



СТАНОВИЩЕ

От Ерохин Николай Сергеевич, проф., зав.отдел, д.ф.-м.н.,

Институт за космически изследвания на Руската академия на науките,

отдел "Космогеофизика"

По процедурата за защита на дисертационния труд на тема:

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

Претендент: гл.ас. Румен Шкевов, докторант на самостоятелна форма на обучение за присъждане на образователната и научна степен "доктор"

В област на висше образование: **4. Природни науки, математика и информатика**

Професионално направление: **4.1 Физически науки**

Общо описание на представените материали. Дисертацията е с обем от 154 стр., включваща: Въведение (актуалност на темата, цел и обект на изследване), четири глави на основния материал, списък с приносите и публикации на автора по темата на дисертацията, 104 фигури, 9 таблици, библиографията съдържа 157 наименования на английски, руски и немски езици.

В първата глава на представената дисертация подробно е изложено съвременното състояние на проблема на сърфатронното ускорение на заредени частици в космическа плазма, дадена е историческа справка по темата на изследванията, направен е обзор на наличната литература. Глави 2, 3, 4 на дисертацията съдържат уводна част, постановка и теоретична обосновка на разглежданите задачи, резултати от числените пресмятания на сърфатронно ускорение в космическа плазма, а също така и изводи и заключение по резултатите на главата.

Във втората глава са описани резултатите от пресмятанията на сърфатронното ускорение на заредени частици от една електромагнитна вълна, разпространяваща се перпендикулярно на външното магнитно поле в космическа плазма, по разделите за случаите: 1) честотата на вълната е по-голяма от циклотронната честота на електроните в плазмата; 2) честотата на вълната е по-малка от циклотронната честота на електроните в плазмата. Определени са диапазоните на значенията на началната фаза на вълната на траекторията на частицата, благоприятни за нейното захващане от вълната в режим на ултрарелятивистко ускорение; изследвана е времевата динамика на компонентите на импулса и скоростта на захванатата частица, нейният релятивистки фактор, благоприятен за реализация на сърфинг знак на компонента на импулса на частицата по направление на вълновия фронт. Посочено е, че при силно ускорение на захванатата частица, напречните към външното магнитно поле компоненти на скоростта на частицата и темпът на ръста на нейния релятивистки фактор достигат до постоянните асимптотични стойности, което съществено опростява оценките на характеристиките на динамиката на ускоряемите частици. В последния подраздел на втората глава е изследвано влиянието на величината на надлъжния импулс на частицата на вероятността за улавяне с последващо силно ускорение. Показано е, че величината на надлъжния импулс не влияе на резонансните процеси при сърфатронно ускорение на частици в космическа плазма.

В третата глава е проведен анализ на сърфатронното ускорения на заредени частици при

тяхното взаимодействие с две електромагнитни вълни със сравними амплитуди, разпространяващи се перпендикулярно към външното магнитно поле в космическа плазма. Отчитайки двата интеграла на движение от изходните релативистки уравнения е приведено извеждането на нелинейното уравнение за фазата на първата вълна, намираща се в резонанс на черенковски с частицата. С числени пресмятания е показано, че има диапазон от благоприятни за сърфинг начални фази за първата вълна, за който при благоприятен знак на компонентите на импулса на частиците и надхвърляне на праговото значение на амплитудата на електричното поле на вълната (за реализация на сърфинг) настъпва захват на частицата от първата вълна (фазовата скорост на втората вълна се отличава съществено от същата за първата вълна) с последващо ултрарелативистко ускорение. Определени са асимптотичните стойности на релативисткия фактор на захванатата частица, компонентите на нейните скорости, показано е, че в процеса на силно ускорение частиците достигат дъното на ефективната потенциална яма. Пресмятанията също показват, че при достатъчно малка разлика във фазовите скорости на вълните, чиито амплитуди са над праговото значение за сърфинг, стабилен захват на заредената частица с последващо силно ускорение може да отсъства. В заключението на втората глава е посочено, че разгледания механизъм за ускорение на заредени частици представлява интерес за проблемите свързани с генерацията на космични лъчи (КЛ) и обяснява причините за поява на вариации в техния поток, наблюдавани с космическа апаратура.

В глава 4 на дисертацията е разгледано сърфатронното ускорение на заредени частици от пространствено локализиран (лоренцова форма) пакет от електромагнитни вълни, разпространяващи се напречно на външното магнитно поле. В централната част на пакета амплитудата на електричното поле превишава праговото за реализация на сърфинг значение и в нея е възможно улавяне на частиците от пакета в режим на силно (при достатъчно голяма дебелина на тази област) сърфатронно ускорение. За фазата на вълновия пакет на носещата честота е получено нелинейно, диференциално уравнение от втори порядък с отчитане на локализацията на пакета в пространството. Най-голямо ускорение се реализира при улавяне на заредената частица на задната страна на пакета. След това частицата с фазова скорост пресича пакета, който се движи с групова скорост (тя е значително по-малка от фазовата скорост на носещата честота) и попадайки в областта на електрични полета, по-малки от праговото значение, се превръща в незахваната и ускорението се прекратява. След това частицата извършва ларморовско въртене. Чрез пресмятания са определени благоприятните за реализация на захват начални значения на фазата на пакета на носещата честота и благоприятен знак на компонентите на импулса на частицата по посока на вълновия фронт. Пресмятанията показаха, че за захванатата частица фазата на пакета на носещата честота изпитва сравнително малки вариации около значението, съответстващо на дъното на ефективната потенциална яма, а когато частицата на лявата страна на пакета се превръща в незахваната, фазата бързо нараства с времето. За захванатата частица графикът на нейното преместване по направление на разпространението на пакета става практически права линия, а графиките на компонентите на импулса, напречните към външното магнитно поле и релативисткия фактор на частицата съответстват на тяхното увеличение практически с постоянен темп на ръста. В съответствие с пресмятанията за слаборелативистки частици отначало на относително малки интервали от време частицата може да извършва ларморовско въртене, след това се реализира нейният захват от пакета с последващо силно ускорение. Пресмятанията също така са показали, че за незахваната слаборелативистка частица може да има локални доускорения с увеличение с десетки и повече проценти на величината нейната енергия. За захванатите от пакета частици

