بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد
رشته فیزیک – اتمی و مولکولی (پلاسما)

مدولاسیون امواج ویستلر در پلاسماهای نافزونور

استاد راهنما :
دکتر عبدالرسول اسفندیاری

استاد مشاور:
دکتر محمد قربانعلیلو

پژوهشگر:
حکیمه مختاری

مهرماه ۱۳۹۱
تبریز – ایران

تقدیم به

پدر و مادر مهربان و فداکارم و همسر دلسوزم

تقدیر و تشکر

از استاد محترم راهنما ، جناب آقای دکتر عبدالرسول اسفندیاری و نیز از استاد مشاور گرامی ، جناب آقای دکتر محمد قربانعلیلو که همواره در طی این پژوهش دلسوزانه دانش و تجربیات ارزنده خویش را جهت به انجام رساندن این پژوهش در اختیار اینجانب قرار داده اند ، تشکر و قدردانی می نمایم .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... یک
مقدمه ۱

فصل اول
مروری بر انواع پلاسما ، امواج خطی و غیر خطی و معادلات غیر خطی

۱-۱ مقدمه ۴
۱-۲ پلاسمای گرم ۷
۱-۳ پلاسمای سرد ۷
۱-۴ پلاسمای طبیعی ۸
۱-۴-۱ یونوسفر(یون کره) ۸
۱-۴-۲ مگنتوسفر (مغناطوکره) ۱۰
۱-۴-۳ پلاسماسفر(پلاسماکره) ۱۲
۱-۴-۴ مگنتوپوز (مغناطیس بس) ۱۲
۱-۵ امواج در پلاسما ۱۳
۱-۵-۱ امواج لانگمیر ۱۳
۱-۵-۲ امواج یون صوتی ۱۴
۱-۶ امواج غیر خطی ۱۴
۱-۷ سالیتون ۱۵
۱-۸ معادلات فیزیک پلاسمای غیر خطی ۱۷
۱-۸-۱ معادله کورته وگ – ده وری ۱۸
۱-۸-۲ معادله شرودینگر غیر خطی ۱۸

فصل دوم

مدولاسیون امواج ویستلر در پلاسماهای غیر حرارتی

۲ ۱ مقدمه ۲۵

۲ ۲ معادلات اساسی ۲۶

۲ ۳ روش KBM و معادله شرودینگر غیر خطی (NLS) ۳۳

۲ ۴ ناپایداری مدولاسیون ۴۳

۲ ۵ سالیتون های روشن ۴۶

۲ ۶ رسم شکل ها ۴۷

فصل سوم

مدولاسیون امواج ویستلر در پلاسماهای نافزونور

۳ ۱ مقدمه ۵۳

۳ ۲ معادلات اساسی ۵۴

۳ ۳ روش KBM و معادله شرودینگر غیر خطی (NLS) ۵۹

۳ ۴ ناپایداری مدولاسیون ۶۶

۳ ۵ سالیتون های روشن و تاریک ۶۸

۳ ۶ رسم شکل ها ۷۰

نتیجه گیری ۸۰

منابع و مآخذ ۸۲

پیوست الف ۸۵

پیوست ب ۱۰۴

چکیده

مدولاسیون غیر خطی موج ویستلر در اثر جفت شدگی بین یک موج بسامد بالا و یک اختلال یون صوتی بسامد پایین در پلاسماهای نافزونور بررسی می شود . ابتدا مدولاسیون غیر خطی موج ویستلر دریک پلاسمای غیر حرارتی (تابع توزیع کاپا) و ناپایداری مدولاسیون آن مطالعه می شود . سپس مدولاسیون غیر خطی چنین موجی در پلاسمای نافزونور در نظر گرفته می شود و نتایج حاصل با حالت قبلی مقایسه می شود. ملاحظه می شود که فقط پوش های سالیتونی روشن ناپایدار در پلاسمای غیر حرارتی می توانند منتشر شوند ، در حالی که هر دوی تحریکات پوشدار سالیتونی روشن وتاریک در پلاسمای نافزونور روی می دهند . به علاوه ملاحظه می شود که افزایش پارامتر q (تراز نافزونوری) منجر به افزایش دامنه پوش سالیتونی روشن برای حالت q بزرگتر از ۱ می شود ، در صورتی که افزایش q منجر به کاهش (افزایش) تحریکات پوش سالیتونی تاریک (روشن) در حالت q کوچکتر از ۱ می شود .

