

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д.м.н. Николай К. Витанов

на представената от Красимира Димитрова Янкова дисертация на тема

МАГНИТОХИДРОДИНАМИКА НА АКРЕАЦИОННО-ДИСКОВ ПОТОК

за присъждане на образователната и научна степен доктор по научната специалност 01.04.02
Астрофизика и звездна астрономия

1. Актуалност и състояние на изследванията, свързани с темата на дисертацията

Представената дисертация е озаглавена „Магнитохидродинамика на акреационно-дискосв поток“ и е посветена на падането на вещество върху космическо тяло и свързаното с този процес преобразуване на маса в енергия. В дисертацията вниманието е фокусирано върху изучаване на акреация при обекти с висока плътност, намиращи се в тясна двойна звездна система или в ядро на галактика и по-специално се изследва еволюцията и устойчивостта на плазмен поток в акреационен диск. Поставена е цел да се разработи аналитичен модел на основата на който да се изучи развитието и структурирането на акреационния диск.

Темата на дисертацията е актуална за астрономията, тъй като около множество компактни обекти като неутронни звезди, бели джуджета, черни дупки, протозвезди или протопланетни центрове е възможно да съществуват газови дискове, при които да е налице съществен процес на падане на веществото към компактния обект, като при това може и да става трансформиране на гравитационна енергия в топлина с последващо излъчване.

Множеството от интересни проблеми, свързани с акреационните дискове е голямо и това обяснява съществен брой изследвания в тази област. Съществуват вискозни модели на акреационни дискове, в чиято основа лежи хипотезата за турбулентния вискозитет (модел на Шакура-Сюняев и подобните нему) и тези феноменологични модели успяват да обяснят някои характеристики на акреационни дискове например в активни галактически ядра или в тесни двойни системи и да се справят с проблема за отвода на момента на импулса за да се осъществи падането на веществото върху гравитационния център. Въпреки това задоволителна нефеноменологична теория за турбулентния вискозитет няма и изследванията на турбулентността в акреационните дискове все още са научно поле, значителна част от което не е изучена. Също такава широко поле за бъдещи изследвания е и анализът на неустойчивостите на акреационните дискове, още повече като се отчете, че наличието на магнитно поле води до голямо усложняване на теченията в гравитационното поле на компактного тяло и многообразието на съществуващите нестационарни процеси и структури с голяма степен на сигурност е твърде голямо.

Авторката е посветила първата глава на дисертацията на обзор на изследванията, както и на формулировката на целите и задачите на дисертационния труд. Обзорът на литературата е подробен, въпреки, че на страници 12 и 13 има места, където съответните

литературни източници не са въведени в квадратните скоби, обозначаващи цитата. Достатъчно място е отделено и на акреационните дискове при наличие на магнитно поле. От обзорите на предшестващите изследвания, се вижда, че дисертантката е запозната със състоянието на изследванията, свързани с тематиката на дисертацията. Приятно впечатление прави фактът, че обзорът на литературата завършва с няколко извода на стр. 19, които дават общи насоки за това, какво би могло да се направи още в областта на теоретичното изследване на акреационните дискове. На стр. 20-22 са дадени мотивите, обектите и целта на изследването, както и задачите, които се решават в дисертационния труд. При формулирането на целта кандидатката за степента вероятно под аналитичен модел разбира модел, позволяващ аналитично изследване на част от характеристиките и процесите в изучаваните акреационни дискове. Целите и задачите са ясно формулирани. Тук отбелязвам, че самоорганизация е една дума (това вероятно е техническа грешка), а в задача 3 при даване информация какво е свръхмасивна черна дупка не е казано колко е n (ако $n=1$ черната дупка не е свръхмасивна).

2. Обща методика на извършените изследвания

Предложената дисертация има теоретичен характер и се състои сумарно от 152 страници. Приложената методика в извършените изследвания е математическо моделиране с цел извеждане на система моделни диференциални уравнения, която след това да се изследва числено чрез MAPLE като се приложи към две конкретни звездни системи с наличие на акреационни дискове в тях и получените резултати се сравнят с числените симулации, проведени от други изследователи.

Отбелязвам, че областта изследване, разглеждана в дисертацията, е доста трудна. Съдейки по собствения си опит, сами по себе си уравненията на механиката на флуидите са в състояние да докарат доста главоболие на всеки докторант. А когато в съответната система има и електромагнитни полета, са необходими големи усилия, много време и още по-големи компютри, за да се постигнат множество значителни резултати. Тъй като като съм наблюдавал с очите си подготовката на такива докторанти в страни с къде по-добър достъп до литература, до техника и с експериментални установки, заемащи няколко етажи от големи сгради, за мен е ясно, че ако в тази дисертация е налице и малък успех, той трябва да се подкрепи.

