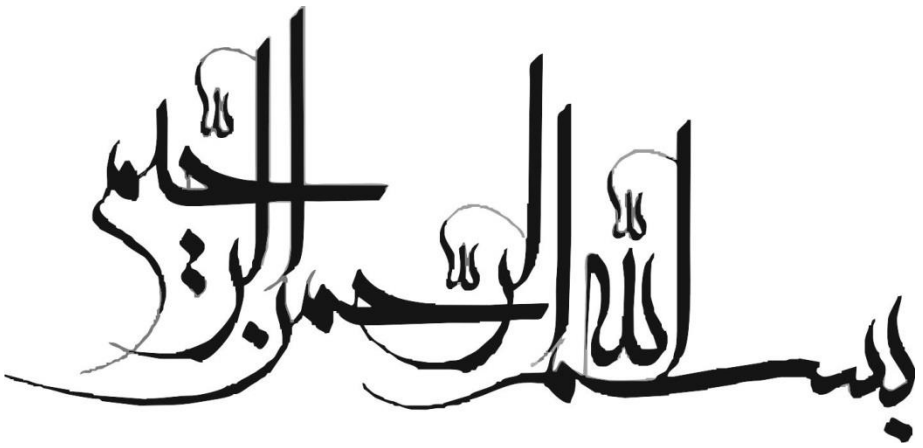
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فیزیک

گروه اتمی مولکولی (پلاسما)

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

بررسی رفتار دینامیکی امواج الکترومغناطیسی در پلاسماهای الکترون-پوزیترون

دانشجو :

کبری تراویده

استاد راهنما :

دکتر مهدی مومنی

شهریور۹۳

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : فیزیک

گروه : اتمی مولکولی(پلاسما)

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم کبری تراویده

تحت عنوان:

بررسی رفتار دینامیکی امواج الکترومغناطیسی در پلاسماهای الکترون-پوزیترون

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی			
نام و نام خانوادگی :			

پروردگارا:

نه میتوانم موهایشان راکه در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دستهای پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم . پس توفیقم ده که هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم .

ماحصل آموخته هایم راتقدیم می کنم به:

مادر و پدر عزیز تر از جانم که پشت غم ها و شکست های زندگی ام راهموار ه بادل پاک و دعاهای زلالشان

راست نگاه داشتند.

سپاس گذاری

سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست . به فضل الهی ، بعد از مدتها، پس از پیمودن راههای فراوان و مساعدت وتلاش بسیاری از عزیزانی که همواره مرا مورد لطف وعنایت خود قرار دادند این تحقیق به پایان رسید. اکنون، با احترام فراوان برای این همه تلاش این عزیزان برای موفقیت من صمیمانه ازهمه تشکر می‌کنم. نخست ، سپاس بیشمار محضر استاد گرانمایه‌ام، جناب آقای دکترمهدی مومنی که همواره با صبروحوصله و دغدغه فراوان به راهنمایی‌ام پرداخته‌اند حقا که من در کنار ادب درس از ایشان ادب نفس آموختم. همچنین از مساعدت و همکاری بی‌شائبه دوستان عزیزم که زمینه ساز انجام هر چه بهتر و کامل‌تر این تحقیق بوده‌اند سپاسگزاری می-گردد. در انتها از خانواده‌ام که در تمامی مراحل زندگی یار و همراه من بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنم. به امید آنکه توفیق یابم جزبرای خدمت به خلق خدا نکوشم.

تعهد نامه

اینجانب کبری تراویده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش اتمی مولکولی (پلاسما) دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی رفتار دینامیکی امواج الکترومغناطیسی در پلاسماهای الکترون-پوزیترون** تحت راهنمائی جناب آقای دکتر مهدی مومنی متعهد می شوم.

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.

- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

چکیده

پلاسماهای الکترون- پوزیترون دسته بزرگی از زوج پلاسماهای با جرم و بار یکسان (و علامت مخالف) هستند که در ساختار اولیه جهان، در اجسام اخترفیزیکی مانند تباخترها، درهسته‌های کهکشانی فعال، در واپاشی پرتوگاما وغیره وجود دارند. تولید زوج می‌تواند ناشی از برخورد بین ذرات باردار که توسط نیروهای الکترومغناطیسی و یا نیروهای گرانشی شتاب‌دار می‌شوند باشد. همچنین درمحیط‌های تباختری به علت تششعات فوتونی با انرژی بالا، و یا در دستگاه‌های همجوشی مانند توکامک‌ها در برخورد بین الکترون‌ها با انرژی در محدوده‌ی Mevو ذرات گرمایی زوج الکترون-پوزیترون می‌تواند تولید شود. در پلاسماهای الکترون-پوزیترون دینامیک مشابه ذرات باعث می‌شود که امواج خطی و غیرخطی ویژگی‌های فیزیکی متفاوتی با نمونه‌های مشابه در پلاسماهای الکترون-یون داشته باشند. برای بررسی اثرات خطی پلاسما، مانند رابطه پاشندگی خطی امواج برانگیخته از تئوری خطی‌سازی استفاده می‌کنیم. اساس تئوری خطی‌سازی برتقریب کوچک بودن دامنه استوار است. در این صورت ازتمام جملات غیرخطی و مشتق‌های مراتب دوم و بالاتر صرف‌نظر می‌کنیم. طبق این تئوری، اختلال فیزیکی در سیستم، تناوبی و به طور مستقل رفتار می‌کند و انتشار امواج در آن با رابطه پاشندگی خطی به صورت $\omega = \omega(k)$ نمایش داده می‌شود. به منظور بررسی امواج رابطه پاشندگی آنها را که در بردارنده‌ی اطلاعات فیزیکی مهمی از جمله سرعت فاز، سرعت گروه، محدوده فرکانسی که امواج می‌توانند منتشر شوند، نقاط قطع وتشدید وغیره می‌باشد را باید بدست آورد. منظور ما از اثرات غیرخطی رفتارهایی از پلاسما است که با استفاده از تئوری خطی قابل توجیه نیست. اساسا این رفتارهای غیرخطی هنگامی که دامنه موج بزرگتر می‌شود ظاهر می‌گردند. سالیتون‌ها مهم‌ترین جواب‌های غیرخطی در پلاسما هستند. در اینجا تاثیربرخی از کمیت‌های مهم و اثرگذار مانند عدد ماخ، پارامتر کوانتومی، دمای الکترون و پوزیترون، میدان مغناطیسی و غیره را بر روی سالیتون‌های الکترواستاتیکی و الکترومغناطیسی در پلاسماهای

الکترون– پوزیترون کلاسیکی وکوانتومی بررسی می‌کنیم. نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که تقارن پلاسماهای الکترون-پوزیترون می‌تواند در حضور یون‌ها شکسته شود . حضور یون‌ها منجر به انتشار امواجی می‌شود که در پلاسماهای الکترون-پوزیترون وجود نداشته‌اند در این تحقیق برخی از این امواج را بررسی نموده‌ایم. در آخر نیز معادلات غیرهمگن مراتب بالاتر را محاسبه و جواب‌های بدست آمده برای آنها را با جواب‌های معادله kdv مقایسه نمودیم.

واژه‌های کلیدی : پلاسماهای الکترون-پوزیترون– پلاسماهای کلاسیکی- پلاسماهای کوانتومی- امواج الکترواستاتیکی والکترومغناطیسی- رفتارهای خطی و غیرخطی - رابطه پاشندگی خطی- معادله kdv،سالیتون‌ها

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه:

۱-کبری تراویده، مهدی مومنی،"**مطالعه امواج سالیتونی در پلاسماهای کوانتومی الکترون پوزیترون** "کنفرانس فیزیک ایران، شهریورماه ۹۳، سیستان وبلوچستان-زاهدان-ایران

۲-کبری تراویده، مهدی مومنی، وحید نجفی،"**بررسی نقش برخوردها بر رابطه پاشندگی امواج الکترونی در پلاسماهای کوانتومی"**کنفرانس فیزیک ایران، شهریورماه ۹۳، سیستان وبلوچستان-زاهدان-ایران

