

## РАЗВИТИЕ НА МЕХАНИЗЪМА НА АДВЕКЦИЯ В ОТО

**Красимира Янкова**

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

**Ключови думи:** Адвекция, Магнито-хидродинамика (MHD), Активни галактични ядра (АГЯ)

**Резюме:** В тази статия ще разгледаме магнито-хидродинамиката на системата "диск - корона" около централната черна дупка. Адвективният механизъм в унифициран модел на АГЯ. Анализира се влиянието на реструктурирането в потока, над самоиндукцията на адвекция. Дискутира се развитието на адвективния механизъм в ОТО.

## DEVELOPMENT ADVECTION MECHANISM IN GR

**Krasimira Yankova**

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

**Keywords:** Advection, MHD, AGN

**Резюме:** In this paper will consider the magneto-hydrodynamics on the system 'disk – corona' around the central black hole. Advective mechanism in a unified model of AGN. Analyze the influence of the restructuring on the flux, over self-induction on the advection. Discuss the development of the advective mechanism in GR.

### **Въведение**

Съвременната астрономия е позволила да се регистрират квазари в ядрата на повечето известни спирални галактики, включително нашата собствена. Без значение от приемащата галактика, ядрото квазар показва една и съща структура с подобен механизъм на развитие [1]. Различията в поведението на обектите са резултат от различни нива на акреция, масата на централните черни дупки и/или посоката на мониторинг.

Още [12] започват търсене на унифициран теоритичен модел на обекта със съответната морфология (ЧД + диск + корона + джетове).

Ние изградихме унифициран модел за диска в АГН на базата на не-деформираща адвекция [15, 17], който позволява в сферата на нелинейната физика да се проведе аналитично изследване за структурата и еволюцията му.

Модела е построен върху концепцията за действието на пълния адвективен член и поведението на възникващите като следствия на този механизъм прави и обратни връзки в потока, с енергетиката диска.

### **Механизъм и само-индукция**

При ниски (атмосфери и планетни пръстени) и високи (АДАП) рязко изменящи се температури адвекцията се проявява в непълни режими, като индивидуална несъгласувана промяна на един или друг от компонентите на скоростта [2-8,10,13,14]. Като следствие се деформира геометрията на средното течение в диска. Но при плавно достигане на свръх-високи температури [15,17] няма условия за деформации на потока. Адвекцията разгръща постепенно пълният си капацитет като механизъм и се установява в режим на само-индукция при вириални температури.

Адвекцията под формата на пълен адвективен член (2.1) е естествено изведена в уравненията, описващи динамиката на потока:

$$(2.1) \quad \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho v_i v_j) = \rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) = \rho \frac{Dv_i}{Dt}$$

Представява нова интерпретация на физиката, от лявата страна на уравнението за движение: Пълният адвективен член действа, като пълен диференциал:

- Няма неестествено несъгласувано индивидуално изменение за една или друга от компонентите на скоростта;

- Не се игнорира действието на  $\partial v_i / \partial t$ .

Това означава, че възниква изместване на средното течение със скорост  $v_i$  във всяка посока, като се запазва неговата природа.

⊙ Отличителна черта на магнитното поле в случая на черна дупка е, че то е резултат от първичното разпределение на остатъчния заряд при колабса и работата на грави-магнитното динамо след това. Ако динамото се активира достатъчно близо до колабса, то може да задържи значителна част от полето на прародителя. Така при Керова черна дупка остава слабо, но достатъчно жизнено поле в рамките на ергосферата, което е тясно свързано с развитието на адвекцията в режим на самоиндукция.

Магнитно поле в диска:

- Определя еднозначно посоката на преместване на средния поток в диска. За поле нормално на равнината на диска, членът с  $V_r B_\phi$  в дясната страна на уравнението на движение води до радиална адвекция [6] - решението като цяло се прехвърля на по малки радиуси.
- То дава допълнителен десипативен механизъм, който оказва пряко влияние върху развитието на градиента на ентропията в диска и увеличава ефективността на радиалната акреция до 1,5 пъти.
- Предотвратява прехода към доминиращия режим – предава енергията към  $e^-$ . Така действа като буфер и не позволява двутемпературно разделяне на средата, вместо това пренасочва излишекът към нелинейните структури.

- ⊙ Отрицателният градиент на ентропията  $\partial S$  се определя като основен критерий за развитие и самоиндукция на адвекцията.