при силно ускорение на фазовата плоскост на траекторията съответстват (както и в случая при взаимодействия с монохроматична вълна) на движение изобразяващо точка към особена точка от типа устойчив фокус.

В заключението на дисертацията е дадена формулировка на получените резултати и произтичащите от тях изводи за оптималните условия за реализация на сърфатронно ускорение на заредени частици от електромагнитни вълни в космическа плазма с ръст (4-6) и повече порядъци на величината на енергията на частиците. Според наличните публикации, сърфатронното ускорение с генерация на космични лъчи може да бъде реализирано, например, в близките до слънчевата система местни междузвездни облаци, където характерните дължини на ускорението могат да достигат части от парсека и повече.

1. Оценка на приносите в дисертационния труд. Изучени са резонансните взаимодействия на заредени частици с една и две електромагнитни вълни, имащи различни честоти, а също така с локализиран в пространството пакет от електромагнитни вълни с крайни амплитуди при тяхното разпространение в космическа плазма. Аз смятам, че авторските приноси на дисертационния труд в числените пресмятания на сърфатронното ускорение на заредени частици, получени при анализа на нелинейно, диференциално уравнение за фаза вълната (или фазата на вълновия пакета на носещата честота) на траекторията на частиците са значителен принос на автора в даденото научно направление. Важно е да се отбележи, че решаваната задачата е многопараметрична и изисква много голямо количество пресмятания за определянето на основните закономерности в динамиката на механизма на сърфатронното ускорение на частици от електромагнитни вълни. Приносите на дисертационния труд са изложени достатъчно ясно, което осигурява тяхното тълкуване и важност за проблема на генерация на потоци от ултрарелативистки частици в космическа плазма, включително формирането на наблюдаваните от космическата апаратура вариации на потоци от КЛ.

2. Оценка на публикациите на автора и цитиранията. Резултатите, включени от автора в дисертацията са били представени на ред конференции, някои от докладите са „поканени“. Резултатите от дисертацията са публикувани в рецензируеми списания. Общото количество на работи по дисертацията е 15, като 2 от тях са статии в списания с импакт фактор, 5 са публикувани (пълен текст) в сборници на конференции (един от докладите е „поканена публикация“), останалите 8 (осем) са представени на конференции и симпозиуми като доклади и постери като един доклад има статус на „поканен“. Трябва да се отбележи, че цитируемостта на ред работи се наблюдава в системата SCOPUS.

3. Критични бележки и препоръки. В тази част на моето становище по дисертацията ще отбележа, че в текста на дисертацията има технически грешки. Въпреки това, те не променят общата положителна оценка на дадената работа.

4. Лични впечатления за кандидата и други данни, непосочени в предходните точки. Аз познавам Румен Шкевов от порядъка на 10 години. Ние заедно сме работили по съвместните руско-български проекти включително по "Хаос" и "Сърфатрон". Моите впечатления от това сътрудничество са много добри, при срещите в София и Москва подробно са обсъждани тематиката на съвместните работи, избор на параметри за числените пресмятания, списания за публикуване на получените резултати, участие в работата на различни конференции със съвместни доклади, направления за бъдещо развитие на съвместните изследвания по сърфатронно ускорение на заредени частици в космическа плазма.

Заклучение. Отчитайки, че кандидатът Румен Шкевов има достатъчно количество научни и приложни достижения, които са представени на научната общност във вид на качествени публикации в рецензируеми издания, доклади на научни конференции и симпозиуми, а също така и неговото участие в изследователски проекти, може да се направи следното заключение: аз давам положителна оценка на материалите, с които кандидатът Румен Шкевов участва в процедурата по защита на дисертацията на тема "Сърфатронно ускорение на релативистки заредени частици от електромагнитни вълни в космическа плазма" за присъждане на образователна и научна степен "доктор" в област на висше образование **4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1 Физически науки.**

Препоръчвам на членовете на уважаемия Научен съвет на ИКИТ-БАН и Научното жури, назначено със заповед № 157/21.12.2016 на Директора на ИКИТ-БАН, да оценят положително предложението ни за дисертационен труд.

Научен консултант, професор, доктор на физико-математическите науки

/ Ерохин Николай Сергеевич /

" ____ " януари 2017 г.

Подписът на Н.С. Ерохин заверявам - научен секретар на ИКИ РАН,

доктор на физико-математическите науки

/ А.В. Захаров /

