

به نام خالق هستی

مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم (ع)

مبانی کیهان شناسی نسبیتی

مهدی دانشیار

پاییز ۸۶

این کتاب را به یاد سردار رشید اسلام شهید قاسم سلیمانی به سپهسالار
دشت کربلا
حضرت قمر بنی هاشم ابوالفضل العباس علیه السلام تقدیم می کنیم

فهرست مطالب

مبانی کیهان شناسی.....	۹
کیهان شناسی فلسفی.....	۱۳
نسبیت آغاز تحول در علم کیهان شناسی.....	۲۳
مدل های عالم.....	۵۹
ایده هایی در راستای اصلاح مدل استاندارد « ییگ بنگ».....	۹۷
مبانی کیهان شناسی کوانتومی.....	۱۰۹
نظریه تورمی، پیامدها و چالش ها.....	۱۱۵
سیری در فیزیک ذرات بنیادی.....	۱۳۵
مدل های ساختاری تشکیل مواد.....	۱۴۷
نظریه ریسمان ها.....	۲۰۳
راهی به سوی رسیدن به رؤیای نظریه همه چیز.....	۲۰۳
نظریه وحدت بزرگ.....	۲۲۳
خلقت از عدم.....	۲۴۱
کتابشناسی/ Bibliography.....	۲۸۳

مبانی کیهان‌شناسی

سابقه علم ستاره‌شناسی به دوران تاریخ اندیشه بشر باز می‌گردد از لحظه هبوط انسان متفکر بر زمین همواره شاهد گردش خورشید و ماه و ستارگان در گردونه آسمان و اشکال متفاوت ماه در شب‌های گوناگون و ظهور ستارگان دنباله دار و گذر سیارات در مناطق مختلف آسمان بود، اجرامی نورانی و شگفت انگیز که اشکال صورتهای عجیبی را در فراسوی دید انسان نمایش می‌داد، در اوقات معینی رصد می‌شد و بعضی از آنها در دوره‌های تناوب دقیقی مشاهده می‌شدند و شاید این مشاهدات اولین تجربه‌های علمی بشر را رقم می‌زد.

بشر با استناد بر حرکت آنها و شکل‌های خاص، و پیش زمینه افسانه‌ها و اسطوره‌های خود رابطه‌ای خاص را بین این اجرام و اسطوره‌ها جستجو می‌کرد و نام‌های شخصیت‌های داستانی خود را بر پهنه آسمان با قرار دادن بر روی مجموعه ستارگان جاودانه می‌کرد.

آری داستان آندرومداي زنجیر شده توسط غول و برساوش رهایی بخش اسطوره‌ای وی، داستان کیکاوس و شکارچی و سگ‌های افسانه‌ای او و پرواز وی در آسمان توسط عقاب و قو، افسانه اژدها و بلعیدن خورشید و امثال آنها نمونه‌هایی از ارتباط برقرار کردن مردم با کائنات را نشان می‌دهد و حتی گروهی آنها را پیام آوران سعد و نحس دوران زندگی خود دانسته و اعمال خود را بر طبق آنها تنظیم می‌نمودند.



آری عجین شدن افسانه و نجوم شاید اولین گام‌ها در پی ارضای حس کنجکاوی بشر را نشان می‌داد.

تا اینکه بشر راه تعقل منطقی را پیش گرفت و به دنبال این بود که از مسلمات و بدیهیات ذهنی بتواند مجهولات علم و سوالات زمان را پاسخ گوید، اما چگونه؟

شاید بهترین نمونه از چگونگی این نگرش داستانی باشد که شیخ الرئيس حسین بن عبدالله سینا درباره شخصیتی به نام حی بن یقظان "زنده‌ی بیدار" عنوان می‌کند.

حی بن یقظان شخصیتی خیالی است که در اثر سانحه‌ای در جزیره‌ای دور افتاده از کودکی گرفتار می‌شود. وی با مشاهدات خود از طریق ذهن فعال خود، تمام مسائل طبیعی و ما بعدالطبیعی را طرح و حل می‌کند.

یعنی بدون هیچ پیش زمینه فکری صرفاً با الهام گرفتن از طبیعت و بکار بستن عقل این روش را پیش می‌گیرد. این نوع تفکر صرفاً فلسفی می‌باشد که بنیان آن در ایران و یونان باستان نهاده شده و روش تعقل در هرمس، زرتشت، سقراط، افلاطون و ارسطو بگونه‌ای خاص جلوه کرد. بحث‌هایی پیرامون عالم، ستارگان، حدوث و قدم عالم، متناهی یا نامتناهی بودن عالم، چیستی فضا و زمان، وجود ماده در آن‌ها، کون و فساد در آنها و چگونگی حرکت ستارگان در کنار مسائل هیوی که بطلمیوس با پیش زمینه قبلی از کارهای گذشتگان مبحث ستاره‌شناسی را بگونه‌ای خاص متحول ساخت که هیات جنبه عملی و کیهان‌شناسی جنبه فلسفی آن را مشخص می‌کرد.

از این دوران به بعد ستاره‌شناسی، به شاخه‌های مختلفی تقسیم شد که یکی از این شاخه‌ها موضوع علم هیات و یا نجوم کروی را داشت که با رصد اجرام سماوی الگوهای هندسی و ریاضی خاصی برای پیش بینی‌ها و حرکت آنها می‌ساختند و بر اساس اصولی، نظامی را برای آنها تعریف می‌کردند که این نگرش قرن‌ها بر اندیشه دانشمندان مستولی بود اساس این نگرش محاسبات و ریاضیات بود و فارغ از اینکه چه ساختار و تحول و چه دینامیکی بر ستارگان و سیارات حاکم است محاسبات خویش را پیش می‌بردند.



از زمان ظهور نیوتون و ارائه مبانی فیزیک کلاسیک علمی دیگر در ستاره‌شناسی به وجود آمد که به علم اختر فیزیک معروف شد که این علم در واقع کاربردهای فیزیک در ستاره‌شناسی بود و مبنایش بر اساس فیزیک گذاشته شده بود و گستره و دامنه آن بستگی به گستره و دامنه فیزیک مربوط بود.

در این علم جزئیات و فیزیک ستارگان و سیارات به طور مفصل بحث می‌شد. و جایزه‌های نوبلی که در سالهای اخیر از آن ستاره‌شناسان شده بیشتر در این حوزه از علم ستاره‌شناسی است.

اما علم کیهان‌شناسی که موضوعش فضا و زمان است و به کلیات می‌پردازد تا جزئیات، در قدیم جزو علوم فلسفی بوده و از دوران انیشتین به بعد جنبه اندازه‌گیری و فیزیک به خود گرفته و در بعدی نظری و عملی به کاوش هندسه فضا و دینامیک کیهان می‌پردازد، که خود به دو شاخه تقسیم می‌شود که شاخه‌ای از آن از لحظه انفجار بیگ بنگ تا لحظه پلانک (ده به توان منهای ۴۲ ثانیه بعد از انفجار) است که ابعاد جهان هم در اندازه‌های پلانک (ده به توان منهای سی و دو متر) می‌باشد که به کیهان‌شناسی کوانتومی مشهور است و شاخه‌ای از آن از زمان پلانک تا حال حاضر است که به کیهان‌شناسی نسبیتی معروف است.

ما در این کتاب که در سلسله کتابهای "منجم، برای کسی که به منجم دسترسی ندارد" با عنوان کیهان‌شناسی نسبیتی قرار دارد، به مطالعه در زمینه‌های به وجود آمدن این نوع نگرش در اندیشه بشر پرداخته و با بیانی ساده و فارغ از هر گونه پیچیدگی به بیان و شرح این کیهان‌شناسی می‌پردازیم. و در جلد بعدی ان شا الله به "مبانی کیهان‌شناسی کوانتومی" و در جلد سوم به "مساله خلاء و خلقت مدام و نظراتی جدید درباره ماده تاریک" خواهیم پرداخت.

این کتاب قابل استفاده برای دانشجویان کارشناسی فیزیک و سایر علاقمندان به این علم در سطح اول دانشگاه می‌باشد.



این کتاب را به پاسداشت نام نامی سردار شهید قاسم سلیمانی به پیشگاه حضرت
ابالفضل العباس سردار دشت کربلا تقدیم می‌دارم.

و در پایان از همه کسانی که در تدوین و تالیف این مجموعه در سال ۸۶ من را
یاری کردند از جمله سرکار خانم هما علی یاری، فاطمه اسلامی راد، حجه الاسلام
والمسلمین تقدیری ریاست مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم علیه
السلام، حجه الاسلام روح الله گلستانی، دکتر هوشنگ شیرازی، مدیران انتشارات، و
سرکار خانم رویا سادات بختیاری کمال تقدیر و امتنان را دارم.

من الله التوفیق

مهدی دانشیار - پاییز ۱۳۹۹

کیهان شناسی فلسفی

همان گونه که متذکر شدیم، سابقه این نوع نگرش به دوران یونان و ایران باستان باز می‌گردد که نگره ایرانی در افکار افلاطون و نگره یونانی در افکار ارسطو جلوه می‌کند. در نگره افلاطونی یا ایرانی جهان در ابتدا جهانی مینوی یعنی روحانی بوده با همراهی زمان بیکران یا زروان، که در اثر تخصم اهورامزدا و اهریمن، اهورامزدا زمان بیکران را برای مقابله با اهریمن کرانمند می‌کند و بر آن اسم زمان می‌نهد.

با کارانمند شدن زوران جهان به گونه مادی ظهور می‌کند و جنگ بین نور و ظلمت شروع می‌شود.

البته ظهور افکار ایران باستان در نگره افلاطونی جنبه خاص خود را دارد، و وجود عالم مثل که همان جهان مینوی است در این نگره به وضوح نمایان است که بعدها شیخ اشراق و میرداماد در حکمت یمانی با نگرشی جدید به نور و ظلمت متش خاصی را ارائه می‌دهند.

و از طرفی پیروان ارسطو که در تاریخ علم به عنوان مشائی از آنها نام می‌برند، بحث پیرامون طبیعیات و ما بعد الطبیعت را از راه متدهای منطقی و عقلانی مورد بررسی قرار می‌دهند و تعاریف خاصی را از فضا و زمان و مسائل مربوط به آنها مطرح می‌کنند و اصول علمی تحقیقات را پایه گذاری می‌کنند.

که این روش در دوره‌های بعد توسط حکمایی چون: ابن سینا، فارابی و خواجه نصیرالدین طوسی بسط و توسعه پیدا می‌کند.



در نگره ارسطو مکان یک جسم، درونی ترین سطح حاوی آن جسم است. که ساکن می‌باشد و زمان، مقدار حرکت جسم را مشخص می‌کند و امری ذهنی است که ذهن با در کنار هم قرار دادن گذشته، آینده و حال آن را می‌آفریند.

نظیر عدد ۲ که به دو کتاب اطلاق می‌شود یعنی در واقع در بیرون عدد ۲ وجود ندارد ولی واقعیتهای ذهنی می‌باشد و در پاره‌ای از تعاریف زمان را مقدار حرکت فلک اطلس می‌نامند. و زمان و مکان را حادث و محدود معرفی می‌کنند.

اگر چه بزرگانی چون محمد بن زکریای رازی با این اصول موافقت نداشتند، علی‌ای حال این دو نگره افلاطونی و ارسطویی قرن‌ها، علم را به خود معطوف کرده و مبحث کیهان‌شناسی را در چهارچوب خود محبوس نموده بود.

تا دورانی که صدرالمتالهین شیرازی در شرق و دکارت در غرب ظهور کردند و تحولی را در ایده‌های مشائی ایجاد کرده و کیهان‌شناسی را از کمند آن رهایی بخشیدند.

ملاصدرا با نگرشی نوین که بر اساس دو اصل حرکت جوهری و تشکیک وجود بنیان نهاده بود، زمان را مقدار حرکت جوهری ماده یعنی مقدار درنگی که یک ماده از حالتی مثل A به حالتی مثل B تغییر انرژی و یا باصطلاح از قوه به فعل در آید را لحظه و زمان نامید.

که البته در این نگاه زمان هر جسمی وابسته به خود آن جسم است و مکان را مقدار گستره ماده معرفی میکند وی با اعتقاد به تشکیک در جرم، جرم را به دو مفهوم متمرکز و غیر متمرکز تقسیم می‌کند و اذعان می‌دارد یک ذره در ناحیه‌ای جرم متمرکز دارد ولی گستره جرم غیر متمرکز آن شاید یک فضای عظیمی را به وجود آورد، که همین جرم غیرمتمرکز فضا را می‌آفریند و گستره جرم است که فضا را معین می‌کند.

به اعتقاد وی اگر در جهان ماده‌ای نبود نه فضا بود و نه زمان، که البته ایده فلسفی صدرالمتالهین جای بسی تأمل و تحقیق دارد.



و در غرب رنه دکارت با اتکا به منش ریاضی در ارائه توضیحات و پاسخ به مجهولات بر اساس روش فرانسیس بیکن نهضتی جدید را پدید آورد که منش ریاضیات را وارد عرصه علم نمود که این منش بعدها با اتکا بر تجربیات و نظریات کوپرنیکوس و یوهان کپلر منجر به پدید آمدن فیزیک نیوتنی در علم شد و قرنهای جهان علم را مسحور خود نمود.

نیوتن با چراغ پر فروغ ریاضیات وارد عرصه طبیعیات شد و این چراغ درخشان عامل شد که مکتب وی در میان فیزیکدانان دیگر جلوه خاصی کند، و ارائه سه قانون نیوتن که مشتمل بر اثر ماند، مفهوم نیرو و عمل و عکس العمل بود در عرصه مکانیک پیش بینی‌های محیرالعقولی را با دقت بالا منجر شد و ستاره‌شناسی را به علم مکانیک سماوی متحول نمود ولی شایان ذکر اصولی که نیوتون بر اساس آن فیزیک کلاسیک را بنیان نهاد.

فضا و زمان را مطلق قلمداد می‌کرد یعنی اگر هیچ چیز در جهان نباشد فضا هست و اگر هیچ چیز در جهان نباشد زمان هست و این دو هیچ ارتباطی با هم ندارند و در گستره بی نهایت وجود دارند.

در فیزیک نیوتنی جهان را اتر پر کرده که این اتر نه تنها انتقال دهنده نور است بلکه سوخت ستارگان را نیز تامین می‌کند.

جهان نیوتن جهان بی نهایت است، فضا بی نهایت، زمان بی نهایت، سرعت نور و جرم موجود در جهان نیز بی نهایت و فضای حاکم اقلیدسی. پس نیوتن بر اساس این مفاهیم فیزیک کلاسیک را بنیان نهاد و البته موفقیت‌های چشم گیری را هم بدست آورد.

موفقیت‌های مکانیک نیوتنی در ارائه مدارهای حرکتی سیارات و کشف دو سیاره اورانوس و نپتون که از نتایج آن نظریه بود، همت دانشمندان را در پرداختن به فضا افزایش داد و آنها با افزایش قدرت ابزار و پی بردن به ماهیت بعضی از سحابی‌ها از جمله آندرومدا که در حقیقت منظومه‌هایی ستاره‌ای در ماورای کهکشان ما هستند و



کشف خیل عظیمی از این نوع سحابی‌ها باب جدیدی را در ستاره‌شناسی گشودند که در دو بازه تجربی و نظری شروع به گسترش کرد.

که در بعد نظری به ارائه مدارهایی برای سیارات اقدام می‌کند به طوری که داده‌های تجربی در آن صدق کند. پس ستاره‌شناسی نوین پا به عرصه ظهور گذاشت و بزرگانی چون آلبرت انیشتین، جرج گاموف، ادوین هابل، هوئل واینبرگ، هاوکینگ و گوت، لیده به غنای آن افزودند و جلوه‌ای زیبا از عروس حضرت علم را نشان دادند.

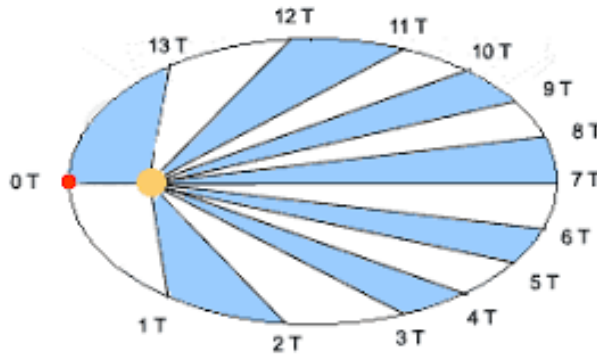
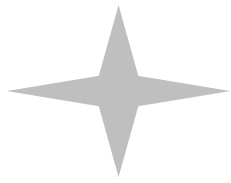
کیهان‌شناسی نیوتونی:

اسحاق نیوتون نابغه دوران، قبل از اینکه فیزیکدان خوبی باشد، ریاضی دان متبحری بود وی با استفاده از ابزار قدرتمند ریاضی که به گفته گالیله زبان کتاب دوم خداوند یعنی طبیعت است، وارد عرصه طبیعیات شد و از جمله تاثیرگذارترین دانشمندان روزگار به حساب آمد.

نیوتن در ریاضیات با استناد به حساب سری‌ها، توانست حساب دیفرانسیل و انتگرال را ابداع نماید اگر چه لایبنیس فیلسوف و ریاضیدان ادعای چنین ابتکاری را از خود می‌دانست ولی علی التحقیق نقش نیوتن در این راستا غیر قابل انکار می‌باشد.

نیوتن با این پیش زمینه به گفته خودش در کتاب اصول بر دوش غول‌های علم نظیر کپرنیکوس، گالیله و کپلر ایستاد و جهان را به گونه‌ای تازه مشاهده کرد.

وی با نظر به قوانین مرد قانون گذار آسمان "یوهان کپلر" که مسیر حرکت سیارات را بیضی گون مشاهده کرد بطوری که خورشید در یکی از کانونهای بیضی قرار دارد و همچنین مساحت‌های جاروب شده توسط هر سیاره در مدت زمان معین در جاهای مختلف مسیر با هم مساوی هستند و ضمناً نسبت مربع پرید گردش یک سیاره به مکعب فاصله آن سیاره تا خورشید همواره عددی ثابت است.



با نظر به کارهای مکانیکی گالیله از جمله:

- پی بردن به سرعت‌های متغیر در سقوط آزاد
- هم شتاب بودن تمام اجسام از پر تا آهن در نبود اصطکاک و مقاومت هوا در سقوط آزاد
- ادعای حرکت دورانی زمین و کشف اقمار مشتری و تحقیقات وسیعش روی حرکت پاندولها، با نگرشی نوین نه تقلیدی، بنیان فیزیک کلاسیک را نهاد و به گونه و روش فرانسیس بیکن که اعتقاد داشت باید در متد علمی نه مثل مورچه بود بلکه به مثابه زنبور عسل از گلهای مختلف استفاده کرد و با جوهره درونی فرم عالی به آن داد و چون عسل ارائه داد - عمل کرد.
- یعنی زوائد را حذف و جوهره علمی به آن افزود پس با ارائه قوانین خود راهی نو را در طریق علم گشود.
- روشی که مدار تمام سیارات و دنباله دارها را مشخص می‌کرد، حتی پیش بینی کشف بعضی از سیارات، کمک به صنعت که نیروی طبیعت چون نیروی بخار را جایگزین نیرو ماهیچه‌های انسانی و حیوانی کرد و بالاخره رنسانس علمی و صنعتی را به وجود آورد.
- و جهان را معطوف پیامدهای خود کرد و حتی تمام ابعاد فیزیک و علم را تحت سیطره خود قرار داد، به طوریکه تا اوایل قرن بیستم گروهی از اندیشمندان تصور



کردند که دانش به انتهای خود رسیده و دیگر مجهولی برای بررسی باقی نمانده است اما در همان دوران زمزمه‌هایی از مسائل مختلف به گوش می‌رسید که نوای عدم پاسخگویی قوانین نیوتن را به همراه داشت که تعدادی از مسائل به شرح ذیل بودند:

✓ در فیزیک نیوتنی جهان و ماده بی نهایت فرض می‌شد:

اگر چنین مساله‌ای درست بود بنا بر قانون $f = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ جهان بی نهایت دارای پایداری نبود و در اثر گرانش مرکزی جهان ناگهان شروع به رمبش کرده و انقباض شدیدی در جهان حکمفرما می‌شد، در صورتی که چنین مساله‌ای مشاهده نشده بود.

در کیهان‌شناسی نیوتنی چگالی جهان صفر اندازه گیری می‌شود:

از آنجا که توزیع ماده در عالم به صورت همسانگرد و همگن در نظر گرفته می‌شود و بنابراین فرض شتاب گرانشی باید صفر منظور گردد چرا که در غیر این صورت جهت خاصی اولویت یافته و اصل همسانگردی بهم خواهد خورد.

$$\vec{g}(\vec{r}) = 0$$

از آنجا که شتاب گرانش گرادیان پتانسیل گرانشی است پس باید داشته باشیم:

$$\vec{\nabla} \phi(\vec{r}) = 0$$

تبصره:

$$\vec{f}(\vec{r}) = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

صورت دیفرانسیلی رابطه بالا به صورت:

$$\nabla^2 \phi(\vec{r}) = 4\pi G p(r)$$

ϕ پتانسیل گرانشی، p چگالی ماده تولید کننده میدان گرانشی و ∇^2 لاپلاسی است، لاپلاسی حاصلضرب نرده‌ای عملگر $\vec{\nabla}$ در خود آن است. که مثلاً در دستگاه سه بعدی دکارتی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\nabla^2 = \nabla \cdot \nabla = \text{div. grad} = \frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2} + \frac{\delta^2}{\delta z^2}$$

گرادیان پتانسیل گرانشی همان شتاب گرانشی، یعنی شدت میدان گرانشی است:



$$\vec{\nabla}\phi(\vec{r}) = \frac{\delta\phi(r)}{\delta x}i + \frac{\delta\phi(r)}{\delta y}j + \frac{\delta\phi(r)}{\delta z}k = \vec{g}(r)$$

پس وقتی $g(r)=0$ است یعنی $\vec{\nabla}\phi(r)=0$ است و این یعنی $\nabla^2\phi(r)=0$ و بدان معنی است که

$$\nabla^2\phi(\vec{r}) = \epsilon\pi G\rho(r)$$

مساوی صفر پس $\rho(r)=0$ می باشد یعنی مقدار چگالی ماده در عالم صفر می باشد که این درست نیست، چرا که چگالی ماده در عالم اگر چه کم باشد ولی صفر نیست. تبصره: همگن:

یعنی توزیع جرم در عالم یکنواخت است و در هر جای عالم بایستیم اطراف خود را به یک گونه مشاهده می کنیم مثلاً می گوئیم در عدس پلو، توزیع عدس در برنج همگن است یعنی به یک فرم در تمام برنج پخش شده است و جایی کمتر و جایی بیشتر نیست.

تبصره: همسانگرد:

یعنی در هر جهت که نگاه کنیم توزیع ماده مثل هم است یعنی اگر نزدیک شما کم است و دور از شما زیاد است این فرم در همه جهات حفظ می شود و گفتنی است یک سیستم ممکن است همسانگرد باشد ولی لزوماً همگن نیست ولی هر محیط همگن لزوماً همسانگرد می باشد.

✓ پارادکس میدان گرانشی بی نهایت:

اگر بر خلاف محاسبات بالا چگالی جرم در جهان را $\rho(r) \neq 0$ فرض کنیم پارادکس دیگری ظهور می کند و آن این است که با افزایش r مقدار ماده افزایش یافته و با میل r به سوی بی نهایت شتاب گرانش نیز به سوی بی نهایت خواهد رفت.

پارادکس اولبرس:

اولبرس با فرض همسانگرد بودن و همگن بودن و بی نهایت بودن فضا و در نتیجه بی نهایت بودن توزیع جرم در جهان ادعا نمود اگر این فرض ها درست باشد ما باید بی



نهایت خورشید در عالم داشته باشیم و این منجر می‌شود که آسمان شب مانند روز، روشن باشد.

و به دنبال این باطل نماها این مسائل مطرح شد که شاید فرض نامتناهی بودن فضا درست نباشد، شاید ستارگان عمری متناهی دارند و همواره وجود نداشته اند و نخواهند داشت، شاید عالم ایستا نیست یا مثلاً منبسط می‌شود.

به وجود آمدن چنین سوالاتی و لزوم پاسخگویی علمی به آن، فیزیک را به فاز کیهان‌شناسی وارد می‌کند.

بخصوص آنکه دیگر ستارگان اجرام نقطه‌ای و درخشان نبودند بلکه هر کدام از آنها به مثابه خورشید تصور شده و ایده کهکشان‌ها یا منظومه‌های ستاره‌ای کم کم به وجود می‌آمد. ویلیام هرشل به عنوان اولین دانشمندی که اولین مدل کیهان‌شناسی را ارائه داد، مطرح بود. اما اگر چه در آن دوران بزرگترین کهکشان را کهکشان خودمان و کهکشان‌های دیگر را کوچکتر از آن فرض می‌کردیم ولی پس از دوره‌ای متوجه شدیم که کهکشان ما نیز امتیازی بر بقیه ندارد و کیهان از میلیاردها کهکشان نظیر کهکشان ما ساخته شده است.

نفی نامتناهی بودن سرعت نور:

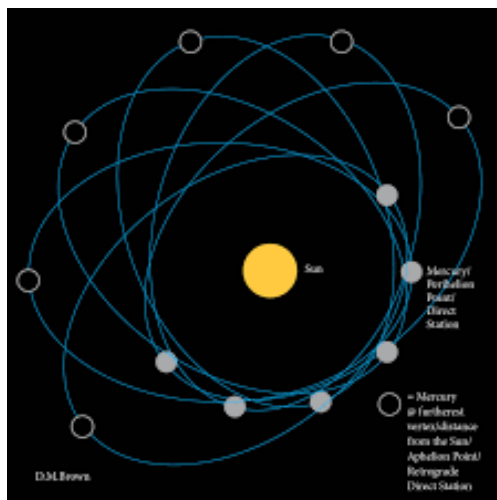
در اوایل قرن بیستم با آزمایش‌هایی که دو دانشمند به نام‌های مایکلسون و مورلی روی سرعت نور انجام می‌دادند مشخص شد علاوه بر اینکه سرعت نور ثابت است، مطلق نیز می‌باشد. یعنی نسبت به چهار چوب‌های مختلف یا به اصطلاح متریک‌های گوناگون کم و زیاد نمی‌شود، علاوه بر آن لزوماً وجود ماده اتر در جهان زیر سوال رفت اگر چه در فیزیک نیوتن اصل بی‌نهایت بودن سرعت نور و وجود اتر از مسلمات شمرده می‌شد.



عدم محاسبه مدار سیاره عطارد:

مکانیک مبتنی بر فیزیک نیوتنی در تحقیق مدار سیارات، توانسته بود شهره آفاق گردد و گوی سبقت را با دقت بی نظیری از سایر موارد برپاید ولی در حوزه محاسبه دینامیک سیاره عطارد با مشکل مواجه شد.

چرا که سیاره عطارد که نزدیکترین و کوچکترین سیاره به خورشید محسوب می شد در گردش انتقالی حول خورشید در مسیری خاص طی طریق می کرد و گویی در بیضی هایی باز به گرد خورشید می گشت.



و این مدار به هیچ عنوان قابل محاسبه توسط دینامیک نیوتنی نبود، مگر آنکه پیش فرض هایی محال از جمله وجود همدم برای خورشید و یا وجود سیاره ای مجهول بین خورشید و عطارد با پرید گردشی شبیه زمین که همواره از دید زمینیان در پشت خورشید پنهان باشد، که هیچکدام از نظر تجربی به اثبات نرسید و این مشکلی بود که گریبانگیر دینامیک نیوتنی شده بود و راه حلی برای آن پیشنهاد نمی شد.

همه مسائل ذکر شده و مسائل غیر ذکر شده عامل شد که متفکران در جهت اصلاح و پی بردن به راه حل هایی باشند و پیش فرض هایی را ارائه دهند و بر اساس مطالعات و کشف های جدیدتر معادلاتی را ذکر کنند تا زمینه برای ظهور اندیشه ای نوین از



جانب جوان متفکری به نام آلبرت انیشتین فراهم گردد و اصول نسبیتی به جای اصول
قدیم قرار گیرد.

نسبیت آغاز تحول در علم کیهان شناسی

پس از اعوجاجات و بحرانهایی که در کیهان شناسی نیوتنی بنا بر فرض بی نهایت بودن فضا و مطلق بودن فضا و زمان و بی نهایت بودن جرم و سرعت نور مطرح شده بود منجر بدان شد که اندیشمندان عرصه علم به فکر حل این معضلات باشند. تا اینکه دانشمند جوانی در سال ۱۹۰۵ مقاله‌ای را ارائه داد و تفسیر خاصی را در مورد فضا و زمان مطرح کرد که بعدها به عنوان نسبیت خاص مطرح شد، وی کسی نبود جز آلبرت انیشتین، وی بر اساس آزمایش‌هایی که مایکلسون و مورلی در مورد بدست آوردن فشار اتر ترتیب داده بودند و با اتکا به نظریات لورنس ایده جدید را ارائه داد که به آن می‌پردازیم.

آزمایش مایکلسون و مورلی:

این آزمایش از سری آزمایشاتی بود که بر اساس اپتیک و تشکیل فرانژهای تاریک و روشن روی پرده نمایش ارائه شده بود و بر اساس این آزمایش دو آینه در محوطه طوری قرار می‌گیرند که در مواردی که با $\frac{1}{4}$ مضرب زوج صحیح می‌سازند نور را طوری منعکس می‌کنند که نوارهای روشن در صورتی که مضرب فردی از $\frac{1}{4}$ بسازند نوارهای تاریک به وجود می‌آورند و با کمی تغییر در زاویه‌های آینه و در صورت امکان سرعت نور می‌تواند جای فرانژهای تاریک و روشن عوض شده و به مقدار انحراف آینه با تغییر نور با دقت بسیار زیادی پی برد. همان طور که می‌دانیم در فیزیک نیوتنی و الکترومغناطیس کلاسیک اتر جای خاصی را به خود اختصاص می‌دهد.



و وجود اتر که نور در آن سیر می‌کند و سوخت ستارگان را تامین می‌کند جایگاه خاصی دارد. البته ماده‌ای خاص با کشسانی فوق العاده زیاد که نوسانات سرسام آور نور را تحمل میکند و در عین حال هیچ نشانی از خود بر جای نمی‌گذارد. مایکلسون و مورلی بر آن بودند که این ماده را آشکار کنند و یا لاقط فشار آن را محاسبه نمایند برای این مساله با استفاده از ابزار اپتیکی فوق الذکر سرعت نور را در دو حالت یعنی وقتی هم جهت با مسیر فشار اتر بوده و یا در مسیر عمود بر شار اتری باشد اندازه گیری می‌کنند در صورت همجهت بودن بنابر اصول نسبیت گالیلو و مکانیک نیوتن سرعت نور باید بیشتر از زمانی که نور در راستای عمود بر حرکت شار اتری می‌باشد در نظر گرفته شود.

و علی رغم محاسبات مایکلسون و مورلی در هیچ آزمایشی شاهد متغیر شدن و زیاد و کم شدن سرعت نور نشدند و این آزمایش در موارد گوناگون و زمان‌های متفاوت نتایج مشابه داشت، لذا آنها اعلام کردند:

بنابر آزمایش‌های تجربی اثری از فشار اتر در هیچ موردی تایید نمی‌شود و لاجرم چیزی به نام اتر با فشار اتر فرضی بیهوده می‌باشد.

از طرفی فرض‌های بالا و آزمایش‌های صورت گرفته نشان داد که سرعت نور نیز در دستگاه‌ها و شرایط مختلف تغییر و یا کم و زیاد شدن نمی‌شود. انیشتین با اتکا به این اصل که سرعت نور در دستگاه‌های لخت مختلف یکسان است و اذعان به این نکته که " قوانین فیزیک در متریک‌های لخت متناظر و هم ارز تغییر نمی‌کند " اصول نسبیت خاص را بنیان نهاد.

قبل از شرح و بسط تئوری نسبیت خاص خوب است بدانیم که تا قبل از ارائه این تئوری، ایده حاکم بر فیزیک نیوتنی تنظیم شده بود که همان طور که متذکر شدیم در این متریک بر اساس قانون اول نیوتن فضای حاکم بر قوانین آن فضایی لخت بود که ذره آزاد در آن با سرعت ثابت در حال حرکت است و این فضا لاجرم در نزدیک اجرام ثقیلی چون زمین با ثوابت حاکم نبود.



پس فضایی بسیار دور را می‌طلبید که این قانون در آن حاکم باشد پس در آن طول و عرض و ارتفاع به صورت بی‌نهایت در همه جهات گسترده شده و فضا را می‌آفریند این فضا همان فضایی است که طبق قانون دوم نیوتن در برابر تغییر شتاب مقاومت از خود نشان می‌دهد.

یعنی روی تغییر شتاب ذرات موثر است. سیستم‌های لخت دیگر نیز متناظر با آن هستند و در هنگامی که در یک سیستم لخت در حال حرکت هستیم نمی‌توانیم با آزمایش‌های فیزیکی نشان دهیم که سیستم با سرعت ثابت در حال حرکت است و یا در حال سکون است و می‌توان قوانین فیزیک را با تبدیلات گالیله از چهارچوب‌ها به چهارچوب‌های دیگر بسط داد بطوری که همه قوانین فیزیک در همه متریک‌های لخت صادق باشد.

اما نکته شایان توجه این ابود که این فضای مطلق که نیوتن از آن صحبت می‌کرد چیست؟ و در کجا است؟ آیا واقعیت دارد یا ندارد و طبق قانون سوم نیوتن که اشاره می‌کرد هر عملی را عکس‌العملی است متناسب با آن و خلاف جهت آن اگر دو جرم موثر روی هم فاصله شان به مقدار قابل توجهی دور باشد این قانون عمل و عکس‌العمل به طور آنی در زمانی مطلق اتفاق می‌افتد و یا مدت زمانی طول خواهد کشید یا عمل و عکس‌العمل بوجود می‌آید و فضای مطلق چگونه است که روی تمام تغییر سرعت‌ها موثر است و خود آن تحت تاثیر عاملی قرار نمی‌گیرد؟، و نحوه تاثیر آن روی اجسام چگونه است؟ مثلاً یک کره چرخان و غیر چرخان چگونه از هم تمایز داده شده و کره چرخان بر اثر تاثیر فضا چگونه شکم پیدا می‌کند؟

البته نامزدهای فراوانی برای این فضا ارائه شد از جمله فضای اتر که همان طور که اشاره شد در الکترومغناطیس ماکسولی مطرح می‌شد و حاکی از ناوردا بودن سرعت نور در این محیط بود که البته برای ناوردا بودن سرعت نور در این متریک در شرایط مختلف از تبدیلاتی به نام تبدیلات لورنس استفاده می‌شد.



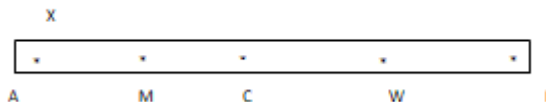
که در این تبدیلات بر اساس ثابت بودن سرعت نور، معادلات ماکسول در متریک‌های مختلف صدق می‌کرد که البته در این تبدیل‌ها، در فضای اتری فضا دچار انقباض و زمان اتساع پیدا می‌کند که در سیستم نیوتنی این تبدیلات را تبدیلات غیر نسبیتی که قوانین نیوتن در آن نقض می‌شد عنوان می‌شد.

پس آلبرت انیشتین با تیز بینی بسیار زیادی که از آن برخوردار بود با اتکا به آزمایش‌هایی که فرضیه اتر را نقض می‌کرد و نسبیتی بودن آشکار نظریه ماکسول که اساس مقاله اول آلبرت انیشتین در این بازه بود و در نهایت وحدت فیزیکی یعنی اثبات وجود قوانین نسبیت در الکترومغناطیس و رابطه تنگاتنگ آن با مکانیک و مواد را نتیجه گرفت، که در مواردی این دو بازه با هم تلفیق می‌شوند پس مقداری از مکانیک نیز مشمول این نسبیت حاکم بر الکترومغناطیس می‌شود و از آنجا که جزئی از یک کل نسبیتی عمل می‌کند بعید نیست که کل نیز از آن قاعده مستثنا نباشد.

نسبیت و مساله همزمانی:

قبل از نظریه نسبیت در مکانیک نیوتنی اطلاعات با سرعت بینهایت انتقال پیدا می نمود. پس مساله همزمانی مساله خاصی قلمداد نمی شد، اگر چه در این نوع نگرش از لحاظ فلسفه کلی دچار اشکالات خاص خود بود ولی در نسبیت با بیان سرعت حد و عدم امکان سرعتی ماورای سرعت نور در این مساله مورد چالش‌های خاص خود قرار گرفت.

برای نمونه به مثال زیر توجه فرمایید، فرض کنیم که قطاری ساکن با طول طولانی در حد سال نوری یا دقیقه نوری وجود دارد و ناظرهای A, B, C در ابتدا و انتها و وسط این قطار قرار گرفته‌اند.





و ناظرهای W, M هم در بین A, C و B, C جای گرفته‌اند.
فرض کنیم ناظر X در یک ترور توسط ناظرهای A, B مورد هدف قرار گرفته و قاضی پرونده در حال بررسی جریان و به دنبال اولین ضارب است.
از ناظر C سوال می‌کند که A یا B کدام زودتر شلیک کردند؟ ناظر C جواب می‌دهد:

A, B همزمان شلیک کردند چون نور را از دو ناحیه A, B به صورت همزمان دیده است.

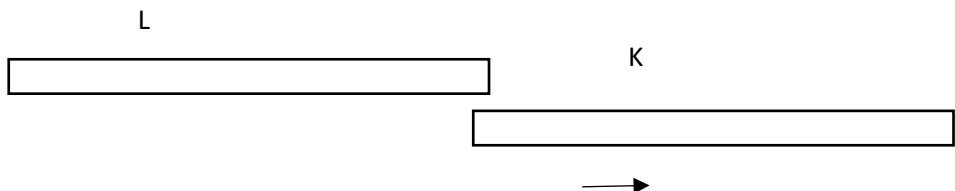
اگر از M همین سوال را بپرسد: پاسخ می‌شود: اول A و بعد B چون اول نور را از ناحیه A دیده است.

اگر از W سوال کند پاسخ می‌شود: اول B شلیک کرده و بعد A چون نور از ناحیه B دیده است پس قاضی اظهار سه ناظر M, W, C را بررسی می‌کند، با آنکه این سه شاهد صادق در قول هستند هر سه، سه نقل متناقض با یکدیگر را عنوان می‌کنند پس قاضی نتیجه می‌گیرد:

مساله همزمانی در این مقوله معنی پیدا نمی‌کند و هر ناظر بنا به جایگاهی که ایستاده درست می‌گوید، چرا که به علت محدود بودن سرعت نور مثلاً ناظر M نور A را زودتر از B می‌بیند و ناظر W نور B را زودتر از A و C همزمان، پس گاه با جای معنی پیدا می‌کند و مساله جای-گاه توأم با یکدیگر مطرح می‌شود پس زمان و مکان چیزی جدا از هم تلقی نمی‌شوند بلکه هر دو یک مساله را تداعی می‌کنند.

مفهوم انبساط زمان و انقباض فضا در نسبیت خاص:

حال فرض می‌کنیم که قطاری با سرعت ثابت $v \approx c$ از کنار قطار فوق‌الذکر در حال گذر هستند:





فرض کنیم که در قطار ثابت فردی در حال کشیدن سیگاری باشد (L) و فرد دیگری نیز در قطار متحرک (K) با همان شرایط در حال همان عمل، ولی چون قطار K با سرعت V در حال حرکت است نور از سیگار K اندکی طول می‌کشد تا به ناظر L برسد.

و هر قدر مسافت بیشتر شود این نور دیرتر می‌رسد، پس ناظر L ملاحظه می‌کند که سیگار K زمان بیشتری طول می‌کشد تا تمام شود و سیگار L زودتر تمام می‌شود پس نتیجه می‌گیرد که:

زمان بر ناظر K کندتر از وی گذشته است

و همین طور اگر ناظر L بخواهد طول قطار K را اندازه بگیرد از آنجا که اندازه گیری طول یک جسم مبتنی بر آن است که به طور همزمان بتوان ابتدا و انتها یک جسم را اندازه گرفت پس برای اندازه گیری طول قطار در راستای حرکت قطار از آنجا که مساله همزمانی در ابتدا و انتها طول قطار دچار چالش می‌شود یعنی اینکه ناظر L که در راستای حرکت K قرار دارد وقتی بخواهد ابتدای K را اندازه بگیرد همزمان با آن مقدار انتهای آن از جای خود تغییر کرده و در اندازه گیری طول را کوتاهتر اندازه می‌گیرد و با هر ابزاری نیز این کار را انجام دهد با این مساله دست به گریبان است. پس طول K متحرک را در راستای حرکت کوتاهتر اندازه می‌گیرد. پس نتیجه می‌گیرد:

طول متحرک در راستای حرکت کوتاه شده یا فضا انقباض پیدا کرده است.

آیا نسبیت یک امر حقیقی است؟

برای بررسی این موضوع خوب است به تاریخ علم نظری بیفکنیم، تا قبل از نظریه نسبیت و روابط حاکم بر فیزیک و برای انطباق قوانین فیزیک در متریک‌های متفاوت از تبدیلات گالیلئ استفاده می‌شد، مثلاً برای دو دستگاه S و S' ، هنگامی که S' نسبت به S با سرعت V و در امتداد محور X ها حرکت کند تبدیل گالیلئای برای مختصات مکانی

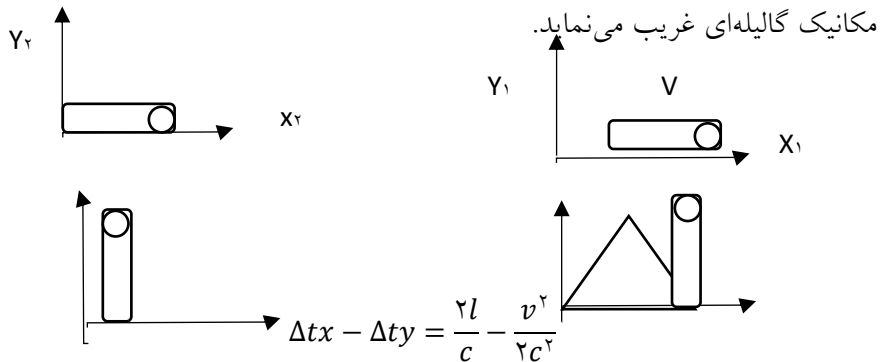


– زمانی یک رویداد در این دودستگاه یعنی (x, y, z, t) و (x', y', z', t') به صورت زیر است:

$x = x' + vt'$	$x' = x - vt$
$y = y'$	$y' = y$
$z = z'$	$z' = z$
$t = t'$	$t' = t$

برای بدست آوردن تبدیل گاليله‌ای سرعت و شتاب کافی است به ترتیب یک بار و دو بار از رابطه بالا مشتق بگیریم.

همان طور که اشاره شد تبدیلات گاليله در مورد امواج الکترومغناطیس درست نبود چرا که وجود سرعت C در آنها با محاسبات گاليله همخوانی نداشت به عنوان مثال در اندازه گیری زمان و برگشت یک تپ نورانی وقتی که در یک استوانه به صورت افقی یا عمودی در حال حرکت باشد اختلاف زمانی دارد در صورتی که این مساله در مورد



پس عدم هماهنگی الکترومغناطیس با قوانین گاليله لورنس را بر آن داشت که تبدیلات خاصی را البته در فضای اتری برای الکترومغناطیس تنظیم کند که به قرار زیر است.



$$\begin{aligned}x' &= \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\y' &= y \\z' &= z\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x &= \frac{x'+vt'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\y &= y' \\z &= z'\end{aligned}$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{t' - \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

برای دو رویداد “ x_1, y_1, z_1, t_1 ” و “ x_2, y_2, z_2, t_2 ” در دو دستگاه S و S' می‌توان با بهره

گیری از تبدیلات لورنس، روابط بازه مکانی را یافت:

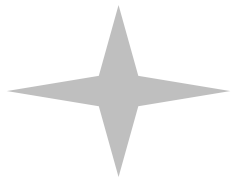
$$\begin{aligned}\Delta x &= x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ \Delta y' &= y'_2 - y'_1 = y_2 - y_1 = \Delta y \\ \Delta z' &= \Delta z\end{aligned}$$

همچنین برای بازه زمانی در دو دستگاه داریم:

$$\Delta t = t'_2 - t'_1 = (t_2 - t_1) \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \Delta t' \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

همان‌طور که گفته شد نظر لورنس در محیط اتری الکترومغناطیسی بود و لاغیر و تصور چیز دیگری را نداشت ولی انیشتین با نظر به تبدیلات لورنس اذعان داشت که بسیاری از پدیده‌های الکترومغناطیسی رابطه‌ای تنگاتنگ با مکانیک دارد پس این فرمول در پاره‌ای از مسائل مکانیک نیز ساری است و از آنجا که به جزء حاکم است بعید نیست که بر کل نیز حاکم باشد.

از نظر انیشتین فیزیک علم اندازه‌گیری است و اصالت فیزیک به اندازه‌گیری است و آنچه اندازه‌گیری می‌شود آن اصالت دارد و آنچه در وهم تصور می‌شود هیچ اصالتی ندارد، حقیقت همان است که اندازه‌گیری می‌شود اگر با تمام وسایل اندازه‌گیری زمان کوتاه‌تر اندازه‌گیری می‌شود پس همین اصالت دارد یعنی حقیقت آن است که در سرعت‌های بالا زمان نسبت به ناظر ساکن کندتر می‌گذرد و مکان هم منقبض می‌شود



ما برای یک واقعیت فیزیکی نسبت به یک متریک دو مفهوم مطلق و غیر مطلق و امثال ذلک نداریم. واقعیت همان است که اندازه گیری می شود و لاغیر و نسبیت خاص در اندازه گیری اصالت و حقیقت دارد و دیگر عوامل غیر حقیقی و مردودند.

آزمون انبساط زمان

پرتوهای کیهانی و میون ها:

میونها نوعی ذرات بنیادی هستند که در بعضی واکنش های هسته ای انرژی بالا تولید می شوند. آنها همچنین به تعدادی زیاد هنگام برخورد پرتوهای کیهانی انرژی بالا با هسته های گاز در ارتفاع حدود 607 km ایجاد میشوند. ذراتی که در جو تولید می شوند با سرعتی نزدیک به سرعت نور به سمت پایین حرکت می کنند. مشاهده می شود، میونهایی که در آزمایشگاه و در سرعت هایی کم تولید می شوند، طی نیمه-عمر حدود $1/5 \mu\text{s}$ و می پاشند، محتملا این زمان نیمه-عمر میونهایی که بالای جو تولید می شوند نیز می باشند. محاسبه سریعی حاکی است که تقریبا برای حرکت یک موئون به سمت پایین در جو تا سطح زمین زمانی حدود

$$\frac{6 \times 10^4 \text{ m}}{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 20 \times 10^{-4} \text{ s}$$

و با $200 \mu\text{s}$ لازم است یک ناظر متصل به زمین این زمان را حدود 133 برابر نیمه-عمر میون محاسبه و حدس می زند.

بنابراین در یک آزمایشگاه در زمین انتظار می رود شار میونها در سطح زمین حدود $\frac{1}{133}$ شار آنها در جو بالا باشد. معنی این امر آن است که از 10^{10} میون فقط یکی به آزمایشگاه سطح دریا می رسد.

اگر درست باشد نباید هیچ میونی را در آزمایشگاه ردیابی کنیم. به هر حال کشفیات میونهایی را که به تعداد زیاد و شاری حدود $\frac{1}{8}$ شار آنها در ارتفاع بالا به سطح دریامی رسند نشان داده است، و این حاکی از آن است که برخورد میونها، سه نیمه-عمر گذشته است ($2^3=8$) زمان $4/5 \mu\text{s}$ صرف که در چهارچوب میون می گذرد، برای



چهارچوب‌های مرجع $200 \mu s$ گذشته است زمان در چهارچوب میون که از زمین رویت شود با نرخ $\frac{3}{133}$ یا کمی بیشتر از ۲٪ آن نرخی است که در زمین می‌گذرد.

ضریب انبساط زمان $\delta = 44$ را می‌توان در معادله برای استخراج سرعت میون قرار داد که مقدار آن 0.99972 ارائه می‌دهد.

که در تجربیات بعدی این مورد توسط فریش و اسمیت می‌شد.

مثال: عرض کهکشان ما ۱۰ سال نوری است درنوردیدن آن توسط فضاییابی که با

سرعت $0.995C$ چقدر به طول می‌انجامد؟

عرض کهکشان در چهارچوب فضاییما، انقباض دارد، به طوریکه فاصله طی شده

عبارتست از:

$$l = \frac{l'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 10^5$$

$$t' = \frac{l'}{v} = \frac{10^4}{0.995c} = 10^4 \text{ سال}$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 10^4 \text{ سال نوری}$$

این مقدار زمانی است که برای مسافران می‌گذرد. البته در غیبت آنها بر زمین 10^5

سال گذشت.

مثال: فاصله ستاره ریگل از زمین ۹۰۰ سال نوری است. حداقل زمان زمینی برای

یک سفینه که بتواند یک سفر رفت و برگشت به آن داشته باشد چقدر است؟ سفینه با

چه سرعتی حرکت کند تا به وقت فضاورد، سفر درست ۳۰ سال بیانجامد؟ فاصله

زمین و ستاره که فضاورد در این رفت و برگشت ۳۰ سال انداز می‌گیرد چقدر است؟

الف: اگر سفر با سرعتی نزدیک نور انجام شود، دقیقاً متجاوز از ۱۸۰۰ سال

ب: برای آنکه رفت و برگشت در ۳۰ سال صورت پذیرد لازم است ضریب انبساط

زمان $\frac{1800}{30}$ یا ۶۰ باشد.

$$\gamma = 60 = \frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{v}{c} = 0.99986$$



$$v = 0.99917C$$

C: فاصله I' که توسط فضانورد اندازه گیری می شود. نسبت به فاصله I که در چهارچوب مرجع زمینی اندازه گیری می شود انقباض طول محتمل می شود:

$$L' = \frac{l}{\gamma} = \frac{900}{1.0} = 15 \text{ سال نوری}$$

با توجه به آنکه فضانورد با سرعتی حدود ۳۰ سال سفر کند. همین نتیجه به سادگی عاید می شود. یعنی سفر رفت و برگشت ۳۰ سال نوری است.

پارادوکس دوقلوها:

فرض کنیم دو برادر به نام های سعید و مجید در سن ۲۰ سالگی هستند یکی از برادرها با سفینه ای که با سرعت $0.98C$ به سوی ستاره ای در فاصله ۴۹ سال نوری قصد سفر دارد، حال از نظر نسبیتی این سفر را تحلیل می کنیم. فرض می کنیم که سعید روی زمین ایستاده و مشغول نظاره به سفینه مجید است و به تحلیل خود مجید سفر رفت و آمد سعید عمر خود حدود $(20 + 49 + 49)$ خواهد بود. اما از دید سعید، مجید که با سفینه حرکت می کند ۴۰ ساله می باشد. یعنی از دید سعید، مجید فقط ۴۰ سال از عمرش گذشته است. اما از دیدگاه مجید، سعید و زمین با سرعت معادل $0.98C$ در حال دور شدن هستند پس به تحلیل مجید نیز عمر سعید باید حدود ۴۰ سال باشد.

ولی نکته این است که این منجر به پارادوکس می شود. حال حقیقت کدام است و چه کسی درست تحلیل می کند از نگاه نسبیت خاص که بحث در چهارچوب غیر شتاب دار می باشد سیستم زمین و سعید همواره ثابت است و سعید در آرامش خاطر وجود دارد ولی سیستم مجید سیستمی است که حالتهای سکون و حرکت را تجربه می کند و مجید در این سیستم پرتاب شدن را تجربه می کند و این سیستم غیر لخت است که سیستم آن با نسبیت عام قابل تحلیل است. پس پارادوکسی وجود ندارد اندازه گیری های سعید درست و اندازه گیری های مجید نادرست است. یعنی درست آن است که مجید در چهار چوب لخت زمینی ۴۰ سال عمر دارد و سعید ۱۱۸ سال از عمرش می گذرد. پس گذر عمر دوقلوها یکسان نیست.

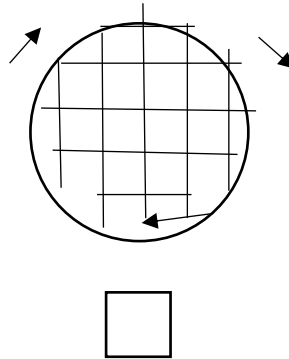


نسبیت عام انیشتین:

همان طور که گفته شد نسبیت خاص در مورد سیستم‌های غیر شتابدار صادق است و به همین علت هم به عنوان خاص قلمداد شده است، انیشتین در پی بسط این مساله به سیستم‌های دیگر در سال ۱۹۱۵ میلادی (۱۲۹۴ هجری شمسی) نسبیت عام را ارائه داد که علاوه بر توجیه گرانش که در نسبیت خاص جایگاهی نداشت بتواند بسطی برای نسبیت خاص داشته باشد که این بسط منجر به مسائلی شد که دامنه نسبیت عام از تعمیم صرف فراتر رفت تا جایی اوج گرفت که جایزه نوبل را برای مبتکرش به همراه داشت.

مفهوم نسبیت عام:

برای درک بیشتر این تئوری مثالی را ذکر می‌کنیم، فرض کنیم صفحه‌ای بسیار بزرگ وجود دارد و فردی در وسط این سطح دایره‌ای ایستاده و تصور کنید این محیط دایره‌ای طوری باشد که حول مرکز می‌تواند گردش نماید. فرض کنید فرد مذکور تمام سطح دایره را با موزاییک‌های هم اندازه و یکسان فرش می‌کند.

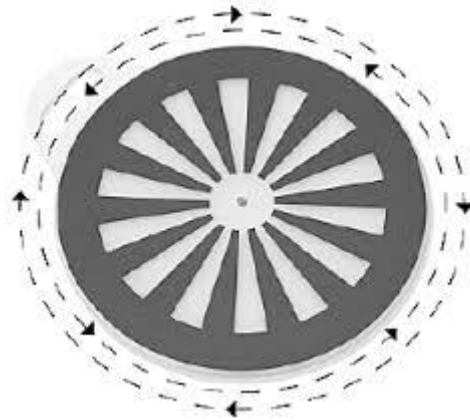


که ابعاد هر موزاییک فرضاً $(۱*۱)$ می‌باشد

حال فرض کنید که این دایره با سرعتی نزدیک به سرعت نور در حول مرکز شروع به گردش نماید. نکته حائز اهمیت آن که در اثر گردش حرکت دایره‌ای را می‌تواند



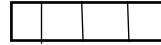
حرکتی شتابدار در نظر گرفت، چرا که جهت هر المان روی سطح دائماً در حال تغییر است. پس وقتی گردش مطابق شکل مذکور بر سیستم مستولی باشد چه اتفاقی می افتد اولاً سیستم دایره است و همان طور که می دانیم اگر آن را مجتمعی از دو دایره متحدالمرکز در نظر بگیریم طبق $v=rw$ سرعت خطی دایره های بیرونی تر از سرعت خطی دوایر داخلی بیشتر خواهد بود.



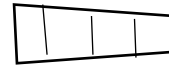
پس لاجرم محیط بیرونی دایره نسبت به محیط های درونی تر با سرعت بیشتری می گردد. پس اگر موزائیکی را در نظر بگیریم که یک ضلع آن روی دایره C (دایره بیرونی) و ضلع دیگر آن روی C' ، وقتی صفحه شروع به گردش می کند C از C' تندتر می گردد. اگر طبق قوانین نسبیت خاص عمل کنیم ضلعی که روی دایره C است چون با سرعت زیادی در حال گردش است به علت انقباض فضا به نظر ناظر که در مرکز ایستاده، نسبت ضلع C' کوتاهتر به نظر می رسد. پس ناظر به جای دیدن مربع را به صورت  خواهد کرد و هر قدر سرعت دوران دایره به سرعت نور نزدیکتر می

شود، اندازه

ضلع C کوتاهتر می شود و ناظر صفحه را به صورت منحنی می بیند و اندازه گیری می کند یعنی



به جای دیدن :

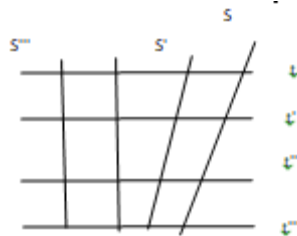


شکل:

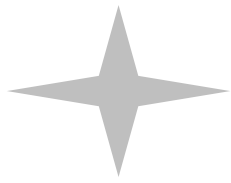
ملاحظه می‌کند که در این تعبیر فضا انحنا پیدا کرده است و همچنین در دایره C اگر ساعتی نصب نماییم و همچنین روی دایره C' ساعت روی دایره C کندتر از ساعت روی دایره C' کار خواهد کرد که به این اصل انحنای زمان می‌گوئیم و همین گونه که از C به مرکز دایره نزدیک می‌شویم، ساعت‌ها کندتر کار میکنند. پس در این مثال نه چندان درست هم فضا خمیده شد و هم زمان اما به صورت دو قیف خلاف جهت هم:



پس در نسبیت عام صحبت از انحنای فضا-زمان بدین معنی مطرح است که در هر نقطه متریک فضا و زمان و خط کش و ساعت اندازه‌گیری آن با نقطه دیگر متفاوت است و هر نقطه مختصات خاص خود را دارد.



پس در این فضا-زمان استفاده از محورهای مختصات که در هندسه مسطحه و اقلیدسی مطرح می‌شد صحیح نمی‌باشد، چرا که در متریک اقلیدسی و مختصات و مختصات دکارتی ابعاد فضا در سه جهت تا بی نهایت با یک ریتم تغییر می‌یابد و برای اندازه‌گیری آن از یک خط کش استفاده می‌شود و از یک ساعت بهره‌برده می‌شود ولی



در متریک منحنی هر نقطه خط کش خاص و ساعت خاص خود را می‌طلبد و از یک خط کش و ساعت نمی‌توان بهره برد، چرا که مثلاً یک متر اندازه‌اش از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت و زمان گذشت یک ساعت از یک نقطه به نقطه دیگر متغیر است. پس هندسه حاکم بر آن هندسه ویژه‌ای می‌باشد که در این هندسه از بردار و مختصات دکارتی صحبت نمی‌شود بلکه از بردار خاصی به نام تانسور صحبت می‌شود که این بردار نسبت به مختصات خاصی تعریف نشده بلکه خود مختصات را تعیین می‌کند.

هندسه و فیزیک:

شاید بنیان‌گزاران هندسه اقوام ایرانی بوده باشند چرا که هندسه اسمی فارسی است که همان "اندازه" می‌باشد. که به عربی به هندسه تغییر پیدا نموده، علی‌ای حال آثار مکتوب نشان از این دارد که اولین شالوده علم این دانش توسط اقلیدس بیان شده و ایشان با بهره‌گیری از اصول موضوعه و برهانی خاص که به اصول پنجگانه مرسومند، بنیان هندسه مسطحه را گذارد که تمام این اصول به غیر از اصل پنجم قابل استنتاج علمی است،

اصل پنجم برهان قاطعی در اثباتش وجود ندارد. اصل پنجم عنوان می‌دارد که از یک نقطه در خارج از یک خط تنها یک خط موازی آن خط را می‌توان ترسیم کرد. یعنی هر گاه نتوان نقطه‌ای یافت که بر دو خط قرار گرفته باشد آنگاه دو خط موازی هستند. یکی از معادل‌های این اصل "فرض زاویه قائمه" است در شکا، زیر دو زاویه A و B قائمه‌اند.

D



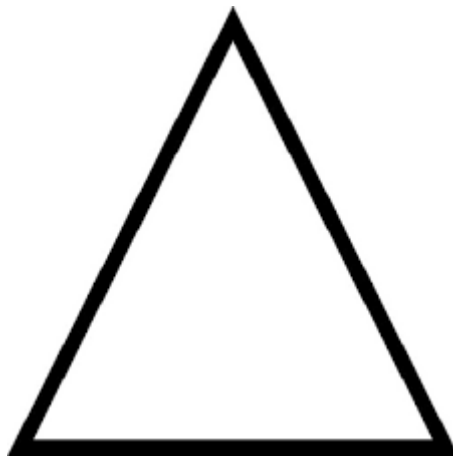


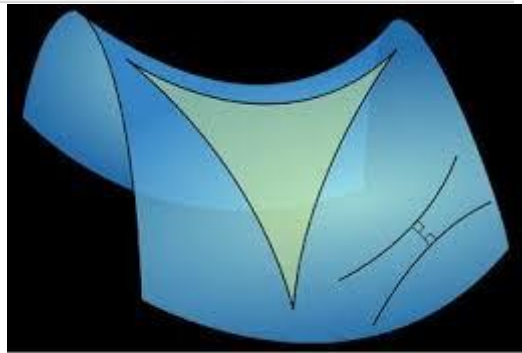
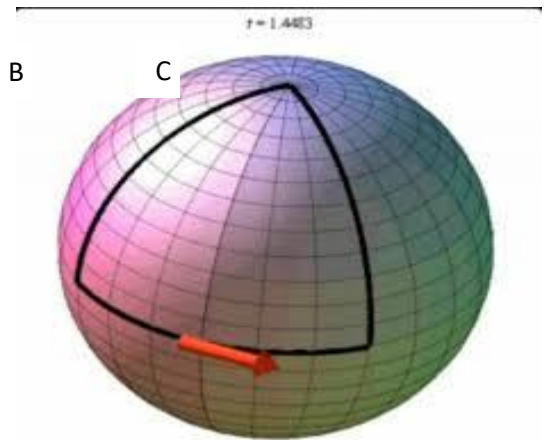
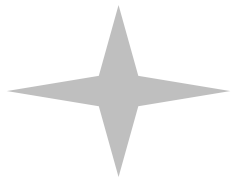
دو ضلع BC و AD نیز با هم برابرند در هندسه مسطحه عنوان می‌شود لاجرم دو خط $AD \parallel BC$ است. هندسه اقلیدسی از آنجا که مسطحه است لاجرم فضا و زمان را نیز به گونه مسطحه عنوان می‌دارد و تخت می‌پندارد.

قضیه دیگر و مشهور در اصول اقلیدس عنوان این است که مجموع زوایا مثلث ۱۸۰ درجه می‌باشد اگرچه این اصول در هندسه مسطحه قابل قبول و بدون خدشه است ولی این موضوع مطرح شد که در سطوح غیر تخت می‌توان از این هندسه استفاده کرد و این قوانین قوت خود را حفظ می‌کنند؟ این پرسشی بود که شاید اولین جرقه‌های هندسه نا اقلیدسی را در ذهن بزرگی چون گوس به وجود آورد.

ما در هندسه خط مستقیم را خطی معرفی می‌کنیم که کمترین فاصله بین دو نقطه را نشان می‌دهد که به آن خط ژنودزی نیز اطلاق می‌شود.

اگر چنانچه سطحی که ما تعریف می‌کنیم سطحی کروی یا زین اسبی باشد مبرهن است که خط ژنودزی نیز متفاوت است مثلاً در سطوح کروی کوتاه‌ترین خط ژنودزی بین دو نقطه قطعه‌ای از یک دایره عظیمه است و در این سطح دیگر مجموع زوایای یک مثلث که از سه ضلع که هر کدام خطی ژنودزی از سه دایره عظیمه است ۱۸۰ درجه نمی‌باشد بلکه بیشتر از ۱۸۰ درجه است.



