

## РЕЦЕНЗИЯ

на д-р Пламен Петков Физиев

за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор”

**Автор на дисертационния труд:** Марияна Панайотова Манушева, докторант в БАН, Институт по Астрономия с Национална Астрономическа Обсерватория

**Научна специалност:** 01.04.02 Астрофизика и звездна астрономия

**Тема:** „Физични процеси, влияещи върху барионното вещество във Вселената”

**Научен ръководител:** доц. д-р Даниела Кирилова, БАН, Институт по Астрономия с Национална Астрономическа Обсерватория

**Научен консултант:** доц. д-р Георги Петров, БАН, Институт по Астрономия с Национална Астрономическа Обсерватория

Дисертационният труд на Марияна Панайотова Манушева е посветен на важна и изключително актуална научна задача, заемаща съществено място в съвременната научна литература: изучаването на състава, структурата и еволюцията на Вселената и по-специално, на добре установената барион-антибарионна асиметрия, възникнала след процеса на инфлацията в наблюдаваната част от Вселената.

Този проблем има фундаментален характер за съвременната космология и физика, тъй като в стандартния модел на елементарните частици, основан на релативистичната квантова теория на полето, барионните и антибарионите се третират напълно симетрично, а барионният заряд се запазва. Например, в експериментално добре изучените процеси на раждане на двойка частица-античастица се наблюдава с висока точност пълна симетрия между частици и античастици.

По същия симетричен начин третира частиците и античастиците и общата теория на относителността, като теория на гравитацията, когато става дума за локални разглеждания в малки околности на регулярни точки на пространство-времето. Недостатъчно използвани от съвременната теория са възможните асиметрии в околност на сингулярности от типа на Големия взрив, но това е друг възможен подход към проблема, който засега остава извън полезрението на съвременните изследвания.

Става ясно, че без никакви допълнителни хипотези е невъзможно да получим възникване на барион-антибарионна асиметрия във Вселена, образувана в резултат от Големия взрив при спазване на известните ни с позната експериментална точност закони в рамките на споменатите основни физически теории и представи.

От друга страна, съгласно наблюденията на обилието на леките елементи по време на първичния нуклеосинтез, прецизните наблюдения на космическия микровълнов фон, от наблюденията на космичните лъчи и гама лъчите, както и данните за деутерия в квазарите с ниска металност се констатира, че в локалната Вселена (с размер няколко десетки



мегапарсека) барионите рязко преобладават над съществуващото нищожно количество антибариони. С други думи веществото рязко преобладава над антивеществото.

Съгласно съвременните данни, параметърът на асиметрията, т.е. разликата между средните плътности на барионите и антибарионите, приведена към средната плътност на фотоните във Вселаната, е равен с висока точност на плътността само на барионите, приведена към плътността на фотоните. С използване на най-прецизните до момента данни за космологичните параметри от мисията Планк, дисертантката е получила, че последното число е равно на  $(6.4 \pm 0.09) \times 10^{-10}$ . Приблизителното равенството между него и параметъра на барионна асиметрия означава, че с голяма точност може да се твърди, че в наблюдаваната част от Вселената практически липсва антивещество.

Няма яснота дали тази наблюдавана асиметрия е само локална, или тя е глобално свойство на цялата Вселена. Все пак, след десетилетия изследвания знаем, че ако някъде във Вселената съществуват области, в които преобладава антивещество, те трябва да са достатъчно далеко от нас, може би дори отвъд границите на видимата Вселена и да бъдат отделени от нашата област с достатъчно празно пространство, недопускащо взаимно проникване, което би довело да ненаблюдавани бурни и катастрофални процеси на аниhilация в големи мащаби.

Съвременната теория не може да обясни барион-антибарионната асиметрия по безспорен и убедителен начин, въпреки наличието на множество модели, разработени на базата на различни предположения.

