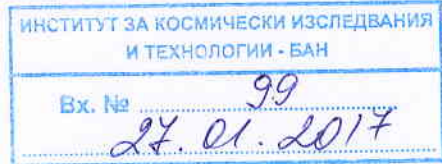


РЕЦЕНЗИЯ



на

член кор. проф. дфн Петър Йорданов Велинов
от Института за Космически Изследвания и Технологии (ИКИТ) при БАН

за дисертационния труд на гл. ас. инж. Румен Георгиев Шкевов – докторант,
свободна форма на обучение, на тема:

“Сърфатронно ускорение на релятивистки заредени частици от електромагнитни вълни в космическа плазма”

за получаване на образователната и научна степен “доктор”
в областта на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика:
професионално направление 4.1. Физически науки: научна специалност „Физика на
океана, атмосферата и околоземното пространство”

Със заповед № 157/21.12.2016 г. на Директора на ИКИТ - БАН съм назначен за член
на Научното жури за защита на дисертационния труд на гл. ас. инж. Румен Георгиев
Шкевов. С решение на Научното жури за провеждането на процедурата (Протокол
№1 от 10.01.2016 г.) съм определен за рецензент.

Кратки биографични данни за кандидата. Роден е през 1958г. Завършил е
средно образование 1976 със златен медал. През 1984 завършва Санкт-
петербургския елетротехнически университет със златен медал с дипломна работа
„Регистриращ тракт на йонен масспектрометър” - част от проекта ”Фобос” на
Централна лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ) към БАН. През 1986
постъпва на работа като научен сътрудник III-ст. в ЦЛКИ, направление
„Космическо приборостроене”, а впоследствие в секция „Космическа физика” на
ИКИ, сега ИКИТ като асистент и впоследствие гл. асистент. През 1986-1991 участва
в екипите на проектите „Активен” и „Апекс” по изстрелването на космическа
апаратура за измерване на електрически полета в космическа плазма, монтирана на
борда на апарати тип АУОС от космодрума „Плесецк”. От 2007 работи по проектите
Хаос и *Сърфатрон* от споразумението за фундаментални космически изследвания
между РАН и БАН. От 2011 е ръководител на проекта *Сърфатрон*.

Дисертабилност на разглеждания труд. Изследваният в тази дисертация
проблем е важен и актуален за космическата физика и за физиката на космическите
лъчи, чийто произход и механизъм на ускорение все още не са изяснени въпреки
усилията на редица водещи учени и групи космофизици и астрофизици, и въпреки
обсъжданията и дискусиите на многобройните европейски и международни

симпозиуми, конференции и конгреси (от типа на COSPAR). Това ми дава основание да твърдя, че този проблем е дисертабилен и напълно достоен за една дисертация.

Общо описание на дисертацията. Трудът има обем 154 стр. (с 9 таблици и 104 фигури). Той се състои от въведение и 4 глави, след което следва формулиране на основните приноси и са дадени авторските публикации по темата на дисертацията. Списъкът на цитираната литература съдържа 157 публикации.

В уводната част се обосновава целта и актуалността на проведените изследвания, а в първата глава е даден исторически обзор на работите, в които се анализира ускорението на високо енергичните частици в космическата плазма. Тук се включват и изследванията посредством механизма на сърфатронно ускорение на зарядите при черенковския резонанс вълна-частица. Понастоящем този механизъм представлява голям интерес за проблема на ускорението на космическите лъчи.

Степен на познаване състоянието на проблема. В обзорната част (глава 1) е демонстрирано добро познаване на състоянието на решавания дисертабилен проблем като е дадена и творческа интерпретация на обширния литературен материал, голяма част от който са съвременни източници от последните години.

Обектът на изследване в дадената дисертация се явява резонансното взаимодействие на заредените частици с една и две монохроматични вълни, а също така и с локализиран в пространството вълнови пакет посредством числено моделиране на динамиката на частиците и асимптоматически оценки на техните характеристики. Изследвано е взаимодействието вълна-частица в случая на черенковски резонанс с помощта на числено решение на нелинейното диференциално уравнение за фазата на вълната по траекторията на заредената частица. Детайлно са анализирани условията на захващане на частиците от вълната и последващото релятивистко ускорение в космическата плазма.