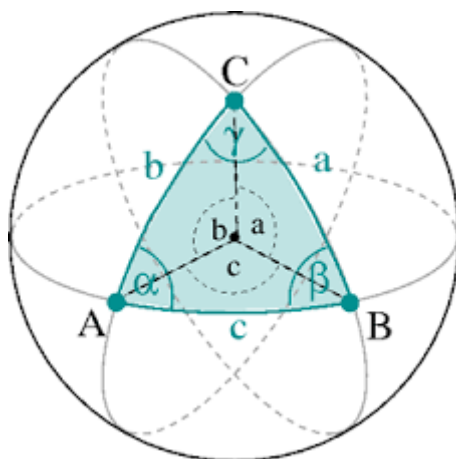


مجموع زوایای مثلث روی سطح هذلولوی ۱۸۰ درجه نیست

$$(\angle A + \angle B + \angle C) > 180$$

$$(\angle A + \angle B + \angle C) = 180$$

و یا مثلث روی سطح زمین اسبی مجموع زوایا کمتر از ۱۸۰ می باشد.
و حتی اصل پنجم اقلیدس در این گونه سطوح مطرح نیست مثلاً در این کره



دو ژنودری AC و CB که بر یک دایره عظیم عمودند همدیگر را در C قطع می‌کنند و بی نهایت از این گونه خطوط در دایره وجود دارند.

پس این مساله مطرح شد، اگر می‌توانیم برای رویه‌های تخت هندسه‌ای چون هندسه اقلیدسی داشته باشیم چرا نتوانیم از هندسه‌های نااقلیدسی برای رویه‌ها و فضاها ی خمیده نااقلیدسی سخن بگوییم.

گوس نخستین کسی است که در سن پانزده سالگی به گونه‌ای روش مند بدین نتیجه رسید که هندسه اقلیدسی فاقد عقلانیت می‌باشد و چه بسا بشود به هندسه‌ای دست یافت که هندسه اقلیدسی حالتی از آن به حساب آید. لباچفسکی سیستمی با رویه هذلولی را متد پژوهش خود قرار داد و هندسه‌ای نااقلیدسی زیبایی را بر اساس آن آفرید و شاید بعد از گوس، لباچفسکی چون کپرنیک در اخترشناسی بیان کننده اسطوره هندسه مسطحه و واضح هندسه جدیدی اساس نگرش جدید باشد، پس از وی ریمان را می‌توان به عنوان یکی از برجستگان هندسه نااقلیدسی به حساب آورد.

او بر زمینه‌ای که گوس فراهم کرده بود هندسه اس n بعدی با هر نوع خمیدگی را عرضه کرد. هندسه‌ای که با همت دانشورانی چون کریستوفل، ریتچی، لوی چپوتیا در قالب آنالیزهای مختلف هندسه دیفرانسیل، تانسور ابزار قدرتمندی را در اختیار اندیشه ورزی چون انیشتین قرار داد.



هندسه ریمانی تعمیم هندسه دیفرانسیل رویه‌ها در فضای تخت اقلیدسی است.

در فضای تخت اقلیدسی می‌توان به کمک یک دستگاه مختصات دکارتی نقطه‌ای مثل P را با سه مختصه x_1, x_2, x_3 مشخص کرد که در آن تابع $f(x_1, x_2, x_3) = 0$ برقرار است.

گوس جهت تعمیم نظریه خود و عمومیت دادن به هندسه از دو پارامتر $u_1(\lambda)$ و $u_2(\lambda)$ استفاده کرد که در گستره صفحه تغییر می‌کنند پس برای زیر مجموعه‌ای دو بعدی از نقاط فضای اقلیدسی سه بعدی با مختصات x_λ داریم:

$$x_\lambda = \phi(u_1(\lambda), u_2(\lambda)) \quad i = 1, 2, 3$$

اگر دو نقطه با $\lambda = 0$ و $\lambda = 1$ بر رویه مورد نظر به کمک یک منحنی به هم وصل شوند طول آن منحنی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$l = \int_0^1 ds = \int_0^1 \left[\left[\frac{dx_1}{d\lambda} \right]^2 + \left[\frac{dx_2}{d\lambda} \right]^2 + \left[\frac{dx_3}{d\lambda} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} d\lambda$$

این رابطه را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$l = \int_0^1 ds = \int_0^1 \left[\sum_{i,j=1}^3 g_{ij} \frac{du_i}{d\lambda} \right]^{\frac{1}{2}} d\lambda$$

$$g_{ij} = \sum_{k=1}^3 \frac{\delta x_k}{\delta u_i} \frac{\delta x_k}{\delta u_j} = \sum_{k=1}^3 \frac{\delta \phi_k}{\delta u_i} \frac{\delta u_k}{\delta u_j}$$

G_{ij} در فضای سه بعدی یک ماتریس $3 \times 3 = 9$ عنصری است و متریک فضای مورد نظر

نامیده می‌شود.

$$ds = \left[\sum_{i,j=1}^3 g_{ij} du_i du_j \right]^{\frac{1}{2}}$$

ریمان در گسترش ایده گوسی در پایان نامه دکتری خویش به جای ۲ در حاشیه

بالای ۷۷ قرار داد.



$$ds = \left[\sum_{i,j=1}^n g_{ij} du_i du_j \right]^{\frac{1}{2}}$$

$G_{ij}(u_1, u_2, \dots, u_n)$ متریک این فضای n بعدی است.

هندس ریمان نه تنها از همسازی درونی برخوردار است بلکه توجیه گر انحنای فضا و هندسه اقلیدسی می‌باشد.

اصل هم ارزی میدان گرانشی و شتاب در نسبیت عام

برای توضیح این اصل که از اهم اصول نسبیت عام است مثال زیر را بررسی می‌کنیم:

فرض کنید در یک آسانسور ایزوله از نیرو در فضایی که نیوتن ادعای وجود آن را می‌کند در جعبه آسانسوری فرد A قرار دارد، بدیهی است به دلیل ایزوله بودن از وجود نیرو فرد A در آسانسور غوطه ور است و در فرض اجرامی نیز در این اتاقک قرار دارند مثلاً طنابی که گلوله‌ای سنگی به آن متصل است به سقف گره زده شده و به صورت غوطه ور به همراه پر و مداد و خودکاری در فضا شناور است در فرض مذکور این است که فرد نمی‌تواند بیرون اتاقک را مشاهده کند.

در نزدیکی اتاقک A اتاقکی دیگر قرار دارد که فرد B در آن واقع است و آن شخص می‌تواند بیرون را مشاهده نماید.

حال فرض کنید به علت تغییر ناگهانی اتاقک A با شتابی برابر g ناگهان به سوی بالا شروع به حرکت نماید برای فرد A چه اتفاقی می‌افتد؟

وی مشاهده خواهد کرد که به سوی کف اتاق کشیده شده و کف اتاق شتابی برابر g بر آن وارد می‌کند و همچنین ریسمان و گوی را مشاهده می‌کند که به سمت کف اتاق کشیده شده و آویزان می‌شوند و پر و مداد و خودکار با شتاب g به سوی کف اتاق کشیده می‌شوند، ناظر A اگر در این سیستم با این وضعیت متولد شده باشد و از بیرون از حالت قبل هیچ اطلاعی نداشته باشد این تصور به ذهنش خطور می‌کند که از جانب کف آسانسور نیرویی به همه اشیا به یکسان وارد می‌شود و همه اشیا چه پر جرم



و چه کم جرم را به سوی خود می کشد. در صورتی که ناظر B خلاف این موضوع نظر می دهد و همه این کشش ها را نه به دلیل جاذبه سطح زیرین اتاقک A بلکه به علت شتاب اتاقک به سوی بالا قلمداد می کند.

چیزی که مهم است این است که گرانش هم ارز شتاب محسوب می شود. در مثال دیگر مساله را میتوان این گونه توضیح داد اگر فرض کنیم ناظر A که در آسانسوری واقع است فارغ از شرایط ایزوله وقتی وزنه ای زیر پا داشته باشد که وزن وی را نشان دهد اگر آسانسور به سوی بالا حرکت کند به علت فشار کف آسانسور به پای ناظر به سوی بالا وزن خود را بیشتر از حالت ایستاده و اگر آسانسور به سوی پایین حرکت کند فنر وزنه کشیده تر شده پس وزن را کمتر نشان خواهد داد، حال فرض کنیم آسانسور مذکور ناگهان از کمند ریسمان خود رها شود و با شتاب شروع به سقوط آزاد نماید لاجرم وزنه، وزن ناظر A را صفر نشان خواهد داد.

ناظر A می تواند این تصور را داشته باشد، دلیل وزن وی تا قبل از این شتاب جاذبه بود، پس حتماً شتابی خلاف آن بر وی وارد می شود که مجموع آن شتابها صفر شده و وزن وی به صفر گرایش یافته است.

پس در سقوط آزاد نیرویی خلاف جهت و برابر نیروی حالت ایستا به شخص وارد می آید، و این هم ارزی گرانش و شتاب را به همراه دارد. از اصل هم ارزی گرانش و شتاب می توان به این موضوع مهم در نسبیت عام رسید که به جای استفاده از نیروی گرانش از میدان گرانش استفاده نمود.

که این میدان مغناطیس در فیزیک عمل می کند اگر چه از نظر ماهیت با یکدیگر بسیار متفاوتند. همانگونه که میدان الکترومغناطیسی عامل تولید امواج الکترومغناطیسی می شوند، میدان گرانشی نیز باعث تولید امواج گرانشی می شوند که سرعت نور و قابل آشکارسازی توسط تلسکوپ های خاص هستند هر چند هنوز صید نشده اند (این امواج در ۲۲ بهمن سال ۱۳۹۵ در رصدخانه لاگو رد یابی شدند).



اما در سال ۱۳۵۳ هجری شمسی دو دانشمند به نام‌های تیلور و هالس در پی تحقیقات خود روی تپ اختر جدیدی به نام $SR_{1913+16}$ آن را نامزد خوبی برای تحقیق درباره امواج گرانشی معرفی کرده و کاهش انرژی این دو ستاره مزدوج را در اثر گسیل امواج گرانشی بررسی نمودند. در تصور نسبیت عام شار کیهانی توان ایجاد میدانی را دارد که اگر اجرامی تحت تأثیر آن قرار گیرند به سوی کانون گرانش گرایش می‌یابند و این شار کیهانی باعث ایجاد انحنا در فضا خواهد شد.

با توجه به این مثال و بازگشت به مثال صفحه دایره‌ای گردان در فصول قبل دیدیم که در این راستا اگر آن صفحه گردان شروع به گردش کند انحنایی در فضا-زمان حاصل می‌شود.

در مثال مذکور انرژی جنبشی موجود در صفحه عامل انحنا می‌شود. حال جای انرژی جنبشی مطلق انرژی می‌گذاریم و به علت معادل بودن انرژی با جرم می‌توان عنوان نمود که، جرم عامل شتاب و میدان و میدان گرانشی می‌شود و دیدیم که در این تعبیر جرم عاملیت انحنای فضا را فراهم می‌کند.

در آن دایره گردان مناطقی که دورتر از مرکز هستند انرژی جنبشی بیشتر و انحنای فضای بیشتر و هر قدر نزدیکتر به مرکز باشد انحنای فضا کمتر خواهد بود. حال در تعبیر جدید در اطراف منطقی که جرم وجود دارد انحنای فضا-زمان بیشتر پس این جرم عامل انحنای فضا - زمان خواهد بود.

ممکن است این مثال‌ها چندان درست نباشد ولی زیاد خالی از وجه و دور از مطلب نخواهد بود.

پیامدهای نسبیت عام:

۱- میدان گرانشی:

همان طور که در متن قبل اشاره شد با توجه به اصل هم ارزی شتاب و گرانش میدان گرانشی خاصی را در اطراف هر جسم مطرح کردیم که اگر یک جسم تحت تأثیر آن قرار گیرد به سوی مرکز گرانش حرکت می‌کند که در این جا به جای استفاده از

مفهوم نیرو از مفهوم گرانش و انحنای فضا صحبت به میان می‌آید. و گفتیم با آمدن مفهوم میدان نظیر میدان الکترومغناطیسی می‌توان از امواج گراویتون صحبت به میان آورد.

۲- نقطہ تکینگی:

دومین پیامد نسبیت عام صحبت از نقطه تکینگی در فضا است، در فرض اینکه یک ستاره شروع به انقباض گرانشی نماید مکانیکی نیوتن حدی برای این انقباض قائل نیست و در نهایت جگالی به نهایت را برای آن به همراه دارد.

در صورتی که در نسبیت عام با تعریف شعاعی به نام شعاع شوار تسشیلد عنوان می دارد که اگر ستاره از شعاع خاصی کوچکتر شد بنا به جرمی که دارد دیگر اجازه خروج اطلاعات و نور را از خود نمی دهد و از نظرها محو خواهد شد و به یک سیاه چاله تبدیل می شود، حال چرا لفظ سیاه چاله، چون جرم در این حفره سیاه موجود است و همه اجرام اطراف را به کام خود فرو می برد و مثل این است که فضا سوراخ شده باشد و چون مقدار انرژی در آنجا زیاد است انحنای فضای زیادی در اطراف آن مشاهده می شود.

محاسبه شعاع شوارتسشیلد:

در سطح ستاره فوتون انرژی برابر با $E = \frac{hc}{\lambda}$ را داراست که می‌توان از این انرژی معادل جرمی برای فوتون در حال حرکت پیش بینی کرد.

$$E = mc^2 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = mc^2 \Rightarrow m = \frac{h}{c\lambda}$$

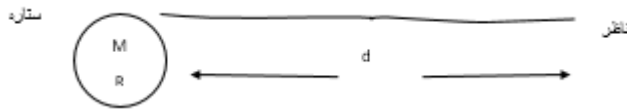
جرم m در سطح ستاره با جرم M دارای انرژی پتانسیل $U = \frac{GMm}{R}$ می باشد.

$$E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{GMm}{R} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} - \frac{GMh}{cR\lambda} = E$$

پس از رسیدن فوتون به ناظر، عملاً فوتون دو نوع انرژی $\frac{hc}{\lambda}$ و پتانسل U را دارد.

$$\text{انرژی فوتون در موقعیت ناظر} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{GMm}{d}$$

عملاً $\frac{GMm}{d} \approx \leftarrow R \ll d$ و پتانسیل U را دارد.



بر اساس بقای انرژی

$$\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{GMh}{cR\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} - \frac{GM}{Rc^2} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_2}$$

در مورد نقطه تکیه می‌توان اینگونه عنوان کرد از آنجا که شعاع شوارتزشیلد برابر با $R = \frac{Gm}{c^2}$ می‌باشد و این پارامتر از رابطه $\lambda_1 = \frac{\lambda_2}{1 - \frac{Gm}{Rc^2}}$ می‌باشد لذا دیده می‌شود که اگر $R=1$ باشد لاجرم λ_1 به طرف بی نهایت سیر می‌کند و اگر چنانچه $\frac{Gm}{Rc^2}$ بزرگتر از یک باشد λ_1 منفی خواهد بود پس R از مقدار شوارتزشیلد کمتر نخواهد شد والا λ منفی خواهد شد.

$$\frac{1}{\lambda_2} \left(1 - \frac{Gm}{Rc^2} \right) = \frac{1}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_2}{1 - \frac{Gm}{Rc^2}}$$

عملاً $\frac{Gm}{Rc^2}$ که از ۱ کم شود مقدار کوچکتر از واحد را نتیجه می‌دهد.

سبب می‌شود کسر $\frac{1}{1 - \frac{Gm}{Rc^2}}$ از ۱ بزرگتر شود لذا $\lambda < \lambda_2$ می‌شود.

نتیجه:

✓ جاذبه گرانشی ستاره باعث بلندتر شدن طول موج تابش‌های آن ستاره می‌شود. قرمز گرایی گرانشی داریم.

✓ هر چه ابعاد ستاره کوچکتر باشد اثر قرمزگرایی گرانشی مشهودتر است

✓ در محاسبات نسبیت عام $\lambda_1 = \frac{\lambda_2}{1 - \frac{Gm}{Rc^2}}$

✓ در شرایطی که $\frac{Gm}{Rc^2} = 1$ پس $R = \frac{Gm}{c^2}$ شعاع شوارتزشیلد در این صورت

$$\lambda = \frac{\lambda_2}{0}$$

$\lambda \rightarrow \infty$ یعنی ناظر دیگر نمی‌تواند هیچ تابشی را ملاحظه نماید.

پس نظریه نسبیت عام فضا را از حالت مطلق و مسطح نیوتنی خارج کرد و سخن از دینامیک فضا حتی نقطه تکیه‌گی یا سوراخ شدن فضا را مطرح می‌کند.



اما تصور خمیدگی فضا و زمان شاید کمی قدامت باشد، ما فضای تخت را مانند یک صفحه صافی تصور می‌کنیم که در درون فضا معلق و غوطه‌ور است و تصویری از تختی آن را داریم و اگر همین صفحه را می‌چاله‌کنیم انحنا و چروک آن در فضا مشهود است چرا که ما این فضای دو بعدی را از فضای سه بعدی نظاره می‌کنیم و چروک شدن آن را حتی در بعد سوم هم مشاهده می‌کنیم یا مثلاً یک سفره الاستیک لاستیکی را که با خطوط چهارخانه‌ای جدول بندی کردیم و از چهار طرف کشیده ایم. که به صورت تخت جلوه می‌کند اگر در وسط این سفره الاستیک یک گوی فلزی سنگین قرار دهیم انحناي این سطوح را به وضوح مشاهده خواهیم کرد و خواهیم دید که تار و پود مفروض به چه شکل انحنا یافته است.

و چون این انحناي دو بعدی در فضای سه بعدی است قابل شهود است ولی مساله وقتی قدامت می‌شود که ما بخواهیم از انحناي فضای سه بعدی پا به فضای چهار بعدی بگذاریم چون این فضا در فضایی دیگر غوطه‌ور نیست پی بردن به آن کار مشکلی است و شواهد تجربی زیادی برای پی بردن به توپولوژی آن لازم است، ما فضای سه بعدی را بنابر آنچه در فصل هندسه و فضا گفتیم تخت با انحناي صفر یا کروی با انحناي مثبت یا زین اسبی با انحناي منفی در نظر بگیریم، اگر فضا را فضای تخت در نظر بگیریم و بی نهایت کرانه دار نیست و اگر آن را محدود کنیم کرانه دار خواهد بود، اگر همین فضا را به صورت استوانه در آوریم و دو سر استوانه را بهم متصل کنیم، فضای ما از حالت بی کرانی خارج می‌شود و موجودات دو بعدی که روی آن زندگی می‌کنند شاید آن فضا را همان گونه تخت تصور کنند که کرانه ندارد ولی محدود است و در فضای کروی هم به همین تفضیل، اما شواهد تجربی از انحنا و بی کرانی و نهایت دار بودن جهان دارد، فضای سه بعدی منحنی که خود در حال انبساط است شاید این مساله در مورد کره مطرح باشد که کره دو بعدی در خارج چه دارد؟ و در داخل چه دارد؟ و در خارج کجا منبسط می‌شود؟

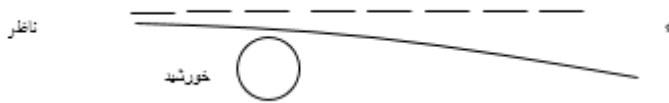


اما در کره سه بعدی مفروض ما دیگر کره در فضای دیگری غوطه ور نیست بیرون و داخل ندارد هر چه هست همان است و انبساطش، انبساط و بزرگ شدن خودش است نه انبساط در فضای دیگر، پی بردن به توپولوژی چنین فضایی بسیار مشکل می باشد.

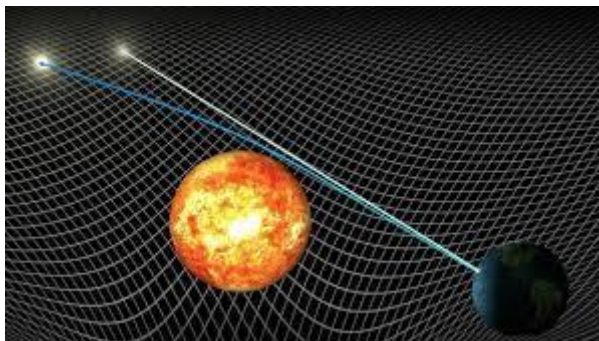
آزمون نخست انحنای فضا:

خورشید به عنوان یک جرم ثقیل که توان انحنای فضا را داراست می تواند فضای خود را منحنی کند و در اثر منحنی بودن فضا نور ستارگان که در پشت خورشید قرار می گیرد تحت تاثیر انحنای فضا قرار گرفته و به چشم ما برخورد می کند و تحت این تاثیرات نور از جایگاه خود منحرف شده و ستاره در جایی متفاوت با جایگاه واقعی ستاره دیده خواهد شد.

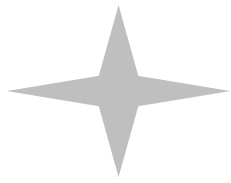
ستاره در اینجا دیده می شود



* ستاره در اینجا قرار می شود



برای این مهم در مسیر حرکت سالانه خورشید ستاره‌ای را در نظر گرفتند و جایگاه آن را نسبت به ستارگان دیگر معین نمودند، حساب کردند که خورشید چه وقت در



مسیر به آن ستاره می‌رسد و جایگاه ستاره را دوباره اندازه گیری کنند، اما نکته آنکه خورشید مانع رویت ستاره می‌شد، پس باید مترصد وقتی باشند که چهره خورشید توسط جرمی چون ماه مستور می‌شد و در تحت لوای تاریکی ناشی از آن به رصد اقدام کنند.

این واقعه در سال ۱۲۹۹ هجری شمسی در منطقه آمریکای جنوبی پیش بینی شد پس دانشگاه کمبریج، ادینگتون نسبیت دان مشهور خود را که از مخالفین جنگ جهانی دوم بود و جنگ گریز و موجب شرمندگی کشورش، برای رهایی از این ننگ، به سوی این ماموریت گسیل داشت.

وی در رصد مذکور جایگاه ستاره را معین کرد و انحراف نسبیتی را در آن ثبت کرد اما این انحراف حدود ۱ ثانیه قوسی بود که این به دلیل جرم کم خورشید ارزیابی شد. بهر حال اولین تایید نظریه نسبیت عام انتشار و جایزه نوبل به آفریننده آن اهدا شد.

تعمیم قوانین:

علم فیزیک علمی است قابل تعمیم که همین تعمیم دادن‌ها منجر به گسترش این علم از افلاک تا ذرات ریز شده است یک فیزیکدان با آزمون یک پدیده فیزیکی در آزمایشگاه و تبیین چگونگی آن، پدیده را به کل عالم تعمیم می‌دهد.

به عنوان مثال نیوتن با بررسی چگونگی سقوط آزاد اجرام به روی زمین و گسترش فرمولهای آن به این نتیجه رسید که ماه هم با همین قوانین حول زمین می‌گردد و سیارات نیز با همین قوانین حول خورشید و خورشید حول مرکز کهکشان در حال گردش است و یا اینکه فارادی با تجربه تخلیه الکتریکی در اتاقک رسانا چگونگی فرایند رعد و برق را توضیح و تبیین می‌کند.

باری علم فیزیک مملو است از این گونه تعمیم‌ها و مثال‌ها ست اما محدوده این تعمیم‌ها تا کجاست؟ و تا چه حدی مجاز به این کار هستیم؟ یک فیزیکدان خود را مقید به محدودیت نمی‌کند و تعمیم مسائل را در محدود نامتناهی فضا و زمان گسترش می‌دهد.



دهد و با این جسارت توانسته به مسائل زیادی دست یابد و فرایندهای زیادی را توضیح دهد.

البته در بعضی از موارد نتیجه شده که بعضی تعمیم‌ها در بعضی از بازه‌ها کارگر واقع نمی‌شود و در آن محدوده قوانین دیگری هویدا است که به هر حال این گونه موارد هم نتیجه تعمیم‌های قوانین در آن بازه‌ها و عدم سازگاری آن با تجربه حاصل شده است نظیر تعمیم قوانین نیوتن در گستره سرعت‌های بالا و عدم هماهنگی آن با تجارب که منجر به ارائه نظریه نسبیت خاص شد و یا عدم سازگاری آن در ابعاد بسیار کوچک که علم کوانتم را به وجود آورد، علی‌ای حال تعمیم در فیزیک نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند.

گاهی لفظ تعمیم به افزایش دقت در محاسبات و یا در نظر گرفتن پارامتری خاص در محاسبات خود را نشان می‌دهد که شاید آن پارامتر مثلاً در ابعاد کوچکتر نقش قابلی را ایفا ننماید.

مثلاً نگاه به کیهان‌شناسی از لحاظ نسبیتی که عباراتی خاص را وارد تانسورهای نسبیتی می‌نماید. ولی آنچه مسلم است اینکه با تعمیم قوانین فیزیکی به موارد مختلف و آزمون آن با شرایط اولیه متفاوت و پیش بینی چگونگی عمل آن از ارکان خاص فیزیک محسوب می‌شود.

ولی در حوزه کیهان‌شناسی سخن از سیستمی است یکتا یعنی فقط یک عالم داریم و این عالم درون چیز دیگری غوطه ور نیست و هر چه هست خود عالم است نه این طرفش چیزی هست و نه آن طرفش، پس مدلی که ارائه می‌شود باید این عالم یکتا را توضیح دهد نه آنکه با شرایط اولیه متفاوت بخواهیم حالات مختلف آن را تجربه کنیم و هر نظریه باید همین یک عالم را توضیح بدهد و در مدل‌های ارائه شده باید بتوانیم قوانین را در حال ساده به حد مورد نظر گسترش دهیم و احیاناً اگر در جایی به عدم همخوانی‌هایی دست یافتیم به اصطلاح نظریه‌های خود پرداخته و نقص‌های آن را تشخیص دهیم.



سرابهای کیهانی:

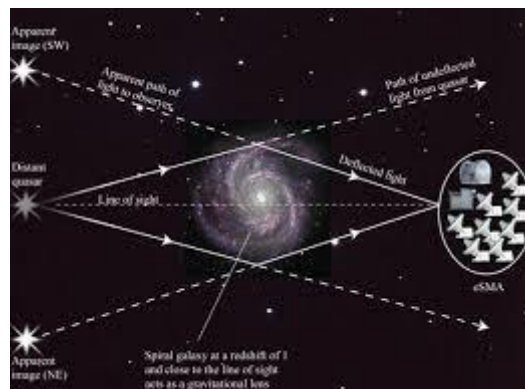
از جمله تعمیم‌های قوانین فیزیک در گستره کیهان شناسی را می‌توان در سراب‌های کیهانی دید.

سراب، پدیده‌ای فیزیکی است که در زمین‌های داغ و بیابانها مشهود است وقتی آفتاب به زمین برخورد می‌کند بر اثر گرمای حاصله هوای همجوار زمین داغ شده و رقیق می‌شود ولی هوای بالاتر از لایه مذکور غلیظ تر وجود دارد.

وقتی درختی یا شیئی در این محیط قرار می‌گیرد در اثر برخورد تصویر از لایه غلیظ به رقیق منعکس می‌شود و تصویر آن نظیر تصویر درخت در آب نمودار می‌شود. کاروانهای بیابانگرد در گذشته که از کمبود آب رنج می‌بردند همواره این پدیده‌ها را مشاهده کرده و آن را با آب اشتباه می‌گرفتند.

در آسمان نیز این سرابها قابل شهود است. طبق اولین آزمون نسبیت عام عنوان داشتیم که اجرام فلکی ثقیل عامل ایجاد انحنای فضا می‌شوند بطوری که ذکر شد دیدیم که خورشید عامل انحراف نور ستارگان و سبب جابجایی مکان رویت آنها می‌شود حال در درون کیهان اجرامی بسیار ثقیل تر از خورشید انحنای به مراتب بیشتر و جابجایی‌های مشهودتری را ایجاد نمایند.

مثلاً ستارگانی که در پشت یک کهکشان قرار می‌گیرند نور آنها در گذر از کنار کهکشان‌ها منحرف می‌شود.





و این انحراف سبب می‌شود نظیر شکل سرابه‌ای غیرواقعی در راستای دیدی ما از آن ستاره قرار گیرد و یا حتی شکل‌هایی عجیب مثل حلقه که به حلقه انیشتین موسوم است و یا نیم حلقه را به وجود آورد اولین گونه این سرابه‌ها در سال ۱۳۵۸ش در اختروشی مزدوج در صورت فلکی دب اکبر کشف شد.



این دو اختروش ۶ ثانیه قوسی با هم جدایی دارند و در ابتدا یک اختروش مزدوج تلقی می‌شدند، اما با بررسی طیف‌های آن و حتی سرعت فرار A^* د ۱۹۰ کیلومتر بر ثانیه که به دست آمد مشخص شد که شاید آنها یک منبع باشند که دچار لنز گرانشی شده اند با بررسی و رصدهای بیشتر دریافتند بین آنها کهکشانی وجود دارد که این حالت را به وجود آورده است، با بررسی بیشتر موضوع مشخص شد که حرکت یکی از تصاویر به گونه‌ای است که یکی از ستارگان از نظر رسیدن نور از دیگری عقب تر است مثلاً اگر پدیده‌ای امسال در ستاره A رویت شد دو سال بعد در ستاره B قابل‌رویت است و این پیش بینی نیز درست بود یک تغییر قدر که در سالی در ستاره A محاسبه شده بود در یکسال و چند ماه بعد در B همان گونه رویت شد و نمایشی از قدرت فکر و اندیشه بشر را به تصویر کشید.

تعمیم قوانین دوپلر:

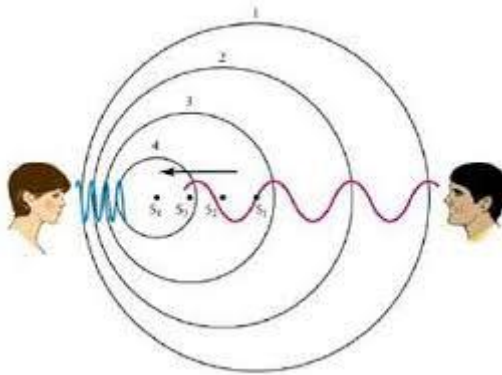
از جمله قوانینی که در فیزیک در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفت و ارائه شد و به عالم تعمیم داده شد قانونی به نام دوپلر بود.



وقتی اتومبیلی در حال حرکت است اگر اتومبیل در حال بوق زدن و یا آژیر کشیدن باشد متوجه می‌شوید که با نزدیک شدن اتومبیل و دور شدن آن صدایی که از آن به گوش می‌رسد متفاوت است.

وقتی به شما نزدیک می‌شود صدا زیرتر و وقتی از شما دورتر می‌شود صدا بم تر سمع می‌شود. این به علت تغییر طول موج صوت در هنگام دور شدن یا نزدیک شدن منبع تولید آن به ناظر است وقتی منبع با سرعت با ناظر نزدیک می‌شود، طول موج‌ها کوتاهتر و وقتی دور می‌شود.

طول موج‌های گسیلی بلندتر به نظر می‌رسد که این عامل می‌شود که گوش حسگر، فرکانسهای متفاوتی را در مغز ثبت نماید.



همان طور که نمود اثر دوپلر در اصوات نمودار است در امواج الکترومغناطیسی نیز چنین نمودی مشهود است بطوری که در منبع نورانی که به سوی ناظر در حرکت است و آن منبع نورانی که از مناظر در حال دور شدن است λ متغیر ثبت می‌شود. $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta v}{c}$ که در λ_{stn} عبارت فوق همان λ می‌باشد که از منبع در حال سکون دریافت می‌شود، C سرعت نور، Δv سرعت حرکت منبع نسبت به ناظر است و بالاخره میزان $\Delta\lambda$ عدول λ دریافتی از طول موج استاندارد است، پس بدیهی است اگر $\Delta\lambda > 0$ باشد منبع در حال نزدیک شدن به ناظر را نشان می‌دهد.



پس در نور ستارگان چنین پدیده‌ای نسبت به ما وجود دارد. البته در بررسی نور ستارگان ما با سه نوع اثر دوپلر مواجه هستیم که به نامهای، اثر دوپلر خاصه، اثر دوپلر عامه و اثر دوپلر گرانشی موسوم هستند.

اثر دوپلر خاصه و عامه نظیر این مثال است که قطاری در حال حرکت است پس مسافران قطار در یک حرکت جبری و عمومی همگی با سرعت قطار به سوی مقصد در حرکتند، حال اگر خود مسافران نسبت به هم در حال حرکت باشند این حرکت خاصه است که شاید برای هر مسافری متفاوت باشد.

در کیهان نیز دو حرکت برای کهکشان‌ها می‌توان در نظر گرفت، یکی آن حرکت که رصد شده، حرکتی است که کهکشان‌ها یا هر یک از ستارگان نسبت به هم دارند، مثلاً خورشید با سرعت بسیار بالا به سوی ستاره نسر واقع در صورت فلکی شلیاق در حال حرکت است. پس در این حرکت اثر دوپلر وارد می‌شود. که این در حرکت خاصه است، و در حرکتی کل کهکشان‌ها دخیل هستند که این حرکت را انبساط عالم می‌نامند که همه کهکشانها در حرکتی عمومی در حال دور شدن از یکدیگر می‌باشند که این حرکت حرکتی عامه است که به اثر دوپلر کیهانشناختی موسوم است.

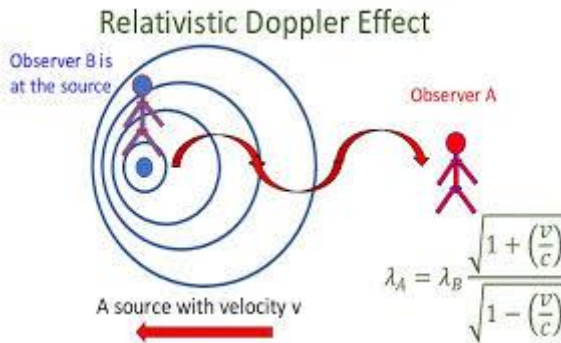
اثر دوپلر کیهانشناختی تا حدودی با مفهوم اثر دوپلر خاصه متفاوت است. در حرکت دوپلر کیهانشناختی که توسط ادوین هابل در بررسی طیف نوری کهکشان‌ها شناخته شد نمی‌توان از انبساط فضا مانند انبساط یک رویه لاستیکی نظیر بادکنک در فضای سه بعدی نام برد چرا که بادکنک رویه‌ای دو بعدی در فضای سه بعدی است. در صورتی که فضای کیهان فضایی سه بعدی و یا بعلاوه زمان فضایی چهار بعدی است که خود در فضای دیگری غوطه ور نیست و هر چه هست اوست نه داخل دارد و نه خارج، بدین لحاظ مفهوم انبساط در آن با آنچه در تصور ما می‌گنجد متفاوت است. اثر دوپلر خاصه در z های کم و اثر دوپلر کیهانشناختی در z های بزرگ جلوه گر می‌شود. در اثر دوپلر عامه مفهوم به این گونه است مثلاً انتقال به سرخ $z_{\text{قرص}} 3$ برابر 0.16



است یعنی از هنگامی که نور از این اختروش ساطع شده تا حال حاضر حدود ۱۶٪ به حجم کیهان اضافه شده است.

انتقال به سرخ یا انتقال به آبی:

همان طور که گفته شد در اثر دوپلر در طول موج مبدا تغییراتی رخ می دهد از آنجا که در طیف های الکترومغناطیس طیف های پر انرژی چون آبی، بنفش و سبز دارای طول موج کوتاهتر و انرژی بیشتر و قرمز و نارنجی و زرد طول موج بلندتر و انرژی کمتر می باشند لذا در پدیده دوپلر که منجر به زیاد شدن طول موج می شود انتقال به قرمز و در حالتی که به کوتاه شدن طول بیانجامد به انتقال به آبی اطلاق می شود. در بررسی های هابل آنچه مشهود بود وجود انتقال به قرمز در تمام طیف های گسیلی از کائنات بود پس به الطبع انبساط کیهان نتیجه می شود.



طول موج λ هنگام دریافت.

مثالی برای بدیهی تر شدن موضوع:

اگر چنانچه یک خط کش الاستیک قابل انبساط را در نظر بگیریم که روی هر شماره مورچه ای ایستاده است در حالت اولیه که خط کش در حال تعادل است فاصله مورچه با مورچه جلویی ۱ cm است حال فرض کنیم که این خط کش شروع به انبساط کند به طوری که در حالت اول فاصله دو مورچه متوالی به جای ۱ cm به ۲ cm تبدیل می شود.



در حالت مذکور مورچه شماره E مشاهده می‌کند مورچه F و D از او به اندازه دو برابر دور شده اند ولی مورچه G, C به اندازه چهار برابر H, B هشت برابر و A, I ۱۶ برابر به همین منوال یعنی مثل این است که مورچه E متوجه انبساط شده و این حالت را درک می‌کند که هر چه از منطقه خود فاصله می‌گیرد سرعت فرار رو به افزایش است. و در این مثال برای هر یک از مورچگان که خود را در مرکز فرض کند همین حالت رخ می‌دهد.

اثر دوپلر گرانشی:

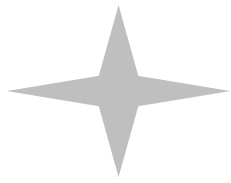
نوع دیگر اثر دوپلر که اصلاً با حرکت ربطی ندارد در زیاد و کم شدن طول موج به اثر دوپلر شبیه است به نام اثر دوپلر گرانشی، که با توجه به اینکه در نسبیت عام اشاره به این می‌شود که در سطوح نزدیک به جرم، ساعت کندتر کار می‌کند پس در اثر کند کار کردن ساعت بسامد افزایش می‌یابد و از آنجا که طول موج با بسامد ارتباط مستقیم دارد پس طول موج نیز افزایش می‌یابد.

که هر قدر جرم بیشتر باشد در نزدیکی آن جرم طول موج بیشتر انبساط می‌یابد. در قسمت شعاع شوارتزشیلد به آن اشاره شد.

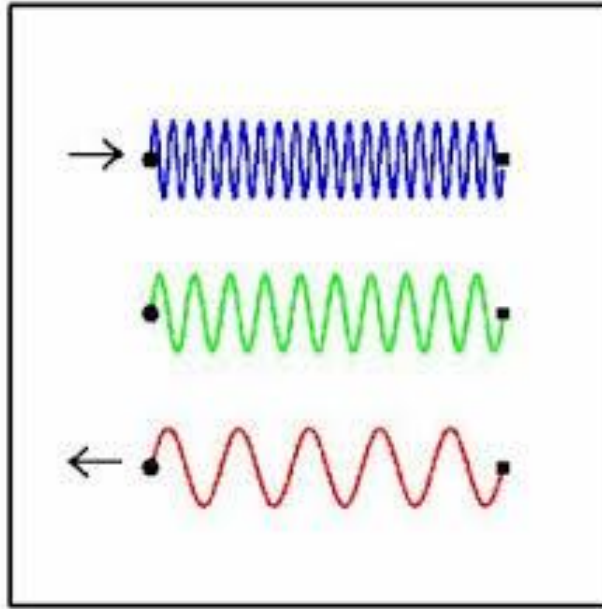
$$\lambda = \frac{\lambda_0}{1 - \frac{Gm}{Rc^2}}$$

پس جاذبه گرانشی ستاره باعث بلندتر شدن طول موج تابش‌های ستاره می‌شود و هر چقدر ابعاد ستاره کوچکتر باشد اثر قرمز گرایی مشهودتر است.

همان طور که در قبل دیدیم اگر اندازه ستاره‌ای به اندازه خاصی کوچک به حالتی می‌رسد که طول موج‌های گسیلی به حدی بلند می‌شوند که قله موجها به صفر گرایش پیدا نمی‌کند.



پس هیچ طیفی عملاً گسیل نمی شود که بدان سیاه چاله اطلاق می شوند





مدل‌های عالم

مدل انیشتین:

مدل سازی در علم فیزیک یکی از اساسی ترین مسائل در تعریف پدیده‌های نجومی می‌باشد که فیزیکدان طبق شواهد تجربی، معادله و مدلی را ارائه دهد که بتوان با تغییر پاره‌ای از پارامترها پیش بینی‌هایی از وضعیت خاص یک حرکت ارائه داد. در مدل سازی فیزیکی در ابتدای بنیان مدل، سعی بر آن می‌شود که تا حد زیادی قضیه را ساده فرض کرد، و پیچیدگیها تا حد زیادی اجتناب نمود به عنوان مثال در سقوط آزاد گلوله، این فرآیند به گونه‌ای طرح می‌شود که سیستم گوی و زمین فقط در نظر گرفته شود و مدلی برای آن فرض شود فارغ از اثرات گردشی زمین و مقاومت هوا و چگالی توپ و مسائلی از این قبیل که این مسائل در طرح اولیه نادیده و پس از احراز مدل مناسب به صورت خاصی به معادلات افزوده می‌شود و به اصطلاح معادلات تصحیح می‌گردد.

در ارائه مدل عالم نیز چنین عمل می‌شود. ابتدا عالم را به صورت همگن به گونه‌ای که شار کیهانی به صورت همسانگرد و یکنواخت در کل عالم پخش شده است، در نظر بگیریم هر چند چگالی فوق العاده ناچیز شاید یک اتم در هر متر مکعب منظور گردد. در این ساده سازی همه قوانین فیزیک در همه جا یکسان و هیچ منطقه‌ای بر منطقه دیگر ترجیح ندارد معادلات حاکم بر این سیستم معادلات نسبیت عام انیشتین می‌باشد، با چنین شرایطی انیشتین اولین مدل فیزیکی را در مورد عالم ارائه داد



در این مدل از تانسورهای انرژی - تکانه با امزجاج با معادله پواسون

$$\nabla^2 \phi = 4\pi G \rho$$

به

$$G_{ij} = R_{ij} - \frac{1}{2} g_{ij} R = -K T_{ij}$$

که R_{ij} و R به ترتیب نتیجه یک بار و دوبار تنجش تانسوریان است، K ثابت گرانشی انیشتین، G ثابت گرانش نیوتنی می‌باشد.

$$G_{\cdot}^{\cdot} = R_{\cdot}^{\cdot} - \frac{1}{2} \delta_{\cdot}^{\cdot} R = -\frac{\gamma}{S^2}$$

$$G_{\cdot}^{\cdot} = R_{\cdot}^{\cdot} - \frac{1}{2} \delta_{\cdot}^{\cdot} R = G_{\gamma}^{\gamma} = G_{\gamma}^{\gamma} = -\frac{1}{S^2}$$

$$T^{\cdot\cdot} = \rho c^2, T^{11} = T^{22} = T^{33} = 0, T^{ij} = 0 (i \neq j)$$

$$\left[\begin{array}{l} -\frac{\gamma}{S^2} = -K \rho c^2 \\ -\frac{1}{S^2} = 0 \end{array} \right.$$

البته قابل ذکر است که به علت شرایط حاکم بر دوران، انیشتین عالم را ایستا فرض

می‌کرد یعنی در منش انیشتین $R(t)$ وجود نداشت بلکه R ثابت بالضروره $R' = 0$ و $R'' = 0$ می‌باشد پس در این حالت گذر زمان در حالت عالم تاثیر ندارد.

اشکالی که در معادلات فوق بروز می‌کند این است که K دارای دو حالت متفاوت با کمیت $+1$ و -1 بروز می‌کند که حالت $(+)$ دارای فشار منفی، و حالت $(-)$ دارای فشار مثبت است که هر دو حالت ناپایداری سیستم را نشان می‌دهد و در صورت این ناپایداری امکان تغییرات در P اجتناب ناپذیر است.

$$\left. \begin{array}{l} (1) \frac{R' + K C^2}{R^2} = \frac{\Lambda \pi G}{3} P \\ (2) \frac{2 R''}{R} + \frac{R'^2 + K C^2}{R^2} = -\frac{\Lambda \pi G}{c^2} P \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{K C^2}{R^2} = \frac{\Lambda \pi}{3} G P, \quad = -\frac{\Lambda \pi}{c^2} G P.$$

در صورتی که در طرف دیگر معادله به عبارت اسکالر بودن عبارات تغییرات برابر یا صفر نشان می‌دهد، یعنی با در نظر گرفتن هر گونه ناپایداری در P باید معادله با صفر برابر شود و این اشکال عمده‌ای بود که به معادلات انیشتین وارد بود و مشکلات دیگری که مزید بر علت بود از آن جمله که یا باید چگالی عالم صفر فرض می‌شد و یا



ابعاد عالم بی نهایت، که هر دو مساله‌ای بی معنی بود پس انیشتین در پی اصلاح این مدل کیهان شناسی خود بر آمد و برای اینکه بر این مشکل خود فائق آید پارامتر ناشناخته Λ را وارد مدل پیشنهادی خود نمود پس مدل را به اینگونه تصحیح کرد:

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R - \lambda g_{\mu\nu}$$

پس با وارد کردن Λ در معادلات، معادلات به صورت زیر بروز کرد:

$$\frac{R^{\square 2} + KC^2}{R^2} - \frac{\Lambda}{3} = \frac{\Lambda \pi G}{3} P$$

$$\frac{2R''}{R} + \frac{R^{\square 2} + KC^2}{R^2} - \Lambda = \frac{\Lambda \pi G}{3} P$$

که با وارد کردن این پارامتر در معادلات شرط ایستا بودن جهان حفظ می‌شد اگر

چه مسائل قبل تا حدودی حل می‌شد پس $R''=0$, $R'=0$ و $R=R_0$.

$$\frac{KC^2}{R_0^2} - \frac{\Lambda}{3} = \frac{\Lambda \pi G}{3} P$$

$$\frac{KC^2}{R_0^2} - \Lambda = -\frac{\Lambda \pi G}{3} P$$

و مقدار آن برابر است با:

$$P_\lambda = P, \quad \frac{\Lambda}{\Lambda \pi G}$$

$$\Lambda = \Lambda \pi G P_\lambda \quad \text{یا}$$

البته همانطور که گفته شد مدل انیشتین با مشاهدات تجربی توافق نداشت به خصوص وقتی که ادوین هابل مساله عدم پایداری فضا را مطرح نمود و اذعان داشت که فضا در حال انبساط است و هر چه به سوی کهکشانهای دورتر پیش رویم این سرعت انبساط افزایش می‌یابد، در این خصوص در فصل قبل توضیحات مبسوط ارائه شد، علی‌ای حال با نظریه هابل انیشتین با چالشی خاص مواجه شد به طوری که آلبرت انیشتین اضافه نمودن ثابت Λ را به فرمول و مدل اولیه بزرگترین اشتباه علمی خود قلمداد نمود و به ظاهر مدل انیشتین و ثابت کنار گذاشته شد.



اگر چه در سالهای بعد در نظریات کیهان شناسی در چالشی که در مدل‌های آن بوجود آمد مقدار A دوباره به عنوان عنصری موثر، نه در حال حاضر بلکه در سالهای اولیه تکوین مطرح شد.

هابل با ارائه فرمول $V=Hd$ مدعی این مساله شد که فاصله با مسافت نسبت مستقیم دارد هر قدر مسافت بیشتر شود، d افزایش می‌یابد، باری این قانون فرار کهکشانی که بعداً قانون هابل خوانده شد منافاتی با همگنی فضا، و یا ممتاز نبودن جای ما در عالم ندارد و می‌توان به سادگی نشان داد در هر جا دیگر عالم که باشیم همین قانون هابل برقرار است. آن زمان نتایج رصدی حکایت از آن داشتند که سرعت فرار به ازای مگا پارسک برابر ۵۰۰ کیلومتر در ثانیه است، این عدد ثابت هابل نامیده می‌شود.

البته بدست آوردن عدد صحیح این ثابت مورد کار مستمر کیهان شناسان بود، کمترین مقداری که تا سال ۱۳۷۴ بدست آمده برابر ۴۰ کیلومتر بر ثانیه بر مگا پارسک بوده است، امروزه معمول این است که $H=100h$ در نظر گرفت می‌شود. $\frac{1}{4} < h < 1$ می‌باشد، این قانون هابل اثر دوپلر کیهانشناختی است، که قبلاً در مورد آن صحبت شد.

مدل فریدمن - روبرتسون - واکر

با پذیرش مدل انبساط عالم و نسبیت عام مدل‌های زیادی در راستای تحلیل و ارائه مدل‌های خاصی نظیر مدل انیشتین ارائه شد که همه آنها با آنچه با تجربه سازگار است موافقت ضمنی دارد. رصدها به آن حد نیست که بتوانیم یکی از آنها را به عنوان مدل نهایی ذکر کنیم.

مدلی که بعد از مدل انیشتین ارائه شد لاجرم همان شرایط مدل قبل از جمله همگنی همسانگردی و هم ارزی را شامل بود به علاوه اینکه با پذیرش قانون هابل حکایت از ناپایداری در مدل را نیز ارائه می‌داد.

یکی از این مدل‌ها توسط فریدمن - روبرتسون - واکر ارائه شد، که در مدل مذکور بنا به چگالی و شار کیهانی موجود در کیهان و اعمال فرمولهای نسبیت عام مدلی ارائه



شد که در شرایطی حاکی از عالم به شکل منحنی بسته و در شرایطی عالمی به صورت منحنی باز و در شرایطی تخت را نشان می‌داد.

در این حالت اگر به علت انبساط عالم انرژی جنبشی موجود در آن را برابر $\frac{1}{2}mv^2$ « مثلاً در حال حاضر » و انرژی پتانسیل گرانشی ناشی از جرمهای درون R ,

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{R}$$

با توجه به بقای انرژی مکانیکی $E=E$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{R} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{R}$$

با افزایش ابعاد جهان رفته رفته R خیلی بزرگتر از R می‌شود پس از قابل صرفنظر

کردن است پس $R \gg R$

$$* \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM}{R} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow V^2 = V_0^2 - \frac{2GM}{R}$$

$$* M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho \Rightarrow V^2 = V_0^2 - \frac{2G}{R} \left(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho \right)$$

$$* V^2 = V_0^2 - \frac{4G\pi}{3} \rho R^2 \Rightarrow V^2 = V_0^2 \left(1 - \frac{P_0 R^2 \Lambda G \pi}{3V_0^2} \right)$$

بر این اساس نتیجه می‌گیریم $V_0 = HR$

$$* V^2 = V_0^2 \left(1 - \frac{P_0 R^2 \Lambda G \pi}{3H^2 R^2} \right) \Rightarrow V^2 = V_0^2 \left(1 - \frac{P_0}{3H^2} \right)$$

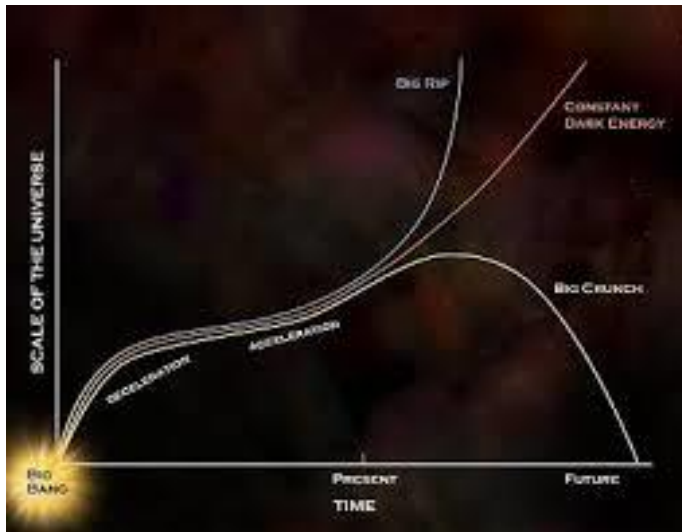
پس $P_c = \frac{3H^2}{\Lambda \pi G}$ را چگالی بحرانی عالم می‌نامیم.

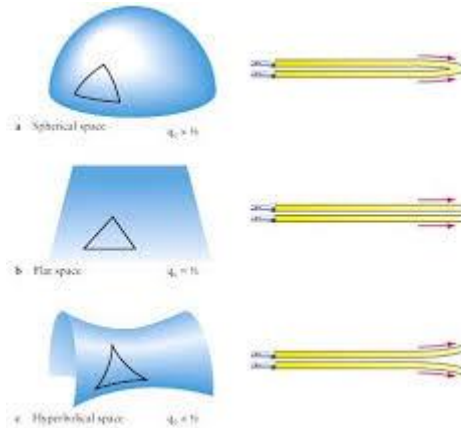
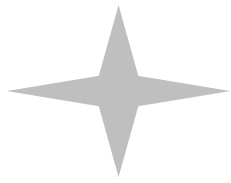
حال در این صورت در $V^2 = V_0^2 \left(1 - \frac{P_0}{P_c} \right)$ اگر $P_0 = P_c$



باشد $\frac{P_0}{P_c} = 1$ در این جهان تخت خواهد بود و سرعت انبساط تغییر نکرده پس متوقف نمی شود. اگر $\frac{P_0}{P_c} > 1$ باشد، جهان ناپایدار بوده و زمانی انقباض خواهد یافت و جهان بسته خواهد بود.

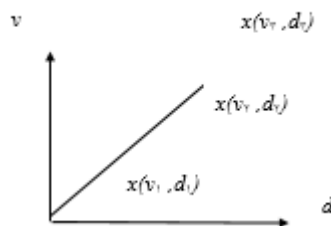
و اگر $\frac{P_0}{P_c} > 1$ باشد، جهان تا ابد انبساط خود را ادامه خواهند داد و جهان باز خواهد بود.





تعیین ثابت هابل و چگالی بحرانی عالم:

برای تخمین ثابت هابل تعدادی کهکشان در فواصل ۱۰ تا ۱۰۰ سال نوری را انتخاب می‌کنیم و به صورت تجربی کمیات را اندازه گیری می‌نمائیم.

$$(v_1, d_1) (v_2, d_2) (v_3, d_3)$$


جای این نقاط را در مختصات فوق تعیین نموده و بهترین خط را از آنها عبور می‌دهیم، شیب خط را بدست می‌آوریم آن شیب نشان دهنده ثابت هابل می‌باشد، که حدوداً بین

$100 - 140 \frac{km}{SMP_c}$ بدست آمده است.

پس با میانگین ثابت هابل و دانستن $G = 6.67 \times 10^{-11}$ می‌توان از فرمول $p_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G}$ مقدار چگالی بحرانی را بدست آورد که حدوداً $P_c = 6 \times 10^{-27}$ می‌باشد.



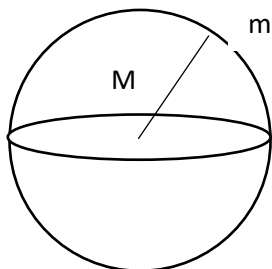
آیا ثابت هابل وابسته به زمان است؟ «نظریه انفجار بزرگ»

اگر چه فضای جهان را به صورت کره‌ای در نظر بگیریم مواد درون کره شتاب گرانشی را در امتداد شعاع اعمال می‌کند که داریم:

$$f = -\frac{GMm}{R_*^2} \Rightarrow \frac{-GMm}{R_*^2} = ma \Rightarrow a = \frac{-GM}{R_*^2}$$

$$f = ma$$

از طرفی می‌توان مقدار جرم موجود در درون کره را به اینگونه بدست آورد:



$$M = \frac{4}{3}\pi R_*^3 \rho$$

با جایگزینی عبارت فوق در $a_* = \frac{-GM}{R_*^2}$

داریم $a_* = -\frac{G \times \frac{4}{3}\pi R_*^3 \rho}{R_*^2}$ پس با ساده کردن آن داریم

$$a_* = -\frac{4}{3}\pi G \rho R_*$$

می‌توان نوشت $\frac{a_*}{H_*^2} = -\frac{4}{3}\pi G \rho R_*$

از آنجا که ما به دنبال ظاهر کردن مقدار $P_C = \frac{4}{3}\pi G \rho R_*^2$ در عبارت قبل هستیم تبدیلات

را به گونه اخیر دنبال می‌کنیم $\frac{-a_*}{H_*^2} = \frac{4}{3}\pi G \rho R_*$

و $\frac{a_*}{H_*^2} = \frac{1}{2} \frac{P_C}{\pi G}$ بنابراین $\frac{-a_*}{H_*^2} = \frac{P_C}{2P_C}$ پس داریم:

$$\frac{-a_*}{H_*^2 R_*} = \frac{P_C}{2P_C}$$



در اینجا پارامتری را به صورت $q = \frac{-a}{H^2 R} = \frac{P}{2P_c}$ معرفی میکنیم و پارامتر q را پارامتر کند شوندگی مینامیم.

اگر چنانچه $P < P_c$ باشد پس $\frac{P}{P_c} < 1$ و عبارت $q = \frac{P}{P_c} \times \frac{1}{2}$ ، $q < \frac{1}{2}$ خواهد بود. در این حالت جهان انبساطی یعنی باز است. و اگر $P > P_c$ باشد پس $\frac{P}{P_c} > 1$ و در عبارت

$q = \frac{P}{P_c} \times \frac{1}{2}$ ، $q > \frac{1}{2}$ خواهد بود که حاکی از جهانی انقباضی و بسته خواهد بود.

همواره پارامتر $q > 0$ می‌تواند در مدل‌های کیهان‌شناسی نشان دهنده انبساط و یا انقباض عالم باشد.

در ادامه بحث داریم $V = HR$ و اگر مقدار V متغیر باشد پس داریم:

$$\begin{aligned} * \frac{dV}{dt} &= \frac{dH}{dt} R + \frac{dR}{dt} H \\ ** \frac{dV}{dt} &= a, \frac{dR}{dt} = V \end{aligned}$$

پس با * و ** میتوان عبارت $a = \frac{dH}{dt} R + HV$ را نتیجه گرفت.

اگر به جای V در عبارت فوق HR را قرار دهیم خواهیم داشت:

$$a = \frac{dH}{dt} R + H(HR)$$

و با تقسیم این عبارت بر RH^2 داریم:

$$\frac{a}{RH^2} = \frac{R}{RH^2} \cdot \frac{\Delta H}{dt} + 1$$

که عبارت $q = \frac{a}{RH^2}$ میباشد، پس

$$1 + q = -\frac{1}{H^2} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t}$$

عبارت $1 + q$ همواره مثبت است پس عبارت سمت راست نیز باید همواره مثبت

باشد. پس $0 < \frac{dH}{dt}$ بوده یعنی با گذشت زمان H در حال کم شدن است و چون $q > 0$ ،

می‌باشد پس $1 + q \neq 0$ بوده پس $\frac{\Delta H}{dt} \neq 0$ پس مقدر ثابت هابل لاجرم متغیر خواهد بود

و وابسته به زمان.



از بحث اخیر نتیجه حاصل می‌شود هر چه به ابتدای خلقت نزدیکتر شویم ثابت هابل بزرگتر میشود و بعید نیست $\frac{\Delta H}{dt}$ آهنگ انبساط جهان را مشخص نماید. از عبارات فوق نتیجه می‌شود که در ابتدای خلقت آهنگ انبساط جهان به مراتب قوی تر بوده پس بعید نیست که ابتدای جهان از انفجار حاصل شده باشد.

تخمین عمر جهان با استعانت از ثابت هابل:

از آنجا که داریم $V=HR$ پس $H = \frac{V}{R}$ و به عبارت دیگر $\frac{1}{H} = \frac{V}{R}$ همانطور که روشن است دیمانسون $\frac{1}{H}$ مقیاس زمانی را نشان می‌دهد. پس از جنس زمان است پس $t = \frac{1}{H}$ با دانستن مقدار ثابت هابل می‌توان عمر کیهان را تخمین زد که حدوداً $1/8 \times 10^{10}$ سال بدست می‌آید.

با تمام تفاسیر فوق الذکر نظریات کیهان شناسی شکل جهان را در حال حاضر چگونه تخمین می‌زند؟

برای پاسخ به پرسش فوق می‌بایست مقدار p_c را در حال حاضر بدست آورد طبق آنچه شواهد نشان می‌دهد اگر جرم مواد موجود در جهان اعم از جرم مواد مرئی، جرم معادل تابش اجسام، جرم گازها و گرد و غبارها و اجرامی چون سیاهچاله را با هم جمع و بر حجم عالم که شعاع آن طبق شواهد رصدی که در عمر جهان ذکر شد مضربی از 10^{10} سال می‌باشد مقدار $\frac{kg}{m^3} = 2 \times 10^{-28}$ بدست می‌آید و با تقسیم آن بر p_c داریم:

$\frac{p_c}{p_c} = \frac{1}{3}$ پس $\frac{p_c}{p_c} = \frac{2 \times 10^{-28}}{6 \times 10^{-27}}$ بدست می‌آید پس $P_c < P_c$ یعنی جهان فعلی یک جهان انبساطی و باز محاسبه می‌شود.

اما محاسبات نظری و نیز بعضی از داده‌های غیر مستقیم که به آن اشاره خواهیم کرد حکایت از مدل تخت می‌کنند. این است که اکثر کیهان شناسان مدل تخت را مدل مناسب برای عالم می‌دانند. در این صورت مقدار ماده‌ای در جهان وجود دارد که حدود



۹۰ درصد ماده عالم را تشکیل داده و جهان را به صورت تخت در آورده است و آثاری از آن مستقیماً بدست نیامده است، که به آن ماده تاریک می‌گویند.

البته در گذشته این ماده را ماده گم شده نام نهاده بودند، ولی این نام درستی نبود چرا که ماده‌ای گم نشده بلکه این ماده کشف نشده است پس همان ماده تاریک به آن اطلاق می‌شود. این ماده از مسائل بغرنج کیهان‌شناسی معاصر است که شاید بازگشایی گره از آن گره بسیاری از مسائل روز کیهان‌شناسی را بدنبال دارد.

مدل انفجار بزرگ:

همانطور که در متون قبل بدان اشاره شد شواهد تجربی و نظری حکایت از آن داشت که چگالی عالم در گذشته زیاده بوده و مقدار ثابت هابل نیز که آهنگ انبساط جهان را نشا نمی‌دهد بیش از حد حاضر بوده است پس اعتقاد بر این است که آغاز جهان با انفجار عظیمی شروع شده که به این نظریه به اصطلاح نظریه مه‌بانگ یا *Big Bang* اطلاق می‌شود.

مدل اخیر پیشنهاد می‌کند که جهان در لحظه $t=0$ با انفجاری عظیم شروع شده و با گذشت زمان سرعت انبساط کاهش یافته است.

در نظریه بیگ بنگ اذعان می‌شود همانگونه که جهان در حال حاضر در حال انبساط است اگر فیلم گذر زمان را به عقب ببریم خواهیم دید که جهان منقبض شده و همه عالم و کهکشانها در مکانی با هم تلاقی کرده، اتمها و ملکولها می‌شکنند و باز بر اثر تراکم ذرات زیر اتمی باز هم در هم می‌شکنند تا در لحظه $t=0$ ماده خاصی در عالم وجود داشته که اطلاعات خاصی از آن در دسترس نیست و همانطور که جهان تراکم پیدا می‌کند بالتبع دما و چگالی تا حد زیادی افزایش می‌یابد در این نظریه ادعا می‌شود که جهان آغازین در آنجا وجود داشته و ناگهان منفجر شده و پس از گذر زمان در ثانیه‌های اول ذرات بنیادی و در ثانیه‌های بعد اتمها و بالاخره ملکولها شکل گرفته و در اثر گذر زمان ماده به شکل امروزی بروز کرده و ستارگان و کهکشانها به وجود آمده و فضا و زمان اتساع یافته‌اند.



مراحل گوناگون تاریخ کیهان طبق مدل بیگ بنگ:

دوره‌های هادرونی:

در آغاز این دوره، دمای جهان به حدی بالا بوده است که حتی نمی توان پدیده‌هایی را که توانسته اند در آن صورت پذیر شوند تصور کرد. سیال کیهانی احتمالاً بسیار پیچیده و مرکب از ذراتی است که ماهیت آنها هنوز شناخته نشده است. در عوض به محض آنکه دما تا $10^{13} k$ کاهش یافته تشعشع به صورت ترکیبی از هادرونها « هستکها، مزونها، و غیره »، لپتونها « الکترونها، میونها » و فوتونها درآمد. این دوره هنگامی پایان یافت که انرژی گرمایی از جرم سبکترین هادرونها، یعنی مزون A که در حدود 100 Mev است کمتر شد « 10^{-4} ثانیه »

مرحله لپتونی:

هنگامی که دما از $10^{12} k$ کمتر می‌شود، هادرونها دیگر نمی توانند خود به خود و به طور طبیعی شکل شوند در این دما آنها زودتر به نابودی کشیده می‌شوند. در این صورت، تشعشع اصولاً ترکیبی از لپتونها « الکترونها و میونها » و نوترینوها و فوتونهاست، این دوره به علت غلبه وجود نشانه‌هایی از لپتونها، مرحله لپتونی نامیده می شود. این دوره حدود ده ثانیه طول می‌کشد. تا اینکه انرژی گرمایی به کمتر از $0/5$ (Mev) برسد در این مدت، چگالی جهان از 10^{13} به 10^4 g.cm^3 می‌رسد « 10 ثانیه »

مرحله تشعشع:

هنگامی که دما کمتر از Mev است لپتونها دیگر تشکیل نمی شوند و گرایش به ناپدید شدن دارند به این ترتیب در طول مدت مرحله تشعشع غلبه با فوتونهاست چون جهان انبساط پیدا می‌کند، چگالی ماده کم می‌شود

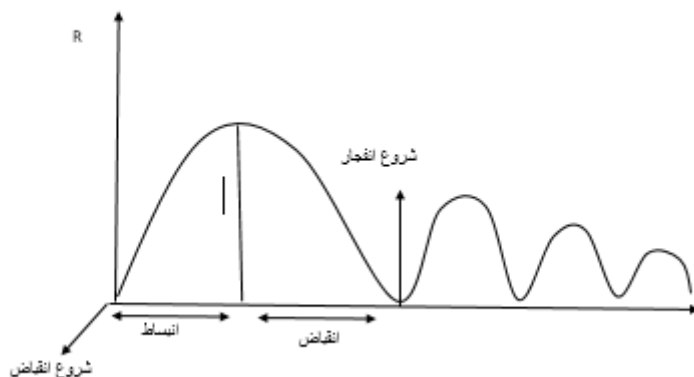
و فوتونها قبل از تحمل میانکش با ماده می‌توانند راههای بیش از پیش طولانی را طی کنند در نتیجه تاثیر مقابل فوتونها با ماده قطع می‌شود که این رویداد معرف پایان مرحله تشعشعی است.

مرحله ستاره‌ای:

در این دوره (دقیقه $t=3$) انرژی فوتونها از جرم هسته کمتر می شود. از گلوله آتشین آغازین ماده بر جای می ماند و باز مانده ای از تشعشع در دمای $2/7 k$ و فوتونهایی که در مراحل هادرونی و لپتونی توانسته اند از تحول بگریزند، به این تحول که با پایان آتشبازی آغازین و شروع چهارمین دوره همزمان است « مرحله ستاره ای » گفته می شود و تا عصر ما ادامه دارد.

سرانجام از دید نظریه بیگ بنگ:

با توجه به اینکه P در حال کاهش است و جهان در حال اتساع با گذشت زمان P_C نیز کم می شود و سرانجام شرایطی به وجود می آید که انبساط متوقف شده و جهان منقبض می شود و شاید دوباره بیگ بنگ دیگری روی دهد و همین طور الی آخر و شاید این بیگ بنگی که ما در آن به سر می بریم اولین مرحله بیگ بنگ نباشد به این مدل نوسانی نیز گویند.



البته قابل ذکر است که مدل بیگ بنگ تنها مدل حاکم بر تئوریهای مدل عالم نبود بلکه مدل انبساط پایا از همان اوایل توسط هوایل ابداع و ارائه شد.



مدل انبساط پایا:

هوایل معتقد است که قوانین بقا در فیزیک نمی‌تواند جهانی باشد چون تجربه نشده است. او معتقد است که ماده دائماً از منشا ناشناخته در حال خلق است و به جهان تزریق می‌شود تا چگالی جهان ثابت بماند پس انبساط جهان ازلی و ابدی است.

مقدار ماده‌ای که به جهان تزریق می‌شود چه مقدار است:

$$P = \frac{m}{V}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta\left(\frac{1}{V}\right) &\approx \frac{\Delta V}{V^2} \\ \Delta V &= \xi \pi r^2 \Delta r \\ V &= \frac{\xi}{3} \pi r^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\left(\frac{1}{V}\right) = \frac{\xi \pi r^2 \Delta r}{V \times \frac{\xi}{3} \pi r^3} = \frac{3 \Delta r}{rV}$$

مقدار خلق ماده در ثانیه در واحد حجم: $\frac{\Delta P}{\Delta t}$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta}{\Delta t} \left(\frac{m}{V} \right) &\approx \frac{m \Delta V}{V^2 \Delta t} = \frac{M \times 3 \Delta r}{r V \Delta t} \\ \frac{\Delta P}{\Delta t} &= \frac{M}{V} \cdot \frac{3 \Delta r}{r \Delta t} = p \cdot \frac{3 \Delta r}{r \Delta t} \Rightarrow p \frac{3V}{r} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta P}{dt} = \frac{3pHr}{r} = 3PH$$

$$\frac{\Delta P}{dt} |_{t.} = 3p.H \Rightarrow \frac{\Delta P}{dt} |_{t.} = \frac{3 \times 2 \times 10^{-28} \frac{kg}{m^3}}{1.8 \times 10^{10} \text{ سال}} = 3 \times 10^{-38} \frac{kg}{m^3} \text{ سال}$$

یعنی مقدار ماده‌ای که در لحظه به حجم جهان اضافه می‌شود برابر با

سال $3 \times 10^{-38} \frac{kg}{m^3}$ می‌باشد راه عملی برای اندازه‌گیری نداریم پس نمی‌توان این

نظریه را با تجربه رد کرد.

همانطور که مشاهده می‌شود فرد هوایل اختر شناس انگلیسی و نارلیکار کیهان شناس هندی بر این باورند که چیزیه نام مهبانگ وجود ندارد، در عالم دائماً ماده آفریده می‌شود، این دو واقعیت مهم در نظریه حالت پایا است. این کیهان شناسان در سی سال گذشته سعی کرده‌اند این نظریه را مطرح نگه دارند و پدیده‌های متفاوت



کیهانی را در قالب آن توجیه کنند، اما پیروان این نظریه بسیار اندکند، در مجموع کیهان‌شناسان با قبول مدل استاندارد سعی دارند مشکلات آن را با تصحیح نظریه مرتفع کنند، که مرام تورمی یا مدل‌های تورمی برای عالم از این نوع است.

نظریه حالت پایا، یا نظریه بیگ بنگ:

در پی ارائه مدل‌های مختلف در زمینه کیهان‌شناسی مردم به این فکر افتاده‌اند که از میان آنها مدلی را بر همه ترجیح دهند و در پی تجربیات و اکتشافات متعدد در راستای اثبات یکی از آنها بودند، یکی از این تجربیات، تجربه امواج

CMB “Cosmic Microwave Background” بود که در مورد آن به مطالعه

میپردازیم.

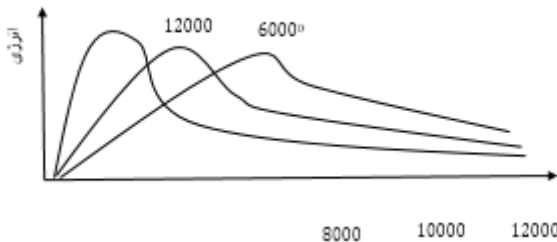
امواج CMB “Cosmic Microwave Background”

از پدیده‌های مهم کیهان‌شناسی و شاید تنها باز مانده حالت اولیه تابش زمینه کیهانی است که در عالم وجود دارد قبل از پرداختن به این موضوع خوب است از تابشی به نام تابش جسم سیاه سخن به میان آوریم.

اگر چنانچه اتاقی وجود داشته باشد با پنجره‌ای بزرگ به طوری که نور به راحتی وارد آن شود و از آن خارج شود به طوری که ما از داخل اتاق بیرون و از بیرون داخل اتاق را ببینیم پس این حالت، حالت عادی تلقی می‌شود. حال بر فرض پنجره اتاق را کوچک و کوچکتر می‌کنیم به طوری که نور وارد اتاق شود و به دیوارهای اتاق برخورد نماید و انعکاس یابد ولی بیرون آمدن دوباره نور از پنجره کوچک بعید به نظر می‌رسد یعنی عملاً با آنکه نور در اتاق در انعکاس است ولی ناظر که بیرون است داخل اتاق را از درون حفره تاریک خواهد دید، پس این حالت را حالت جسم سیاه می‌گویند. جسم سیاه مشخصه‌ای دارد که میتوان دمایی به آن نسبت داد که این مشخصه رابطه بین طول موج و شدت تابش است. در تابش جسم سیاه 240000° که جسم تمام طول موجها را تابش می‌کند ولی بنا به دمایی که جسم دارد مقدار طول موجی که در حالت بیشینه است مثلاً: سطح خورشید با دمای بالغ بر 6000° درجه سانتیگراد همه طول



موجها را تابش می‌کند ولی طول موج زرد را از همه بیشتر تابش می‌کند در این تجربه هر قدر دمای جسم بیشتر شود طول موج بیشینه تابشی بسوی طول موجهای کوتاهتر میل می‌کند پس می‌توان از روی بیشینه طول موج تابش دمای جسم سیاه و یا از روی دمای جسم سیاه، بیشینه تابش را تعیین نمود.



که برای پی بردن به دمای یک جسم سیاه می‌توان از فرمولی موسوم به وین نیز استفاده نمود

$$\lambda_{max} = \frac{\text{مقدار ثابت}}{T}$$

که اگر طول موج با سانتی متر و دما با مقیاس کلوین اندازه گیری شود مقدار ثابت برابر 0.2897 cm.k خواهد بود. که برای محاسبه اگر دمای خورشید 6000 درجه کلوین باشد $\lambda_{max} = 4.8 \times 10^{-5}$ سانتی متر است که تقریباً برابر 5000 آنگستروم می‌باشد. برای پی بردن به دمای سطحی ستارگان نیز با آلایز نور گسیلی از ستارگان و پی بردن به مقدار λ_{max} دمای سطح یک ستاره قابل تخمین زدن است.

حال بر می‌گردیم به مدل‌های عالم طبق نظریه جورج گاموف که ادعا در انفجار اولیه داشت، دیدیم جهان به مرحله‌ای می‌رسد که مرحله تشعشع می‌باشد که قبل از این درباره آن صحبت کردیم که در این مرحله دما کمتر از 1 Mev است و لپتونها دیگر تشکیل نمی‌شوند و گرایش به ناپدید شدن دارند به این ترتیب در طول مدت مرحله تشعشع غلبه با فوتونهاست، چون جهان انبساط پیدا می‌کند چگالی ماده کم می‌شود و فوتونها قبل از تحمل میانکش با ماده می‌توانند راههای بیش از پیش طولانی را طی کنند

در نتیجه تاثیر متقابل فوتونها با ماده قطع می شود که این رویداد پایان مرحله تشعشعی است.

اکنون عالم را در کل در نظر بگیریم، داخل آن فوتونها، امواج الکترومغناطیس گیر افتاده اند مانند، مثال اتاکی که درباره آن صحبت کردیم اما مانند اتاق دیواره ندارد چرا که هر چه هست عالم است و لاغیر. بر اثر گذشت زمان و انبساط عالم که در مباحث قبل درباره آن صحبت کردیم وقتی که جهان منبسط می شود بر هم کنش گاز فوتونی موجود در عالم با ماده کم شده و طول موج موجود در فوتونها به علت گرایش به قرمز رفته، رفته سردتر می شوند و مواد به صورتهای کلوخه ای یا ستاره ای در اقصی نقاط عالم نمود پیدا می کند. جورج گاموف فیزیکدان روسی پیش بینی کرده بود هم اکنون دمای عالم باید حدود ۲۵ درجه کلون باشد یعنی ۲۵ درجه از صفر مطلق بیشتر، وقتی گاموف این نظریه را ارائه داد با واکنش سرد تجربه گرایان مواجه شد و اقدام در خوری در راستای اثبات آن در جهان حاصل نشد.

تا آنکه در سال ۱۳۴۳ هجری شمسی دیکی فیزیکدان مشهور از دانشگاه پرینستون با همکاریانش این مساله را دوباره بررسی کردند و به دمایی کمتر از آنچه گاموف پیش بینی می کرد رسیدند در همان سال در آزمایشگاه بل، که از پرینستون دور نیست دو نفر به نام پنز پاس و ویلسون با یک آنتن بزرگ شیپوری که روی امواج گسیلی از ماهواره ها کار می کردند شاهد یک سری نویزها یا نوفه های خاصی شدند که توسط آنتن دریافت می شد و از جمله ویژگی های این نوفه ها این بود که از همه جای عالم به صورت همگن منتشر می شد و این تحقیق نشان می داد با طول موج حدود ۷ سانتی متر که دمایی بالغ بر ۳/۵ درجه کلون از خود ساطع می کنند مواجه هستند، بررسی های این گروه و هماهنگی آنها با پرفسور دیکی این مساله را به وجود آورد که شاید این نوفه های دریافتی همان امواج CMB باشد. این کشف برای کیهان شناسان بسیار پر اهمیت بود و به این ترتیب کیهان شناسی وارد دوره جدیدی شد.



افراد زیادی گرایش به طرف آن پیدا کردند البته با این اکتشاف بنیانهای نظریه بیگ بنگ قوت گرفت و در عوض بنیانهای نظریه‌هایی مثل نظریه هویل سست تر شد و جالب اینکه اسم نظریه بیگ بنگ توسط خود هویل در پی سخنرانی رادیویی که در حال انتقاد و طعنه بر این نظریه بود برای اولین بار بیان شد که توسط جناب دکتر رضا منصوری در فارسی به نام مهبانگ ترجمه شد.

علی‌ای حال نظریه مذکور بعد از این تجربه بارها تجربه شد و ماهواره‌ای نیز تحت عنوان ماهواره کوبی در این بازه تحقیقات وسیعی را انجام داد و در طی تحقیقات نهایی دما حدود $2/7$ درجه کلونین اندازه گیری شد.

دقت این اندازه گیری‌ها تا به حدی است که ناهمگنی‌ها و ناهمسانگردی‌های عالم اولیه در آن منعکس است و بحث داغ این روزها در کیهان شناسی است، شاید این بحثها در آینده منجر به درک عمیق تر ساختار فضا و زمان در عالم اولیه بشود.

تائیده‌ای دیگر بر نظریه بیگ بنگ:

هلیوم و دوتریوم:

اگر چه تابش زمینه CMB دلیل محکمی در زمینه بیگ بنگ را ارائه می‌داد ولی طرفداران نظریه پایا به علت اینکه تابش CMB در تمام طول موجها به اثبات نرسیده بود این دلیل را محکم نمی دانستند ولی از آنجا که با ارائه این تئوری و اثبات تجربی آن قشر بسیاری از اختر فیزیکدانان به کیهان شناسی روی آوردند تحقیقات در زمینه تابشهای کیهانی شدت بیشتری را گرفت و تحقیق روی عناصر موجود در کائنات جلوه‌ای دوباره پیدا کرد.

همان طور که می‌دانیم دسترسی مستقیم به مواد موجود در عالم به سادگی میسر نیست و بشر فقط فعلاً در حد دستیابی به کانیهای از کره ماه یا مریخ و یا تحقیق بروی شهاب سنگها که پیام آوران عرصه ماورای پهنه منظومه شمسی هستند با دسترسی مستقیم به این مواد، نوع مواد و همچنین درصد فراوانی آنها را مورد تحقیق قرار داد ولی تفاوت خاصی بین این ترکیبات با ترکیبات زمینی وجود نداشت.



اما اکثر تحقیقات ستاره شناسان فیزیکی، در طیف گسیلی از ستارگان است چرا که تنها چیزی که از آنها در دسترس ماست همین طیف است و جالب آن است که همین طیف حکایت فراوانی از عناصر تشعشعی خود را با خود به همراه دارد، چرا که هر عنصری در دمای معین طیف خاصی از خود گسیل می‌کند که آن طیف فقط متعلق به همان عنصر است و به مصابه اثر انگشت می‌باشد در انسانها، چگونه با تمام کثرت نفوس یک اثر انگشت مشابه یافت نمی‌شود، پس با توجه به تعدد عناصر و ملکولها و یونها نیز هیچ طیف مشابهی از هر نظر در آنها وجود ندارد پس هر طیفی نماینده یک عنصر است، پس با آنالیز و طیف سنجی می‌توان نور ستارگان را تفکیک و مواد موجود در کائنات را معین نمود.

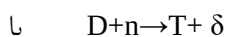
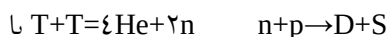
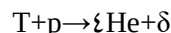
با تحقیقات انجام شده، عمده ماده موجود در کائنات هیدروژن و هلیوم تشخیص و حتی نسبت این دو نسبت به هم معین می‌شود. نسبت این دو عنصر در ستارگان و حتی محیط‌های میان ستاره‌ای متفاوت است چرا که در درون ستارگان به علت فعالیت‌های همجوشی هسته‌ای دائماً عناصر سبکی چون هیدروژن به هلیوم و هلیوم به کربن و همین طور به عناصر سنگین دیگر مبدل می‌شود به طوریکه در ستارگان جوانتر درصد هیدروژن و هلیوم بیشتر و در ستارگان پیر این نسبت کمتر می‌باشد و این نسبت در محیط‌های میان ستاره‌ای و سحابیها که هیچ گونه فرایند همجوشی در آن اتفاق نمی‌افتد، همواره ثابت و متفاوت می‌باشد.

از آنچه در جهان حاصل شد حدود ۲۵ درصد عناصر موجود در کائنات هلیوم، ۲ درصد عناصر سنگین و مابقی هیدروژن می‌باشد اما آنچه قابل توجه است این است که با توجه به تعداد ستارگان در آسمان مقدار هلیوم در کائنات بسیار بیشتر از حد مورد محاسبه است و ستارگان حدود ۱۰ درصد این مقدار را می‌توانند به وجود آورند، ما بقی این هلیوم از کجا تامین شده است؟

اکثر اندیشمندانی که در پی توجیه این مساله بودند متد بیگ بنگ را لحاظ نموده و توضیح داده اند، علاوه بر هلیوم، دوتریوم نیز از جمله عناصر بحث بر انگیز کائنات



است. دوتریوم که از ایزوتوپهای هیدروژن است، هسته‌ای هیدروژنی یا یک نوترون اضافه دارد، پیدا نمودن این عنصر در ستارگان بسیار بعید است چرا که با اینکه در ستارگان تولید می‌شود ولی ساختارش به گونه‌ای است که زود به هلیوم مبدل می‌شود.



که T عنصر تیرتیوم است که همانگونه که ملاحظه می‌شود در ستارگان در کسری از ثانیه به هلیوم یا عناصر دیگر مبدل می‌شود، می‌توان به جرات گفت روند تولید و ماندن آن در کائنات به صفر گرایش دارد ولی در محیطهایی موجود است و این بدان دلیل است که در آغاز پیدایش جهان، کاهش سریع دما به مرور زمان بر اثر واکنش $n+p$ دوتریوم را تشکیل داده که نابود نشده است، محاسبات نشان می‌دهند که فراوانی دوتریوم مشاهده کنونی با ترکیب هسته‌ای آغاز جهان تطابق قابل ملاحظه‌ای دارد. البته به فرض اینکه چگالی فعلی جهان $10^{-31} \text{ g.cm}^{-3}$ باشد و این چگالی تقریباً با کمترین حدی که برای کهکشانها معین شده مطابقت دارد چنین چگالی البته متضمن جهانی «باز» بوده یعنی جهانی که به طور بی پایان در حال انبساط است، از طرفی تشکیل هلیوم و دوتریوم در آغاز آفرینش نشان از دما و چگالی شدت بالا را دارد که یکی از مواد هست که با چگالی موجود در جهان که محاسبه و رویت شده تطابق ندارد چرا که این ماده فعلی ۱۰٪ ماده مورد لزوم است و ردپائی از ماده تاریک در اینجا به چشم می‌خورد، البته با بررسی دمای کهکشانهای دور می‌توان تشخیص داد که طی تحقیقاتی که تلسکوپ ۱۰ متری کک در سال ۱۳۷۳ انجام داد کهکشانی رصد شد که در دور دست بسر می‌برد و در بررسی طیف آن که مربوط به سالهای دور بود دمای زمینه آن حدود ۱۲ درجه کلونین منظور شد که با دمای زمینه معاصر که حدود ۲/۷ درجه کلونین است



تفاوت فاحشی دارد و این دما نیز با محاسبه تئوری بیگ بنگ مطابقت کامل داشت حال مساله سر این است که چگالی جهان واقعاً چگونه است؟

معمای ماده تاریک:

همان طور که اشاره شد از دیر باز بشر با طرح مساله فضا و زمان به فکر این بوده که محدوده فضا و زمان را مشخص کند و در اعصار مختلف در مکاتب گوناگون فلسفی و حکمی به گونه‌های مختلفی این مساله عنوان شده است، در دوران با بلوغ مکتب غلمی غرب در نسبیت عام انیشتین محدوده فضا را به صورت فیزیکی و ریاضی معین نمود و تا جائیکه نمود و آثار ماده وجود دارد را، محدوده فضا معین کرد همان گونه که در مکتب حکمب متعالیه، صدرای شیرازی نیز تا جائی از این حقیقت چهره گشائی نموده بود. علی‌ای حال این ماده است که شکل فضا - زمان را معین می‌کند که در فصول قبل تا اندازه‌ای از آن صحبت نمودیم، پس لزوم وجود مقدار ماده در عالم یکی از مهمترین مسائل کیهان شناسی محسوب می‌شود، ولی مقدار جرم عالم را چگونه مشخص کنیم.

برای جواب به این مطلب کافیت نگاهی به محاسبه جرم خورشید اندازیم برای اندازه گیری جرم خورشید از قانون سوم کپلر مدد می‌گیریم و با توجه به پرید و فاصله سیارگان دوار به دور این جرم، جرم ستاره خورشید را تخمین می‌زنیم:

$$\frac{\xi \pi^2}{GM_s} = \frac{T^2}{r^3}$$

و از آنجا که داریم:

$$V_s = \frac{2\pi r_s}{T_s}$$

پس:

$$M_s = \frac{V_s^2 r_s}{G}$$

از این روش اگر سرعت زمین در مدار خود را $V_s = 3 \times 10^4 \frac{m}{s}$ و فاصله زمین از خورشید را $m \ 1,5 \times 10^{11}$ و $G = 6,67 \times 10^{-11}$ در نظر بگیریم، جرم خورشید



بدست می‌آید و در مورد سیارات دیگر و خورشید نیز نتایج مشابه بدست می‌آید.

حال اگر محدوده فعالیت خود را از حوزه خورشید وسیعتر کنیم و به جای مطالعه روی سیارات روی سرعت ستارگان و از جمله خود خورشید حول مرکز کهکشان بحث را گسترش دهیم، حال با جرم کهکشان مواجه هستیم، اگر تعداد ستارگان درون کهکشان را بدانیم و فرض کنیم که میانگین جرم آنها به اندازه خورشید باشد می‌توان جرم کهکشان را به طور تقریب تخمین زد، مثلاً با فرض وجود ۱۰ ستاره در کهکشان باید بتوانیم سرعت ستارگان را محاسبه کنیم اما محاسبات و تجربه با یکدیگر توافق ندارند چرا که سرعت گردش ستارگان حول کهکشان حاکی از جرم بسیار بیشتری در درون کهکشان است که روی سرعت ستارگان مؤثر است و آنچه نشان می‌دهد حدود ۱۰٪ از جرم کهکشان را ما منظور داشته ایم و حدود ۷۰ یا ۸۰ درصد در نظر گرفته نشده است. مهمترین جا برای وجود این ماده تاریک و ناشناخته در هاله کهکشان می باشد.

حال گستره بحث را وسیع تر می‌کنیم و به جای یک کهکشان، خوشه‌های کهکشانی را مد نظر می‌گیریم. در خوشه‌های کهکشانی، تعداد کهکشانها کمتر حدود ۱۰۰۰۰ است و کار آسان تر است با این حالت سرعت کهکشانها را در درون خوشه محاسبه می‌کنیم دوباره مشاهده غیر مستقیم ماده تاریک حدود ۹۰٪ ماده را در نظر نگرفته ایم یعنی مقدار ماده در عالم بیش از ۱۰۰ برابر مقدار کنونی است که با $\Omega=1$ جهان تخت سازگار است ولی ماده‌ای به صورت مستقیم بدست نیامده است.

کیهان شناسان نامزدهای خاصی را برای این ماده پیشنهاد کرده اند و اظهارات فراوانی کرده اند قدر مسلم این ۱۰۰ برابر ماده فقط از گازها و مواد میان ستاره‌ای نمی تواند باشد و اگر از مواد باریونی یعنی مواد به گونه‌ای که ستارگان مرئی را بوجود آورده باشد با تکنیکهایی قابل رد گیری است ولی ردیابی آنها بسیار دشوار خواهد بود.

پژوهشگران ماده تاریک را به سه نوع تقسیم کرده اند یکی ماده تاریک گرم، که این نوع ماده تاریک ذراتی هستند با سرعت بالا و جرم کم مثل نوترینوها که به اندازه بسیار زیاد در واکنش های هسته ای ستارگان تولید می شوند و در فضا پراکنده می شوند ولی نکته قابل توجه این است که این ذرات باید دارای جرم باشند، پس پژوهشگران ذرات بنیادی به دنبال یافتن جرم برای نوترینوها شدند و بالاخره جرمی معادل 0.5 تا 5 الکترون ولت یعنی صد هزارم جرم الکترون برای آن قائل شدند.

به هر حال یکی از نامزدهای ماده تاریک نوترینوها یا ماده تاریک گرم بودند. نامزد دیگر، ماده تاریک سرد است که ماده ای فرضی به نامهای آکسیون و نوترالینو و ویمپها که نوعی ماده که دارای جرم و قدرت اثر ناچیز هستند، البته مبرهن است که باید این مواد فرضی با فیزیک ذرات توافق داشته باشند تا بتوان آنها را موثر بر شکل کائنات دانست ولی تا به امروز هیچکدام ردیابی نشده اند. و بالاخره سومین نامزد ماده تاریک در عالم، ماده تاریک ولرم می باشد، ماده تاریکی که از جنس ماده تاریک سرد یا گرم نیست بلکه ماده تاریکی که شاید به صورت نوزاد ناری از ستارگان جلوه کند یعنی ستاره هایی که در تکوین 8% جرم خورشید را دارا هستند هیچ گاه واکنشهای هسته ای در آنها بوجود نمی آید که به آنها کوتوله های قهوه ای یا کوتوله های سیاه می گویند، در اصطلاح کیهان شناسی به آنها ماچو نیز گفته می شود.

ردیابی آنها در آسمان به علت عدم تابش رادیویی یا اپتیکی، مانند ستارگان و عدم گسیل امواج X که در اثر خوردن مواد سیاه در سیاه چاله ها به وجود می آید مشکل است، اما می توان از اثرات گرانشی آنها که عامل انحنای فضا در اطراف خود می شوند از رصد ستارگان زمینه به وجود آنها پی برد ولی واضح است که این تکنیک بسیار حساسیت می طلبد چرا که انحنای فضا در اطراف آنها بسیار ناچیز است.

در رصدهایی که گروه اروس روی چهار میلیون از ستارگان ابرهای ماژلانی انجام دادند، به سه مورد از این عدسی های گرانشی برخورد کردند و این یافته، نامزدی



ماچوها را هم به عنوان ماده تاریک تایید می‌کند ولی هنوز ماده تاریک به عنوان یک معما مطرح است، معمایی که گره گشای بسیاری از مسائل کیهانی خواهد بود.

مشکلات نظریه بیگ بنگ:

همان طور که در فصول قبل ذکر شد شواهد تجربی و نظری دال بر ارجحیت نظریه انفجار بزرگ بود بر نظریه پایا به خصوص وقتی استفان هاوکینگ در طی مقاله‌ای که منتشر نمود و وجود نقطه‌ای تکینه در ابتدای عالم را مساله‌ای ضروری قلمداد نمود ولی با این همه طرفداران نظریه پایا از کوشش برای انطباق شواهد تجربی با نظریه خود فرو گذار نکردند، حتی وقتی ماهواره کوبی مامور به رصد تابشهای زمینه کیهان بود شواهد رصدی خود را بررسی و طیف تابش جسم سیاه در تمام طول موجها را بررسی کرد و انطباق باور نکردنی آن با داده‌های محاسباتی را مطرح کرد این هماهنگی فوق العاده را دال بر غلط بودن نظریه بیگ بنگ می‌دانستند و اعتقادشان را درباره این که هیچ محاسبه‌ای این چنین با واقعیت نمی‌تواند منطبق باشد را مطرح کردند.

با وجود این تفاسیر گفتار آنها در این کیهان شناسان چنان طرفداری پیدا نکرد و کیهان شناسان به تحقیق خود در مورد نظریه بیگ بنگ امیدوارتر بودند، اما با گرایش به این نظریه و موشکافی در جوانب آن، بالتبع منجر به ظهور و آشکار شدن اشکالات و تناقضهای این نظریه شد.

از جمله اشکالات این نظریه در آغاز تکوین عالم ظهور می‌کند، همانطور که ذکر شد در این نظریه مثل این است که فیلم انبساط کیهانی را برعکس کنیم تا به لحظه آغاز آفرینش برسیم در این ترسیم و نگرش همان طور که دیدیم کهکشانها با برگشت به گذشته به هم نزدیکتر و در نهایت ادغام شده و با ادامه عقب گرد زمانی، به صورت توده‌های ملکولی و بعد از آن اتمی و بعد از آن ذرات زیر اتمی و در ادامه ذرات زیر اتمی به کوارها مبدل می‌شوند. در این برگشت زمانی ابعاد فضا و زمان به شدت کوچک و کوچک تر می‌شود بطوری که از زمانهایی در حد یک میلیونیم نانو ثانیه که خود نانو ثانیه یک میلیاردم ثانیه است صحبت به میان می‌آید.

اگر امروزه از ابعاد عالم در حد سال نوری صحبت به میان می‌آید و روز نوری آنچنان معنایی ندارد، در گذشته از ثانیه و یا پنا ثانیه نوری صحبت می‌کنیم. قبل از آنکه وارد بحث اصلی شویم این حقیقت را متذکر می‌شویم که تا چه اندازه می‌توانیم و مجاز به این عقب گرد فضا - زمانی هستیم و ماده هنوز قوانین فیزیک بر آن جریان دارد.

برای بدست آوردن این حد جایی را تصور می‌کنیم که هنوز انبساط شروع نشده و فوتون هنوز حرکت خود را شروع نکرده است انرژی فوتون $E=mc^2$ و از طرفی $E=h\nu$ پس $h\nu=mc^2$ که ν فرکانس می‌باشد $\nu = \frac{c}{\lambda}$ است. بنا به تفاسیر بالا در آن حالت انرژی،

فقط انرژی پتانسیل است $E = \frac{Gm_f M_{\text{عالم}}}{R_p}$ پس به جای جرم فوتون $m_f = \frac{hc}{c^2 \lambda}$ پس می‌توان طبق $E=mc^2$ نوشت $mc^2 = \frac{-GmM}{r}$

$c^2 = \frac{G}{R_p} \cdot \frac{h}{c\lambda}$ پس $R_p = \frac{Gh}{c^3 \lambda}$ و در این حالت چون طول موج کامتنونی آن برابر طول پلانک است $R_p = \lambda_c$ پس $R_p^2 = \frac{Gh}{c^3}$ بنا بر این مقدار طول موسوم پلانک

$$R_p = 1.6 \times 10^{-33} \text{ cm}$$

می‌شود یعنی این حدی است که پایین تر از آن حد فیزیک متفاوت است و قوانین و نیروها به گونه‌ای که ما هم اکنون داریم نیستند و محاسبات دال اتحاد نیروها به یکدیگر دارد طبق همین قواعد

$$P_p = 1.2 \times 10^{-92} \frac{gN}{cm^3} \quad M_p = -0.5 \times 10^{-50} r$$

بدست می‌آید و دمای حاکم بر آن $T_p = 3.6 \times 10^{32} \text{ K}$ و مدت زمانی هم که نور می‌تواند فاصله‌ای برابر طول پلانک را طی کند $t_p = 10^{-43} \text{ s}$ خواهد بود.

حال برمی‌گردیم به مساله گذشته، اگر طبق محاسبات از نقطه تکینگی انبساط شروع شده باشد پس طی 10^{-43} s مسافتی که نور با سرعت C طی می‌کند و عالم را می‌آفریند به اندازه 10^{50} بار کوچکتر از حالتی است که ما جهان را با ابعاد امروزی در نظر گرفته و عقب گرد زمانی را انجام دهیم.

یعنی عالم در زمان پلانک 10^{50} قسمت بوده است که این قسمت‌ها نمی‌توانستند هیچ ارتباط عالی با یکدیگر داشته باشند زیرا از زمان صفر آفرینش، نور نمی‌توانسته است



از قسمتی به قسمت دیگر برود که این بسیار عجیب است، اگر این حرف درست باشد پس چگونه است که امروز همه عالم را یک جور، همگن و همسانگرد می‌بینیم در صورتی که در زمان پلانک تعداد بسیار زیادی از قسمتهای عالم وجود داشته است که از یکدیگر بی خبر بوده اند و هیچ ارتباط علت و معلولی با هم نداشته اند اما گوئی به طریق اسرار آمیز همه، چگالی معین و برابر هم داشته اند چرا که در همه جای عالم امروزه چگالی ماده یکی است؟

این اشکال را اشکال تخت بودن عالم می‌نامند ولی این اشکالات منجر به این قضیه شد که این مدل کنار گذاشته شود بلکه به دنبال روشی برای تصحیح این مشکلات بودند که در فصول بعد بدان اشاره خواهیم کرد.

اصل وجود انسان:

با پیروزی ضمنی نظریه مهبانگ و فائق آمدن برهانی آن بر نظریه پایا که جزء مهمترین رقیبان محسوب می‌شد، پرداختن به جزئیات آن از جمله کارهای کیهان پیشگان در آمد، اگر چه پرداختن به شکل کیهان باز یا بسته بودن و تخت بودن آن مستلزم دانستن چگالی عالم و به خصوص مقدار ماده تاریک بود، علی‌ای حال سد راه نظریه پردازان عرصه کیهان نشد، همان طور که قبلاً متذکر شدیم شکل و سرانجام کیهان توسط نسبت چگالی عالم به چگالی بحرانی مشخص می‌شود اگر چنانچه $\Omega = 1$ باشد. لاجرم جهانی تخت داریم و اگر از آغاز مقدار Ω همین بود و تا ابد هم همین خواهد بود و اگر $\Omega < 1$ باشد یعنی کوچکتر پس به ناچار به مرور زمان کوچکتر می‌شود چون در این مورد چگالی عالم سریعتر از چگالی آستانه کم می‌شود، اما اگر چگالی عالم بزرگتر بوده باشد، لاجرم چگالی آستانه سریعتر کم می‌شود و در نتیجه Ω بزرگتر و بزرگتر می‌شود و به عبارت دیگر اگر مقدار Ω کمتر از یک باشد همین طور دائماً کوچکتر و اگر بزرگتر باشد همین طور بزرگتر می‌شود.

از آنجا که طبق فصول قبل مقدار $\Omega = \frac{1}{3}$ در حال حاضر در نظر می‌گیریم پس از یک کوچکتر است پس جهان، جهانی باز خواهد بود، با این تفاسیر از دوران تکوین

عالم از زمان ۱۰^{۱۰} سال پیش تا حال حاضر اگر قرار باشد در این روند جهان به شکل امروزه باشد باید در لحظه آغازین آفرینش یعنی حدود یک ثانیه پس از پدید آیی جهان مقدار Ω تقریباً یک $\Omega=1$ بوده است و مقدار عدول آن از یک به میزان 10^{-60} بوده یعنی یک، یک با ۶۰ صفر به عنوان تقریب، پس همانگونه که ملاحظه می‌شود، دقت به این عظمت در هیچ جای فیزیک وجود ندارد یعنی اگر مقدار تقریب مثلاً در رقم پنجاهم اعشار متفاوت بود دیگر جهانی به این شکل، با این اندازه، با این کهکشانها و با این خصوصیات بروز نمی‌کرد و دیگر موجود زنده‌ای خلق نمی‌شد و بالتبع ما هم نبودیم.



در ازل پرتو حسنت ز تجلی سر زد
عشق پیدا شد و آتش به همه عالم زد
عقل می‌خواست کزان شعله چراغ افروزد
برق غیرت بدرخشید و جهان بر هم زد
مدعی خواست که آید به تماشاگاه راز
دست غیب آمد و بر سینه نامحرم زد
من ندانستم که عشق این رنگ داشت
وز جهان از جان من آهنگ داشت
عشق از عدم از بحر من آمد به وجود
من بودم عشق را از عالم مقصود
خدایا عاشقان را با غم عشق آشنا کن
ز غمهای دگر غیر از غم عشقت رها کن
خدایا بی پناهم به جز عشقت نخواهم
اگر عشقت گناه است ببین غرق گناهم
یاد باد آن صحبت شبها که با نوشین لبان
بحث سر عشق و ذکر حلقه عشاق بود
پیش از این کاین سقف سبز و طاق مینا برکشد
منظر چشم مرا ابروی جانان طاق بود

از دم صبح ازل تا آخر شام ابد
دوستی و مهر بر یک عهد و یک میثاق بود
سایه معشوق اگر افتاد بر عاشق چه شد
ما به او محتاج بودیم، او به ما مشتاق بود
حُسن مَهرویان مجلس گر چه دل می برد و دین
بحث ما در خوبی طبع و خوبی اخلاق بود
بر در شاهم گدایی نکته‌ای در کار کرد
گفت بر هر خوان که بنشستم خدا رازق بود
رشته تسبیح اگر بگسست معذورم بدار
دستم اندر دامن ساقی سیمین ساق بود
در شب قدر ار صبحی کرده ام عییم مکن
سرخوش آمد یار و جامی بر کنار طاق بود
شعر حافظ در زمان آدم اندر باغ خلد
دفتر نسرین و گل را زینت اوراق بود



به وجود آمدن عالم از عدم:

واقعیت این است امروزه این پرسش که مهبانگ چگونه و چرا روی داد؟ یکی از پرسشهایی است که در مرز علم جای گرفته است و روز به روز اهمیت بیشتری در نظریه پردازی علمی و الگو سازی کیهان شناختی می‌یابد.

صحبت از جهانی مرکب از فضا - زمان، ماده - انرژی بعد از انفجار مهبانگ و صحبت از فیزیک حاکم بر آنها بعید به نظر نمی‌رسد ولی صحبت از « جهان پیش از مهبانگ » کار بسی دشواری را متحمل نظریه پردازان نموده است.

پیش از زمان پلانک چگالی بیش از چگالی پلانک و انرژی ذرات بیشتر از انرژی پلانک در 10^{-43} ثانیه نور طول پلانک، یعنی فاصله 3×10^{-33} سانتیمتر را طی می‌کند انرژی لازم برای پیمودن این فاصل برابر با انرژی گرانشی بسیار عظیمی است، روش اختلال متداول برای یافتن جواب معادله‌های کوانتومی در شرایطی پیش از زمان پلانک به انتگرال واگرائی می‌انجامد که بینهایت‌ها آن همدیگر را حذف نمی‌کنند، یعنی بیان کوانتومی نسبیت « باز بهنجار شدنی » نیست.

از این رو بررسی تحلیلی جهان در لحظات پیش از نظریه پلانک نیازمند ابداع فیزیک جدیدی است.

*در تحلیلات جدید اینگونه عنوان می‌شود که جهان بی جرم، جهان بی زمان است، پس یا جهان چرخه‌ای است و تا ابد از یک چرخه انبساطی و انقباضی به چرخه دیگری می‌رود و یا پیش از مهبانگ خلاء بوده است.

اما طبق نظریه میدان کوانتومی خلاء مطلق وجود ندارد، افت و خیز کوانتومی انواع میدانهای فیزیکی جهان را پر کرده اند و در همه طول موجها و در همه جهتها حرکت می‌کنند. در صورتی که میانگین مقدار این میدانها در مدت زمانی نسبتاً بزرگ صفر باشد می‌توان فضای پر شده از این میدانها را خلاء تلقی کرد. در واقع خلاء چیزی جز حالتی با انرژی کمینه نیست، بنا بر اصل عدم قطعیت حتی فضا تهی دارای یک انرژی

کمینه است، در خلاء همواره پدید آیی و نا پدیدى زوجهای ذرات _ پاد ذرات مجازی صورت می گیرد.

افت و خیزهای فضا - زمان موجب ایجاد ذرات به شیوه ای همانند آنچه در مجاورت یک سیاهچاله رمبیده روی می دهد، می شود که هاوکینگ این موضوع را به خوبی در سال ۱۳۵۳ بررسی کرد.

همه ماده جهان از افت و خیز هائی پدید آمده است و چه بسا بدین گونه بتوان مساله تکینگی را حل کرد. در نظریاتی که در مورد آفرینش از هیچ مطرح می شود. افرادی نظیر ترپون اذعان می دارند که آفرینش از هیچ منجر به این می شود که کمیات پایسته جهان صفر باشد، کمیت هایی که به عنوان کمیت های پایسته مطرح شدند عبارتند از بار الکتریکی، انرژی، تکانه خطی، تکانه زاویه ای و عدد باریونی که تا حدودی تحقیقات این نظریه را تائید می کنند اما با مقدار ماده و پاد ماده ای که در جهان وجود دارد نیز باید برابر باشند تا در نهایت مقدار آن در

در جهان صفر شود. در حال حاضر پس از رصدهای مستمر اثری از کهکشانهای ضد ماده هنوز بدست نیامده که موید نظریه فوق باشد. نتیجه بحث ترپون این است که افت و خیزهای کوانتومی بسیار کوچکتر و هیچ اصلی عمر و اندازه بالقوه آنها را محدود نمی کند و پدید آمدن خود به خودی جهانی، با عمر و اندازه جهان ما از یک افت و خیز کوانتومی حتمی به نظر می رسد.

مطابق اینگونه نظریه های « آفرینش از هیچ » جهان آغازین با اندازه محدود پدید آمد. بزرگترین چگالی جهان همان چگالی پلانک است. انبساط جهان نتیجه تورم آغازین است که از فشار منفی بسیار زیاد خلاء کاذب آغازین حاصل شده است. انبساط در فضای تهی می تواند ماده بیافریند پس از آن، پدید آیی ماده انبساط بیشتر و انبساط بیشتر، پدید آیی ماده بیشتری را در پی دارد. با چنین تبیینی نیازی نیست که جهان پیش از تورم را داغ بدانیم دمای بالای آغازین چه بسا همان دمای حاصل از واپاشی خلاء کاذب بوده باشد.



اما همان طور که مشاهده می‌شود هنوز بسیاری از ابهامات در این نوع نظریه‌ها جلوه گر است. در این نظریات اشاره به فضایی می‌شود که افت و خیزهای کوانتومی در آن شکل گرفته که این حکایت از هیچ ندارد. نظریه خلا که از انرژیهای کمینه تشکیل شده نیز عاری از فرضیه هیچ است، چرا که در نظر گرفتن فضا، انرژی و موارد دیگر، خود نقیض فرضیه هیچ است، پس عملاً جز سر در گمی چیزی ایجاد نخواهد کرد. البته در اینجا شاید اگر مروری بر تعریف ذره از نگاه کوانتومی کنیم، بتوانیم جواب مساله را تا حدودی در یابیم. در نگرش کوانتومی ایده آلیستی و ماتریالیستی ماده به گونه‌ای تعریف می‌شود: « کوانتائی ریاضی که صرفاً با ریاضیات بیان می‌شود و هیچ گونه وابستگی به فضا و زمان ندارد. » قبل از ورود به بحث مساله ذره را از دید چند فیزیکدان کوانتومی مورد بررسی قرار می‌دهیم:

« منظور از اصطلاح مفهوم واقعیت، این ایده است که پدیده‌هایی عینی وجود دارند که در زمان و مکان مستقل از اینکه مشاهده شوند یا نه به نحوی رخ میدهند که در فیزیک اتمی، دیگر نمی‌توان مشاهدات را به این روش عینیت بخشید.

در اینجا ما به نتیجه‌ای از این حقیقت می‌رسیم که علم طبیعی با خود طبیعت سرو کار ندارد بلکه با طبیعت به نحوی که انسان می‌فهمد و درک می‌کند سروکار دارد. این مشخصه نظریه کوانتم، این را مشکل می‌سازد که سیستم مقبول فلسفه ماتریالیسم را قبول کنیم و کوچکترین ذره بنیادی را به معنای واقعی در نظر بگیریم، زیرا اگر مکانیک کوانتومی صادق باشد این ذرات دیگر مثل اشیائی نظیر درخت واقعی نیستند بلکه به نظر می‌رسد

انتزاعی از مواد مشاهده‌ای که به معنای حقیقی واقعیت دارند باشند. »

واستپ می‌گوید:

« در واقع در جهان کوانتومی هیچ جای طبیعی برای ماده نیست، این نتیجه کاملاً معکوس وضعیت در جهان فیزیک کلاسیک است که در آن جای طبیعی برای شعور نبود. »



و فیزیکدان مشهور جینز می گوید:

«اگر زبان ایده الیسم را به کار بریم قانون و نظمی که در طبیعت می یابیم به آسانترین وجه توصیف می شود پس با توجه به قیودی که قبل ذکر کردیم می توان گفت که علم امروز طرفدار ایده الیست است. به طور خلاصه ایده الیسم همواره بر این بوده که همان طور که ابتدای جاده اکتشافات طبیعت ذهنی است، این احتمال هست که انتهای آن هم ذهنی باشد، به این مطلب علم امروز این را می افزاید که در دورترین نقاطی که به آن رسیده است بسیاری از آنچه ذهنی نبود احتمالاً همه آنها ناپدید شده است و هیچ چیز نیامده که ذهنی نباشد.»

جهان از نگاه ایده الیست های کوانتمی:

ایده الیست های کوانتمی بنا بر نتایجی که در یک سری آزمایشات خاص که در کوانتم مکانیک ظهور کرد و در آن تجارب عملاً فضا و زمان در بازه کوانتمی نفی و حتی در آن بازه اندیشه مشاهده گر مؤثر بود، ماده را بصورت ما هو ماده زیر سوال می برند و ذرات بنیادی را ذراتی غیر مادی معرفی می کنند، ذراتی که فقط با فرمولاسیون ریاضی قابل توصیف هستند و نتایج تجربی آنها قابل بررسی است.

ذرات کوانتائی که ظهور مادی ندارند و اطلاق عباراتی چون الکترون و پروتون، فقط جنبه توصیفی علامات ریاضی خاص و نتایج منطبق با آنها می باشند.

پس جهان، جهانی مادی نیست و بنیانهای جهان بر کوانتائی است که با زبان فرمولهای ریاضی تا حدودی قابل توصیف است. بنابراین ایده نظریه های عنوان شده واقعیت جهان نمی باشد بلکه مقدار دانش ما از جهان را نشان می دهند، که ارتباط بین نتایج شهودی را با آنالیز خاص ریاضی بیان می کند.

از آنجا که فرمولها روابط ریاضی هستند و آزمایشهای تجربی نیز بنا بر آزمایشگرهای مختلف و ذهنیتهای مختلف، ظهور می کند، ایده اصالت ذهن در کوانتوم مطرح می شود. در ایده جدید جهان به صورت موضوعی مستقل از مشاهده گر که در جریان باشد و مشاهده گر مستقل از فرایندهای موجود در آن که در حال تجربه آن



است تلقی نمی‌شود، بلکه مشاهده گر هم شاهد بازیگری طبیعت است و هم به عنوان بازیگر در آن مؤثر است. و به قول گروهی از اندیشمندان جهان مساوی است با ذهن من، یعنی جهان را ذهن می‌سازد و سازماندهی می‌کند و فضا - زمان می‌آفریند و یا برای بودن باید درک شد.

یعنی اگر موضوعی در جهان درک نشود اصلاً وجود ندارد و یا این انسان است که اصالت دارد و به عبارت دیگر این ذهن است که اصالت دارد و همه چیز بسته به وجود ذهن است. اگر ذهن چیزی را تصور کند وجود دارد والا وجود ندارد یعنی این ذهن افراد است که جهانشان را می‌سازد و انسان همانگونه که فکر می‌کند جهان و ذرات و ذرات به همانگونه عمل می‌کنند.

اگر انسان خود را بشناسد کل جهان را شناخته و ماده را فهمیده است. اگر تلاش خود را فقط صرف شناخت جهان منهای خودشناسی کند در نهایت هیچ چیز را نشناخته است و همه کارهای او ابتر و بیهوده است. پس اصالت ایده الیست اصالت خودشناسی است.

اگر کسی می‌خواهد عالم را بشناسد ابتدا باید خود را بشناسد اگر خود را شناخت جهان همانگونه است که او می‌بیند و آن گروه که شناختشان از خودشان قویتر است می‌توانند مؤثر باشند بر افرادی که خودشناسیشان و ذهنشان کمتر است. یعنی می‌توانند ذهنهای دیگر را تحت تاثیر خود قرار دهند. پس وجود انسان است که جهان آفرین است و یا به عبارت بسیط تر وجود درک است که جهان ساز است. پس درک قوی یا به قول ایده الیستها، روح، خود جهان آفرین است.

ایده الیستها پا را فراتر گذاشته و می‌گویند: حقیقتی ماورای روح که روح به واسطه آن درک می‌کند و روح و بدن اثراتی از لمعات وجودی وی می‌باشند، جهان آفرین است و بعید نیست که آن عقل فعال یک حقیقت باشد که با پرتوهای نورش ارواح دیگر مدرک می‌شوند و حال به تناسب خود حقایق را از جهان درک می‌کنند، اگر چه



بعضی از موارد متفاوت است (بدلیل درجات روحی متفاوت) ولی در نهایت اکثر موارد مشابه هم می‌باشند.

پس هر قدر درک عقل بالاتر باشد عالم بزرگتری را مشاهده می‌کند تا به عقل محض. عقل محض بالاترین مرحله درک و می‌تواند مصدر جمیع عوالم باشد چه مادی و چه معنوی. و بعید نیست سایر عقول نیز منشعب از همان عقل اول یا عقل محض باشند و جمیع درکها به واسطه آن باشد.

همین طور عقول در مراتب سفلی، منور به عقل بالاتر از خودند به اصطلاح اگر سایر عقول شمس باشند عقل محض شمس الشموس است.

در این ایده تا عقل محض ظهور داشته باشد عوالم مختلف وجود دارد. حتی اگر عقل سفلی از دور خارج شود، پس عقل محض است که به واسطه آن سایر عالم و عقول درک می‌شود. و درک می‌کنند و او عمود خیمه آفرینش است. همه چیز از آن مصدر نشأت می‌گیرد و به آن منتهی می‌شود. هر چه عقول به سوی آن عقل گرایش یابد درکشان از هستی بیشتر شده و بسیط تر می‌شوند و عالم وسیع تری را درک می‌کنند.

در اصالت ایده الیستی کوانتومی، اصالت درک مطرح می‌شود، وجود را منشعب از آن می‌داند، اگر چه در این ایده اصالت درک بر محور خودشناسی عالم درک بهتر جهان مطرح می‌شود ولی این بدان معنی نیست که اساس آفرینش قابل تحلیل ریاضی یا ذهنی نیست بلکه بالعکس این ایده بر محور اصالت ادراک استوار است و مدعی است اصالتاً آنچه ادراک نشود اصلاً وجود ندارد.

پس فهمیدن خلقت خارج از ذهن و ادراک تصور نمی‌شود ولی این ایده این مساله را مطرح می‌کند که این ادراک از ابتدای آفرینش با جهان همراه بوده و مصدر به وجود آمدن جهان بر اساس آن بوده، و عقل فعال از ازل با آن همراه بوه نه تنها همراه بوده بلکه منشاء آن بوده است.



اگر بحث بر روی این بحث متمرکز شود که آن مصدر مادی بوده یا نه قابل ذکر است در ایده‌های کوانتومی جدید در جهان کوانتومی و زیر اتمی نیز طبق تعریف که اول فصل آمد جایگاهی برای ماده قائل نیست و پی بردن به عمق وجودی ذرات را فقط در قالبهای ذهنی و ریاضی و مجرد از فضا و زمان میسور می‌داند.

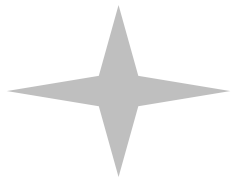
پس بدیهی است برای پی بردن به وجودی غیر مادی، ذهنی و ریاضی و مجرد از فضا و زمان باید هم سنخ آن شد تا با آن ارتباط برقرار کرد و درک نمود پس باید هر چه بیشتر فعالتر شدن و مجرد شدن از فضا و زمان، حرکت کرد تا به کنه مطلب دست یافت.

پس با توجه به اینکه طبق شواهد علمی در مرحله زمان پلانک و قبل از آن به محدوده کوانتومی عالم وارد می‌شویم، پس بعید نیست که باید از ایده‌های کوانتومی نیز در پی بردن طریق فهمیدن آن کمک بگیریم که در این طریق بسیاری از اندیشمندان و کیهان شناسان وارد شدند به طوری که یکی از همکاران هاوکینگ در کمبریج به نام بریان جوزفسن فنون تمرکز حواس و خودسازی و مراقبه عرفانی را فعالانه به کار می‌بندد، جوزفسن برنده جایزه نوبل ۱۹۷۳ از نحوه ارتباط بین ادراک بشر و جهانی که مورد مشاهده اوست اظهار تأسف می‌کند، وی به این نتیجه رسیده است که با درک عرفان شرقی می‌توان به بصیرتهایی در زمینه واقعیت عینی دست یافت.

هاوکینگ نیز فکر می‌کند که تنها راه توضیح جهان ما، حضور خود ما در آن است و می‌گوید: این اصل را می‌توان این طور تأویل کرد که: « اوضاع و احوال همان طور است که باید باشد، زیرا که ما اینجا هستیم. »

« جهان استیون هاوکینگ، ترجمه حبیب الله دادفرما، صفحه ۱۵۷ »

اگرچه هاوکینگ متد ریاضی را ترجیح می‌دهد بر سایر متد، ولی این را نباید از نظر دور داشت همان طور که در متون بالا اشاره شد در اصالت ادراک استفاده از متد ریاضی خالی از وجه نیست چرا که این ذهن است که ادراک می‌کند و ریاضیات نیز زائیده ذهن بشری است پس بعید نیست که اعلام کنیم اتفاقاً درک آفرینش به جز قالب



ریاضی به هیچ زبانی قابل ترسیم نیست و هر قدر ما مقدار درکمان از آن بیشتر شود جهان را بهتر شهود خواهیم کرد و آنکه به این درک برسد فقط در قالب ریاضی می تواند آن را بیان کند و یا به تعبیر پدرانمان به زبان اشارات و کنایات و شعر تا شاید بتوان لمعاتی از آن ادراک وجودی را به دیگران منتقل کرد و این قالبها فقط پاره‌ای از مقدار دانش ما را از واقعیت را برملا می‌کند و نه خود حقیقت را، چرا که شاید زبان ریاضی هنوز زبان کاملی در انتقال بسیاری از مفاهیم نباشد و در مقایسه با بیان واقعیت و اشرفیت آن، شأنیت کاملی در بیان نیافته باشد، نه آنکه در این عرصه کارگر نیست بلکه ناقص است و نیاز به تکاپوی بیشتر در جهت کسب ابزار مناسبتر و درخورتر با واقعیت است والا مبرهن و واضح است که کل آفرینش به قدر معلوم و با اندازه می باشد و این مستلزم حکایت از ریاضیات و هندسه و اندازه است.

هایزنبرگ در ارائه منش کوانتمی خود بر این نکته تأکید می‌کند که منش افلاطونی دارد و افلاطون در کتاب قوانین خود چنین عنوان می‌کند:

« اگر این کیهان را به دقت بنگریم خواهیم دید که او چگونه هر ستاره‌ای را در آغوش دارد و درسیر و گردش خود با خود می‌گرداند و به همه آنها خوراک مقتضی و فصول مختلف می‌بخشد، از این رو حق داریم ادعا کنیم که او همه نعمتها و نیکیها از جمله معرفت را از طریق دانش اعداد به ما ارزانی داشته است. »

افلاطون حکیم و فیلسوف را کسی می‌داند که حقایق اشیاء را می‌بیند، و کسی که ظواهر را مشاهده می‌کند فیلسوف نمی‌داند بلکه شخصی موهوم با تخیلات می‌پندارد.

ایده‌هایی در راستای اصلاح مدل استاندارد «بیگ‌بنگ»

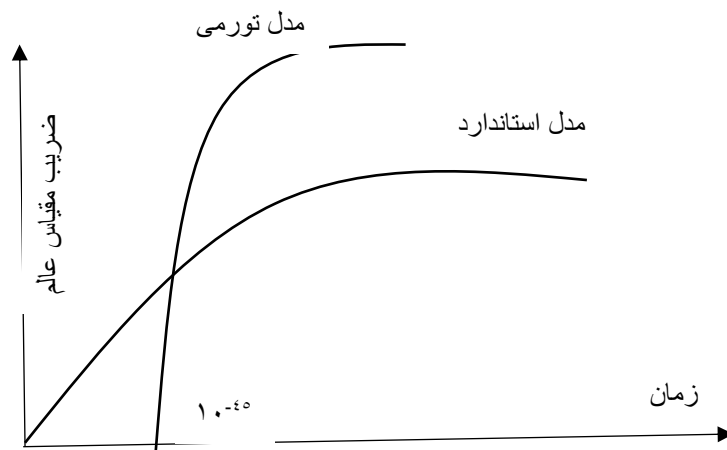
مدل تورمی:

همانطور که عنوان شد مدل بیگ بنگ از جمله مدل‌های پرتطرفدار در عرصه کیهان شناسی در مقابل مدل پایا و یا مدل‌های دیگر بود از این لحاظ مردم با اطلاق مدل استاندارد بدان درصدد اصلاح معایب و ناکارآمدیهای آن برآمدند و تحقیق در زمینه اثبات مدل مذکور را سودمند تر از تحقیق در سایر مدل‌ها قلمداد کردند. همان طور که ذکر شد یکی از مشکلات عمده مدل استاندارد در جایی بروز می‌کرد که از ۱۵ میلیارد سال پیش زمان را به عقب وا داشتیم تا به نزدیکی $t=0$ برسیم و از طرفی از زمان نزدیک به صفر به سوی زمان حاضر پیش آمدیم، همان طور که ذکر شد در گذر زمان از صفر تا حال حاضر در مدت زمان پلانک $t=10^{-43}$ جهان به اندازه طول پلانک $L_p=10^{-33}$ اتساع یافته ولی در عقب گرد زمانی از حال حاضر تا زمان اولیه اندازه جهان در زمان پلانک حدود 10^{50} برابر زمان پلانک هم می‌باشد جهان وجود داشته است بدون اینکه هیچ ارتباط علی بین آنها برقرار باشد و این تناقض آشکار توان تحلیل دلیل همگن بودن جرمی و دمائی و همسانگردی آن را ندارد. از جمله اینکه انفجار بیگ بنگ چگونه دمائی بدین سان همگن را در جهان منتشر کرده علیرغم اینکه در انفجارات



مشابه چنین همگنی مشاهده نمی‌شود. از طرفی از آنجا که در تحقیقات فعلی به نظر می‌رسد Ω بسوی ۱ پیش می‌رود یعنی با اضافه کردن ماده تاریک به جهان، جهان بسوی جهانی تخت میل می‌کند که در این صورت انفجار باید به قدری دقیق تنظیم شده باشد که شدت آن با شدت جاذبه گرانشی هم ارز باشد و چنین مسأله‌ای بسیار شگفت‌انگیز است که چگونه از میلیون‌ها حالت انفجاری این حالت بروز کرده است.

برای رفع یک سری از این معضلات دانشمندان وارد عرصه شدند و در اولین اصلاح مدل تورمی را پیشنهاد نمودند. در مدل تورمی این مساله عنوان می‌شود که در پاره‌ای از زمان آهنگ گسترش و انبساط عالم با روند طبیعی متفاوت و بسیار تند بوده یعنی در پاره‌ای از زمان بعد از زمان پلانک ناگهان عالم با سرعت و روند سرسام‌آوری شروع به تورم کرده است.



آهنگ انبساط عالم در مدل استاندارد و مدل تورمی:

که در نمودار به صورت یک حالت نمائی خود را نشان می‌دهد در این نگرش تا حدودی ناهمگنی ابتدایی قابل چشم‌پوشی می‌باشد در حالت تورمی وقتی ماده از زمان پلانک شروع به تورم می‌کند در فاز ویژه‌ای قرار دارد تا کم‌کم در اثر تورم شرایط ورود به فازی جدید نمودار شده و در فاز جدید با روندی خاص شروع به انبساط می‌کند، در این مدل وقتی جهان از فاز تورمی وارد فاز جدید می‌شود، ممکن است مثل



حالتی که آب مثلاً از فاز مایع دارد وارد فاز جامد می‌شود حبابهای مستقلی از فضا و زمان از آن فاز ویژه به وجود می‌آید و شرایط اولیه متفاوتی بر آن حبابها چیره می‌شود، پس هر کدام از آن حبابها چون کیهانی شروع به تورم می‌کند که بنا بر شرایط اولیه حاکم بر آنها، ممکن است حالت‌های متفاوتی به وجود آید در این نوع نگرش علاوه بر اطلاق جهان‌های موازی از چگونگی تشکیل کهکشانها نیز توضیحاتی را ارائه داد، مثلاً عنوان می‌شود در جاهایی که حبابهای مذکور با یکدیگر برخورد می‌کنند در نقاط گره، تجمعی از ماده به وجود آمده و کهکشانها و ستاره‌ها در آن بوجود می‌آیند.

علی‌ای حال در مدل‌های گوناگون تورمی که در کیهان بروز کرده اند اندیشمندان فراوانی در حال تحقیق هستند و مدل‌های تورمی جاودانه، آشوبناک، جدید و گسترده تنها چند نمونه از این نوع نگرشها هستند و بسیاری از مسائل هست که در هر کدام از این مدلها باید بررسی شوند. از جمله چگونگی خروج از حالت تورم و رسیدن مجدد به حالت هابل، گرمایش مجدد عالم پس از سرمایش شدید تا پیش از تورم، ذره زایی، ایجاد ساختار و ماده تاریک، اما هنوز نمی‌توان نتایج این بحثها را دید، حال با انباشت داده‌های رصدی شاید کیهان شناسان در سالهای آتی نتایج جالبی را ارائه دهند و پاسخهایی را به مسائل بنیادی عالم عنوان نماید، از جمله پاسخ به ایده‌های کوانتومی جدید، مساله فضا - زمان، کوانتائی بودن آنها و ماده تاریک، انرژی تاریک و... که کوشش بیش از پیش بشر را می‌طلبد.

ایده‌های ابر ریسمانهای کیهانی:

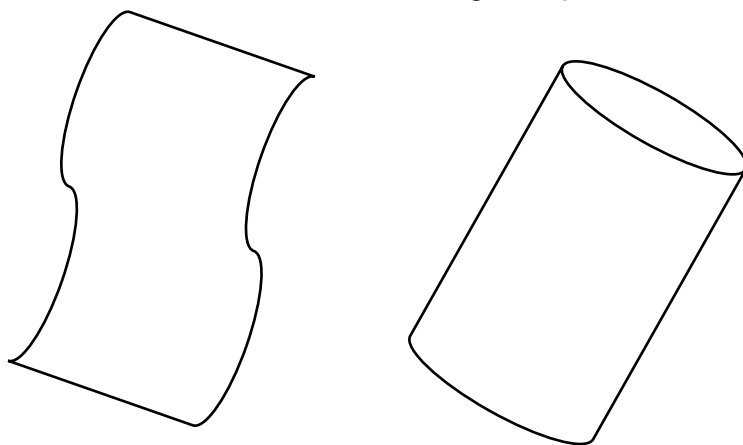
اندیشمندان عرصه علم همواره بدنبال نظریه‌ای بوده اند که تمام پدیده‌های جهان را بتواند توضیح دهد و به قول شیخ الرئيس ابن سینا از زیر گل تا اوج آسمان را در بر گیرد و در پی آن مسائل و منشهای مختلفی را مطرح کردند، رویای نظریه سایه سنگین خود را بر عرصه فیزیک نیز گسترش داده و در دوران معاصر در ایده مدل‌های کوانتومی جلوه‌ای دیگر نموده است، به نحوی که نظریه ریسمان در اندازه‌های طول پلانک مطرح می‌شود، مردم در این عرصه ریسمانهایی را در نظر می‌گیرند که در حالت‌های مختلف



فرکانسی نوسان می‌کند، این ریسمانهای بدون جرم ذرات را می‌آفرینند و کشش آنها حاکی از جرم مواد است، در نظریه ریسمان بسیاری از هادرونها و ذرات قابل پیش بینی و توضیح است.

در نظریه ریسمان سر آزاد این ریسمان نماینده کوارکها می‌باشد که با سرعت نور حرکت می‌کنند و از اتصال این ریسمانها به یکدیگر ذرات متفاوت تجلی پیدا می‌کند حتی ترکیب دو ریسمان و به وجود آمدن سه سر یعنی سه کوارک حاکی از وجود بار در ذرات زیر اتمی هستند. در تئوری ریسمان تمام ذرات بنیادی حتی گراویتون که مربوط به گرانش می‌شود، قابل پیش بینی می‌باشد حتی ذراتیکه دارای جرم بالائی هستند ولی بسیار ناپایدارند.

همان طور که گفته شد در نظریه ریسمان، ریسمانها حتی می‌توانند با یکدیگر اتصال برقرار کنند پس یک سر ریسمان می‌تواند به سر دیگر نیز متصل شده و ریسمانهای دایره‌ای شکل را به وجود می‌آورد و از آنجا که ریسمان در بعد از زمان نیز می‌باشد. در اثر گذر زمان ریسمانهای دایره‌ای حالت لوله‌ای شکل و ریسمانهای معمولی حالت صفحه می‌گیرند که با فرض ریسمانهای دایروی مساله ناهنجاریهای بینهایت بهنجار شده و حتی، کوانتای گرانشی نیز قابل توجیه است.





در ترکیب و برخورد ریسمانها از حالت نمودارهای جهان خط ریچارد فاینمن استفاده می‌شود و طبق همان ضوابط برخوردها و تشکیل ذرات جدید توضیح داده می‌شود.

گرچه نظریه ریسمان در ابتدا فقط می‌توانست بوزنها یعنی ذراتی با اسپین صحیح را توضیح دهد ولی با ارتعاشاتی که در گستره آن اعمال کردند قادر به توضیح فرمیونها یعنی ذراتی با اسپین غیر صحیح نیز شد و تمام ناهنجاریهایی که بی نهایت را به ارمغان می‌آورد در این نظریه زدوده شد اما مشکل عمده‌ای که در این نظریه وجود داشت:

این ریسمانها در فضای ۲۶ بعدی تعریف می‌شدند که با کوشش مردم این ابعاد به حد ۱۰ بعد کمتر شد که چهار بعد آن، همان طول و عرض و ارتفاع و بالاخره زمان است و به گفته اندیشوران این حوزه ما بقی ابعاد در هم فشرده شده و با ریاضیات خاصی عنوان می‌شوند، به هر حال نظریه ریسمان با عنوان نظریه همه چیز یکی از طلایه داران فیزیک نظری معاصر است البته بسیاری از مسائل را توجیه می‌کند ولی تا کنون پیش بینی قبل ملاحظه‌ای که قابل تجربه باشد از آن دیده نشده است.

ریسمانها در کیهان شناسی یا نظریه ابر ریسمان:

همواره همان طور که در فصول قبل ذکر شد یکی از عمده مسائلی که در کیهان شناسی وجود دارد این سوال است که چرا علیرغم همگن بودن تابش زمینه کیهانی و انفجار همگن بیگ بنگ ماده به صورت کلوخه‌ای در آمده و کهنکشانها و ستارگان شکل گرفته اند؟

یکی از پاسخها را نظریه ابرریسمان می‌دهد: در هنگامیکه عالم از فاز ویژه تورم خارج می‌شد همانطور که تک قطبیه‌های مغناطیسی شکل گرفتند در کنار حبابها، ریسمانها نیز به وجود آمدند که این ریسمانها به حدی پر جرم بودند که یک اینچ آنها میلیونها تن جرم داشت، با این همه در سراسر عالم کشیده شده اند، احتمالاً در ابتدا در جرمهای درهم پیچیده شده عظیم وجود داشته اند ولی چون تحت فشار فوق العاده



زیادی بوده اند پیچ و تاب آنها صاف شده است، این ابررسمانها نشانه خود را روی ریز موج زمینه گذاشته اند و ممکن است که آن قابل تشخیص

باشد. از جمله در این نظریه ابر ریسمان را به صورت یک ریسمان ابر رسانا می‌داند یعنی اینکه تا جریانی در آن برقرار می‌شود شار جریان تا ابد باقی می‌ماند و چون ریسمانها در حال ارتعاشند تابش الکترومغناطیس گسیل خواهد داشت که مقدار آن ۱۰۰۰۰ برابر تابش مربوط به کوازار است که سبب می‌شود تمام ریسمان بدرخشد.

در واقع ما در نزدیک قلب کهکشان نخهای درخشنده‌ای را دیده ایم، مارک موریس از VCLA و فرهید یوسف زمبل این نخها را کشف کردند، تابش گسیل شده توسط ریسمانها، ماده را از آنها به بیرون می‌راند و در اطراف آن یک فضای خالی به وجود می‌آورند که شاید بتوانیم آن را ببینیم.

در مجله “ ۱۲ August ۲۰۰۶ “ New Scientist در طی مقاله‌ای از دیوید کاستلوجی که جناب شهاب سغری در ماهنامه دانشمند « شهریور ۱۳۸۶ » ترجمه‌ای از آن گذاشته، کاستلوجی ادعا می‌کند فضا بر خلاف تصور پیوسته نبوده بلکه از بخشهای مجزا به ابعاد

۱۰^{-۳۵} متر تشکیل شده است.

بر اساس نظریه گرانش کوانتومی حلقوی فضا - زمان در واقع شبکه‌ای است از پیوندهایی که این کوانتم‌های فضا را به همدیگر متصل میکنند و انعطافهای فضا - زمانی خاص می‌تواند ذرات مختلف را بیافریند و در حقیقت این کرم چاله‌های فضا زمانی ساختاری است که ذرات بنیادی از آنها نشأت گرفته اند، محاسبات نشان می‌داد در این نکته به علت افت و خیزهای خاص کوانتومی مقدار عمر میانگین این گره‌ها در حد ۱۰^{-۴۴} ثانیه است و این جهانی ناپایدار را حکایت دارد و توجیهی در پایداری ذرات ارائه نمی‌دهد تا اینکه دانشمندان عرصه کامپیوتر کوانتومی که در صنعت دیتا پردازی خود علاوه بر داشتن فرم‌های صفر و یک دارای فرم‌های هم صفر و هم یک بودند، جواب این تناقض را دادند به نظر آنها سیستم هم صفر و هم یک، یک حالت ناپایدار



را در حکم ذره‌ای بودن ایفا می‌کند ولی وقتی به مجموع دیتاها در قالب جمع توجه می‌شود علت پایداری از یک فرم بروز می‌کند و سیستم برای ذخیره اطلاعات مناسب می‌شود و چنین چیزی هم قطعاً در درون حلقه‌های کوانتمی مذکور موجود است با این روش سبکترین خانواده ذرات در مدل استاندارد ذرات بنیادی یعنی الکترون و کوارک استخراج شده است و دانشمندان امیدوارند که بتوانند سایر ویژگی ذرات جرم آن را نیز استخراج کنند ولی آزمون این نظریه نیز کار بسیار دشواریست و دانشمندان امیدوارند که صحت آن را از روی کیهان شناسی و ساختارهای بزرگ مقیاس با کاوش در CMB آسمان تحقیق کنند.

البته در پیش زمینه بنیان گذاران نظریه گرانشی کوانتمی حلقوی این وجود دارد که ممکن است خود فضا نیز اصلاً وجود نداشته باشد و چنانچه کوانتمهای فضا را در نظریه گرانشی کوانتمی حلقوی با کوبیت‌ها جایگزین کنیم، خود فضا که تا کنون به عنوان یک سیستم مرجع مطرح بود به تار و پودی از اطلاعات مبدل خواهد شد و جهان ایده الیست کوانتمی را حکایت می‌کند. « رجوع شود به فصول قبل »

نظریه ابر شارها و گردش کیهانی:

یکی دیگر از ایده‌ها که در اصطلاح مدل استاندارد ارائه شده نظریه ابر شارهای کیهانی می‌باشد در این نظریه با استعانت از فیزیک ابر شارها به پدیده تورم و بیگ بنگ می‌نگرد، ابر شاره نوعی شاره است، ابر شارها هنگامی شکل می‌گیرند که ذرات تشکیل دهنده یک شاره، رفتار منفرد خود را از دست داده و همگی با هم به مانند یک ذره واحد عمل کنند حال اگر چنانچه فضا - زمان هم از اجزائی تشکیل شده باشد که بتوانند چنین رفتاری را از خود بروز دهند، در این صورت می‌توان گفت که یک زمان جهانی در تمام گستره آن شکل گرفته است.

ابر شارها ویژگی بسیار عجیب و غریبی دارند، می‌توانند بر خلاف شارهای معمولی از سرایشی بالا روند و حرکت آنها بدون اصطکاک خواهد بود و با برهم زدن



به چرخش در نمی آیند یعنی اگر آن را هم بزنیم به طور کلی نمی گردد بلکه گردشهای گردابی خاصی در آن ظهور پیدا می‌کند.

در این نظریه که با رمبش یک ستاره تبیین شده اشاره می‌شود یک ستاره وقتی رمبش پیدا می‌کند گرانش آن را در خود فرو می‌برد اگر در فرض مثال ستاره از چهار برابر جرم خورشید بیشتر باشد و ستاره در اثر رمبش بسوی یک سیاهچاله سیر کند در اثر تراکم و دما بعد از حالت پلاسما به حالتی می‌رسد که یک ابر شاره را تشکیل می‌دهد که این ابر شاره اولاً به علت رمبش ستاره مادر و به علت بقای قانون اندازه حرکت زاویه با سرعت به دور خود در حال گردش است، اما گردشهای آن باعث گردشهای موضعی در سطح ابر شاره شده و در این حالت به حالتی جلوه می‌کند که به جای رمبش، دافعه دار می‌شود، در این حال آن قسمت از ابر شاره که روی سطح ابر شاره است در حوزه‌های چرخشی موضعی مقداری از انرژی ابر شاره را به صورت ماده تبدیل می‌کند و ابر شاره آن ماده را به جای جذب کردن با فشار زیادی به خارج از خود می‌راند و ماده را به اطراف پرتاب می‌کند، که این ستاره در این وضعیت را یک ستاره گرانشی می‌نامند.

کیهان شناسان با الهام گرفتن از ایده ستاره‌های گرانشی، این ایده را در حوزه کیهان شناسی گسترش داده و اذعان می‌دارند که فاز ویژه ماده در هنگام تورمی، مثل یک ابر شاره عمل می‌کرده و یا فضا زمان یک نوع ابر شاره خاص بوده که جریانهای گردابی خاصی در آن بوجود آمده و در لبه آن قسمتی که جریانهای گردابهای بوجود آمده مقداری از انرژی به ماده تبدیل شده و این ماده مقدار گردش خود را از آن موج گردشی دریافت نموده و در اثر نیروی دافعه ابر شاره به سوی دور از ابر شاره پرتاب شده است و فضا و زمان را به وجود آورده و کهکشانشانها در حال دور شدن را نمایش می‌دهد و همین حالت ظهور ماده و گسترش آن را در عالم نیز حاکی از تأثیر پذیری از آن ابر شاره گردان است و کیهان به عبارتی کیهانی گردان خواهد بود.



البته شاید گروهی از مردم گردش کیهان را منافی با همگنی یا همسانگردی کیهان تلقی کنند چرا که محور خاصی را می‌طلبند که کیهان حول آن به گردش در آمده باشد اما بنیانگذاران این ایده مدعی هستند ویژگی‌های خاص تابش زمینه کیهانی را با فرض موجود یک محور چرخش کیهانی به خوبی می‌توان توضیح داد. در ظاهر می‌بایست تمامی نقاط گرم و سرد در این تابش به طور کاتوره‌ای در سراسر آسمان توزیع شده باشد اما اندازه گیری‌ها، یک هم راستایی کاملاً مشخص را در میان بزرگترین نقاط گرم این تابش را نشان می‌دهد.

علی‌ای حال، دانشمندان معتقدند که همین حوزه ابر شارهای می‌باشد که بوسیله آن می‌توان ایده انرژی تاریک را توضیح داد، و این موضوع که ۹۷٪ انرژی گمشده در جهان در کجا قرار دارد را توضیح داد و بعید نیست که از جمله خاصیت‌های عجیب ابر شاره زیاد شدن آهنگ تغییرات سرعت در گذر زمان باشد و توضیح بر اینکه چرا علیرغم گذر زمان بجای کاهش سرعت کهکشانه‌ها، چرا شتاب حرکت آنها رو به افزایش است و حتی ماده تاریک در این ایده، ما حاصل بر هم کنش ماده معمولی با انرژی تاریک تلقی می‌شود چرا که ماده تاریک را همواره حول ماده معمولی موجود در کیهان جستجو می‌کنیم نه جای دیگر.

حال باید دید که چرا این ایده نیز با آزمایش‌ها و داده‌های رصدی موجود در کیهان توافق دارد یا نه؟

و برای رسیدن به کنه درستی هر کدام از نظریه‌ها اعم از نظریه مهبانگ یا جهان پایا یا ابر ریسمانها و یا کیهانهای گردشی و ابر شاره احتیاج به رصدهای مستمر و داده‌های رصدی بیشتر توأم با درک وسیع‌تر و ذهن فعال‌تر و انسانی بسیط تر می‌باشد.
که:



« سخن از مطرب و می‌گوی، ز راز دهر کمتر جوی
که نگشودند و نگشایند به حکمت این معما را »
اسرار ازل را نه تو دانی و من
این حل معما نه تو دانی و نه من
اندر پس پرده گفتگوی من و توست
چون پرده برافتد نه تو مانی و نه من

۱۶ / آذر / ۱۳۸۶

مرکز نجوم آستان مبارک حضرت عبدالعظیم (ع)

مهدی دانشیار



منابع:

- ۱- فراسوی انیشتین / میکو کاکو / دکتر رضا خزانة
- ۲- ابرفضا / میچو کاکو / نادر جوانی
- ۳- Interoduction to cosmology / Matts Roos / willy
- ۴- آشنایی با نسبیت خاص / رابرت رزنیک / جعفر گودرزی
- ۵- نسبیت / استیو - آدامز / دکتر زهرا امامی
- ۶- ماتریستها و تانسورها در فیزیک / ا.و جوشی / سالار باهر
- ۷- نسبیت خاص و عام کیهان شناسی / ولفانگ ریدنلر / دکتر رضا منصوری
- ۸- الفبای نسبیت / برتراند راسل / دکتر محمود خاتمی
- ۹- از صبح ازل تا شام ابد / موسی اکرمی
- ۱۰- نگرش فلسفی فیزیکدانان معاصر / دکتر مهدی گلشنی
- ۱۱- پاسخهای فلسفی به مشکلات فیزیک قرن بیست و یک / مهدی دانشیار
- ۱۲- مجموعه مقالات «فلک را سقف بشکافیم...» / مجله نجوم / دکتر رضا منصوری
- ۱۳- نسبیت نظریه خصوصی و عمومی / آلبرت انیشتین / غلامرضا عسجدی
- ۱۴- نسبیت برای همگان / مارتین گاردنر / محمدرضا محبوب
- ۱۵- تاریخچه زمان / استیون هاوکنگ / محمدرضا محبوب
- ۱۶- نسبیت و کیهان شناسی / ویلیام جی. کافمن / دکتر تقی عدالتی
- ۱۷- مجله دانشمند «دی، شهرپور، مرداد ۱۳۸۶»
- ۱۸- دیوان حافظ شیرازی
- ۱۹- دیوان حکیم عمر خیام شیرازی
- ۲۰- دروس اختر فیزیک / دکتر جمشید قنبری

مبانی کیهان شناسی کوانتومی

مقدمه:

این کتاب در ادامه کتاب کیهان شناسی نسبیتی باید مورد مطالعه قرار بگیرد و در واقع یک اصلاحیه‌ای است که بر مدل استاندارد کیهان شناسی زده شده است. همان طور که در کیهان شناسی نسبیتی خاطرنشان شد، کیهان شناسی از جمله علمی است که در تکامل خود، دوره‌های مختلفی را پشت سر نهاده است. از کیهان شناسی اسطوره‌ای، کیهان شناسی فلسفی و بالاخره کیهان شناسی فیزیکی، که در کیهان شناسی فیزیکی علم کیهان شناسی از حوزه معرفت توصیفی و تعریفی و فلسفی وارد حوزه معرفت مقداری و اندازه گیری شد که این دوره از اوایل قرن بیستم که آلبرت انیشتین با ارائه دو نظریه نسبیت خاص و نسبیت عام، انحنای فضا-زمان را تعریف کرد و وابستگی هندسه فضا-زمان به جرم را مورد ارزیابی علمی قرار داد و دانشورانی چون فریدمن، فردهویل، ژرژگاموف به توسعه این دانش کمک کرده و نظریه‌های مختلفی را ارائه نمودند و بر اساس داده‌های تجربی و محک آن با نظریات مختلف در نهایت نظر ژرژگاموف که جهان را جهانی بسته در نظر می‌گرفت که با توجه به قوانین هابل در حال توسعه و انبساط است و آغاز آن از یک انفجار بزرگ نشأت گرفته است به عنوان نظریه استاندارد کیهان شناسی معرفی شد. البته در طی مرور این زمان این نظریه از سوی دانشمندان کیهان شناس مورد ارزیابی قرار گرفت و تناقضات آشکاری در آن مشاهده شد اولاً اینکه اگر از لحظه $t=0$



کیهان در فاز هابلی با سرعت هابلی رو به افزایش و بزرگ شدن بود اندازه جهان بعد از سال 10^{10} می‌بایست خیلی کمتر و کوچکتر از حال حاضر باشد و یا بالعکس اگر با سرعت هابلی که $V=HR$ است اگر به لحظه $t=0$ بازگردیم اندازه جهان $l=0$ نخواهد شد.

و این تناقض از مرتبه 10^{50} برابر حالت محاسباتی بود و این قابل توجیه نبود از سوی دیگر ملاحظه می‌شود که در حال حاضر مقدار Ω یعنی نسبت چگالی فعلی به

چگالی بحرانی $\frac{P_{\text{فعلی}}}{P_{\text{بحرانی}}}$ در جهان برابر با $\Omega=0/1$ می‌باشد از آنجا که مقدار Ω همانطور

که گفتیم نشان از شکل و هندسه عالم می‌باشد اگر مقدار آن $\Omega=1$ باشد جهان تخت خواهد بود و همیشه همین مقدار باقی میماند اما اگر مقدار $\Omega < 1$ باشد با توجه به اینکه

$\frac{P_{\text{فعلی}}}{P_{\text{بحرانی}}}$ می‌باشد هر قدر که زمان بگذرد $P_{\text{فعلی}}$ زودتر از $P_{\text{بحرانی}}$ کوچک می‌باشد پس

لاجرم Ω به مرور زمان همواره کاهش پیدا می‌کند و اگر چنانچه $\Omega > 1$ باشد به مرور زمان $P_{\text{بحرانی}}$ از $P_{\text{فعلی}}$ کوچکتر شده لاجرم Ω همواره بزرگتر می‌شود حال با این تفاسیر

در حال حاضر که $\Omega=0/1$ می‌باشد و از عمر جهان $t=10^{10}$ سال گذشته پس می‌بایست در هنگام بیگ بنگ مقدار جرم گرانشی انرژی و انفجار با هم برابر باشند یعنی تقریباً $\Omega=1$ ولی از مرتبه 10^{-60} از آن کمتر باشد تا به مرتبه $\Omega=0/1$ برسد و اگر در این مقدار مقداری اختلاف به وجود می‌آمد منجر به وجود انسان نمی‌شد.

چگونه است که مدل استاندارد کیهان شناسی که جهان را حالت بسته تصور می‌کند با این حالت جور در می‌آید؟ و آیا واقعاً ما باید این مدل را بپذیریم که جهان در حال حاضر به صورت تخت است، اگر نظریه ماده تاریک را در نظر بگیریم و جرم‌های دیگر را جهان به سوی جهانی بسته سوق پیدا می‌کند ولی رصدها جهان تخت را تایید می‌کند چگونه می‌توان این دو نظر را با هم جمع کرد یعنی تخت بودن رصدی و بسته بودن محاسباتی این سوال را بدین گونه مطرح می‌کنیم، شما که زمین را نگاه می‌کنید - از افق خودتان - زمین را مسطح می‌بینید در صورتی که می‌دانید زمین کروی است،



چرا؟ چون اندازه زمین نسبت به افق شما بسیار بزرگ است که شما این کروی بودن و بسته بودن را احساس نمی کنید، حال اگر اندازه جهان در نسبت آنچه شما رصد و مشاهده می کنید خیلی بزرگتر و وسیعتر باشد پس لاجرم علی رغم بسته بودن جهان شما او را به صورت مسطح می بینید، ما از جهان چه چیز را مشاهده می کنیم؟ و تا چه حد از جهان قابل مشاهده است؟ ما از جهان آنچه که نورش به ما می رسد می توانیم مشاهده کنیم؟ عمر جهان چقدر است؟ می گویند 10^{10} سال، یعنی آخرین نوری که به چشم ما می رسد، از فاصله 10^{10} سال نوری است. آیا خارج از این محدوده جهانی توسعه ندارد؟ حالا ما روی این محدوده قضاوت می کنیم که جهان تخت است؟

یکی از نظریات مورد قبول فیزیک معاصر در عرصه ذرات بنیادی است، در ذرات بنیادی چنانچه در متن کتاب بدان اشاره خواهیم کرد از پیامدهای فیزیک ذرات بنیادی این است که برای هر نیرو - برای رد و بدل شدنش - احتیاج به ذراتی است که مثلاً برای گرانش گراویتون برای الکترومغناطیس فوتون، برای هسته ای قوی، گلوئون و هسته ای ضعیف W^+W^- را در نظر می گیرند اما اینجا یک مسئله ای وجود دارد ما در طبیعت نیروی الکترومغناطیس را حاصل دو میدان الکتریکی و مغناطیسی می گیریم و خاطر نشان می کنیم که ذرات باردار در حالت سکون به ذرات باردار دیگر نیروئی وارد می کنند که به آن نیروی الکتریکی می گوئیم، که تبادل این نیروها توسط فوتونها صورت می پذیرد چه دافعه، چه جاذبه، و همین ذره باردار وقتی حرکت می کند علاوه بر نیروی الکتریکی دارای نیروی مغناطیسی هم می شود، برای رد و بدل شدن این نیرو چه ذره ای را در نظر می گیرند؟

می دانیم که فیزیکدانان دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی را یک نیرو می دانند و اتحادی بین آنها قائل هستند.

دیراک ضمن معادلاتی نشان داد که دلیل پیمانه ای بودن شارژ بر اساس بار الکترون به این تک قطبی ها باز می گردد، این تک قطبی ها در زمانی که دمای جهان در اندازه 10^{10} GeV بود با جرم



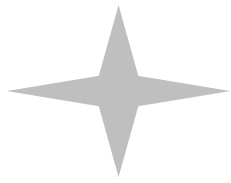
10^{16} GeV به وجود آمده حدود 10^{35} s بعد از بینگ بنگ، با آنکه افرادی مثل کایرو بر آن بودن که با ساختن حلقه‌هایی از ابر رسانا مترصد عبور این تک قطبی‌ها از میان آن حلقه و آشکارسازی آن بودند ولی به نتیجه قابل قبولی نرسیدند چرا که یک تک قطبی با عبور از حلقه ابر رسانا تغییر قابل ملاحظه‌ای در جریان آن ایجاد می‌کند، بنا بر قانون فاراده اگر شار گذرنده از این حلقه تغییر کند نیرویی محرکی الکتریکی باید در حلقه پدید آید ولی در مورد ابر رسانا چنین پدیده‌ای مجاز نیست برای جلوگیری از تغییر شار کلی حلقه جریان گذرنده از سیم باید تغییر کند و با ایجاد شار مغناطیسی کافی خطوط شار حاصل از تک قطبی را خنثی کند.

به این ترتیب بر اساس قدرت زیاد قطب و خواص ویژه ابر رساناها روش منحصر به فردی برای آشکارسازی قطب فراهم می‌شود دلیل اینکه دو قطبی‌های مغناطیسی همواره دیده می‌شوند و اثری از تک قطبی‌های مغناطیسی دیده نمی‌شود.

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی که با سامانه بارها و جریان‌ها پدید می‌آیند با مجموعه معادلاتی به نام معادلات ماکسول نوشته می‌شوند، از آن جا که تک قطبی مغناطیسی که در طبیعت یافت نمی‌شود این معادلات با میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی تقارن ندارند.

اگر بارها و جریان‌های مغناطیسی جداگانه‌ای در طبیعت باشند تقارن شگفت آوری در معادلات حاصل می‌آید. دیراک بر پایه برهان پیچیده‌ای نشان داد که دلیل وجود یک تک قطبی مغناطیسی در مکانیک کوانتومی آن است که همه بارهای الکتریکی باید مضرب درستی از بار الکترون باشند.

علی رغم اینکه مدل استاندارد وجود چنین تک قطبی‌هایی را تایید می‌کند ولی در هیچ جای دنیا اثری از این تک قطبی‌ها دیده نشده است، علاوه بر موارد فوق الذکر مسطح بودن حیرت انگیز کیهان، همگنی و هم دمایی، معمای افق از جمله مسائلی است که لزوم تجدید نظر یا اصلاح مدل استاندارد کیهان شناسی را مطرح می‌کرد از جمله بروز مشاهداتی که حاکی بر این بود که برخلاف آنچه مدل استاندارد در شتاب منفی



داشتن عالم تاکید داشت، شتاب عالم مثبت و رو به فزونی بود و این معمایی دیگر موسوم به انرژی تاریک را به اسرار کیهان می افزود، به دین لحاظ مدل هایی برای حل این اغوجاجات علمی و تناقضات مطرح شد که یکی از این راه حل ها اصلاحیه ای بر مدل استاندارد است که به مدل تورمی موسوم است، که ما در این کتاب که از جمله کتاب های مجموعه:

"ستاره شناس، برای کسی که به ستاره شناس دسترسی ندارد"

به تبیین و شرح این نظریه پرداخته و مسائل پیرامون آن را شرح و توضیح می دهیم، در این کتاب سعی بر این شده که تا حد امکان وارد فرمول های پیچیده نشده و مفهوم نظریه و نظریات وابسته به آن بررسی شود. در پایان از کسانی که در پدید آمدن این مجموعه مددکار مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم علیه السلام بوده اند و پژوهشگران ارجمند کمال قدر دانی و سپاس را داشته و آرزوی توفیق و بهروزی روز افزون را برای آنها دارم.

وما توفیق الا بالله

مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم

نظریه تورمی، پیامدها و چالش‌ها

نظریه بیگ بنگ، نظریه‌ای بود که بر اساس نظرات جورج گاموف در پی نظریه فریدمن ارائه شد در این نظریه که $\Omega > 1$ می‌باشد، یعنی چگالی فعلی عالم از چگالی بحرانی عالم بیشتر در نظر گرفته می‌شود، چگالی بحرانی عالم کمیتی وابسته به ثابت هابل است $P_C = \frac{3H_0^2}{8\pi G}$ در این نظریه چگالی طبق نظر گاموف مقدار ماده در عالم ثابت است و انبساط عالم رفته رفته کند شده و بالاخره عالم متوقف و دوباره به حالت اول باز می‌گردد و اجتماع ماده منجر به بوجود آمدن انفجاری مجدد خواهد شد بدین لحاظ بدین مدل نوسانی نیز اطلاق می‌شود، و همان طور که در نظریه موجود است شتاب جهان کاهنده است و به سوی صفر میل می‌کند پس لاجرم هم چگالی فعلی عالم رو به کاهش است و هم چگالی بحرانی ولی چگالی بحرانی با سرعت بیشتری رو به کاهش گذاشته بنابراین Ω همواره مثبت می‌ماند و از سویی رو به افزایش است، اما در عمل و رصدهای مشاهده پذیر، دیده شده که مقدار $\Omega = 1/30$ یعنی مقدار کوچکتر از یک است، این تناقض با نظریه گاموف دارد از سوئی چون این مقدار $\Omega < 1$ است، بالعکس چگالی بحرانی با سرعت بیشتری نسبت به چگالی فعلی عالم کم می‌شود پس همواره $\Omega < 1$ است و به مرور زمان کاهش بیشتری می‌یابد از آنجا که مقدار چگالی فعلی عالم $0.3/0$ می‌باشد، و این روند از 10^{10} سال پیش تا کنون در حال کاهش است پس در 10^{10} سال پیش $\Omega \approx 1$ بوده که به تقریب پژوهشگران به اندازه 10^{-60} از



آن کمتر بوده تا در حال حاضر بدین مقدار رسیده است، پس در لحظه بیگ بنگ جهان به شدت تخت بوده یعنی مقدار ماده و قدرت انفجار با یکدیگر مساوی بوده اند

پس در اینجا ما با مدل جرج گاموف به یک تناقضی می‌رسیم و آن مساله تخت بودن فضا - زمان است و علی رغم آنکه گاموف ادعا به بسته بودن آن داشت، سوال دیگری که اینجا مطرح است این است وقتی که ما به آسمان نگاه می‌کنیم در واقع به گذشته جهان نگاه می‌کنیم، یعنی هر چه که به ستارگان دوردست نگاه می‌کنیم در واقع گذشته جهان را سیر می‌کنیم و به انفجار بزرگ نزدیکتر هستیم، نکته قابل توجه این است که در رصدهای عملی مشاهده شده که دورترین جرم عالم از ما در حدود ۱۳/۷ میلیارد سال نوری با ما فاصله دارد در حالی که تخمین سن جهان در نظریه گاموف از مرتبه ۱۰^{۱۰} سال نوری است یعنی با این برآورد اجرایی در جهان یافت می‌شوند که از خود جهان پیرترند و این هم تناقض خاصی است که اتفاق می‌افتد حتی اگر ما عالم را در ابعاد کوچک هم در نظر بگیریم اگر این طور تصور کنیم که جهان در حال انبساط است انبساط یعنی اینکه به مرور زمان انحنای فضا - زمان کم و کمتر می‌شود، یعنی در یک منطقه فضا زمان طوری جهت می‌گیرند که ریتم گذر زمان کندتر و فضا منقبض تر می‌شود این تعریف انبساط است، از طرفی انحنای فضا و زمان متریک‌های متفاوت در فاصله‌های متفاوت از چاه پتانسیل را تعبیر به انحنای فضا - زمان می‌کنیم هر قدر به چاه پتانسیل (جرم) نزدیک می‌شویم انحنای فضا - زمان بیشتر و هر قدر دورتر می‌شویم این انحنای کاهش می‌یابد و در هر ناحیه‌ای صفحات هم پتانسیلی وجود دارد که متریک فضا - زمان روی آنها یکسان است، اگر چنانچه به سمت جرم (چاه پتانسیل) نزدیک بشویم و این سطوح خمیده ترمی شوند و می‌تواند جایی وجود داشته باشد که ریتم گذر زمان بی نهایت و فضا بسیار فشرده است

و می‌توان گفت که آن ناحیه یک نقطه است، پس در تعبیر بیگ بنگ نقطه انفجار بزرگ جایی است بیشترین انحنای فضا - زمان در آنجا قرار دارد و در فاصله‌های متفاوت از آن ما انحناهای متفاوت و کمتری از فضا - زمان را داریم، و در هر فاصله



که میان این صفحات هم پتانسیل است از انرژی ویژه آن منطقه وجود دارد، و تانسورهای انرژی بر آن اساس ساخته می‌شود و بنا می‌شود.

پس وقتی ما هر چه به آسمان نگاه می‌کنیم هر چقدر جرم دورتری را رصد می‌کنیم، به مناطقی می‌رسیم که به لحظه بیگ بنگ نزدیکتر است پس لاجرم انرژی بیشتر و انحنای فضایی بیشتری دارند تا در نهایت در فراسوی افق دید قابل مشاهده، آنچه وجود دارد نزدیکترین حالت به لحظه بیگ بنگ است، پس انتظار داریم در آنجا انحنای فضا - زمان فوق العاده زیاد و انرژی بالا باشد.

و اما فی الواقع نقطه بیگ بنگ کجای این عالم قرار دارد؟

از هر سو که شما نگاه کنید به نقطه بیگ بنگ نگاه می‌کنیم جهت خاصی برای آن وجود ندارد به شرق و غرب، شمال و جنوب به هر سو نگاه می‌کنید در واقع به جایی نگاه می‌کنیم که شرایط مشابه هم دارند.

در صورتی که بین شمال و جنوب و شرق و غرب ممکن است به اندازه ۱۰^{۲۶} سال نوری فاصله وجود داشته باشد.

کما اینکه این جهات همه به یک سو یعنی به سوی نقطه بیگ بنگ نگاه می‌کنید پس همه با هم مشابه و یکسان و یک ویژگی دارند اولاً اینکه همه همدمها هستند حال آنکه به ظاهر از هم ۱۰^{۲۶} سال نوری فاصله دارند و اگر ما سن جهان را ۱۰^{۱۳} سال بگیریم امکان علت و معلولی بین این نقاط قرار ندارد، آیا زمانی این نقاط به یکدیگر اتصالی داشته اند؟ اگر اتصالی داشته اند چه زمانی از هم دور شده اند؟ آنقدر دور که بعد از ۱۰^{۱۳} سال نوری آنها به ما رسیده است حال که به این نقاط همدمها برخورد می‌کنیم و هر طرف را که نگاه می‌کنیم به سوی بیگ بنگ نگاه می‌کنیم

نقاط همدمها، هم چگالی و یکسانی را می‌بینیم، گر چه افت و خیزهای کوچک کوانتمی در آن دیده می‌شد.

حال به هر تقدیر چگونه از نظر بیگ بنگ این مسائل قابل جمع کردن است؟



چگونه سازگاری دیده می‌شود وقتی که ما از زمین با سفینه‌ای فاصله می‌گیریم و مثلاً به سوی خورشید یا کهکشان آندرومدا حرکت می‌کنیم هر قدر به خورشید و یا کهکشان آندرومدا نزدیک می‌شویم یعنی به حال حاضر آن نزدیک می‌شویم یعنی به سوی زمان حال آن کهکشان حرکت می‌کنیم، کهکشان آندرومدا از کهکشان راه شیری قریب به دو میلیون سال نوری فاصله دارد، یعنی این نوری که شما از این کهکشان می‌بینید متعلق به دو میلیون سال پیش است، ما در حال حاضر، زمان حال زمین را درک می‌کنیم و هر آنچه در آسمان می‌بینیم متعلق به گذشته است، حال وقتی به یک جرم آسمانی چون کهکشان M۳۱ نزدیک می‌شویم، به زمان حال آن نزدیک می‌شویم و در مقابل از زمان حال زمین دور می‌شویم، حال اگر روی سیاره W در کهکشان آندرومدا فرود آییم، آن سیاره در حال قرار دارد در صورتی که زمین دو میلیون سال نوری از ما فاصله دارد یعنی ما دو میلیون سال پیش زمین را می‌بینیم.

زمین در گذشته قابل ردیابی است در حالی که این کهکشان آندرومدا در زمان حال قرار دارد، حال فرض را برای تفهیم گونه‌ای دیگر پیش می‌رویم فرض کنید به سوی کهکشانی رهسپار می‌شویم که در زمین آن را نزدیک به زمان بیگ بنگ می‌شناسیم وقتی روی آن کهکشان قرار بگیریم، آن کهکشان برای ما در حال حاضر است ولی وقتی شما از آن کهکشان زمین را نگاه بکنی، زمین در گذشته قرار دارد و گوئی که این زمین است که به نقطه بیگ بنگ نزدیکتر است نه آن کهکشان و همین طور برای سایر اجرام کیهانی چرا که آنچه در فرض است، سیر در آینده امکان ندارد یعنی نمی‌شود از آن کهکشان زمین راببینی و بگوئید که این سیاره در آینده به وجود خواهد آمد و حرکت به سوی زمین در واقع سفر به آینده باشد نه گذشته، حال فرض کنید در یک کهکشانی قرار می‌گیرید که این کهکشان ناگهان به مرحله‌ای رسیده باشد که نابود شود، فرض که این کهکشان ۵ میلیارد سال نوری از زمین فاصله دارد، وقتی شما در کهکشان حاضر هستید و کهکشان نابود شود، زمینی‌ها ۵ میلیارد سال دیگر متوجه می‌شوند که



این کهکشان نیست شد، حال سوال اینجاست این نابودی برای زمینی‌ها در آینده محسوب می‌شود یا در گذشته؟

بالطبع آنها خواهند گفت در آینده آن کهکشان از بین خواهد رفت نه اینکه ۵ میلیارد سال گذشته از بین رفته است، یک بحث درباره فضا - زمان، هر قدر که شما از یک جرمی فاصله می‌گیری یعنی آن را بیشتر در گذشته می‌بینی و از حضور کم می‌شود، هر قدر فاصله بیشتر می‌شود از نظر زمانی بیشتر فاصله می‌گیرد یعنی زیاد شدن فاصله دور شدن در حضور زمانی است و در واقع هر قدر فاصله از جرم بیشتر می‌شود آن جرم بعد زمانیش در گذشته زیاد و زیادتر می‌شود و هر قدر فاصله کم تر و کمتر می‌شود از گذشته به حال نزدیکتر و نزدیکتر می‌شود.

با این تعریف جهت فضائی مطرح نیست، یعنی وقتی شما روی کهکشان NB که از نظر زمینی نزدیک به لحظه انفجار بیگ بنگ است قرار می‌گیری اگر از روی آن زمین را مطالعه کنی زمین را در گذشته و نزدیک انفجار بیگ بنگ مشاهده خواهی کرد با این تفسیر که فضا جهت ارجحی ندارد و بیگ بنگ فقط بعد زمانی دارد نه بعد فضائی یعنی فقط در گذشته است، همین یعنی در هر جای از فضا قرار بگیری بیگ بنگ در گذشته اتفاق افتاده است، پس با این فرض اگر چنانچه شما به هر سوی کیهان نگاه کنید چون در واقع در حال نگاه به گذشته هستید، به سوی نقطه بیگ بنگ نگاه می‌کنید اما وقتی به محتوای جهان نگاه می‌کنیم تفاوت منظره‌هایی که در جهات مختلف وجود دارد حکایت از آن می‌کند که رکن دیگری که دیگر صرفاً زمانی نیست وارد آفرینش شده است که آن را مکان می‌گوئیم.

حال سوال اینجاست این تفاوت مناظر از کجا حاصل شده است در صورتی که همه یک منشاء بیشتر ندارند چرا در جایی خوشه‌های کهکشانی و ابرخوشه‌ها اجتماع بیشتری نسبت به جاهای دیگر دارند، چه چیز این همگنی و همسانگردی را در جهات مختلف دچار اختلال کرده است.



نگاهی به شواهد تجربی و رصدی می‌اندازیم:

اول:

رصد‌های هابل:

هابل در پی رصدهایی که کهکشانها انجام داد و حدود یک هزار و سیصد و چند کهکشان را مورد بررسی قرار داد متوجه شد که طیف همه کهکشانها گرایش به سرخ دارند و هر چه کهکشانها از ما دور هستند، گرایش به سرخ بیشتری دارند.

یعنی هر چه به گذشته نگاه می‌کنیم گرایش به سرخ بیشتر است که بنا به ایده خود هابل این گرایش به سرخ را با پدیده دوپلر قیاس کرد و نتیجه گرفت این گرایش به سرخ یعنی اینکه آن کهکشانها هر قدر از ما دورتر باشند با سرعتی بیشتر از ما در حال دور شدن هستند، اما این را با مه بانگ چگونه توجیه کنیم؟

اگر تفسیر و قیاس هابل درست باشد و کهکشانها را در حال حرکت با سرعت فرض کنیم این کهکشانها به سمتی در حال حرکت هستند، آیا سمت حرکت آنها به سوی گذشته است؟ و با سرعت به نقطه بیگ بنگ نزدیک می‌شوند؟ که در این صورت باید به جای انبساط حرف از انقباض بزنیم و یا تفسیر دیگری از این شهود و رصد هابل ارائه دهیم، آنچه هابل شهود کرده بود این بود که هر قدر که به لحظه بیگ بنگ نزدیک می‌شویم یعنی هر قدر به گذشته نگاه می‌کنیم طول موج کهکشانها گرایش به سرخ بیشتری پیدا می‌کند یعنی طول موج بلند و کشیده می‌شود

در واقع هابل سرعت و حرکت کهکشانها را رصد نکرده بود بلکه در قیاسی با پدیده دوپلر بدان دست پیدا کرده بود و این به تعبیر هابل انبساط کیهان است، اما بواقع اگر نظر بیگ بنگ درست باشد این حرکت به سوی بر عکس فرض هابل است و در واقع انقباض کیهان است نه انبساط یعنی حرکت به سوی نقطه شروع، مگر اینکه تعبیر و تفسیر دیگری از نظر هابل داشته باشیم همان طور که می‌دانیم پدیده دوپلر نه تنها به علت سرعت بلکه به علت جاذبه گرانشی نیز ممکن است به وجود بیاید



$\lambda = \frac{\lambda_0}{1 - \frac{Gm}{Rc^2}}$ یعنی در اطراف یک ستاره هر قدر جرم اضافه شود و یا شعاع کوچک شود قرمز گرایی بیشتری در طول موج‌ها بوجود می‌آید، اگر بخواهیم اثر را در کیهان شناسی تعمیم دهیم، به جای M بر حسب چگالی دوران بیگ بنگ قرار می‌دهیم و به جای R شعاع عالم در نظر می‌گیریم و جهان را منحنی بسته در نظر می‌گیریم، پس لاجرم داریم

$\lambda = \frac{\lambda_0}{1 - \frac{GP_0 \frac{4}{3}\pi R^3}{Rc^2}}$ و در ادامه می‌توانیم بنویسیم $\lambda = \frac{\lambda_0}{1 - \frac{\frac{P_0}{P_I} \frac{4}{3}\pi R^3}{\frac{4}{3}\pi G}}$ در این صورت $\frac{4}{3}\pi G R^3$ از جنس چگالی خواهد بود و آن را P_I می‌نامیم که وابسته به R^3 می‌باشد هر قدر R بیشتر شود چگالی P_I بیشتر می‌شود اگر $P_0 = P_I$ شود لاجرم λ به سوی بی نهایت سوق پیدا می‌کند که همان افق عالم خواهد بود که شعاع آن قابل محاسبه است

$$P_0 = \frac{4}{3}\pi G R^3 = P_I \Rightarrow R = 10^{-5} m$$

اگر $P_0 > P_I$ باشد λ منفی خواهد شد پس غیرممکن است و اگر $P_0 < P_I$ باشد قرمز گرایی کیهانی را خواهیم داشت یعنی در دورانه‌های مختلف این چگالی از P_I باید کوچکتر باشد.

همان طور که مشخص است میزان R نسبت به نقطه مه‌بانگ محاسبه می‌شود پس کافیت در فرمول فوق برای محاسبه λ به جای $d(13/7-D)=R$ سال نوری را قرار دهیم که $13/7$ فاصله نقطه بیگ بنگ تا ما، می‌باشد و D فاصله کهکشان رصدی تا ما و تفاضل آن فاصله آن جرم رصدی را تا نقطه مه‌بانگ نشان می‌دهد

طبق این تفسیر $\lambda = \frac{\lambda_0}{1 - \frac{P_0}{P_I}}$ یا به عبارتی $\Delta\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{P_0}{P_I}\right)$ خواهد بود. که اگر بخواهیم آن را طبق قانون هابل محاسبه کنیم از آنجا که قانون هابل $V=H.d$ می‌باشد پس کافیت به جای V معادل آن را از قانون دوپلر قرار دهیم $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_S} = \frac{\Delta V}{c}$ پس می‌نویسیم $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_S} = \frac{H}{c} \cdot d$ یا می‌توان نوشت $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_S} = \frac{H}{c} \cdot d$ یعنی می‌توان این گونه تفسیر کرد که طبق قاعده هابل $\Delta\lambda$ متناسب با d می‌باشد و هر چه که d افزایش می‌یابد یعنی به لحظه



مهبانگ نزدیک می‌شویم طول موج افزایش می‌یابد. پس طبق تعمیم هر قدر به گذشته نگاه می‌کنیم و به مهبانگ نزدیکتر می‌شویم لاجرم طول موج بلندتر می‌شود یعنی سرخ گرائی بیشتر است و ریتمی که بر آن حاکم است طبق محاسبات هابل شیب نموداری برحسب $\Delta\lambda$ و d می‌باشد. که به آن ثابت هابل یا هر اسم دیگری می‌توانیم بگذاریم. که در این صورت آن ثابت فاقد دیمانسون هم می‌باشد برخلاف حالتی که به جای $\Delta\lambda$ از کمیت V استفاده می‌کردیم.

پس الان هر چه به ستارگان نگاه می‌کنیم آنها را در گذشته خود می‌بینیم و از هر سوی آسمان که نگاه کنیم در فراسوی دید ما ۱۳/۷ میلیارد سال نوری به نقطه آغازین کیهان نزدیک شده ایم، سوال اینجاست وقتی ما به افق نگاه می‌کنیم در واقع به نقطه آغازین نگاه می‌کنیم و از هر سو که نگاه کنید به همان نقطه می‌رسید این نقاط متعدد که در افق به آن می‌رسیم آیا یک نقطه هستند؟ اگر یک نقطه نیستند چرا هم دما و هم انرژی و... مثل هم می‌باشند؟ چه ارتباطی بین آنها وجود دارد؟

و در سوالی بعد آیا واقعاً مسئله سرعت در انبساط جهان مطرح است؟ چرا که سرعت جهت دارد در حالی که ما وقتی طبق رصدهای هابل به افق‌های دور و دورتر نظاره می‌کنیم در واقع به زمان گذشته سیر می‌کنیم یعنی جریان و جهت زمان بر خلاف آن است، پس لاجرم گویی جهان سرعت دار به سوی نقطه آغازین در حرکت است و این انقباض است نه انبساط؟

که البته مشخص است با توجه به سوال اول و دوم نباید ما جهان را چیزی در نظر بگیریم که از نقطه‌ای ماده فوران کرده و شروع به گسترش و انبساط نهاده باشد نظیر این که در کپسول خلایی ناگهان گازی از نقطه‌ای وارد شود، بلکه باید اینگونه استنباط کرد که همان نقطه آغازین شروع به انبساط کرده است یعنی همان نقطه با همان انرژی و هر چه داشته دائماً انرژی‌اش تحلیل رفته و این تحلیل منجر بدان شده که در همه آن طول موج‌ها به گونه‌ای تغییر کند که رفته رفته از یک بی نهایت فیزیکی رفته رفته خارج شده و رو به نزول می‌نهد، تا به طول موج‌های استاندارد کنونی می‌رسد پس طبق



قانون هابل از هر نقطه از عالم که نگاه کنیم مشاهده خواهیم کرد که سایر اجرام در فواصل مختلف طول موجشان به طور مضاعف افزایش می‌یابد و از آنجا که حتی خود منطقه بیگ بنگ هم به مرور زمان طول موجش زیاد می‌شود می‌توان این حالت را به انبساط تشبیه کرد نه انقباض، انقباض می‌شود زمانی باشد که خود نقطه Big Bang ثابت باقی بماند پس نسبت به آن وقتی نگاه می‌کردیم وقتی به کهکشانهای دور دست نگاه می‌کردیم که دائماً طول موجشان بلندتر می‌شده است گوئی هر چه به گذشته می‌رفتیم سرعتشان به سوی نقطه بیگ بنگ بیشتر و به نقطه بیگ بنگ نزدیک می‌شوند، اما با توجه به اینکه خود منطقه بیگ بنگ هم از همین قاعده پیروی می‌کند می‌توان در فرض مذکور سرعت را به ناظر نسبت داد که در جهت مقابل در حال حرکت است و به عبارت دیگر اگر چنانچه در هر جای فضا بایستید ملاحظه می‌کنید که بنا به قانون هابل جهان در حال انبساط است مثلاً در کهکشان راه شیری هستید این مساله را می‌بینید اگر در کهکشان دیگری هم قرار بگیرید می‌بینید که فضا - زمان کهکشان راه شیری یا به عبارتی طول موجی که $(\lambda\Delta)$ از کهکشان راه شیری می‌آید با قانون هابل در حال انبساط است و هر قدر که از کهکشان راه شیری دورتر باشید میزان این انبساط را بیشتر و بیشتر ملاحظه خواهید کرد پس به طور کلی خواهید گفت جهان در حال انبساط است.

طبق تعریف گرایش به سرخ وقتی می‌گوئیم گرایش به سرخ یا Redshift فلان کهکشان ۰/۶ است یعنی از زمانی که فوتون یا نور از آن کهکشان راه افتاده تا آنکه به ما رسیده به اندازه ۰/۶ به ابعاد جهان اضافه شده است یا به اندازه ۰/۶ انبساط پیدا کرده است طبق این تعاریف پس اولاً جهان فاقد مرکز است، فاقد کرانه است، از هر کجا به اطراف نگاه می‌کنی در حال انبساط است، با توجه به تعاریف انحنای نسبیت که عنوان می‌شود در فضا - زمان تخت متریک یکسان، ساعت و متر یکسان برای همه جا استفاده می‌شود برای فضا - زمان بسته در مناطق خاصی متریک‌ها یکسان و در مناطق



دیگر متریک‌های دیگری وجود دارد و در منحنی باز در هر منطقه از فضا - زمان از متریک متفاوت استفاده می‌شود.

آنچه از قرائن بر می‌آید متریک در همه جا یکسان است علی‌رغم انفجار بیگ بنگ این یعنی توزیع و چگالی جرم در جهان یکسان است همگن و همسانگرد. پس تمرکز جرمی در هیچ نقطه‌ای مشهود نیست و این فرض تمرکز جرم و ماده در بیگ بنگ مغایرت دارد، چگونه می‌شود ما در جهان از نظر زمانی به عقب باز می‌گردیم ولی در جایی تمرکز چگالی و جرم را رصد نکنیم و همه جا را یکنواخت و یکسان ببینیم، جهان را تخت یا $\Omega=1$ یا نزدیک به آن ببینیم؟

پس معمای افق و تخت بودن فضا - زمان از جمله معماهایی است که در نظریه انفجار بزرگ یا بیگ بنگ خود را نشان می‌دهد که باید به گونه‌ای حل شود و با مدلی اصلاح شود که بدان خواهیم پرداخت

در این قسمت به مقدار چگالی جرم و انرژی در جهان خواهیم پرداخت هر قدر که به کهکشانهای دورتر نگاه می‌کنیم که در آن اثراتی از گذشته متبلور است مشاهده می‌شود که $\lambda \Delta$ افزایش می‌یابد که این حاکی از انبساط ریتم زمان و انقباض فضا در آن مناطق می‌باشد پس می‌توانیم نتیجه بگیریم که جهان فشرده تر بوده است، پس با توجه به اینکه $P \cdot d^2 = Pd^2$ ، یعنی میزان چگالی هم بالطبع بیشتر بوده است اگر به لحاظی حالت دوپلری را در نظر بگیریم به منطقه‌ای می‌رسیم که $V=H \cdot d$ که در آن منطقه $C=H \cdot d$ بوده است یا $d = H^{-1} \cdot C$ پس لاجرم به منطقه‌ای نزدیک می‌شویم که منطقه نسبتی است یعنی سرعت‌ها به سرعت نور نزدیک شده است پس طبق قاعده $E = mc^2$ در این منطقه جرم به صورت انرژی وجود دارد پس ذره نسبتی است یعنی فوتون، پس جهان در گستره تابش الکترومغناطیسی قرار دارد، رفته رفته با اینکه انرژی محیط کمی پائین می‌آید ذرات تشکیل دهنده از فاز نسبتی خارج شده وارد فاز نا نسبتی می‌شوند این دوران دوران چیرگی ماده است.



در جهان نسبیتی جرم سکون صفر است پس با کاهش چگالی ماده و چگالی انرژی بر حسب افزایش شعاع جهان جهان وارد فاز نانبییتی می شود و منطقه و فازی هم مرز مشترک بین این دو فاز وجود دارد طبق محاسبات در زمانی که شعاع جهان به اندازه $1/1000$ شعاع کنونی بوده است چگالی ماده و چگالی انرژی برابر بوده است و پس از آن چیرگی ماده شروع شده است که زمان آن

$$t = 10^{-4} * 3/7 \text{ می باشد.}$$

هر قدر که به به لحظه آغازین نزدیکتر می شویم مشخص است که پارامترهایی چون دما، فشار، چگالی رو به فزونی می گذارد و سرعت به سرعت نور نزدیک می شود وقتی $t > 0$ تکینگی از بین می رود و شعاع جهان هم بزرگتر از صفر می شود یعنی در لحظه 10^{-43} ثانیه اندازه جهان به اندازه 10^{-32} متر و دمای جهان از مرتبه 10^{32} K و چگالی انرژی به 10^{128} می رسد.

پس اگر بخواهیم بطور خلاصه این روند را بگوئیم چنین می نویسیم که در لحظه $t=0$ مهبانگ شروع می شود دما به اندازه بی نهایت و تا بیش از ثانیه $t=10^{-43}$ دما بیش از 10^{32} کلوین در این حالت گرانش کوانتومی است و تبدیل انواع ذره های تشکیل دهنده به هم یعنی ابر تقارن وجود دارد و وحدت همه نیروها در $t=10^{-43}$ (زمان پلانک) دما 10^{32} کلوین، دیوار پلانک، گرانش کوانتومی و گرانش ناکوانتومی $t=10^{-35}$ دما در حدود 10^{27} کلوین آغاز پدیده تورم و انبساط سریع (نمائی) جهان وحدت نیروی الکترومغناطیسی و نیروی هسته ای ضعیف در لحظه $t=10^{-11}$ s دما در حدود 10^{10} K وجود کوارکها پدید آیی ذره های بنیادی از کوارکها، $t=10^{-3}$ ، دما بیش از $t=10^{11}$ پدید آیی ذره های بنیادین از کوارکها در زمان $t=10^{-2}$ s، دما 10^{11} کلوین، تعادل گرمایی نوترینو، پادنوترینو، الکترون، پوزیترون، پروتون، نوترون، نسبت نوترون به پروتون ۵۰ به ۵۰، $t=1 \text{ s}$ دما $T=10^{10} \text{ K}$ تعادل گرمایی الکترون، پوزیترون، پروتون، نوترون و فوتونها و تورینوها جدا می شوند نابودی زوج $e^- - e^+$ به تدریج واکنش غالب می شود نسبت نوترون به پروتون ۲۴ به ۶ است



$T = 3 \times 10^9 \text{ K}$ ، $t = 13/8 \text{ s}$ آغاز تشکیل هسته‌های دوتریوم و هلیوم $t = 3$ دقیقه،
 $T = 10^9 \text{ K}$ تشکیل هسته‌های دوتریوم، هلیوم 4 و لیتیوم، $t = 3 \times 10^5$ سال دما
 $T = 4 \times 10^8 \text{ K}$ آغاز تشکیل اتمهای خنثی قرار گرفتن الکترون در مدار هسته، گذار از
 پلاسما به اتم گذار از چیرگی تابش به چیرگی ماده شفاف شدن جهان نسبت به تابش
 یعنی توان حرکت فوتونها در جهان متشکل از اتمهای خنثی پس اگر از هر نقطه از
 فضا به اطراف نگاه بکنیم جهان را به یک گونه خواهیم دید اما اینجا موضوع اندازه
 گیری است شما در هر منطقه‌ای که قرار بگیری لازم نیست که ساعت و متر خود را
 تغییر بدهی با همان می‌توانی برای تمام جهان به شرط اینکه در آن حضور داشته باشی
 محاسبات انجام دهی پس جهان به شدت تخت است، جهانی بی کران بی مرکز و به
 شدت تخت. چرا جهان به این حد تخت است، در حال حاضر جایی نیست که در آن
 بخواهیم در کیهان که متر و ساعت را عوض کنیم در گذشته هم به همین گونه بوده
 است پس جهان به حد زیادی تخت است! چرا؟

در نظریه بیگ بنگ همانگونه که محاسبه شد هر چقدر به زمان گذشته باز می‌گردیم
 $\Delta\lambda$ افزایش یافته و یا redshift بیشتر می‌شود، ما توجه به $P \cdot R^2 = P_0 \cdot R_0^2$ هر قدر که به
 گذشته نگاه می‌کنیم ابعاد جهان کم و در واقع چگالی افزایش می‌یابد این افزایش
 چگالی منجر به بالا برده شدن دما خواهد شد پس در حدی که $\Delta\lambda \rightarrow \infty$ سوق پیدا می
 کند $R \rightarrow 0$ گرایش یافته $P \rightarrow \infty$ افزایش خواهد یافت و در نتیجه $T \rightarrow \infty$ سوق پیدا می
 کند.

پس با توجه به واگرایی‌هایی که در مسئله می‌بینیم حتی سرعت نیز به ماورای
 سرعت نور گرایش پیدا می‌کند، فقط ما قیدی در نسبیت با آن مواجه هستیم که جرم
 مادی امکان ندارد که سرعتش به سرعت نور برسد پس با این تقید داریم $V = H \cdot d \leftarrow$
 $C = H \cdot d$ پس از $d = CH^{-1}$ منطقه‌ای است که آن منطقه چون سرعت برابر سرعت نور
 است منطقه نسبیتی محسوب می‌شود در این منطقه ما جرم نداریم بلکه طبق قاعده
 $E = mc^2$ جرم به صورت انرژی خودنمایی می‌کند پس در اینجا ما یک حد برای خود



پیدا کردیم که در این حد جهان در مرزی قرار دارد که هنوز ماده به صورت جرم دار خود را نشان نداده است و در این محدوده ما با فوتونها دست به گریبان هستیم و امواج الکترومغناطیسی خود را نشان می‌دهد و غلبه با انرژی و تابش است جهان بعد از این دوران به مرحله‌ای وارد می‌شود که کم کم می‌توانند ذرات به وجود آیند و مشابه تبدیل اشعه گاما به زوج الکترون و پوزیترون تا اینکه در 10^{-2} ثانیه دمای جهان به 10^{11} کلوین می‌رسد و تعادل گرمایی بین نوترینوها و پادنوترینوها، الکترون و پوزیترون، پروتون و نوترون نسبت نوترون به پروتون 50 به 50 است.

دما به 10^{11} کلوین رسید حالا پوزیترون‌ها و الکترون‌ها با هم ترکیب می‌شوند و انرژی به وجود می‌آید و ذرات از هم جدا می‌شوند. نسبت نوترون به پروتون 24 به 76 می‌رسد حالا دما به 10^9 * 3 کلوین رسیده هسته دوتریوم و هلیوم ساخته می‌شود $13/8$ ثانیه از خلقت گذشته است، دما به 10^3 * 4 کلوین رسیده آغاز تشکیل اتمهای خنثی گذار از پلاسمای اتم، گذار از چیرگی تابش به چیرگی ماده و شفاف شدن جهان 10^5 * 3 سال از بیگ بنگ گذشته است، دما به 10^3 کلوین رسیده و آغاز تشکیل کهکشانهاست 10^6 سال از خلقت گذشته است همان طور که مشاهده شد با بیگ بنگ می‌توان تا حدودی به تکوین جهان اشاره کرد و شرحی برای آن نوشت.

نکته شایان توجه این است که همان طور که در ایده رده بندی زمانی گاموف دیده می‌شود جهان از مرتبه زمانی 10^5 سال از حالت کدري خارج شد و فوتونهای نور بدون برخورد و جذب توسط مواد در جهان منتشر شدند و امواج CMB کنونی را به وجود آورده اند یعنی آنچه ما در منتهی افق مشاهده می‌کنیم و به وسیله تلسکوپ‌ها ردیابی می‌شود امواجی است متعلق به زمانی که حدود 10^5 سال از انفجار بیگ بنگ گذشته بوده است که دمایی از مرتبه $T=10^3 K$ داشته است، و ما قبل از آن به علت کدري جهان قابل رویت نیست پس طبق این تعریف آنچه فراسوی دید مشاهده می‌شود نه لحظه بیگ بنگ بلکه حدود 10^5 سال بعد از بیگ بنگ است که اتفاقاً در افق در سمت‌های مختلف بسیار هم دما و همگن می‌باشد و آنچه از ماهواره COBE و



WMRA از امواج یک گراند آسمان بدست می‌آید، لحظه‌ای را نشان می‌دهد که در آن منطقه ماده بر تابش غلبه پیدا کرده و کم کم اتمها و مولکولها در حال ساخته شدن هستند و افت و خیزهای کوانتومی خاصی که در آن می‌شود هسته‌های تشکیل دهنده کهکشانها و خوشه‌های کهکشانی را شامل می‌شوند پس در اینجا ما با یک دیوار مواجه هستیم که این دیوار مرز میان ناحیه غلبه تابش است به غلبه ماده و تشکیل اتمها.

اما هنوز سوال اینجاست چه چیز منجر بدان شده که افق همه یکسان باشد؟ و اگر مادر جهانی باشیم که نور توانائی حرکت نداشته باشد دائماً جذب شود پس ما از جهان چه چیز را مشاهده می‌کنیم؟

آنچه هم اکنون از جهان مشاهده می‌کنیم تمام ستارگان و کهکشانها که نور آنها از گذشته به ما رسیده است، حال اگر در ناحیه‌ای باشیم که اصلاً نوری از جایی به ما نرسد و چگالی انرژی از مرتبه بالا و دما از مرتبه 10^3 کلوین است آنچه دیده می‌شود فقط منظره همگنی از انرژی کدر است و اگر جهان را در غالب جسم سیاه ملاحظه کنیم اگر دما از مرتبه 10^3 کلوین باشد نور رنگی همه جا را پر کرده است که از رسته تابش‌های جسم سیاه می‌باشد و هر چه منطقه‌های مختلف با دماهای بالاتر وارد می‌شویم چهره جهان به رنگ‌های آبی رنگ و سپس نیلی و سپس بنفش خواهد بود و به علت چگالی زیاد ذرات و انرژی نوری به خارج دیواره گسیل نشده است.

اما از دید ذرات موجود در جهان در منطقه سال $t=10^5$ و دمای $k \cdot 10^3 \cdot 4$ اتمهای خشتی ساخته شده اند و غلبه با اتمهای خشتی و هیدروژن و هلیوم است تا قبل آن یعنی تا لحظه‌های $t=3$ دقیقه تا حوالی 10^5 سال غلبه با هسته هاست، تشکیل هسته‌ها یعنی منطقه پلاسمائی تشکیل شده است و قوانین فیزیک پلازما در این منطقه جاری است.

نیروهای هیدروستاتیکی در جهان غلبه دارد $t=13/8$ s تا دقیقه $t=3$ زمانه تشکیل هسته‌ها از پروتون‌ها و نوترون‌های موجود در عالم است، پروتون‌ها و نوترون‌ها از ترکیب کوارک‌ها به وجود آمده اند جهان همچنان همگن است، 10^{-2} s در دمائی حدود $k \cdot 10^{11}$ فوتون‌ها و نوترینوها به وجود آمده اند، در 10^{-3} s در دمائی حدود 10^{11}



کوارک‌ها و ذرات بنیادی از ترکیب آنها به وجود آمده اند از لحظه 10^{-35} ثانیه تا لحظه 10^{-3} s پدید آیی کوارک بوده دمای جهان کمی کمتر از 10^{27} کلوین، 10^{-42} ثانیه زمان پلانک است که جهان در فاز کوانتومی خود قرار دارد اما از لحظه 10^{-35} s تا 10^{-42} ثانیه چه اتفاقی افتاده است، 10^{-42} s اندازه جهان از مرتبه 10^{-32} m بوده است اما از 10^{-42} s تا 10^{-35} s چگونه دورانی بوده که جهان از فاز کوانتومی خود خارج شده و کوارک‌ها تعیین پیدا کرده اند، چگالی عالم در لحظه $t=10^{-42}$ s از مرتبه $p=10^{128}$ می‌باشد و دما در حدود $k=10^{23}$ اما در مرتبه $t=10^{-35}$ s این چگالی در حدود $p=10^{78}$ می‌بایست باشد و دما از مرتبه $k=10^{27}$ می‌باشد برای پدید آمدن کوارک‌ها باید چگالی انرژی به شدت افت کرده باشد.

در فاصله زمانی 10^{-42} s تا 10^{-35} ثانیه بعد از انفجار بزرگ شکست تقارن حبابی به وجود آورد که به سرعت انبساط یافت با متورم شدن حباب چهار نیروی بنیادی به سرعت از یکدیگر جدا شدند گرانش اولین نیرویی بود که از سه نیروی دیگر جدا شد و به این ترتیب موج ضربه‌ای را در سراسر جهان آزاد کرد. تقارن اصلی ابر نیرو به تقارن کوچک تری شکسته شد.

بر هم کنش‌های قوی، ضعیف، الکترومغناطیسی باقی مانده، هنوز هم متحد بودند. جهان در طی این مرحله، به دلایلی که هنوز مشخص نیست، با ضریب بسیار بزرگ 10^{50} متورم و باعث شد فضا سریع تر از سرعت نور منبسط شود.

دما در این حالت برابر $k=10^{32}$ بوده است با جدا شدن نیروی قوی از دو نیروی دیگر دما به 10^{27} درجه کاهش یافت، دوره تورم پایان یافت جهان آرام گرفت و از آن پس با انبساط استاندارد فریدمن به کار خود ادامه داد.

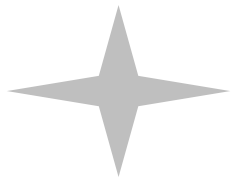
و اما قبل از زمان $t=10^{-43}$ s این دوره عصر پلانک است که انرژی جهان از مرتبه 10^{19} میلیارد الکترون ولت بوده، نیروی گرانش به اندازه دیگر نیروهای کوانتومی قوی بوده است.



در نتیجه چهار نیروی جهان احتمالاً در یک « ابر نیرو » متحد بوده است. شاید جهان در فاز کاملی از «هیچ» یا فضای خالی با ابعاد بیشتر وجود داشته است یک ابر تقارن عظیمی در جهان وجود داشته است و به دلایل نامعلومی در اثر افت و خیزهای کوانتمی حبابی در این محیط در فاز دیگر ایجاد شده و شروع به تورم نموده است. پس می‌توان گفت که کیهان در این معجون بنیادین قبل از $t=10^{-43}s$ شکل گرفته است حالا ما در این کتاب می‌خواهیم در مورد دو منطقه صحبت کنیم یکی جهان در زمان بین $10^{-43}s$ تا $10^{-35}s$ و جهان قبل از $10^{-43}s$ ، تا ببینیم که جهان در آغاز آفرینش با چه مسائلی روبرو بوده است.

سوالی که در ابتدا در اینجا می‌پرسیم این است که چرا ایده تورم در جهان به وجود آمده و چرا در یک بازه زمانی کوچک قرار گرفته شده است؟

آنچه مشخص است از زمان $10^{-32}s$ به بعد انرژی به گونه‌ای بوده که بنیان کوارکها گذاشته شده بود و نیروی هسته‌ای از سایر نیروها جدا شده پس ساختارهای هسته‌ای در حال بوجود آمدن بوده است و در این زمان اندازه جهان در مرتبه 10^{25} و دمای جهان از مرتبه $T=10^{+27}K$ بوده است در حالی که در زمان $10^{-35}s$ اندازه جهان از مرتبه $10^{-26}m$ و دمای جهان از مرتبه $T=10^{+32}K$ بوده است این افت شدید دمایی که حاصل $p=10^{128}$ است به مرحله‌ای که دما به اندازه $T=10^{+27}K$ و چگالی به شدت کاهش یابد، حاصل یک تورم می‌تواند باشد که در بازه زمانی $10^{-35}s$ تا $10^{-32}s$ اتفاق افتاده باشد و جهان از اندازه $10^{-26}m$ به اندازه 10^{25} یعنی در حدود 10^{50} برابر تغییر حجم داده باشد که این تغییر حجم از مرتبه 10^{50} منجر بدان می‌شود که چگالی از مرتبه $p=10^{78}$ یعنی 10^{50} برابر افت در چگالی پیش آمده که منجر بدان شده که دما به حد $T=10^{+27}K$ پائین بیاید اگر قرار بود فاصله بین $10^{-26}m$ تا $10^{25}m$ را در جهان در فاز هابلی طی کند لذا اندازه جهان در حال حاضر 10^{50} برابر با آنچه محاسبه می‌شد اختلاف داشت حال آنکه اگر این تورم در این بازه در نظر گرفته شود این مسئله حل می‌شود.



ایده تورم را آلن کوث داد که می توانست با این ایده به مسئله تناقض 10^{50} برابری اندازه جهان نسبت به محاسبات هابلی پاسخگو باشد، اما آیا این تورم می تواند معمای افق را نیز حل کند؟

معمای افق این است که ما به هر سو بنگریم به سوی نقطه بیگ بنگ نظر می کنیم و همه نقاط با هم، هم دما و هم چگالی هستند و شبیه به هم هستند، با آنکه به اندازه 10^{26} سال نوری با هم فاصله دارند و به ظاهر هیچ ارتباط علی با هم ندارند، همان طور که می دانیم این نوری که ما از افق رویداد مشاهده می کنیم برای زمانی است که حدود $t=10^5$ سال از زمان بیگ بنگ گذشته و جهان از حالت کدری بیرون آمده است و همان طور که در متون قبل بررسی شد در ماورای این دیوار ما با جهانی کدر با چگالی بالا قرار داریم که در آن جهان اگر باشیم به هر سو نگاه کنیم به سوی بیگ بنگ نگاه می کنیم ولی مناظری که وجود کدر است و فوتونها چون توسط محیط جذب می شوند توان جولان دادن ندارند و محیط را در هر سو کدر می بینیم.

حال فرض کنید که افق بیگ بنگ با ما $13/7$ میلیارد سال نوری فاصله دارد، سال نوری، مسافتی است که نور با سرعت $300/000$ کیلومتر بر ثانیه در مدت یک سال طی می کند و $13/7$ میلیارد سال طول کشیده تا نور به ما رسیده است.

این را می گوئیم ابعاد کیهان یا فاصله بیگ بنگ تا ما که از هر سو بنگریم همین است، حال اگر چیزی دو برابر سرعت نور را مبنی مسافت قرار دهیم به آن سال توری بگوئیم، ابعاد جهان 7 میلیارد سال توری خواهد شد، حال اگر چیزی ما فوق آن را در نظر بگیریم به $3/5$ و همین طور مافوق، مافوق، مافوق... به 1 سال شوری، 5 ماه ثوری، 1 ماه ژوری، 2 روز کوری، 1 ساعت طوری (اسامی که روی واحدهای مسافت بر حسب سرعت گذاشته ایم فرضی است بر وزن واحد نوری) و بالاخره متحد می شود یعنی بعدی برای جهان در آن فرض وجود ندارد پس لاجرم لحظه بیگ بنگ نقطه واحدی است و خصوصیات مشترک دارد، تورم با فرض این سرعتهای مافوق نوری



مسئله معمای افق و همگی آن را رفع می‌کند یعنی همان جرثومه‌های مافوق سرعت نور را در نظر بگیریم مثل اینکه آفاق متحد هستند.

سوال: آیا مگر می‌شود سرعت سیر اطلاعات طبق قوانین انیشتین ما فوق سرعت نور باشد؟ مگر سرعت حد، سرعت نور نیست؟

این قوانین اولاً در محیطی مطرح است که جرم وجود دارد، این محدودیت برای ذرات جرم دار مطرح است و امواج الکترومغناطیس، حال اگر ما از فضائی صحبت کنیم عاری از جرم و عاری از فوتون‌ها و میدان‌های الکترومغناطیس این تقید برداشته خواهد شد و در روند تکوین جهان زمانهایی وجود دارد که چگالی به گونه‌ای است که از جرم و امواج الکترومغناطیس خبری نیست پس در آن دوران می‌توان از سرعت‌های ما فوق سرعت نور سخن گفت و به گفته آلن کوث همین دوران تورم می‌تواند یکی از همین عصرها باشد

*و اما مسئله تخت بودن فضا - زمان و مقدار $\Omega=1$ برای جهان چگونه به وسیله تئوری تورم پاسخ داده می‌شود؟

همان طور که در کیهان شناسی نسبیتی بدان اشاره شد، فریدمن با معرفی Ω که نسبت بین چگالی فعلی عالم به چگالی بحرانی بود و بدست آوردن میزان آن Ω که $\Omega=1$ ، $\Omega>1$ و یا $\Omega<1$ است هندسه جهان را به نمایش گذاشت، اگر در جهان $\Omega=1$ باشد یعنی نسبت چگالی فعلی عالم به چگالی بحرانی برابر یک باشد یعنی با هم مساوی باشند جهان تخت خواهد بود یعنی هندسه عالم تخت است یعنی شما با یک ساعت و یک خط کش می‌توانید تمام عالم را مساحی کنید یعنی انحنای فضا در این حالت صفر است، یعنی اینکه انحنای فضا را $P = \frac{rH^2}{\lambda\pi G}$ معین می‌کند.

از آنجا که طبق نسبت عام هندسه فضا وابسته به جرم است پس می‌توان نوشت

$$G_{ij} = -KT_{ij}$$

$$G_{ij} = RT_{ij} - \frac{1}{2}g_{ij}R = -KT_{ij}$$



که در این عبارت تانسور T_{ij} که نشان از جرم - تکانه است با هندسه فضا - زمان ارتباط پیدا می‌کند.

از جمله خصائص جهان تخت آن است که می‌توان با دانستن ثابت هابل میزان چگالی فعلی جهان را تشخیص داد و اینکه نسبت بین سرعت فرار کهکشانها و d از صورت خطی بودن عدول نمی‌کند و همچنین پراکندگی کهکشانها به گونه‌ای است که نمی‌توان گفت که مرکز گرا یا واگرایی دارند، تقریباً یکنواخت پراکنده شده اند از لحاظ اختلاف منظری در جهان تخت در فاصله‌های دور پارالاکس کمتر نسبت به فضا - زمان خمیده است و همه این مسائل حاکی از آن است که جهان، جهانی به شدت تخت است حالا تورم چگونه می‌تواند به این مسئله پاسخ گو باشد؟

همان گونه که اشاره کردیم کردیم تورم با سرعتی ما فوق سرعت نور اتفاق افتاده است و اگر همان سرعتی که منجر به اتحاد آفاق می‌شد را در نظر بگیریم جهان ما در مقایسه با آن سرعت بسیار کوچک و جزئی از آن است و آن جهان بسیار بزرگتر از آن جهانی که به مشاهده ما در می‌آید، و همین جزء در برابر کل منجر به تخت بودن جهان شده است. بزرگی که کل کیهان به اندازه $13/7$ میلیارد سال نوری در برابر آن یک نقطه محسوب می‌شود و در واقع آنچه ما ادراک می‌کنیم به نام نور تنزل پیدا کرده آن ابر نور یا مافوق نور است و همین قیاس ماست چه کنیم که مقیاس قد کوتاهان صفر است، پس بدیهی است در این عظمت که کیهان ما با تمام بزرگیش نقطه‌ای است چاره‌ای جز تخت بودن فضا نداریم.

حال سوال اینجاست که تورم از چه حاصل شده، ماده موجود در آن چه بوده؟ چرا متوقف شده قبل از تورم در لحظات بین 10^{-42} s تا 10^{-30} s ثانیه جهان در چه وضعیتی بوده است؟

قبل از دیوار پلانک یعنی زمان $t=10^{-42}$ s جهان به چه صورتی بوده است؟



برای بررسی این سوالها و کاوش پیرامون آنها باید یک نگاهی به ماده و ذرات و ریزترین ذرات تا رسیدن به ماده المواد بکنیم و در این رهگذر سوالات خود را جستجو کنیم شاید این پیوندی باشد بین فیزیک ذرات و کیهان شناسی.

برای بررسی این موضوع خوب است که در مورد ذرات تشکیل دهنده جهان شرحی بدهیم، جهان ما جهانی است مادی، که از یک مجموعه ذرات که با گونه‌های مختلف با هم ترکیب شده اند تشکیل شده است ایده ماده المواد یعنی مادر پایه تمام ذرات از دیرباز فکر متفکران عرصه فلسفه و دانش را به خود معطوف داشته به گونه‌ای که از دوران فیثاغورس یعنی دوران یونان باستان هر فیلسوفی بنا بر عقیده خود در این باره سخن گفته و گوی اندیشه را به گردش در آورده است برای تعریف فلسفی این مسئله نظر شما را به مقاله‌ای در باب ماده المواد در قسمت ضمیمه کتاب جلب می‌کنم.

سیری در فیزیک ذرات بنیادی

فیزیک ذرات:

اولین گام ها:

بررسی ذرات تشکیل دهنده جهان به لحاظ فیزیکی شاید از زمانی حالت علمی به خود گرفت که متوجه خواص الکتریکی جسم شدند و دیدند در پاره‌ای از وقت‌ها می‌توان جسم را با مالش به چیزی از خواصی برخوردار کرد که حاکی از خصلتی از ماده بود که به دو قطب تقسیم می‌شد.

کشف اشعه ایکس:

البته درباره تشکیل اجرام از اتم‌ها و مولکول‌ها از دیرباز مسائلی مطرح بود، اما نقطه عطف این جریانات تاریخ علمی را می‌توان کشف اشعه X و بعد از آن مواد رادیو اکتیو دانست، در سال ۱۲۷۵ هجری شمسی رونگتن با برخورد دادن الکترونهاى پر سرعت به لوله‌ای شیشه‌ای متوجه شد به وجود آمدن لکه‌ای روشن روی شیشه شد با توجه به اینکه قبلاً کشف شده بود که اشعه کاتدی از شیشه عبور نمی‌کند متوجه شد که این اشعه‌ای دیگر است غیر از اشعه کاتدی که توان نفوذ بیشتر است و اسم آن را اشعه X گذاشت، پس اشعه X از اشعه کاتدی که ناگهان به یک جسم سخت برخورد می‌کند به وجود می‌آید، که اشعه نامرئی بود که در بعضی صفحات آشکار می‌شود توان



نفوذ آن در بعضی از مواد مثل گوشت و پوست بدن زیاد ولی از استخوان عبور نمی کند بدین لحاظ رونگتن اولین عکس رادیولوژی از دست همسرش را گرفت. کشف رادیو اکتیو:

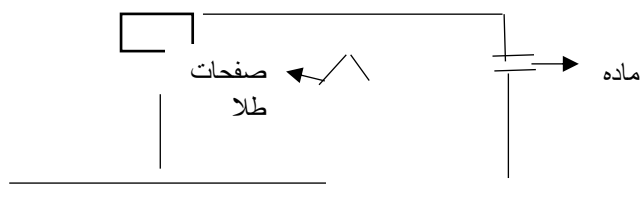
بعد از رونگتن، فردی به نام بکرل از فیزیکدانان فرانسوی در یک عکاسی که، تعداد صفحه عکاسی، ملفوف شده را با خود همراه داشت و تصادفاً دو نمک اورانیوم را روی بسته آنها قرار داده بود، متوجه شد که صفحات عکاسی زیر نمک‌های اورانیوم، متأخر شده اند، بکرل نتیجه گرفت احتمالاً بلورهای اورانیوم تحت تأثیر خورشید واقع شده و ملتهب شده اند و این التهاب اشعه‌ای به وجود آورده که از کاغذهای ضخیم و مشکی گذشته است، اما در یک تجربه دیگر در حالی که می‌خواست آزمایش را دوباره تکرار کند، با هوایی ابری مواجه شده، لذا اورانیوم‌ها و کاغذ را در کشوی محل کارش قرار داد و بعد که بدانها مراجعه کردید که کاغذهای عکاسی بدون اینکه نوری بخورند در مجاورت اورانیوم‌ها متأثر شده اند پس نتیجه گرفت که اشعه‌های گسیلی از اورانیوم ارتباطی با خورشید ندارد و خودشان اشعه ساطع می‌کنند.

اشعه‌ای همانند اشعه X که از کاغذهای ضخیم می‌گذرد و بر کاغذ عکاسی تأثیر می‌گذارد اما یک مسئله در اینجا مطرح بود رونگتن در تجربه اشعه X خود از یک تفنگ الکترونیکی استفاده کرده بود و کلی تجهیزات علمی داشت حال آنکه در تجربه اورانیوم بکرل فقط نمک اورانیوم بود، حالا بکرل به این فکر می‌کرد که این اشعه از درون خود نمک به بیرون ساطع می‌شود در تجارب بعدی بکرل مشاهده کرد اگر این نمک را در مقابل یک خازن الکتریکی قرار دهد این اشعه هوا را یونیزه می‌کند و در اثر یونیزه شدن هوا عامل تخلیه شدن خازن می‌شود.

بکرل دوستی داشت به نام پیر که دکترای علوم را می‌گذراند و تازگی‌ها با دختر جوانی به نام ماری اسکلو دوسکا کوری ازدواج کرده بود، ماری دانشجوی دکتری فیزیک بود و به دنبال پروژه‌ای برای گذراندن دوره دکتری به همسرش متوسل شد، پیر



با توجه به موضوع بکرل به ماری پیشنهاد داد که روی همین مسئله کار کند و دستگاهی طراحی کرد و در اختیار مادام قرار داد بدین صورت



که یک خازنی را طراحی می کرد که کفه ای از آن را باردار می کرد و به یک برق سنج یا الکتروسکوپ متصل می کرد که از صفحات طلا تشکیل شده بود و آن ؛ در هنگام باردار شدن از هم فاصله داشتند، و در کفه دیگر مقداری ماده قرار می داد اگر ماده مثل نمک اورانیوم بود که اشعه ساطع کرده و هوای اطراف را یونیزه کرده و دستگاه تخلیه می شد، والا تاثیری نداشت.

مادام این کار را پذیرفت و آزمایش را با مواد مختلفی تکرار کرد در همین اثناء متوجه شد یک ماده معدنی به نام پچ بلند که ترکیباتی از بیسموت در آن است هم روی دستگاه تاثیر می گذارد، وی می دانست که بیسموت چگونه ماده ای است و اثرات تشعشعی خاصی در اطرافش ندارد، پس نتیجه گرفت در ترکیب این سنگ معدنی چیزی غیر بیسموت وجود دارد و تفاوتی که این تشعشعات با اورانیوم داشت

تشعشع قوی تر و مؤثرتر بود، پس با خالص سازی پچ بلند و جدا کردن بیسموت، اعلام کرد ما در ترکیبات جدا کرده از بیسموت ماده ای را ردیابی کردیم که آن هم به مثابه اورانیوم تشعشع می کند و تا به حال کشف نشده است و اگر آن را کشف کردم به نام زادگاهم آن را عنصر پلونیوم اسم گذاری می کنم.



پیر کوری از پیشرفت‌های همسرش متعجب شد، کشف یک عنصر رادیو اکتیو دیگر توسط ماری، پیر را متوجه اهمیت این مسئله کرد که او هم مددکار همسرش باشد، پس عنصر پلونیوم کشف شد و به افتخار زادگاه مادام پلونیوم نامگذاری شد خواص شیمیایی جرم حجمی، جرم مولکولی، میزان تشعشع همه تنظیم شد و در قلمرو جدول مندلیف در آمد، ولی ماری در آزمایش بعضی نمک پیچ بلند متوجه شد که علاوه بر پلونیوم یک عنصر دیگر هم اما به میزان خیلی کمتر از پلونیوم که ۹۰۰ برابر تشعشعش از پلونیوم بیشتر است هم باید وجود داشته باشد، اما برای خالص سازی آن پول لازم است امکانات می‌خواهد، شرایط جنگ است بودجه پژوهشی کم است چه کند؟

مادام دست از کار نکشید، مادام در یک اتاق کوچکی در پشت بام دانشگاه با ۱۰۰ کیلوگرم از پیچ بلندی که در اختیار داشت اقدام به خالص سازی کرد مادام می‌نویسد:

انباری تاریک و نمور، سطوحی بزرگ مملو از رسوبات و مایعات، و حمل ظرفها، خاک ریختن در مایعات، و بی وقفه چهار سال هم زدن مواد در حال جوش در لگن تصفیه کاری، واقعاً کشنده بود

این کار هر روز مادام بود چهار سال بعد از آنکه دکترایش را گرفته بود و می‌توانست زندگی مرفهی را داشته باشد بی وقفه از صبح تا شب کار کرد و سرانجام بعد از چهار سال عنصری را به اندازه ۰/۱ گرم خالص سازی کرد، عنصری که به نام رادیوم مشهور شد. طبق گزارش اولین نمونه رادیوم کلرید جرم رادیوم را ۲۲۵ حساب کرد و فعالیت آن یک میلیون برابر فعالیتهای جرم اورانیوم بود.

مادام کوری این حجت خداوند بر زمین (به نقل از علامه جعفری در مقاله سفر به اروپا از شهرام انصاری که ریشه تمدن اروپا را آبیاری شده توسط حجت‌های خدایی چون انیشتین، هایتبرگ و مادام کوری و.... میدانند) با کاری طاقت فرسا و درایت و پشتکار وصف ناپذیر کاشف تعدادی از عناصر شد که در عرصه پزشکی، علم و تکنولوژی تا پایان جهان مدیون وی خواهند بود، و سرانجام جان خود را در همین راه نهاد.



اما این تابش بکرلی چیست؟ و از چه نوع است؟

بعدها برای پی بردن به ویژگی‌های این تابش‌ها آزمایشات فراوانی صورت گرفت و متوجه شدند که این تابش‌ها وقتی تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار می‌گیرند در جهت‌هایی منحرف می‌شوند.

پس سه نوع اشعه کشف شد که اسم آنها را به ترتیب اشعه α ، β و δ گذاشتند، که اشعه α دارای بار مثبت و β دارای بار منفی و اشعه δ هیچ باری نداشت.

قدرت نفوذ گاما بسیار بالا و α ضعیف و β کمی بیشتر بود.

با ادامه پژوهش‌ها دیدند که ذرات β همانند اشعه کاتدی رفتار می‌کنند پس لاجرم باید از جنس الکترون باشند.

اما ذرات α متوجه شدند که جرم اتمی آنها مشابه هسته هلیوم است، و با قرار دادن عنصر رادیوم که اشعه α از خود گسیل می‌کند در یک محیط ایزوله از ماده دیگر و گاز، به مرور زمان در آن محفظه گاز هلیوم جمع می‌شود و این هم شاهی دیگر از این بود که باید جنس α از هسته هلیوم باشد.

حال سوال اینجاست، در عناصری که گسیل اشعه‌های α ، β و δ صورت می‌گیرد، اولاً این اشعه از چه قسمتی از اتم ساطع می‌شود و ثانیاً بعد از گسیل این اشعه آیا هسته یا اتم استحاله نمی‌یابد؟

در مورد سوال دوم رادر فور و سدی پاسخ دادند که بله استحاله پیدا می‌کند و عناصر در اثر تشعشع به هسته‌های دیگر تبدیل و همین طور تا عنصر سرب پیش می‌روند.

اما یک نکته شایان توجه وجود داشت و آن این بود که در یک مجموعه از عناصر که هسته‌ها در حال استحاله هستند، شما نمی‌توانی حکم کنی که کدام هسته چه وقت تشعشع خواهد کرد.

ولی به صورت آماری می‌توانیم بگوییم در کل یک قاعده دارد پس برای اینکه فرمولی برای آن بنویسیم تأسی به N یعنی مجموع اتم‌ها می‌کنیم و $\frac{dN}{dt}$ را محاسبه می‌



نمائیم، اگر میزان تشعشع را λ بنامیم پس می‌توانیم بنویسیم $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ که منفی حاکی از کم شدن تعداد عناصر رادیو اکتیو می‌باشد.

همان طور که مشاهده می‌شود λ که ثابت واپاشی خوانده می‌شود و برای هر عنصر رادیو اکتیو مقداری ثابت است که ارتباطی به شرایط هم ندارد پس هر قدر که جمعیت عنصر رادیو اکتیو بیشتر باشد میزان فعالیت آن هم بیشتر است و احتمال واپاشی بیشتر می‌شود مثل اینکه مرگ را به مثابه همان استحاله عناصر رادیواکتیو در انسانها بگیریم در حالت عادی نمی‌توانیم بگوییم کدام انسان کی می‌میرد، این امکان پذیر نیست ولی در مجموع انسانها می‌توان گفت در طول این زمان مثلاً یک سال احتمال دارد از این جمعیت ۲ نفر بمیرد، و هر قدر جمعیت بیشتر باشد احتمال مردن در مدت یکسال به همان نسبت بیشتر است، و همین $N \times \frac{dN}{dt}$ حاکی از همین حقیقت است که با داشتن کثرت جمعیت احتمال واپاشی در یک بازه زمانی خاص هم بیشتر می‌شود، حالا با تجربه و آزمایش مشخص شده که برای هر عنصر رادیواکتیو ضریب واپاشی وجود دارد که هر میزان تعداد ذرات افزون باشد با یک ضریبی میزان استحاله هم بیشتر می‌شود و هر قدر هم تعداد عناصر بیشتر باشد احتمال واپاشی بیشتر است پس لاجرم

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

برای حل این معادله کافیهست $\frac{dN}{N} = -\lambda dt$ را محاسبه کنیم که در نتیجه حل این معادله $N = N_0 e^{-\lambda t}$ می‌شود که این معادله را قانون واپاشی می‌گویند.

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ ، در این معادله N جمعیت عناصری است که هنوز استحاله پیدا نکرده اند و N_0 جمعیت اولیه‌ای است که موجود بوده حال اگر بخواهیم جمعیت استحاله شوندگان را پیدا کنیم واضح است که باید $N_0 - N$ را محاسبه کنیم پس داریم

$$N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) = M$$

$$M=0$$

اگر در لحظه $t=0$ باشیم $M=0$ است یعنی در لحظه صفر میزان جمعیت عناصر واپاشیده نشده یعنی N با N_0 مساوی است و در لحظه $t \rightarrow \infty$ باشد $N_0 = M$ شده پس



لاجرم N برابر با صفر خواهد بود، یعنی برای اینکه تعداد جمعیت که هنوز استحالہ پیدا نکرده اند صفر باشد باید زمان به اندازه ∞ بگذرد یعنی هیچگاه اتفاق نمی افتد که جمعیت استحالہ پیدا نکرده به صفر برسد یعنی همیشه تشعشع وجود دارد، و همین تشعشع‌ها موجود در طبیعت موجب می‌شود که از تکثیر بیشتر از اندازه باکتریها و میکروب‌ها جلوگیری شود.

نیمه عمر:

به مدت زمانی گفته می‌شود که جمعیت عنصر هنوز واپاشیده نشده به نصف جمعیت کل اولیه برسد یعنی $N = \frac{1}{2}N_0$ پس می‌توان نوشت

$$\begin{cases} N = N_0 e^{-\lambda t} \\ N = \frac{1}{2} N_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{1}{2}$$
$$-\lambda t = \frac{1}{\ln 2} \Rightarrow t = \frac{1}{-\lambda \ln 2} \Rightarrow \frac{\ln 2}{\lambda} = t_{\frac{1}{2}}$$

بعد از کشف عناصر رادیواکتیو، عناصر دیگری هم به این جرگه اضافه شدند با آنکه جدول مندلیف پذیرای تعدادی برای آنها بود و یک نکته بود که برای یک سری هم جا نداشت پس لازم بود که در آن تجدید نظر شود، اما آنچه شایان توجه بود این بود که عناصر رادیواکتیو کشف شده از لحاظ خواص شیمیایی مشابه عناصر قبلی بودند که کشف شده بود و فقط از لحاظ فیزیکی با آنها تفاوت داشتند مثلاً اورانیوم ۲۳۸ و اورانیوم ۲۳۴ از لحاظ شیمیایی مشابه و از لحاظ فیزیکی نیم عمرهای متفاوت دارند نیمه عمر اولی 4.5×10^9 سال و نیمه عمر دومی 2.5×10^5 سال است به این نوع ترکیب‌ها ایزوتوپ گفته می‌شود ممکن بود که یک عنصر چندین ایزوتوپ هم داشته باشد که این ایزوتوپ‌ها از لحاظ شیمیایی قابل تفکیک نیستند و فقط از لحاظ فیزیکی قابل تفکیک می‌باشد مثلاً سرب ۲۱۴، سرب ۲۰۶، که، سرب ۲۰۶ پایدار و سرب ۲۱۴ ناپایدار است.

در این تعریف عناصر از لحاظ عدد جرمی متفاوت ولی از لحاظ عدد اتمی یکسان هستند.



حال با تمام تفاسیر سوال اینجاست که این اشعه α و اشعه β که از اتم رادیواکتیو خارج می‌شوند را از کجا می‌آیند؟ همان‌طور که گفتیم اشعه α ذره‌ای است که از هسته هلیوم تشکیل شده و از عمق هسته خارج می‌شود، اولاً مگر درون هسته چیست؟

رادر فور در آزمایشی برای پی بردن به چگونگی گسیل پرتو α ، این ذره را با انرژی بالغ بر 10 mev به سوی هسته تابانید ولی متوجه شد که با چنین انرژی زیادی ذرات α توان ورود به هسته را ندارند. در صورتی که ذرات α که از هسته به بیرون می‌آیند انرژی شان از $E_\alpha = 9 \text{ mev}$ بیشتر می‌باشد واقعیت چیست؟

داخل هسته نیروی قوی هسته‌ای، که نیروئی کوتاه برد است وجود دارد که ذرات نوکلئون را در کنار هم قرار داده و هرچه از هسته خارج می‌شویم این نیرو کمتر می‌شود، پس در سطح هسته همان مقدار انرژی که برای خروج از هسته را لازم دارد برابر با مقدار انرژی که برای ماندن در هسته را دارد.

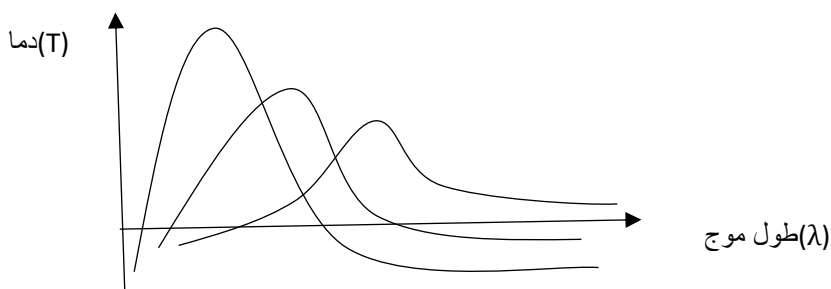
پس ذره α اگر بخواهد از هسته خارج شود باید نیرویی معادل 26 mev داشته باشد برای نفوذ هم باید انرژی α از این مقدار انرژی بیشتر باشد، مسئله این است که این مقدار انرژی برای ذره α در عناصر رادیواکتیوی مثل رادیوم از کجا تأمین می‌شود و غیر از آن مشاهده می‌شود که با سرعت 9 mev هم این ذره α سرعت دارد و حرکت می‌کند این همه انرژی را که ذره α نداشته از کجا آورده است؟ برای توضیح این پدیده باید دست به دامن فیزیک کوانتم شد، چرا که فیزیک کلاسیک توان پاسخ‌گویی به این پدیده را ندارد مثل این است که شما با توپی کم توان به سد پتانسیل یک دیوار بسیار بلند غلبه کنید و توپ را از سد پتانسیل با سرعت زیادی رد کنید در حالی که چنین توان غلبه بر این پتانسیل را نداشته باشد.

جواب‌های فیزیک کوانتمی:

فیزیک کوانتمی شاخه‌ای از علم فیزیک است که توسط ماکس پلانک پایه‌گذاری شد، ایده این علم از آنجا ناشی شد که ماکس پلانک در مدل‌سازی جهت یافتن مدلی



ریاضی برای تابش جسم سیاه در تلاش بود، جسم سیاه بلک بادی جسمی است که در همه فرکانس‌ها را تابش می‌کند و همه فرکانسها را نیز جذب می‌کند، نمودارهای تجربی این جسم کشیده شده بود.

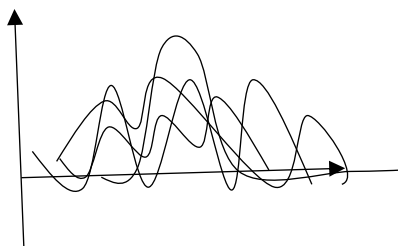


انیشتین و ریلی و تعدادی از دانشمندان برای مدل سازی این نمودارها و ارتباط بین دما و طول موج مدل‌هایی را ارائه داده بودند که البته این مدلها فقط برای قسمتی از نمودارها جواب می‌داد و هم پوشانی کامل نداشت، پلانک هم به دنبال یک مدل سازی بود، پلانک متوجه شد در صورتی می‌تواند این مسئله را حل کند که انرژی را به صورت گسسته در نظر بگیرد نه به صورت پیوسته، یعنی بسته‌هایی از انرژی، و این را به صورت مقاله‌ای ارائه داد بعدها افرادی چون کمپتون، میلیکان و انیشتین آزمایش‌هایی در جهت اثبات ایده پلانک ارائه دادند پس یک علم جدیدی به نام فیزیک کوانتم به وجود آمد.

فیزیک کوانتم در آکادمی بوهر و پلانک به گونه‌ای مطرح شد که مکتبی به نام کپنهاگ به وجود آمد و یکسری از خصائص آنها را از روی این ایده حساب کردند که اتفاقاً با تجربه به توافق جالبی داشت، این دوره را دوره فیزیک کوانتم سستی یا کلاسیک می‌گفتند، در این دوره اتم ما به صورت منظومه‌ای دیده می‌شد که هسته‌ای در مرکز و الکترون‌ها چون سیارات به دور آن در حال گردش بودند، و به صورت سنت‌های فیزیک کلاسیک، به کاوش درون آن می‌پرداختند، یکی از شاگردان مکتب بوهر فردی به نام هایزنبرگ بود و موازی با وی ارنست شوردینگر که هر دو آلمانی تبار بودند، که یک نگاه انقلابی به مکانیک کوانتمی داشتند.



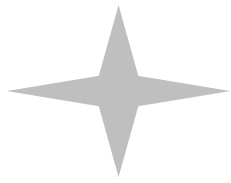
شوردینگر تحت تأثیر افکار موسیقی دان و فیزیکدانی به دوبروی قرار داشت لویی دوبری عنوان کرد که می‌شود برای هر ذره مطابق $P = \frac{h}{\lambda}$ یک طول موجی را قائل شد. یعنی هر ذره‌ای متحرک که دارای اندازه حرکت P است یک طول موجی در فضا ایجاد می‌کند پس طی قاعده‌ای هر قدر اندازه حرکت بیشتر باشد λ کوچکتر می‌شود تا اگر سرعت به سوی سرعت نور میل کند λ به سوی صفر سوق پیدا خواهد کرد و برعکس اگر P به سوی صفر میل کند λ به سوی بی نهایت سیر خواهد نمود، این نگرش یعنی اینکه ذرات متحرک و موج ارتباطی با هم دارند، اردوین شوردینگر با عنوان اینکه ذرات در اصل از اجتماع امواج به وجود آمده اند با استعانت از سری فوریه و ترکیب امواج بدین نتیجه رسید کرد



اجتماع امواج است که منجر به وجود ذرات متحرک می‌شود و در اثر ترکیب امواج جایی به وجود می‌آید که در آن نقطه مقدار چشمداشتی ذره به اندازه‌ای زیاد می‌شود و در جاهای دیگر کمتر است.

پس با این نظریه باید با اجتماعی از امواج سرو کار داشته باشیم، در منطقه‌ای که اجتماعی سازنده از امواج به وجود می‌آید در آن منطقه مقدار چشمداشتی به همان صورت بیشتر است.

البته مقدار چشمداشتی در سایر جاهای فضا هم قابل بررسی است، شوردینگر این امواج را با ψ نشان داد و برای بررسی یک ذره یا همان مقدار چشمداشتی $|\psi\psi'| = 1$ را در نظر می‌گرفت که این حاکی از یک موج رفت و برگشتی است که حالت یک موج ایستا به خود گرفته و قابل اندازه گیری است معادلات مکانیک موجی شوردینگر به قرار زیر است:



کیهان شناسی نسبیتی * ۱۴۵

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{\hbar^2}{2m}(E - V)\psi = 0$$

همان طور که دیده شد مقدار چشمداشتی ذره در تمام فضا وجود دارد.

مدل های ساختاری تشکیل مواد

مدل های ساختاری مواد:

آغاز نگرش به طبیعت و ساختار ماده از دیرباز در افق اندیشه بشر بوده است و عده ای جهان را متشکل از اجزاء لایتغیری و اجرام صغار صلبه می دانستند که اپیکور و دموکریت از آن جمله بودند که برای تجزیه ماده حدی را قائل بودند و در مقابل افرادی چون ارسطو و بعدها شیخ الرئیس ابن سینا قائل به تجزیه مواد به اندازه بی نهایت کوچک بدون توقف بودند.

اجرام صغار صلبه که به یونانی به آن اتم می گفتند، تا اوایل قرن ۱۹ به فراموشی سپرده شده بود در آغاز قرن ۱۹ با جنبش های انقلاب علمی که در شرف وقوع بود یانگ انگلیسی و فرنل فرانسوی پایه های تئوری موجی بودن نور را گذاشتند.

آبل نروژی و گالوای فرانسوی پایه های ریاضیات جبری که توسط حکیم عمر خیام نیشابوری و حکیم خوارزمی بنیان نهاده شده بود تکمیل کردند و از طرفی لاوازیه و دالتن در شیمی انقلابی را برپا نمودند.

در همین موقعیت بود که پروت انگلیسی عنوان داشت که اتم ها در واکنش های شیمیایی می توانند دخیل باشند و لاکرانژ و هامیلتون مکتبی را که نیوتون در سال ۱۶۸۷ بنیان نهاده بود تکمیل کردند.



نیوتون با نوشتن

"the mathematical principle of natural philosophy"

سه اصل اساسی مکانیک را عنوان نموده بود، نیوتون خاطر نشان ساخت جهان، در تمام جهات بی حرکت و ساکن بود و خدا اولین فشار حرکت را داد و حرکت در گیتی آغاز شد و بعد اجرام طبق قانون ثانی شروع به حرکت و اندر کنش کردند که به اصل جبر معروف است.

بعد از موفقیت‌های مکانیک کلاسیک در آغاز قرن بیستم مسئله ثبات سرعت نور، تابش حرارتی اجسام گرم و رادیواکتیو مواردی بودند که مکانیک کلاسیک قادر به توصیف آنها نبود در مورد چگونگی مواجهه با مسئله ثبات سرعت نور در دروس نسبیت به طور کامل صحبت کرده در این فصل می‌خواهیم در طریقه مواجهه با پدیده تابش حرارتی اجسام گرم و پدیده رادیواکتیو صحبت کنیم.

که منجر به وجود آمدن علم مکانیک کوانتومی شد، از نظر مفهوم عمومی مکانیک یعنی روش و اساس مثلاً وقتی می‌گوئیم مکانیک ساعت منظورمان طرز کار ساعت می باشد و لزوماً ربطی به علم مکانیک ندارد و کوانتم هم یعنی بخش، کمیت مجزا و منفصل می‌باشد.

مکانیک کوانتومی اساساً توسط پلانک تأسیس شد و سپس منجر به مکانیک موجی بر اساس تئوری دوبروی گردید نظر نیوتون در مکانیک کلاسیک این است که جهان یکنواخت است و قوانین موجود در عالم در تمام سطوح چه حالت معمولی چه ساختار بزرگ مقیاس، چه ساختار اتمی یکسان و صادق می‌باشد.

همان طور که دیدیم در فیزیک کلاسیک برای توجیه حرکت نور، فرضیه اتر را مطرح نمود از چیزی که کاملاً جامد و شفاف بوده که به راحتی همه اجسام را از خود عبور می‌دهد و اجسام اتر را به حرکت در می‌آوردند و باد اتری به وجود می‌آید که بعدها در آزمایش‌های متعدد وجود این جرثومه زیر سوال رفت، اینشتین در فرضیه فوتونی خود، خواص موجی و ذره‌ای نور را با هم در نظر می‌گرفت که این از نظر مکانیک کلاسیک قابل توصیف نبود.



هیچ مدل اتمی در چهارچوب فیزیک کلاسیک قادر نبود که دلیل آزاد شدن انرژی نهائی بوسیله اورانیوم و رادیوم و سایر عناصر رادیواکتیو را توجیه نماید و خیلی مسائل دیگر که زمینه انقلاب آغاز قرن بیستم را فراهم آورد.

همانطور که می‌دانیم گرما توسط اشعه مادون قرمز گسیل می‌شود در واقع نور و حرارت یک پدیده بود یعنی هر جسمی که می‌درخشید اشعه حرارتی هم می‌فرستاد. هر چه جسم گرمتر باشد درخشانتر است یعنی $E \propto T^4$ و رنگ و تابش با درجه حرارت جسم بستگی دارد، مثلاً سرخ کم رنگ برابر ۵۰ درجه و زرد ۶۰۰ درجه، می‌دانستیم که جسم هنگامی دیده می‌شود که مقداری از نور تابیده شده به آن منعکس شود چون هر جسمی مقادیر مختلفی از نور تابیده به خود را جذب یا منعکس می‌کند.

برای ارزیابی این جذب و انعکاس به دنبال یک مقیاس بودند، پس جسم سیاه را تعریف کردند که تمام اشعه تابیده به خود را جذب می‌کند و گرمتر می‌گردد، حالا وقتی خیلی گرم شد خودش منبع تولید نور شده و تابش زیادی می‌کند مثل مخمل یا دوده... اما آنچه که معیار قرار گرفت جعبه (جسم) سیاه بود که از جعبه‌ای تشکیل شده بود که در داخل جعبه پره‌هایی از دوده مهیا شده که پرتوهایی که از سوراخ تعبیه شده روی آن شده بود نور دیگر خارج نمی‌شد و جذب می‌شد، تابش حرارتی این جعبه در درجه حرارت معین از هر جسم دیگری بیشتر است، سایر اجسام را در مقایسه با این جعبه، اجسام خاکستری می‌نامند.

با توجه به این تعاریف برای تابش‌های حرارتی چند مدل ارائه شده بود یکی همان مدل استفان - بولتزمن که تناسب بین نور و حرارت و دما را نشان می‌داد $E = \epsilon T^4$ و یکی مدل وین، $\lambda_{\max} T = K$ که قانون استفان بولتزمن اشاره می‌کرد که هر چه جسم داغتر شود، شدت انرژی تابشی بیشتر است و قانون وین درباره رنگ وابسته به شدت ماکزیمم بحث میکند، وقتی جسم گرمتر گردد گستره بیناب هم زیاد می‌شود و نوع جدیدی از بیناب ظاهر می‌گردند.



دانشمندان کوشیدند که ارتباطی بین این دو قانون برقرار سازند و آن دو قانون را در قالب یک قانون ارائه دهند، ریلی و جینز این قانون را ارائه دادند $E = K \frac{T}{\lambda}$ این قانون می‌گوید هر چه فرکانس بیشتر (طول موج کمتر) باشد شدت انرژی تابشی هم بیشتر است و چون λ می‌تواند به سوی صفر میل کند پس شدت تابش به سوی بی نهایت میل می‌کند و این غلط است، این قانون فرکانسهای کم یعنی طول موج‌های بلند (قرمز - زرد) صحیح است و در ناحیه آبی و بنفش نارساناست این پدیده فاجعه فرابنفش نام گرفت این فاجعه‌ای بود برای فیزیک کلاسیک.

این سوالی بود که پلانک را متوجه خود کرده بود و به دنبال راه حل می‌گشت، پلانک روی نور کار می‌کرد و اساس کارش بر مبنای محاسبات ماکسول بود که نور را از پرتوهای الکترومغناطیس می‌دانست و انرژی تابشی آن را بر اساس تئوری امواج محاسبه می‌کرد یعنی انرژی نور را پیوسته می‌دانست اما در بررسی‌های خود متوجه شد که اگر انرژی نور را مثل ذرات ماده، منفصل در نظر بگیرد که آن را کوانتای انرژی نامید فرمولش شکست نخواهد خورد. پلانک عنوان کرد ذرات کوانتا برای تابش‌های مختلف گوناگون است و هر چه فرکانس تابش بیشتر باشد ذره بیشتر انرژی دارد.

$(E=h\nu)$ در عمل به علت ارگ بر ثانیه $h=6.6 \times 10^{-27}$ ، به علت کوچکی بسیار زیاد h است که در انرژی‌های معمولی کلاسیک پیوسته به نظر می‌رسد. فرمول پلانک با آنکه از نظر تجربه ثابت می‌شد ولی از نظر تئوریک مخالف مکانیک کلاسیک بود.

در سال ۱۹۰۵ اینشتین اولین مهر تأیید را بر نظریه پلانک زد او با انتشار مقاله‌ای در مجله آلمانی با عنوان پدیده فوتوالکتریک عنوان کرد که برای هر فلزی یک طول موج آستانه وجود دارد که اگر نور تابشی فرکانسش کمتر از آن باشد اصلاً هیچ الکترونی آزاد نمی‌شود هرچند شدت را هم زیاد کنیم هیچ جریانی را ملاحظه نمی‌کنیم ولی اگر فرکانس نور از فرکانس آستانه، بیشتر باشد الکترون‌ها زیادتر می‌شوند حالا اگر شدت را زیاد کنیم جریان هم زیادتر می‌شود. در حالت عادی انرژی دریائی از الکترون در فلز قرار دارند که با نیروی کمی به فلز وابسته‌اند.



انیشتین گفت: نور جریانی از ذرات انرژی است و ذرات انرژی وابسته به طول موج واحد با هم برابرند، کوانتای انرژی نورانی را فوتون نامید،

اما واقعاً نور چیست؟ هر دو نظریه موجی با ذره‌ای بودن نور همزمان به وجود آمد، نیوتون عنوان می‌داشت اجسام با صدور جریانی از ذرات، نور می‌دهند ولی هویگنس هلندی تابش نور را نتیجه ضربه و ایجاد موج در اطراف جسم می‌دانست.

در اوایل قرن ۱۹ با کارهای فرنل و فرانیهوفر و پدیده تداخل و پراش و پولرازیسیون و د ر آخر کارهای ماکسول که اثبات کرد که نور از نوع امواج الکترومغناطیس است تئوری موجی پایدار است ولی پدیده فوتو الکتریک با تئوری الکترومغناطیس قابل توجیه نبود.

متذکر می‌شویم که الکترونهاى آزاد هر میزان انرژی را دریافت و قبول می‌کنند ولی الکترونهاى مقید فقط مقادیر معینی انرژی را قبول می‌کنند.

در سال ۱۸۹۵ شیمی دان آلمانی به نام بونسن یک کهنه آغشته به نمک طعام را که در حال سوختن بود، نورش را از منشور عبور داد و او چند خط باریک که روشن ترین آنها زرد درخشان بود را دید، معلوم نبود که این خط برای سدیم است یا برای کلرید، دفعه بعد کهنه را آغشته به HCl کردند و خط زرد را ندیدند معلوم شد خط زرد مربوط به سدیم است در تمام ترکیبات سدیم دار این خط زرد را داشتند، این یک کارت شناسایی برای عناصر بود، عناصر در هر ترکیبی یا مخلوطی باشند بیناب وابسته به خود را ارائه می‌دهند

چرا اجسام گرم می‌شوند نور می‌دهند؟

فیزیک کلاسیک می‌گوید که حرارت جنبش مولکول‌ها را سریع کرده برخورد های شدید نور تولید می‌کند، سوال در دمای معمولی هم مولکولها جنبش دارند ولی نور تولید نمی‌کنند چرا؟.

در سال ۱۸۹۸ تامسون مدل اتمی کیک کشمشى را ارائه داد که در این مدل اتم توده‌ای از ابر با بار مثبت است که الکترونها در اطراف آن قرار دارند، وقتی که توده گرم



می‌شود منبسط شده و این الکترون‌ها را به خود نزدیک کرده و جلوی حرکت آنها را گرفته و شتاب منفی به وجود می‌آید و این شتاب منفی منجر به تابش می‌شود اما نکته اینجاست که با کاهش انرژی و سرعت الکترون‌ها، الکترون‌ها در کسری از ثانیه به داخل ابر بار مثبت سقوط می‌کنند و از بین می‌روند این مدل از جنبه‌های دیگر هم مشکل داشت تا آنکه رادرفورد در سال ۱۹۱۱ مدل اتمی خود را ارائه داد که در این مدل هسته در مرکز بود و الکترون با سرعت به گرد آن می‌چرخید و نیروی گریز از مرکز مانع از سقوط الکترون به درون هسته می‌شد در این مدل هم چون الکترون با شتاب گرد هسته می‌چرخد تابش می‌کند و در 10^{-8} s باید به هسته سقوط کند در صورتی که تا الکترون‌ها گرم نشوند خود به خود تابش نمی‌کنند.

بوهر شاگرد رادرفورد بود برای حل مسئله عنوان داشت:

الکترون باید در مدارات معینی به دور هسته بگردد و تا در این مدارات است تابش نمی‌کند. هر چه الکترون به هسته نزدیکتر باشد باید سریعتر بچرخد تا سقوط نکند e^- به انرژی بستگی دارد، و تا وقتی در یک مدار ثابت باشد، انرژی آن هم ثابت است وقتی الکترون از یک مدار به مدار پایینتر بیاید، تابش فوتون می‌کند.

فوتونها صادر شده از اتم تحریک شده به روی فیلم بیناب نما یک خط سیاه درست می‌کنند. از روی محل خط می‌توان فرکانس و انرژی را یافت و میزان سیاهی خط نمایانگر تعداد فوتونهای صادره است. چون تمام اتم‌های عناصر مثل هم هستند پس تمام الکترونهای در یک وضع مشابهند.

مدارات زیادی در اتم است و الکترون می‌تواند در هر یک از مدارات جا می‌گیرند و چون انرژی هر مدار فرق دارد پس یکسری خطوط طیفی برای یک عنصر داریم.

اطلاعات در مورد لایه‌های الکترونی اتم از روی بیناب آنها بدست می‌آید.

توجه کنید که در اتم انرژی پتانسیل الکترون آزاد (خارج اتم) را مبنا گرفته اند و هر چه به هسته نزدیک گردیم، انرژی مدارات کم می‌شود. در حالت عادی الکترون کمترین انرژی را دارد و نزدیک هسته است برای انتقال به مدار بالاتر باید مقداری



انرژی که حداقل برابر اختلاف انرژی دو مدار است باید داد، مثلاً در اتر برخورد های اتمی و در اثر حرارت دادن به جسم وقتی به جسم حرارت بیشتری دهیم جنبش و برخورد اتم ها و مولکول ها بیشتر و شدیدتر شده و الکترون های بیشتری لاجرم الکترون های بیشتری و نیز با پرش های بالاتری تحریک می شوند و در برگشت نور می دهند $E = \sigma T$ در سال ۱۹۱۴ کوسل شیمی کوانتومی را بنیان نهاد و تئوری کاملی در مورد بیناب ها ارائه داد.

و اما اشکال تئوری بوهر این بود که نمی توانست شدت خطوط بیناب را مشخص کند ولی منشاء آن را می توانست ولی تئوری کلاسیک شدت را پیش بینی می کرد ولی منشاء را نمی توانست پس بوهر استفاده از هر دو تئوری را پیشنهاد داد که به اصل تطابق شهرت داشت (CORRESPONDENCE) فاصله سطوح انرژی الکترون برای مدارات دورتر از هسته کوتاهتر است خطوط طیفی پرش های بین مدارات دور طول موج بلند تولید می کند و طیف پیوسته است یعنی در طول موج بالا، طیف کلاسیک و کوانتومی یکسانند.

تا اینکه در سال ۱۹۲۴ لوئی دوبروی "philosophical" نظریه امواج مادی را ارائه کرد $\lambda = \frac{h}{mv}$ این نوع تازه ای از امواج بود، در واقع موجهایی که تا کنون می شناختیم یا از نوع امواج مکانیکی بود نظیر امواج دریا یا امواج صوتی، یا از نوع امواج الکترومغناطیسی بود اما این موج، چیز دیگری بود

هر جسم متحرک امواج مادی تولید می کند، این موج در خلاء هم منتشر می شود پس مکانیکی نیست و چون همه اجسام آن را تولید می کنند پس الکترومغناطیسی نیز نمی باشد.

برای ردیابی امواج یا از حواس ما مثل چشم و گوش استفاده می کنیم یا به وسیله ابزاری امواج را در محدوده حس خود در می آوریم، طول موج دوبروی وابسته به الکترون در حوزه ابزارهای اندازه گیری قرار می گیرد اگر سرعت یک الکترون که تحت تأثیر اختلاف پتانسیل ۱ ولت قرار گرفته است را بدست آوریم در حدود 6×10^7 m/s



خواهد بود پس طول موج وابسته به آن در حدود $\lambda = 1.0^{-9} \text{m}$ است در سال ۱۹۱۲ لاوه (آلمانی) پراش اشعه x را به کمک کریستالها مشاهده کرد که در همین محدوده طول موج e^- بود پس در سال ۱۹۲۸ داویس آمریکائی توانست پراش الکترون را به کمک بلورها مشاهده کند

پس مشاهده شد که الکترونها خواص ذرات و امواج را توأمأ دارا هستند.

ذره و موج دو موجودیت کاملاً متفاوت هستند یک چیز می‌تواند یا ذره یا موج باشد، دوبروی عقیده داشت ذره بر موج سوار می‌شود و هر جا که موج بخواهد آن را می‌برد (مثل موج راهنما) در سرعت‌های کم الکترون، موج ذره را به سوی خود می‌کشد و در سرعت‌های زیاد ذره موج را بسوی خود می‌کشد وقتی الکترون بایستد موج هم ناپدید می‌شود دوبروی می‌گوید که الکترون بر موج خود سوار است ولی نمی‌تواند بگوید موج از کجا می‌آید؟

دوبروی فرض کرد: خاصیت ذره‌ای را کلاً در نظر نگیریم ذره ترکیب پیچیده‌ای از امواج خورد است (بسته موج)، یعنی بسته موج از بر هم نهی تعدادی امواج به وجود می‌آید که در برخورد مثل ذرات رفتار می‌کنند (مثل فوتون)، اما بسته‌های موج ناچارند حتی در خلاء در مدت کوتاهی چنان در فضا تجزیه و پراکنده می‌شوند که تنها خواص مشابه ضعیفی از اجزاء آن باقی می‌ماند یعنی پایدار نیستند ولی ذرات پایدارند پس ذرات نمی‌توانند همان بسته‌های موج باشند پس فرضیه موجی بودن دوبروی به این صورت غلط است تا اینکه در سال ۱۹۲۷ در کنفرانس بروکسل هایزنبرگ و شوردینگر ارتباط صحیح ذره و موج را بیان کردند.

پرتو الکترون با یک کریستال به صورت ورقه بسیار نازک برخورد کرده و بعد از برخورد پراشیده شده و صفحه حساس عکاسی را سیاه کرده و حلقه‌های پراش درست می‌شود، پرتو الکترون توسط یک فیلمان داغ تولید می‌شوند. هر چه الکترونها کمتر به کریستال برخورد کنند نمود موجی آن کمتر است یا اینکه پراش برای تعداد زیاد الکترونها آشکار می‌شود موج الکترون حامل الکترون نیست بلکه نشان دهنده احتمال



برخورد الکترون به نقاط مختلف صفحه عکاسی است، این موج احتمال را ماکس بورن پیشنهاد کرده بود.

در فیزیک کلاسیک، احتمال نداریم اگر نیروهای وارد به ذره و موقعیت ابتدائی آن را بدانیم سرعت و موقعیت آن را در هر لحظه دیگر می‌توانیم به دقت معین کنیم برای یافتن موقعیت یک گاز باید معادلات هر یک از مولکولها را نوشت و آن را حل کرد که بی نهایت دشوار است به طور معقولانه نباید حرکت تک تک مولکولها را معین کرد بلکه باید تمام توده گاز را در نظر گرفت و فشار و دما و... را محاسبه کرد و حرکت توده گاز را با قوانین احتمال بیان می‌کنیم ولی همه بر پایه اصول کلاسیک هستند.

بر می‌گردیم به پراش الکترون، در نمونه پراش الکترون حلقه‌های سیاه ماکزیمم احتمال برخورد و حلقه‌های سفید محل کمینه احتمال برخورد و نواحی سیاه و روش احتمال کمی برای برخورد وجود دارد.

همان گونه که یک هواشناس به علت وجود عوامل خارجی نمی‌تواند وضع هوا را به دقت معین کند کوانتم هم نمی‌تواند محل یقینی وقایع را معلوم کند حالا اشکال از نقص کوانتم است یا در ذرات طبیعت پس امواج دوبروی، حرکت الکترون را با احتمال بیان می‌کند،

در سال ۱۹۲۵ هایزنبرگ و شوردینگر با توجه به تئوری دوبروی توانستند از آن خواص ذره‌ای را نتیجه گیرند هایزنبرگ با روش حل ماتریس این کار را کرد و شوردینگر، معادله موج را چنان تغییر داد که خواص ذره‌ای هم در آن باشد پس معادلات شوردینگر همان قوانین تغییر یافته موج است.

ابزارهای اندازه گیری:

برای روشن کردن جسم جهت دیدن آن باید از نوری که λ آن متناسب با اندازه جسم باشد استفاده کرد چون λ نور مرئی $0.4\mu - 0.7\mu$ است پس با آن می‌توان حداکثر اجسامی در حدود $3\mu - 4\mu$ را دید اگر ذره حدود 0.5μ باشد پدیده پراش صورت می‌گیرد و تصویر واضح نیست.



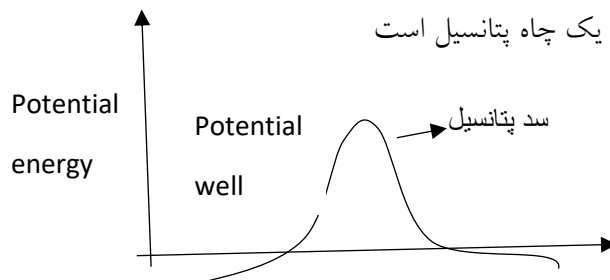
وقتی فوتون نور با یک ذره غبار برخورد می‌کند مقداری از ممتوم خود را به آن داده و بعد از برگشت آن را می‌بینیم ولی ذره جابجا نمی‌شود و سرعتش هم تغییر نمی‌کند. اما الکترون که ابعادش 10^{-7} است باید آن را با اشعه λ روشن کرد ولی وقتی فوتون گاما به آن برخورد می‌کند نه تنها دیده نمی‌شود بلکه از صفحه تصویر به خارج پرتاب می‌شود. یعنی اگر بخواهیم سرعت e^- را اندازه گیری کنیم موقعیت آن را از دست می‌دهیم و اگر مکان ذره را معین کنیم مکان ذره را نمی‌توانیم بدست آوریم.

در سال ۱۹۲۷ هایزنبرگ از قوانین اساسی کوانتم این را فهمید که: $\Delta v \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2\pi m}$ هیچ دستگاهی نمی‌تواند یک کمیت را با دقت مطلق اندازه گیری کند رابطه عدم قطعیت با یک حد بیشینه برای دقت ابزارهای اندازه گیری قائل می‌شود، هایزنبرگ اعتقاد داشت که خطا از دستگاه است ولی بعضی اعتقاد داشتند که خطا در ذرات الکترون است.

از طرفی $v = \frac{h}{m\lambda}$ چون λ برای اندازه گیری آن که λ مشتق از مکان موج است پس خطای سرعت هم مستقل از مکان ذره است پس لاجرم می‌تواند خطا در ذرات الکترون و ناشی از طول موج الکترون باشد. یعنی اگر الکترون ثابت باشد $\lambda \rightarrow \infty$ یعنی کوشش برای یافتن آن بیهوده است و هر چه سرعت الکترون بیشتر باشد بهتر در موج خود جایگزین می‌شود با این حال در سرعت‌های خیلی زیاد، چندین برابر اندازه اش، امکان جابجایی در موج وابسته اش دارد.

و اما پدیدهٔ تونل زنی:

الکترون‌های یک فلز مثل توپها در یک گودال هستند و همانطور که توپ نمی‌تواند از گودال خارج شود الکترون هم نمی‌تواند از فلز جدا شود در این حالت می‌گویند الکترون در یک چاه پتانسیل است





اگر معادله نیوتون را برای توپ در گودال حل کنیم توپ همیشه در گودال خواهد ماند مگر آنکه انرژی صرف شود اگر با معادله شوردینگر را برای یک الکترون در یک فلز که در میدان E قرار دارد را حل کنیم، احتمال خروج الکترون هرگز صفر نخواهد بود هر چند ناچیز است.

الکترون می تواند به سد پتانسیل نفوذ کند و به طرف دیگر رود، انرژی الکترون در حوالی سد پتانسیل منفی است پس $E = \frac{1}{2}mv^2$ هم منفی خواهد بود یعنی m منفی است! باید الکترون را در حوالی پتانسیل ببینیم، آن را با گاما روشن می کنیم لاجرم انرژی آن زیاد شده و از سد می گذرد پس راهی برای دیدن الکترون هنگام عبور از سد پتانسیل نیست، امکان جستجوی الکترون در زیر دیوار سد امکان ندارد با این حال ذره از سد پتانسیل می گذرد، و علتش هم ماهیت خواص موجی e^- می باشد.

در خواص موجی ذرات، سرعت آنها بستگی به مکان نداشته باشد لاجرم در یک لحظه نمی توان انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی را به دقت اندازه گیری کرد پس انرژی ذرات را باید با اصل عدم یقین یافت، احتمال معینی برای خروج خود به خود ذره از داخل چاه پتانسیل وجود دارد، درصد احتمال پدیده تونل زنی را توان نفوذ و درصد احتمال در چاه پتانسیل ماندن را توان انعکاس می گویند، قوانین پدیده تونل زنی مشابه قوانین انعکاس نور و شکست آن می باشد،

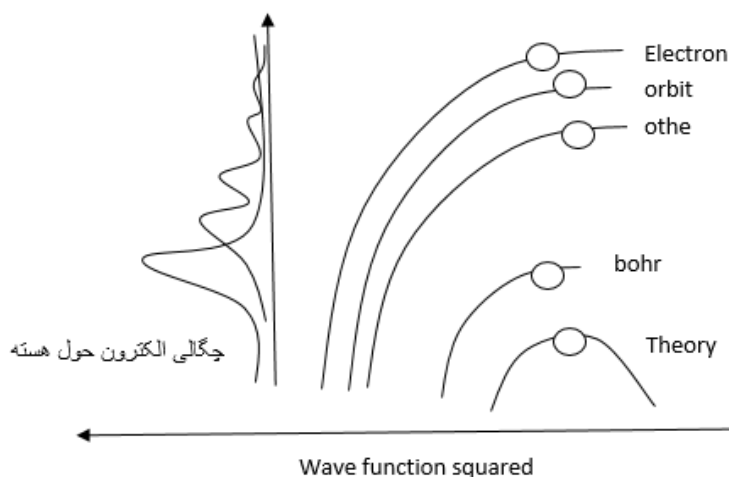
اگر فیلمانی را گرم کنیم الکترون ها انرژی برای عبور از سد پتانسیل را بدست می آورند و به مقدار زیاد فلز را ترک می کنند و فلزی که در یک میدان قوی قرار می گیرد نیز الکترون ها از آن خارج می شوند که به آن تابش سرد می گویند

معادله شوردینگر یک معادله دیفرانسیلی پاره ای مرتبه دوم است که برای بیان کمیت هایی که تابع مکان و زمان هستند به کار می روند.

کمیت مجهول معادله شوردینگر تابع موج است و مربع آن مفهوم احتمال دارد، ارتباط تابع موج با مکان و زمان نماینده احتمال وجود یک ذره در مکان و زمان معینی



است، نماینده اثری از ذره در آنجاست حل معادله شوردینگر در حالت عمومی بسیار دشوار است ولی در مسائل ایستایی، ψ که یک مقدار معین نوسان دارد ولی فرم آن ثابت است راحتتر است. یعنی هر قدر اندازه گیری طولانی تر است دقت اندازه گیری انرژی بیشتر است در اینجا یعنی در حالت ایستا انرژی با زمان تغییر نمی کند و همیشه می توان آن را معین کرد در حالتی که $E > 0$ (حرکت آزاد) معادله شوردینگر برای هر E جواب دارد و مقدار احتمال برای هر انرژی مخالف صفر است یعنی ذره در هر نقطه از فضا می تواند باشد ولی اگر $E < 0$ (حرکت مقید) معادله شوردینگر فقط به ازای مقادیر معینی از E جواب دارد که همان سطوح مجاز انرژی ذره هستند، یعنی احتمال وجود ذره در سطوح انرژی مجاز بیشینه است، این سطوح انرژی همان مدارات اتم بوهر هستند که حالت انفصالی هم دارند.



با حل معادله شوردینگر الکترون در اتم فقط در سطوح انرژی قرار می گیرد و پرش ها هم فقط بین همین سطوح که فرض دوم بوهر بود وجود دارد. پس به طور کلی می توانیم در مکانیک کوانتومی بگوئیم انرژی و امواج دوبروی خاصیت ذره ای دارند و بهم وابسته هستند.



دویست سال طول کشید تا مکانیک کلاسیک به حد پیشرفت خود برسد و مکانیک کوانتومی این راه را پنج ساله طی کرد.

مکانیک کوانتم مدارات الکترونی را قبول ندارد و می‌گوید توزیع احتمال وجود الکترون‌ها در نقاط مختلف اتم را به جای مدارات می‌گیرد، در هر مدار تعداد درستی از امواج دوبروی جای می‌گیرد. در مدار اول یک موج، در مدار دوم، دو موج و در مدار n ام، n موج جای می‌گیرد.

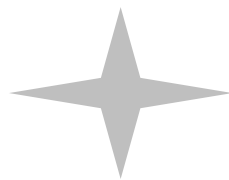
باید به جای الکترون در یک مدار یک ابر احتمال تصور کرد، جائیکه احتمال وجود الکترون بیشتر است ابر غلیظ تر است و بالعکس، انرژی الکترون در اتم فقط به فاصله آنها از هسته بستگی اگر بیش از یک الکترون در یک اتم باشد علاوه بر کشش‌های هسته دافعه‌های الکترونی هم مضاعف و با نظم و ترتیب خاصی تصاویر ویژه‌ای می‌سازد.

پائولی برای این اتم‌ها قوانینی را گذاشت از آن جمله در هر مجموعه از ذرات بسیار کوچک (مثل اتم) و در هر سطح مجاز انرژی فقط یک ذره می‌تواند قرار بگیرد.

و برای توضیح خصائص اتم از مفهومی با نام اسپین نام برده شد. اسپین در واقع به اندازه حرکت زاویه‌ای ناشی از حرکت الکترون به دور هسته مقداری را که وابسته به حرکت اختصاصی آن است می‌افزاید اسپین الکترون اتمی را می‌توان به ممتوم زاویه‌ای آن افزود یا از آن کاست بدین معنی که دو ممتوم زاویه‌ای کل الکترون، ناشی از دو حرکت اختصاصی مخالف آن می‌توان نتیجه گرفت این دو حرکت با یکدیگر اختلافی ندارند، انرژی آنها برابر بوده و نیروهای خارجی بر آنها بی‌تاثیرند در نتیجه در هر سطح انرژی مجاز اتم، دو الکترون که اسپین مخالف دارند، می‌توانند جای گیرند.

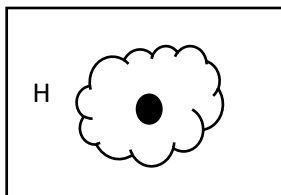
اتم‌ها چگونه خود را مهندسی می‌کنند؟

در هر اتم بنا به اصولی که بدان پایبند هستند اول اینکه اصل طرد پائولی، اصول حاکم بر مفهوم اسپین و بالاخره اصل اینکه هر سیستمی وقتی پایدار است که انرژی پتانسیل آن کمتر باشد، یعنی اصل توزیع انرژی کمینه، مهندسی خاصی انجام می‌دهد

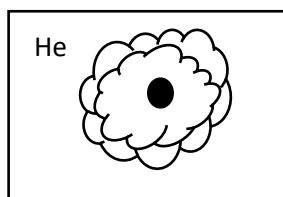


مثلاً در اتم هیدروژن یک طرح ساده که هسته‌ای در مرکز و اوربیتالی حول آن را

گرفته است

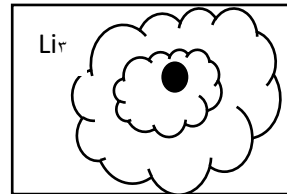


و هلیوم این ابر الکترونی از دو الکترون تشکیل شده است

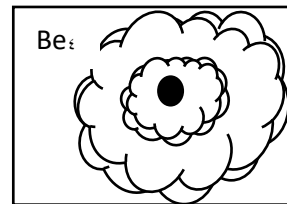




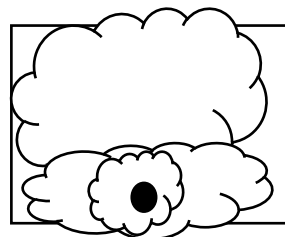
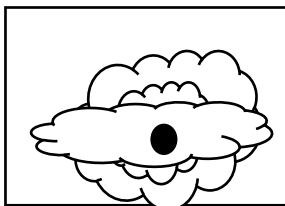
در لیتیوم همان طور که دیده می شود یک تراز به تراز هلیوم اضافه شده است چرا که تراز الکترونی داخلی پر شده پس لاجرم تراز دیگری برای الکترون بعدی در نظر گرفته می شود،



برای Be هم به جای یک الکترون در تراز دو الکترون قرار می گیرد.



و اما در حالت پنجم کار ساده ای نیست اولاً باید طوری الکترون را به مجموعه فوق اضافه کرد که در واکنش کمتری با سایر الکترونها باشد و جای کافی برای حرکت الکترون هم باشد، طراحی اتم به این گونه است که یک طبقه جدید دیگر ولی متقاطع با طبقات قبلی تعبیه کرده و الکترون را در آن جای می دهد در طرح بعدی می توانست الکترون را در همین طبقه جای دهد در ط B_o ، بعدی نیز با زاویه ۱۲۰ درجه به طبقات قبلی اضافه می شد





به هر صورت توزیع الکترون‌ها در مدارات به گونه‌ای است که دارای کمینه انرژی پتانسیل باشد.

حالا طبق اصولی که در شیمی وجود دارد تعداد الکترونهایی که در لایه آخر وجود دارد اگر ۸ الکترون باشد حالت پایه دارد و کمینه انرژی پتانسیل پس اتمهای دیگر می‌خواهند به حالت ۸ الکترونی برسند پس با هم ترکیب می‌شوند.

آنچه در خور بحث است این است که طبق تئوری بوهر منشاء بیناب اتمی انتقال یک الکترون از تراز به تراز دیگر است ولی در بحث اوربیتالی چگونه تفسیر کنیم در این بحث دگرگونیها لحظه‌ای شکل و حالت ابرهای الکترونی اتم را مطرح می‌کنند.

در این تعریف ابرهای الکترونی با جذب یا گسیل اشعه‌های گاما تغییر حالت می‌دهند و در شکل ظاهری آنها تغییر می‌دهد احتمال پرش الکترون به شکل ابرهای الکترونی در بر گیرنده آن بستگی دارد، احتمال وقوع پرش الکترون بین ابرهای پهن و غلیظ و تیز و عمیق و داخلی بیشتر است.

احتمال پرش الکترون بین مدارات گوناگون قابل محاسبه است، قوانینی که میزان این احتمال را بررسی می‌کند، قوانین انتخاب می‌گویند، بعضی از پرش‌ها مجاز و بعضی ممنوعند.

در اتم‌های سبک قوانین انتخاب صادقند ولی در اتمهای سنگین چنین نیست فرکانس بیناب‌ها بر مبنای احتمال پرش الکترون‌ها محاسبه می‌شود چون ابرهای الکترونی مختلف احتمالات متفاوت دارند، به هر فوتون یک احتمال و یک شدت درخشندگی نسبت می‌دهیم، هر چه شدت بیشتر باشد خطوط بیناب روشنتر است.

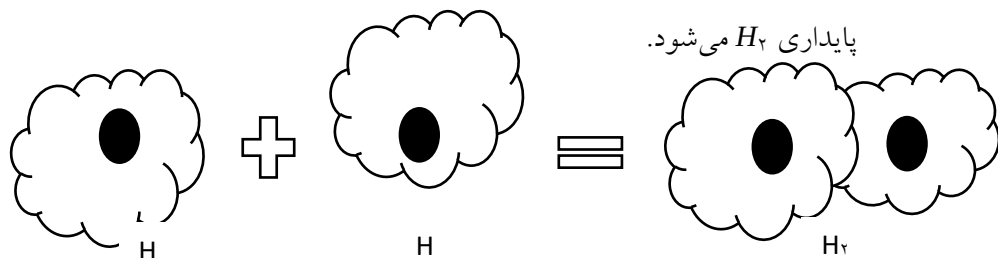
معمولاً خطوط بیناب به علت رابطه عدم تعیین پهن شدگی در آن مشهود است چون اگر الکترون وابسته به اتم انرژی معینی داشته باشد در اثر پرش‌های الکترونی این حالت به هم می‌خورد و اصل عدم یقین ظاهر می‌شود



معادله عدم قطعیت $\Delta E \geq \frac{h}{2\pi\Delta t}$ یا $\Delta v \geq \frac{1}{2\pi\Delta t}$ هر اندازه زمان توقف الکترون (Δt) بین دو مدار بیشتر باشد خطوط بیناب باریکتر خواهند بود ($\Delta E \rightarrow 0$)، در درجات حرارت بالا و فشار زیاد Δt کمتر شده پس لاجرم خطوط بیناب پهن و ناواضح هستند. ترکیب اتمها:

در تعبیر مکانیک کوانتمی در مولکول H_2 هر اتم مدتی الکترون خود را نگه می‌دارد و بعد آن را به اتم مجاور می‌دهد پس دو الکترون گاهی متعلق به یک اتم و گاهی متعلق به اتم دیگر است.

و گاهی یکی + و دیگری - می‌شود و همین باعث پیوند و پایداری H_2 می‌شود.



خواص وابسته مواد از کجا به وجود می‌آید؟

اول از همه کریستال فلزات را مطالعه می‌کنیم، کریستالها از زمره مواد جامد هستند، مواد جامد که فیزیک حالت جامد را شامل می‌شود، به دو شکل بلوری و بی شکل وجود دارند، حرارت، الکتریسیته را به میزان گوناگونی هدایت می‌کنند و چگونگی انتقال نور و صوت هم بوسیله آنها یکنواخت نمی‌باشد.

و اما کریستال (بلور) عبارتست از توزیع متناوب و یا شبکه‌ای شکل اتم‌ها در فضا، در یک شبکه فضائی، اتمهای متشکله کریستال به فواصل ثابتی قرار گرفته، این فواصل ثابت را مشخصه فضائی کریستال می‌نامند. در حالت کلی برای هر بعد یک کریستال یک مشخصه و بنابراین جمعاً سه مشخصه خواهیم داشت.



مشخص کردن یک مولکول در شبکه کریستال غیر ممکن است، یونها بر اثر انرژی حرارتی خود دائماً حرکت نوسانی در شبکه بلوری دارند که این حرکات نوسانی حرارتی در بلور نماینده بسیاری از خواص جامدات است.

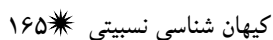
و اما فلزات:

وقتی اتمهای فلزات تشکیل کریستال می‌دهند، در واقع الکترونها لایه آخری خویش را مشترک می‌گذارند، و این عمل موجب تشکیل اسکلت مخصوص کریستال می‌شود.

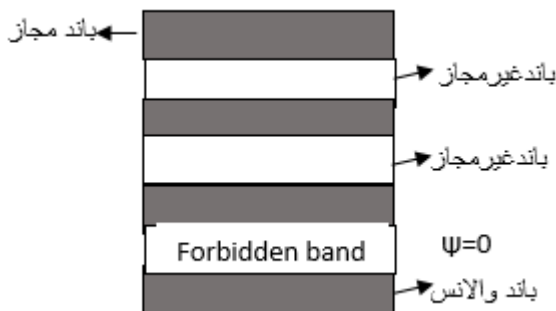
در گره‌های کریستال، یونها نسبتاً ثابت قرار گرفته اند و یک ابر الکترونی با تحرک آنها را فرا گرفته است این ابر الکترونی نقش سیمان نگاهدارنده یونها را بر عهده دارد و در مقابل یونها هم مانع پراکندگی ابر الکترونی می‌شوند.

پس در فلزات الکترونها فلزی تقریباً آزادند هر الکترون وابسته به اتم معین نیست بلکه جزئی از اجتماع همه الکترونهاست که در خدمت همه اتم‌ها قرار دارند. چنین الکترونی در هر بخش از کریستال ممکن است یافته شود، البته همه الکترونها آزاد نیستند و هر اتم فقط یک یا دو الکترون لایه انتهایی خود را رها می‌کند با این حال در هر سانتیمتر مکعب فلز در حدود 10^{22} تا 10^{23} الکترون آزاد موجود است پس فلزات خواص مخصوص خود را دارند و جریان الکتریسته را به خوبی عبور می‌دهند.

برای آشکارسازی این جریان کافیهست که الکترونها از ولت سنجی عبور کنند تا بر اساس آن میزان جریان و سایر موارد اندازه گیری شود، اما یک نکته شما می‌توانید با یک آشکارسازی نظیر ولت متر از همه الکترونها بلوری اطلاعاتی بدست آورید، بدیهی است، نه فقط از همان الکترونهاست که به اشتراک گذاشته شده اند اطلاعات



تشکیل باندهای مجاز و غیرمجاز در بلورها



در شکل فوق باندهای سفید نماینده انرژی‌هایی هستند که الکترون نمی‌تواند اختیار کند، تابع موج برای این باندها صفر بوده و بنابراین احتمال وجود الکترون در آنها نیز برابر صفر است. این باندهای سفید را، باندهای ممنوعه می‌نامند، حتی در



باند‌های مجاز هم الکترون هر مقدار انرژی نمی تواند داشته باشد. در همین باندها هم مناطق منفصل انرژی موجود است.

در شرایط عادی، تمام الکترونهای یک قطعه فلز می‌توانند در پائین ترین باند مجاز انرژی قرار گیرند. در زیر باند مذکور، باند پایه که شامل تمام الکترونهای غیرمجموع است. فیزیکدانان باند پایه را باند والانس می‌نامند و باندهای مجاز انرژی به باند هدایت معروفند در باند والانس الکترون نماینده ظرفیت هستند.

در صورتیکه الکترونهای آزاد باندهای مجاز، رسانایی الکتریکی را بر عهده دارند تمام الکترونهای مواد عایق در باند پایه آنها قرار دارند و در شرایط معمولی اولین باند غیرمجاز انرژی آنها به قدری عریض است که انرژی زیادی جهت عبور از این باند ممنوع لازم است آشکار شده است که یک ماده عایق در صورتیکه زیر تاثیر میدان الکتریکی قوی هم قرار گیرد می‌تواند هادی الکتریسیته باشد که همان پدیده تونل زنی می‌باشد.

بالاخره نیمه هادی‌ها:

پهنای اولین باند ممنوع انرژی کمتر بوده و الکترون می‌تواند با کسب انرژی کافی در درج حرارت‌های پائین هم به باند هدایت منتقل گردد. در نیمه هادی‌ها وقتی الکترون باند والانس را ترک می‌کند به جای خود یک حفره می‌گذارد که این حفره‌ها را الکترون دیگر پر میکند و این به مثابه آن است که یک جریانی خلاف میدان هم در آن به وجود می‌آید. در درجه حرارت‌های پائین تمام الکترونهای نیمه هادی در لایه والانس محبوسند ولی وقتی دما بالا می‌رود تعداد زیادی از آنها آزاد می‌شوند و مقاومت نیمه هادی را کاهش می‌دهند، بر عکس آنچه در مورد فلزات صورت می‌پذیرد، در فلزات با افزایش دما مقاومت بیشتر می‌شود، وقتی یک الکترون در مسیر عبور خود به اتم‌ها و ذرات برخورد می‌کند پراشیده می‌شود و هر چه تحرک بیشتر است احتمال برخورد الکترون با ذرات بیشتر لذا مقاومت بیشتر می‌شود، اما اگر بتوان در فلزات این ارتعاشات را کم و کمتر کرد، مقاومت نیز کاهش می‌یابد



یعنی در صفر مطلق ما با یک پدیده ابر رسانائی مواجه خواهیم بود و تغییر فازی در سیستم رخ می‌دهد، اما در نیمه هادی‌ها در واقع افزایش حرارت‌ها الکترون‌ها را از لایه والانس به باندهای هدایت وارد کرده و جریانی منفی به وجود می‌آورد و با ایجاد لایه‌های مختلف در پاره‌ای موارد منجر به کاهش مقاومت می‌شود و همین خواص نیمه هادی هاست که منجر به بوجود آمدن سلول‌های خورشیدی حرارتی و خیلی تکنولوژی‌های دیگر در صنعت الکترونیک گشته است

دوباره به هسته بازمی‌گردیم:

به ذرات α که از هسته با انرژی بالا خارج می‌شدند، این ذرات که گفتم هسته‌های هلیوم هستند برای خارج شدن از هسته می‌بایست بر انرژی‌های بالا غلبه کنند و با سرعت 9 mev به بیرون پرتاب می‌شوند، همان طور که گفتیم این مساله از طریق فیزیک کلاسیک قابل حل نبود لذا دسته دامن فیزیک کوانتم شدند، فیزیک کوانتم که برای هر ذره‌ای قائل به موجی مادی بود توسط معادله درجه دوم شوردینگر که در آن انرژی آن منفی در نظر گرفته می‌شد احتمال نفوذ ذره α در این چاه پتانسیل و گذر آن در سوی دیگر دیوار را مطرح کرد، پس شرایط اصلی این تونل زنی کوانتمی این بود که اولاً انرژی منفی در سیستم حاکم باشد و دوماً، ψ را یک عدد مختلط بدانیم، عدد مختلط عددی از $a+ib$ که یک جزء حقیقی دارد که اثرات آن در همین الان قابل بررسی است و قسمت موهومی، قسمتی است که اثرات خود را بعداً اعمال می‌کند، پس در وجود، میدانهای الکتریکی که جهت ذره α را در داخل هسته در یک راستا هدف مند می‌کند منجر بدان می‌شود که در نهایت ذره α از سد پتانسیل عبور کند و در آن سوی سد دیده و ردیابی شود بدون اینکه انرژی آن امضا شده یا مثبت شود.

بدیهی است که برای عبور عبور از سد پتانسیل یا باید انرژی به ذره داده شود که انرژی آن مثبت شود یا اینکه انرژی جنبشی می‌بایست منفی باشد یعنی جرم منفی باشد که جرم منفی نه در فیزیک کلاسیک و نه در فیزیک کوانتم معنی ندارد، اگر بخواهیم ذره را در داخل سد پتانسیل ردیابی و آشکارسازی کنیم همین اندازه گیری مسئله را به



فیزیک کلاسیک باز می‌گرداند و انرژی را مثبت می‌کند، پس راهی برای اندازه‌گیری و ردیابی ذره در سد پتانسیل نداریم در اینجا می‌توان از رابطه عدم قطعیت استفاده نمود که $\Delta E \geq \frac{\hbar}{2\pi\Delta t}$ و از همین معادله می‌توان نتیجه گرفت که انرژی جنبشی و پتانسیل را هم نمی‌توان هم زمان با قطعیت بدست آورد چرا که طبق $\Delta x \Delta p \geq \hbar$ وابسته به انرژی پتانسیل و Δp وابسته به انرژی جنبشی است و تعیین هر کدام در نزدیک چاه پتانسیل با قطعیت میسر نیست.

به هر حال ذره α از اتمهایی مثل رادیوم به وفور بیرون می‌آید، و رادفور از همین ذره α پی به وجود پروتونها در درون هسته برد، ولی ساختمان هسته را چگونه تعیین کنند، می‌شود گفت که هسته از مضارب صحیحی از همین ذرات α تشکیل شده یا نه؟ چون هسته‌هایی سبکتر از ذره α هم که پایدار باشند یافت می‌شدند مثل هسته اتم هیدروژن که ساده‌ترین واحد ساختمانی اتم را داراست که به آن هسته پروتون می‌گفتند.

به دنبال یک مدل بودند، گفتند برای توجیه پایداری هسته و مثبت بودن آن و همچنین گسیل اشعه β به جاست که ساختمان هسته را اینگونه تحلیل کنیم که تشکیل شده از ذرات پروتون و الکترون باشد، مثلاً برای هلیوم بگوئیم تشکیل شده از چهار پروتون و دو الکترون که در مجموع بار آن است و دو الکترون هم در تراز اتمی وجود دارد پس اتم خنثی می‌شود،

و یا هسته اتم لیتیوم را با ۷ پروتون و ۴ الکترون بنا می‌کردند که باری در حدود $+3$ داشت.

این روند برای عناصر سبک رضایت بخش است ولی در مورد عناصر سنگین تر و رادیو ایزوتوپ‌های سنگین مثلاً هسته اورانیوم ۲۳۸ که از ۲۳۸ پروتون و ۱۴۶ الکترون تشکیل می‌گردد در نظر می‌گیریم، ایزوتوپهای این عنصر قابل تصور نیستند زیرا با کم کردن یا افزودن پروتون شماره عنصر نیز تغییر می‌کند و این قابل قبول نیست.



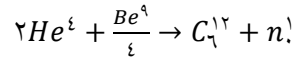
اشکال دیگر مسئله، اسپین کل هسته است، مثلاً هسته هیدروژن سنگین که با این روش از یک الکترون و دو پروتون تشکیل شده است، اسپین کل این هسته سه برابر اسپین پروتون خواهد شد (اسپین پروتون و الکترون برابرند) در حالی که اسپین کل هسته هیدروژن سنگین ۲۵ می‌باشد.

الکترونها علاوه بر این باید بر تأمین بار الکتریکی لازم برای هسته را داشته باشند که از دافعه پروتونها جلوگیری کرده و جاذبه داشته باشند که هسته متلاشی نشود اما پایداری عجیب هسته نشان می‌دهد که این قدرت پیوندی از دست الکترونها ساخته نیست.

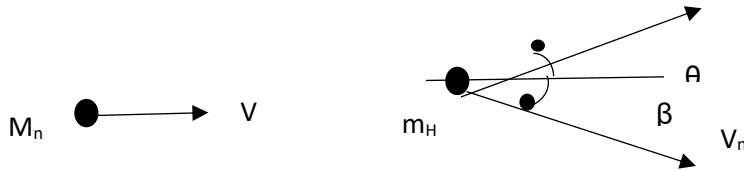
تا اینکه ایرن کوری در آزمایشی که نمونه‌ای از برلیوم را با ذرات آلفا بمباران می‌کردند متوجه تابش‌هایی از آن شدند که قدرت نفوذ زیادی داشت و احتمال می‌دادند در زمره اشعه δ باشد آنها این اشعه را به درون پارافین یعنی ماده‌ای غنی از هیدروژن فرستادند و مشاهده کردند که اثر بمباران پارافین با این اشعه مقادیر قابل توجهی پروتون از پارافین خارج می‌شود. چرا پروتونها از این پارافین‌ها کنده می‌شدند اشعه δ چگونه می‌توانستند گلوله‌های پارافین را پرتاب کنند، این معمای بود عجیب چرا که هم قانون بقای اندازه حرکت را نقض می‌کرد و هم قانون بقای انرژی را نقض می‌کرد.

چادویک از همکاران رادرفورد با نگاه به کارهای خاندان کوری و تجربه مشابه خود چنین گفت: « اگر ما فرض کنیم تابش مورد نظر تابش کوانتمی δ نیست بلکه مرکب از ذره‌هایی است با جرم بسیار نزدیک به جرم پروتون تمام اشکالات مربوط به برخوردها از میان می‌رود، هم در مورد فرکانس آنها و هم در مورد انتقال انرژی به جرم‌های متفاوت برای توضیح قدرت نفوذ زیاد این تابش باید فرض کنیم که ذرات بار مؤثر ندارند باید فرض کنیم که هر یک از آنها ترکیب نزدیک به یک پروتون و یک الکترون است و همان نوترونی است که رادرفورد در سخنرانی ۱۹۲۰ از آن بحث می‌کرد. »

بنا به نظر چادویک:



در اینجا نماد n^1 نمایانگر نوترون است، نوترونی که بنا به فرض چادویک بار صفر دارد. نوترون به علت نداشتن بار می‌توانست به داخل مواد نفوذ کند و با پروتونها برخورد کرده و منجر به پرتاب شدن آنها کند



با کشف نوترون، هایزنبرگ طرحی ارائه داد که بر مبنای آن طرح مدلی برای هسته مرکب از پروتون و نوترون ارائه داد که بر مبنای آن طرح یک عنصری نظیر Ne با عدد جرمی ۲۰ هسته اش از ۱۰ نوترون و ۱۰ پروتون تشکیل شده است و در مواردی که به ایزوتوپها می‌رسیم در تعداد نوترونها تفاوتی وجود دارد، در واقع ایزوتوپها عناصری هستند که آثار شیمیایی مشابه دارند و از لحاظ فیزیکی با یکدیگر متفاوتند، از لحاظ شیمیایی نمی‌توان آنها را تفکیک کرد ولی از لحاظ فیزیکی قابل تفکیک هستند نظریه هسته‌های نوترونی - پروتونی نظریه‌ای بدیع بود که منجر به بوجود آمدن فیزیک هسته‌ای و شکافت هسته شد.

اما نکته باقی بود که هنوز حل نشده بود و آن در مورد اشعه β بود که از هسته خارج می‌شد و دیگر اینکه با توجه به خنثی بودن نوترون از نظر باری این استحکام هسته از چه چیز ناشی می‌شود و نوترون چه نقشی در هسته بازی می‌کند، یوکاوا دانشمند ژاپنی طرحی ارائه داد و در این طرح اشاره شده بود که باید نوترون و پروتون علی‌رغم تفاوت‌های ساختاری، شباهتهایی را داشته باشند و به گونه‌ای بشود که پروتون به نوترون به پروتون تبدیل شود

نیروی هسته‌ای خاصی از نوع داد و ستدی بین پروتون و نوترون وجود دارد که منجر بدین پایداری می‌شود، نیروهایی نظیر همان چه که مولکولهای هیدروژن و یا



اکسیژن را پایدار می‌کرد که با اشتراک گذاشته شدن الکترون‌ها و رد و بدل شدن آنها به سرانجام می‌رسید.

به نظر یوکاوا باید ذره‌ای بین نوترون و پروتون‌ها رد و بدل می‌شد که وقتی پروتون آن ذره را از دست بدهد به نوترون و وقتی نوترون دریافت کند به پروتون تبدیل شود به محاسبه یوکاوا این ذره باید جرمی در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ برابر جرم الکترون و بار الکتریکی مساوی پروتون داشته باشد یوکاوا اسم را مزون نامید.

علی رغم شکافت هسته هنوز این ذره به دام نیافتاده بود پس پژوهشگران دست به دامان اشعه‌های کیهانی شدند، در اشعه‌های کیهانی مزونی با این مشخصات کشف شد ولی علی رغم کشف این مزون بی خاصیت هیچ واکنشی با هسته نشان نداد، و این تئوری یوکاوا نمی‌خواند، این آن مزون یوکاوا نبود، بعد از مدتها دوباره ذره‌ای کشف شد که حدود ۲۷۳ برابر الکترون وزن داشت و این ذره با هسته واکنش نشان می‌داد و اسم آن را پی مزون نام نهادند، پی مزون با ذرات هسته‌ای شدیداً برخورد می‌کرد و حتی انرژی آن به حدی بود که هسته را متلاشی می‌کرد پس پیشنهاد مکانیک کوانتومی مبنی بر داد و ستد مزون، بین نوترون‌ها، درست بود و این پی مزون‌ها می‌توانست عامل پایداری هسته باشند.

ولی به هر حال معمای ذره β هنوز حل نشده بود دانشمندان به دلایلی می‌گفتند که نباید الکترون‌ها در درون هسته وجود داشته باشند، چرا که در این صورت ابر احتمال وابسته به آن نیز در هسته قرار می‌گیرد، محاسبات نشان می‌دهند که حتی در سرعت‌های زیاد موج دوبروی وابسته به الکترون حدود ۱۰۰ برابر ابعاد هسته است و بطوریکه دیده ابر الکترونی مربوط نیز در همین حدود است دلیل دیگر آنکه اسپین الکترون عدد کسری در حالی که اسپین کل هسته یک عدد درست است.

پس فیزیکدانان با وقوف به مسائل فوق ناچاراً موجودیت الکترون در هسته را انکار کردند

پس واقعاً اشعه β از کجا می‌آمد؟



از طرفی و صدور اشعه β از هسته با آنکه بار الکتریکی هسته، به اندازه یک واحد کم می‌شود اما در اسپین آن تاثیری ایجاد نمی‌شود، و مهمتر آنکه الکترونها گسیلی از هسته به صورت پیوسته هستند نه کوانتیده، این چالش‌ها به مساله مضاعف می‌شود، تا اینکه برای غلبه بر این مشکلات عنوان شد که ذرات β همزادی هم به نام نوترینو دارند که این نوترینوها اولاً اسپینشان برخلاف اسپین الکترونهاست و انرژی آنها با الکترون برابر ترازهای انرژی‌های هسته‌ای است ولی تقسیم مقدارشان بین الکترون و نوترینو از قوانین کوانتمی پیروی نمی‌کند، و می‌تواند به مثابه طیفی متصل خود را نشان دهد، با حل این معضل کماکان به دنبال آن بودند خوب همین الکترونها و نوترینوها از کجا پیدا شده‌اند؟

می‌دانیم که نوترونها آزاد ناپایدارند پس لاجرم بعد از ۱۲ دقیقه به پروتون و الکترون و یک نوترینو استحاله می‌شوند، اما نوترونها داخل هسته از این قواعد مستثنی هستند چرا که این فرایند برای نوترونها آزاد است، آیا می‌توان گفت برای لحظه‌ای در این گونه هسته‌ها، نوترون‌ها به مثابه یک نوترون آزاد عمل می‌کند؟

نه، این طور نیست اما یک نکته شایان توجه است و آن این است که، ذرات β عموماً در هسته‌های ناپایدار ظاهر می‌شوند و بعد از گسیل اشعه β هسته به حالت پایداری می‌رسد پس لاجرم فقط در هسته‌های ناپایدار چنین اشعه‌ای قابل رؤیت است، ناپایداری در هسته معمولاً در زمانی رخ می‌دهد که هسته دارای نوترون زیاد یا پروتون زیاد باشد در این حالت هسته، یکی از نوترونها یا پروتونها را برای رسیدن به تعادل استحاله می‌دهد.

که معمولاً در استحاله نوترون به پروتون یک الکترون و یک نوترینو و در استحاله پروتون به نوترون، پروتون با از دست دادن یک پوزیترون به نوترون تبدیل می‌شود، البته این نقل و انتقالات در هسته‌های متفاوت متفاوت ارزیابی می‌شود، گاهی شرایط ناپایدار برای مدت یک هزارم ثانیه هم دوام نمی‌آورد و گاهی چند هزار سال طول می‌کشد تا ذره β صادر گردد.



اما ذره پوزیترونی توسط دیراک معرفی شد تا قبل از آن این فرایند را یا سقوط الکترون به داخل هسته و دزدیده شدن الکترونها توسط پروتونها و تبدیل آن به نوترون و گسیل نوترینو توجیه می کردند که البته نوترینوها هم هر چند بسیار مشکل ولی توسط فرایندهای غیر مستقیم کشف شدند.

فرمی در مورد استحاله اشعه β از یک فرمولی استفاده می کرد که بعدها اسم یک نیروی هسته ای ضعیف بر آن نهاده شد.

ساده ترین تجلی β یک نوترون به یک پروتون یک الکترون و یک پاد نوترینو تبدیل می شود.

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

فرمی این واپاشی را به عنوان الگویی برای بر هم کنش ضعیف فرض می کرد، که در یک نقطه فضا - زمان تابع موج مکانیک کوانتومی، نوترون به تابع موج پروتون تبدیل می شود و تابع موج نوترینویی ورودی در معادله پادنوترینوی خروجی که ما واقعاً مشاهده می کنیم به تابع موج الکترون تبدیل می شود

دامنه تلاشی β

$$M = G_f(\psi_p \Gamma \psi_n)(\psi_e \Gamma \psi_{\bar{\nu}})$$

پس این واکنش از ضرب توابع موج در ضرایب نامعلوم Γ که بر تبدیلات اثر تبدیل می شود و با عامل دیگر G_f که ثابت جفت شدگی فرمی خوانده می شود توصیف می شود

عوامل Γ محتوای جوهر اثرات بر هم کنش ضعیف می باشند و به تبدیل ذرات منجر می شوند، کشف سرشت این کمیات دانشمندان را به مبارزه می طلبد.

از روی بررسی زوایای گسیل بین فرآورده های خروجی تلاشی β و انرژی های مختلف آنها می توان انتخاب را محدود کرد. اما نکته عجیب دیگری در بین بود، در تلاشی β پاریته نقض می شد و ضرایب بر هم کنش Γ محتوی مخلوطی از کمیات برداری و برداری محوری هستند تا بتوان آثار نقض کننده پاریته را توضیح دهند.

و اما پاریته:



پارایته اصل مهمی در فیزیک کلاسیک است با این توضیح که اگر چنانچه شما آزمایشی را انجام می‌دهید و آینه بزرگی جلوی شما است، نتایج بدست آمده در آزمایشگاه و نتایج بدست آمده در تصویر آینه‌ای اش یک نتیجه را به همراه خواهد داشت اما مشاهدات نشان می‌دهد که در تابش β پارایته نقض می‌شود. آزمایشی را روی عنصر کبالت انجام می‌دهیم و جهتی را در فضا مشخص می‌کنیم که کبالت از آن آگاهی داشته باشد و بعد گسیل الکترونها حاصل از تلاشی نسبت به آن جهت اندازه‌گیری شود، این کار با برقراری یک میدان مغناطیسی در دو سر یک نمونه از کبالت که تا درجه حرارت بسیار پائینی خنک می‌شود انجام گرفت در این وضعیت اسپین هسته‌ها ترجیحاً در امتداد راستای میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد با اندازه‌گیری گسیل الکترونها حاصل از تلاشی β در جهت سمت گیری اسپین هسته‌ای یا خلاف آن هر گونه نامتقارنی می‌توانست آشکار شود.

می‌توان نشان داد که جهت اسپین در انعکاس آینه‌ای و نیز تحت تغییر جهت میدان مغناطیسی است. اما جهتی که الکترون‌ها حاصل از تلاشی β گسیل شدند تحت انعکاس آینه‌ای تغییر کردند و در نتیجه هر گونه نامتقارنی که در گسیل الکترون نسبت به جهت میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شود در فرآیند تصویر آینه‌ای معکوس دیده خواهد شد. از این رو خود فرآیند و تصویر آینه‌ای آن قابل تشخیص خواهند بود و این نیروی ضعیف است که موجب تلاشی β هسته‌ای می‌شود و می‌تواند جهت راست را از چپ تشخیص دهد.

و اما اشعه گاما:

برای پی بردن به راز گسیل اشعه گاما از هسته می‌باید، ساختار درون هسته را شناخت که مدل حاکم بین نوکلئون‌ها چگونه است اولین مدل هسته‌ای که مطرح شد مدل قطره مایع بود در این مدل انرژی بستگی بر نوکلئون برای یک هسته و چگالی ماده مستقل از عدد جرمی A است، این شبیه به یک قطره - مایع است که گرمای تبخیر و چگالی آن مستقل از اندازه قطر هستند، به جملات تصحیحی انرژی سطحی، انرژی



دافعه کلونی، انرژی جفت شدگی، انرژی تقارن را اضافه کنید مدل قطره - مایع به دست می‌آید، این مدل می‌تواند منحنی انرژی بستگی و شعاع هسته را به خوبی بدست می‌آورد

از طرف دیگر مدل دیگری برای هسته وجود دارد که به مثابه مدل‌های تراز دار اتمی است که هسته را مشتمل بر لایه‌هایی می‌داند که این لایه‌ها در زمانی که مقدار نوکلئون را به اندازه اعداد جادویی ۲، ۸، ۲۰، ۵۰، ۸۲، ۱۲۶ و... بیشترین پایداری خود را دارند و می‌توانند همانند بیناب‌های اتمی، اشعه δ گسیلی را نیز توجیه نمایند اما این مدل با توجه به ویژگی‌های خاص هسته اعم از اینکه هسته همانند اتم دارای یک نیروی مرکزی منسجم نبوده و همین پروتون‌ها و نوترون‌ها هستند که کنار هم قرار گرفته و ساختار هسته را می‌سازند، گرچه مدل هسته‌ای گاما می‌تواند حالت‌های حالت پایداری را توضیح دهد ولی نمی‌تواند حالت آشفته و تحریک شده هسته را توجیه نماید.

برای حالت آشفته همان مدل‌های قطره‌ای که هسته را چون قطره‌ای جیوه بر شیشه در نظر گرفته که شروع به لرزش می‌کند و در آشفته‌گی‌های بالا حتی منجر به شکافت هم می‌شود، نوترونی را در نظر بگیرید که به سوی هسته یک اورانیوم ۲۳۵ در حرکت است.

اولاً علی‌رغم اینکه هسته در مقابله با پروتون‌ها واکنش دافعی سنگین از خود بروز می‌دهد اما در مقابل ورود نوترون‌ها مقاومتی چندان از خود بروز نمی‌دهد ولی وقتی یک ذره خارجی وارد هسته می‌شود، هسته به جنب و جوش می‌افتد، به خصوص آنکه مشخص نباشد ذره کدام است پس لاجرم آنقدر التهاب در هسته اتفاق می‌افتد تا هسته یک ذره از خود خارج می‌کند اگر این ذره خروجی با ذره ورودی متفاوت بود لاجرم هسته به هسته‌ای دیگر تبدیل می‌شود، به هسته ملتهب شده هسته مرکب می‌گویند.

هیچکس نمی‌داند که در داخل هسته چه خبر است ولی می‌توان آن را به مولکول داغ مایع که دائماً در حال بالا و پائین رفتن و لرزیدن است. تشبیه کرد.



می دانیم که دامنه نوسانات سطحی مایع بستگی به کشش سطحی آن مایع دارد و کشش سطحی هسته ناشی از نیروهای هسته‌ای می‌باشد، در هسته‌های سنگین که نیروهای هسته‌ای کاهش می‌یابد، کشش سطحی نیز کم می‌شود. و بنابراین آشفته‌گی ضعیفی در هسته می‌تواند نوسانات خطرناکی در پوسته ایجاد کند یک نوترون حرارتی در برخوردش با اورانیوم تقریباً ناپایدار چنین شرایطی به وجود می‌آورد و امکان شکستن هسته فراهم می‌شود.

در شکافت هسته‌ای این طور نیست که نوترون اضافه که داخل شد سریعاً به ذرات دیگری تجزیه شود بلکه به این گونه است که هسته به ذرات بزرگتری چون ذرات آلفا و قطعات کوچکتر مبدل شده چرا که سد پتانسیل برای گروه‌های اخیر کمتر از ذرات است.

پس هسته تحریک شده می‌تواند سد پتانسیل را به سهولت بشکافد و به قطعات تقسیم کند.

تا به حال از معادلات شوردینگر برای تعریف ترازهای اتمی و مسائل مربوط به الکترون و مسائلی مربوط به هسته استفاده کرده بودیم.

اما این معادلات با آنکه جوابهای خوبی برای بعضی از مشکلات ذرات داشت ولی آیا می‌توانستیم در همه موارد از آن استفاده کنیم و در همه شرایط، دیراک عنوان داشت از آنجا که در بعضی از اتم‌ها که الکترون سرعت‌های نزدیک به سرعت نور در اطراف هسته دارد، معادلات شوردینگر پایسته نیست، و تغییر می‌کند، در صورتی که طبق قواعد نسبیت خاص و اصول اولیه فیزیک نباید نتیجه معادلات در چهارچوب‌هایی که با سرعت یکنواخت ساده حرکت می‌کنند متفاوت باشد، مثلاً آزمایش پرتابه در آزمایشگاه و درون قطار متحرک با حرکت یکنواخت ساده نباید متفاوت باشد و نتیجه یکسان دارد اگر در یک سیستم مسیر حرکت سهمی و در سیستم دیگر هذلولی بدست آید اشکال در معادلات است باید عوض شود و متأسفانه در سرعت‌های بالا و نزدیک به سرعت نور معادلات شوردینگر چنین حالتی داشتند، پس پول دیراک برای حل این



مسئله عنوان داشت که به جای اینکه برای هر الکترون یک تابع احتمال ψ ، قرار دهیم باید چهار تابع احتمال را وابسته به هر الکترون بکنیم، برای توجیه این چهار تابع احتمال برای الکترون، دو تابع را با جهت اسپین‌ها مشخص کردند که حاکی از آن بود که دو حالت الکترون می‌تواند داشته باشد که در یک حالت الکترون دارای اسپین + و در یک حالت اسپین منفی است که در پدیده زیمن و با آزمایش اشتارنگلاخ این پدیده مشاهده شد.

اما دو معادله دیگر حاکی از چه بودند، یکی از معادلات الکترون را در حالت انرژی مثبت نشان می‌داد و معادله دیگر الکترون را در حالت انرژی منفی.

از آنجا که الکترون را در حالت ذره آزاد در نظر می‌گرفتند مشکل ایجاد نمی‌شد ولی الکترون با انرژی منفی که در فرض مساله نبود چرا که الکترون در حالت تقید دارای انرژی منفی است چگونه ممکن است که هم الکترون مقید باشد و هم نباشد، چنین چیزی مفهومی ندارد، دیراک بر خلاف روند که جوابهای بی معنی را کنار می‌گذارند، این کار را نکرد بلکه قائل بدان شد می‌تواند این انرژی منفی متعلق به ذره‌ای همزاد برای الکترون باشد که بر خلاف الکترون دارای بار مثبت باشد، و به آن پوزیترون می‌گویند که البته این ذره در اتاق ابرویلسون کشف شد، ولی هنوز مشکل حل نشده بود همزاد الکترون هم باشد باید تقید داشته باشد، با بار منفی همه مساله حل نمی‌شود، در صورتی که فرض الکترون آزاد را فرض کرده در اینجا دیراک فرض عجیبی کرد که مگر نه اینکه الکترون در خلاء فرض می‌شود، خلاء که به جز الکترون تنها چیزی در آن تصور نمی‌کنیم، نه فقط تهی نیست بلکه برعکس بوسیله الکترونهای بیشماری اشغال شده است و ذره مثبت مورد نظر حفره‌ای است که در این خلاء ایجاد می‌گردد.

اگر به کمک ابزارها نتوانیم هیچ اثری از الکترون‌ها و ذرات ببینیم می‌گوییم اینجا خلاء است، حالا فرض کنیم که فضا پر از ذراتی است که بر ابزارهای ما بی اثر است چنین فضایی را باز هم خلاء می‌گویند، این ذرات به مثابه همان ذراتی هستند که در

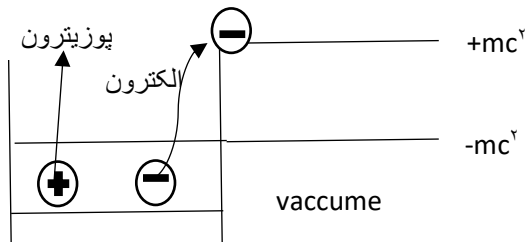


ساختمان فلز در میدان الکتریکی ضعیف انباشته شده اند و از آمپرسنج نگذشته اند، پس حساب و مشاهده نشده‌اند.

بنابر استدلال دیراک تمام کیهان خلاء نامحدودی را تشکیل می‌دهد که تعداد نامحدودی الکترون ترازهای انرژی آن را پر کرده اند و یک اجتماع متحد وابسته ذرات را به وجود آورده اند در هر یک از این ترازهای انرژی بنابر اصول پائولی دو الکترون با اسپینهای متقابل قرار می‌گیرند

چاه پتانسیل کیهانی که الکترون در آن قرار بسیار بزرگ و عمیق است. فاصله بالاترین تراز انرژی تا تراز انرژی صفر باندازه $m.c^2$ می‌باشد از این رو کلیه الکترونهای خلاء انرژی منفی خواهند داشت.

آشکار سازی این الکترونها فقط به هنگام خروج از چاه پتانسیل امکان دارد، یعنی برای خروج آنها $m.c^2$ انرژی لازم است. ولی انرژی مذکور کافی نیست. زیرا علاوه بر انرژی لازم جهت عبور از سد پتانسیل باندازه $m.c^2$ (انرژی سکون الکترون) نیز انرژی اضافی ضروریست پس می‌توان گفت که سد پتانسیلی به ارتفاع $2m.c^2$ از آشکار سازی الکترونهای خلاء جلوگیری می‌کند

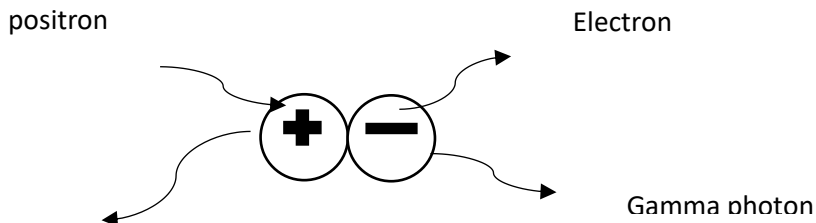


دلیل آنکه الکترون خلاء با وسیله اندازه گیری نمی‌شود برای آنکه ترازهای خلاء از الکترونها انباشته بوده و جای خالی وجود ندارد پس نمی‌تواند از تراز به تراز دیگری برود این الکترونها ممکن است سالیان متمادی با ما باشند ولی ما آنها را احساس نمی‌کنیم زیرا نمودی از خود به جای نمی‌گذارند.



اگر الکترون خلاء به طریقی انرژی کافی برای خروج بدست آورد آزاد می شود و کل انرژی آن مثبت خواهد بود در محل سابق الکترون یک بار مثبت که از نظر قدر مطلق با بار الکترون برابر است بوجود خواهد آمد در واقع یک حفره تشکیل می شود. این حفره ذره ای واقعی شبیه خود الکترون است و همانند الکترون، انرژی سکونی برابر $m \cdot c^2$ که هم ارز انرژی بالاترین تراز خلا است دارا می باشد الکترون و حفره با هم از خلا بیرون می آیند و جمعاً $2m \cdot c^2$ انرژی برای تولد آنها لازم است الکترون پس از گشت و گذار خویش در جهان آزاد می تواند دوباره به خلاء باز گردد برای این منظور باید با حفره ای برخورد نماید در این صورت هر دو ناپدید می شوند.

بدیهی است که الکترون قبل از بازگشت به خلاء انرژی را که به هنگام خروج دریافت کرده بود پس خواهد داد. در واقع انرژی که برای تولید الکترون و حفره مصرف شده بود آزاد می گردد. در این عمل دو پرتو گاما تولید می شود، چون ممتوم کل الکترون و پوزیترون در خلاء برابر صفر است، بنابراین دو فوتون حاصل ممتوم های متقابل خواهند داشت، مراتب فوق نتیجه منطقی قوانین بقا انرژی و ممتوم می باشند.



در صورتی که ذره سومی در محل برخورد حفره و الکترون موجود باشد، می تواند بخشی از انرژی و ممتوم زوج مذکور را دریافت دارد. در این صورت فقط یک فوتون گاما حاصل می شود. بر اساس تئوری دیراک ذرات و ضد ذرات با هم به وجود می آید و به اتفاق نابود می شوند و بنابراین تعداد آنها باید برابر باشد.



شگفت انگیز است ! و شگفت انگیزتر آنکه ما وجود داریم و جهان ما نیز وجود دارد علی رغم اینکه مانعی برای برخورد همه الکترونها و پوزیترونها و تبدیل آنها به اشعه گاما موجود نیست.

اگر الکترون ضد ذره مخصوص خود را دارد چرا پروتون نداشته باشد در این صورت خلاء پروتون هم خواهیم داشت، به طور کلی هر ذره‌ای ضد ذره ویژه خود را دارد پس خلاء برای همه ذرات داریم و در واقع مخزن بزرگی از ذرات به وجود خواهد آمد.

در صورتی که ذرات انرژی کافی دریافت دارند می‌توانند همراه جفت خویش از چاه پتانسیل خارج شوند. البته سبک ترین آنها مانند الکترون و نوترینو زودتر ظاهر می‌شوند انرژی لازم برای پروتون و آنتی پروتون ۲۰۰۰ برابر انرژی لازم برای الکترون است

خلاء کامل:

حالا بحث را پیرامون خلاء ادامه می‌دهیم، یک نکته مهم که از دیرباز ذهن دانشمندان عرصه فیزیک را به خود معطوف کرده بود دلیل تأثیرات ذرات بر یکدیگر بدون برخورد به هم بود، چگونه می‌شود که مثلاً یک الکترون به الکترون دیگر و یا به پروتون دیگر نیرو وارد می‌کند و یا اینکه زمین بدون برخورد بر ماه اثر می‌گذارد، مگر می‌شود از طریق خلاء که به ظاهر هیچ چیز در آن وجود ندارد اثری منتقل شود، آنها برای برون رفت از این مسئله ابتدا، فرضیه اتر را پذیرفتند که همه چیز را پر کرده و حامل نور و عامل تأثیر متقابل دو جسم بر هم، ماده‌ای بسیار الاستیک و در عین حال لطیف که همه چیز از آن می‌گذرد، سوخت ستارگان است و چهار چوب ثابتی برای نظریات نیوتون، ولی این ماده کشف نشد و دانشمندانی چون مایکلسون و مورلی در طی آزمایشی اثبات کردند که چنین ماده‌ای وجود ندارد و نسبیّت هم بر آن صحه گذاشت.



به میان آمدن نسیت عام:

تئوری اخیر بر این مبنا استوار است که اجسام بر فضای اطراف خویش اثر می گذارند فضائی که بدون وجود اجسام، کاملاً یکنواخت است وقتی اجسام وارد آن شوند یکنواختی خود را از دست می دهد.

در هندسه اقلیدسی کوتاهترین فاصله بین دو نقطه خط راست است خطوط موازی همدیگر را قطع نمی کنند اما یک هندسه دان روسی به نام لباچفسکی بر اساس محاسبات حکیم عمر خیام نیشابوری اصول خطوط موازی در هندسه اقلیدسی را نارسا تلقی کرد او عقیده داشت که هر فضائی هندسه مخصوص به خود را دارد، اندیشه لباچفسکی در تئوری انیشتین ارزش فوق العاده یافت، از آنجا که فضای بدون اجسام وجود ندارد لذا فضای یکنواخت نیز یافت نمی شود. کوتاهترین فاصله بین دو نقطه خط راست

نخواهد بود. بلکه خط خمیده ای است که ژئودریک نامیده می شود. هر اندازه نقاط مورد نظر به اجسام نزدیکتر باشند و هر قدر اجسام مذکور بزرگتر باشند خمیدگی بیشتر است.

ماده و میدان:

فیزیکدانان این کلمه را برای تشریح فضائی که در آن اندرکنش اتفاق می افتد بکار می برند که البته جسم بدون اندر کنش وجود ندارد بنابراین میدانها همیشه وجود دارند و نه فقط در بین اجسام بلکه در درون آنها نیز یافت می شوند. پس میدانها مانند اجسام حقیقی هستند.

تفاوت اساسی ماده و میدان در این است که اولی محسوس بوده و دومی نامحسوس به نظر می رسد یکی از میادینی که بین ذرات وجود دارد میدانی است به نام میدان الکترومغناطیس و نور آشفتگی است که در این میدان حاصل می شود یعنی نور نمودی از آشفتگی میدان الکترومغناطیس تعریف شد. انیشتین در پدیده فتوالکتریک،



جرثومه‌ای به نام فوتون را تعریف کرد بدین معنی که میدان الکترومغناطیس انفصالی بوده و از ذرات مجزائی به نام فوتون تشکیل شده است.

برای مفهوم شدن مسئله بگونه‌ای دیگر طرح را مطرح می‌کنیم، وقتی دو جسم بر هم تأثیر می‌گذارند و یا دو ذره با هم برخورد می‌کنند این خود ذرات نیستند که بر اجسام اطراف خویش اثر بلکه اثر آنها به وسیله هاله‌ای ناپیدا بر گرد آنها به دیگران انتقال می‌یابد و این هاله ناپیدا از فضائی بسیار کوچک تا فضائی به وسعت کهکشانش می‌تواند باشد.

اما این هاله چیست؟

این هاله‌ها در اطراف تمامی اجسام می‌باشند و پیام آوران شکل و رنگ و خلاصه تمامی خصوصیات آنها هستند و با پیام همین هاست که ما اجسام را از یکدیگر تمیز می‌دهیم.

تمام اجسام با ارسال پیام وجود خویش را به دیگر اشیاء خبر می‌دهند و متقابلاً با پیام‌های دریافتی از وجود دیگران آگاه می‌شوند. پروتون‌ها با ارسال همین پیام‌ها الکترون‌ها را لگام می‌زنند و بدانها اجازه حرکت جز در یک محدوده مشخص نمی‌دهند، الکترون‌ها هم به همین شکل هسته را تحت تأثیر قرار داده و اجازه می‌دهند فقط تعداد مشخصی الکترون در بند هسته اسیر باشند.

واقعاً مرکز انتشار این پیامها چیست؟

فرض کنید فردی در دریا مشغول شناسست و گوش و چشم خود را بسته است در همان حوالی قایقی موتوری در حال حرکت است بدیهی است که شناگر که نه آن قایق را می‌بیند نه صدای آن را می‌شنود فقط اثراتی از امواج آن را بر خود حس می‌کند و اگر آدم باهوشی باشد می‌تواند از روی همین امواج مسیر خود را تغییر دهد اما شناگر صرف این که امواج را دریافت کرده نمی‌تواند بگوید که منشاء به وجود آوردن این امواج چیست، در واقع آنچه که وی ادراک می‌کند فقط همان امواج است که از نظر ماهوی با سایر امواج مگر در دامنه و بسامد هیچ فرقی نمی‌کند.



حال فرض می‌کنیم بخواهیم اثر دو الکترون بر یکدیگر را بررسی کنیم، پیامهایی که از الکترونها فرستاده می‌شود تمامی فضای اطراف را به سرعت نور در نور دیده و اثر آنها را به همه جا انتقال می‌دهند و دیگر محدودیتی از نظر فضا برای فعالیت خویش نمی‌شناسد، اما این پیام آیا فقط اطلاعات است یا تأثیر دارد؟

نه، تأثیر دارد پس چون یک جسم حقیقی عمل می‌کند، عامل دافعه یا جاذبه می‌شود یا دربند می‌کند و به لگام می‌کشد و یا اینکه دور می‌کند، پس از نوع امواج الکترومغناطیس و دیداری صرف نیست، گویا همان جسم است که در حال تأثیر است.

اما تأثیری از راه دور، آیا واقعاً بین جسم و تأثیر بر خلاء وجود دارد؟

خلاء دریایی از ذرات است به تعریف دیراک اما ذرات غیرقابل آشکارسازی، قبل از اینکه جسم در آنجا باشد این خلاء بود و در حالت یکنواخت قرار داشت و هیچ تأثیری بر هیچ چیز نداشت، گویا حضور جسم در این منطقه تغییراتی را در خلاء به وجود آورده که می‌توانند به مثابه آن جسم روی جسم دیگر تأثیر گذارند، همانند قایقی که از فاصله دور امواجی را به سوی شناگر گسیل می‌کند و بر آن تأثیر می‌گذارد.

این دریای خلاء همانند همان دریای مفروض است و جسم به مثابه همان قایق، خوب قایق در دریا آشفته‌گی ایجاد می‌کند و یکنواختی آب را به هم می‌زند و همین به هم خوردن یکنواختی است که موج را به وجود می‌آورد و همین موج است که عامل پیام برنده تا تأثیر روی شناگر می‌شود، پس در دریای خلاء هم حضور جسم، خلاء را از یکنواختی خارج کرده و همین خارج شدن از یکنواختی و انتقال آن موجب تأثیر بر جسم دیگر می‌شود، یک تفاوت در این رهگذر وجود دارد.

به خاطر خاصیت پیوستگی امواج دریا، فقط آشفته‌گی منتقل می‌شود و خود جوهر دریا ساکن باقی می‌ماند و در جای خود نوسان می‌کند و دریا نوسانی را حاکی از نوسان قایق هست به شناگر منتقل می‌کند، نقش یک هادی نوسان را بازی می‌کند اما در الکترون فوتونها هستند که از الکترون به الکترون دیگر به صورت گسسته وارد می



شوند، و هر فوتون نه به صورت پیوسته بلکه به صورت گسسته بر الکترون دیگر تاثیر می‌گذارد.

پس در تعریف تاثیر الکترون بر سایر ذرات خلاء، مملو از ذرات غیر قابل آشکارسازی تحت تاثیر ذرات از حالت یکنواختی خارج شده که به آن میدان می‌گویند، و این میدان در دریای ذرات یا خلاء به صورت کوانتایی از انرژی منتقل می‌شود، هر قدر این انرژی بیشتر باشد این کوانتا خاصیت ذره‌ای بیشتری دارد تا اینکه یک سرعت $2m.c^2$ ناگهان از حالت کوانتای انرژی به حالتی وارد می‌شود که دارای جرم سکون شده به صورت یک ذره ظاهر می‌شود و یک الکترون و یک پوزیترون به وجود می‌آید، این نشان می‌دهد که دریای ذرات خلاء، ذرات جرم‌دار نیستند، ذره تعیین دارد اما جرم ندارد، و از یکنواختی خارج شدن این دریای خلاء یا میدان به صورت کوانتایی از انرژی انتقال پیدا می‌کند.

پس در واقع فوتون‌ها در میدان الکترومغناطیس، همان کوانتاهای انرژی هستند که اثرات میدان را در دریای خلاء که همان ذرات بدون جرم تعین غیر متمرکز هستند منتقل می‌کند و همین کوانتاهای انرژی که میدان الکترومغناطیس را انتقال می‌دهند وقتی انرژی‌شان خیلی بالا رفت و به $2m.c^2$ رسید به ذرات تبدیل می‌شوند و جرم سکون پیدا می‌کنند.

پس در واقع خود ذرات هم از همین کوانتاهای انرژی ساخته شده‌اند، پس یک ذره هم خاصیت میدانی دارد و هم خاصیت ذره‌ای که همان رابطه دوبروی می‌شود، البته دوبروی خاصیت میدانی ذره را به λ نمایش می‌دهد که حاکی از امواج است، موج از آن لحاظ که دارای تعین است و در فضا گسترده است و آشفتگی را منتقل می‌کند، قابل مقایسه با همان میدان می‌باشد.

و بالعکس اگر یک الکترون و یک پوزیترون با یکدیگر برخورد کنند در این حالت انرژی جرم سکونشان را از دست داده به حالت میدان یا همان فوتون δ خود را نشان



می‌دهد یعنی جرم الکترون تغییر ماهیت داده، غیر مادی و میدانی شکل می‌گردد و انرژی سکون آن به شکل کوانتای میدان یعنی پرتو گاما ظاهر می‌شود.

خلاء در واقع چیزی نیست جز امکان تبدیل ذرات مادی به کوانتای میدان است و برعکس امکان تبدیل کوانتای میدان به ذرات مادی، با تمام این تفاسیر خلاء چیست؟ مکانیک نیوتونی، فضا را خالی و مطلق می‌پنداشت که ذرات مادی در آن بر هم اثر می‌کردند. از آنجا که انتقال اثر نیروها در فضای خالی بدون محمل غیرممکن بود. برای بیرون آمدن از این تنگنا، فرضیه اتر که کل جهان را پر کرده است را پیشنهاد داد که همه اجسام در آن غوطه ور هستند و امواج منتشره از آنها توسط همین اثر انتقال می‌یافت. بعدها مسلم شد که اتر نمی‌تواند وجود خارجی داشته باشد اما هنوز وجود فضای خالی برای انتقال اثر اجسام محال به نظر می‌آمد.

چرا که قطعاً بین دو جسم که از دور برهم اثر میکنند باید لاقط شکلی از ارتباط وجود داشته باشد.

گذر هر نوع پیام ارتباطی از فضا، آن را از وضع خالی بودن بدر خواهد آورد. واقعیت این است که نه تنها فضای بین دو جسم که از هم دور بر هم اثر می‌کنند. بلکه فضا به معنای مخزن تمامی اجزاء طبیعت پر است و خلاء بی معناست.

حتی در رابطه با یک ذره غبار بین کهکشانهای دور از هم خلاء معنی ندارد هر گوشه از فضا تحت تأثیر اجسام دور یا نزدیک اطراف از حالت یکنواختی خویش بیرون می‌آید، یعنی میادین منتشره از دور یا نزدیک ضمن گذر از این ناحیه کیفیت جدیدی به آن القاء میکنند، این میادین با سرعت بسیار زیاد (سرعت نور) تمامی فضای اطراف را تحت تأثیر خویش می‌گیرند.

از کجا بفهمیم در اطراف یک جسم میدانی القاء شده است، اصولاً همین تغییرات در فضای اطراف یک جسم است که شما را از وجود جسم با خبر می‌سازد و خود جسم چیزی جز میدان نیست وقتی شما سنگی را در فضا رها می‌کنید.



زمین برای آن حوزه ایست که شکل خاص حرکت شتابدار را به آن تحمیل می‌کند و دیگر زمین جز همین حوزه القائات (میدان) مفهومی ندارد. به دیگر سخن این القائات فضای اطراف (یعنی میدان گرانشی) است که از زمین برای سنگ پیام می‌آورد در مثال قایق و شناگر دیدیم که قایق امواجی در سطح آب ایجاد می‌کرد که شناگر چشم و گوش بسته را از وجود خود با خبر می‌ساخت شناگر هم به همین صورت با ارسال امواج آب وجود خویش را به قایق اعلام می‌کرد.

قایق و شناگر با ارسال دائمی امواج در حقیقت، آبهای اطراف خود را به نحوی از حالت یکنواخت بیرون می‌آورند که در نزدیکی‌های قایق و شناگر بیشتر محسوس است.

و هر چه از آنها دورتر می‌شویم این تغییر در آب دریا کمتر می‌شود از طرف دیگر این تغییر در اطراف قایق در مقایسه با اطراف شناگر خیلی بیشتر است در این حالت می‌گوییم شدت القای هر نقطه با قدرت مراکز انتشار رابطه مستقیم و با فاصله از آنها رابطه معکوس دارد.

تا اینجا تصور میدانی که اجسام بر فضای اطراف خود ایجاد میکنند با استفاده از مثال ساده شناگر و قایق چندان مشکل نبود. اما پیچیدگی مساله از اینجا شروع می‌شود که بدانیم تصور یک جسم در مرکز این میدان نادرست است.

یعنی در حقیقت هر چه هست همان میدان است و بس، که فضا را تحت تأثیر قرار داده است حال در مثال قایق و شناگر به جای لفظ قایق و شناگر از لفظ گردابه‌های کوچک و بزرگ استفاده کرده و این گردابه‌ها را به زیر آب فرو ببریم.

در این حالت گردابه‌ها نه مانند سطح آب، بلکه در عمق آب به طور سه بعدی امواج خویش را منتشر میکنند. شناگر اثرات امواج را دریافت می‌کند اما دیگر نمی‌تواند تصور کند آبی تمامی اطراف او را گرفته است برای او امواج ظاهراً در خلا سیر میکنند اما حقیقت این است که خود فضا (اقیانوس) از این امواج که پیام آور هستند تشکیل شده است، پیام آوران اطراف جسم را به شکلی تحت تأثیر قرار داده و القاء می‌کنند،



گردابها یعنی مراکز صدور این امواج و پیام‌ها خود در درون اقیانوس شناورند و شکل شناوری آنها در هر قسمت اقیانوس در رابطه با انحناى فضایی آن قسمت است.

حال اگر این اقیانوس را اقیانوسی گرانشی بگیریم و دو گرداب را مثلاً زمین و ماه فرض کنیم میدان سازنده این اقیانوس میدان گرانشی خواهند بود، که هر ذره آن را گراوتیون می‌خوانند این میادین از زمین و ماه در تمامی جهات منتشر می‌شوند و فضای اطراف را می‌سازند.

امواج حاصل از گردابها با سرعتی محدود به چند صد متر در ثانیه اقیانوس را طی می‌کنند حال آنکه سرعت میدان در اقیانوس گرانشی سی صد هزار کیلومتر در ثانیه است و گراوتیون‌ها با سرعت نور خودشان حرکت می‌کنند و میدان گرانش اطراف هر جسم به سرعت نور از هر طرف گسترش می‌یابد.

حقیقت جهان ما هم چیزی شبیه گردابهاست، گردابهایی که به صورت مرکز صدور میدان عمل می‌کنند و تنها از روی نوع و شدت صدور میادین آنها را می‌شناسیم و با دیگر مراکز فرق می‌گذاریم، پس در حقیقت شناخت میدانهای ارسالی یعنی شناخت حقیقت جهان، پس ماده تفاوتش با میدان بعنوان مراکز صدور میدان در برابر میدان تعریف می‌شود، والا هیچ گونه وجه تمایزی ندارد.

• **حقیقت خود میدان چیست؟** دیدیم که میادین از واحدهایی کوانتائی تشکیل شده اند مثلاً فوتون، گراوتیون، پی مزون میادین فضائی که در آن به سرعت نور سیر می‌کنند تحت تأثیر وجود خویش از حالت یکنواختی بیرون می‌آورد، گراوتیون به شکلی و فوتون به شکل دیگر همین طور سایر واحدهای میدان‌ها بر فضا تأثیر می‌گذارند.

این میدان‌ها به جهان ما شکل می‌دهند، مثلاً نیروی گرانشی هندسه مخصوصی به فضای اطراف القا می‌کند و هر چه تعداد گراوتیون‌های یک میدان بیشتر باشد شدت القاء و انحناى فضا بیشتر خواهد بود.



کار علم فیزیک دست یابی به شکل ریاضی حد و اندازه و هندسه نیروهایی است که به حاکمیتشان ایمان دارد هندسه‌هایی که بر طبق آنها نیروها به جهان ما شکل می‌دهند، و این مفهوم جهان از دیدگاه فیزیک است.

با درک این هندسه‌ها دانشمند فیزیکدان پرده از اسرار تمامی طبیعت بر می‌گیرد. چرا که نمودهای طبیعت از اشکال، رنگ، جرم‌ها و... تجلی همین نیروهاست.

همه روابط و اثر متقابل در جهان ما بر طبق این هندسه‌ها و اشکال صورت می‌گیرد و همه اجزاء طبیعت گویی کلماتی هستند بی پایان بر طبق محدودی زبان (چهار زبان) شما می‌توانید الفاظ را به هر شکل که مایلید ترکیب کنید ولی بالاخره شکل حادث بر طبق این چهار زبان قابل خواندن است.

آیا می‌شود الفبائی برای درک زبان تمامی نیروها طرح کرد تا بشود بر طبق آن به درک اسرار همه آنها نائل شد؟ این سوالی بود که انیشتین در مورد نیروی گرانشی و الکترومغناطیسی از خود می‌کرد، ولی کوشش طولانی وی برای کشف چنین زبانی با شکست روبرو شد.

وحدت نظام در فیزیک میدانها:

بنابر آنچه تا کنون شرح دادیم چگونگی وحدت نظام طبیعت از دیدگاه فیزیک میدانها به صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱- تمامی اجسام به خاطر داشتن جرم حداقل در یک زبان وحدت دارند و پیامهای یکدیگر را درک می‌کنند

۲- ذرات یا مراکز انتشار میادین در شرایطی خاص (سرعت نور) به میدان تبدیل می‌شوند

۳- کوانتاهای میدان با انرژی بالا به ذرات تبدیل می‌شوند

ذرات خود ممکن است به یکدیگر تبدیل شوند مثل تبدیل ذرات بنیادی به هم، پس از این دیدگاه تمامی اجزاء جهان ما از ذره و میدان در ارتباط و تبدیل دائمی بوده و یک کل هماهنگ و یک پارچه را پدید می‌آورند.



همان طور که عنوان شد در حالتی که ما خلاء را در نظر می گیریم یعنی محیطی که در آن ذره‌ای قابل مشاهده وجود ندارد به لحاظ اصل عدم قطعیت چون در این حالت انرژی جنبشی با قطعیت معین می شود که برابر صفر است لذا انرژی پتانسیل در آن مقداری است غیر صفر و غیر معین، فقط وجود دارد اما مقدار آن مشخص نیست، که به آن انرژی خلاء می گویند.

که این مقدار انرژی مقدار کمینه از انرژی است که جرم می تواند موجود داشته باشد و همان انرژی است که ما در دمای صفر و مطلق که مقدار انرژی جنبشی مولکول‌ها به صفر نزدیک می شود به عنوان انرژی پتانسیل کمینه یا انرژی جنبشی صفر مطلق وجود دارد.

حال با توجه به نکات فوق دو سوال وجود دارد:

اول اینکه چرا با وجود نظریه پرتوهای به اصطلاح مجازی قوانین پایستگی انرژی نقض نمی شود؟

دوم اینکه با توجه به تعاریفی که از نوتریونیه‌ها داریم که باید فاقد جرم باشند، نوتریونهای وابسته به نیروی هسته‌ای قوی و ضعیف دارای جرم هستند؟

در پاسخ به سوال اول، بنابر رابطه هایزنبرگ در اندازه گیری انرژی جنبشی و پتانسیل هر ذره مقداری خطا وارد خواهد شد، همین طور می توان رابطه عدم قطعیت را برای جرم ویژه ذرات نیز بکار گیریم.

در نتیجه، سبک شدن ذراتی که مزون را صادر می کنند و یا سنگین شدن آنها که مزون را دریافت می نمایند ناشی از خطای اندازه گیری جرم یا انرژی می دانیم. بدیهی است که خطای مزبور کمتر از جرم ویژه مزون نخواهد بود.

با استفاده از رابطه عدم تعیین، زمان یک سیکل کامل نقل و انتقال مزون را محاسبه می کنیم:

$$\Delta t \approx \frac{\hbar}{\Delta E} \approx \frac{h}{mc^2}$$



پس از قرار دادن مقادیر عددی، زمان مذکور در حدود 10^{-23} ثانیه بدست خواهد آمد با توجه به این که سرعت مزون از سرعت سیر نور کمتر است فاصله‌ای را که در زمان مذکور می‌پیماید 10^{-13} سانتی متر است مقدار اخیر در ردیف فواصل اعمال نیروهای هسته قرار دارد.

لاجرم اندازه گیری پی مزونها همانند فوتونهای مجازی طبق اصل عدم قطعیت قابل اندازه گیری نیست چرا که به محض اینکه ابزار اندازه گیری را برای آشکار سازی بکار می‌اندازیم، انرژی را به حدی تغییر خواهند داد که مسئله چهره کلاسیک به خود می‌گیرد.

بدین ترتیب اعمال مجازی هم تحت تأثیر ویژگیهای میدانی ذرات اتفاق می‌افتد. چون کوانتای میدان هسته‌ای جرم سکون مخالف صفر دارد، لذا نیروی هسته‌ای در فواصل محدود اعمال می‌گردد و مانند میدانهای معمولی گسترش بی انتها ندارد. در جای خود دوباره به این مسئله می‌پردازیم.

راز اندرکنش ذرات:

همان طور که می‌دانیم در میدان الکترومغناطیس ذرات هم نام یکدیگر را دفع و غیر هم نام همدیگر را جذب می‌کنند، می‌دانیم که بار الکتریکی میدانی را در اطراف خویش ایجاد می‌کند و بار الکتریکی دیگر وقتی در میدان مذکور قرار گیرد، نیروئی بر آن اعمال می‌شود.

در نظریه میدان این مسئله را این گونه بررسی میکنیم، دو نوع بار الکتریکی یعنی مثبت و منفی در فیزیک شناخته شده است، الکترون‌ها و پروتون‌ها پایدارترین حاملین بارهای الکتریکی محسوب می‌شوند، فعلاً به الکترون‌ها می‌پردازیم.

دو الکترون را در نظر گرفته و کشمکش بین آنها را مورد مطالعه قرار می‌دهیم، قبل از هر چیز الکترون‌ها باید از موقعیت یکدیگر آگاه شوند.

الکترون‌ها بر اساس تئوری نسبیت عام فضای اطراف خود را انحناء خواهند داد. لذا هر یک از آنها در مسیر خطوط منحنی در اطراف دیگری جابجا می‌شود.



انحنای مذکور وابسته به جرم الکترون بوده و با بار آن بی ارتباط است، بنابراین میدان دیگری که همان میدان جاذبه است نیز وجود خواهد داشت.

الکترون‌ها یکنواختی اطراف خویش را نیز برهم خواهند زد که همان میدان است. اگر خلاء را پر از الکترون‌های تولید نشده بدانیم لاجرم الکترون مورد نظر دائماً به دفع آنها خواهد پرداخت این پدیده برای بررسی کشمکش بین خود الکترون‌ها مفید است. این اندر کش مفید است مشروط بدان که الکترون بتواند خودبه خود و پیوسته فوتون صادر کند.

در الکترون‌های مقید الکترون از حرکت از تراز به تراز دیگر می‌تواند تابش کند اما در یک الکترون آزاد فوتون از کجا بیرون می‌آید؟ اما اگر الکترون آزاد فوتونی آزاد کند و دوباره جذب کند مشروط بدان که در چهارچوب رابطه عدم قطعیت باشد اشکالی ایجاد نمی‌کند.

سرعت صدور و جذب فوتون بوسیله الکترون فقط به میزان انرژی فوتون بستگی دارد. هر اندازه انرژی فوتون بیشتر باشد، زمان اجرای سیکل کمتر خواهد بود. با این حال مادامی که فوتون در خارج الکترون قرار دارد، فرصت گشت و گذار در اطراف خواهد داشت.

الکترون، فوتونهای با انرژی بسیار کم (طول موج بلند) می‌تواند تولید کند و لذا فوتونها تا بی نهایت نیز می‌توانند از آن دور شوند معذا لک برای فوتونهای معمولی این فاصله در حدود کسری از میکرون می‌باشد. فوتونها با فوتونهای صادره از سایر الکترونها تصادم خواهند کرد پس لاجرم بعضی از آنها به سوی الکترون خود باز نمی‌گردد و جذب الکترون دیگری می‌شوند.

شاید تصور شود که در اینجا قانون بقا انرژی نقض گردیده است ولی این طور نیست زیرا انرژی الکترون به اندازه انرژی فوتون باز نگشته کمتر می‌شود. پس لاجرم دو الکترون از یکدیگر فاصله می‌گیرد. هر قدر الکترون‌ها از هم دور شوند انرژی اندرکنش آنها کمتر می‌شود.



در عملیات فوق مجموع انرژی فوتونها و الکترون‌ها ثابت خواهد بود به همان اندازه که در آغاز بود

استدلالی دیگر، فوتون در زمان کوتاه حیات خویش به یک جفت الکترون و پوزیترون تبدیل می‌شود.

به این ترتیب، در یک لحظه به جای فوتون یک جفت الکترون و پوزیترون خواهیم داشت و در لحظه بعد الکترون اولیه تنها خواهد ماند کدام یک از الکترون‌ها با پوزیترون ترکیب شده و از بین رفته است؟

با توجه به مشابهت کامل الکترون‌ها امکان پذیر نیست، مشاهده و اندازه گیری ذرات هم چون در زمان بسیار کوچکی اتفاق می‌افتد، امکان نخواهد داشت. این لحظه در حدود 10^{-21} ثانیه طول می‌کشد. فاصله اخیر کوچکترین مسافتی است که الکترون در فضا طی می‌کند و طول موج وابسته بدان در نزدیکی سرعت‌های نزدیک به نور است.

این مسئله نشان می‌دهد که در بطن خواص موجی الکترون اندرکش نهفته است، الکترون از این بابت سرگردان است که دفعات بیشماری در هر ثانیه به داخل خلاء شیرجه می‌رود و از آن خارج می‌شود.

در واقع الکترون در خطه‌ای که برایش در نظر گرفته شده می‌تواند نوسان کند فاصله مذکور با انرژی و حالا با طول موج فوتونی که می‌تواند زوج الکترون - پوزیترون را به وجود آورد مشخص می‌گردد.

پس الکترون بطور مجازی فوتون را صادر می‌کند، فوتون مجازاً به جفت الکترون - پوزیترون تبدیل می‌شود جفت حاصل با یکدیگر ترکیب شده و فوتون را از نو ایجاد می‌کنند و بالاخره فوتون توسط الکترون جذب می‌شود.

تمام این نقل و انتقالات با سرعت سرسام آور، یعنی میلیون‌ها بار در ثانیه اتفاق می‌افتد فوتون صادر شده ممکن است جذب الکترون دیگر شود، چرا که همه الکترون‌ها شبیه به هم هستند نتیجه داد و ستد فوق یک پدیده حقیقی است، بدین معنی که الکترون‌ها می‌کوشند تا از یکدیگر دور شوند.



هر اندازه فاصله الکترونها بیشتر می شود، موفقیت فوتونها کمتر می گردد. زیرا آنها انرژی کمتر داده می شود و نیروی دافعه بین آنها کاهش می یابد همان است که قانون کولمب پیش بینی می کند.

نظریه ذرات بنیادین:

پس از اینکه فیزیکدانان سرشت غیر عادی ذرات بی نهایت کوچک و روابط شگفت انگیز آنها را با یکدیگر و یا میدان را دریافتند، کوشش را در زمینه شناسائی ذرات جدید آغاز کردند.

هر ذره جدید نمایشگر جنبه جدید از جهان مذکور و شگفتیهای آن است و به هر حال پیشرفتی در طریق دانش محسوب می شود.

گروه های زیادی به دنبال کشف ذرات جدید، راه افتادند، یکی از مهمترین منابع ذرات کوچک، اشعه کیهانی محسوب می شد، و این حرکت هر سال ده ها ذره جدید به لیست ذرات بنیادین اضافه می کرد و این دانشمندان را نگران کرد، اینقدر ذره بنیادین از کجا سر در آورده، این به معنی عظیم ذرات بنیادین، دانشمندان را به تجدید نظر در آزمایشات شان واداشت، و عده ای از این دایره بیرون رفتند با این حال ذرات باقی مانده قبیل پی مزونها، هیپرونها که سنگین از پروتونها و نوترونها هستند و همچنین کامزونها جالب به نظر میرسیدند.

مشاهده جدول ذرات بنیادین حاکی از آن است که اختلاف جرم ذرات بنیادین فوق العاده زیاد است، جرم آنها در حد فاصل بین جرم الکترون و جرم کیسی هیپرون قرار داشت توزیع ذرات بر حسب جرم یکنواخت نمی باشد و اکثراً گروه های چندتایی با جرم های برابر مشاهده می شوند.

اسپین و بار الکتریکی ذرات بنیادین چندان متنوع نیستند بار الکتریکی آنها معمولاً یکی از سه مقدار $(+1)$ ، (-1) ، (0) بوده و اسپین آنها از سه کمیت (1) ، $(1/2)$ ، (0) می باشد



اکثر ذرات بنیادین ناپایدارند و عمر میانگین آنها از یک میلیونیم ثانیه (موزون) تا هزارها میلیونیم ثانیه (پی مزون خشی) تغییر می‌کند.

البته نباید عمر ذره را با مدت حضور آن در دنیا اشتباه کرد مثلاً پوزیترون علیرغم اینکه جرمی پایدار است ولی با تداخل با الکترون زود نابود می‌شود

دسته بندی ذرات بنیادی:

نتایج مقدماتی را بر اساس آمارگیری ذرات بنیادی بدست آوردیم و اینک وقت آن فرا رسیده است که شرایط زیست ذرات در جهان بی نهایت کوچک را بشناسیم

- ۱- چرا جرم ذرات این اندازه اختلاف دارد؟
- ۲- جرم حدی چه اندازه است؟
- ۳- آیا کسی هیپرون منفی، همان جرم حدی نیست؟
- ۴- چرا ذرات در گروه‌های چندتایی با جرم تقریباً برابر دیده می‌شوند؟
- ۵- چرا بار الکتریکی ذرات فقط سه مقدار و اسپین آنها فقط دو مقدار دارد؟
- ۶- چرا اکثر ذرات ناپایدارند؟
- ۷- چرا ذرات بیش از یکی دو شیوه معین را جهت استحاله انتخاب نمی‌کنند؟ در حالی که راه‌های گوناگونی وجود دارد.

مکانیک کوانتومی اکثر این سوالات را بدون جواب گذاشته است در پاسخ‌های محدود خود هم، فقط چگونگی مکانیزم شرح داده شده نه علت آن دسته بندی جرمی ذرات در جدول به خوبی مشهود است. چنانکه دیده می‌شود گروه‌های چندتایی با جرم نزدیک به هم وجود دارند، هر یک از گروه‌های اخیر را در واقع باید ذره واحدی دانست که با اشکال گوناگون ظاهر می‌شوند.

مثلاً پی مزون:

جرم پی مزون مثبت و منفی برابر بوده و کمی بیش از پی مزون خشی می‌باشد
* آیا افزونی جرم مزونهای باردار ناشی از بار الکتریکی آنهاست؟



قبلاً دریافتیم که بخشی از جرم ذرات تحت تأثیر میدان قرار دارد، اما پی مزون کوانتای میدان هسته‌ای است هر چه هم دارد باید مربوط به همان میدان باشد یعنی نباید میدان الکترومغناطیسی در آن تأثیر خاصی داشته باشد، خود میدان الکترومغناطیس هم کوانتایی با جرم صفر دارد و فقط اختلاف آنها را فقط در حالت مثبت و منفی میبینیم، در حالی که کوانتای میدان هسته‌ای جرم دارد.

* جالب آنکه کامزون خنثی از نوع باردار آن هم سنگین تر است:

* هیپرونها که خودشان منشاء هسته‌ای دارند نمودشان با $+$ و $-$ است نه جرم مثل الکترونها پس تأثیر میدان الکترومغناطیس بر مزونها فرضیه‌ای ضعیف است.

ضد ذرات:

تا سال ۱۹۵۵ (۱۳۴۴ ه ش) نوکلئون‌ها فقط شامل یک گروه دوتائی می‌شدند و به جای تشکیل یک گروه سه تائی، فقط پروتون، نوترون موجود بود.

با کشف آنتی پروتون به نظر می‌رسید که معما حل گردید، و عضو دیگر گروه سه تائی بدست آمده اند ولی اشکال در این بود که نوترون خنثی از پروتون و آنتی پروتون سنگین تر بود پس از آن آنتی نوترون هم کشف شد ولی در گروه سابق جای نمی‌گرفت پس نوکلئون را باید از دو گروه ذرات و ضد ذرات خاص خود می‌دانستیم در صورتی که نوترون و پروتون می‌بایست در یک دسته باشند به هر حال هنوز این معما حل نشده است.

به هر حال به دنبال آن بودند که به این باغ وحش نظمی بدهند، و به گروه‌هایی ۱۰ تایی یا ۸ تایی تقسیم کنند در سال ۱۹۶۹ گلمان یک ساختمان پایه ذرات پیشنهاد کرد، گروه سه تایی از ذرات پایه که به آنها تمامی‌ها درونها را می‌شد ساخت، گلمان یادآور شد که هر یک باید یک سوم و یا دو سوم واحد بار الکترون مثبت یا منفی را داشته باشند به علاوه هر یک باید یک سوم مشخصات یک پروتون یا یک نوترون را داشته باشند.



گلمان نام این سه ذره را کوارک نامید پیشنهاد و نظم خاصی را به ذرات شناخته شده داد.

همه هادرونها شناخته شده از سه کوارک پایه ساخته می‌شوند سرانجام هر یک از انواع کوارک‌ها با واژه طعم معرفی می‌شوند و اکنون سه طعم دیگر شناخته شده است، این سه طعم بار الکتریکی خاصی دارند

طعم کوارک‌ها

بار کوارک	نام کوارک
$+\frac{2}{3}$	<i>Up</i>
$-\frac{1}{3}$	<i>Down</i>
$-\frac{1}{3}$	شگفت

ماده هسته معروف به ماده بار یونی از سه کوارک ساخته شده

پروتون $\leftarrow d u u$

نوترون $\leftarrow u d d$

مزون $\leftarrow$ یک جفت کوارک و ضد کوارک

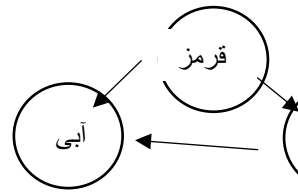
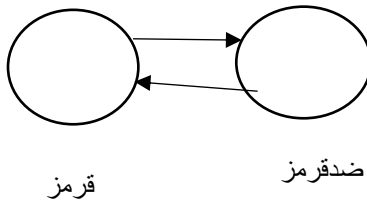
رنگ کوارکها:

در سال ۱۹۶۱ به این نتیجه رسیدند که تعداد پیون‌های تولید شده سه برابر بیشتر از آنچه تئوری کوارک پیشگوئی می‌کند، می‌باشد.

گلمان عدد کوانتمی جدیدی همانند بار الکتریکی ولی وابسته به میدان هسته‌ای قوی پیشنهاد داد که نام آن را رنگ قرار داد هر یک از رنگ‌ها می‌توانند یک پیون در مسیرهای متفاوتی در جریان برخورد تولید کند این امر احتمال تولید پیون‌ها را سه برابر می‌کند.



مفهوم رنگ گل‌مان به زودی مورد پذیرش قرار گرفت چرا که بسیاری از مسائل را توجیه می‌کرد برای نمونه کوارک‌های تنها می‌توانند به شکل $(q\bar{q})$ مزون و (qqq) باریون ظاهر شوند چرا که اینها ترکیباتی است که بار رنگی در آنها خنثی است.



گلوئون چسب کوارکها:

پایه مدل کوارکها:

پروتون و نوترون از کوارک ساخته شده است که سخت به هم پیوند خورده اند بنابراین روشن است که نیروی قدرتمندی این پیوند را ایجاد کرده است، که به آن گلوئون می‌گویند. مدل خاص گلوئون از تئوری مدل استاندارد برگرفته شد که بعدها در شتاب دهنده‌ها کشف شد گلوئون از نوع بوزون است که دارای اسپین یک می‌باشد و حامل بار قوی رنگ بوده و هر چه از مرکز دور می‌شویم انرژی گلوئون‌ها افزایش می‌یابد به خاطر همین جدا کردن دو کوارک از هم انرژی بی نهایت می‌طلبد. بنابراین کوارک‌ها در کنار هم آزادند اما با دور شدن از هم مقید تر می‌شوند

و اما کشف کوارک:

با تجهیز شتاب دهنده و تکمیل کردن شتاب دهنده‌های الکترونی در یک شتابنده خطی و برخورد دادن یک الکترون پر سرعت و پر شتاب با یک ذره پروتون متوجه شدند که الکترون به طریق خاصی پاشیده می‌شود و این پاشیدگی این ایده را برای ریچارد فاینمن به وجود آورد که وجود ذراتی در ساختار پروتون موجب این پراشیدگی می‌شود، و در بررسی‌های بعدی مشخص شد که اینها همان کوارک‌ها هستند.



مدل استاندارد:

رده بندی ذرات را به صورت ویژه که در حال حاضر برای توصیف ذرات بنیادی به کار می‌رود « مدل استاندارد » می‌گویند.

مدل استاندارد نظریه‌ای است که فیزیکدانان به کمک آن چگونگی یکپارچه بودن جهان را تشریح می‌کنند. این مدل چگونگی برهم کنش نیروی هسته‌ای قوی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس را در تصویری یکپارچه توصیف می‌کند در این مدل سه دسته از ذرات وجود دارند لپتون‌ها مانند الکترون، پوزیترون‌ها که دارای بار الکتریکی هستند و نوترینوها می‌باشند، کوارک‌ها ذرات تشکیل دهنده نوترون‌ها و پروتون‌ها و حاملان نیرو بر اساس این نظریه نشان داده می‌شود که چگونه ذرات بنیادی توسط چهار نیروی اصلی کنترل می‌شوند در این مدل همه ذرات در ابتدا بدون جرم هستند و با شکست خود به خود تقارن تحت تابش میدان ذره‌ای دیگر به نام هیگز جرم دار می‌شوند بسیاری از منابع فیزیک تعداد این ذرات را ۶۱ ذره که ۱۲ لپتون، ۳۶ کوارک و آنتی کوارک، ۱۲ ذره واسط و هیگز تقسیم بندی کرده‌اند.

در اندورن ذرات بنیادی:

موضوع را با طرح مسئله‌ای که تا کنون پاسخ داده نشده است پیش می‌بریم ابعاد واقعی ذرات بنیادی چه اندازه است؟ آیا این ذرات ابعاد مشخص دارند؟ یعنی ذرات بنیادی دارای بعد هستند؟ این مسأله‌ای بود که سالها دانشمندان را معطوف خود کرده بود، چون مکانیک کوانتومی از اینکه ابعاد این ذرات را محاسبه کند از راه ریاضی عاجز بود، از طرفی راهی هم برای انجام این کار وجود ندارد. چرا که سرگردانی ناشی از خواص موجی الکترون در فضا، مانع آن است. همان طور که گفته شد ویژگیهای موجی در واقع تظاهرات خارجی روابط فیما بین ذرات و میدانهاست در حقیقت اندرکنش الکترون با سایر ذرات و از جمله الکترونهای دیگر است که سرگردانی آن را موجب می‌گردد.



یعنی الکترون به طور مجازی فوتون صادر می‌کند، فوتونهای اخیر با سایر فوتونها برخورد نموده و در نتیجه آن جذب و یا دفع ذرات خواهد بود.

بدین ترتیب الکترون در ابری از فوتونهای مجازی که صادر می‌کند یا جذب می‌نماید محصور گردیده است. این ابر نامحدود است، زیرا الکترون فوتونهای با انرژی بسیار کم نیز تولید می‌کند و این فوتونها بر اساس رابطه هایزنبرگ تا فاصله‌ای از آن دور می‌شوند، این ابر فوتونی اخیر سرگردانی الکترون را موجب می‌گردد و گفتگو از ابعاد دقیق ذرات را غیر ممکن می‌سازد.

ابره‌ای مذکور در نزدیکیهای مرکز منقبض می‌شوند و در فاصله 10^{-11} سانتی متری که انرژی فوتونها مجازی برای تولید جفت الکترون و پوزیترون کافیت چیزی به نام الکترون لرزان خواهیم داشت البته الکترون از این ناحیه نیز به مقدار ناچیز پا فراتر می‌گذارد و کماکان ابعاد دقیق قابل تصور نمی‌باشد.

شاید این سوال پیش آید که آیا نمی‌شود الکترون را فارغ از این ابرهای فوتونی ارزیابی و اندازه گیری نمود؟ پاسخ، خیر می‌باشد چرا که نمی‌توان الکترونی را بدون اندرکنش تصور نموده و ذره و اندرکنش‌ها تفکیک ناپذیرند و هستی واحدی را نشان می‌دهند.

فقط می‌توان گفت در انبوه این ابرها، مرکزی وجود دارد ولی درباره کیفیت و کمیت آن مرکز چیزی نمی‌دانیم

فیزیکدانان به سراغ پروتونها رفتند، پروتون به طریق مجازی به جای فوتون، پی مزون، ساطع می‌کند که انرژی‌شان بالتبع نباید از انرژی سکوتشان کمتر باشد لذا عمر پی مزونها کوتاه است و به فاصله زیادی از مرکز پروتون دور نمی‌شود.

لذا ابر مزونی اطراف پروتون محدود است پس نسبت به الکترونها سرگردانی کمتری دارند، چون پروتونها و کا مزونها نیز اندرکنش قوی دارند، بنابراین ابر مزونی دیگری ناشی از کا مزون نیز، مرکز پروتون را محصور کرده است از آنجا که جرم سکون کامزون تقریباً سه برابر جرم سکون پی مزون است لذا ابر مزونی مربوطه به همان



نسبت کوچکتر بوده و در داخل ابر مزونی ناشی از پی مزون قرار می‌گیرد، پروتون لرزان در میان ابرهای مزونی یاد شده قرار گرفته و به طور مجازی زوج پروتون، آنتی پروتون تولید می‌کند.

بدین ترتیب دانش فیزیک به این نتیجه مبهوت کننده و محتوم می‌رسد که ساختمان هر ذره از جهان بی نهایت کوچک‌ها، انعکاسی از اندرکنش‌های آن با سایر ذرات است. پس ذرات بنیادی ذراتی هستند که دائماً از هست به نیست و نیست به هست می‌آیند و متحرک و لرزانند. پس ساختمان هر ذره در هر زمان بوسیله اندرکنش‌ها مشخص می‌گردد و بر عکس درجه و چگونگی اندرکنش‌ها با توجه به ساختمان ذره قابل قیاس است.

مکانیک کوانتمی هم در تفسیر رفتار طبیعت ناتوان است

فیزیکدانها با وابستگی دائمی و عمومی ماده و میدان روبرو شدند و وظیفه داشتند که آن را تفسیر کنند و اندیشه‌های جدیدی را که نماینده وحدت آنها باشد استوار سازند، مکانیک کوانتمی در این رهگذر روش تقریباً احتیاط آمیزی دارد.

وقتی فیزیک کوانتمی شکل گرفت تمام اندیشه‌های فیزیک کلاسیک را در اختیار گرفت و به دنیای کوچکتر منتقل کرد معادلات شوردینگر که بر اساس معادله موج کلاسیک ساخته شده بود و به جای امواج معمولی از امواج احتمال که نماینده قوانین حرکت ذرات در زمان و مکان بودند گفتگو می‌کرد، در ابتدا فیزیک دانان از این بابت راضی بودند زیرا ذرات از قوانین مذکور پیروی می‌کردند.

با این حال از همان ابتدا معلوم گردید که قوانین قدیمی به خوبی در فیزیک جدید عمل نمی‌کنند رابطه عدم قطعیت نشان داد که تصورات دقیق مکان، سرعت، انرژی و زمان فقط به قیاس محدود در جهان بی نهایت کوچک‌ها صادقند.

به تدریج که ذرات بنیادی انرژی کافی برای تبدیل به یکدیگر به دست آوردند نارضایتی نیز به اوج خود رسید چرا که روش معمول استقرار قوانین حرکت ذرات نارسا گردید.



فرض کنید یک ذره داریم سپس به جای آن یک یا چند ذره و گاهی نیز فوتون خواهیم داشت. طبعاً تابع موج در شرایطی نبود که بتواند این تبدیلات را تشریح نماید. بر اساس مکانیک کوانتا تبدیل بایستی در یک نقطه معین و بلافاصله انجام گیرد در این صورت ذره و یا فوتونی خواهیم داشت که تابع موج اولیه درباره آن صادق نیست. مکانیک کوانتمی در نقطه تبدیل، قوانین قدیم و جدید را ادغام کرد و اصول معروف بقای انرژی و اندازه حرکت را مورد بهره برداری قرار داد و اشکال در اینجا وجود دارد

۱- دگرگونی ذره در یک نقطه و یک لحظه اتفاق می افتد و در این لحظه کوچک حرکتی برای ذره تصور نمی شود.

۲- ذره اولیه نابود می شود و ذره جدیدی حاصل می شود در حالیکه معادلات حرکت همیشه در مورد یک ذره مشخص و لا یتغیر بکار می رود.

بدین ترتیب این تفسیر کلاسیکی جهان بی نهایت کوچک ها که از طریق اندیشه زمان و مکان وارد مکانیک کوانتمی شده بود ناکافی به نظر می رسید و نمی توانست سرشت اساسی آن، یعنی تبدیل ذرات و تبدیلاتشان به میدان را منعکس سازد مسئله این بود که شیوه واقعی تبدیلات روشن شود ولی این کار یک دگرگونی اساسی در روش توصیف لازم دارد

مکانیک کوانتمی اعمال مجازی را که قبلاً مطالعه کردیم عرضه نمود اما اندیشه های مذکور نیز نتوانست به حل نهایی مسئله بیانجامد در واقع هنوز هم روشهای اصولی تری برای حل این مسئله ضروریست، روشهایی که احتمالاً اندیشه های زمان و فضا را نیز تغییر اساسی خواهند داد.

نظریه ریسمان ها

راهی به سوی رسیدن به رؤیای نظریه همه چیز

نظریه ریسمان ها راهی به سوی رسیدن به رؤیای نظریه همه چیز

همانگونه که گفته شد مردم از زمانی که دو نظریه قوی نسبیت و کوانتم ارائه شد درصدد بودند که به طریقی پیوندی بین این دو نظریه حاصل سازند اما پیوند این دو نظریه همواره با شکست مواجه می شد چگونه ممکن بود نظریه ای در ابعاد کیهان اظهار نظر می کند و حکم به قطعیت می دهد و فیزیک پیوسته و ناگسسته هاست با نظریه ای که در ابعاد بسیار ریز خود را نشان می دهد و گسسته و ناپیوسته است و به جای قطعیت در آن احتمالات حکم رانی می کند جور در بیاید و اتحاد پیدا کند. و در تاریخ علم مشاهده می شود که تمام تلاش های انیشتین، اروین شوردینگر و پائولی به نتیجه مطلوب نرسید.

اما نظریه ریسمان

نقطه شروع نظریه ریسمان به سال ۱۳۴۷ / ۱۹۶۸ باز می گردد که دو دانشمند به نام های گابریل و نریمانو و ماهیکو سوزوکی به طور مستقل در بررسی کتابهای اوایلر ریاضی دان به معادله ای از اوایلر برخورد نمودند که این معادله که تابع بتای اوایلر نام داشته به طور عجیبی توصیف گروهای زیر اتمی بود.

به طوریکه مثل این بود که تصویرگر برخورد دو مزون در انرژی های بسیار زیاد باشد. که تابع بتایا انتگرال نوع اول اوایلر به شکل زیر تعریف می شود:

$$\beta(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt$$



برای $Re(x), Re(y) > 0$

تابع بتایک تابع متقارن است:

$$\beta(p, q) = \beta(q, p)$$

تابع بتای اوایلر به شکل زیر هم نوشته می‌شود:

$$t^{x-1}(1-t)^{y-1}dt = \frac{\Gamma(x)\Gamma(y)}{\Gamma(x+y)}$$

نوع دوم یا تابع گاما به شکل زیر است

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$$

برای اعداد طبیعی m و n داریم:

$$= \frac{(n-1)!(m-1)!}{(n+m-1)!} = \frac{n+m}{nm \binom{n+m}{n}}$$

$$\Gamma(n) = (n-1)!$$



اساسی ترین ایده‌ای که پشت نظریه ریسمان آن است که ماده در بنیادی ترین حالتش از ریسمان‌هایی از انرژی خالص ساخته شده اند که می‌توانند به حالت‌های گوناگون نوسان و حرکت کنند حرکت در راستاهایی که برای ماده آشنای ما مقدور نیست و با آنکه تا کنون هیچ اثبات تجربی بر درستی این نظریه صحه نگذاشته است، اما سطح دانش بشری را به مراتب فراتر برده است و در واقع اساسی ترین چالش ریسمانها نیز همین جاست.

نظریه ریسمان پیش بینی می‌کند که مقیاس این ریسمان‌ها آنقدر کوچک است که احتمالاً هرگز رؤیت نخواهد شد و به عبارتی ریسمان از طراحی هر گونه آزمایش تجربی که مستقیماً به اثباتش منجر می‌شود باز می‌ماند و این جاست که برخی شبهه می‌کنند که اساساً این فیزیک است یا فلسفه؟ به طوری که گلاشو برنده جایزه نوبل اشتراکی ۱۹۷۹ (۱۳۵۹) رسماً می‌گوید: ما از یک سو تئوری پردازها ریسمان را داریم و از طرفی فیزیکدانان را آن‌ها روی پرسش‌هایی متمرکز شده اند که تجربه و آزمایش نمی‌توانند آن‌ها را توصیف کنند. اما نظریه شان بخشی از فیزیک است که هیچ یک از پیش بینی هایشان را نمی‌توان در آزمایشگاه و یا توسط رصدهای فضایی اثبات کرد من همواره بر این اعتقاد بوده‌ام که فیزیک یک دانش تجربی است و با اطلاعات برآمده از آزمایشات و یا رصدهای فضائی سر و کار دارد.

حال باز می‌گردیم به تاریخچه ظهور ریسمان اواخر سال ۱۹۶۸ فیزیکدان ایتالیایی جوان گابریل ونتسیانو به دنبال معادلاتی بود که بتواند رفتار نیروی هسته‌ای قوی را توصیف کند آن گونه که گفته شده در گوشه کتابخانه به کتابی برخورد می‌کند که در آن یک سری معادلات اوایل نوشته شده بود که اوایل در حدود ۲۰۰ سال پیش نگاشته بود. این معادلات که معادلات بتای اوایل بودند تا آن زمان تنها به عنوان ریاضیات محض به آن‌ها نگاه می‌شد. اما ونتسیانو در می‌یابد که این معادلات در واقع نیروی هسته‌ای قوی را توصیف می‌کنند و سریعاً اقدام به نگارش مقاله‌ای می‌کند که برای او شهرتی به بار می‌آورد که ثمره یک کشف تصادفی است.



و دقیقاً از همین جاست که ریسمان متولد می‌شود. این معادلات دست دانشجویان دست به دست می‌گشت تا اینکه می‌رسد به دست فیزیکدان جوانی به نام لئونارد ساسکیند می‌رسد همان زمان او این گونه نقل می‌کند وقتی این معادلات به دستم رسید گفتم که این خیلی ساده است، حتی من هم می‌فهمم که چه می‌گوید و از اینجا بود که به مدت چند ماه بی وقفه روی این معادلات شروع به کار کردن کردم اولین چیزی که نظرم را جلب کرد این بود که این معادلات به مثابه توصیف حرکت یک ریسمان بودند که می‌توانست حرکت کند و پیچ و تاب بخورد و حتی کش بیاید.

به عبارتی فقط یک ذره نقطه‌ای (*point patide*) نبود، او می‌گوید مطمئن بودم که تنها کسی هستم در دنیا که به این مساله پی بردم بنابراین مقاله‌ای را تنظیم کردم و برای چاپ به یکی از مجله‌ها بردم ولی هیأت تحریریه علی‌رغم فکر من که فکر می‌کردم الان به من نیوتون و انیشتین معاصر می‌گویند، مقاله ام را رد کردند که منجر به افسردگی شدید و یأس در من شد.

به هر تقدیر آنچه تا آن زمان مرسوم بود این بود که دانشمندان ذرات را به صورت نقطه در نظر می‌گرفتند نه ریسمان و رفتارشان را از طریق خرد کردن آن‌ها از طریق برخورد دادنشان با یکدیگر توصیف می‌کردند این زمان که از آن صحبت می‌کنیم برابر دوره‌ای است که هر ماه ذره‌ای بنیادین جدیدی کشف می‌شد و در واقع تمام ذرات $\omega, \sigma, \rho, B_1, B_2, f_i$ در این زمان کشف شدند به طوری که گلاشو از آن به عنوان انفجار جمعیت ذرات بنیادی یاد می‌کند در همین احوال بود که بنیادی کاران ایده عجیبی ارائه دادند، آن‌ها مدعی شدند که برای نیروها نیز می‌توان ذره بنیادی در نظر گرفت، و این ذره‌ها را نام "*messenger prtical*" ذره پیام رسان اطلاق می‌شد که به آن اشاره کردیم، فوتونی را ذره پیام رسان الکترومغناطیس دانسته و برای نیروهای دیگر نیز ذراتی را قائل شدند آنها به این مسئله رسیدند.

که اگر به ابتدائی ترین لحظات پس از بیگ بنگ بازگردیم هنگامی که دما فوق العاده بالا و ماده بسیار چگال است. ذرات پیام رسان دو نیروی الکترومغناطیس و



هسته‌ای ضعیف از هم غیر قابل تشخیص خواهند شد و یک نیروی الکترو ضعیف را تشکیل می‌دهند. و اگر باز هم در زمان به عقب بازگردیم می‌توانیم نیروی هسته‌ای قوی را نیز با الکترو ضعیف یگانه می‌کنیم و البته آزمایشات نیز موید این فرض شدند و در نتیجه یک ابر نیرو برای توصیف کل دنیای زیر اتمی توسط مکانیک کوانتومی شکل گرفت گلاشو و استیون واینبرگ در این زمینه می‌گویند:

در این زمان ما نظریه‌ای داشتیم که می‌توانستیم تمام برهم کنش‌های میان ذرات بنیادی را در قالب سه نیرویی که قبلاً می‌شناختیم به یک زبان واحد بیان کند. و این که همه چیز به سمت یک تصویر واحد از ذرات و رفتار واحد همگرا بود همه مفهومی در برداشت.

مفهومی که توسط گلاشو، عبدالسلام و واینبرگ تحت عنوان « مدل استاندارد ذرات بنیادی » معرفی شده و جایزه نوبل سال ۱۹۷۹ را برای آنها به ارمغان آورد با تمام تفاسیر و همه موفقیت‌های مدل استاندارد متأسفانه نیروی دیر آشنای بشر یعنی گرانش را در بر نمی‌گرفت.

از سویی نظریه ریسمان به فراموشی سپرده شده بود و ونتسانو در این باره می‌گوید: نظریه جذابیتش را برای دیگران از دست داده بود و می‌گفتند زیباست ولی چه فایده که توصیف گر طبیعت نیست ولی ارائه دهندگان آن دست از کار نکشیدند و تلاششان را بیشتر کردند هر قدر تلاش بیشتر می‌شد گویی مشکلات هم بیشتر می‌شد مثلاً معادلات نظریه یک ذره بدون جرم را پیش بینی می‌کرد یا ذره‌ای که سریعتر از سرعت نور حرکت می‌کند و از همه بدتر این نظریه نیاز به ۱۰ بعد داشت که واضح بود بسیار آزار دهنده است.

در سال ۱۹۷۳ عده معدودی از فیزیکدانان بودند که با این نظریه کلنجار می‌رفتند از میان آنها شوارتز بود که روی ذره بودن جرم و ناسازگاری ریاضی نظریه متمرکز بود وی به مدت چهار سال مشغول کار با این معادلات بود و سعی می‌کرد با جابجا کردن و تغییری در آنها به مفهومی برسد.



این بی نتیجه ماندن‌ها ناگهان منجر به جرقه‌ای در ذهن وی شد و او گفت نکند همین معادلات مشکل دار در بردارنده گرانس باشد.

یعنی آنچه ذره بی جرم بدست می‌آمد همان گراوتیون باشد به عبارت صریح تر نظریه ریسمان توانسته بود بخش گم شده پازل مدل استاندارد ذرات یعنی گرانس را پیدا کند

شوارتز مقاله‌ای را نوشت و در آن خاطر نشان کرد که ریسمان‌ها می‌توانند گرانس را در سطح کوانتمی توصیف کنند ولی هیچ عکس العمل مثبتی از جامعه علمی دیده نشد و باز سنگ به در بسته خورد، یکی از معدود افرادی که روی این نظریه کار می‌کردند دانشمندی به نام گرین بود که با شوارتز همراه شد او می‌گوید:

ما اطمینان داشتیم که نظریه مان درست است و فقط از این می‌ترسیدیم که ناسازگاری ریاضی در معادلات ما وجود داشته باشد

ولی گرین می‌گوید:

ما معتقد بودیم بدون هیچ دلیل مشخصی که این معادلات ناسازگاری ندارند پس با صلابت شروع به کار و محاسبات کردیم و اثبات کردیم که این نظریه فاقد ناسازگاری است. پس ما توانستیم به توصیف چهار نیرو دست پیدا کنیم این بار بود که دوباره مقاله‌ای را منتشر کردیم و این مقاله انفجار بزرگی را در جامعه علمی در پی داشت

گرین می‌گوید:

تا آن زمان عده معدودی به ریسمان می‌پرداختند ولی بعد از مقاله به مدت یکسال صدها نفر به آن روی آوردند و سخنرانی‌هایی که در حد ۵ دقیقه بود به میتینگ‌های طولانی تبدیل شد و نظریه ریسمان نام نظریه همه چیز را به خود گرفت.

نظریه ریسمان کشف مهمی در ذرات بنیادی محسوب می‌شود چرا که از آنجا که می‌دانیم فیزیک تجربی مشتمل بر داده‌هایی است که یک فیزیکدان در آزمایش‌های متعدد از یک پدیده بدست می‌آورد و گاهی برای رسیدن به نتایج باید یک آزمایش را



بارها و بارها تجربه کرد و این مساله در حوزه ذرات زیر اتمی بغرنج تر می شد زیرا برای پی بردن به فیزیک ذرات ریزاتمی فیزیکدانان مجبور هستند که در برخورد دهنده‌هایی قوی و بزرگ ذرات را با یکدیگر برخورد داده و ذرات ریز اتمی حاصل از این برخوردها را شناسایی و دسته بندی کنند و این عمل کاری بغایت سخت و مشکل می نمود.

اما وقتی فرمولی به دست شما برسد که بدون آزمایش و به صورت حدس زدن سایر جوابهای آزمایشات را که در مورد ماتریس خاص تفرق لازم است و هر مؤلفه برخوردهای گوناگون را نشان می دهد. جای بسی خوشحالی برای فیزیکدانان آن حوزه از علم خواهد داشت نظریه به شدت متقارن بدون هیچ پارامتر تعدیل پذیر.

پس پژوهش درباره این کشف مشخص شد که معادله مدل و نتریانو ترتیب اولیه ماتریس S بوده و تصویر کلی نیست بلکه تصویری کلی تر به صورت دنباله نامتناهی از عبارات ریاضی را نشان می دهد که مدل و نتریانو تنها اولین و در عین حال مهم ترین جمله این دو دنباله می باشد

سرانجام در پی اصلاح این مدل دو فیزیکدانان به نامهای یویچیر و نامیو و تتسو گوتو موفق به تعیین ویژگی کلیدی این مدل یعنی ریسمانهای مرتعش شدند این ویژگی ها همان چیزی بود که باعث می شد مدل به خوبی کار کند. در این مدل وقتی ریسمان به ریسمانی برخورد می کند ماتریس S ایجاد می شود که به وسیله مدل و نتریانو تعریف می شود.

در این تصویر ذره چیزی نیست به غیر از یک لرزش یا نئی نواخته شده بر روی ریسمان بعد از آن با وارد کردن مفهوم اسپین به این مدل کارائی آن را در ذرات بالا بردند به طوری که جوابگوی ذرات با اسپینهای صحیح غیر صحیح بود.

و باز هم این نظریه و مدل برای توسعه مفهومی خاص را کم داشت، که آن مفهوم میدان بود. پس لاجرم به یک نظریه میدان برای ریسمانها نیاز بود تا امکان خلاصه کردن محتویات نظریه تنها در یک معادله فراهم آید.



که البته این هم در سال (۱۳۵۳ / ۱۹۷۴) به تحقق پیوست و نظریه میدان ریسمان‌ها در قالب معادله‌ای ارائه شد که این معادله قدرت داشت تمام ویژگی‌های مدل ونتزیانو، تمام جملات تقریب بی نهایت‌ها، و تمام ویژگیهای ریسمان در حال چرخش را ارائه دهد و تقارن‌های موجود در نظریه به قدرت و زیبایی آن می‌افزود وقتی که ریسمان‌ها در فضا - زمان حرکت می‌کنند سطوح دو بعدی شبیه نوار را جاروب می‌کنند استفاده از دستگاههای مختصات برای توصیف این فضای دو بعدی نظریه را تغییر نخواهد داد.

و اما اشکالات نظریه ریسمان:

خوب نظریه ریسمان گر چه در ابعادی حدود ۲۶ بعد صدق می‌کرد ولی می‌توانست چهار رکن طبیعت یعنی چهار نیرو را توضیح دهد و در این نظریه با واگراییها فیزیکی مواجه نبودیم چون توپولوژی خاص ریسمان‌ها که موجوداتی دارای طول بودند و این صاحب طول بودن مانع از این می‌شد که ما با ذرات نقطه‌ای مواجه شویم و همین ویژگی واگراییها ذرات نقطه‌ای را از بین می‌برد.

چرا که با نزدیک شدن به ذره همانند معادلات نیوتون $f = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ مثلاً نیروها به طرف بی نهایت سوق پیدا می‌کنند.

معادلات مربوط به این توپولوژی در معادلات پیچیده ریاضی « تابع مازولار بیضی » که توسط نابغه ریاضی هندی تبار اسرینجوسارامانوجان که بزرگترین نابغه ریاضی قرن بیستم شهرت دارد و قبل از جنگ جهانی اول میزیسته صادق است، که با نگرش در این روش ریاضی اسرا جهان ده بعدی و چرا ده بعدی بودن آشکار می‌شود، تنها در ابعادی برابر این عدد واگرایی‌هایی که گریبانگیر نظریه‌های دیگر شده اند، به طور جادویی از بین می‌روند.

اما نکته اینجاست که توپولوژی ریسمانها به تنهایی برای حذف تمام واگرایی‌ها قدرت کافی را ندارد

واگرایی‌ها باقی مانده که عموماً در واکنش‌های بین فرمیون‌ها و بزون‌ها را نشان می‌دهد از طریق ویژگی دوم نظریه ریسمان‌ها، یعنی تقارن از بین می‌رود.



ابر تقارن:

در نظریه ذرات بنیادی تقارن‌های مختلفی بر معادلات حاکم است که به صورت $S(u_3)$ ، $S(u_0)$ نمایش داده می‌شود که حکایت از آن دارد که در آن معادلات قدرت تقارنی چگونه است مثلاً $S(u_3)$ ، می‌توان جای سد ذره و در $S(u_0)$ جای ۵ ذره را با هم تعویض کرد بدون آنکه خللی در معادلات عارض شود اما در نظریه ریسمان ابر تقارن مدنظر است یعنی بتوان در معادلات جای تمام ذرات را با هم عوض کرد بدون اینکه خللی در معادلات به وجود آید.

در مدل ریسمان برای هر ذره فرمیون زوجی در نظر می‌گیرند از نوع بوزون اگر چه ما هرگز چنین زوج‌های ابر مقارنی را در طبیعت ندیده ایم.

فیزیکدانان زوج الکترون را به نام «سلکترون» و با اسپین صفر معرفی می‌کنند و زوج کوارک را اسکوارک معرفی می‌کنند این ابر ذرات هنوز در اتم شکن‌ها مشاهده نشده اند اما از آنجا که تمام ذرات زیراتمی یا بوزون هستند یا فرمیون بنابراین یک نظریه ابر مقارن این قابلیت را دارد که تمام ذرات زیر اتمی شناخته شده را تنها با استفاده از یک نوع تقارن یکپارچه سازد، اما هم اکنون تقارنی داریم که برای در بر گرفتن کل جهان به اندازه کافی بزرگ است.

ابر تقارن به حذف بی نهایت‌ها باقی مانده در نظریه کمک می‌کند از قبل دیدیم که اغلب واگرائی‌ها به دلیل توپولوژی ریسمان خود به خود حذف می‌شوند و عده‌ای از آنها هم با نظریه ابر تقارن قابل حذف است. در ابر تقارن واگرائی‌هایی که از هم بر کنش بوزون‌ها و فرمیون‌ها حاصل می‌شود و با علامات مختلف مثبت و منفی بروز می‌کند، همدیگر را خنثی می‌کنند علاوه بر از بین بردن واگرائیها سیستم درباره اتحاد نیروها در ابتدای تکوین عالم نیز جوابگو می‌باشد که با وجود همین ذرات ابر تقارنی اتحاد نیروها در لحظه‌های اول آفرین قابل بررسی می‌باشد.

از نظریه ریسمان می‌توان مدل استاندارد ذرات بنیادی را بی کم و کاست نتیجه گرفت.



خلاصه‌ای از مباحث گذشته:

همان طور که در مباحث گذشته مطرح شد در ابتدا دانشمندان جهان را مشتمل از اتم می‌دانستند که ساختاری دارد که از الکترون‌ها و هسته تشکیل شده بودند، که در مقیاسی متوجه شدند که الکترون‌ها چندین میلیارد مرتبه از اجزای تشکیل دهنده هسته که نوترون‌ها و پروتون‌ها بودند کوچکتر در نظر گرفته می‌شدند.

در واقع این اتم‌ها از فضائی بی نهایت بزرگ و خالی تشکیل شده بود، دانشمندان این ایده به نظرشان رسید که حتماً ذرات بنیادی عالم این سه ذره نیستند یعنی الکترون، پروتون و نوترون و حتماً پروتون‌های و نوترون‌ها از ذراتی بنیادی تر تشکیل شده اند بدین لحاظ ایده کوارک به ذهن آنها رسید که کوارک‌ها از سه نوع بالا و پائین (up ، $down$ و خشی) تشکیل شده بودند و نحوه پراش برخورد الکترون‌ها به پروتون‌ها و نوترون‌ها این حالت را تأیید می‌کرد، خوب برای رفتار عالم آیا همین سه ذره کوارک کافی بود؟

بعدها دانشمندان متوجه شدند که برای توضیح ذرات به کوارک‌های دیگر هم احتیاج دارند، لذا، کوارک افسون، و دو کوارک، قد و سر هم اضافه شدند و تعداد کوارک‌ها به شش کوارک افزایش یافت، حالا بحث سر این بود که این کوارک‌ها چگونه به هم پیوند خورده اند، برای این مسئله خاصیتی به نام رنگ را به کوارک‌ها اضافه کردند که این رنگ‌ها برای خاصیت نیروی بین کوارک‌ها اضافه شد که مفهومی مانند بار الکتریکی داشت، رنگ آبی، قرمز، سبز، پس کوارک‌ها رنگی شدند.

آیا همه جهان با همین کوارک‌ها ساخته شده، نه، الکترون‌ها احتیاجی به کوارک نداشتند از سوئی ذرات مثل الکترون مثل میون‌ها که کمی پر جرم تر بودند، یا ذره که از آنها هم پر جرم تر بود و نوترینوها به این خیل اضافه شدند، خانواده‌ای بدون ساختار بنیادی کوارک، خوب خود خانواده لپتون‌ها هم شش تا رسید مجموعاً ۱۲ عضو از ذرات بنیادی حالا همین کافیست باز هم ذرات دیگر خود را نشان دادند دیراک اثبات کرده بود که الکترون یک پاد هم دارد و آن پاد هم در آزمایش پیدا شده بود، برای



ذرات دیگر هم پاد پیدا شد، حتی کوارک‌ها، پس یک خانواده هم مخصوص این طایفه باید در نظر گرفت، خانواده‌ای مشتمل بر پاد لپتون‌ها و پاد کوارک‌ها، حالا مسئله این بود که این ذرات بنیادی شناخته شده که چگونه عالم را آفریدند، باید بین این ذرات پیوندهایی باشد و نیروهایی در این پیوند دخیل هستند، نیروهای نظیر گرانش که ما را به زمین چسبانده، الکترومغناطیس هسته قوی و هسته‌ای ضعیف برای تشکیل ساختارهای عالم کشف شدند، اما مسئله‌ای که دانشمندان را به خود مشغول کرده بود این بود که این نیروها که از آنها صحبت می‌شود آیا می‌شود منشعب از یک نیروی واحد، به نام ابر نیرو باشند؟

در این راستا پیوند نظری و عملی دو نیروی الکترومغناطیس و هسته‌ای ضعیف توسط عبدالسلام این ایده را تقویت کرد و دیری نپایید که به تلاش‌هایی برای شناخت وحدت بین نیروها و میدان‌های وابسته به آنها که به درک عمیق تری از نیروها به ما می‌داد سرلوحه کار فیزیکدانان قرار گرفت چرا که مفهوم این نیروها و راز برقراری آنها در طبیعت جزء مهمترین چهرایی بود که فیزیکدانان را مشغول خود کرده بود و در اصل این چهار نیرو بودند که با قوانین منحصر به خود ذرات شکل و فرم می‌دادند و آنها را در حیطه کاری خود ملزم به انجام کار خود با دقت و ظرافت فوق العاده می‌کردند، همین نیروها بودند که در مواردی ذرات را در بند کمند خود می‌کردند و در پاره‌ای مواقع به گسیل آنها کمک می‌کردند.

پس این نیروها در طبیعت به مثابه کارگزاران هدایت جهان بودند، پس شناخت سرشت این نیروها و عملکرد آنها و منشاء آنها از نظر فیزیک بسیار مهم بود و هست، که چگونه هر کدام در جایگاه خود بهترین عمل را انجام می‌دهند و منجر به نظم و ترتیب در عالم آفرینش شده اند، یکی چون گرانش با آنکه ضعیف است ساختار کل بزرگ مقیاس از جمله منظومه شمسی و کهکشانها و فراتر از آن شکل داده و یکی چون الکترومغناطیس پیوندهای شیمیایی و غیره و مواد را شکل داده یکی چون هسته‌ای قوی بنیان‌های اتم‌ها و هسته را پایدار نگه داشته و یکی چون هسته‌ای ضعیف،



عناصر را به سوی پایداری سوق می‌دهد، هر کدام مستقل کار و وظیفه خود را به نحو احسن انجام داده و می‌دهند، و بعدها مشخص شد که این نیروها وابسته به میادینی هستند و این میدانها هم پیمانه‌ای که در بحث‌های گذشته بدان پرداختیم، اما حقیقت این نیروها چیست؟

عبدالسلام و عده‌ای از فیزیکدانان عقیده بر این داشتند که کل این نیروها باید یک منشأ واحد داشته باشند و از یک ابر میدان و ابر نیروی واحدی منشعب شده باشند، و در این راستا پیوند دو نیروی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس منجر شد که این ایده پیشنهاد شد، خوب از آنجا که پیوند دو نیرو فوق الذکر، در انرژی‌های بالا میسر شد پس این ایده که برای دستیابی به وحدت بزرگ باید به زمانی بازگردیم که نزدیک به زمان انفجار بزرگ بوده و بتوان به میادین و ذرات آن دوران اشراف داشت، که این محقق نمی‌شود مگر آنکه تکنیکی داشته باشیم که بتوانیم آن دوران را شبیه سازی کنیم، خوب برای شبیه سازی به دنبال چه چیز باشیم و چه چیز را شبیه سازی کنیم.

در آغاز بیگ بنگ ذرات بنیادین به وجود آمدند و به علت انرژی زیاد هنوز پیوندهای آنها به گونه کنونی نبوده، خوب چه کنیم شبیه سازی آن دوران را بکنیم، آن دوران خیلی شبیه به حالتی است که در دستگاه‌های شتابدهنده یا شکافنده اتم نتیجه می‌شود یعنی محیطی با انرژی فوق العاده بالا و در عین حال وفور ذرات بنیادین، پس برای شبیه سازی دوران بیگ بنگ احتیاج به ساخت دستگاههای شتابدهنده است، بدیهی است که به زمان بیگ بنگ هرگز نمی‌رسیم ولی می‌توانیم تا حدودی بدان نزدیک شویم و در صورت داشتن تکنیک بالا، پس لاجرم اولین شتاب دهنده‌ها ساخته شد، ساده ترین شتاب دهنده که به مثابه همان تلویزیون‌ها داخل منزل است که یک تفنگ الکترونی که با میادین مغناطیسی قوی الکترون‌ها را شتاب داده و جهت وار حرکت می‌دهد، خوب این شتاب دهنده ساده ممکن است تا چند هزار ولت، ولتاژ را زیاد و انرژی تا چند هزار الکترون ولت به الکترون‌ها بدهد، اولین شتاب دهنده طبق همین تکنیک می‌توانست، الکترون‌ها را تا یک میلیون الکترون ولت انرژی (یک الکترون



ولت همان انرژی است که یک الکترون با گذشتن از قطب مثبت به قطب منفی باتری چراغ قوه بدست می آورد.)

پس به دنبال تکنیکی بودند که شتاب الکترون بین دو قطب را افزایش دهند برای این منظور اولاً باید اختلاف پتانسیل بین دو قطب را بالا ببرند و از طرفی مدت پرواز الکترون بین این دو قطب را افزایش دهند، و در این میان با روشی دوباره به این شتاب بیافزایند.

روش درست این بود که ذرات الکترون را تحت یک میدان مغناطیسی خاصی هم قرار بدهند که شروع به گردش کنند تا به قطب دیگر برسد علاوه بر شتاب اختلاف پتانسیل همین گردش و در بعضی از قسمهای مسیر به شتاب آن افزوده شود و این ایده منجر به بوجود آمدن دستگاهی به نام سیکلوترون شد که با شتاب دادن به ذرات و هدایت آن به سوی هدف و متلاشی شدن هدف می توانستید به انرژی بالا و ذرات بنیادی تر دست پیدا کنند و این تکنیک منجر شد که وفوری از ذرات در این شتابدهنده ها کشف و ثبت شود.

که عده زیادی از آنها هادرونهاي تشکیل شده از کوارکها بودند، و رقابت‌هایی بزرگ بین آمریکا، اروپا و روسیه در این خصوص پذیرفت و شتابدهنده‌هایی ساخته شدند که تا چند تریلیون الکترون ولت به الکترونها شتاب می‌دهند، و همه این تکنیک‌ها برای آن است که بتوانیم که اولاً وحدت نیروها را دنبال کنیم و به دنبال این باشیم که نظریات مختلفی که در تکوین عالم هست از قبیل ابر تقارن و امثال آن را به بوته آزمایش بگذاریم که در دروس بعد بدان اشاره خواهیم کرد



آیا کوارک‌ها ذراتی بنیادی تر دارند؟

با گسترش فیزیک ذرات بنیادی و کامل شدن ساختار فیزیکی و ریاضی این نظریه و تطبیق بزرگ بین نظریه و آزمایش منجر بدان شد که این نظریه به عنوان نظریه استاندارد ذرات بنیادی مورد پذیرش قرار بگیرد در گسترش این نظریه با توجه به وفور ذرات پیدا شده در سیکلوترون‌ها به مدلی رسیدیم که در آن هجده کوارک رنگی و شش لپتون موجود است و به علاوه دوازده ذره تبادلی هم برای در نظر گرفتن برهم کنش بین آنها مورد احتیاج است، ولی علی‌رغم پاسخگوئی فیزیک ذرات بنیادین به بسیاری از پرسش‌های فیزیک هنوز هم تعدادی از پرسش‌ها بدون پاسخ باقی بود.

اول اینکه چرا همه چیزی به صورت دسته‌های سه تایی در این‌ها ظاهر می‌شود مثلاً سه لپتون با بار الکتریکی ۱-، سه لپتون با بار الکتریکی خنثی و سه لپتون با بار ۱+، سه کوارک با بار $\frac{2}{3}+$ ، و سه کوارک با بار $\frac{1}{3}-$ وجود دارد. چرا آنها همه سه تایی هستند؟ و پرسش‌هایی که چرا سه نسل ذرات بنیادی وجود دارد و چرا تقارن‌ها به صورت خود به خودی شکسته می‌شوند؟

اما برای پاسخ گوئی به این سوالات نظریاتی متعدد مطرح شد از جمله اینکه ممکن است که خود لپتون‌ها و کوارک‌ها از ساختارهایی کوچک تر بنام پریون‌ها تشکیل شده باشند



در این نظریه یک خانواده چهار رنگ وجود دارد سه رنگ و یک بی رنگ، خانواده وابسته به بار فیلون نامیده می‌شوند این خانواده دو عضو داشت که بار $1/2+$ داشتند و بالاخره سامون‌ها بودند که هر کدام از آنها به یکی از سه نسل وابسته بود. برای ساختن یک لپتون یا یک کوارک باید از هر خانواده یک پریون انتخاب کنید، به عنوان مثال الکترون شامل یک کرومون بی رنگ و یک سامون نسل اول و یک فیلون با بار $1/2-$ است ولی بی درنگ مشاهده می‌شود که بار الکترون جور در نمی‌آید، بار الکترون $1-$ است برای این معضل به کرومون یک بار $1/2-$ می‌دهند ولی با این فرض جور در نمی‌آید پس اشکالی در نظریه ریون وجود دارد.