На този фон изследването на нови модели на барион-антибарионната асиметрия, на което е посветена рецензируемата дисертация, е не само увлекателна, но и безспорно важна научна задача. Приноси на дисертацията могат да се опишат най-общо като:

- развиване на нови методи и модели за изследване на съществени и актуални астрофизични задачи.
- получаване и доказване на нови научни факти.
- потвърждаване с нови средства на известни научни факти.
- развиване на нови числени методи и тяхното прилагане.

Дисертацията, представена на английски език, е добре оформена в увод (3 стр. текст), две части (общо 67 стр.), съдържащи общо 6 параграфа, две приложения (от по 4 стр. всяко, списък на приносите на докторантката, включващ 10 приноса, списък на 9 публикации на дисертантката, върху които се базира дисертацията (4 статии в рецензируеми списания, от които три в съавторство и една самостоятелна, 2 публикации като доклади на Международния институт по теоретична физика, Триест, Италия, 3 доклада на международни конференции, публикувани в пълен текст), списък на цитиранията на работите, върху които се базира дисертацията – 7 от независими автори и 4 на самостоятелната работа на докторантката, цитирана от съавтор на други нейни работи, както и библиография, съдържаща 131 заглавия, списъци на фигурите и на таблиците.

Текстът и изложението на дисертацията са кратки и ясни, без съществени грешки и неточности.



Накратко съдържанието на дисертацията е както следва:

В Увода е даден кратък съдържателен обзор на съвременното състояние на проблема, целите и задачите на дисертацията, както и кратко описание на нейната структура и съдържание.

В първата част, наречена „Процеси, влияещи върху формирането на химичния състав на Вселената“, са представени основните факти за първичния нуклеосинтез, резултатите от теоретичните пресмятания на първичните леки елементи и наблюдателните данни за тях и ролята на неутринните частици. Разгледани са по-подробно неутринните осцилации, тяхното детектиране и основните им параметри, моделът на първичен нуклеосинтез с отчитане на неутринните осцилации и техните космологични ефекти.

Описани са резултатите от серия работи на докторантката в съавторство с нейната ръководителка, по пресмятане на изохелиевите контури, съответстващи на 5% свръхпроизводство на първичен хелий-4 в описания преди това модел на първичен нуклеосинтез. Особено внимание е отделено на ролята на евентуално съществуващо стерилно неутрино върху свръхпроизводството на първичен хелий, основано на работи на докторантката и нейната ръководителка, както и на една самостоятелна работа. Показано е, че по-големият брой на стерилни неутрино в началното състояние би намалил космологичните ограничения върху свръхпроизводството на първичен хелий. Описани са и перспективите за продължаване на тези изследвания.

Тези резултати представляват още по-голям интерес в светлината на най-новите публикации (виж. например Phys. Rev. Lett. 110, 121302 (2013) и цитираните там работи), в които се показва, че прецизните космологични данни от мисията Планк, които ограничават до 3 броя на поколенията обикновени неутрино, без да отхвърлят съществуването на стерилно неутрино, могат да се опишат по-успешно, ако се предположи, че то съществува и има маса под 1 eV. Указания за неговото съществуване дават също и данните от наземни експерименти по неутринните осцилации, провеждани с използване на ядрени реактори, както се посочва и в рецензируемата дисертация.

Втората част на дисертацията, наречена „Процеси, които влияят върху генерирането на барионната компонента на Вселената“ е посветена на изследването и развитието на предложена в работа на Даниела Кирилова и Михаил Чижов от 2010 година модификация на модела за бариогенезис на Афлек и Дайн. В последния се въвежда специално комплексно скаларно поле, което определя барионната асиметрия във Вселената чрез нарушаване на законите за запазване на барионния и лептонния заряд. Последното се осигурява чрез подходящо подбран потенциал на самодействие на скаларното поле. При малки стойности на това поле нарушението на двата закона за запазване е пренебрежимо, но по време на инфлацията, полето достига големи стойности и барионният му заряд не се запазва. При разпадането на скаларното поле на кварки, лептони и фотони неговият барионен заряд им се придава по определен начин, който води до барионна асиметрия на днешното състояние на Вселената. Оригиналният модел на Афлек и Дайн предсказва неприемливо големи стойности на барионната асиметрия във Вселената. В работи на Долгов и Кирилова е предложена модификация, обясняваща наблюдаваната барионна асиметрия.