В горещите акреционни дискове дифузията е по бавна от дисипацията. Наред с двата вида дисипация при наличие на магнитно поле, нелинейните взаимодействия в спектъра преходи на MR-моди излъчват допълнителни фотони [11]. Като прибавим към всичко това, най-важният принос на полето - че чрез частично замразяване тока води плазмата. Тя го следва и се уплътнява, т.е. заедно с естествените процеси на поглъщане и разсейване в диска работи и пречупване на вече формираното лъчение в някои от слоевете, а именно в уплътнените пластове на пръстените [16]. Оптично плътната среда, задържа радиацията в потока (виж ефективността от МП по горе). Енергията която се запазва в диска под формата на топлина намалява радиалния градиент на ентропията (\*). Отрицателната ентропия създава условията за поглъщането на енергията от неустойчивостите и ги води до ново състояние чрез необратим преход – превръща ги в вихрови структури. Така стимулира обраните връзки и естествено усилва ефектите на нагряване от нелинейните взаимодействия. Тази обратна каскада осигурява топлинната подкачка необходима да поддържа адвекцията в режим на самоиндукция.

- ⊙ Спиралите

Резултатите от решението на модела показват, че възникват три вида спирали:

- Приливната спирала, която е логаритмична и една на брой за високо-температурни  $T > 10^6 K$  акреционни дискове, възниква във външните региони, където влиянието на магнитното поле е слабо.
- МНД спирали възникват във вътрешните региони, там където е локализирана прецесиращата спирала при хидродинамични модели. МР-неустойчивости пречат прецесиращата спирала да се появи, но за сметка на това активността на магниторотационните неустойчивости действа като катализатор за някои от номерата на МН-спирални вълни, като по този начин определя и съответния брой на МНД спиралите в диска.
- Адвективните спирали – адвективните псевдо- пръстени [16] са участъци на адвективната спирала която елиптичната неустойчивост в диска накъсва на части. За тях няма забранени региони от диска. Адвективните спирали са Кеплерови т.к. се

подчиняват/причиняват на специфичните свойства на гравитационното поле на черната дупка. Такова поведение дава основание да се постави въпроса за фундаментален характер на не-деформиращата адвекция като механизъм, за който останалите видове адвекция се явяват специфични граници.

### Адвективния механизъм в общата теория на относителността

Моделът който изградихме в Галилееви трансформации [15-17] с псевдо- Нютоновата поправка [10] открива възможности за естествено надграждане [18], а и трябва да се отбележи, че ограничението  $V^2 / c^2 \sim 4 \cdot 10^{-2} \ll 1$  за Нютоново приближение за повечето от реалните обекти не е приложимо.

Моделът е ефективен в своята зона на приложимост, но е ценен и заради това, че резултатите от него дават фундаменталното основание за прехода към ОТО. С отпадне на някои от ограниченията най-важните следствия- предимства на концепцията не се губят:

Уравненията остават нелинейни; и

Освен това, в GR  $\partial v_i / \partial t$  е компонент с равни права при самосъгласувани изменения в скоростта.

Това означава че в новата нестационарна, нелинейна релятивистична среда адвективният механизъм трябва да е по силно изразен и да работи по добре. В пост-Нютоновото развитие механизма:

$$(3.1) \quad \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho v_i v_j) = \rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) = \rho \frac{Dv_i}{Dt}$$

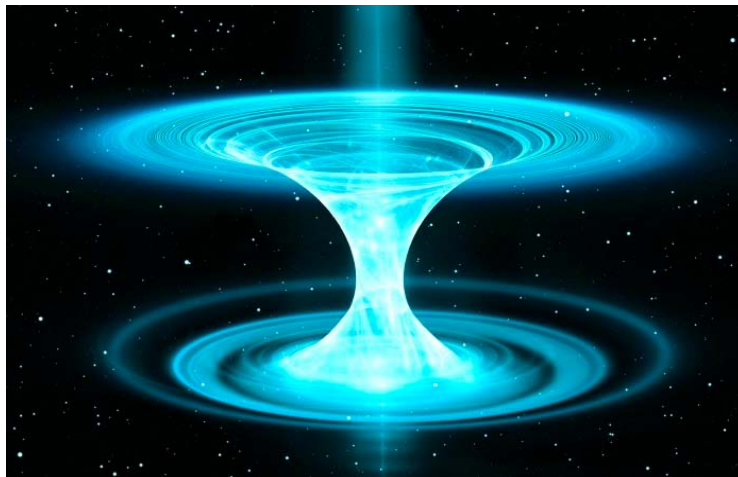
Ще се покаже степента му на глобалност, на фундаменталност. Възниква въпросът има ли механизма на не-деформиращата адвекция причинно-следствената връзка с метриката на пространство-времето, независимо от термичното възбуждане? Въпроса е риторичен. В качеството си на пълен диференциал адвекцията трябва точно да следва метриката на многообразието (3.1&4.1).

