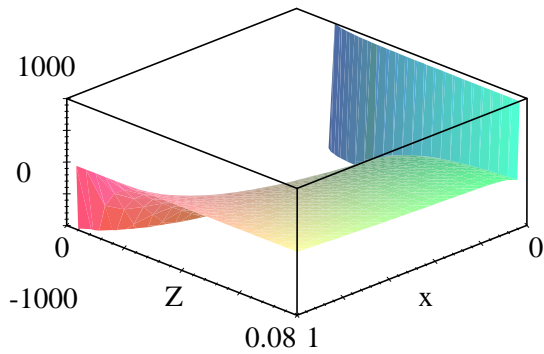
Фиг. 2



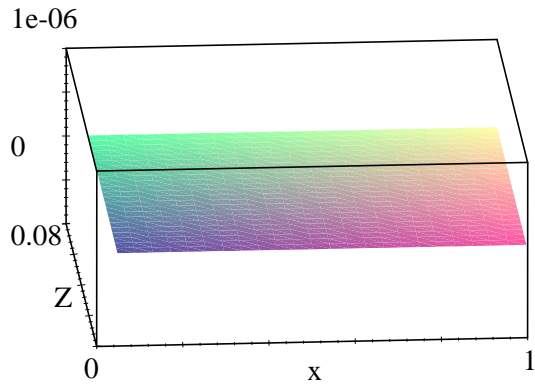
(3a) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост $f_3(x, Z)$ за точката на втичане ($\varphi_0 = 0$) в момента $t = 1P \sim \Omega_0^{-1}$, за Cyg X-1.



(3b) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост $f_3(x, Z)$ за точката на втичане ($\varphi_0 = 0$) в момента $t \approx 0$, за Cyg X-1.



(3c) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост $f_3(x, Z)$ в момента $t = 1P \sim \Omega_0^{-1}$, за $SgrA^*$.



(3d) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост $f_3(x, Z)$ в момента $t \approx 0$, за $SgrA^*$.

Фиг. 3

СПЕЦИФИЧНИТЕ УСЛОВИЯ

Векторите с компоненти $[f_2(x, Z), f_3(x, Z)]$ във всяка точка от равнината (x, Z) представляват векторното поле на скоростта $v(v_r, v_z)$ за $\phi_0=0$ в момента $t=1P \sim \Omega_0^{-1}$.

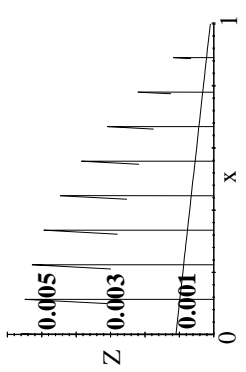
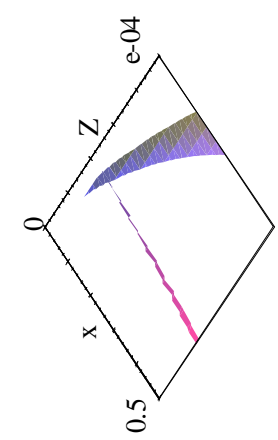
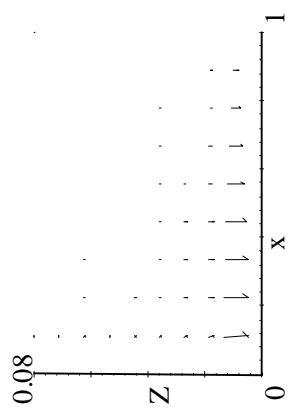
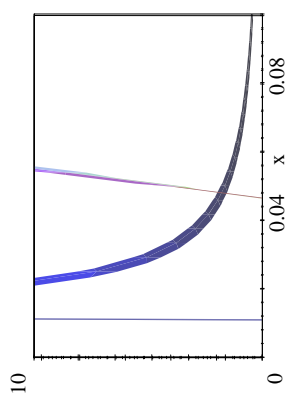
То не променят посоката си (еднопосочни са) и следователно и в двата диска няма конвекция. Последното потвърждава изпълнението на локалното условие $v_a H < v_s \tau$ за устойчивост на смесващите моди [8] по диска.

Векторното поле на диска в ядрото е насочено към ЕРД, но това не означава че МРН потъват. Просто веществото по-ефективно и бързо с помощта на РТН освобождава МЛ от натоварването и ускорява развитието на ПН и короната. Радиалното поле в съответствие със радиалната скорост расте във височина, а ротацията генерира по- силно азимутално магнитно поле в дълбочина (към $Z=0$). Магнитно-ротационните неустойчивости се развиват по-силно с нарастване на височината и не дават индикации за склонност на концентриране към екваториалната плоскост. Всичко това дава основания да се заключи, че короналните магнитни примки отнасят МРН от диска.

Условието на стратификация $|v_a| < |v_s|$ има пряка връзка със раждането на короната, неговото нарушаване в радиално направление по x е възможност да се оцени стойността за външният ѝ радиус на този етап от развитие на системата диск-корона.

При Суг Х-1 това се случва на $x \approx 0.2$. Локалното затопляне в диска показва че именно там той вече не може вече да се охлажда ефективно [11]. Както посочихме по горе в диска няма конвекция, а адвекцията при тези условия е недостатъчен механизъм да удържа целостта на магнитния диск. Затова пък насищането на полето е достатъчно голямо да активира изплаването на магнитните линии и така допълнително да стабилизира диска. Качествено това предполага, че там се намира външния радиус за короната. Двете оценки не само съвпадат помежду си, но и попадат в интервала $(15-250)R_g$ от възможни стойности за сферична корона получени от други автори по независими начини (експериментални и числени оценки[6,7]).