Анализ на труда. В първата глава подробно е изложено съвременното състояние на проблема за сърфатронното ускорение на частиците като е даден обзор на предишните изследвания по този въпрос. Представени са основните уравнения за анализа на взаимодействието на релятивистките заредени частици с електромагнитните вълни в плазмата при сърфатронно ускорение. Дадени са и интегралите на движение, избора на поляризацията и характерните параметри на тази задача. Представена е асимптотиката на компонентите на скоростта и релятивисткия фактор на ускорението на частиците. За **s** и **p** поляризации на вълните са изведени компонентите на тензора на диелектричната проницаемост на плазмата с нерелятивистки електрони, които са необходими за изчисляване на фазовата скорост на електромагнитните вълни.

В раздел 1 точка 4 е разгледана фазовата скорост на електромагнитните вълни в зависимост от тяхната честота и интервала честоти, в която тя е по-малка от

скоростта на светлината във вакуум, т.е. в плазмата е възможен черенковски резонанс вълна-частица, който е необходим за сърфатронното ускорение.

В раздел 1.5 от уравнението на движение на релятивистка заредена частица са получени два интеграла на движение и нелинейното диференциално уравнение за фазата на вълната по траекторията на частицата. Получено е праговото значение на амплитудата на електрическото поле, над което може да се реализира захващане на частиците и тяхното релятивистко ускорение от вълната вседствие образуването на ефективна потенциална яма (дупка).

Във втората глава авторът представя резултатите от числени пресмятания за сърфатронно ускорени заредени частици от една монохроматична електромагнитна вълна в космическата плазма и са формулирани изводи от резултатите. Показано е, че при взаимодействие с една вълна вариациите в стойностите на надлъжния импулс на електрона (дори с два порядъка) не влияят на улавянето и последващото силно ускорение на частиците до релятивистки енергии.

В заключение на този раздел, се отбелязва значението на проведенния анализ за правилното тълкуване на наличните експериментални данни за потока от космически лъчи, защото техните вариации, наблюдавани в хелиосферата, биха могли да бъдат обяснени и със сърфатронното ускорение от електромагнитни вълни в сравнително спокойна космическа плазма при липсата на критични и нестационарни събития, като например експлозии (ерупции) на свръхнови и др.

В глава 3 е изложен анализа на сърфатронното ускоряване на заредени частици при взаимодействие с две електромагнитни вълни със сравними амплитуда и с различни скорости на фазите (честотите на вълните са различни). В числените разчети е положено, че амплитудите на вълните превишават праговите значения за сърфинг. Изхождайки от релятивистките уравнения за движения на заредена частица при взаимодействие с две електромагнитни вълни задачата е сведена към анализа на нелинейно, нестационарно диференциално уравнение от втори порядък за фазата на първата вълна по траекторията на частицата. При това втората вълна съгласно получените графики на компонентите на скоростта, импулса и релятивисткия фактор на частицата практически не влияе на този процес.

Основният принос в глава 3 е, че при взаимодействие на частицата с две вълни, в случай на достатъчно голяма разлика ($> 14\%$) между фазовите скорости на вълните, влиянието на втория мод върху захващането на частицата от първия и последващото ѝ силно ускорение е слабо. Освен това:

- Темпът на нарастване на енергията на захванатата частица се определя само от първия мод.

- Силното ускорение на частицата от първия мод на електромагнитната вълна ще настъпи ако вълните са със сравними амплитуди и имат достатъчно голяма разлика във фазовите им скорости; (при малка разлика между фазовите скорости на двата мода, стабилен захват на частица и нейното силно ускорение е невъзможно).

- Изведено е диференциално уравнение, позволяващо извършване на цифрови анализи за взаимодействията между две електромагнитни вълни и заредени частици в хомогенна плазма при наличие на слабо постоянно магнитно поле.

В заключението на глава 3 е указано, че изследването на сърфатронното ускорение представлява определен интерес за генерацията на космическите лъчи, а също така за коректното обяснение на експерименталните данни за потоците космически лъчи в околоземното космическо пространство, получени с космическа апаратура. Отбелязано е, че през последните години за обяснение на наблюдаваните вариации на космическите лъчи с характерни продължителности от месец до няколко години е предположена възможността за сърфатронно доускорение на заредените частици (електрони и позитрони) от електромагнитните вълни в най-близките до Слънчевата система междузвездни облаци.