فهرست مطالب

فصل اول: معرفی پلاسما ۱

۱-۱ مقدمه..... ۲

۱-۲ وجود پلاسما در طبیعت..... ۲

۱-۳ معیارهای پلاسما ۲

۱-۴ حفاظ دبای..... ۴

۱-۵ پلاسماهای کلاسیکی ۵

۱-۶ پلاسماهای کوانتومی..... ۷

۱-۷ تقسیم بندی ناحیه های مختلف پلاسما ۱۱

۱-۸ ساختار پایان نامه..... ۱۳

فصل دوم: پلاسماهای الکترون-پوزیترون ۱۵

۲-۱معرفی..... ۱۶

۲-۲ راههای تولید پلاسماهای الکترون-پوزیترون ۱۶

۲-۳ تفاوت پلاسماهای الکترون –پوزیترون با الکترون -یون..... ۱۷

۲-۴ تولید آزمایشگاهی پلاسمای الکترون-پوزیترون ۱۹

۲-۵ پلاسماهای نسبیتی و غیرنسبیتی..... ۱۹

فصل سوم: مطالعه‌ی رفتارهای خطی در پلاسماهای کلاسیکی ۲۱

۳-۱ مقدمه ۲۲

۳-۲ مدهای خطی در پلاسماهای کلاسیکی ۲۳

۳-۳ مدهای الکترواستاتیکی با $B_0 = 0$ ۲۵

۳-۴ مدهای الکترواستاتیکی با $B_0 \neq 0$ ۲۷

۳-۴-۱ مدهای موازی ۲۹

۳-۴-۲ مدهای عمودی ۲۹

۳-۵ مدهای الکترومغناطیسی ۳۱

۳-۵-۱ مدهای عمودی.... ..... ۳۵

۳-۴-۱-۱ مدهای موازی ۳۷

۳-۶ مدهای الکترومغناطیس خطی در پلاسمای کوانتومی ۳۸

۳-۷ بحث و نتیجه‌گیری ۴۷

فصل چهارم: مطالعه‌ی رفتارهای غیر خطی در پلاسماهای کلاسیکی وکوانتومی ۴۹

۴-۱ مقدمه ۵۱

۴-۲ معادلات فیزیک پلاسمای غیرخطی ۵۱

۴-۲-۱ معادله گورته وگ-دووری ۵۱

۴-۳ جواب های غیر خطی الکتروستاتیک در پلاسماهای کلاسیکی الکترون- پوزیترون ۵۳

۴-۳-۱ برسی های عددی و نتایج ۵۵

۴-۴ جواب های غیر خطی الکتروستاتیک در پلاسماهای کوانتومی الکترون-پوزیترون ۵۷

۴-۴-۱ بررسی های عددی و نتایج ۵۸

۴-۵جواب های غیرخطی در پلاسماهای کلاسیکی الکترون –پوزیترون مغناطیده ۶۰

۴-۵-۱ بررسی های عددی ونتایج ۶۴

۴-۶ پلاسماهای کلاسیکی الکترون- پوزیترون- یون ۶۵

۴-۶-۱مقدمه ۶۵

۴-۷جواب های خطی الکتروستاتیک در پلاسماهای کلاسیکی الکترون- پوزیترون- یون ۶۶

۴-۸ جواب های غیرخطی الکتروستاتیک ومعادله Kdv در پلاسماهای الکترون- پوزیترون- یون کلاسیکی۶۹
۴-۸-۱ بررسی های عددی و نتایج ۷۴
۴-۹ جواب های غیرخطی الکتروستاتیک در پلاسماهای کوانتومی الکترون- پوزیترون- یون ۷۷
۴-۹-۱ مراتب بالاتر جواب های غیرخطی ۷۸
۴-۹-۲ بررسی های عددی و نتایج ۸۱
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۱
۵-۱ مقدمه ۹۳
۵-۲ نتیجه‌گیری.....۹۵
۵-۳ پیشنهادات ۸۵
منابع ۸۸
پیوست ۹۱

لیست تصاویر

شکل(۱-۱). محدوده‌ی تقسیم بندی پلاسما به پلاسماهای کوانتومی و کلاسی..... **۱۰**

شکل(۱-۲). فلوچارت سازماندهی پایان نامه..... **۱۲**

شکل(۳-۱). رابطه پاشندگی امواج الکترواستاتیکی **۲۵**

شکل(۳-۲).رابطه پاشندگی امواج آکوستیکی وسیکلوترونی وامواج لانگمویرو آمیخته بالا..... **۲۹**

