بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه ، گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : اتمی – مولکولی

عنوان :

بررسی انتشار امواج سالیتون گونه یون صوتی در پلاسماهای غباری مغناطیده

استاد راهنما :

دکتر محمد علی محمدی دورباش

استاد مشاور :

دکتر محمد رضا تنهایی اهری

پژوهشگر :

مهشید صباغ نیا

بهار ۱۳۹۲

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه‌ی درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ برگ بگیرم و از سایه‌ی وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه‌ی هستی‌ام بوده‌اند و دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب یادم دادند. آموزگارانی که زندگی، بودن و انسان بودن را معنی کردند.

حال این برگ سبزی است تحفه‌ی درویش تقدیم آنان.....

تشکر و قدردانی :

خداوند عزیز و مهربان را شکرگزارم که بر بنده‌ی حقیر منت نهاد تا بتوانم پله‌ای از پله های زندگی را با موفقیت پشت سر نهم و بر خود واجب می دانم از اساتید گرامی که یقیناً بدون راهنماییهای این بزرگواران، این پایان نامه به سرانجام نمی رسید، کمال تشکر و قدر دانی را نمایم.

از استاد بزرگوار آقای دکتر محمدی که در تمامی مراحل این پایان نامه از دانش ایشان بهره برده‌ام تشکر می نمایم، همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر تنهایی کمال تشکر را دارم.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب مهشید صباغ نیا دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی ۸۹۰۶۳۳۲۸۶۰۰ در رشته فیزیک اتمی و مولکولی که در تاریخ ۹۲/۰۳/۰۷ از پایان نامه خود تحت عنوان : بررسی انتشار امواج سالیتون گونه یون صوتی در پلاسماهای غباری مغناطیده با کسب نمره ۱۹ و درجه عالی دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و ...) استفاده نموده ام ، مطابق ضوابط و رویه های موجود ، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام .

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

نام و نام خانوادگی : مهشید صباغ نیا

تاریخ و امضاء :

بسمه تعالی

درتاریخ : ۹۲/۰۳/۰۷

دانشجوی کارشناسی ارشد خانم مهشید صباغ نیا از پایان نامه خود دفاع نموده و با نمره ۱۹ بحروف نوزده و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت .

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی

دانشکده علوم پایه

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

نام واحد دانشگاهی : تهران مرکزی **کد واحد** : ۱۰۱	**کد شناسایی پایان نامه** : ۱۰۱۳۰۲۱۰۹۰۱۰۱۶
عنوان پایان نامه : بررسی انتشار امواج سالیتون گونه یون صوتی در پلاسماهای غباری مغناطیده	
نام ونام خانوادگی دانشجو: مهشید صباغ نیا **شماره دانشجویی**: ۸۹۰۶۳۳۲۸۶۰۰ **رشته تحصیلی** : فیزیک اتمی مولکولی	**تاریخ شروع پایان نامه** : ۹۰/۱۱/۲۰ **تاریخ اتمام پایان نامه** : ۹۲/۰۳/۰۷
استاد/ استادان راهنما : دکتر محمد علی محمدی دورباش **استاد/ استادان مشاور** : دکتر محمد رضا تنهایی اهری	
آدرس و شماره تلفن : تبریز خ آزادی جنب اداره جهاد کشورزی کوی امیرکبیر ساختمان نیلوفر۱۰ ط دوم	

چکیده پایان نامه (شامل خلاصه، اهداف، روش های اجرا و نتایج به دست آمده) :

یکی از موضوعات تحقیقاتی جالب در زمینه پلاسما، پلاسمای غباری می‌باشد. در این قبیل از پلاسماها ذرات بارداری با اندازه میکرون به محیط پلاسما اضافه می‌شود. وجود این ذرات در محیط پلاسما باعث تشکیل انواع متفاوتی از امواج می-شود. یکی از این امواج، موج یون صوتی غباری است. هدف از این پایان نامه، بررسی نحوه‌ی انتشار امواج یون – صوتی غباری در محیط پلاسمای غباری تحت شرایط مختلف است. ابتدا به بررسی کلیات پلاسمای غباری شامل تعریف پلاسمای غباری، نحوه‌ی باردار کردن ذرات غباری و نیروهای وارد پرداختیم، سپس رابطه‌ی پاشندگی موج یون صوتی غباری را بدست آوردیم. در ادامه با استفاده از روش اختلال کاهشی نحوه‌ی انتشار موج یون صوتی در حالت غیرخطی که بصورت سالیتون گونه می‌باشد، بررسی شده است. برای مطالعه‌ی انتشار موج شرایط مختلفی از قبیل تأثیر عواملی مانند میدان مغناطیسی، دما، و حضور یونهای به دام افتاده و همچنین الکترون های به دام افتاده (مقید) را نیز بررسی کردیم.