3. Научни приноси

Дисертационният труд се състои от пет глави, съдържащи увод и формулировка на цел, задачи и методи, обзорно-теоретична част, съдържаща основните уравнения на магнитната хидродинамика, изложение на разработваните двумерен и тримерен модел, приложение на теоретичните разработки към две системи с акреационни дискове, заключение, списък на приносите и списък с цитираната литература, 10 приложения и речник на използваните астрофизични и физични термини и понятия. Няма да влизам в детайли относно понятията в този речник. Само ще отбележа, че под angular momentum аз разбирам момента на импулса.

За глава първа от дисертацията вече споменах по-горе в текста.

В глава втора се обсъжда магнитната хидродинамика и основните и уравнения. Тя започва с описание на уравненията на нерелативистката механика на флуидите, като в основата на изписания набор уравнения е поставена плътността на разпределение на

частиците във фазовото пространство. Към тези уравнения са добавени и уравненията, необходими за отчитане на електромагнитните взаимодействия в акреационния диск. Тъй като в акреационните дискове имаме и топлинни процеси, то се въвеждат и уравнения от термодинамиката, отчитащи топлинните потоци в диска. След изписване на уравненията са разгледани няколко неустойчивости, свързани с акреационните дискове. Отбелязвам, че неустойчивостта, за която се говори на стр. 38 се нарича неустойчивост на Келвин-Хелмхолц. При топлинната конвективна неустойчивост описана също на стр. 38, авторката под капки вероятно разбира флуидни частици. Капката е нещо друго и има доста случаи на топлинна конвекция при която няма движение на капки. Накратко е засегната и обширната област, свързана с теорията на динамото и още по-обширната област, посветена на магнитохидродинамичните вълни. Неустойчивостта на Тюринг не е описана особено добре. Но е споменато влиянието на вискозитета за решаването на проблема с ъгловия момент на падащото върху компактного тяло вещество. Накратко е дадена информация и за процесите на излъчване, играещи важна роля при еволюцията на акреационните дискове.

Глава 3 е посветена на използваните двумерен и тримерен модел на процеси в акреационни дискове, които се прилагат по-нататък в дисертацията. В двумерния модел не се отчита наличие на източник на вещество, което да постъпва в акреационния диск. Въпреки това и този упрости модел на акреационния диск е твърде сложен, както се вижда от уравненията на стр. 50 от дисертацията. Дори и при този модел, за да се достигне до някакъв резултат без използване на мощни компютри, е необходимо да се направят редица упрости предположения. На стр. 52 от дисертацията се въвеждат 2 величини, наречени коефициенти на среща. Единият от тези коефициенти е умножен по времето и всичко това е аргумент на експоненциална функция, което показва, че съответният коефициент или трябва да е отрицателен или трябва да е комплексен. Заместването на полагането от стр. 52 в системата моделни уравнения и доста ограничаващото предположение за постоянна стойност на коефициента α , който се появява на стр. 51 в дисертацията (и е свързан със скоростите в акреационни диск), позволява да се достигне до системата (3.25)-(3.32) с гранично условие на външния край на диска. Гранично условие на вътрешния край (там, където е компактният обект) няма, ето защо това, което получените резултати описват, са възможни стойности на величините, характерни за акреационния диск. След получаването на уравненията, е получено приближеното решение (3.33)-(3.40) за фиксирана стойност на ъгловата променлива, което е обилно илюстрирано с графичен материал. Тук отбелязвам две неща. На доста места в текста в тази част на дисертацията се говори за периметри. Според мен правилната дума в този случай е параметри. Освен това на стр. 59 най-отдолу е казано, че са налице локални вихрови образувания, а не просто турбулентност. Отбелязвам тук, че завихреността е едно от основните свойства на турбулентността, тъй като енергията на турбулентните течения винаги е голяма и част от нея отива за въртеливо движение, а оттам и за образуване на вихрови структури.

По-нататък в тази глава се изследва величина, наречена локално загряване (дефинирана чрез уравнение (3.50), като числителят и знаменателят и са силно свързани с членове от уравнението (3.49)). Тази величина по-нататък е изразена за изследваното приближено решение и изразена във формули (3.54)-(3.57). Графичното изображение на локалното загряване с промяната на разстоянието от центъра на диска е доста интересно. На лявата част на фиг. 13 се вижда, че около края на диска трябва да има локално охлаждане, докато към центъра на диска загряването е много силно.