Най-важната глава на дисертацията е глава 4 – там е изследвано сърфатронното ускорение на заредени частици от локализирани в пространството пакети електро-магнитни вълни в космическата плазма. Числените симулации и разчети са извършени въз основа на диференциалното уравнение от втори порядък за фазата на пакета на носещта честота с отчитане на лоренцовата форма на вълновия пакет. Разгледана е зависимостта на ефективността на сърфатронното ускорение от фазовата скорост на носещата честота на пакета. Оказва се, че ефективността на ускорението нараства с увеличението на фазовата скорост. Определени са оптималните условия на захващане и последващо релативистко ускорение на заредените частици от вълновия пакет. Изучена е времевата динамика на характеристиките на ускоряемата частица. Честотата на вълновия пакет съответства на областта на горния хибриден резонанс.

Проведеният от автора анализ показва, че скоростта на нарастване на енергията на частицата в областта на ускорението е постоянна. Получена е асимптотична формула за релативисткия фактор на ускорената частица в зависимост от времето. При субрелативистка начална енергия на частиците се получава сложна динамика на движение със смесен режим на циклотронно въртене и сърфатронно ускорение. Оценките показват, че в космическата плазма увеличението на енергията на захванатата от пакет частица може да нарасне 3-4 и повече порядъка вследствие големия размер на областта на ускорението.

В заключението на 4-та глава автора формулира условията за реализация на силно сърфатронно ускорение на заредените частици от електромагнитните вълни.

По такъв начин от извършения в дисертацията анализ следва, че в условията на космическата плазма е възможно сърфатронно доускорение на електроните и позитроните поради големите размери на областта на ускорението даже при сравнително малки амплитуди на вълновия пакет. Трябва да се отбележи следващият важен момент: електромагнитните вълни могат да захванат сравнително малка част от бързите заредени частици (от порядъка на процент), а тяхното следващо ускорение води до възникването на значителни вариации на космическите лъчи при

големи енергии вследствие бързото спадане на интензитета на космическите лъчи с нарастването на тяхната енергия.

Основен принос на дисертацията. В предната точка **Анализ на труда**, вече бяха посочени няколко отделни приноси в глави 2 и 3. Но основният принос се съдържа в глава 4 и е свързан с по-нататъшното разработване на механизмите на сърфатронното ускорение. Числените симулации показаха, че релативисткото ускорение на частиците на основата на разглеждания механизъм дава нарастване на енергията до няколко порядъка. Това е доказателство в полза на хипотезата, че сърфатронното ускорение на заредени частици от електромагнитни вълни в космическа плазма е един от възможните механизми за генерация на енергетични и релативистки частици в космически условия.

Авторът е доказал, че при избор на релативистки стойности на фазовата скорост на вълновия пакет, най-голямото ускорение настъпва по посока на разпространение на вълната и темпът на ускорение на частицата в това направление е най-голям.

Показано е също, че сърфатронният механизъм за ускорение на частици, на базата на процеса за обмен на енергия на частиците чрез отдаване и приемане на енергия от и към вълната, може не само да ускорява заредени частици, но и едновременно с това да стратифицира енергийното им разпределение.

Предложен е нов термин, обясняващ поведението на частицата по време на резонансното взаимодействие и „показващ наличието на особена точка на траекторията на захваната частица от тип устойчив фокус” и конична форма. Траекториите на този тип резонансни взаимодействия вълна-частица се предлагат да се обозначават като траектория с наличие на особена точка от тип устойчив фокус с форма на двоен обемно инвертиран конус от тип W, или резонансна траектория тип W при сърфатронно ускорение.

Публикации по дисертационния труд:

2 броя публикации в списания с ИФ (в J A S T P и C. R. Acad. Bulg. Sci.);

5 броя, доклади на национални и международни конференции (в пълен текст);

8 броя, доклади и постери на конференции (с абстракти или по съответните програми).

Отражение в науката. Забелязах 10 цитата в SCOPUS върху работите в дисертацията, обаче 5 от тях са автоцитати, а 5 са реални цитати (системата SCOPUS не ги различава). Забелязах също 16 цитата в SCOPUS върху работи извън дисертацията, но близки до тематиката ѝ, като 1 от тях е автоцитат, а 15 са реални цитати. Това показва сравнително добра цитируемост на публикациите.