جدول(۳-۱) .خلاصه مدهای الکترواستاتیکی..... **۲۹**

شکل(۳-۳). رابطه پاشندگی امواج الکترومغناطیسی..... **۳۳**

جدول(۳-۲). مدهای الکترومغناطیسی در پلاسماهای الکترون-پوزیترون..... **۳۵**

شکل(۳-۴). تغییرات چگالی الکترون نسبت به زمان..... **۴۱**

شکل(۳-۵).تغییرات چگالی پوزیترون نسبت به زمان..... **۴۱**

شکل(۴-۱). امواج سولیتاری با دامنه های مختلف وعدد ماخ ثابت..... **۴۹**

شکل(۴-۲). تغییرات پتانسیل الکترواستاتیکی به ازای عدد ماخ های مختلف..... **۵۰**

شکل(۴-۳). تغییرات پتانسیل الکترواستاتیکی برای عددماخ های مختلف وپارامتر کوانتومی ثابت..... **۵۲**

شکل(۴-۴). تغییرات پتانسیل الکترواستاتیکی برای مقادیرمختلف پارامترکوانتومی عدد ماخ ثابت..... **۵۳**

شکل(۴-۵).پالس های سولیتاری الکترومغناطیسی..... **۵۸**

شکل(۴-۶).تغییرات پتانسیل الکترواستاتیکی برای نسبت های دمایی مختلف الکترون به پوزیترون..... **۶۷**

شکل(۴-۷).تغییرات پتانسیل الکترواستاتیکی با نسبت های دمایی مختلف الکترون به پوزیترون باچگالی یونی... **۶۸**

شکل(۴-۸). تغییرات پتانسیل پوش سالیتونی، تصحیحات بالاتر و معادله kdv نسبت به پارامتر کوانتومی..... **۷۸**

شکل(۴-۹). تغییرات پتانسیل پوش سالیتونی، تصحیحات بالاتر و معادله kdv نسبت به پارامترکوانتومی..... **۷۹**

شکل(۴-۱۰).تغییرات دامنه پوش سالیتونی،تصحیحات بالاتر و معادله kdv نسبت به سرعت سالیتون **۸۰**

شکل(۴-۱۱) .تغییرات دامنه پوش‌سالیتونی، تصحیحات بالاتر و معادله kdv برای دمای الکترون به پوزیترو. **۸۰**

فصل اول

معرفی پلاسما

۱-۱ مقدمه

فیزیک پلاسما با سیستم‌های **N** ذره‌ای که، به وسیله نیروهای الکترومغناطیسی باردار شده‌اند سروکار دارد. مطالعه پلاسما در قرن بیستم از زمانی شروع شد که دانشمندان به فیزیک تخلیه گازها علاقه‌مند شدند. بعد از جنگ جهانی دوم ، پلاسما به دلیل کاربردهای مسالمت‌آمیزی مانند هم جوشی هسته‌ای (تولید انرژی از فرآیندهای کنترل شده) وکاربردهای نظامی مانند بمب های هیدروژنی هم از لحاظ تئوری وهم از لحاظ تجربی بسیار مورد توجه قرار گرفت . اغلب گفته می شود ۹۹/ از مواد جهان در حالت پلاسما است؛ یعنی به صورت گاز یونیده‌ای است که به یون‌های مثبت و الکترون‌های منفی تجزیه شده‌اند. این دلیلی شد که مطالعات مربوط به فیزیک پلاسما به میزان زیادی توسط متخصصین زمین شناسی و اخترفیزیکی گسترش داده شود.

۱-۲ وجود پلاسما در طبیعت

در طبیعت با ترک جو زمین با پلاسمایی که ازکمربندهای تابشی وان آلن [۱]وبادخورشید [۲] تشکیل شده است مواجه می‌شویم. نمونه‌هایی از پلاسماهایی که در زندگی روزمره می‌توان از آنها نام برد؛ آذرخش، فروغ ملایم شفق شمالی، ویونیدگی مختصری که در خروجی موشک وجود دارد، گاز داخل لامپ فلؤرسان یا چراغ نئون هستند.