کلید واژه ها : امواج ویستلر ، توزیع نافزونور ، ناپایداری مدولاسیونی ، معادله شرودینگر غیر خطی، روش اختلال چند مقیاسی KBM

مقدمه

از مسائل مهم و مطرح در فیزیک پلاسما ، بررسی انتشار امواج در پلاسما می باشد . امروزه تحقیقات وسیعی در این زمینه صورت گرفته است . در این راستا ما نیز به بررسی انتشار امواج الکترومغناطیسی در پلاسماهای غیر حرارتی و نافزونور می پردازیم .

پدیده های موجود در پلاسما (انتشار امواج) را می توان به صورت خطی و یا غیر خطی بررسی کرد . مشخصه مهم یک نظریه خطی ، برقراری اصل برهم نهی است که کمک زیادی در ساده کردن ساختار ریاضی یک نظریه می کند . با وجود این بسیاری از پدیده های فیزیکی اطراف ما غیر خطی هستند و از اصل برهم نهی پیروی نمی کنند و به همین دلیل بررسی آنها کار دشواری است . دلیل اینکه دانشمندان در دهه های اخیر توجه زیادی به پدیده های غیر خطی نشان می دهند ، ارتباط تنگاتنگ آنها با تکنولوژی است تقریبا در هر شاخه ای از فیزیک می توان مسائل و پدیده های غیر خطی را مشاهده نمود در شاخه هایی مانند اپتیک ، ماده چگال ، فیزیک پلاسما ، دینامیک شاره ها ، اختر فیزیک و حتی فیزیک نظری پدیده های غیر خطی بسیاری وجود دارند . امروزه جریان اصلی پژوهش های پلاسما به سمت غیر خطی است زیرا در حقیقت یکی از ویژگیهای اساسی هر محیط پلاسمایی غیر خطیت و پاشندگی است . هنگامی که دامنه ی نوسانات امواج بلند باشد دیگر معادلات خطی معتبر نیست و باید از نظریه غیر خطی برای بررسی این امواج استفاده کرد . یکی از آثار اثر غیر خطی معروف حاکم بر انتشار امواج در محیط های پاشنده غیر خطی ، ناپایداری مدولاسیونی است ، به طوریکه بسته موجی که به صورت مدولاسیون ناپایدار است ، احتمال دارد در پاسخ به یک اختلال خارجی ازبین برود و یا به صورت یک حالت منظم از ساختار جایگزیده (بسته سالیتون) ظاهر شود .

در فصل اول این پایان نامه با انواع پلاسماهای تولید شده ، آزمایشگاهی و فضایی، امواج خطی و غیر خطی و معادلات حاکم بر آنها یعنی معادلات کورته دگ – ده وری (K-dV)و شرودینگر غیرخطی (NLS) آشنا می شویم .

در فصل دوم مدولاسیون امواج ویستلر را در پلاسماهای غیر حرارتی مورد بررسی قرارمی دهیم. برای توصیف الکترون ها ازتابع توزیع κ استفاده شده و مدولاسیون غیر خطی موج فرکانس بالا در اثر جفت شدگی با اختلالات یون صوتی فرکانس پایین در نظر گرفته می شود و مدل سیالی را برای توصیف دینامیک پلاسمای الکترون – یون مغناطیده به کارمی گیریم و برای بدست آوردن نیروی اثرگذار و معادله شرودینگر غیر خطی (NLS) حاکم بر مدولاسیون موج الکترومغناطیسی از اختلال

چند مقیاسی مبتنی بر روش KBM استفاده می کنیم و اثر الکترون های ابرگرما را روی پایداری پوش موج مورد بررسی قرار می دهیم . مشاهده می کنیم که ذرات پر انرژی به طور قابل توجهی بر رنج عدد موج تاثیر می گذارد که باعث ناپایداری موج الکترومغناطیسی می شود. همچنین تاثیر ذرات پر انرژی را روی شکل سالیتون مورد بحث قرارداده و مشاهده می کنیم که اثر آشکار غیر حرارتی بودن ، دامنه سالیتون های روشن را کاهش می دهد.