От страница 69 на дисертацията нататък започва описанието на тримерен модел на магнитнохидродинамичните процеси в акреационния диск, като целта е да се запази максималното от това, която позволяваше изследването чрез приближени решения на двумерния модел. Моделът е зададен чрез уравненията (3.58)-(3.66). Отново чрез използване на величините, наричани коефициенти на среща, се достига до приближеното решение отново за фиксирана стойност на ъгловата променлива, зададено от уравненията (3.67)-(3.74), което съдържа и информация за вертикалната структура на акреационния диск. Отново са налице гранични условия на външния край на диска, което прави получените резултати да представляват една възможност за разпределението на стойностите на съответните величини в обема на диска. Получените решения са илюстрирани на стр. 72-75. На основата на приближеното решение се изследват условията за възникване на корона, условията за разрушаване на диска или условието за възникване на неустойчивост на Тюринг. Тук отбелязвам, че би било добре (и може би в началото на дисертацията) да се каже с няколко думи повече какво е това нестабилност на Тюринг при акреационните дискове. Класическата нестабилност на Тюринг се проявява при реакционно-дифузионни системи, където, вследствие на дестабилизиращата роля на дифузията, от относително хомогенни състояния могат да възникват структури (patterns).

В следващата глава 4 на дисертацията получените в глава 3 резултати се прилагат за две системи – известната тясна двойна система Cyg X-1 от съзвездието Лебед като кандидат за несвърхмасилна черна дупка и ядрото на нашата Галактика като кандидат за свърхмасивна черна дупка. За двумерния модел за случая на Cyg X-1 всички параметри в изразите (4.1)-(4.7) са фиксирани. В този случай аз ще възприема получените резултати като една възможна оценка на ставащото в тази звездна система, а не като теорията на реално ставащото в системата. Още основа за тази ми гледна точка дава фактът, че решенията от глава 3 не са точни, а приближени. Налице е фиксация на константи и при тримерния модел на акреационния диск в Cyg X-1. От описанието не става ясно как са фиксирани стойностите на функциите $C_{1,2,3,4,5,6,7,8}(z)$ доколкото в приложение 8 се задават константни стойности на други величини (или може би в това приложение има някаква печатна грешка). Без това е трудно да се осмисли иначе богатият илюстративен материал, продължаващ до стр. 103 на дисертацията. От стр. 104 започва изложение на резултати за двумерния модел на акреационен диск около ядрото на Галактиката. Интересно е, че тук, както и при двумерния модел на акреационния диск на двойната звездна система преди малко няма израз за функцията f_4 , както не забелязах и споменаване, че тази функция е тъждествено равна на 0 или споменаване на някаква друга причина, поради която този израз не е даден. Интересното е, че няма и фигура, свързана с тази функция. След изложението на резултатите, свързани с двумерния модел, на стр. 112 следва изложение на резултатите, свързани с тримерния модел. Допускам, че и тук, както и при двумерния модел, са зададени някакви стойности на функциите $C_{1,2,3,4,5,6,7,8}(z)$ без което графичното илюстриране на резултатите би било невъзможно. На стр. 119 са дадени изводи към глава 4, които възприемам като оценки и възможности за протичане на съответните процеси в двете изследвани системи с акреационни дискове. Бъдещето ще покаже, дали тези оценки и възможни сценарии за протичане на процесите са реалистични.

Глава 5 на дисертацията съдържа заключение и препоръка за бъдещото използване на резултатите. По-горе в текста изразих отношението си към получените резултати. Тук бих искал да подчертая, че е по – добре локалното затопляне (точка 4 от заключението) да се разглежда като физически процес, а не като физически обект. С няколко общи думи, направеното в тази дисертация е да се упростят уравненията за един клас двумерни и тримерни модели на акреационни дискове (но все пак тези уравнения да останат нелинейни) и да се получат

приближени решения на тези уравнения, от които се получава както качествена информация за протичането на някои процеси в акреационния диск, така и количествени характеристики, свързани с възможни сценарии за протичането на тези процеси и свързаните с тези сценарии стойности на съответните характеристични величини.

4. Критични бележки

Обикновено в рецензиите се излагат и критични бележки, свързани с правописа на дисертацията. В повечето случаи аз не обръщам внимание на правописни грешки, тъй като са неизбежни. За случая на тази дисертация ще направя обаче изключение, тъй като забелязах нещо, което никак не ми хареса – на няколко места в дисертацията е написано Хелмхолмд вместо Хелмхолмц. Правя доста сериозна забележка: фамилията на този доста известен учен е Хелмхолмц, а не Хелмхолмд.