۱-۳ معیارهای پلاسما

هرگاز یونیده‌ای را نمی‌توان پلاسما نامید؛ تفاوت اساسی بین یک پلاسما و یک گازمعمولی که نیروهای کوتاه برد بین مولکولی مکانیسم غالب آن را تشکیل می‌دهند این است که؛ پلاسما گاز یونیده‌ای است که تعداد الکترون‌های آزاد آن تقریبا برابرتعداد یون‌های مثبت آن است[۱]. در دماهای زیاد الکترون‌های آزاد

[۱] Van allen
[۲] Solar wind

انرژی کافی دارند تا در برخورد با اتم‌های دیگر بتوانند الکترون را از هسته جدا کنند. انرژی لازم برای آزاد کردن الکترون از هسته، انرژی یونش نامیده می‌شود. این الکترون آزاد شده برخوردهای دیگری انجام می‌دهد و این فرآیند ادامه دارد تا گاز یونیده و به حالت پلاسما درآید. طبق رابطه ساها هر گاه نسبت اتم-های یونیده به اتم های خنثی به صورت زیر باشد آن گاز را پلاسما می نامند.

$$\frac{n_i}{n_n} \approx 2.4\times10^{21}\frac{T^{3/2}}{n_i}e^{-U_i/KT} \qquad (۱-۱)$$

n_i و n_e به ترتیب تعداد اتم‌های یونیزه وخنثی هستند. T دمای پلاسما و U انرژی یونش گازی می‌باشد[۱]. این رابطه نشان می‌دهد که افزایش دما سبب می‌شود که n_n کمتر از n_i شود تا سرانجام پلاسما کاملا یونیده شود. به همین دلیل است که پلاسما در اجسام نجومی با دمای میلیون‌ها درجه و نه در زمین یافت می‌شود. حیات نمی‌تواند با آن نوعی از پلاسما که ما تعریف کردیم وجود داشته باشد.

با توجه به توضیحاتی که در قبل ارائه شد هرگاز یونیده‌ای را نمی‌توان پلاسما نامید. یک تعریف مفید از پلاسما این است که :"پلاسما گاز شبه خنثایی[۱] از ذرات باردار و خنثی است که رفتار جمعی[۲] از خود نشان می‌دهد[۲]" منظور از شبه خنثی بودن این است که می‌توان فرض کرد که $n_i = n_e = n$ باشد. چگالی مشترک است که چگالی پلاسما نامیده می‌شود) ولی آنقدر خنثی نیست که همه نیروهای الکترومغناطیسی مورد توجه صفر باشند. منظور از رفتارجمعی حرکت هایی است که نه تنها به شرایط موضعی، بلکه به حالت پلاسما در ناحیه‌های دور نیز بستگی دارد. پلاسما به علت رفتار جمعی که از خود نشان می‌دهد تمایلی به متاثر شدن از عوامل خارجی ندارد و اغلب طوری عمل می‌کند که گویا دارای رفتار مخصوص به خودش است. رفتارجمعی ناشی ازنیروهای الکترومغناطیسی می‌باشد. این نیروها به قدری از نیروهای برخوردی معمولی بزرگتر هستند که می‌توان از نیروهای برخوردی صرف نظر کرد.

---

۱ Quasineutral
۲ Collective behavior

۱-۴ حفاظ دبای

یکی از مشخصات اساسی پلاسما توانایی آن برای دفع پتانسیل‌های الکتریکی است که به آن اعمال می شود. اگر بخواهیم با وارد کردن دو گلوله‌ی فلزی متصل به یک اختلاف پتانسیل یک میدان الکتریکی در داخل پلاسما ایجاد کنیم، خواهیم دید این گلوله‌ها ذره‌های با بار مخالف را جذب کرده و بلافاصله ابری از ذرات اطراف گلوله‌ها تشکیل می‌شود و تشکیل حفاظی را می‌دهند که باعث می‌شود میدان به طور نمائی کاهش یابد و اصطلاحا پرده‌ای در جلوی ذرات ایجاد می‌شود. اگر حرکت گرمایی داخل پلاسما وجود نداشت، حفاظ کامل می‌شد و میدان الکتریکی خارج از ناحیه ابرها وجود نداشت. اما حرکات گرمایی باعث می‌شود که پتانسیل به داخل پلاسما نشت کند و میدان‌های الکتریکی متناهی در آن ایجاد شود. پتانسیل در هر نقطه به فاصله x از گلوله از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\varphi = \varphi_0 \, \mathrm{e}^{-|x|/\lambda_D} \qquad (۲-۱)$$