نظر استاد راهنما برای چاپ در پژوهش نامه دانشگاه **مناسب است** **تاریخ و امضا :**

مناسب نیست

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده..... ۱

مقدمه..... ۲

فصل اول: پلاسمای غباری

۱ـ۱ تاریخچه‌ی پلاسمای غباری..... ۵

۱ـ۲ مشخصه های پلاسمای غباری..... ۵

۱ـ۲ـ۱ خنثی بودن ماکروسکوپی (شرط شبه خنثی)..... ٦

۱ـ۲ـ۲ حفاظ دبای..... ۷

۱ـ۲ـ۳ بسامدهای مشخصه..... ۱۰

۱ـ۳ پلاسمای غباری در فضا..... ۱۳

۱ـ٤ پلاسمای غباری در آزمایشگاه ها..... ۱٤

۱ـ٤ـ۱ تولید پلاسمای غباری..... ۱۵

۱ـ٤ـ۱ـ۱ تخلیه الکتریکی rf ۱۵

۱ـ٤ـ۱ـ۲ تخلیه الکتریکی dc ۱٦

۱ـ۵ غلاف الکترواستاتیکی ۱۸

۱ـ٦ فرآیندهای باردار کردن ذرات ۲۳

۱ـ۷ ذرات غباری ایزوله ۲۵

۱ـ۷ـ۱ مجموعه ذرات پلاسمائی ۲٦

۱ـ۷ـ۲ نشر ثانویه الکترون ۳۰

۱ـ۷ـ۳ نشر فوتونی ۳۲

۱ـ۷ـ٤ نشر ترمویونی ۳۳

۱ـ۷ـ۵ نشر میدانی ۳۳

۱ـ۷ـ٦ رادیو اکتیویته ۳٤

۱ـ۷ـ۷ یونیزاسیون برخوردی (یونش) ۳٤

۱ـ۸ ذرات غباری غیرایزوله ۳۵

۱ـ۸ـ۱ بار ذره‌ی غبار ۳۵

۱ـ۹ دینامیک ذرات غبار ۳۸

۱ـ۹ـ۱ نیروهای مؤثر بر بار دانه‌ی غبار ۳۹

۱ـ۹ـ۲ نیروی الکترومغناطیسی ٤۰

۱ـ۹ـ۳ نیروی گرانشی ٤۱

۱ـ۹ـ٤ نیروی کششی ٤۲

۱ـ۹ـ۵ نیروی ترموفورزی ٤۲

فصل دوم: امواج در پلاسمای غباری

مقدمه ٤٤

۲-۱ امواج خطی ٤۵

۲-۱-۱ امواج صوتی غباری (DA) ٤۸

۲-۱-۲ امواج یون-صوتی غباری (DIA) ۵۲

۲-۲ تأثیرات مرزها و برخوردها ۵۵

۲-۲-۱ امواج DA ۵٦

۲-۲-۲ امواج DIA ۵۸

۲-۳ امواج غیرخطی ۵۹

۲-۳-۱ تعریف سالیتون و تاریخچه پیدایش آن ٦۰

۲-٤ امواج سالیتون گونه ٦٢

۲-٤-۱ امواج سالیتون گونه صوتی غباری (DA) ٦٣

۲-٤-۲ معادلات کورته وگ- دوریز (KdV)..... ٦٥

۲-٤-۳ روش اختلال کاهشی ٦٧

۲-٤-٤ امواج سالیتون گونه صوتی غباری (DAS) با دامنه کوچک..... ٦٨

۲-٤-٥ امواج سالیتون گونه صوتی غباری (DAS) با دامنه دلخواه ٧١