На доста места в дисертацията има неправилно употребени термини или неправилна интерпретация. По-горе в текста вече дадох примери за това. Особено отбелязвам, че човек не бива да подценява турбулентността. В това, което в дисертацията се нарича просто турбулентност, са си потрошили доста научни зъби гиганти на науката като се почне от Нютон и се стигне до Хайзенберг. Не случайно турбулентността е призната за последния голям нерешен проблем на класическата физика.

Накрая отбелязвам ситуацията с функциите $S_{1,2,3,4,5,6,7,8}(z)$ в глава 4. Дори да е имало техническа грешка и тези функции да са фиксирани някъде, то би било добре тези стойности да се напишат за удобство на читателя и някъде из надписите на фигурите в многобройния илюстративен материал.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд. Общ и персонален импакт фактор. Забелязани цитирания

Представените изпратени за печат и публикувани работи на дисертантката, свързани с дисертацията са 11, като е налице една работа, изпратена за публикуване в международно списание с импакт-фактор, 2 публикации в списания, издавани в чужбина, 3 в български списания, 3 в сборници на международни конференции, публикувани в чужбина и 1 на международна конференция, публикувана в България.

Разработките, свързани с дисертацията са преминали през значителна по количество апробация, състояща се от представяния на 14 предимно международни мероприятия, в голямата си част международни конференции. Това до известна степен компенсира липсата на излязла публикация в списание с импакт-фактор.

Забелязан е 1 цитат на публикация от списъка с публикации, включен в дисертацията.

Авторефератът отговаря на съдържанието на дисертацията. Прави добро впечатление, че новите моменти в дисертацията, както и приносите, за които претендира авторката, са подчертани и в самото начало на автореферата. Формулите в автореферата не са номерирани, така, че е необходимо известно време, докато читателят намери мястото им в дисертацията.

Като се отчетат обстоятелствата, при които е работено върху дисертацията, преценявам, че публикационната активност е достатъчна за подкрепа на процедурата по присъждането на образователната и научата степен доктор. Отбелязвам, че докторантката има опит при провеждане на дълги пресмятания, с които методите за получаване на приближени решения на нелинейни диференциални уравнения неизбежно са свързани.

6. Заключение

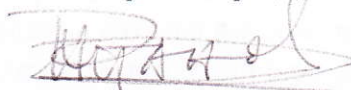
И така, в заключение отбелязвам, че изследванията в рецензираната дисертация на Красимира Янкова са посветени на намиране на приближени решения на два магнитохидродинамични модела на потоци в акреационни дискове и на приложение на тези модели към две системи, съдържащи компактен обект и акреационен диск. Дисертацията е за образователната и научна степен доктор и за да достигна до крайното си заключение, трябва да отговоря на няколко въпроса:

1. Подготвена ли е кандидатката да решава задачи, свързани с магнитохидродинамични течения в космическото пространство? От това, което прочетох, стигам до извода, че тя има подготовка и би могла да се работи по такива задачи.
2. Притежава ли кандидатката теоретични знания в областта на магнитната хидродинамика на потоци в акреационни дискове? От това, което прочетох, стигам до извода, че въпреки, че има някои терминологични и концептуални празнини в познанието си, докторантката притежава в достатъчна степен необходимите теоретични знания.
3. Способна ли е авторката на дисертацията на самостоятелни научни изследвания по специалността Астрофизика и звездна астрономия? Като преценявам дисертацията и представените ми публикации, стигам до извода, че авторката на дисертацията е способна да извършва самостоятелни изследвания в гореспомената област със задоволително качество.
4. Достатъчни ли са собствените приноси на дисертанта за получаването на степента? Като отчета, че темата на дисертацията е трудна и трудоемка, че има резултати по получаване на решения на два магнитохидродинамични модела на акреационни потоци и тези резултати са приложени за получаване на възможни оценки на величини, свързани с акреационните дискове на две звездни системи, приемам, че докторантката е надхвърлила с малко необходимия минимум за получаване на образователната и научната степен доктор.

Законът за развитието на академичния състав е направен така, че членовете на журито трябва да поставят положителна или отрицателна оценка на дисертацията. Там, където аз съм защитавал дисертация, се казва и каква е оценка и така се внася допълнителна яснота в мнението на съответния член на комисията по оценка на дисертацията. За да не влизам в допълнително многословие, ще използвам този похват тук.

И така на основата на гореизложеното поставям положителна оценка **4** на представения ми за рецензиране дисертационен труд и подкрепям присъждането на образователната и научна степен „Доктор“ на кандидата Красимира Димитрова Янкова.

София
23 януари 2013 г.

Рецензент: 
/проф. д.м.н. Николай Витанов/