در رابطه بالا کمیت λ_D که ضخامت لایه غلاف می‌باشد، طول دبای نامیده می‌شود که رابطه آن به این صورت است. $[۱]\ \lambda_D \equiv (\frac{\varepsilon_0 kT}{ne^2})^{1/2} = \frac{v_{th}}{\omega_p}$

هر محیط پلاسمایی دارای پارامترهای مهمی است که براساس آن پارامترها نوع پلاسما تعیین می‌شود. مهم‌ترین این پارامترها چگالی و دما هستند به طوری که مشخصات دیگر پلاسماها وابسته به این دو مشخصه می‌باشند. گستره‌ی وسیع چگالی و دمای یک پلاسما، آن را به یک حالت منحصر به فرد تبدیل کرده است. چگالی یک پلاسما می‌تواند بین 10^6 تا $10^{36}\ m^{-3}$ باشد همچنین انرژی ذرات آن که به دمای پلاسما وابسته است می‌تواند بین 1. تا $10^6 ev$ تغییر کند[۳].

دریک دسته بندی کلی پلاسما را می‌توان به دو دسته کلاسیکی[۱] وکوانتومی[۲] تقسیم کرد:

[۱] Classical plasma
[۲] Quantum plasma

۱-۵ پلاسماهای کلاسیکی

پلاسماهای کلاسیکی به سیستمی از ذرات گفته می‌شود که آن سیستم شبه خنثی باشد یعنی بارهای جدا از هم فقط درفاصله کوتاه طول دبای وجود داشته باشند و در فواصل بزرگتر ازاین طول، به جز برای نوسان‌های کوچک، پلاسما اساسا خنثی باشد. دومین ویژگی پلاسماهای کلاسیکی این است که اثرات جمعی نقش مهمی در دینامیک آنها داشته باشند. نام‌گذاری این پلاسماها به خاطرآن است که تابع توزیعی که این پلاسماها را توصیف می‌کند، تابع توزیع ماکسول - بولتزمن[۱] است که برای توصیف ذرات کلاسیکی به‌کار می‌رود. نزدیک‌ترین نوع پلاسمای کلاسیکی به زمین یونسفر است که از ۱۵۰ کیلومتری سطح زمین شروع می‌شود و به طرف بالا ادامه می‌یابد. لایه‌های بالای یونسفر به شکل پلاسما هستند که توسط تابش اشعه‌ی ایکس و فرابنفش، پرتوهای کیهانی و همچنین الکترون‌هایی که به آنها برخورد می کند شتاب‌دار می‌شوند. مطالعه پلاسمای یونسفری به دلیل جذب و بازتاب این تابش‌ها و همچنین پدیده جذب و قطع امواج رادیویی برای محققیق اهمیت زیادی دارد[۴].

در یونسفر دیگر سیارات منظومه شمسی مانند زحل؛ مشتری و نپتون نیز پلاسما وجود دارد. همچنین نمونه‌های دیگری از این پلاسماها که می‌توان به آنها اشاره کرد آذرخش، فروغ ملایم شفق و غیره می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی پلاسماهای کلاسیکی دمای بالا و چگالی کم آنهاست. اما پارامترهای مهم دیگری نیز دارند که عبارت اند از :

فرکانس پلاسمایی: با اعمال یک اختلال کوچک به پلاسما الکترون‌ها به دلیل سبک بودن حرکت می‌کنند و بار مثبت به جای می‌ماند. درنتیجه‌ی جدایی بارهای مثبت و منفی نیروی‌های کولنی بوجود می‌آیند که الکترون‌ها را به عقب باز می‌گردانند. این حرکت رفت و برگشت ادامه می‌یابد و فرکانس

[۱] Maxwell-boltzmann

پلاسمایی ایجاد می‌گردد.

$$\omega_P = \left(\frac{e^2 n}{m\varepsilon_0}\right) \qquad (۳-۱)$$

سرعت گرمایی: سرعت ناشی ازحرکات گرمایی تصادفی می‌باشد.

$$v_T = \left(\frac{K_B T}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (۴-۱)$$