За $SgrA^*$ условието за външния радиус на короната се изтегля навън с приближаване към екваториалната равнина, но навън и дебелината на този диск намалява. Това дава основание да се предположи че короната обхваща целия диск и се влива в тора (при $\sim 60R_g$).

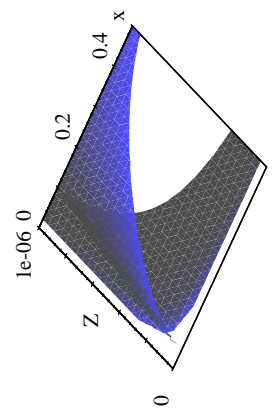
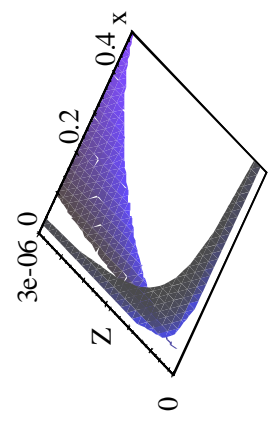
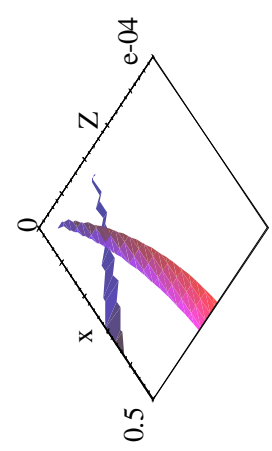
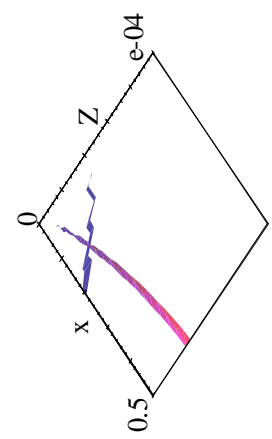


(4a) Векторното поле на $S_{\text{ugX-1}}$ не променя посоката си – няма конвекция.

(4b) $\sim 100R_g$

(4e) Векторното поле на S_{grA^*} също не променя посоката си – няма конвекция.

(4f) $\sim 5R_g$



(4c) $\sim 140R_g$

(4d) $\sim 200R_g$

(4g) $\sim 12R_g$

(4h) $\sim 20R_g$

ФИГ. 4

Заклучения

1. Разпределенията на плътността на флуида и компонентите на скоростта на течението в двата диска, предполагат типичното поведение на всеки от обектите. В ТДС се разстила диска и впоследствие се формира спирала/лите, докато в АГЯ от тора се спускат първо спиралите, а после се запълва и Кеплеровия диск.
2. И в двата диска няма конвекция, защото:
 - Изпълнено е условието за устойчивост на вертикалната смесваща мода $v_a H < v_{s1}$ по целия диск;
 - Векторните полета (v_r, v_z) и във двата обекта са еднопосочни.
 - Освен всичко това, свръхзвуковата скорост създава ударни вълни и бързата дисипация ефективно заглушава (потиска) конвекцията.
3. Получени са оценки за външния радиус на короната от нарушаването на условието $v_a \leq v_s$. За Суг Х-1 те влизат в интервала от най-вероятни оценки за сферична корона правени от други автори.

Литература:

1. I a n k o v a, K r. D., L. G. F i l i p o v, Aerospace Research in Bulgaria (ISSN 0861-1432), No. 20, 167 – 170, 2005. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2005ARBl...20..167I>
2. I a n k o v a, K r. D., "Generate of corona on magnetized disk", in: International Scientific Conference: SES'2005, Book I: 31. <http://www.space.bas.bg/astro/SES2005/a4.pdf>
3. I a n k o v a, K r. D., BG-URSI SCHOOL and WORKSHOP on Waves and Turbulence Phenomena in Space Plasmas, 1–9 July, 2006, Kiten, Bulgaria, BSSPP Proceedings (ISSN 1313 2199) , Series No. 1, pp 143-146, 2007. <http://sp.phys.uni-sofia.bg/Kiten06/Pres/lankova.pdf>
4. I a n k o v a, K r. D., "Gravity, Astrophysics, and Strings at the Black Sea, Proceedings of the conference held 10-16 June, 2007 in Primorsko, Bulgaria. Published online at <http://www.tcpa.uni-sofia.bg/conf/GAS>, p.9"
5. I a n k o v a, K r. D., Publ. Astr. Soc. "Rudjer Вољкови " (ISSN 0506 4295), No. 9, 327-333, 2009. http://aquila.skyarchive.org/6_SBAC/pdfs/31.pdf
6. N o v a k, M. A., J. W i l m s, B. V a n g h a n, J. D o v e, M. B e g e l m e n i, AJ 515:726-737, 1999.
7. P o t t s c h i d t, K., M. K o n i g, J. W i l m s, R. S t a n b e r t, A&A, 1998.
8. S p r u i t, H. C., R. S t e h l e, J. C. B. P a p a l o i z o u, MNRAS, 275, 1223-1231,1995.
9. Y a n k o v a, K r. D., International Conference MSS-09 "MODE CONVERSION, COHERENT STRUCTURES AND TURBULENCE", Moscow, 23 - 25 November, 409-414, 2009,.
10. Y a n k o v a, K r. D., proceedings of SENS 2009, (ISSN 1313-3888), 355-359, 2010.
11. Y a n k o v a, K r. D., L. F i l i p o v, SENS 2010 proceedings (ISSN 1313-3888), 389-394, 2011. www.space.bas.bg/SENS/SES2010/5_A/2.pdf
12. Y a n k o v a, K r. D.: 2012, proceedings of JUBILEE INTERNATIONAL CONGRESS: "40 YEARS OF BULGARIA - STATE SPACE", 12 - 14 September, Golden Sands, BULGARIA, in presses.