دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک ذرات بنیادی

گروه علمی فیزیک

عنوان پایان نامه :

بررسی شرایط دما و چگالی در جهان اولیه بر اساس مدل کشش سطحی

آیگین قهرمانی

استاد راهنما :

دکتر محمد قناعتیان

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول قرائتی

آذرماه ۱۳۹۰

اینجانب **آیگین قهرمانی** دانشجوی ورودی سال **۱۳۸۷** مقطع کارشناسی ارشد رشته **فیزیک گرایش ذرات بنیادی** گواهی می‌نمایم چنانچه در پایان نامه خود از فکر، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته‌ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منبع و ماخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده‌ام. بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می‌دانم و جوابگوی آن خواهم بود.

دانشجو تائید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

نام و نام خانوادگی دانشجو **آیگین قهرمانی**

تاریخ و امضاء

اینجانب **آیگین قهرمانی** دانشجوی ورودی سال**۱۳۸۷** مقطع کارشناسی ارشد رشته **فیزیک گرایش ذرات بنیادی** گواهی می نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان نامه خود اقدام به انتشار مقاله، کتاب، و ... نمایم ضمن مطلع نمودن استاد راهنما، با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله، کتاب، و ... و به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم.

نام و نام خانوادگی دانشجو **آیگین قهرمانی**

تاریخ و امضاء

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه پیام نور می‌باشد.

آذر ۱۳۹۰

تقدیم به

پاکی برادرم

که من را به سمت آگاهي و شعور هدایت نمود

و خود پرنده‌ناک به سمت روشنايي پر کشید.

باشد که مایه لبخند او در دنیاي دیگري باشم.

تشکر و قدردانی

اکنون که پایان‌نامه خود را به اتمام رسانده‌ام بر خود لازم می‌دانم که از زحمات پدر و مادر عزیزم کمال تشکر را داشته باشم که از ابتدای پاگذاردن من به دنیا تاکنون لحظه‌ای از حمایت خویش نسبت به من دریغ نکرده‌اند.

هم‌چنین وظیفه‌ی خود می‌دانم که از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر محمد قناعتیان که در این چند سال همواره من را مورد تشویق و راهنمایی خود قرار می‌داده‌اند و با صبر و مهربانی خود من را امیدوارتر می‌کردند کمال سپاس را داشته باشم.

از اعضا محترم کمیته دفاع آقای دکتر نادر قهرمانی و آقای دکتر عبدالرسول قرائتی نیز تشکر می‌کنم.

هم‌چنین از استاد عزیزم جناب آقای دکتر کاووس حسنلی و دوستان عزیزم خانم‌ها دل‌آرام هوشمند، حدیث آذرشب،لاله آیروش و سودابه رضایی و خواهر عزیزم الدوز قهرمانی کمال تشکر را دارم که در دو سال گذشته نهایت سعی خود را برای تشویق من به کار بردند.

در نهایت از بی کرانگی مهربانی و صبر همسر عزیزم اباذر جابری صمیمانه تشکر می‌کنم که افقی روشن را پیش چشم من به تصویر می‌کشد.

چکیده

بررسی شرایط فیزیکی برای هسته سازی در جهان اولیه

توسط: آیگین قهرمانی

پیدایش جهان همواره برای بشر یک سوال بوده است.چگونگی و زمان به‌وجود آمدن جهان، همچنین اجزای سازنده‌ی آن دانشمندان را به سمت ارائه دادن نظریه‌های مختلفی رهنمون کرد.در این رساله علاوه بر اینکه نظریه‌های معتبر درباره‌ی چگونگی پیدایش عالم همراه با شواهدی برای اثبات آن‌ها را ارائه می‌دهیم، با معرفی جدیدترین مدل هسته، فشار و آنتروپی در ابتدای جهان را محاسبه خواهیم کرد.

ابتدا نظریه‌ی معروف مهبانگ را مفصلا بررسی می‌کنیم. سپس با نگاهی اجمالی به مدل‌های مختلفی که برای هسته ارائه شده است، نظریه‌ی جدید هسته (نظریه کشش سطحی)را معرفی کرده و با فرمول‌های مربوط، به محاسبه فشار و آنتروپی خواهیم پرداخت.با بررسی نظریه‌های مختلف هسته و تعریف پلاسماهای ناهمگن که به وسیله لیزر تولید شده‌اند و بر اساس آن‌ها می‌توان یک کشش سطحی را برای پلاسما به دست آورد، مدل مشابهی برای هسته تعریف می‌شود.با توجه به اینکه در این نوع پلاسما با استفاده از طول دبی و انرژی فرمی مقدار کشش سطحی را به دست می‌آورند، برای تعمیم دادن مسئله به هسته، فرمول مربوط برای مجموعه‌ای از پروتون‌ها و نوترون‌ها به کار گرفته می‌شود.

با این فرض که چنین مجموعه‌ای می‌تواند هسته‌ی یک اتم باشد شرایط به وجود آمدن هسته را بررسی می‌کنیم. در این شرایط کشش سطحی را نیروی جاذبه و نیروی حاصل از انرژی کولنی و انرژی فرمی را نیروی دافعه معرفی می‌کنیم. شرایط تشکیل هسته را زمانی در نظر می‌گیریم که نیروهای جاذبه و دافعه در تعادل باشند. با توجه به ساختار هسته بر اساس مدل پلاسمای کوارک-گلوئونی، در صورت ایده‌آل بودن سیستم، با در نظر گرفتن آمار فرمی-دیراک و بوز-انشتین، انرژی فرمیون‌ها و بوزون‌های تشکیل دهنده هسته را در محاسبات منظور کرده و در نهایت شرایط هسته - سازی را در آغاز جهان پیدا می‌کنیم.

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه ۱

۱-۱ تاریخچه‌ای بر پیدایش جهان ۱

۱-۲ جهان قبل از مهبانگ ۲

۱-۲-۱ مدل اول(دریای سیاه‌چاله‌ای) ۲

۱-۲-۲ مدل دوم(جهان‌های برخورد کننده) ۴

۱-۲-۳ مدل سوم(جهان از هم‌گسسته) ۴

۱-۳ مهبانگ ۵

۱-۴ شواهدی در دفاع از نظریه مهبانگ ۶

۱-۴-۱ انبساط جهان ۶

۱-۴-۲ فراوانی هلیوم و دوتریوم در جهان ۷

۱-۴-۳ تابش پس‌زمینه کیهانی ۸

فصل دوم معرفی ذرات بنیادی ۱۰

۲-۱ دوره کلاسیک ۱۰

۲-۲ کشف پادذرات ۱۱

۲-۳ کشف نوترینوها ۱۲

۲-۴ فوتون ۱۲

۲-۴-۱ اثر فوتوالکتریک ۱۳

۲-۴-۲ اثر کامپتون ۱۳

۲-۴-۳ تولید زوج ۱۴

۲-۴-۴ نابودی زوج ۱۴

۲-۴-۵ تابش ترمزی ۱۴

۲-۵ نیروی قوی ۱۴
۲-۶ طبقه‌بندی ذرات بنیادی ۱۵

فصل سوم ساختار هسته ۱۸
۳-۱ تحول عالم ۱۸
۳-۲ تشکیل هسته‌های اولیه ۲۰
۳-۲-۱ تشکیل هسته عناصر با $A \leq 60$ در ستارگان ۲۱
۳-۲-۲ تشکیل هسته در ستارگان با $A \geq 60$ ۲۲
۳-۲-۳ فرایند کند ۲۲
۳-۲-۴ فرایند تند ۲۳
۳-۳ اعداد جادویی ۲۵
۳-۴ مدل‌های هسته‌ای ۲۵
۳-۴-۱ مدل قطره-مایع ۲۵
۳-۴-۲ مدل لایه‌ای ۲۷
۳-۴-۳ مدل جمعی ۲۸

فصل چهارم کشش سطحی ۲۹
۴-۱ معرفی کشش سطحی با استفاده از پلاسمای ناهمگن ۲۹
۴-۲ آغاز هسته‌سازی ۳۱
۴-۳ محاسبه چگالی با در نظر گرفتن انرژی بستگی ۳۹
۴-۴ محاسبه دما و آنتروپی در زمان شکل گیری هسته ۴۶
۴-۵ محاسبه دما و آنتروپی در زمان هم‌جوشی ۵۹
۴-۵-۱ بررسی مسئله از دیدگاه آماری ۵۹
۴-۶ محاسبه فشار ۷۳

فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۰

منابع ۸۲

فهرست شکل‌ها

صفحه

شکل ۱-۱ تاریخ پیدایش جهان ۹

شکل ۲-۱ مدل اتمی تامسون ۱۰

شکل ۲-۲ اثر فوتوالکتریک ۱۳

شکل ۲-۳ جدول ذرات بنیادی ۱۷

شکل ۳-۱ نمونه‌ای از فرایند کند ۲۳

شکل ۳-۲ تحولات جهان از مهبانگ تا کنون ۲۴

شکل ۳-۳ انرژی بستگی بر نوکلئون ۲۶

شکل ۴-۱ نمونه‌ای از پلاسمای تشکیل شده ۳۰

شکل ۴-۲ تقابل بین نیروهای جاذبه و دافعه ۳۲

شکل ۴-۳ انرژی فرمی بر حسب عدد اتمی ۳۸

شکل ۴-۴ چگالی نوکلئون‌ها بر حسب عدداتمی ۳۸

شکل ۴-۵ انرژی کشش سطحی بر حسب عدد اتمی ۳۹

شکل ۴-۶ انرژی فرمی بر حسب عدداتمی در زمان شکل‌گیری هسته ۴۵

شکل ۴-۷ دما بر حسب عدد اتمی ۵۲

شکل ۴-۸ آنتروپی بر حسب عدد اتمی ۵۹

شکل ۴-۹ انرژی گلوئونی بر حسب عدداتمی در زمان هم‌جوشی ۶۶

شکل ۴-۱۰ دما بر حسب عدد اتمی در زمان هم‌جوشی ۶۶

شکل ۴-۱۱ انرژی کشش سطحی بر حسب عدد اتمی در زمان هم‌جوشی ۶۷

شکل ۴-۱۲ آنتروپی بر حسب عدد اتمی در زمان هم‌جوشی ۷۳

شکل ۴-۱۳ فشار بر حسب عدد اتمی ۷۹

فهرست جدول‌ها

صفحه

جدول۵-۱ محاسبه چگالی ذرات با استفاده از انرژی کشش سطحی ۳۳

جدول۵-۲ محاسبه چگالی ذرات با در نظر گرفتن انرژی بستگی ۴۰

جدول۵-۳ محاسبه دما با در نظر گرفتن انرژی بستگی ۴۷

جدول۵-۴ محاسبه آنتروپی ذرات با در نظر گرفتن انرژی بستگی ۵۳

جدول۵-۵ محاسبه دما در زمان هم‌جوشی ۶۰

جدول۵-۶ محاسبه آنتروپی در زمان هم‌جوشی ۶۸

جدول۵-۷ محاسبه فشار ۷٤

فصل اول

مقدمه

۱-۱ تاریخچه‌ای بر پیدایش جهان

دانشمندان برای پی بردن به این جواب که جهان از کجا شروع شده نظریه‌های مختلفی ارائه داده-اند. افلاطون به عنوان اولین کسی که این علم را شروع کرد معتقد بود زمین محور تمام کهکشان-هاست و دیگر سیارات به دور آن می‌گردند. حدود ۱۷۰۰ سال بعد از مطرح شدن این اندیشه کوپرنیک زمین را از محوریت برداشت و خورشید را جایگزین کرد. گالیله به عنوان مخترع تلسکوپ با مشاهده‌ی سیاره‌ی مشتری و حرکت آن پی برد که زمین به دور خورشید می‌گردد[۱].

اما تلاش برای مدل‌سازی ریاضی نحوه‌ی پیدایش جهان قدمت یک‌ساله دارد و کیهان‌شناسی به عنوان یک علم کار خود را از اوایل قرن بیستم شروع کرد. مشاهدات رصدخانه‌ای که از دهه‌ی ۱۹۲۰ آغاز شد،نشان می‌دهد که کهکشان‌ها در حال دور شدن از یکدیگر هستند و جهان در حال انبساط است. اگر این انبساط را معکوس کنیم درمی‌یابیم که در حدود۷.۱۳ میلیارد سال پیش جهان بسیار داغ و فشرده بوده است.

در سال ۱۹۲۷ یک کشیش بلژیکی به نام جورج لومتر[1] با عنوان کردن اینکه جهان هستی بر اثر یک انفجار بزرگ شکل گرفته پیشگام نظریه‌پردازان پیدایش جهان در قرن بیستم شد. بر طبق این نظریه تمام انرژی‌های جهان (تمام انرژی که اکنون در عالم جریان دارد) در یک نقطه وجود داشته که این نقطه با انفجاری بزرگ گسسته شده و انرژی خود را به هر سو پخش کرده است. این رویداد را مهبانگ[2]می‌گویند.کشف تابش در زمینه‌ی میکروموج کیهانی در سال ۱۹۶۴ اعتبار ویژه‌ای به نظریه بخشید که هم چنان پابرجاست[۲].

قبل از معرفی این مدل نگاهی گذرا به جهان قبل از مهبانگ خواهیم داشت.

1-George Lemaitre
2-Big Bang

۱-۲ جهان قبل از مهبانگ

کیهان شناسان برای پی بردن به چگونگی پیدایش جهان امروز سعی بر ترسیم کائنات قبل از وقوع مهبانگ را دارند. هم چنین آن‌ها به دنبال چگونگی نظم بالای جهان قبل از مهبانگ می‌باشند.

حاصل این تحقیقات ارائه‌ی مدل‌هایی از سوی کیهان شناسان است که هر یک پاسخی شگفت‌آور به این معما می‌دهد.

آلن گات[1]از موسسه فناوری ماسا چوست[2]در سال ۱۹۸۱ و چند فیزیکدان دیگر با مطرح کردن نظریه تورم کیهانی تصور کیهان شناسان را از چگونگی پیدایش جهان کامل‌تر کردند. بر مبنای این نظریه دلیل همگن بودن جهان اکنون این است که کل جهان درحال تعادل ترمودینامیکی از حجم بسیار کوچک اولیه‌ای برخوردار بوده است که بطور ناگهانی شروع به انبساط کرده است. البته این نظریه هیچ توضیحی راجع به جهان قبل از مهبانگ نمی‌دهد.بر اساس این مدل در فاصله‌ی زمانی10^{-35}s تا10^{-32}s از لحظه‌ی آفرینش انبساط رخ داده است.دانشمندان شرایط خارق العاده قبل از این زمان را نمی‌توانند با نسبیت عام انیشتین یا مکانیک کوانتومی بیان کنند. در این شرایط هیچ راهی برای پیش بینی رفتار ماده، انرژی و فضا-زمان در اختیار ندارند.

فیزیک‌دانان تنها یک راه حل را پیشنهاد می‌کنند.طبق قانون دوم ترمودینامیک آنتروپی جهان با گذشت زمان افزایش می‌یابد. بنابراین جهانی که در ابتدا در بالاترین سطح نظم بوده رو به بی‌نظمی می‌رود.

این سوال نیز مطرح می‌شود که بالاترین سطح نظم چگونه بوجود آمده است.به گفته سین کارول[3] از موسسه فناوری کالیفرنیا در پاسادنا[4] هر مدلی که از جهان اولیه ارائه می‌شود باید جوابگوی این مسئله باشد که چرا آنتروپی جهان در آستانه مهبانگ پایین بوده است.

بر این اساس سه مدل پیش‌نهاد شد.

۱-۲-۱ مدل اول (دریای سیاه‌چاله‌ای)

این مدل توسط دو فیزیکدان آمریکایی به نام‌های توماس بنکز[5] از دانشگاه کالیفرنیا و ویلی فیشراز دانشگاه تگزاس مطرح شد.بر پایه‌ی این مدل جهان قبل از پیدایش دریای چگالی از سیاهچاله‌ها بوده است. آن‌ها این نظریه را سناریوی کیهان‌شناسی هولوگرافی نیز نامیدند.

---

1 - Alan Gutt
2 - MIT
3 - Sean Carroll
4 - Pasadena
5 - Thomas Banks

بر طبق اصل هولوگرافی که توسط جراردهوف[1] مطرح شد تمام اطلاعات موجود در یک حجم مشخص از فضا را می‌توان با قوانین فیزیک روی سطحی که آن حجم را دربر می‌گیرد معلوم کرد.

می‌دانیم که با افزایش آنتروپی میزان بی‌نظمی سیستم و در نتیجه اطلاعاتی سیستم را توصیف می‌کند بیشتر می‌شود.اصل هولوگرافی می‌گوید بیشینه میزان آنتروپی در حجم معینی از فضا حد بالایی دارد که به‌وسیله سطح مرزی که حجم دربر گرفته تعیین می‌شود و حد بالا مربوط به سیاهچاله‌هاست.

طبق نظریه‌ی دریای سیاهچاله‌ای با نزدیک شدن به زمان مهبانگ به حالات بالای چگالی آنتروپی می‌رسیم که مقدار افت‌وخیزهایآن بوسیله اصل عدم قطعیت کوانتومی معلوم می‌شود. افت‌وخیز به سمت چگالی کمتر به این معنا بوده که سیاهچاله‌های آن قسمت به هم فشرده شده و فضای بین آن‌ها را فوتون‌ها پر کرده بوده‌اند.در محدوده‌ای که چگالی سیاه‌چاله‌ها زیاد بوده یا سرعت حرکت بالایی داشته‌اند، سیاه‌چاله‌ها به‌هم برخورد می‌کردند و به‌هم می‌پیوستند. بنابراین فضای بین آن‌ها توسط سیاه‌چاله‌های دیگر پر می‌شده است،اما در محدوده‌هایی که چگالی سیاه‌چاله‌ها کم بوده و فاصله بیشتری از هم داشته‌اند برخورد و تلفیق آن‌ها با سرعت لازم صورت نمی‌گرفته است فضای بین سیاهچاله‌ها سرشار از فوتون پر انرژی بوده که مانند حباب به سرعت منبسط شده و سیاه‌چاله‌های اطراف را دفع می‌کرده است.بعد از طی زمان10^{-35}s از انبساط و بوجود آمدن این حباب‌ها مهبانگ اتفاق می‌افتد. در نهایت ذرات بنیادی از انرژی تابشی موجود در کیهان بوجود می‌آید و ستاره-ها،کهکشانها و سیارات را بوجود می‌آورد. مدل دریای سیاهچاله‌ای در ارتباط با آنتروپی این توجیه را دارد:

تنها حباب‌هایی قادر به بزرگ شدن می‌باشند که آنتروپی پایینی داشته باشند زیرا در صورتی که آنتروپی آن‌ها بالا باشد در حوزه‌ای قرار می‌گیرند که سیاه‌چاله‌هایی با چگالی بالا درآنجا قرار داشته باشند و در این صورت حباب بوسیله‌ی سیاه‌چاله بلعیده می‌شود و در فضای بین آن‌ها قرار نمی‌گرفته است. پس اگر جهان آنتروپی بالایی داشت،تا کنون باقی نمانده بود.

سوال دیگری که مطرح می‌شود این است که آیا زمان از مهبانگ آغاز می‌شود؟

طبق گفته‌ی دانشمندان گرچه بر اساس قوانین کوانتومی زمان بطور قطع از منفی بی‌نهایت تا مثبت بی‌نهایت نیست اما پذیرش مبدا زمان مسائل مربوط به خود را ایجاد می‌کند. البته در مدل مهبانگ فرض بر این است که زمان با مهبانگ آغاز می‌شود.

---

1 - Gerard Hooft

اشتانیهارد و نیل‌توراک از دانشگاه کمبریج درسال ۲۰۰۲ سناریوی ارائه دادند که در آن مهبانگ مبدا زمان نبوده بلکه صرفا آغاز یک چرخه‌ی کیهانی جدید است که این مدل در برابر آنتروپی پایین جهان مقاومت می‌کند.

۱-۲-۲ مدل دوم (جهان‌های برخورد کننده)

این مدل توسط اشتانیهارد و نیل‌توراک که بر پایه‌ی نظریه‌ی ریسمان‌ها قرار گرفته مطرح می‌شود و مطابق آن مهبانگ از برخورد دو جهان مختلف به‌وجود می‌آید. مطابق این نظریه در مجاورت جهان ما جهان‌های دیگری هم وجود داشته‌اند که هر کدام می‌توانند قوانین فیزیکی منحصربه‌فردی داشته باشند. از برخورد این جهان‌ها انرژی فوق‌العاده عظیمی آزاد شده و این دو جهان شروع به انبساط می‌کنند. اما چون ما همواره در یکی از این جهان‌ها هستیم تصور می‌کنیم انفجار عظیم یا همان مهبانگ آغاز جهان بوده است در صورتی که جهان ما قبل از آن هم وجود داشته است. بر اساس این مدل بعد از برخورد این دو جهان شروع به دور شدن از هم می‌کنند،اما فاصله گرفتن آن‌ها سرانجام توسط نیروی جاذبه‌ی بین آن‌ها متوقف می‌شود و مجددا به سمت همدیگر کشیده می‌شوند و برخورد می‌کنند. به همین دلیل به این مدل،مدل جهان تناوبی هم می‌گویند. باید در نظر داشت که بر پایه مدل تناوبی،جهان روی یک ابر رویه یا ابرصفحه سه بعدی است.

سناریوی کیهان شناسان تناوبی مسئله آنتروپی را به خوبی توجیه می‌کند. در آستانه برخورد ابر صفحات با یکدیگر به‌طور فزاینده کشیده می‌شوند. در نتیجه تراکم آنتروپی ماده و تابش در هر دوجهان کاهش می‌یابد. بنابراین در لحظه مهبانگ آنتروپی کم می‌شود.

۱-۲-۳ مدل سوم (جهان از هم گسسته)

لاریس بام و پائول فرامپتون از دانشگاه کارولینای شمالی ارائه دهنده‌ی این مدل هستند. مطابق این مدل جهان‌ها از یک جهان مادر از هم گسسته بوجود آمده‌اند. در این مدل چنین مفروض است که با انبساط جهان مقدار انرژی تاریک در حجم مفروضی از فضا افزایش می‌یابد که با داده‌های موجود از انرژی تاریک مغایرتی ندارد. بنابراین با افزایش تدریجی چگالی انرژی تاریک، انبساط جهان نیز سریعتر خواهد بود. تا جائیکه کهکشان‌ها، ستارگان و حتی اتم‌ها از هم گسیخته خواهند شد و جهان متلاشی می‌گردد.

بعد از مهبانگ (از هم گسیختگی جهان مادر) جهان‌های جدید به انبساط خود ادامه می‌دهند و مجددا جهان‌های دیگری به‌وجود می‌آورند. این مدل برای جواب دادن به آنتروپی پایین فرض می‌کند که آنتروپی مادر بین جهان‌های تازه متولد شده تقسیم می‌شود و بنابراین هر کدام از این جهان‌ها کمترین آنتروپی را خواهند داشت[۲].

۱-۳ مهبانگ

حال مجددا به لحظه مهبانگ برمی‌گردیم. شروع گام به گام آغاز کیهان از دید نظریه‌ی مهبانگ شامل هشت مرحله‌ی متفاوت می‌باشد.

مرحله‌ی اول $(0 - 10^{-43}\mathrm{s})$:

هیچ معادله‌ای برای دمای بسیار بالا و تصور ناپذیری که در این زمان حاکم بوده در دسترس نیست. اما چهار نیروی جهان در این زمان وحدت داشته‌اند.

مرحله‌ی دوم $(10^{-35}\mathrm{s} - 10^{-32}\mathrm{s})$:

ذرات بنیادی مانند کوارک‌ها، الکترون‌ها و پادذرات آن‌ها از برخورد پرتوها با یکدیگر به‌وجود می‌آیند. در لحظه‌ی اولیه ذرات فراسنگین X نیز می‌توانسته‌اند وجود داشته باشند. این ذرات دارای این ویژگی بودند که هنگام فروپاشی ماده بیشتری نسبت به پاد ماده ایجاد می‌کنند.

این ذرات میراث مهمی به جا گذاشته‌اند و آن افزونی ماده نسبت به پاد ماده است. نیروی جاذبه در $10^{-38}\mathrm{s}$ از نیروهای دیگر جدا می‌شود. در این مرحله جهان رو به انبساط و کاهش حرارت دارد.

مرحله‌ی سوم $(10^{-32}\mathrm{s} - 10^{-6}\mathrm{s})$:

جهان مخلوطی از کوارک‌ها، لپتون‌ها، فوتون‌ها و ذرات دیگر است که در حال ایجاد و نابودی همدیگر می‌باشند. در این مرحله نیز دما در حال کاهش از$10^{29}\mathrm{K}$ می‌باشد.

مرحله‌ی چهارم $(10^{-6}\mathrm{s} - 10^{-3}\mathrm{s})$:

بخشی از کوارک‌ها و پادکوارک‌ها با برخورد به یکدیگر به شکل پرتو درآمده‌اند و در دمای رو به کاهش کوارک جدید به‌وجود نمی‌آید. اما از آنجائیکه کوارک بیشتری نسبت به پادکوارک وجود دارد هر سه کوارک تبدیل به پروتون یا نوترون می‌شوند و این آغاز هسته سازی است.

مرحله‌ی پنجم $(10^{-3}\mathrm{s} - 100\mathrm{s})$:

مشابه با کوارک‌ها شماری از الکترون‌ها باقی مانده‌اند که بعدها مدارهای اتمی را می‌سازند.

مرحله‌ی ششم (100s-30min) :

در دماهایی که امروزه می‌توان در مرکز ستارگان یافت، نخستین هسته‌های اتم‌های سبک و به‌ویژه هسته‌های بسیار پایدار هلیم و هیدروژن در اثر همجوشی هسته‌ای ساخته می‌شوند. هسته‌های اتم-های سنگین مانند آهن یا کربن در این مرحله ایجاد نمی‌شوند.

مرحله‌ی هفتم (30min-1 million year) :

دما به اندازه‌ای کاهش یافته است که هسته و الکترون‌ها در دمایی حدود 3000K می‌توانند به یکدیگر پیوسته و اتم‌ها را تشکیل دهند.

مرحله‌ی هشتم (1 million year-Now) :

از ابرهای هیدروژنی کهکشان‌ها، ستارگان و سیارات به‌وجود می‌آیند. درون ستارگان هسته‌ی اتم-های از قبیل اکسیژن و کربن تولید می‌شوند[۲].

۱-۴ شواهدی در دفاع از نظریه مهبانگ

ستاره‌شناسان با رصدهای مهمی که در قرن اخیر انجام داده‌اند شواهدی را برای دفاع از مهبانگ اظهار کرده‌اند که شامل سه قسمت می‌شود.

۱-۴-۱ انبساط جهان

ستاره‌شناسان با استفاده از نور دریافتی از یک کهکشان قادرند دریابند که یک کهکشان به ما نزدیک یا از ما دور می‌شود. اگر طیف کهکشان به سمت طول موج کوتاه‌تر باشد کهکشان در حال نزدیک شدن به ماست و اگر به سمت طول موج بلندتر انتقال یابد کهکشان از ما دورتر می‌شود.

وستو سیلفر[1] مطابق با نتایج رصدهای مختلف متذکر شد که تعداد کهکشان‌هایی که از ما دور می-شوند از آن‌هایی که به ما نزدیک می‌شوند بیشتر است.در ۱۹۲۹ ادوین هابل[2] کشف کرد کهکشان‌هایی که در فاصله بیشتری از ما هستند با سرعت بیشتری از ما دور می‌شوند. این سرعت متناسب با فاصله است.

حال اگر به عقب برگردیم جهان کوچک و کوچکتر می‌شود تا جائیکه تمامی جهان در حجم بسیار کوچکی متراکم می‌شود که همان آغاز مهبانگ است.

---

1 - Vesto Silfer
2 - Edwin Hubble

با این روش می‌توان زمان مهبانگ را محاسبه نمود که حدود ۱۰ تا ۱۵ میلیارد سال پیش است. با توجه به اینکه ستارگانی با عمر ۱۰ میلیارد سال داریم، صحت این موضوع تایید می‌شود[۲].

۱-۴-۲ فراوانی هلیوم و دوتریوم در جهان

با توجه به اینکه در ابتدای جهان دما بسیار زیاد بوده است، هلیوم و دوتریوم بیشتر از هر ذره دیگری در جهان به‌وجود آمده‌اند. هم‌جوشی یک پروتون با یک نوترون منجر به تولید دوتریوم می‌شود. این فرایند در دماهای بسیار بالا مثل دمای هسته ستاره امکان‌پذیر است.

جورج گاموو[1] در سال ۱۹۴۶ پیشنهاد داد که هم‌جوشی هسته‌ای باید در کیهان اولیه که دما بسیار بالا بوده، اتفاق افتاده باشد. این فرایند که سنتز هسته‌ای نام دارد، منجر به تولید هلیوم و دوتریوم (مقداری لیتیوم و بریلیوم) شده است. از آنجا که تنها دو منبع ستارگان و بمب‌های اتمی قادر به تولید هلیوم هستند، ستاره‌شناسان معتقدند که اگر قرار بود تمام هلیوم موجود در جهان توسط ستاره‌ها تولید شده باشند، بنابراین روشنایی آسمان باید بیشتر از حال حاضر باشد. پس هلیوم موجود در جهان باید قبل از ستاره‌ها تولید شده باشند.

بر پایه تئوری سنتز هسته‌ای مدل مهبانگ فیزیک‌دانان در دهه‌ی ۱۹۶۰ برآوردی به این شکل داشتند یک چهارم جرم کیهان در ابتدا به هلیوم و باقی‌مانده جرم به هیدروژن تبدیل شده است که با توجه به مقدار باقی‌مانده ۲۰ تا ۳۰ درصدی اکنون، این تئوری اثبات شده است.

در اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ با مطالعه‌ی طیف دیگری از کهکشان‌ها وجود هلیوم قبل از پیدایش ستارگان ثابت شد. مقدار اکسیژن موجود در ستارگان میزان سنتز هسته‌ای ستاره را نشان می‌دهد. ستارگان توسط هم‌جوشی هسته‌ای هیدروژن عناصر سنگین‌تری مانند اکسیژن، نیتروژن، کربن و هلیوم را تولید می‌کنند، اگر مانند اکسیژن، تمام هلیوم موجود در ستارگان ساخته شده باشد، بنابراین انتظار می‌رود در کهکشان‌هایی که اکسیژن وجود ندارد، هلیوم نیز یافت نشود.

از آنجا که برای شکل‌گیری کهکشان مقدار اولیه هلیوم مورد نیاز است، بنابراین هلیوم در زمان مهبانگ و در جهان اولیه تولید شده است.

شاهد دیگر بر تائید این نظریه فراوانی دوتریوم می‌باشد. دوتریوم هرگز در مرکز ستاره تولید نمی‌شود. در ستاره‌ها، در دما و فشار بالا دوتریوم یا به یک پروتون و نوترون تجزیه، یا به هلیوم تبدیل

1- George Gamow

می‌شود. ستاره‌شناسان در دهه‌ی ۱۹۷۰ پی بردند که دوتریوم در ابتدای جهان در زمانی که چگالی و فشار به سرعت کاهش یافته، به‌وجود آمده است[۲].

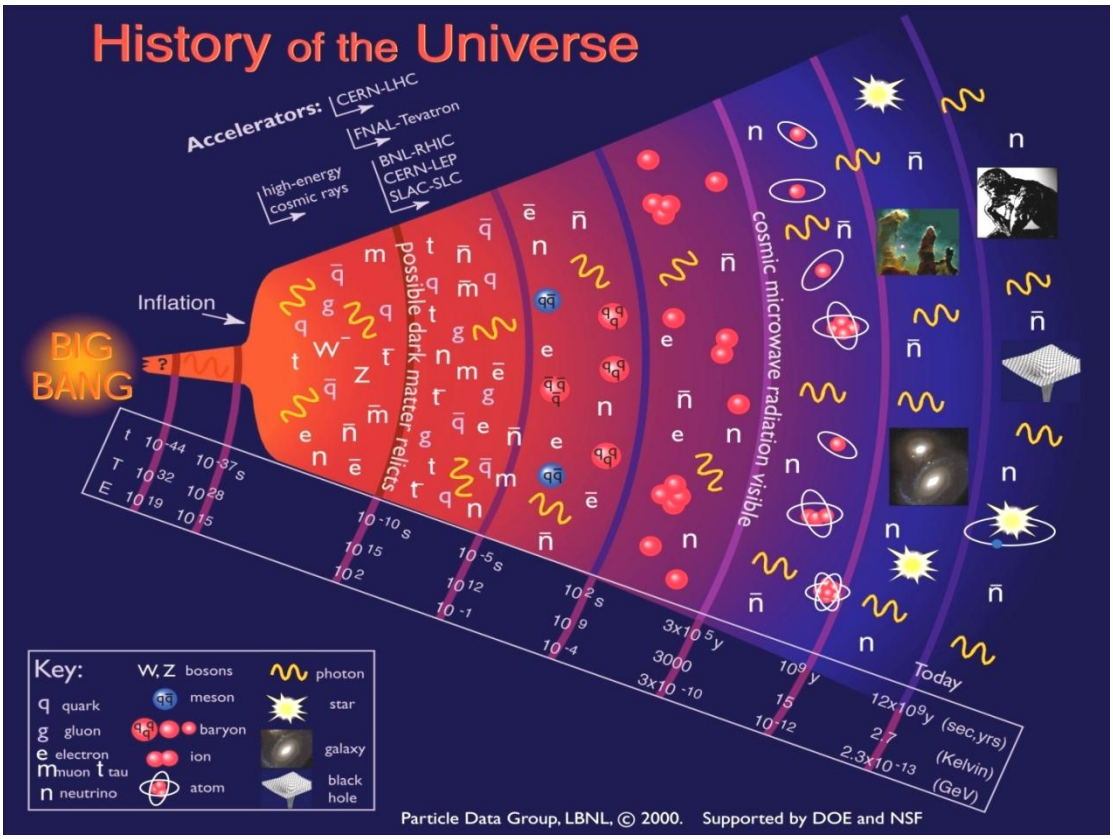
۱-۴-۳ تابش پس زمینه کیهانی

دلیل نهایی برای مدل مهبانگ تابش پس زمینه کیهانی است. جورج گاموو[1] در سال ۱۹۴۸ پیش‌بینی کرد که تابش حاصل از سنتز هسته‌ای کیهانی اولیه قابل آشکارسازی است. بر اساس دمای تشکیل هلیوم در جهان اولیه، دمای تابش به جا مانده از آن فرایند در جهان امروز حدود 5K است.

در سال ۱۹۶۴ دو دانشمند به نام‌های آرنو پنزیاس[2] و رابرت ویلسون[3] که سعی بر از بین بردن سیگنال‌های مزاحم پس زمینه از سیگنال‌های دریافتی آنتن رادیویی تحقیقات خود بودند، پی بردند که این سیگنال‌ها در تمام جهات آسمان و به‌صورت یکسان دریافت می‌شوند. با توجه به شدت هم گرایی این سیگنال‌ها، به این نتیجه رسیدند که منبع آن‌ها در فاصله بسیار دور قرار دارد و در اوایل عمر کیهان اتفاق افتاده است. هم چنین به دلیل اینکه سیگنال‌ها هم اکنون قابل دریافت می‌باشد، باید منبع قدرتمندی داشته باشند.

همان‌طور که گفته شد مطابق با مدل مهبانگ، جهان اولیه تجمعی فشرده از ذره و نور بوده که دمای بسیار بالایی داشته است و در این محیط ذره دائما با نور در برخورد می‌باشد و آن‌را جذب و تابش می‌کند. ذره در این شرایط دارای طیف جسم سیاه می‌باشد. جسم سیاه، جسمی است که که تمام تابش دریافتی را جذب می‌کند. در طیف جسم سیاه، هر طول موج دارای شدت خاصی است که تنها تابع دمای جسم است. ستاره‌شناسان با اندازه‌گیری شدت تابش در طول موج‌های مختلف تائید کردند که تابش پس زمینه کیهانی یک تابش جسم سیاه است که دمای آن در حدود 3K است[۲].

1 - George Gamow
2 - Arno Penzias
3 - Robert Wilson



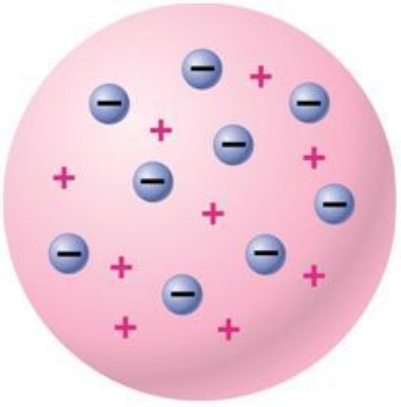
شکل ۱- ۱ تاریخ پیدایش جهان

فصل دوم
معرفی ذرات بنیادی

۲-۱ دوره کلاسیک

از دیرباز بشر به دنبال جواب این سوال بوده که جهان از چه چیز ساخته شده است. دانشمندان بر این باور بودند که زیربنای جهان بر چهار عنصر آب، باد، آتش و خاک استوار بوده است. فیلسوفان یونانی به این نتیجه رسیدند که جهان از ذرات بسیار کوچک و تجزیه‌ناپذیری به نام اتم (به معنای تجزیه ناپذیر) ساخته شده است. تا مدت‌ها این تفکر غالب بین مردم بود[۱].

از نظر تاریخی آغاز علم ذرات بنیادی کلاسیک را می‌توان به سال ۱۸۹۷ نسبت داد. در این سال تامسون که در حال آزمایش روی اشعه‌های کاتدی یک رشته ملتهب بود، الکترون را کشف کرد و توانست نسبت بار الکتریکی به جرم آن را نیز به‌دست آورد. او معتقد بود که الکترون‌ها اجزای تشکیل‌دهنده اتم‌ها هستند، اما به‌دلیل خنثی بودن اتم از نظر الکتریکی و جرم سنگین اتم‌ها، نهایتا مدل خود را به این شکل ارائه داد که الکترون‌ها در یک خمیر مثبت تعدیل کننده معلق هستند.



شکل ۲ -۱ مدل اتمی تامسون