طول دبای : این کمیت توصیف کننده ویژگی مهم حفاظ الکترواستاتیکی است. بارهای جدا ازهم فقط در فاصله کوتاه طول دبای می‌توانند وجود داشته باشند و در فواصل بزرگتر از این طول پلاسما اساسا خنثی است.

$$\lambda_D = \left(\frac{\varepsilon_0 K_B T}{n e^2}\right) = \frac{V_T}{\omega_P} \qquad (۵-۱)$$

پارامترجفت شدگی[۱]: کمیتی است که نشان دهنده‌ی تاثیر برخوردها درپلاسماست و به صورت نسبت انرژی برخوردی به انرژی جنبشی تعریف می‌شود.

$$g_c = \frac{E_{\text{int}}}{E_{kin}} = \frac{e^2 n^{1/3}}{\varepsilon_0 k_B T} \qquad (۶-۱)$$

زمانی که g_c کوچکتراز ۱ باشد $(g_c < 1)$ یا به عبارتی وقتی که $E_{kin} > E_{\text{int}}$ باشد برخوردهای کولنی دوتایی ضعیف، در نتیجه اثرات گرمایی بر این برخوردها غالب می‌شوند. دراین ناحیه میدان اصلی که روی ذرات باردارشده اثر می‌کند میدان غیرموضعی ناشی ازاثرات جمعی است. در این ناحیه رژیم کلاسیکی بدون برخورد[۲] (ایده آل) را خواهیم داشت . بنابرتوضیحاتی که در بالا ارائه شد پلاسماهای کلاسیکی در دماهای زیاد و چگالی‌های کم، بدون برخورد هستند. برعکس زمانی که $g_c > 1$ باشد برخوردهای دو ذره

[۱] Coupling parameter
[۲] Collision less

ای را نمی‌توان نادیده گرفت و گفته می‌شود پلاسما برخوردی و شدیدا جفت شده است.

۱-۶ پلاسماهای کوانتومی

زمانی که طبیعت و خواص کوانتومی یک پلاسما به طور اساسی روی ویژگی‌های ماکروسکوپی آن تاثیر گذارد آن پلاسما را کوانتومی‌گویند. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که یک پلاسما سرد می‌شود، در این صورت انرژی آن کاهش یافته و ذرات به سمت تبهگن شدن پیش می‌روند. چون در یک پلاسما الکترون‌ها زودتر از ذرات سنگین‌تر تبهگن می‌شوند تابع توزیع آنها از فرمی- دیراک تبعیت می‌کند. به عبارتی دیگر، کاهش انرژی ذرات و نزدیک شدن آنها به سمت انرژی فرمی باعث این تاثیر می‌شود در این صورت گفته می‌شود پلاسما کوانتیده شده و اثرات کوانتومی نقش محوری‌تری دارند. در این صورت نظریات کلاسیکی نمی‌تواند فیزیک پلاسما را توجیه کند و باید از مفاهیم کوانتومی استفاده کنیم. به دلیل کاربردهای زیادی که پلاسماهای کوانتومی در زمینه های مختلف دارند امروزه بسیار مورد توجه قرارگرفته اند. این پلاسماها در اجسام الکترونیکی خیلی کوچک، در سیستم های اخترفیزیکی خیلی چگال مانند ناحیه داخلی سیاره مشتری، ستاره‌های نوترونی، در پلاسماهای هم جوشی لیزری، در نانوساختارهای فلزی، اجسام اپتیکی غیرخطی و غیره کاربرد دارند[۵]. پلاسماهای کوانتومی شامل الکترون -پوزیترون‌های تبهگن، و یون‌ها هستند که یون‌ها معمولا به دلیل جرم بالایی که دارند غیرتبهگن هستند، بنابراین الکترون‌ها جزء اصلی سازنده‌ی این پلاسماها می‌باشند. دراین پلاسماها مقیاس‌های کوانتومی مانند زمان، طول، سرعت گرمایی ذرات باردار شده متفاوت با نمونه پلاسماهای کلاسیکی می-باشند. ویژگی اساسی پلاسماهای کوانتومی چگالی بالای ذرات و دمای پایین آنهاست. علاوه براین‌ها کمیت‌های مهم وتاثیرگذار دیگری نیز وجود دارد که در زیر به طور مختصر به آنها اشاره شده است