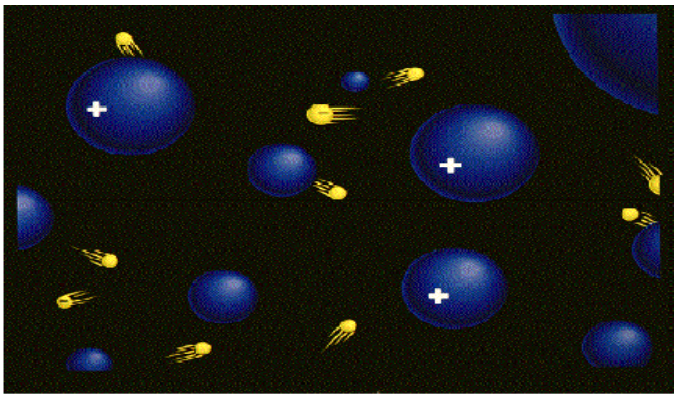
در فصل سوم مدولاسیون امواج ویستلر در پلاسماهای نافزونور بررسی می شود . در اینجا برای توصیف الکترون هااز توزیع نافزونور استفاده می کنیم و مدولاسیون غیر خطی موج فرکانس بالا در اثر جفت شدگی با اختلالات یون صوتی فرکانس پایین را در نظر می گیریم و مدل سیالی برای توصیف دینامیک پلاسمای الکترون – یون مغناطیده به کار گرفته می شود و در اینجا نیز برای بدست آوردن نیروی اثرگذار و معادله شرودینگر غیر خطی(NLS) حاکم بر مدولاسیون موج الکترومغناطیسی از اختلال چند مقیاسی مبتنی بر روش KBM استفاده می کنیم و پایداری و ناپایداری موج الکترومغناطیسی را برای مقادیرمختلف پارامتر q مورد بررسی قرار می دهیم(q تراز نافزونوری را نشان می دهد) و مشاهده می کنیم در حالت پایداری مدولاسیون ، سالیتون تاریک و در حالت ناپایداری ، سالیتون روشن بوجود می آید و با افزایش مقدار q ،دامنه سالیتون های تاریک کاهش و دامنه سالیتونهای روشن افزایش می یابد .

فصل اول

مروری بر انواع پلاسما ، امواج خطی و غیر خطی و معادلات غیر خطی

۱-۱ مقدمه

پلاسما را می توان به عنوان مجموعه ای از ذرات باردار تعریف کرد . به بیان دیگر پلاسما گازی است یونیزه شامل فوتونها ، الکترونها ، یونهای مثبت و منفی ، اتمها ، رادیکالهای آزاد و مولکولهای برانگیخته و غیر برانگیخته که دائما در حال بر هم کنش با یکدیگر می باشند . در شکل (۱-۱) تصویری شماتیک از پلاسما نشان داده شده است . الکترونها و فوتونها معمولا به عنوان گونه های سبک و سایر مولفه های پلاسما تحت عنوان گونه های سنگین در نظر گرفته می شوند. در نتیجه واژه پلاسما به طور عام توصیف حالتی از ماده است که گونه های سنگین شامل اتم ها یا مولکولهای یونیزه و گونه های سبک شامل الکترونها را در بردارد . طبیعی ترین روش برای تولید پلاسما ، حرارت دادن به گاز است تا حدی که میانگین انرژی ذرات قابل مقایسه با انرژی یونیزاسیون اتمها و مولکولهای گاز باشد . چون پلاسما از حرارت دادن به حالت گازی مواد بدست می آید آن را حالت چهارم ماده نیز می نامند . این نام نخستین بار توسط فیزیکدان آمریکایی لانگمیر[۱] در سال ۱۹۲۳ پیشنهاد شد .[۱]

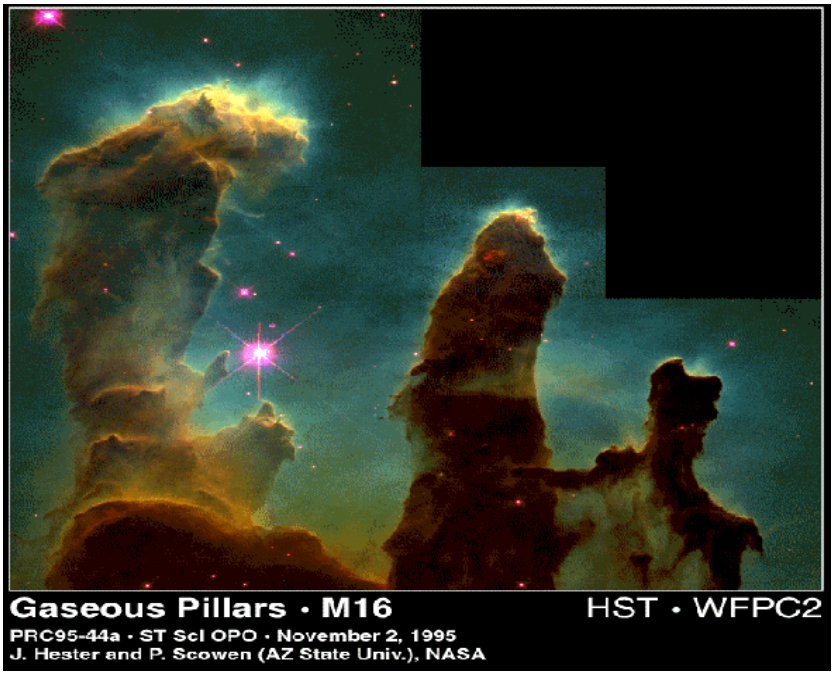


شکل (۱-۱): یونها و الکترون ها پلاسما را تشکیل می دهند .

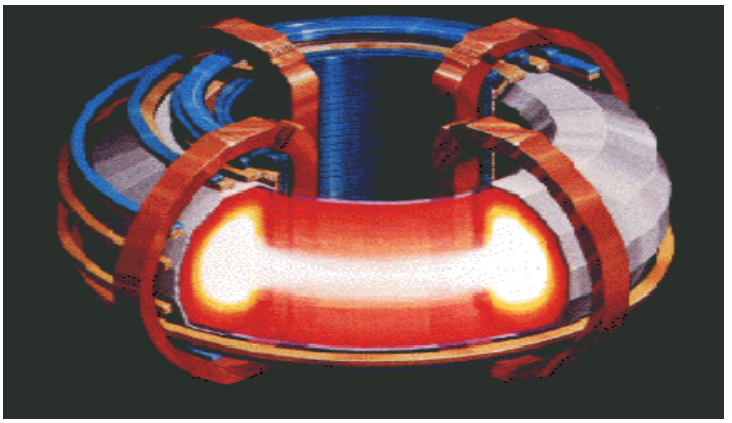
ذرات پلاسما به دلیل بر هم کنش کولنی بلند برد رفتار دسته جمعی از خود نشان می دهند و ویژگی های منحصر به فرد پلاسما از وجود این ذرات باردار نتیجه می شود . اغلب مواد و نیز جهان

[۱]– Langmuir

در حالت یونیزه قرار دارند. از اجسام بزرگی مثل ستاره ها و سحابی های سیاره نما گرفته تا نمونه های کوچکتر مانند آتش و رعد وبرق که در زندگی روزمره ما ظاهر می شوند ، شکل (۱ ۲) . گستره وسیعی از پلاسماها نیز در آزمایشگاهها توسط بشر تولید می شوند مانند توکامک ها ، راکتور های همجوشی هسته ای ، همجوشی لیزری ، لامپ های گازی ، لیزرهای گازی و نمایشگر های تلویزیون پلاسما . در شکل (۱ ۳) نمونه ای از پلاسما ی تولید شده در راکتور همجوشی هسته ای نشان داده شده است .



شکل (۱ ۲) : پلاسماها در تولد ستاره ها



شکل (۱ ۳) : پلاسمای داغ در راکتور همجوشی هسته ای

پلاسماها به وسیله ی مشخصه های مختلفی مانند دما ، درجه یونیزاسیون ، چگالی ، منبع تغذیه و فشار توصیف می شوند . مقدار هر یک از این مشخصه ها و نیز تقریب های موجود در مدلی که آنها را توصیف می کنند ، منجر به تقسیم بندی پلاسما ها به روشهای مختلف می شود . مثلا انواع پلاسما ها را می توان بر اساس درجه یونیزاسیون ، به پلاسمای کم یونیزه که در آن درجه یونیزاسیون (نسبت تعداد الکترون به ذرات خنثی) از مرتبه $۱۰^{-۶}$ $۱۰^{-۹}$ می باشد و پلاسمای کاملا یونیزه تقسیم بندی نمود. همچنین می توان پلاسما را به دو گروه پلاسمای کم چگال و پلاسمای چگال که امروزه توسط لیزرهای پر توان تا چگالی های بالاتر از ماده جامد هم تولید می شوند ، تقسیم بندی کرد. نوع دیگر از تقسیم بندی پلاسماها بر اساس دما می باشد . از آنجائیکه پلاسما از ذرات زیادی تشکیل شده است ، تغییر در سرعت و مکان ذرات بر اساس آمار تعیین می گردد . به طور مثال در یک پلاسمای متعادل ،آمار سرعت الکترونها و یونها از توزیع ماکسول تبعیت می کند که در آن سرعت ذرات وابسته به دما می باشد . لذا می توان برای پلاسما دو دما در نظر گرفت . دمای الکترونی و دمای یونی که دمای الکترونی نشان دهنده ی سرعت و انرژی الکترونها و دمای یونی بیانگر دمای گاز پلاسما که متشکل از ذرات خنثی و یونهاست ، می باشد.

۱-۲- پلاسمای گرم

در یک تخلیه گازی در فشار بالا ، برخورد بین الکترونها و اتم های گاز به طور غالب اتفاق می افتد و این امر موجب تعادل گرمایی بین الکترونها واتم ها می شود .($T_e = T_i = T_g$) به طوریکه می توان به یک تعادل ترمودینامیکی موضعی بین الکترونها و گونه های سنگین دست پیدا کرد . پلاسماهای حرارتی (تعادلی)در فشار بالا (بزرگتر و مساوی یک اتمسفر) حاصل می شوند و می توانند با توان ۵۰ مگا وات تولید شوند . در چنین پلاسماهایی دمای تمام مولفه ها یکسان است و می تواند در حدود ۲۰۰۰۰-۵۰۰۰ درجه کلوین باشد از این رو کاربرد چشمه های پلاسمای حرارتی با دمای گاز بالا منجر به سوختن مواد می گردد و نمی تواند برای استریلیزاسیون و فرآیند های پردازشی مفید باشد . پلاسماهای حرارتی می تواند به وسیله قوسهای اتمسفری ، جرقه ها و شعله ها تولید شوند .

۱-۳- پلاسمای سرد

وقتی فرکانس برخورد های الاستیک بین الکترونها و اتمها و سایر گونه های سنگین پایین است، الکترونها فرصت زیادی برای انتقال انرژی شان در گاز ندارند و نمی توانند گونه های سنگین را به طور موثر گرم کنند و گاز زمینه در دمای محیط یا نزدیک به آن باقی می ماند . در نتیجه دمای الکترون خیلی بزرگتر از دمای گاز (ماکروسکوپی) می گردد و منجر به یک عدم تعادل حرارتی موضعی می شود . پلاسماهای غیر حرارتی در گستره وسیعی از فشار اتمسفری تا فشارهای پایین تر (در حد میلی تور) تولید می شوند و توان کمتری را نیز استفاده می کنند . از آنجائیکه در این پلاسماها دمای یونی و الکترونی برابر نیست ، آن را پلاسمای غیر تعادلی گویند و اگر دمای یونی کمتر از ۵۰۰ درجه کلوین باشد ، آن را پلاسمای سرد می نامند . پلاسمای های اتمسفری به دلیل اینکه در دمای محیط تشکیل می شوند جزء پلاسما های غیر حرارتی به حساب می آیند . پلاسماهای دمای پایین و فشار اتمسفری در سال های اخیر به دلیل دارا بودن مزایایی از جمله مقرون به صرفه بودن آزمایش ، عملکرد بدون نیاز به خلاء و امکان دستیابی و پردازش نمونه بدون محدودیت در ابعاد و نیز واکنش پذیری بالا ، به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته اند . تخلیه تابان سد دی الکتریک و تخلیه تابان با الکترود هایی با ابعاد میکرو ، نمونه هایی از این پلاسماها هستند .

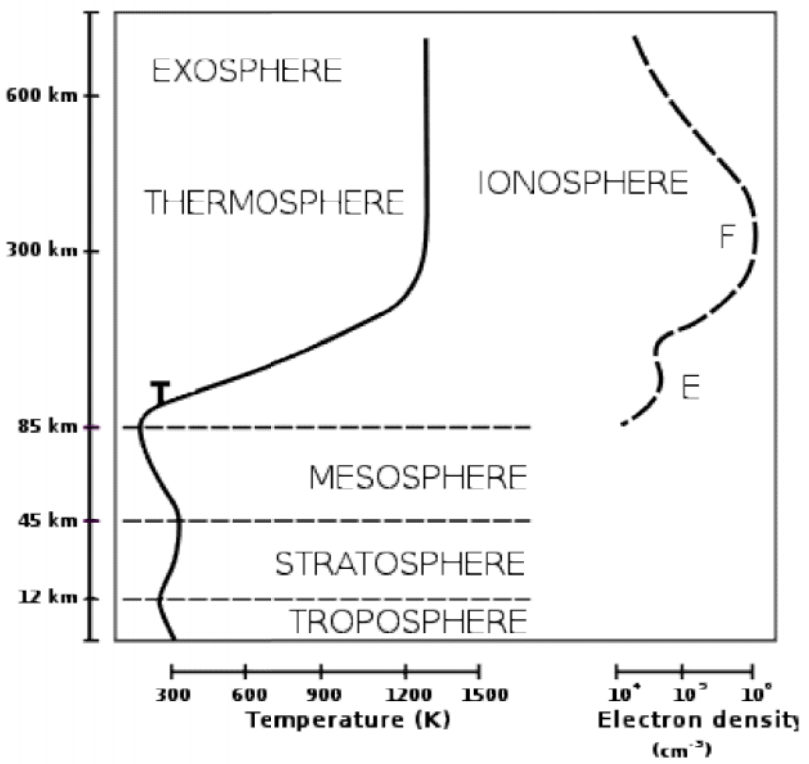
۱ ۴ – پلاسماهای طبیعی

گرچه حدود ۹۹ درصد از جهان هستی بطور طبیعی پلاسماست اما به علت بالا بودن چگالی و پایین بودن درجه حرارت ، پلاسما در روی زمین بسیار کم است . در طبقات بالای جو ، پلاسما در دماهای بالا رخ می دهد . آتش ، رعد وبرق ، جرقه های طویل میان ابرها و زمین و پرتوهای پخش نور حتی در آسمان بدون ابر و باد خورشیدی و غیره نمونه هایی از پلاسماهای طبیعی پرشدت و ضعیف می باشند .

۱ ۴ ۱ یونوسفر [۱] (یون کره)

یونوسفر بخشی از جو فوقانی است ، از ارتفاع حدود ۸۵ کیلومتر تا ۶۰۰ کیلومتر و شامل بخش هایی از مزوسفر[۲] (میان کره) ، ترموسفر[۳] (دماکره) و اگزوسفر [۴] (برون کره) که به علت تابش های خورشید یونیزه می باشند . یونوسفر نقش مهمی در الکتریسیته جوی دارد و لبه داخلی مگنتوسفر را تشکیل می دهد . اهمیت عملی آن به خاطر این است که در میان عوامل دیگر ، انتشار رادیویی به مکان های دور بر روی زمین را تحت تاثیر قرار می دهد.

۱ -Ionosphere
۲ -Mesosphere
۳ -Thermosphere
۴- Exosphere



شکل (۴-۴): ارتباط بین اتمسفر و یونوسفر

یونوسفر پوسته ای از الکترون ها و اتم های باردار می باشد و وجود آن در درجه اول مرهون تابش اشعه فرابنفش از خورشید است .

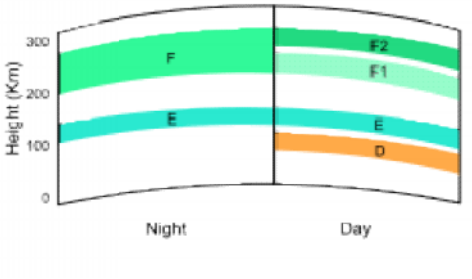
پایین ترین بخش اتمسفر زمین ، تروپوسفر[۱] (گشتکره) از سطح تا ارتفاع ۱۰ کیلومتر گسترده شده است ، از ارتفاع ۱۰ کیلومتر به بالا، استراتوسفر[۲] (پوشکره) ، بعد از آن مزوسفر قرار دارد . در استراتوسفر ، اشعه فرودی خورشید ، لایه ازن را ایجاد می کند . در ارتفاع بالاتر از ۸۰ کیلومتر در ترموسفر ، اتمسفر بسیار نازک است بنابراین الکترون های آزاد می توانند قبل از اینکه توسط یون های مثبت جذب شوند ، برای مدت زمان کوتاهی وجود داشته باشند . تعدادی از این الکترون های آزاد کافی است که بر انتشار رادیویی تاثیر بگذارند و از این لایه برای انعکاس امواج رادیویی به اطراف زمین استفاده می شوند . این بخش از اتمسفر یونیزه شده است و شامل پلاسمایی است که به عنوان یونوسفر نامیده می شود . در پلاسما ، الکترون های آزاد منفی و یون های مثبت توسط نیروی

۱-Troposphere
۲- Stratosphere

الکترومغناطیسی به یکدیگر جذب می شوند ، اما آنها برای ثابت ماندن در کنار یکدیگر در یک مولکول خنثی ، خیلی پر انرژی هستند .

اشعه فرابنفش (UV) ، اشعه X و طول موج های کوتاهتر از اشعه خورشیدی فرآیند یونیزاسیون را انجام می دهند . بنابراین یونیزاسیون در درجه اول به خورشید و فعالیت آن بستگی دارد . میزان یونیزاسیون در یونوسفر تا حد زیادی با مقدار اشعه دریافتی از خورشید متفاوت می باشد. مکانیسم هایی نیز وجود دارد که یونوسفر را مختل می کنند و یونیزاسیون را کاهش می دهند . اختلالاتی مانند جرقه خورشیدی و انتشار مربوط به ذرات باردار در بادهای خورشیدی که به زمین می رسند ، فعل و انفعالاتی با میدان مغناطیسی زمین انجام می دهند .

رعد و برق نیز می تواند باعث اختلالات یونوسفری در منطقه D (داخلی ترین لایه یونوسفر که ۶۰ کیلومتر تا ۹۰ کیلومتر بالاتر از سطح زمین قرار دارد) شود . امواج رادیویی VLF (فرکانس خیلی پایین) که در داخل مگنتوسفر فرود می آیند ، این امواج که به اصطلاح مد ویستلر نامیده می شوند می توانند با ذرات کمربند تشعشعی برهم کنش کنند و باعث رسوب آنها بر روی یونوسفر شوند ، این اختلالات به نام رویدادهای رعد وبرق ناشی از بارش الکترون القایی [۱] نامیده می شوند .



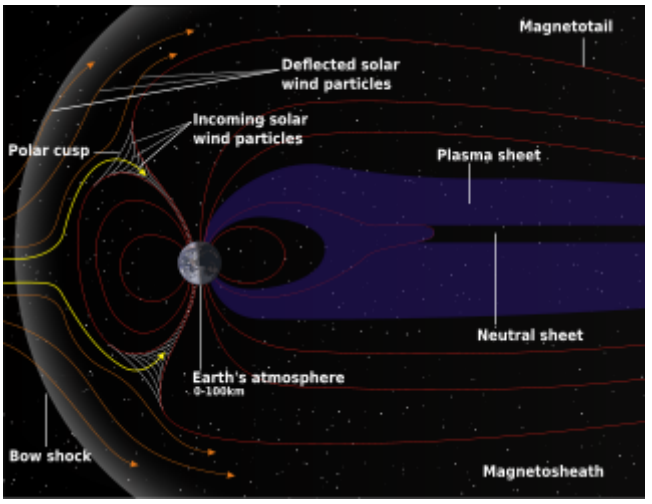
شکل (۱-۵): لایه های یونوسفر

۱-۴-۲ مگنتوسفر [۲] (مغناطوکره)

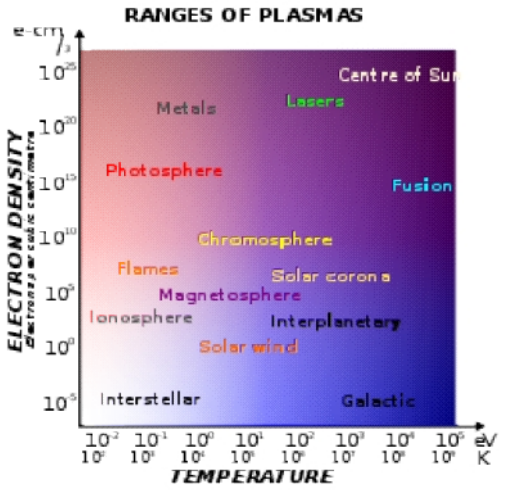
مگنتوسفر هنگامی تشکیل می شود که جریانی از ذرات باردار همچون باد خورشیدی در برهم کنش هستند و به وسیله میدان مغناطیسی یک سیاره یا مشابه آن منحرف می شود . زمین نیز به وسیله

۱- lightning-induced electron precipitation (LEP)
۲- Magnetosphere

مگنتوسفر احاطه شده است . مگنتوسفر زمین نیز ، منطقه ای در فضا است که شکلش به وسیله میدان مغناطیسی داخلی زمین ، پلاسمای باد خورشیدی و میدان مغناطیسی بین سیاره ای تعیین می شود و این منطقه در بالای یونوسفر که در آن میدان مغناطیسی زمین کنترل عمده بر حرکت گاز و ذرات باردار سریع دارد، قراردارد و به فاصله ۱۰ رادی زمین گسترده شده است .



شکل (۱ ۶):تصویری شماتیک از مگنتوسفر زمین .

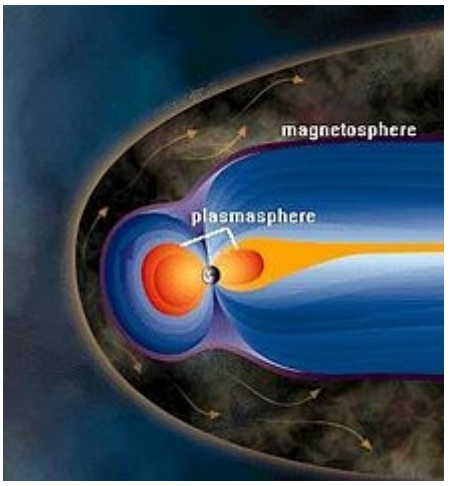


شکل(۱ ۷): چگالی و دمای پلاسما در مگنتوسفر زمین ،

۱ ۴ ۳ پلاسماسفر[۱] (پلاسما کره)

پلاسماسفر ، یا مگنتوسفر داخلی ، منطقه ای در داخل مگنتوسفر زمین است که شامل پلاسمایی با انرژی پایین (سرد) و در بالای یونوسفر قرار دارد . مرز بیرونی پلاسماسفر ، به عنوان پلاسماپوز[۲] شناخته می شود که بر حسب میزان تراکم در چگالی پلاسما تعریف می شود .

پلاسماسفر در سال ۱۹۶۳ توسط Don Carpenter به هنگام تجزیه و تحلیل داده های موج ویستلر VLF (فرکانس خیلی پایین) کشف شده است .



شکل(۱ ۸): تصویری شماتیک از پلاسماسفر

۱ ۴ ۴ مگنتوپوز[۳] (مغناطیس بس)

مگنتوپوز ، مرز آنی بین مگنتوسفر و پلاسمای اطراف آن است . در علوم سیاره ای ، مگنتوپوز مرز بین میدان مغناطیسی سیاره و باد های خورشیدی است . محل مگنتوپوز به وسیله تعادل بین فشار میدان مغناطیسی سیاره ای دینامیکی و فشار دینامیکی بادهای خورشیدی تعیین می شود . همان طور که فشار بادهای خورشیدی افزایش و کاهش می یابد ، مگنتوپوز به طرف داخل و بیرون حرکت می کند . امواج (حرکت موج دار و ضربه ای) در امتداد حرکت مگنتوپوز در جهت بادهای

۱-Plasmasphere
۲- Plasmapause
۳- Magnetopause

خورشیدی در پاسخ به تغییرات در مقیاس کوچک در فشار باد های خورشیدی و ناپایداری کلوین – هلمهولتز جاری می شود . ناپایداری کلوین- هلمهولتز هنگامی رخ می دهد که برش سرعت در یک سیال پیوسته وجود داشته باشد و یا جایی که تفاوت سرعت در سراسر سطح مشترک بین دو سیال وجود دارد . به عنوان مثال وزش باد بر روی آب ، ناپایداری امواج در سطح آب آشکار است .

۱-۵ امواج در پلاسما

می دانیم که پلاسما شامل تعداد خیلی زیادی ذره از قبیل الکترون ها ، یونها و ذرات خنثی می باشد واگر یکی از این ذرات جابجا شود میدان الکتریکی حاصل سعی در بازگرداندن این ذره به حالت اولیه اش را دارد،این امر نوساناتی را برای این ذره فراهم می کند.حال اگر این نوسانات به واسطه ی عواملی همچون اثر حرارتی انتقال یابند،امواج در پلاسما پدید می آید. درواقع نوسانات ممکن زیادی در سیستم نوسانگرهای جفت شده پلاسما با درجات آزادی فراوان وجود دارند که سبب انتشار اختلال های شبه موجی و میدان الکتریکی $E = E_0 \exp(\omega t - kx)$در پلاسما خواهند شد . فرکانس ω و عدد موج k بوسیله رابطه پاشندگی که از معادلات پلاسما بدست می آیند، به هم مربوط می شوند. سرعت فاز (v_{ph}) و سرعت گروه (v_{g}) امواج به صورت $v_{ph} = \frac{\omega}{k}, v_g = \frac{d\omega}{dk}$ با ω و k رابطه دارند . در مورد امواج خطی پلاسما دامنه ی امواج کوچک فرض می شود بطوری که جملات غیر خطی قابل صرفنظر هستند. در زیر به بیان دو نمونه از امواج موجود در پلاسما می پردازیم.

۱-۵-۱ امواج لانگمیر

یکی از اثراتی که سبب انتشار نوسانات پلاسما می شود ، اثرات حرارتی و در واقع حرکات حرارتی است . الکترونهایی که با سرعت های حرارتی به لایه های مجاور پلاسما جریان می یابند ، اطلاعاتی در مورد آنچه در ناحیه نوسان کننده اتفاق می افتد ، منتقل می کنند . بنابراین نوسان پلاسما را می توان یک موج پلاسما نامید که فرکانس نوسان با رابطه $\omega_{pe} = (4\pi e^2 n_e/m_e)^{1/2}$ بیان