۲-٤-٦ امواج سالیتون گونه صوتی غباری (DA) در محیط پلاسمای غباری مغناطیده ٧٢

۲-٥ تأثیر دمای جریان غباری بر امواج سالیتون گونه صوتی غباری ٧٧

۲-٦ نقش یونها و الکترونهای مقید در انتشار غیرخطی امواج پلاسمای غباری ٧٩

۲-٦-۱ اثر توزیع یونهای مقید در امواج DAS ٧٩

۲-۷ امواج سالتیون گونه یون- صوتی غباری (DIA) ٨٤

۲-۷-۱ امواج سالتیون گونه DIA با دامنه کوچک ٨٥

۲-۷-۲ امواج سالتیون گونه DIA با دامنه دلخواه ٨٩

۲-۸ اثر توزیع الکترونهای مقید در امواج سالتیون گونه یون- صوتی غباری DIA ٩٠

فصل سوم: امواج سالتیون گونه تحت شرایط مختلف

مقدمه ۹۶

۳-۱ امواج سالتیون گونه یون- صوتی غباری (DIA) در محیط پلاسمای غباری مغناطیده ۹۶

۳-۱-۱رابطه‌ی پاشندگی برای امواج سالتیون گونه یون- صوتی غباری

در پلاسمای غباری مغناطیده ۱۰۵

۳-۲ تأثیر دمای جریان یونی بر امواج سالتیون گونه یون- صوتی غباری

در محیط پلاسمای غباری غیرمغناطیده ۱۰۹

۳-۲-۱ تأثیر دمای جریان یونی بر امواج سالتیون گونه یون- صوتی غباری

در حضور میدان مغناطیسی ۱۱۵

۳-۳ پلاسمای الکترونگاتیو غباری ۱۲۲

۳-۳-۱ معادلات حاکم ۱۲۴

۳-۳-۲ امواج $DIAS$ در پلاسمای الکترونگاتیو غباری ۱۲۶

۳-۳-۳ انتشار امواج DIA در محیط پلاسمای مغناطیده الکترونگاتیو غباری

بدون جریان یونی ۱۳۹

۳-۴ نقش الکترونهای مقید در انتشار امواج DIA در پلاسمای مغناطیده

الکترونگاتیو غباری ۱۴۶

۳-٤-۱ نقش الکترونهای مقید در انتشار امواج *DIA* در پلاسمای مغناطیده

الکترونگاتیو غباری بدون جریان یونی.....۱٤۷

۳-٤-۲ نقش الکترونهای مقید در انتشار امواج *DIA* در پلاسمای مغناطیده

الکترونگاتیو غباری با جریان یونی ۱٥٤

فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات

مقدمه.....۱٦٦

نتیجه گیری ۱٦٦

پیشنهادات ۱٦۷

منابع ۱٦۹

چکیده انگلیسی.....۱۷۱

فهرست منحنی‌ها:

عنوان صفحه

منحنی ۲-۱ جواب معادله‌ی KdV ۸۷

منحنی ۲-۲ رابطه‌ی دامنه‌ی موج با بار غبار $(U_0 = 1)$ ۸۸

منحنی ۲-۳ رابطه‌ی پهنای موج با بار غبار $(U_0 = 1)$ ۸۸

منحنی ۳-۱ جواب معادله‌ی KdV ۱۰۰

منحنی ۳-۲ رابطه‌ی دامنه‌ی موج با بار غبار ۱۰۱

منحنی ۳-۳ رابطه‌ی پهنای موج با بار غبار ۱۰۲

منحنی ۳-٤ رابطه‌ی پتانسیل با میدان ۱۰۲

منحنی ۳-۵ رابطه‌ی پهنا با میدان ۱۰۳

منحنی ۳-٦ رابطه‌ی پهنا با زاویه و میدان ۱۰٤

منحنی ۳-۷ رابطه‌ی پهنا با بار غبار و میدان..... ۱۰٤

منحنی ۳-۸-الف منحنی پاشندگی بر حسب تغییرات بار غبار..... ۱۰۷

منحنی ۳-۸-ب منحنی پاشندگی بر حسب تغییرات میدان ۱۰۸

منحنی ۳-۸-ج منحنی پاشندگی بر حسب تغییرات k_x ۱۰۸

منحنی ۳-۹ تغییرات ω با k_x و k_z ۱۰۹

منحنی ۳-۱۰ جواب معادله‌ی KdV ۱۱۳

منحنی ۳-۱۱ رابطه‌ی دامنه با دما..... ۱۱۳

منحنی ۳-۱۲ رابطه‌ی پهنای موج با دما..... ۱۱٤

منحنی ۳-۱۳ رابطه‌ی دامنه‌ی موج با دما و بار..... ۱۱۵

منحنی ۳-۱٤ جواب معادله‌ی KdV..... ۱۲۰

منحنی ۳-۱۵ رابطه‌ی دامنه با دما و بار غبار ۱۲۰

منحنی ۳-۱٦ رابطه‌ی دامنه با δ و γ..... ۱۲۱

منحنی ۳-۱۷ رابطه‌ی پهنا با زاویه و میدان ۱۲۲

منحنی ۳-۱۸ جواب معادله‌ی KdV..... ۱۳۱

منحنی ۳-۱۹ رابطه‌ی دمای یون با بار یون منفی و بار غبار ۱۳۲

منحنی ۳-۲۰ تغییرات دامنه $(\phi_m > 0)$ بر حسب دما و چگالی..... ۱۳۳

منحنی ۳-۲۱ تغییرات دامنه $(\phi_m > 0)$ بر حسب دما و چگالی..... ۱۳٤

منحنی ۳-۲۲ تغییرات دامنه $(\phi_m > 0)$ با δ و γ..... ۱۳۵

منحنی ۳-۲۳ تغییرات دامنه $(\phi_m < 0)$ با دمای یون مثبت و چگالی یون منفی..... ۱۳۵

منحنی ۳-۲٤ تغییرات دامنه $(\phi_m < 0)$ با دمای یون منفی و چگالی بار غبار.....۱۳٦
منحنی ۳-۲۵ تغییرات دامنه $(\phi_m < 0)$ با δ و γ.....۱۳۷
منحنی ۳-۲٦ تغییرات پهنا با α و β.....۱۳۷
منحنی ۳-۲۷ تغییرات پهنا با σ_i و σ_n.....۱۳۸
منحنی ۳-۲۸ تغییرات پهنا با زاویه و میدان.....۱۳۹
منحنی ۳-۲۹ جواب معادله‌ی KdV ۱٤۳
منحنی ۳-۳۰ تغییرات دامنه $(\phi_m > 0)$ با دمای الکترون و چگالی غبار ۱٤٤
منحنی ۳-۳۱ تغییرات دامنه $(\phi_m < 0)$ با دمای الکترون و چگالی غبار.....۱٤٤
منحنی ۳-۳۲ تغییرات پهنا با α و β.....۱٤۵
منحنی ۳-۳۳ تغییرات پهنا با زاویه و میدان.....۱٤٦
منحنی ۳-۳٤ جواب معادله‌ی KdV.....۱۵۲
منحنی ۳-۳۵ تغییرات دامنه $(\phi_m > 0)$ با دمای الکترون و چگالی غبار ۱۵۳
منحنی ۳-۳٦ تغییرات پهنا با α و β.....۱۵۳
منحنی۳-۳۷ تغییرات پهنا با زاویه و میدان.....۱۵٤
منحنی ۳-۳۸ جواب معادله‌ی KdV.....۱۵۹

منحنی ۳-۳۹ تغییرات دامنه با دمای یون مثبت و چگالی یون منفی..... ۱۶۰

منحنی ۳-٤۰ تغییرات دامنه $(\phi_m > 0)$ با دمای الکترون و چگالی غبار ۱۶۰

منحنی ۳-٤۱ تغییرات دامنه با δ و γ ۱۶۱

منحنی ۳-٤۲ تغییرات پهنا با α و β ۱۶۲

منحنی ۳-٤۳ تعییرات پهنا با σ_i و σ_n ۱۶۲

منحنی ۳-٤٤ تغییرات پهنا با زاویه و میدان..... ۱۶۳

منحنی ۳-٤٥ تغییرات ϕ_m با b و β ۱۶٤

فهرست شکل ها :

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ نمایش ذرات غباری بین سیارات..... ۱٤