Препоръки и критични бележки. Като цяло дисертационният труд е стабилен – със солидни приноси, голям обем и обширна литература (изброени са 21 работи на Нобелеви лауреати, вкл. 3 Нобелеви лекции и още много работи на свърх-

нобелевците Максвел, Фарадей, Нерц, Тесла и др.). Трудът е оформен технически много прецизно – всички страници, както и всичките 104 фигури са цветни!

Независимо от това бих желал да направя някои забележки и препоръки:

1) След като се разработва труд по ускорение на космическите лъчи би трябвало да се споменат основните механизми на ускорение за този тип частици- а именно: ускорение Ферми тип 1, Ферми тип 2, бетатронно ускорение, електрически механизми на ускорение и т.н.

Тези въпроси най-добре са дадени във фундаменталната монография (която липсва в цитираната литература):

Гинзбург В.Л., С.И. Сыроватский (1960) Происхождение космических лучей, която веднага е преведена и издадена на запад:

Ginzburg V.L., Syrovatskij (1961) Origin of cosmic rays

Това е книгата-буквар, от която се учеха много поколения (а и още се учат!).

След като се споменават всички нобелевци, защо не се споменава и авторът на тази книга Vitaly L. Ginzburg (The Nobel Prize in Physics 2003)?

Защо не се споменава и откривателя на космическите лъчи

Victor Franz Hess (The Nobel Prize in Physics 1936 "for his discovery of cosmic radiation") и

Carl David Anderson (The Nobel Prize in Physics 1936 "for his discovery of the positron"),

след като в дисертацията се разглеждат само ускоренията на електроните и позитроните?

За откривателя на електроните авторът дава много професионална информация на стр. 13:

Joseph John Thomson (The Nobel Prize in Physics 1906 "for his discovery of the electron").

2) Дискусионен е и въпроса кой пръв въвежда термина „сърфатронно ускорение – surfatron acceleration“? Според авторът това са Katsouleas and Dawson (1983). Обаче аз открих друга 9-годишна по-ранна работа за сърфатронното ускорение на заредени частици в синтетична плазма

Moisan M., Beaudry C. and Leprince P. (1974) Physics Letters A, 50(2), 125-126, която заслужава да бъде внимателно проучена и анализирана. Мисля, че именно в нея за пръв се въвежда термина „сърфатронно ускорение – surfatron acceleration“.

Това са допълнителни (не основни!) забележки към дисертацията. Сам авторът признава на стр. 29: „На предложените литературни източници в тази глава на работата трябва да се гледа като на една малка част от общото количество информация по въпроса, като същевременно много други прекрасни публикации и книги не са намерили място в него поради липса на достъп до тях.“

Напълно съм съгласен с това твърдение, но горещо препоръчвам на кандидата съвременната, актуална и „прекрасна книга“:

Dikshitulu K. Kalluri, Principles of Electromagnetic Waves and Materials, CRC Press, 29.05.2013, L.-N.Y., 462 p.

3) В списъка с публикации по темата на дисертацията липсва самостоятелна публикация на докторанта.

4) Мога да препоръчам на автора на дисертацията да продължи изследванията върху сърфатронното ускоряване на заредени частици в космическата плазма като ги разшири и за протоните, хелиевите ядра и за другите тежки ядра (групите L, M, H, VH и SH), които представляват 99% от състава на космическите лъчи (докато разглежданите в работата електрони са около 1%).

Автореферат. Авторефератът в обем 52 страници съответства напълно на съдържанието на дисертацията.

Заклучение. Считам че дисертационният труд на гл. ас. инж. Румен Георгиев Шкевов на тема: “Сърфатронно ускорение на релативистки заредени частици от електромагнитни вълни в космическа плазма” съдържа важни научни резултати, които представляват оригинален принос в космическата физика. Рецензираната работа показва, че кандидатът притежава задълбочени познания в областта на физиката на Космоса и има способност за самостоятелни научни изследвания. Дисертационният труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение.

Приносите са значими и достатъчни. Това ми дава основание да дам изцяло положителна оценка на представения ми за рецензия дисертационен труд и да препоръчам на уважаваното Научно жури да присъди на гл. ас. инж. Румен Георгиев Шкевов образователната и научна степен „доктор” в областта на висше образование

4. Природни науки, математика и информатика:

професионално направление 4.1. Физически науки:

научна специалност „Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство”.

Рецензент:

член кор. П. Велинов