В дисертацията се изследва нови ефекти, свързани със специфичния потенциал на самодействие на описаното скаларно поле, предложен от Кирилова и Чижов. Описани са



основните характеристики на модела, нова числена процедура и съответна, създадена от докторантката, програма за реализирането ѝ при пресмятане на барионния излишок в този модел, резултатите от проведения числен анализ и тяхната зависимост от подбора на стойностите на параметрите на модела, константата на Хъбъл по време на инфлационния стадий в интервала  $5 \times 10^5 \div 10^{12}$  GeV, константите на самодействие на скаларното поле и неговата маса.

Изследван е също така и оригинален нехомогенен бариогенезисен модел с кондензат на скаларното поле, способен да предсказва големи области във Вселената, в които преобладава антивещество, безопасно отделени от областите с преобладаващо вещество. Показано е, че за целта е необходимо специално начално разпределение на скаларното поле, както и експоненциално разширение при нехармоничен потенциал. Описани са, също така, перспективите за по-нататъшни изследвания на модела.

Представените за защита основни резултати и приноси са добре обосновани и подкрепени със съответните публикации. Като цяло те не будят никакви научни съмнения или възражения и ни убеждават във високото качество на представената дисертация и на научната работа на дисертантката.

Авторефератът е изготвен правилно и отразява точно съдържанието и научните приноси на дисертационния труд.

Мога да изкажа следните забележки и пожелания към работата на дисертантката и представената дисертация:

1. В съответствие с установилите се в България традиции, според мен са представени за защита твърде голям брой приноси. Без ни най-малко да оспорвам или подценявам научната им стойност и качество, смятам, че резултатите от една докторска дисертация трябва да се представят в по-обобщен вид, което съществено би намалило техния брой, свеждайки го, например, до три-пет.
2. Поради използването на голям брой специфични съкращения в текста на дисертацията и особено на автореферата, би било полезно да се добави за справки отделна и леснодостъпна таблица с тяхната разшифровка.
3. Използването на модерни изчислителни средства и програми за паралелни изчисления би съкратило значително физическото време за пресмятанията, позволявайки далеч по-обстойно изследване на поставените задачи.
4. Може да се препоръча в близко бъдеще работата, която намирам за многообещаваща, съдържателна и интересна, да се продължи с използване на последните научни резултати в областта. Например, съвсем отскоро знаем, че стойността на константата на Хъбъл по време на инфлационния период е била значително по-голяма от използваната в дисертацията и възниква естественият въпрос, как това ще се отрази на получените резултати.

Ясно трябва да подчертая, че тази забележка не съдържа никаква критика към дисертацията, а отразява бурното развитие на областта.

5. Може да се пожелае и довеждането на получените интересни и важни резултати от дисертацията до по-конкретни указания за наблюдателната астрономия и космология.



Тези забележки в никакъв случай не намаляват стойността на дисертационния труд.

**Лични впечатления от работата на докторантката:**

Познавам работата на докторантката като рецензент на нейни публикации и от обсъждане на материалите по дисертацията. Имам отлични впечатления от научната квалификация на докторантката, високото ниво на нейната научна работа, както и от нейното отговорно отношение към тази работа.

**Заклучение:**

Приемам за добре защитени формулираните на страници 73, 74 в текста на дисертацията 10 основни резултата – научни приноси на докторантката, които са представени от нея за защита.

Въз основа на горните преценки на безспорните качества на дисертационния труд, важноста и актуалността на получените в него научни резултати, количеството и качеството на съответните публикации в утвърдени рецензируеми научни списания и доклади на международни конференции считам, че представената дисертация превишава средното ниво на дисертациите в областта и без колебание препоръчвам на високоуважаемото жури да присъди на Марияна Панайотова Манушева образователната и научна степен „Доктор”.

Дубна

24.05.2014 г.



/ д-р Пламен Физиев /