شکل ۱-۲ منحنی طرح وار سیستم آزمایشی چو و همکاران ۱٦

شکل ۱-۳ منحنی طرح وار چگونگی تشکیل پلاسمای غباری

در یک لایه افقی در تخلیه الکتریکی dc ۱۷

شکل ۱-٤ پتانسیل ϕ در یک غلاف تخت ۱۹

شکل ۱-۵ برخورد گونه j پلاسما با ذره غبار باردار با $q_d q_j < 0$ ۲٦

شکل ۱-٦ مقدار $\frac{e\phi_d}{K_B T}$ بر حسب $\log p$ ۳۸

چکیده

یکی از موضوعات تحقیقاتی جالب در زمینه پلاسما، پلاسمای غباری می‌باشد. در این قبیل از پلاسماها ذرات بارداری با اندازه میکرون به محیط پلاسما اضافه می‌شود. وجود این ذرات در محیط پلاسما باعث تشکیل انواع متفاوتی از امواج می‌شود. یکی از این امواج، موج یون صوتی غباری است. هدف از این پایان نامه، بررسی نحوه‌ی انتشار امواج یون – صوتی غباری در محیط پلاسمای غباری تحت شرایط مختلف است. در این تحقیق، ابتدا به بررسی کلیات پلاسمای غباری شامل تعریف پلاسمای غباری، نحوه‌ی باردار کردن ذرات غباری و نیروهای وارد پرداختیم، سپس رابطه‌ی پاشندگی موج یون صوتی غباری را بدست آوردیم. در ادامه‌ی پژوهش با استفاده از روش اختلال کاهشی نحوه-ی انتشار موج یون صوتی در حالت غیرخطی که بصورت سالیتون گونه می‌باشد، بررسی شده است. برای مطالعه‌ی انتشار موج شرایط مختلفی از قبیل تأثیر عواملی مانند میدان مغناطیسی، دما، و حضور یونهای به دام افتاده و همچنین الکترون های به دام افتاده (مقید) را نیز بررسی کردیم.

مقدمه

اغلب گفته می‌شود که ۹۹ ٪ ماده‌ی جهان در حالت پلاسماست، یعنی به صورت گاز الکتریسیته‌داری است، با اتم‌هایی که به یون‌های مثبت و الکترون‌های منفی تجزیه شده‌اند. این برآورد ممکن است خیلی دقیق نباشد ولی نظر به اینکه درون ستارگان و جو آن‌ها، ابرهای گازی و بیش‌تر هیدروژن فضای بین ستارگان به صورت پلاسما هستند، مسلماً دور از واقعیت نیست. در مجاورت خودمان، وقتی جو زمین را ترک می‌کنیم، بلافاصله با پلاسمایی مواجه می‌شویم که از کمربندهای تشعشعی وان آلن و بادهای خورشیدی تشکیل شده است [۱].

در این پایان‌نامه با نوع جدیدی از پلاسما به نام پلاسمای غباری[1] آشنا می‌شویم که مرز جدیدی بین فیزیک کاربردی و تکنولوژی مدرن است. یک پلاسمای غباری مخلوطی از ذرات غبار ریز باردار، الکترون‌ها، یون‌ها و خنثی‌ها می باشد. پلاسماهای غباری عبارتند از گازهای هادی‌ای که در دماهای پایین به صورت کامل یا جزئی از نظر الکتریکی یونیزه شده‌اند. ذرات غباری سنگین هستند (خیلی سنگین‌تر از پروتون) و محدوده‌ی اندازه‌ی آن‌ها بین نانومتر– میلی‌متر می‌باشد، این ذرات ممکن است عایق یا هادی باشند و اندازه و شکل آن‌ها متفاوت خواهد بود مگر آن‌که ساخته شده‌ی دست بشر با-شد، اما هنگامی که از دور به آن‌ها نظر می‌کنیم بار نقطه‌ای به نظر می‌آیند. اغلب پلاسمای موجود در فضا پلاسمای غباری هستند و هم‌چنین این پلاسماها در آزمایشگاه‌ها نیز ظاهر شده است، عوامل فوق باعث گردیده که پلاسماهای غبارآلود به عنوان موضوع جدیدی مورد مطالعه قرار گیرد.

[1] - Dusty plasma