До хоризонта на ВН отключени са само адвективните членове в УД, но около и под него при свръх-вириални  $T > 10^{9 \rightarrow 14} K$  температури се отключват и ТД-адвективни членове (\*)

$$\rho T \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{\dot{M}}{2\pi r} T \frac{\partial S}{\partial r} \approx \dot{M} \frac{DS}{Dt}, \text{ където } \dot{M} \approx 4\pi \bar{h} \rho_{eq} v_i, \text{ и тогава в ОТО}$$

$$(4.1) \quad \dot{M} \frac{DS}{Dt}$$

Последни изследвания сочат, че моста на Розен-Айнщайн при шварцшилдова черна дупка е проходим при определени условия, казано на не-математичен език ако си вървим по пътя без да се отклоняваме. За Керова черна дупка именно адвективният винт (4.1), който не се отклонява от метриката на многообразието е необходимият елемент за да се осигури неотклонение на течението от руслото на потока.  $\dot{M}$  (\*)



## Заклучение

В заключение възникват поредица интересни въпроси:

Сингуларната без ограничения на общноста е цилиндър с краен радиус за Керова и  $r \rightarrow 0$  за Швардцшилдова черна дупка. Въпросът е, тя само от времеви измерения ли се състои?

Ако Да значи се стреми да възтанои най-първичната симетрия и над нея след разкъсването на областа на валидност може да се възтанои само Лоренцовия сноп, но не и тангенциалния който принадлежи на многообразието. Следователно тя ще бъде естествено поляризирана.

Ако не...Ако е хибрид вида и относителното разпределение на броя по пространствени и времеви компоненти измерения играе ли роля на аналог на някакъв обобщен поляритет (не зарядов) и подходящ ли е този поляритет да подържа тунела отворен? Може ли адвективния винт да осигури жизнена червоядина със стъбилни стени? Това ще докаже пълната ефикасност на механизма.

## Литература:

1. Abdo, A. A. et al. 2009, The Astrophysical Journal Letters, Volume 707, Issue 2, pp. L142-L147 (2009).
2. Beloborodov, A. M.: 1999, arXiv: astro-ph/9901108.
3. Bisnovatyi-Kogan, G. S.: 1998, arXiv: astro-ph/9810112.
4. Bisnovatyi-Kogan, G. S.: 1999, arxiv astro-ph/9911212.
5. Bisnovatyi-Kogan, G. S., R.V.E. Lovelace: 2002, arXiv:astro-ph/0207625v1.
6. Campbell C. G., J. C. B. Papaloizou, V. Agapitiu: 1998, MNRAS 300, 315-320.
7. Chen, X., M. A. Abramowicz, J.P. Lasota: 1997, ApJ 476, 61-69.
8. Fabian, A. C., D. R. Wilkins, J.M. Miller, R.C. Reis, C.S. Reynolds, E.M. Cackett, M.A. Nowak, G.G. Pooley, K. Pottschmidt, J.S. Sanders, R.R. Ross, J. Wilms: 2012, <http://www.astro.umd.edu/symbol%7126%7d%25chris/publications/papers/fabian12a.pdf>
9. <http://clapway.com/2016/04/14/aliens-messages-black-hole/>
10. Igmenshchev, I. V., M.A. Abramovich: 2000, Astrophysical Journal 130, 463-484.
11. Hirose, S., J. H. Krolik, O. Blaes: 2009, AJ, 69116.
12. Machida M., M. R. Hayashi, R. Matsumoto: 1999, arXiv: astro-ph/9911291.
13. Narayan, R., S. Kato, F. Horn: 1997, AJ 476, p. 49.
14. Narayan, R., & Yi: 1995, ApJ 452, 71.
15. Yankova, Kr. D.: 2013, Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković" vol. 12, 375-381. [http://wfpdb.org/ftp/8\\_SBAC\\_D1/pdfs/34.pdf](http://wfpdb.org/ftp/8_SBAC_D1/pdfs/34.pdf)
16. Yankova, Kr.: 2014, Proceedings SES 2014, ISSN 1313-3888 , 35-40, 2015.
17. Yankova, Kr.: 2015, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 83. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BulgAJ..22...83Y> <http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300>
18. Yankova, Kr.: 2016, SSTRI-BAN, Proceedings Seventh Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere", ISSN 2367-7570, <http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf>