دانشگاه اراک

دانشکده علوم

کارشناسی ارشد فیزیک

انتشار امواج آکوستیکی در پلاسمای الکترون-پوزیترون-یون در حضور اختلالات عرضی

پژوهشگر

الهام آسترکی

استاد راهنما اول

دکتر مهران شاه منصوری

استاد راهنما دوم

دکتر سید کامران مویدی

مرداد۱۳۹۳

بسم ا... الرحمن الرحیم

انتشار امواج آکوستیکی در پلاسمای الکترون-پوزیترون-یون در حضور اختلالات عرضی

توسط:

الهام آسترکی

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ

درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک

از

دانشگاه اراک

اراک - ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر مهران شاه منصوری (استاد راهنما و رئیس کمیته)..... استادیار

دکتر سید کامران مویدی (استاد راهنما دوم) ..... دانشیار

دکتربیژن فرخی..... استاد

دکترمهدی میرزایی..... استادیار

مرداد ۱۳۹۳

تقدیم به

مقدسترین واژه ها در لغت نامه دلم

مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت آن می دانم.

پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی.

برادر و خواهرم همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم

سپاسگزاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ" :ازپدر و مادر عزیزم...این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر مهران شاه منصوری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛از استاد صبور و با تقوا ، جناب آقای دکتر سید کامران مویدی، که زحمت راهنمایی این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر بیژن فرخی و جناب آقای دکتر مهدی میرزایی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده :

انتشار امواج آکوستیکی در پلاسمای الکترون-پوزیترون-یون در حضور اختلالات عرضی

الهام آسترکی

در این پایان نامه ویژگی های اساسی از امواج یون صوتی غیرخطی در یک پلاسمای چند جرئی شامل یون سرد، یون گرم، الکترون و پوزیترون با اختلال عرضی ضعیف به صورت تئوری مطالعه شده است و سپس گستره ی وجود پلاسما نسبت به پارامترهای مختلف بررسی شده است. و در نهایت معادله KP را از امواج یون صوتی غیر خطی با روش اختلالی کاهشی بدست آورده ایم.

فهرست مطالب

فصل اول:

۱-۱ پلاسما..... ۲

۱-۲ کاربردهای فیزیک پلاسما..... ۳

۱-۳ تاریخچه مختصری از فیزیک پلاسما..... ۴

۱-۴ انفجار بزرگ..... ۶

۱-۵ پلاسمای کوارک-گلوئون..... ۹

۱-۶ پلاسمای الکترون-پوزیترون-یون..... ۱۱

۱-۷ امواج در پلاسما..... ۱۵

۱-۸ انتشار امواج در پلاسمای الکترون-پوزیترون-یون..... ۱۷

۱-۹ امواج صوتی..... ۱۷

فصل دوم:

۲-۱ امواج سالیتونی یون صوتی در پلاسمای الکترون – پوزیترون – یون..... ۲۵

۲-۲ معادلات حاکم..... ۲۶

۲-۳ حل جایگزیده..... ۳۰

۲-۴ راه حل تحلیلی..... ۳۴

۲-۵ راه حل عددی..... ۳۷

۲-۶ نتیجه گیری ۳۸

فصل سوم:

۳-۱ معادله ی KP ۴۱
۳-۲ تاریخچه معادله ی KP ۴۳
۳-۳ بدست آوردن معادله ی KP در پلاسمای الکترون-پوزیترون-یون در حضور اختلال عرضی..... ۴۴
۳-۴ معادلات حاکم..... ۴۵
۳-۵ بدست آوردن معادله KP ۴۸
۳-۶ حل معادله ی KP ۶۲
۳-۷ تحلیل عددی..... ۶۳
نتیجه گیری..... ۷۸

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) رابطه پاشندگی برای امواج الکترونی..... ۲۰
شکل (۱-۲) رابطه پاشندگی برای امواج یونی آکوستیکی..... ۲۰
شکل (۱-۳) منحنی پاشندگی برای امواج یونی آکوستیکی..... ۲۲
شکل (۱-۴) ماشین Q برای آشکار سازی امواج یونی..... ۲۳
شکل (۲-۱) (a) پتانسیل سق دی اف بر حسب چگالی (c) و (b) چگالی بر حسبξ ۳۳
شکل (۲-۲) چگالی بر حسب ξ ۳۸
شکل (۳-۱) نمونه ای از حل معادله $KP\mathrm{II}$ ۴۱
شکل (۳-۲) نمونه ای از حل معادله $KP\mathrm{I}$..... ۴۲
شکل (۳-۳) نمودار دامنه بر حسب f برای σ_p های مختلف ۶۳
شکل (۳-۴) نمودار پتانسیل بر حسب f برای σ_p های مختلف..... ۶۴
شکل(۳-۵) نمودار پهنا بر حسب f برای σ_p های مختلف..... ۶۴
شکل(۳-۶) نمودارپتانسیل بر حسب f برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف ۶۵
شکل (۳-۷) نمودارپتانسیل بر حسب f برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف..... ۶۶
شکل (۳-۸) نمودارپهنا بر حسب f برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف ۶۶
شکل (۳-۹) نمودارداامنه بر حسب l_X برای σ_p های مختلف..... ۶۷
شکل (۳-۱۰) نمودارپتانسیل بر حسب l_X برای σ_p های مختلف..... ۶۸
شکل (۳-۱۱) نمودارپهنا بر حسب l_X برای σ_p های مختلف..... ۶۸
شکل (۳-۱۲) نمودارداامنه بر حسب l_X برای f های مختلف ۶۹
شکل (۳-۱۳) نمودارپتانسیل بر حسب l_X برای f های مختلف..... ۷۰
شکل (۳-۱۴) نمودارپهنا بر حسب l_X برای f های مختلف..... ۷۰
شکل (۳-۱۵) نمودارداامنه بر حسب l_X برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف..... ۷۱
شکل (۳-۱۶) نمودار پتانسیل بر حسب l_X برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف..... ۷۱
شکل (۳-۱۷)) نمودا.ر پهنا بر حسب l_X برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف..... ۷۲
شکل (۳-۱۸) نمودار پتانسیل بر حسب ζ برای $\sigma_{c,h}$ های مختلف..... ۷۳
شکل (۳-۱۹) نمودار پتانسیل بر حسب ζ برای σ_p های مختلف..... ۷۳
شکل (۳-۲۰) نمودار دامنه بر حسب U ۷۴
شکل (۳-۲۱) نمودار پهنا بر حسب U ۷۴
شکل (۳-۲۲) نمودار دامنه در صفحه ی (f, l_X)..... ۷۵

شکل (۳-۲۳) نمودار دامنه صفحه ی $(\sigma_{c,h}, T_e)$.....۷۵
شکل (۳-۲۴) نمودار پهنا در صفحه ی (l_X, f).....۷۶
شکل (۳-۲۵) نمودار پهنا در صفحه ی $(\sigma_{c,h}, T_e)$.....۷۶
شکل (۳-۲۶) نمودار پتانسیل در صفحه ی$(f\ , \zeta)$.....۷۷
شکل (۳-۲۷) نمودار پتانسیل در صفحه ی (X, ζ) ۷۷

فهرست جداول

جدول (۱-۱) امواج در پلاسما.....۱۶

جدول (۳-۱) بهنجارش کمیت های فیزیکی..... ..... ۴۶

فصل اول

مفاهیم اولیه

۱-۱ پلاسما

پلاسما گاز شبه خنثایی از ذرات باردار و خنثی است که رفتار جمعی از خود ارائه می دهد. به عبارت دیگر می توان گفت که واژه پلاسما به گاز یونیزه شده ای اطلاق می شود که همه یا بخش قابل توجهی از اتم های آن یک یا چند الکترون از دست داده و به یون های مثبت تبدیل شده باشند. یا به گاز به شدت یونیزه شده ای که تعداد الکترون های آزاد آن تقریبا برابر با تعدادیون های مثبت آن باشد، پلاسما گفته می شود.

حدود پلاسما

اغلب گفته می شود که ۹۹٪ ماده موجود در طبیعت در حالت پلاسماست، یعنی به شکل گاز الکتریسته ای که اتم هایش به یون های مثبت و الکترون منفی تجزیه شده باشد. این تخمین هر چند ممکن است خیلی دقیق نباشد ولی تخمین معقولی است از این واقعیت که درون ستارگان و جو آنها، ابرهای گازی و اغلب هیدروژن فضای بین ستارگان بصورت پلاسماست. در نزدیکی خود ما وقتی که جو زمین را ترک می کنیم بلافاصله با پلاسمایی مواجه می شویم که شامل کمربندهای تشعشعی وان آلن و بادهای خورشیدی است. در زندگی روزمره نیز با چند نمونه محدود از پلاسما مواجه می شویم. جرقه رعد و برق، تابش ملایم شفق قطبی، گازهای داخل یک لامپ فلورسان یا لامپ نئون و یونیزاسیون. مختصری که در گازهای خروجی یک موشک دیده می شود بنابراین می توان گفت که ما در یک درصدی از عالم زندگی می کنیم که در آن پلاسما بطور طبیعی یافت نمی شود.

آیا کلمه پلاسما یک کلمه بامسما است؟

کلمه پلاسما ظاهرا بی مسما به نظر می رسد. این کلمه از یک لغت یونانی آمده است که هر چیز به قالب ریخته شده یا ساخته شده را گویند. پلاسما به علت رفتار جمعی که از خودش نشان می دهد، گرایشی به متاثر شدن در اثر عوامل خارجی ندارد، و اغلب طوری عمل می کند که گویا دارای رفتار مخصوص به خودش است.

حفاظ دبای

یکی از مشخصات اساسی رفتار پلاسما، توانایی آن برای ایجاد حفاظ در مقابل پتانسیل های الکتریکی است که به آن اعمال می شوند. فرض کنید بخواهیم با وارد کردن دو گلوله بارداری که به یک باتری وصل شده اند یک میدان الکتریکی در داخل پلاسما بوجود آوریم. این گلوله ها، ذرات یا بارهای مخالف خود را جذب می کنند و تقریبا بلافاصله، ابری از یون ها اطراف گلوله منفی و ابری اطراف گلوله مثبت را فرا می گیرند. اگر پلاسما سرد باشد و هیچ گونه حرکت حرارتی وجود نداشته باشد، تعداد بار ابر برابر با بار گلوله می گردد، در این صورت عمل

حفاظ کامل می شود و هیچ میدان الکتریکی در حجم پلاسما در خارج از ناحیه ابرها وجود نخواهد داشت این حفاظ را اصطلاحا حفاظ دبای می گویند.

معیارهای پلاسما

- ❖ طول موج دبای (لاندای دبای) باید خیلی کوچکتر از ابعاد پلاسما باشد.
- ❖ تعداد ذرات موجود در یک کره دبای باید خیلی بزرگتر باشد.
- ❖ حاصلضرب فرکانس نوسانات نوعی پلاسما در زمان متوسط بین برخوردهای انجام شده با اتم های خنثی باید بزرگتر از یک باشد.

۱-۲ کاربردهای فیزیک پلاسما

تخلیه های گازی:

قدیمی ترین کار با پلاسما، مربوط به لانگمیر، تانکس و همکاران آنها در سال ۱۹۲۰ می باشد. تحقیقات در این مورد، از نیازی سرچشمه می گرفت که برای توسعه لوله های خلائی که بتوانند جریان های قوی را حمل کنند و در نتیجه می بایست از گازهای یونیزه پر شوند احساس می شد.

هم جوشی گرما هسته ای کنترل شده :

فیزیک پلاسمای جدید از حدود ۱۹۵۲ که در آن ساختن راکتوری بر اساس کنترل همجوشی بمب هیدروژنی پیشنهاد گردید، آغاز می شود.

فیزیک فضا:

کاربرد مهم دیگر فیزیک پلاسما، مطالعه فضای اطراف زمین است. جریان پیوسته ای از ذرات باردار که باد خورشیدی خوانده می شود، به مگنتوسفر زمین برخورد می کند. درون و جو ستارگان آن قدر داغ هستند که می توانند در حالت پلاسما باشند.

تبدیل انرژی مگنتو هیدرو دینامیک(MHD) و پیشرانش یونی:

دو کاربرد عملی فیزیک پلاسما در تبدیل انرژی مگنتو هیدرو دینامیک، از یک فواره غلیظ پلاسما که به داخل یک میدان مغناطیسی پیشرانده می شود، می باشد.

پلاسمای حالت جامد:

الکترونهای آزاد و حفره ها در نیمه رساناها، پلاسمایی را تشکیل می دهند که همان نوع نوسانات و ناپایداری های یک پلاسمای گازی را عرضه می دارد.

لیزرهای گازی:

عادیترین پمپاژ (تلمبه کردن) یک لیزر گازی، یعنی وارونه کردن جمعیت حالاتی که منجر به تقویت نور می شود، استفاده از تخلیه گازی است. شایان ذکر است که کاربردهای دیگری مانند

چاقوی پلاسما، تلویزیون پلاسما، تفنگ الکترونی، لامپ پلاسما و غیره نیز وجود دارد که در اینجا فقط کاربردهای پلاسما در حالت کلی بیان شده است. از دیگر کاربردهای پلاسما می توان به موارد متالوژی، تهیه آلیاژها، پرتاب موشک ها به فضا، حفاری، برش قطعات فولادی، تهیه استیل، تهیه اکسید تیتانیم، بازیابی اکسید فلزات در آهن، سرب قلع و پوشش دهی فلزات به منظور حفاظت آنها در برابر حرارت زیاد و برای محافظت قطعات توربین گاز در هواپیما نام برد.

۱-۳ تاریخچه مختصری از فیزیک پلاسما

وقتی خون از گلبول ها و ذرات دیگر تصفیه می شود مایعی شفاف باقی می ماند که پلاسما نامیده می شود. پلاسما از کلمه یونانی $\pi\lambda\alpha\sigma\Gamma\alpha$ به معنی بسته شده یا ژله ای گرفته شده است و اولین بار بوسیله دانشمند یونانی چک جوناس پارکیج[۱] (۱۸۶۹- ۱۷۸۷) استفاده شد در ۱۹۲۷ شیمی دان آمریکایی برنده جایزه نوبل، ایروبنگ لانگمیر[۲] اولین بار این لغت را برای توصیف یک گاز یونیزه استفاده کرد. لانگمیر در روشی که پلاسمای خون گلبول های قرمز و سفید را انتقال می دهد و روشی که یک سیال الکتریکی الکترون ها و یون ها را انتقال می دهد تأمل کرده بود. لانگمیر همراه با هم دانشگاهی اش لویی تانگ[۳] روی فیزیک و شیمی یک فیلامان تنگستن یک لامپ تحقیق می کردند هدف آنها یافتن راهی برای افزایش بیشتر طول عمر فیلامنت بود. در این فرآیند او نظریه غلاف های پلاسما[۴] را بسط و توسعه داد. هم چنین او مناطق خاصی از پلاسمای لامپ تخلیه را کشف کرد که تغییرات متناوبی از چگالی الکترون را نشان می داد که امروزه امواج لانگمیر می گوییم این سرآغاز فیزیک پلاسما بود. امروزه تحقیقات لانگمیر به صورت اصول نظری در بسیاری از فرآیندهای فنی برای ساختن مدارهای مجتمع دخالت زیادی دارد. به طور کلی بعد از لانگمیر تحقیقات پلاسما در جهات دیگری گسترش یافت که به ویژه پنج تا از آن ها مهم ترند[۱].

اول: توسعه پخش رادیویی عامل کشف یونسفر زمین شد، لایه ای از گاز قسمتی یونیزه در بالای اتمسفر که امواج رادیویی را انعکاس می دهد و عاملی برای این پدیده است که وقتی علامت های رادیویی فرستنده بالای افق هستند می توانند دریافت شوند. البته گاهی اوقات متأسفانه یونسفر امواج رادیویی را جذب و وا می پیچاند برای نمونه میدان مغناطیسی زمین

---

[۱] Johaness Parkinje

[۲] Irving Langmuir

[۳] Lewi Tonks

[۴] Plasma sheath

عامل موج هایی با قطبیت متفاوت (نسبت به جهت میدان مغناطیسی) با سرعت های انتشار متفاوت است، اثری که منشاء «علامت های سایه ای» (یعنی علامت هایی که کمی قبل یا کمی بعد از علامت اصلی می رسند) می تواند باشد.

دوم: در اختر فیزیک به زودی درک شد که بیشتر جهان از پلاسما تشکیل شده و بنابراین برای فهمیدن بهتر پدیده های اختر فیزیک نیازمند یک درک بهتر از فیزیک پلاسما هستیم. پیشگام این حیطه هانس آلفون[۱] بود که حدود ۱۹۴۰ نظریه مگنتو هیدوردینامیک[۲] را که در آن پلاسما اساسا مانند یک سیال هادی (رسانا) رفتار می کند توسعه داد. این نظریه به طور گسترده و هم موفق برای بررسی لکه های خورشیدی، زبانه های خورشیدی، باد خورشیدی تشکیل ستارگان و یک لشکر دیگر از موضوع های کیهان شناسی به کار گرفته شد[۲]. دو موضوع خاص و جالب در این نظریه، اتصال مجدد مغناطیسی[۳] و نظریه دینامو[۴] است. اتصال مجدد مغناطیسی فرایندی است که در آن توپولوژی خطوط میدان مغناطیس ناگهان تغییر می کند این منشا تبدیل ناگهانی مقدار زیادی انرژی مغناطیسی به انرژی حرارتی می تواند باشد، همان طور که تعدادی از ذرات باردار به انرژی های فوق العاده زیاد شتاب داده می شود. عموما تصور بر این است که اتصال مجدد مغناطیسی مکانیزم اصلی توصیف کننده زبانه های خورشیدی است. تئوری دینامو چگونگی حرکت یک سیال مگنتوهیدرودینامیک را که می تواند منشاء تولید یک میدان مغناطیسی ماکروسکوپیک باشد را مطالعه می کند این فرآیند مهم است زیرا وقتی که فعالیت دینامو ادامه پیدا نکند هم در زمین و هم در خورشید میدان های مغناطیسی نسبتا به سرعت (به زبان اخترفیزیک) از بین می روند. میدان مغناطیسی زمین به وسیله حرکت هسته مذابش حفظ می شود که می تواند با یک تقریب مناسب مانند یک سیال مگنتوهیدرودینامیک رفتار کند.

سوم: اختراع بمب هیدروژنی در ۱۹۵۲ در مورد گداخت گرما هسته ای کنترل شده علاقه مندی زیادی به عنوان یک منبع توان امکان پذیر برای آینده ایجاد کرد. در ابتدا این تحقیقات محرمانه و منحصرا به وسیله ایالات متحده، شوروی و انگلستان به پیش می رفت، با این وجود در ۱۹۵۸ تحقیق گداخت گرما هسته ای طبقه بندی شده نبود و این منجر به انتشار تعداد زیادی مقاله ای با اهمیت و قوی در اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ شد، در این سال ها

---

[۱] Hannse Alfven

[۲] magnetohydrodynamics

[۳] reconnection

[۴] dynamo theory

بطور گسترده بحث فیزیک پلاسمای نظری با یک نظم شدید ریاضی پدیدار گشت. عجیب نیست که اساسا فیزیکدان های گداخت یا هم جوشی بیشتر به دنبال درک چگونگی محبوس کردن پلاسمای گرما هسته ای در متداول ترین حالت به وسیله میدان مغناطیسی هستند و تحقیق در مورد ناپایداری هایی که امکان فرار به آن می دهد.

چهارم: در ۱۹۵۸ وان آلن کمربندهای تشعشی وان آلن که زمین را دربرگرفته اند را کشف کرد. با استفاده از اطلاعات انتقال یافته به وسیله ماهواره کاشف آمریکا، کاوش منظم مگنتوسفر از طریق ماهواره شروع شد و حوزه فیزیک پلاسمای فضا گشوده شد. دانشمندان فضا نظریه پلاسمای محبوس شده به وسیله میدان مغناطیسی را از تحقیقات هم جوشی نظریه امواج پلاسما را از فیزیک یونسفر و مفهوم اتصال مجدد را به عنوان ساز و کاری برای آزاد کردن انرژی و شتاب دادن به ذرات از اخترفیزیک قرض گرفتند.

پنجم: سرانجام با پیشرفت لیزرهای پرقدرت در دهه۱۹۶۰ حوزه فیزیک پلاسمای لیزری گشوده شد. وقتی یک شعاع لیزر قدرتمند به یک هدف جامد می خورد ذرات بلافاصله کنده می شوند و اشکالی از پلاسما در مرز بین پرتو لیزر و هدف ایجاد می شود. پلاسمای لیزری به خواص (به عنوان مثال چگالی های مشخصه یک جامد) حداکثر نهایی گرایش دارند که در بسیاری از پلاسماهای مرسوم یافت نمی شوند. کاربرد اصلی فیزیک پلاسمای لیزری رویکردی دیگر به انرژی هم جوشی است که معروف به هم جوشی محبوس شده ماند[۱] است در این رویکرد پرتوهای قوی متمرکز شده لیزر برای از داخل منفجر کردن یک هدف جامد کوچک استفاده می شود تا به مشخصه ی چگالی ها و دماهای همجوشی هسته ای (مانند مرکز یک بمب هیدروژنی) برسند. کاربرد جالب دیگر فیزیک پلاسمای لیزر تولید میدان های فوق العاده قوی است، وقتی که پالس لیزر با چگالی بالا از بین پلاسما عبور می کند ذرات را شتاب می دهد فیزیکدان های انرژی های بالا امیدوارند با استفاده از شیوه شتاب دادن به وسیله پلاسما اندازه و هزینه شتاب دهنده های ذرات را کاهش دهند.

۱-۴ انفجار بزرگ

در اولین ثانیه بعد از مه بانگ پلاسمای کوارک-گلوئون ایجاد می شود. بعد از ایجاد پلاسمای کوارک- گلوئون اولین حالت ماده ای که ایجاد می شود پلاسمای الکترون-پوزیترون است، که این فرایند طی پدیده ی تولید زوج اتفاق می افتد. با بررسی این پلاسما و ویژگی های آن می توان ماهیت ماده ای که در آغاز خلقت کشف شده است را بررسی کرد لذا مطالعه ی این پلاسما از دیدگاه کیهان شناسی و ذرات بنیادی مهم تلقی می شود. پلاسماهای الکترون-

[۱] Inertial confinement fusion

پوزیترون از نمونه پلاسماهایی با جرم مساوی هستند که در بعضی موارد خواص فیزیکی پلاسمایی متفاوت نسبت به پلاسماهای معمولی الکترون-یون از خود نشان می دهند. مه بانگ یا انفجار بزرگ مدل کیهان شناسی پذیرفته شده برای توصیف مراحل نخستین شکل گیری جهان می باشد[۳]. بنابراین نظریه جهان تقریبا ۱۳,۷۹۸ ±.۰۳۷۰ میلیارد سال قبل در نتیجه انفجاری بسیار بزرگ به نام مه بانگ پدیدآمده است[۴] و از این رو این عدد سن جهان را نشان می دهد[۸]-[۵]. دراین لحظه جهان در وضعیتی بسیار داغ و چگال قرار داشت و شروع به انبساط با سرعت بسیار زیاد نمود. پس از این انبساط نخستین جهان داغ اولیه رو به سرد شدن گذاشت پس از این انبساط اولیه، دمای جهان به اندازه ای کاهش یافت که اجازه تبدیل انرژی به ذرات زیراتمی گوناگون مانند پروتون و الکترون و نوترون را می داد. اگرچه در همان سه دقیقه نخست پس از مه بانگ هسته های اتم های ساده به وجود آمده بودند، اما تا پیدایش نخستین اتم های خنثای بدون بار الکتریکی هزاران سال سپری شد. بیشتر اتم های بوجودآمده در اثر مهبانگ اتم های هیدروژن بودند و مقادیر کمتری از هلیم و لیتیم نیز به وجود آمده بودند. پس از آن ابرهای غول پیکری از گردهم آیی این اتم های نخستین بر اثر نیروی گرانش بوجود آمد که باعث شکل گیری ستاره ها و کهکشان ها شدند. اتم های سنگین تر نیز درون ستاره ها و در ابرنواخترها پدیدآمدند. مهبانگ یک نظریه علمی آزموده شده است که بیشترین همخوانی را با مشاهدات وضعیت گذشته و حال جهان داشته و به گستردگی مورد پذیرش جامعه علمی قرارگرفته است. این نظریه توضیح جامعی در مورد طیف گسترده ای از پدیده های فیزیکی مشاهده شده ارائه می دهد. از جمله این پدیده ها می توان به فراوانی عناصر سبک، تابش زمینه کیهانی، ساختار بزرگ مقیاس و نمودار هابل برای ابرنواخترهای نوع Ia اشاره کرد[۹]. ایده های اساسی مه بانگ همچون انبساط، تشکیل هلیم و شکل گیری کهکشان ها از این مشاهدات و مشاهدات دیگری برگرفته شده اند. از آنجا که فاصله میان خوشه های کهکشانی در حال افزایش است می توان نتیجه گرفت که در گذشته همه چیز به هم نزدیک تر بوده است. شرایط چگالی ها و دماهای بسیار بالا در گذشته به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته[۱۱]-[۱۰] و شتاب دهنده های ذره ای بزرگی برای انجام آزمایش هایی تحت این شرایط ساخته شده اند که به گسترش بیشتر مدل مه بانگ کمک کرده اند. از سوی دیگر این شتاب دهنده ها توانایی های محدودی برای آزمایش تحت چنین شرایط پر انرژی دارند. دانش و شواهد بسیار اندکی در مورد اولین لحظه انبساط در دست است و از این رو نظریه مه بانگ توضیحی برای آن شرایط اولیه ارائه نمی کند بلکه تکامل عمومی جهان از آن نقطه به بعد را توصیف می کند. ژرژ لومتر برای نخستین بار فرضیه ای را با عنوان «فرضیه نخستین اتم» پیشنهاد نمود که بعدها سایر دانشمندان با گسترش آن شکل کنونی نظریه مهبانگ را ارائه

دادند. چارچوب نظریه مه بانگ بر نظریه نسبیت عام آلبرت اینشتین و فرض همگنی و همسانگردی فضا استوار است. معادلات حاکم برآن نخستین بار توسط الکساندر فریدمان با حل معادلات میدان اینشتین فرمول بندی شد و پاسخ های دیگری برای این معادلات نیز توسط ویلم دوسیتر ارائه شد. در سال ۱۹۲۹ ادوین هابل کشف کرد که فاصله کهکشان های دور از ما با انتقال به سرخ[۱] آنها متناسب است- ایده ای که نخستین بار توسط ژرژ لومتر در سال ۱۹۲۷ مطرح شد-. مشاهدات ادوین هابل بیانگر این بودند که کهکشان ها و خوشه های بسیار دور، در حال دور شدن از ما هستند، و هرچقدر دورتر باشند سرعت دور شدنشان نیز بیشتر است[۱۲]. با توجه به اینکه ما در مرکز انفجار قرار نگرفته ایم تنها توضیح ممکن این است که نواحی قابل مشاهده جهان در حال فاصله گرفتن از یکدیگر هستند. اگرچه زمانی جامعه علمی به طرفداران نظریه مه بانگ و طرفداران نظریه حالت پایدار تقسیم شده بود[۱۳]، اما پس از تاییدات مشاهدات تجربی و کشف تابش زمینه کیهانی در سال ۱۹۶۴ بیشتر دانشمندان قانع شدند که نسخه ای از نظریه مهبانگ همخوانی بهتری با مشاهدات دارد، به ویژه هنگامی که دریافتند که طیف تابش آن با طیف تابش گرمایی یک جسم سیاه مطابقت دارد. از آن زمان تاکنون اخترفیزیکدانان تئوری مشاهدات بسیاری به این مدل افزودند و با پارامتری کردن آن از طریق مدل لامبدا- سی دی ام[۲] چارچوب تحقیقات کنونی در کیهان شناسی نظری را پایه ریزی کردند. گمانه زنی های نظری بسیاری در مورد لحظات نخستین مهبانگ صورت گرفته است. در بیشتر مدل های رایج، جهان در این لحظات به طور همگن و همسانگرد از انرژی با چگالی بسیار زیاد و دماها و فشارهای بسیار بالا تشکیل شده بود و با سرعت بسیار زیادی در حال انبساط و سرد شدن بوده است. تقریبا $۱۰^{-۳۷}$ ثانیه پس از شروع انبساط، یک گذار فاز باعث تورم کیهانی شد که طی آن جهان رشدی نمایی داشت[۱۴]. پس از توقف تورم، جهان متشکل از یک پلاسمای کوارک-گلوئون و همچنین همه ذرات بنیادی دیگر بود[۱۵]. دما به اندازه ای بالا بود که حرکات تصادفی ذرات در سرعت های نسبیتی انجام می گرفت و همه انواع جفت های ماده- پادماده در برخوردها دائما ایجاد و نابود می شدند. در نقطه ای از زمان، واکنشی ناشناخته به نام باریون زایی باعث نقض پایستگی عدد باریونی شد و درنتیجه آن تعداد کوارک ها و لپتون ها نسبت به پادکوارک ها و پادلپتون ها به میزان بسیار بسیار اندکی افزایش یافت (به اندازه یک در سی میلیون). این افزایش اندک مسبب برتری ماده بر ضد ماده در جهان کنونی است.

---

[۱] Redshift

[۲] Lambda- CDM

۱– ۵ پلاسمای کوارک گلوئون:

پلاسمای کوارک-گلوئون(QGP) یا سوپ کوارک [۱۶]یک فاز در کرومودینامیک کوانتومی است که در دما و یا چگالی های بسیار بالا رخ می دهد. دراین فاز ماده تقریبا فقط کوارک و گلوئون آزاد است که هر دو از بنیادی ترین ذرات سازنده ماده هستند. دانشمندان فیزیک ذرات بر این عقیده اند که این پلاسما در اولین میکروثانیه های پس از مهبانگ وجود داشته است و بررسی خواص این پلاسما کمک بزرگی به درک چگونگی آغاز جهان دارد. سنکروترون سوپر پروتون در سرن برای اولین بار در دهه های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ تلاش کرد که به پلاسمای کوارک گلوئون دست یابد، یعنی همان نتایجی که به مدارک غیرمستقیم وجود این فاز منجر شد. در سال ۲۰۰۰ آزمایشگاه ملی بروکهیون نیز به تحقیق درباره پلاسمای کوارک-گلوئون پرداخت. اگرچه یک سازمان بی طرف ادعای دانشمندان آزمایشگاه ملی بروکهیون را تایید نکرده است، اما آنها در فوریه ۲۰۱۰ ادعا کردند که یک پلاسمای کوارک - گلوئون در دمای ۴ تریلیون درجه سلسیوس ساخته اند. سه آزمایش کنونی که دربرخورددهنده هادرونی بزرگ، سرن در حال انجام است: آزمایش آلیس، آزمایش اطلس و سی ام اس، هنوز در حال بررسی خواص پلاسمای کوارک-گلوئون است. این آزمایش ها در نوامبر ۲۰۱۰ آغاز شد و ابتدا پروتون ها و سپس یون های سرب را در آزمایش آلیس بهم برخورد دادند و در ۶ دسامبر متوقف شده و دوباره در ژانویه ۲۰۱۱ شروع به کار کردند[۱۷]. در هفته اول برخورد دادن یون های سرب در ال اچ سی[۱] دانشمندان به چند پلاسمای کوارک-گلوئون با دمای دهها تریلیون درجه سلسیوس دست یافتند. یک تیم بین المللی فیزیکدانان که در برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی[۲](RHIC) در آزمایشگاه بین المللی بروک هاون مشغول هستند شواهد مستحکمی برای پلاسمای کوارک-گلوئونی یافتند که حالتی از ماده است که فکر می شود در یک میلیونیم اولین ثانیه بیگ بنگ وجود داشته است. اما محققان منتظر گازی از کوارک ها و آنتی کوارک ها و گلوئون های آزاد بودند ولی این ماده بیشتر رفتاری شبیه مایع دارد ! اعتقاد براین است که پلاسمای کوارک-گلوئون قبل از سرد شدن جهان وجود داشته و کوارک ها و گلوئون ها ترکیب شده اند تا پروتون و نوترون درست شود و به این ترتیب هسته های سبک بوجود بیایند. فیزیک دانان سرن مدعی هستند که پلاسمای کوارک-گلوئون را در سال ۲۰۰۰ خلق کرده اند اما نتایج شان قطعی نبود چون که آن پلاسما ناپایدار بود. سپس در ۲۰۰۳ فیزیکدانان

---

[۱] LHC

[۲] Relativistic Heavy Ion Collider

برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی بیشتر از قبل به خلق پلاسمای کوارک-گلوئون نزدیک شده اند[۱۸]. برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی از شتابدهنده هایی استفاده می کند که حلقه هایی ۴ کیلومتری دارد و انرژی اتم های طلا را تا ۱۰۰ بیلیون الکترون ولت افزایش می دهد، سپس آنها را برخورد می دهد. گمان می رود هنگامی که هسته های طلا به هم برخورد می کنند جزء اصلی سازنده پروتون ها ونوترون ها ذوب می شوند تا پلاسمای کوارک-گلوئون بوجود آید. نتایج جدید نشان می دهدکه برخی از مشاهدات در برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی با پیش بینی های نظری مطابقت دارد. اما فیزیک دانان زیادی معتقدند که پلاسمای کوارک-گلوئون باید گاز باشد، در حالی که ماده شکل گرفته در برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی بیشتر شبیه یک مایع کامل رفتار می کند. به اعتقاد سام آرونسون[۱] مدیر بروک هاون ماده جدیدی که در برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی بوجود آمده در واقع می تواند شکلی از پلاسمای کوارک-گلوئون اما چیزی متفاوت از نظریه باشد. اندازه گیری های با جزئیات بیشتر در حال انجام هستند که این معما را حل کنند. بر طبق نظر اولریش هاینتز پیش بینی اینکه پلاسمای کوارک-گلوئون گاز است بر تئوری محکمی استوار نیست ولی تعدادی از فیزیکدان روی آن پا فشاری می کنند. او می گوید: "من فکر می کنم این مهمترین نتیجه فیزیک هسته ای در سال های اخیر می باشد و در دو سال اخیر گفته می شود که برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی توانسته یک پلاسمای کوارک-گلوئون تولید کند و در ادامه اینکه پلاسمای کوارک-گلوئون یک مایع ایده ال است. "اما به هیچ وجه تناقضی با محاسبات تئوریکی قبلی ندارد." جان رافلسکی[۲] است هم با این نظریه موافق است. او هم چنین می گوید: "آزمایشی که در برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی انجام شده بسیار بهبود یافته تر از نتایجی است که در ۲۰۰۳ منتشر شد. به علاوه نتایج واضح تر شده اند و تضادی هم با یافته هایی قبلی سرن و برخوردهنده یون های سنگین نسبیتی ندارد. "

---

[۱] Sam Aronson

[۲] Johann Rafelski