نظریه ریشون‌ها:

این نظریه بعد از پریون توسط حییم هراری از دانشگاه بیت المقدس ارائه شد او کوارک‌ها را مشتمل بر دو ذره T و V معرفی کرد اما به همراه پاد آنها که به صورت $\bar{T}$ و $\bar{V}$ معرفی می‌شد بار الکتریکی T برابر $\frac{1}{3}+$ و $\bar{T}$ برابر $\frac{1}{3}-$ و V و $\bar{V}$ خنثی بودند، ریشون‌های T در سه رنگ جلوه گر می‌شدند.

و ریشون‌های V در سه پاد رنگ برای ساخته شدن لپتون‌ها و کوارک‌ها مثلاً یک پوزیترون بی رنگ و بار آن $1+$ است از TTT ساخته شده که بار آن $\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}$ و رنگ آبی، قرمز، سبز که مجموعاً می‌شود سفید و برای کوارک u, TTV و همین گونه کوارک‌ها و لپتون‌ها را می‌ساختند.

این روش قواعد خاص خود را داشت مثلاً ذرات و پاد ذرات نمی‌توانند درهم بیامیزند، با دو ریشون دستورالعمل کامل نیست. ۱

لبنه اگر مشکلات دیگری هم گریبانگیر بود از جمله اگر کوارک‌ها و لپتون‌ها از ریشون تشکیل شده اند چه نیرویی پیوند بین ریشون‌ها را تأمین می‌کرد، البته ما به دنبال کم کردن نیروها هستیم نه اینکه نیرویی را به طبیعت تحمیل کنیم که با توجیه اینکه این نیرو اصل نیروی هسته‌ای ضعیف است.



توضیحی پیرامون آن ارائه شد ولی با تمام این تفاسیر نظریه‌ای که دینامیک آنها را توضیح دهد فرمول بندی نشده است و عدم این فرمول بندی ناسازگاری جدی در ارتباط با انرژی است چرا که علی رغم سایر موارد که ذرات از اجزاء کوچکتری تشکیل می‌شدند نظیر آنچه در اتم‌ها و هسته می‌دیدیم انرژی کل اتم یا هسته از انرژی اجزای او بیشتر بود اما در این ساختار ریشون‌ها چون باید ریشون‌ها و کوارک‌ها در ساختاری از مرتبه 10^{-16} سانتیمتر تمرکز داشته باشند به علت عدم مشاهده آنها، این تراکم منجر بدان می‌شود که انرژی تک تک ذرات از انرژی کل آن بیشتر باشد که این منطقی به نظر نمی‌رسد گرچه این معضل را هم با استناد به اینکه مقداری از انرژی آنها توسط انرژی پیوندی خنثی می‌شود و این خنثی شدن باید مربوط به تقارنی به نام تقارن راست و چپی باشد که هنوز اثبات قطعی در این مورد صورت نگرفته است.

اما مساله ابر گرانش و مساله تقارن

وقتی به مساله تقارن برخورد می‌کنیم، این سوال به ذهن می‌رسد چگونه است که مسئله تقارن در عالم به این گونه می‌تواند اکثر مشکلات ناهنجاریهای فیزیکی را حل کند بهتر است که به یک ابر تقارن فکر کنیم.

و این ابر تقارن باز هم از مسئله وحدت بزرگ نشأت می‌گیرد همان طور که مشاهده شد با آنکه ما در مسئله نیروی هسته‌ای ضعیف دچار ابهامات و مشکلاتی در ناهنجاریها بودیم و ایده وحدت میدان الکترومغناطیس و میدان هسته‌ای ضعیف بسیاری از آن ناهنجاریها از بین رفت، پس چه مطلوب است برای از بین بردن سایر ناهنجاریها، هم به دنبال یک میدان عظیم تری باشیم.

که وحدتی بین نیروها به وجود آورد، به غیر از میدان الکترومغناطیس میدان گرانش هم از جمله میدانهای مهم طبیعت محسوب می‌شود که پیوند آن با میدان الکترومغناطیس می‌توانست بسیار کارگشا باشد، انیشیتین در سال‌های آخر عمرش از این امر غافل نبود و وقت خود را صرف به وجود آوردن این اتحاد کرد.



ولی به انجام مطلوبی نرسید، انیشیتین به دنبال این بود که نظریه الکترومغناطیس را در دل نسبیت عام جستجو کند در صورتی که نظریه وحد بزرگ یک نظریه کوانتومی بود که با رویکرد فکری انیشیتین متفاوت بود چرا که وحدت بزرگ برای نیروها تبادل ذرات را در نظر می‌گرفت بر خلاف نسبیت عام که چنین ایده‌ای در ساختار آن وجود نداشت، اگر بخواهیم گرانش را هم در وحدت وارد کنیم می‌بایست ساختاری کوانتومی را به گرانش وابسته کنیم یعنی گرانش را متأثر از ذراتی به نام گراوتیون بدانیم گرچه این ذرات پیدا نشدند ولیکن نظرات ریاضی درباره گسیل و جذب آنها عنوان شده است که تا حدودی آنها را توضیح می‌دهد ولی مشکل عمده بروز بی نهایت‌ها و ناهنجاریهای عمده در این نظریه است ولی نکته شایان توجه این است که برای رهایی از این معضل کافیت نگاهی به نظریه ابر تقارن که در آن زمان مطرح بود می‌کردند.

نظریه ابر تقارن عنوان می‌دارد که در واقع دو ذره مشهور عالم یعنی فرمیون‌ها و بوزونها اهل یک خانواده هستند و یک ابر ذره برای هر دوی آنها وجود دارد همان طور که می‌دانیم فرمیون‌ها به ذراتی اطلاق می‌شود که این ذرات دارای اسپین کسری بوده و در طرد پائولی عنوان می‌شود که امکان ندارد که دو فرمیون یک جا از فضا - زمان را در آن واحد اشغال کنند و همین اصل است که ساختار اتم‌ها و مولکول‌ها را پا برجا باقی گذارده است، و بوزونها بر خلاف فرمیون‌ها دارای اسپین صحیح بوده و قابل اجتماع در یک جا از فضا - زمان می‌باشند.

در این نظریه ابر ذره مورد نظر بنا به اینکه جهت پیکان فرضی به سمت و سوئی باشد فرمیون یا بوزون بودن را نشان می‌دهد، و اگر در این نظریه دو بوزون که در یک موقعیت فضا - زمانی هستند ناگهان به فرمیون تبدیل شوند به علت اصل طرد پائولی اندکی از جای خود جا به جا می‌شوند، و اگر بالعکس دو فرمیون به دو بوزون تبدیل شوند دینامیکی اتفاق می‌افتد.

که این تبدیل شدنهای پیاپی فرمیون به بوزون ذرات را در فضا - زمان به حرکت در می‌آورد بالاخره او این محصول و نتیجه‌ای که ما از این نظریه ابر تقارن می‌توانیم به



نفع برداشت کنیم نظریه تبدیلی گراوتیون یا ابر گرانش بود، برای گرانش ذره‌ای تبدیلی به نام گراوتیون بدون جرم و اسپین ۲ در نظر گرفته می‌شد و در مقابل آن ذره‌ای دیگر به نام گراوتینیو موجود بود که اسپین آن به اندازه $\frac{1}{2}$ با اسپین گراوتیون متفاوت بود و اطلاعاتی دیگر درباره آن نداریم که البته این ساده ترین نظریه است که البته آن را تعمیم دادند و حالت‌های $N=1$ ، $N=2$ ، $N=3$ ، $N=8$ که این اعداد تعداد گراوتیون‌ها را نشان می‌داد که برای توجیه رفتار طبیعت در نظر گرفته می‌شد

در مورد جرم گراوتیون‌ها و گراوتینیو‌ها اگر تقارن کامل بود جرم هم باید با جرم ذرات یکسان باشد ولی چون این تقارن یک تقارن شکسته شده است این جرم‌ها با یکدیگر متفاوتند پس جرم‌های ابر هم‌تا می‌توانند بسیار بیشتر از آنچه شتاب‌دهنده‌ها پیدا کردند باشند پس می‌توان توجیه کرد که چرا پیدا نشده‌اند.

در ابتدای پیدایش عالم در اولین کسر ثانیه‌های بعد از انفجار بزرگ آثار گرانش کوانتمی مهم بوده است این دوران را عصر پلانک می‌خوانند.

بنابر نظریه‌های اخیر عالم در این عصر کاملاً متفاوت بوده است، شاید فضا و زمان از هم گسسته بوده اند مانند کفهای شیر در حال جوشش پس یک نیروی وحدت یافته حکم فرما بوده است میان چهار نیروی شناخته شده طبیعت اتحادی وجود داشته است ذرات حامل ابر نیروها، ابر ذرات و ذرات معمولی از یکدیگر غیر قابل تشخیص بوده اند و عالم کاملاً متقارن بوده است، سپس با سرد شدن عالم شکستن تقارن صورت گرفت و ابر نیرو شکسته شد و نیروهای شناخته شده طبیعت یکی پس از دیگری آزاد شدند.

و همین طور که سرد شدن ادامه می‌یافت، ابر ذرات کم کم ناپدید شدند و فقط ذرات معمولی باقی ماندند

خوب نظریه ابر گرانش علی رغم ساختار زیبای ریاضی هنوز مشکلاتی را به همراه داشت ولی دانشمندان عقیده داشتند می‌شود که این مشکلات را به گونه‌ای حل کرد و



از ابر گرانش دست نشست پس بر آن شدند به گونه‌ای اصلاحی در ساختار آن وارد کنند و یا با نظریه جامع تری آن را پیوند بزنند.

نظرات کالوتزا

کالوتزا یک استاد حق التدريس دانشگاه کونیگزبرگ بود که به نسبیت علاقه‌ای وافر داشت، او علاقه داشت دو میدان الکترومغناطیس و گرانشی را به گونه‌ای با هم جور کند، اما چه اتحادی گرانش 10^{38} ضعیفتر از الکترومغناطیس بود از طرفی، یکی فقط مربوط به ذرات باردار بود و یکی برای همه ذرات وجود داشت کالوتزا در نظریه خود با اضافه کردن یک بعد به معادلات نسبیت عام انیشتین توانست معادلات ماکسول را از نسبیت عام نتیجه‌گیری کند او به سرعت مقاله‌ای نوشت و آن را برای انیشتین فرستاد. انیشتین تحت تأثیر این مقاله قرار گرفت و سوالاتی را از کالوتزا پرسید که مشخص نیست کالوتزا بدان جواب داد یا نه بعد از دو سال انیشتین آن را به مجله‌ای برای چاپ فرستاد کالوتزا در نظریه‌اش بعد پنجم را این گونه تفسیر می‌کرد:

چگونه است که شما وقتی یک کابل را از دور می‌بینید به صورت یک خط دیده می‌شود ولی وقتی نزدیک می‌شوید یک بعد اضافه در آن می‌بینید، یکی از ابعاد جهان هم خیلی کوچک است بدین لحاظ قابل مشاهده نیست پس چهار بعدی به نظر می‌رسد، ولی وقتی دقت کنید پنج بعدی است.

ولی این قطر را اندازه‌گیری نکرد. این قطر در واقع توسط کلاین اندازه‌گیری شد که از مرتبه 10^{-32} است یعنی 10^{16} مرتبه کوچکتر از آنچه می‌توان مشاهده کرد.

علی‌رغم موفقیت‌های این نظریه این نظریه جرمی را که برای ذرات پیش‌بینی می‌کرد متفاوت بود با آنچه اندازه‌گیری می‌شود، از طرفی میادین دیگری غیر از الکترومغناطیس و گرانش هم در طبیعت وجود داشت که می‌بایست در آن منظور می‌شد و از سویی در نظر کالوتزا فقط ذرات بوزون قابل محاسبه بود و از فرمیون‌ها خبری نبود در تعمیم این نظریه برای برطرف شدن مشکل ابعاد دیگری را به نظریه افزودند که به حدود ۱۱ بعد رسید و توانستند تا حدودی مشکل میدان‌های دیگر را رفع کنند و



برای به وجود آمدن فرمیون‌ها، ابر گرانش را با نظریه کالوترا در آمیختند یعنی ابعاد دیگری را به نظریه ابر گرانش افزودند

نظریه وحدت بزرگ

نظریه وحدت بزرگ

ستاره شناسان برای اینکه بتوانند رصدهای خود را درباره کیهان و پرسشهایی که در این خصوص وجود دارد را پاسخ گویند باید دست به دامن نظریه‌ای جامع شوند که علاوه بر اینکه بتواند پیش بینی‌های اختر فیزیکی خاصی بنماید بتواند به سوالات و رصدهای صورت پذیرفته نیز صحنه بگذارد، برای رسیدن به این نظریه، پیش نظریاتی صورت گرفت و هر کدام حوزه‌ای از جهان را توضیح می‌دهد و سرانجام این نظریه‌ها باید تحت نظریه‌ای واحد ثبت و منسجم گردد که اطلاق نظریه وحدت بزرگ بدان تعلق می‌گیرد.

برای اینکه پرسشهای رصدی چون، تجربه انبساط جهان، و شکل کیهان دست یابند متوسل به نظریه نسبیت عام انیشتین شدند و از روی این ایده، ایده نظریه استاندارد کیهان شناسی و انبساط کیهان را ارائه دادند، در این رهگذر به پدیده‌های رصدی دیگری رسیدند، که به معمای افق، مساله تخت بودن فضا و عدم وجود تک قطبها از آن جمله است که برای حل این معما اصلاحیه‌ای به نظریه استاندارد کیهان شناسی زدند، که به مدل تورمی موسوم شد، که خلاصه آن این بود که آلن گوث پیشنهاد تورمی عظیم در لحظات اولیه آفرینش را مطرح می‌کند و بدین وسیله به پرسشهای باقی مانده از مدل استاندارد جواب می‌دهد ولی سوال دیگری پیرامون خود نظریه تورمی وجود دارد، این تورم چرا به وجود آمده؟ چه وقت متوقف شده است؟



برای توضیح این مساله می‌بایست ساختار مواد درون جهان مشخص شود این ساختار، در فرآیندی علمی از روزگار ارائه ایده اتم توسط بلتزن تا پیشنهادهات تامسون و رادرفورد و بالاخره با ایده مکانیک کوانتومی پی گیری شد، و سرانجام به ایده نظریه استاندارد ذرات بنیادین رسید، در این نظریه ذراتی مطرح شد که گویا سازنده جهان بودند و الفبای خلقت که این الفبا از خانواده‌هایی به نام کوارک‌ها، لپتون‌ها، پادها تشکیل شده بودند و چهار نیروی اصلی، گرانش، هسته‌ای قوی، هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس، در نظریه ذرات بنیادی، ذراتی نیز حامل این نیروها معرفی شدند که به آنها بوزون می‌گفتند، و حتی برای جرم دار شدن ذرات به ذره‌ای از همین خانواده متوسل شدند به نام، ذره هیگز، که در سال‌های اخیر ردیابی و پیدا شد در نظریه ذرات بنیادین، ماده به دو صورت ذره و میدان خود را نشان می‌دهد در نسبت دو صورت جرم و انرژی دو صورت از یک واقعیت بود و در نظریه ذرات بنیادین آنچه مشخص بود ذره و میدان دو صورت از یک واقعیت بودند، در واقع ذرات یکنواختی فضا را به هم می‌زدند و این اغتشاشات را به واسطه ذرات بوزونی به فضا منتشر می‌کردند البته ذرات گسسته و پیمانه‌ای و بدین سان اثرات خود را به محیط اطراف دیکته می‌نمایند، جاذبه یا دافعه، قوی یا ضعیف، و فضا مشحون از ذرات و میادین، که گاهی ذرات از این میادین ظاهر می‌شدند و گاهی به میدان بر می‌گشتند و این آمد و شدها و به شیرجه رفتن‌ها به میدان و خارج آن بستگی به مقدار انرژی بود که به سیستم اعمال می‌شد یعنی اینکه گوئی خود سیستم ذره و میدان مقهور انرژی و تحت اشراف و پیمانه انرژی بالاتری قرار دارند، که برای آن قاعده و قانونی را دیکته می‌کند و سنتی را در آن جاری می‌نماید، اما این سیستم غالب بر ذره و میدان چیست؟

که تمام ذرات را پیمانه می‌کند، با اندازه یکنواخت و هر ذره را خاصیتی، خاص می‌دهد و همین انرژی نیروها که کارگزاران طبیعت هستند را سامان داده و هدایت می‌کند، آن چیست؟ و چگونه می‌توان از آن صحبت کرد؟ از مرحله‌ای صحبت می‌کنیم که گوئی در آن مرحله نیرویی به معنای نیرویی که اکنون می‌شناسیم وجود ندارد، و گویی



در این مرحله ماده به دو صورت ذره و میدان نیست، و این‌ها در مرحله‌ای بعد به وجود آمده‌اند

گویی در این مرحله به وحدتی رسیده ایم و سخن از جایی می‌کنیم که یک ابر تقارن عظیم بر جهان حاکم است.

تقارنی که وحدتی بین نیروها ایجاد کرده و این حاصل نمی‌شود مگر وحدت میدان‌ها و بوزونهای وابسته به نیروها و همچنین وحدی ایجاد کرده بین تمامی ذرات که گوئی منشائی واحد دارند، و ریشه‌ای مشترک، برای کاویدن این مرحله، نظریاتی به وجود آمد و تکاپوی اندیشه‌ها به جریان افتاد، اولین قدم در این دوران توسط دو دانشمند فرزانه دوران به نامهای عبدالسلام و واتنرگ برداشته شد، در شهری از شهرهای ایتالیا، به این نکته دست یافتند که آری گوئی دو نیروی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس منشاء واحدی دارند و گویا از یک میدان برای آنها کفایت می‌کند و اسم این نیرو را الکتروضعیف گذاشتند که حکایت از این واقعیت داشت که حدس و گمان‌ها می‌توانست درست باشد.

پس با این قدم چهار نیرو در طبیعت به سه نیرو تقلیل پیدا کرد، و اما در جهت اتحاد دو نیروی الکتروضعیف و هسته‌ای قوی چه می‌توان کرد؟

برای این منظور راه حلی ارائه شد که این راه حل پیشنهاد این را می‌داد که برای رسیدن به این وحدت می‌بایست یک وحدت بنیادی تری هم در جریان باشد وحدتی که بین کوارک‌ها و لپتون‌ها اتحادی ایجاد می‌کرد و خاطر نشان می‌ساخت که در نظریه ذرات بنیادین می‌بایست دو خانواده لپتون‌ها و کوارک‌ها در اصل یک ریشه داشته باشند، چگونه این مسئله ممکن بود؟

چون همان طور که می‌دانیم کوارک‌ها به صورت آزاد موجود نیستند لاجرم همانند هادرونهایی نظیر پروتون خود را نشان می‌دهند که از ترکیب کوارک‌ها ساخته شده‌اند، حال اگر کوارکی بخواهد به الکترون یا پوزیترون مبدل شود دیگر آن پروتون از حالت



پروتون بودن خارج شده و می‌بایست به ذرات دیگری تبدیل شود در صورتی که ما فروپاشی برای پروتون در طبیعت پیدا نکرده ایم.

البته شاید تا حدودی نیم عمر در حدود 10^{30} سال پروتون‌ها بر این مسئله صحنه بگذارد ولی آنچه مسلم است راهکاری جدید برای این نظریه باید مطرح شود و این ایده باید ذرات خاصی را به جریان علم معرفی کند برای این نظریه احتیاج به ۵ ذره اصلی و بنیادی بود که این‌ها سه کوارک رنگین، پوزیترون و پاد نوترینو را می‌توانست در برداشته باشد به همراه ذرات تبدالی که عبارت بودند از فوتون w و z و گلوئون‌ها که ذرات w ، الکترون‌ها را به نوترینو تبدیل می‌کند و برعکس و گلوئون‌ها یکی از رنگهای کوارک‌ها را به رنگ دیگری تبدیل می‌کند و باید ذره جدید هم به نام x معرفی کنیم که بتواند کوارک‌ها را به لپتون‌ها تبدیل کند که این ذره می‌توانست ۱۲ نوع مختلف داشته باشد.

نکته‌ای که باید بدان توجه کرد و باید اینجا خاطر نشان کرد این است که هر قدر انرژی بیشتر یعنی ذره مبادله‌ای پر جرم تر باشد به همان مرتبه مسافتی که می‌پیماید کوتاهتر است و بالعکس هر قدر انرژی کمتر و یا جرم کمتر باشد به همان مرتبه مسافتی که می‌پیماید بلندتر و بیشتر می‌باشد عبارت بالا به این معنی است که به هر انرژی یک مسافت هم ارز وابسته است.

مثلاً اگر بخواهیم ذره‌ای را به اندازه $10^{-16} m$ را بررسی کنیم باید اندازه انرژی را ذره مبادله‌ای به اندازه 100 GeV باشد این بدان معنی است که در برد کوتاه ثابت جفت شدگی آن کاهش پیدا می‌کند، پس ثابت جفت شدگی در انرژی‌های بالاتر افزایش می‌یابد و کمیتی متغیر است.

حالا با این تفاسیر از آنجا که بین کوارک‌ها مبادله می‌شود و از آنجا که کوارک‌ها به هم بسیار نزدیکند یعنی در حدود 10^{-29} سانتی متر در مقایسه با ابعاد پروتون این مقدار بی نهایت کوچک است پس لاجرم، جرم این ذره مبادله‌ای می‌بایست در حدود $(10^{15}) \text{ GeV}$ می‌باشد همان طور که می‌دانیم پروتون از سه کوارک تشکیل شده است، d, u, u و



اگر بناست که یکی از آنها به لپتون تبدیل شود باید بین آن معادله یک ذره x داشته باشیم کوارکی که ذره x را گسیل می‌داد به یک ذره جدید تبدیل می‌شود و کوارکی هم که آن را جذب می‌کند همین طور اگر کوارک u آن را گسیل و کوارک d آن را جذب کند در این صورت کوارک u به کوارک $\bar{u}$ تبدیل می‌شود و d به پوزیترون تبدیل می‌شود، آنچه از این فرایند باقی می‌ماند $u\bar{u}$ است

که یک مزون خنثی است و یک پوزیترون البته جالب است بدانیم x بسیار پر جرم و متناظر با یک میلیون میلیون پروتون است و برای توجیه آن از اصل عدم قطعیت استفاده می‌شود، یعنی اولاً فقط باید بین کوارک‌ها مبادله شود در فاصله 10^{-29}cm که در این صورت قابل اندازه گیری نخواهد بود. به هر حال با این ایده جدید توانستند وحدتی بین دو نیروی الکتروضعیف و هسته‌ای قوی پیدا کنند گرچه این نظریه به هر حال باید به بوته آزمایش در آید و به نحوی بتوان آن را اثبات کرد و ذرات گسیلی را ردیابی کرد.

خوب با عمر 10^{32} سال پروتون چه می‌شود کرد با اینکه از عمر جهان 10^{10} سال بیشتر نگذشته، می‌توان کار را به گونه‌ای دیگری دنبال بدین صورت که در جایی 10^{33} پروتون داشته باشیم لاجرم در هر سالی حدود ۱۰۰ واپاشی صورت می‌گیرد و جمع کردن این مقدار پروتون در یک جا خیلی جاگیر نیست به هر حال دانشمندان به دنبال این واپاشی‌ها و اثبات این وحدت هستند.

از طرفی ما بین در نظر وحدت میدانها و نیروها توانستیم به روش‌هایی به نیرو را با یکدیگر متحد کنیم حال فقط نیروی گرانش در این بین وجود دارد که می‌بایست در مورد آن فکری کرد، و اگر این میدان هم وحدت یابد می‌توان گفت که ایده کلی وحدت بزرگ تحقق پیدا کرده است.

انیشیتین در این راستا تا پایان عمر زحمت فراوان کشید تا شاید بتواند با اتحاد دو میدان الکترومغناطیس و گرانش راهی برای این موضوع بجوید ولی از آنجا که به دنبال این بود که از میدان گرانش یعنی نسبیت عام، میدان الکترومغناطیس را نتیجه بگیرد به



جایی نرسید، در همان زمان دانشمندی به نام کالوتزا با اضافه کردن بعدی به ابعاد فضا - زمان توانست این مسئله را به سرانجامی برساند. وی ما حاصل کار خود را برای انیشتین فرستاد و انیشتین از این ایده استقبال کرد ولی در نگرش کلی گویی چنان متقاعد بدین زمینه نشده بود.

کالوتزا در نظریه اش نمی توانست با اضافه کردن بعد پنجم به سیستم محاسباتی اتحاد بین همه نیروها را نتیجه می گرفت ولی در مورد حوزه ذرات، از میان ذرات می توانست از میدان بوزونها را نتیجه بگیرد ولی در مورد فرمیونها جوابی نداشت.

پس ما در یک مرحله ای قرار گرفته بودیم که نیمی از قضیه یعنی وحدت میدانها با اضافه شدن یک بعد محقق شده بود ولی در مورد ذرات هنوز با مشکل مواجه بودیم یعنی این تئوری باید باز هم اصلاح می شد، این ایده در ذهن خلجان می کند چگونه شد که ما برای بدست آوردن وحدت بین میدان الکتروضعیف و هسته ای، قائل به این قضیه شدیم؟

اگر چنانچه لپتونها و کوارکها یک ریشه داشته باشند، می توانیم مسئله را حل کنیم و کردیم، خوب در همین جا هم خوب است پیشنهاد دهیم که برای بیرون رفتن از این معرکه، فرض دیگری را امتحان کنیم این بار بگوئیم که فرمیونها و بوزونها هم از یک خانواده هستند و یک ریشه دارند خوب بوزونها ذراتی هستند که از قانون طرد پائولی تبعیت نمی کنند و دارای اسپین صحیح در حالی که فرمیونها از طرد پائولی بیرون می کنند و دارای اسپین عدد کسری هستند و شالوده جهان را می شناسند، ایده ای در این حال مطرح است که یک ابر ذره ای را در نظر بگیریم که در حالت های مختلف جلوات مختلفی از خود بروز می دهد گاهی به مثل بوزون عمل می کند و گاهی به شکل فرمیون، یعنی این ابر ذره برای همه ذرات وجود دارد هر چه شما در طبیعت ذره دارید چه فرمیون چه بوزون می بایست که زوجی هم داشته باشد اگر فرمیون است زوجش بوزون است اگر بوزون است زوجش فرمیون است، خوب مثلاً برای الکترون که از خانواده فرمیون هاست باید یک زوجی داشته باشد از خانواده بوزونها که زوج



آن را با « س » در اول ذره نشان می‌دهیم پس نامش سالکترون است، یا پروتون زوجی دارد به نام سپترون، کوارک، سکوارک و اما یوزون‌ها زوجشان با یک پس وند « و » مشخص می‌شود، فوتون می‌شود زوجش فوتونو یا گراوتیون، گراویتونو و همینطور خوب این نظریه می‌تواند رؤیای نظریه نهایی را محقق سازد ولی با یک عده ذرات مواجه می‌شویم که هنوز پیدا نشده‌اند.

این ایده که به ابر تقارن هم شهرت دارد از لحاظ ریاضی بسیاری از ناهنجاری‌ها را برطرف می‌کند وقتی در حوزه گرانش با فرض دو ذره گراوتیون و گراویتونو یعنی ذراتی که هم فرمیونی هستند و هم یوزونی می‌تواند حتی نسبت عام را نتیجه بگیرد، چرا که میدان گرانش و ذره مربوط به آن را می‌تواند توضیح دهد، که به اصطلاح به آن ابر گرانش می‌گویند.

تا حالا خوب پیش آمدیم به یک نظریه رسیدیم که هم مسئله وحدت میدانها و نیروها را حل می‌کند و هم می‌تواند ذرات بوزونی و فرمیونی را توضیح دهد اشکال کوچکی در اینجا وجود دارد که فقط باید آن حل شود که بتوانیم بگوئیم که به رؤیای نظریه نهایی رسیده ایم و آن همین رفع کردن معضل تعداد زیاد ذرات ناشناخته است این‌ها چیستند؟

گاوریل و نتریانو که برای وحدت بین نیروهای هسته‌ای قوی و الکترومغناطیس کار می‌کردند در طی کاوش‌های خود به معادلاتی برخورد کردند که این معادلات بسیار خوب می‌توانست در مورد فرایندهای داخل هسته و نیروی هسته‌ای قوی که بین کوارک‌ها قرار داشت توضیح دهد و حتی می‌توانست در مواردی اگر برخوردی هم وجود داشت ذرات بوجود آمده را توضیح دهد.

این معادلات، معادلات ریاضی دانی برای قرن ۱۸ یا ۱۹ میلادی به نام اوایلر بود، گوئی اوایلر معادلات « بتا » را برای این فیزیک نوشته بود، آنها این مسئله را در مقاله‌ای اعلام کردند، لئونارد ساسکیند در پی پژوهش روی این معادلات متوجه شد که گوئی این معادلات فیزیک ریسمانی در حالت ارتعاش و حرکت را بیان می‌کند پس این نتیجه



را حاصل کرد که علی رغم آنچه تصور می‌شد که ذرات بنیادین ذرات نقطه‌ای و بی بعدند ذرات دارای بعد هستند و حداقل یک بد مثل ریسمان دارند، وقتی این ایده ارائه شد ذرات به مثابه یک ریسمان یک بعدی در نظر گرفته می‌شد بدون جرم که کشش آن ریسمان‌ها جرم آن را تداعی می‌کرد ولی برای اینکه بتواند همه ذرات و همه موارد وحدت نیروها را شامل شود باید و علت وجود ذرات مختلف را توضیح دهد، احتیاج به ۲۶ بعد بود که این معضل بزرگی بود، در این نظریه به جای اجتماع عظیمی از ذرات بی معنی و بی مسما که در ابر تقارن ظاهر می‌شد، ریسمانی تعریف می‌شد که این ریسمان در هر ارتعاش بستگی به این که چه انرژی دارد می‌تواند ذره‌ای را خلق کند حتی در خود معادلات ریسمان ذره‌ای بدست می‌آمد که دارای اسپین z و از نوع بوزونها بود و جرم نداشت و این ذره همان گراوتیون بود که در ایده ذرات بنیادین برای گرانش پیش بینی می‌کردند پس نظریه به ریسمان هم می‌توانست وحدت نیروها را پاسخگو باشد و هم معضل ذرات را تا حدودی حل کند.

با منظور کردن ایده ابر تقارن در آن می‌توانست معضل ناهنجاریها را برطرف کند عده‌ای به این مدل جامع تر مدل ابر ریسمان می‌گفتند و در پی مطالعات و محاسبات، با منظور کردن اسپین در ریسمان‌ها توانستند ابعاد آن را تا ده بعد کاهش دهند، ریسمان‌ها به گونه‌های خاصی ظاهر می‌شدند عده‌ای آن را ریسمان دو سرباز، که سرباز آن را کوارک می‌گفتند و در آن برای رسیدن به هادرونها که از سه کوارک ساخته بودند ساختارهای y شکل در نظر می‌گرفتند جماعتی ریسمان‌ها را بسته بسان یک دایره در نظر می‌گرفتند که با ترکیب و گسسته شدن این دوایر ذرات مختلفی خلق می‌شدند، به هر حال نظریه ریسمان به گونه‌های مختلفی ارائه شد ولی مشکل آن این بود که شاید با این مدل میلیونها جهان را بتوان ساخت و پیدا کردن جهان ما در آن میان بسیار مشکل بود.

از طرفی مسائل دیگری چون مسئله ماده تاریک تورم و مسائلی مانند آن هنوز حل نشده بود، چگونه ممکن است که نظریه‌ای به نام وحدت بزرگ خوانده شود ولی



پاسخی به مسائل بنیادین چون وجود ماده تاریک، چرائی عدم یکنواختی کیهان یعنی چرائی به وجود آمدن کیهکشانها، و دلیل ابتدا و انتهای تورم هنوز مشخص نشده باشد. مشخص بود که نظریه ریسمان علی رغم اینکه جامع بسیاری از چراهای فیزیک است، اصلاحاتی لازم دارد، از سویی ابعاد بالاتر از سه بعد معضلی دیگر بود که حتماً می‌بایست بدان پاسخ داده می‌شد. در اصلاح نظریه ریسمان‌ها، نظری‌ای دیگر به نام نظریه M یا پوسته مطرح شد در نظریه پوسته به جای صحبت کردن از یک ریسمان یک بعدی، اساس عالم را سیستمی دو بعدی تصور می‌کردند که به جای استفاده از تار از پوسته در نظر گرفته می‌شد، نظریه M را می‌توان نظر جامعتری نسبت به نظریه ریسمان‌ها دانست.

چرا که با آنکه در یازده بعد وجود دارد بسیار سازگار است و از سوئی با لوله کردن یکی از ابعاد می‌توان دوباره به نظریه ریسمان دست یافت یعنی نظریه ریسمان زیر مجموعه نظریه M است با این تفاوت که، در نظریه ریسمان با مواجهه با ابعاد، مجبور بودیم بگوئیم آنها به گونه‌ای جمع و بسته شده اند، ولی در نظریه پوسته، لازم به مخفی کردن آن ابعاد در ابعاد پلانکی نبود بلکه می‌توان گفت که جهان مشهود ما پوسته‌ای است سه بعدی یا چهار بعدی که در یک بعدی شناور است، یعنی بعدی دیگر به اندازه بی نهایت بزرگ، چرا ما به آن بعد راه نداریم چرا که به پوسته سه بعدی خود چسبیده ایم نه تنها ما بلکه همه ذرات نوساناتی در همین جهان سه بعدی هستند و ما چیزی جز آنکه در این فضای سه بعدی هست نمی‌بینیم، سوال است آیا می‌شود ابعاد دیگر هم در حال نوسان باشند و ذراتی بیافرینند؟

بله، ذراتی که چون در قالب بعد ما نیستند قابل مشاهده نیستند، ما فقط رویه خودمان را درک می‌کنیم و ممکن است رویه‌های دیگری موازی با ما در ابعاد دیگری باشند در نظریه رویه یا همان پوسته، گرانش به عنوان یک ذره بنام گراوتیون مطرح نمی‌شود بلکه فرم دهنده به فضا نیز می‌باشد و مطرح می‌شود که گرانش می‌تواند از فضای سه بعدی به ابعاد بالاتر نشت کند و این عامل ضعیف شدن قدرت گرانش



خواهد شد و شاید چرا گرانش از سایر نیروها ضعیف تر است در همین نکته خلاصه شده باشد.

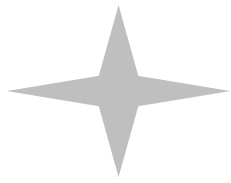
اما سوال اینجاست که این نشتی تا چه حد است؟

اگر می‌خواهد مقدار گرانش در جهان ما به همین میزان خطی باشد باید مقدار نشتی را چگونه در نظر بگیریم؟

دکتر نیما حامد ارکانی از دانشمندان جوان و ایرانی دانشگاه کمبریج در پاسخ این مطلب می‌گوید:

برای این مسئله می‌بایست بعد پنجم فقط یک میلیمتر با ما فاصله داشته باشد یعنی یک میلیمتر بالاتر از ذرات یک میلیمتر بالای سه بعد و بیشتر از یک میلیمتر فاصله‌های دورتر اثری از بعد پنجم را حس نمی‌کنیم.

گروه دیگری گفتند که اصولاً نشتی نباید در بین باشد بلکه فقط وقتی نشتی اتفاق می‌افتد که پوسته سه بعدی در جایی ترک بخورد و نشتی حاصل شود، و از سوئی عنوان داشتند که دلیل دیگری که می‌تواند با وجود نشتی عنوان کند که چرا گرانش از این که هست ضعیف تر نمی‌شود، می‌تواند وجود پوسته‌ای به موازات همین پوسته ما باشد که از آن گراوتیون نشت می‌کند و وارد پوسته ما می‌شود، در این تفسیر مسئله ماده تاریک را به گونه‌ای حل می‌کند که ممکن است کهکشانهایی در بعد پنجم وجود داشته باشند و به واسطه نشت کردن گراوتیون آنها روی پوسته ما تاثیر گرانشی گذاشته پس ما ماده‌ای را مشاهده نمی‌کنیم ولی اثرات گرانشی آن را احساس می‌کنیم، به این دیدگاه نباید به دنبال ماده تاریک در پوسته خودمان باشیم



آیا نظریه پوسته نظری برای تورم دارد؟

برای پرداختن به این موضوع ابتدا متذکر می‌شویم که پوسته‌هایی که در نظریه پوسته شالوده جهان را می‌سازند، این خاصیت را دارند که در مواردی به صورت لوله در بیایند و نقش ریسمان‌ها را بازی کنند، طبق همین خاصیت ممکن است که یک پوسته‌ای لول شده در ابعاد ریسمان در میان یک ریسمان حلقوی بسته شود و توان باز شدن نداشته باشد.

پاسخ دکتر کامران وفا بدین سوال مثبت است، طبق نظر دکتر کامران وفا، در لحظه بیگ بنگ جهان به صورت ۱۱ بعدی ظاهر شد ولی ابعاد مختلف چونان صفحه‌ای کاغذ لول شده که توسط طنابی بسته شده باشد به مثابه فتری که توسط ریسمان‌ها فشرده شده باشد خلق شدند، یعنی لحظه خلقت ابعادی فتر گون که توسط ریسمان‌ها مهار شده بودند خلق شد یعنی فضا تحت کمند ریسمانها قرار داشت و توان اتساع نداشت.

یعنی به عبارتی پوسته‌ها چون ریسمانی لول شده بودند و به دور هم تنیده شده بودند پس از مدتی ناگهان در پاره‌ای از این گره‌ها، ریسمان‌ها و پاد ریسمان‌ها با هم برخورد کردند و تعدادی از ابعاد ناگهان از کمند ریسمانها گریختند و به مثابه فتری باز شده شروع به اتساع کردند و گسترش یافتند ولی کماکان باقی ابعاد فضا در کمند ریسمان‌ها اسیر هستند، ریاضیاتی بس پیچیده بر این سیستم حکم فرماست که از عهده کامران وفا و سرکار خانم مریم میرزاخانی توپولوژی و هندسه آن قابل محاسبه بود.

توپولوژی خاص ریسمان‌ها، در هم تنیدگی آنها و ساختن ساختارهای چند بعدی، با ایده کامران می‌توان لحظه تورم را از لحاظ ریاضی محاسبه کرد، ریاضیاتی که بر اساس مکانیک کوانتمی و نسبیت ساخته شده بود، و تا حدی علت تورم مشخص بود ولی پایان تورم چگونه محاسبه شود جهانی که به صورت افسار گسیخته شروع به تورم می‌کند چه زمانی می‌تواند این تورم را متوقف کند؟ و به حالت هابلی باز آید؟ توقف تورم یعنی چه؟ یعنی ابعاد و فضا از انبساط بسیار شدید به حالت تعادل می‌رسد، چه چیز می‌تواند یک تورم شدید را مهار کند؟



اگر ریسمان‌ها باعث این تورم شده اند و ماده و فضا و زمان را به وجود آوردند. حتماً می‌توانند که آن را مهار کنند اگر و فقط اگر انرژی متقابل با آن انرژی که دفع کردند به وجود آوردند و یا چون فنر تا جایی خاص قدرت مانور آنها باشد و از آن به بعد توان و پتانسیل نداشته باشند.

همان طور که می‌دانیم در زمانهای اولیه یعنی در زمان 10^{-35} s تا 10^{-32} s بعد از بیگ بنگ تورم اتفاق افتاد و جهان از اندازه 10^{-25} m به اندازه 10^{-20} m رسید، یعنی حدود 10^{50} برابر بزرگ شد در مدت کوتاهی به این ابعاد گسترده شدند در فاز موسوم به فاز تورمی، اگر فرض را بر این قرار دهیم در حین این تورم ماده جرم دار خلق شده و تقارن شکسته شده و جاذبه کم کم اثرات گرانشی خود را نشان دهد، پس در همین زمانها بودند که در این فضا، نقاط گرانشی به وجود می‌آیند و این نقاط گرانشی شروع به جذب مواد کرده و از جذب این مواد تراکم زیاد و جاذبه و چگالی زیاد سیاه چاله‌هایی کوچک را می‌آفریند که دارای کشش زیاد و ارتعاش فوق العاده هستند و افق رویداد آنها را از سایر جاهای فضا زیاد می‌کند.

بعضی اعتقاد دارند اینها هم نوعی ابر ریسمان هستند که با نوسانات خود ذرات مختلف را در عالم می‌آفرینند و این ابر ریسمانها موجبات به وجود آمدن کیهانشانها و غیر یکنواختی چگالی عالم را فراهم نمودند، برای توضیح این مطلب می‌توان خاطر نشان کرد که در انفجار بیگ بنگ حباب‌هایی که مثابه همان پوسته‌ها هستند به وجود آمدند گویی جهان در حال کف کردن است حباب‌های بسیار ریز و زیاد محل اتصال این حباب‌ها به یکدیگر اگر نقطه‌ای بود، تک قطبی‌های مغناطیسی را می‌آفرید و اگر دو پوسته به هم بود ریسمان‌ها را شکل دادند، پس از دل پوسته‌ها ریسمانها پدید آمدند و ریسمان‌ها به هم متصل شدند و مواد را آفریدند و مواد منجر به بوجود آمدن سیاه چاله‌ها شدند و سیاه چاله‌ها ابر ریسمان‌ها را آفریدند و ابر ریسمانها چشمه‌های تشکیل مواد شدند و کیهانشانها را به وجود آوردند، پس می‌توان، نظر دکتر کامران وفا را به این گونه بازنویسی کرد که



"در انفجار بیگ بنگ، حباب‌ها و پوسته‌هایی خلق شدند چونان کف در حال جوشش بودند که حباب‌های واحد در نقاط اتصال خود بهم بستگی به نوع اتصالشان در نقاط مماس تک قطبی‌های مغناطیسی و ریسمان را پدید آوردند، حالا این ریسمان‌ها بودند که میزان بزرگ شدن و تورم این حباب‌ها یا پوسته‌ها را مشخص می‌کردند از میان تمام حباب‌ها گرفتار در کمند ریسمانها، حبابی این ویژگی را پیدا کرد که از کمند ریسمان‌ها خارج شود و متورم شود، و انبساط پیدا کند، سایر ابعاد در حباب‌ها گرفتار شدند، در انبساط این پوسته و تمامی آن با سایر حبابها، ریسمانهای جدید خلق شدند و مواد را به وجود آمدن گرانرش توده‌های سیاه چالی که با تراکم به ابر ریسمان‌ها شدند به وجود آمدند و این ابر ریسمان‌ها کهکشانش را پدید آوردند، این سیاه چاله‌های کوچک قبلاً توسط هاوکینگ هم معرفی شده بودند."

هاوکینگ کسی است که ثابت کرد که سیاهچاله‌ها باید تبخیر شده و تابش انرژی ضعیفی را از خود منتشر کنند که به مرور زمان کوچک شده و در نهایت به ابعاد یک ذره زیر اتمی بدل می‌شوند، نظریه ریسمان‌ها دوباره مسئله سیاهچاله‌های کوچک را مطرح کرد. این تابش به نوبه خود دارای دمائی خاص است که به مساحت افق رویداد یک سیاهچاله متناسب است هاوکینگ نسخه‌ای از این معادلات را ارائه داد. به هر حال یک نسخه دقیق از این نتیجه نیاز به استفاده از قدرت کامل مکانیک آماری دارد. بر اساس شمارش حالات کوانتومی سیاه چاله‌ها،

اما چگونه می‌توان حالات کوانتومی یک سیاهچاله را شمارش کرد؟

در نظریه انیشتین سیاه چاله‌ها بسیار آرام هستند پس شمردن حالات کوانتومی آنها بسیار مشکل است دکتر کامران وفا در مشکل هم به کمک هاوکینگ می‌آید. دکتر وفا به دنبال همزادی برای سیاه چاله‌ها گشت تا کار را آسان کند همان طور که یک الکترون همزاد یک تک قطبی مغناطیسی تلقی می‌شود.

تنها با آزمایش کردن یک الکترون در یک میدان الکتریکی ضعیف که کار ساده‌ای است می‌توان یک تک قطبی که در میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گرفته است را



مورد تحلیل قرار داد. پس وی با انجام مجموعه‌ای از عملیات ریاضی توانست نشان دهد که همزاد سیاه چاله‌ها مجموعه‌ای از پوسته‌های یک بعدی یعنی ریسمان و پنج بعدی هستند.

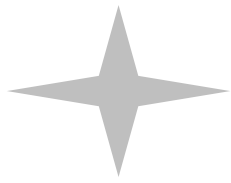
کامران وفا حالات کوانتمی سیاه چاله را محاسبه می‌کرد. متوجه شد که پاسخ به دست آمده به دقت نتایج هاوکینگ را مجدداً استخراج می‌کند.

پس ما طبق همین نظریه‌ها علاوه بر اینکه توانستیم از وحدت نیروها صحبت کنیم توانستیم دربارهٔ ذرات، ابر تقارن، و حتی به وجود آمدن تورم و پایان آن و حتی، چرا جهان یکنواخت نیست صحبت کنیم.

وقتی ایده‌هایی هم دربارهٔ ماده تاریک داریم، نظریه پوسته مشکلی که با آن دست و پنجه نرم می‌کند، در مورد ابعاد مختلفی است که در آن وجود دارد مثلاً بعد پنجم را چگونه درک بکنیم همان طور که گفته شد برای درک آن و توجیه علت افت بیش از حد نیافتن گرانش در اثر نشتی گراوتیون نیما حامد ارکانی ایده وجود این بعد در یک میلیمتری ما را بیان کرد، که برای آزمایش آن کفایت قوانین چون، قوانین نیوتون را در فاصله یک میلیمتری از ذرات تحقیق کنیم اگر انحرافی در آن دیده شد خوب این نظر می‌تواند درست باشد والا باید به دنبال نظری دیگر گشت.

عده‌ای هم ایده جهان هولوگرام را دادند یعنی جهانی که مانند صفحات هولوگرام که در واقع دو بعدی هستند ولی با اصابت نور به آنها و پراش نور حالتی سه بعدی به خود می‌گیرند و سه بعدی به نظر می‌آیند طبق این نظر جهان در اصل همان چهار بعدی است که حکایت از بعد دیگری می‌کند به نام بعد پنجم یعنی قوانینش برای چهار بعد نوشته می‌شود ولی پنج بعدی به نظر می‌رسد این مبنا هم بر اساس ایده هاوکینگ است که مدعی است که ما از مطالعه فقط سطح یک سیاه چاله می‌توانیم پی به درون حجم آن ببریم

مثل این است که ما از روی سطح و جلد یک کتاب به محتوای آن پی ببریم این چیزی نیست به جز هولوگرام و ایدهٔ مربوط به آن یعنی اگر ما فرض را بر این بگیریم



که جهان ما یک سیاهچاله باشد و سیاهچاله هم اطلاعات ذخیره شده درون آن متناسب با مساحت افق رویداد آن پس لاجرم اطلاعات جهان ما متناسب با مساحت رویداد یعنی تمام اطلاعات موجود در جهان ما می‌تواند در روی یک سطح منعکس باشد و فقط با مطالعه همان سطح شما به محتوای آن پی خواهید برد.

شاید اینجا این سوال پیش بیاید مگر از سیاه چاله هم می‌توان اطلاعات بدست آورد؟

هاوکینگ در نظریه نشت اطلاعات علی رغم اینکه در پاره‌ای از زمان این ایده را قبول نداشت و معتقد بود که اطلاعات در نزدیک سیاه چاله از بین می‌رود، بعد از زمانی از این ایده خود عدول کرد و مسئله نشت اطلاعات از درون سیاه چاله را مطرح کرد.

در درون ابر ریسمان‌های کیهانی که تولید ماده و ذرات صورت می‌گیرد علاوه بر ذرات پاد ذرات هم به وجود می‌آیند، ذرات به خارج سیستم منتقل شده و پاد ذرات به درون سیستم وارد می‌شوند و با مواد داخل سیاه چاله ترکیب می‌شوند و عامل تبخیر شدن سیاه چاله می‌شوند، و به همین گونه در سیاه چاله‌های معمولی چنین حالتی با تولید زوج در نزدیک افق رویداد منجر به تبخیر سیاه چاله می‌شود، و همین تبخیر موجبات نشت اطلاعات را به وجود می‌آورد.

مثلاً اگر چیزی به داخل سیاه چاله نفوذ کند، همان طور که دیده شد سیاه چاله تابش می‌کند، و این تابش یعنی نشت اطلاعات، و هر چیز دیگری که این نشت را به گونه‌ای مختل کند، باز نشت اطلاعات قلمداد می‌شود.

به هر حال برای این منظور ایده‌های زیادی مطرح می‌شود. حال با این تفاسیر سیری در تکوین عالم می‌نمائیم تا ببینیم که چگونه کیهان به وجود آمده است.

اکنون سیر و سفر خود را با به عقب برگشتن در زمان دوازده هزارم ثانیه اولین ثانیه پس از انفجار آغاز میکنیم ممکن است که این بازه، بازه زمانی بسیار کوتاهی به نظر بیاید ولی در مقیاسی که درباره آن صحبت می‌کنیم زمانی بس طولانی است، در این



زمان آنچه که دوره کوآرک نامیده می‌شود تازه پایان پذیرفته بود و هادرونها برای اولین بار کم کم به عالم وارد می‌شوند. در دوره کوآرک هیچ هادرونی وجود نداشت، فقط مؤلفه‌های هادرونها یعنی کوآرکها موجود بودند. در این زمان کوآرکها محبوس نبودند حبس شدگی در جریان تغییر فاز و کاهش دما اتفاق افتاد، کوآرکها و پاد کوآرکها برای تشکیل مزونها کنار هم قرار داشتند و سه تایی‌هایی از کوآرکها برای تشکیل بار یونها گرد هم آمدند.

در یک لحظه همه کوآرکها از بین رفتند و آنچه باقی ماند هادرونها بودند. البته در این مرحله لپتونها موجود بودند،

با سفر به زمان عقبتر از دوره کوآرکها به زمان 10^{-10} ثانیه به دوره الکتروضعیف وارد می‌شویم انرژی در حدود 100 GeV است، قبل از این زمان نیروهای الکترومغناطیسی و ضعیف به صورت یک میدان الکتروضعیف وحدت یافته بودند پس از تغییر فاز و کاهش دما آنها از هم شکافتند و از هم متمایز شدند در خلال دوره الکتروضعیف فقط سه نوع نیروی متمایز وجود داشت، الکتروضعیف، هسته‌ای قوی و گرانش، با ادامه سفر در جهت عکس زمان از دوره الکتروضعیف می‌گذریم و سرانجام به دوره GUT می‌رسیم. تغییر فاز این سیستم دقیقاً در 10^{-35} ثانیه اتفاق افتاد در این مرحله انرژی مقدار 10^{16} GeV است، قبل از وارد شدن به این فاز میدانهای الکتروضعیف و قوی میدان واحدی بودند، اما همین که انرژی از 10^{16} GeV کمتر شد میدان قوی جدا شد.

در خلال این دوره ذرات x در حالت قبل از همجوشی حضور داشتند ولی در این دوره ناپدید شدند سرانجام در زمان 10^{-43} ثانیه بعد از بیگ بنگ به دوره پلانک می‌رسیم انرژی این دوره برابر 10^{19} GeV است. ما در مورد این دوره تقریباً چیزی نمی‌دانیم

آیا نظریه پوسته جوابی برای تورم دارد؟

دکتر کامران وفا به این پرسش پاسخ می‌گوید:



دکتر کامران وفا اذعان می‌دارد که انفجار بیگ بنگ جهان به طور یکنواخت به وجود آمد، در این فرایند ابعاد چهار گانه به سرعت رو به انبساط گذاشتند ولی ابعاد دیگر به وسیله ریسمان‌ها به شدت بسته شده، و نمی‌تواند باز شود و به مثابه فنری فشرده شده است که اگر به هر علت این ریسمان باز شود گوئی فنری ناگهان آزاد شده و شروع به نوسان می‌کند.

نسبیت عام، نظریه‌ای که به ما می‌گوید فضا زمان در انرژی‌های بالا چگونه است معتبر نیست و ما به دنبال گونه کوانتیده‌ای از نسبیت عام می‌گردیم که این دوره را توضیح دهد.

پس بنابراین نظریه در لحظه بیگ بنگ، جهان از کف‌های فضا زمانی که پوسته‌های چند بعدی بودند تشکیل شد یعنی نقطه اولیه بیگ بنگ را همین کف‌ها معرفی می‌کند، که فیزیک آنها آشکار نیست، و درباره چرائی بوجود آمدن آنها، نظریه خلقت از عدم را مطرح می‌کنند.

اما عدم و هیچ چیست؟

در مباحث فیزیک کوانتمی اصل عدم قطعیت عنوان می‌دارد که هیچ گاه نمی‌توان در یک زمان به طور قطعی مشخص کرد که انرژی جنبشی و پتانسیل چه میزان است، اگر یکی از آنها قطعاً مشخص باشد دیگری قطعاً نامشخص است در بدو عالم در هنگامی که هنوز ذراتی به وجود نیامده اند، قطعاً می‌دانیم که چون ذره‌ای نیست و جرم برابر صفر است پس قطعاً انرژی جنبشی صفر است، خوب این قطعیت عدم قطعیت انرژی پتانسیل را به همراه دارد یعنی با آنکه انرژی جنبشی وجود ندارد ولی انرژی پتانسیل صفر نیست و مقداری نامعین دارد.

وجود انرژی نامعین انرژی پتانسیل، این امکان را می‌دهد که در بازه‌های زمانی که خود عدم قطعیت تعیین می‌کند، زوج ذراتی ظاهر شوند و دوباره با هم پیوند خورند و به انرژی یعنی میدان تبدیل شوند، پس بدین فرض همان انرژی پتانسیل غیر معین



حکایت از وجود میدانی مشحون را دارد که در مواردی ذرات از آن بیرون آمده و دوباره بدان باز می‌گردند.

در این مرحله جهان در فاز خلاء بوده، یعنی فازی که در آن کمینه انرژی، که کمینه انرژی خلاء کاذب بوده نه خلاء واقعی، گوئی آبی در پشت سدی جمع شده و همه فکر می‌کنند که اینجا دریاست در حالی که اگر سد ناگهان بشکند، آب با انرژی زیادی به سوی دریا که کمینه انرژی است برای پایداری پایداری بیشتر سرازیر خواهد شد، پس از مدتی جهان با سرد شدن و انبساطی که به دلیلی پیش آمده وارد فاز دیگر می‌شود که این سد و خلاء کاذب می‌شکند و انرژی به سدی انرژی پایداری در جریان قرار می‌گیرد و در این تغییر فازها مواد دیگری خلق می‌شوند می‌توان این گونه گفت هر کدام از فازها به منزله یک خلاء کاذب است

و در جریان یخ زدگی یا سرد شدن یا انبساطی اتفاق می‌افتد، عالم از خلائی وارد خلاء دیگر می‌شود و تا به حالت حال حاضر وارد می‌شود، پس در مرحله اول یعنی خلاء کاذب اولیه، انرژی جهان از مرتبه 10^{19} GeV به بالا بوده و حبابها و اصطلاح پوسته‌های چند بعدی خلق شده اند در این مرحله حالتی بوده که وحدتی بین میدانها وجود داشته و چهار نیرو با هم متحد بودند و فضا و زمان در یک فاز کوانتومی بوده و نسبت عام به صورت کوانتومی تعبیر می‌شده است. 10^{19} GeV به پائین جهان وارد یک خلاء کاذب دیگری می‌شود که در این خلاء کاذب، گرانش از سه نیروی دیگر تفکیک می‌شود و امکان حضور ذرات x وجود دارد، و از عمر جهان از مرتبه 10^{-35} ثانیه گذشته بوده است، تا مرحله 10^{-32} ثانیه به بعد انرژی به حدی می‌رسد که تقارنی دیگر شکسته شده و در این مرحله نیروی هسته‌ای از سایر نیروها جدا شده و در این مرحله است که کوارک‌ها شکل گرفته و تورم متوقف شده و هسته‌های عناصر شکل می‌گیرند اندازه جهان از 10^{-25} m به اندازه 10^{25} m افزایش می‌یابد.

خلقت از عدم

مساله خلاء:

آغاز قرن بیستم با اعوجاجات خاصی در علوم قرن نوزدهم و مفاهیم مکانیک نیوتونی همراه بود.

تا قبل از آن، مکانیک نیوتونی با قدرتی بلامنازع در عرصه فیزیک حرکت می کرد و تمام مفاهیم ماکروسکوپی در حد مشاهدات را با قدرت عظیمی حل و پیش بینی می کرد، به طوری که بعضی از بزرگان فیزیک عنوان می داشتند که پس از کشف ماکسول مبنی بر اتحاد میدان الکتریکی و مغناطیسی دیگر مساله ای قابل کشف در فیزیک وجود ندارد، و فیزیکدانان می بایست دقت مشاهداتشان را زیاد کنند.

در آغاز قرن بیستم مشخص شد گرچه فیزیک نیوتونی در حل مسائل بسیار قوی عمل می کند ولی همچنان در حل سرعت های نزدیک به سرعت نور و ابعاد اتمی با چالش های مهمی گریبان گیر است و آغاز قرن بیستم همراه با ظهور دو دیدگاه متفاوت در فیزیک بود.

یکی دیدگاه نسبیتی و دیگری دیدگاه کوانتمی، در اینجا در مورد دیدگاه کوانتمی اشاراتی را می کنیم.

دیدگاه کوانتمی با مدل سازی ماکس پلانک برای مساله تابش جسم سیاه مطرح شد.

در این نگاه پلانک متوجه شد که اگر مفهوم انرژی در سیستم را نه به صورت پیوسته بلکه به صورت گسسته و مضربی از کمیتی خاص در نظر بگیریم مدل مطلوب حاصل می شود، و تابش جسم سیاه مدل سازی می شود این مهم با روشها و تجربیات سایر اندیشمندان نظیر آلبرت انیشتین، کمپتون و میلیکان در سطوح مختلف تایید شد و



فیزیک کوانتم پا به عرصه گذاشت، بعدها بوهر در توضیح اینکه علی رغم پیش بینی ماکسول که عنوان می‌داشت الکترونها با گردش حول هسته اتم، دستخوش گسیل امواج الکترومغناطیس و در نتیجه کم شدن انرژی شده و می‌بایست در هسته با حرکتی مارپیچ سقوط کنند.

پس اثبات اتم پایدار امری ناممکن بود، بوهر با بهره گیری از مساله گسسته بودن توزیع انرژی توانست پایداری اتمها را توضیح دهد به این گونه که اگر چنانچه الکترونها فقط و فقط دارای انرژی خاص باشند که در حالت کمترین انرژی باشد، می‌توانند اتم پایدار را تشکیل دهند و این حالت پایه اتمی است و هیچ گونه گسیل امواجی هم در آن وجود ندارد.

و الکترونها می‌توانند با گرفتن انرژی معینی از تراز به تراز دیگر جهش کنند که در این جهش‌ها اگر از تراز بالا به پایین باشد، انرژی آزاد و بالعکس انرژی کسب می‌کنند، و این تابشها را بوهر اندازه گیری کرد و جالب اینکه دقیقاً با تابشهای تجربی اتمی هیدروژن موافق بود و این یعنی پیروزی مکانیک کوانتمی.

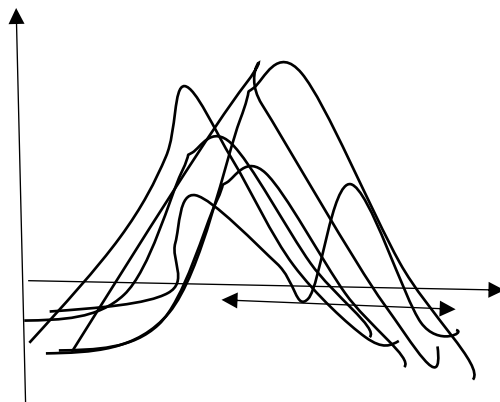
در ادامه با پیشنهاد دوبروی بر این اساس که فوتونها و الکترونها، خاصیت دوگانه موج - ذره‌ای دارند و در پاره‌ای از مشاهدات به صورت ذره خود را نشان می‌دهند و در پاره‌ای دیگر موج، مثلاً ذره‌ای بودن نور در آزمایش فوتوالکتریک انیشتین یا کمپتون اثبات شد.

ولی در همان حال در آزمایش دو شکاف، نور خاصیت موجی خود را نشان داده و فرانژهای تاریک و روشن در عبور از دو شکاف در پرده پس زمینه مشاهده می‌شود که نشان از روند تداخلی طول موجهای سازنده و ویرانگر موجهای نورانی دارد.

دوبروی این خاصیت را در معادله $\lambda = \frac{h}{p}$ نشان می‌دهد که λ طول موج نور مطلوب، p اندازه حرکت هر فوتون و h ثابت پلانک است، که همین ثابت پلانک مسئولیت کنترل انرژی را در جهان بر عهده دارد، و پیمانۀ انرژی از مرتبه 10^{-32} می‌باشد این پیشنهاد دوبروی و لزوم نگرش دوباره به ذرات، از آنجا که این پیشنهاد مخصوص



فوتونها بلکه شامل الکترونها، اتمها و مولکولها و... می‌شد، شوردینگر را بر آن داشته که ذرات را متشکل از تجمع امواج بدانند که با ترکیب با هم، و با استعانت از معادلات فوریه، مقداری بیشینه از نظر تداخلی و یا به عبارتی بیشترین مقدار چشمداشتی را برای ذرات شامل شود.



و مکانیک موجی را مطرح نماید در این نگرش خاص الکترون به صورت موج - ذره در اطراف یک هسته اتم هیدروژن بود پس انرژی این موج به گونه‌ای بود که می‌بایست در اطراف هسته

با مضربی خاص از $\hbar$ حضور داشته باشد و اگر مقدار این موج این اندازه نبود از بین می‌رفت. از طرفی هایزنبرگ به گونه‌ای دیگر که به مکانیک ماتریسی شهرت داشت به کوانتم نگاه کرد، که در حوصله این مقاله نمی‌گنجد ولی آنچه از مکانیک ماتریسی هایزنبرگ مطلوب ماست اصل عدم قطعیت است که به صورت دو حالت

$$\Delta p \times \Delta x = \hbar \text{ و } \Delta E \times \Delta t \approx \hbar$$

مطرح می‌شود، که در این دو اصل اشاره می‌شود که کمیت‌های فوق الذکر به هیچ عنوان نمی‌توانند هم زمان اندازه گیری شوند یعنی امکان ندارد که میزان اندازه حرکت و مکان ذره هم زمان با دقت تام اندازه گیری شود برای توضیح آن از معادله دوبروی استفاده می‌کنیم فرض کنید



$\lambda = \frac{h}{p}$ ملاحظه می‌شود که λ طول موج، و $(mv=p)$ اندازه حرکت ذره اند اگر بخواهیم جایگاه یک ذره یعنی جرم و سرعت آن را بدست آوریم پس نمی‌توانیم λ یعنی حالت موجیت را بدست آوریم و اگر بخواهیم λ یا طول موج را دقیق مشخص کنیم پس لاجرم ذره را به عنوان جایگزیده بودن از دست داده ایم پس امکان ندارد که هر دو را در یک زمان بدست آوریم.

این خاصیت در مورد ΔE و Δt هم هست، یعنی در پاره‌ای از زمان که از فرمول $\Delta E \times \Delta t \approx \hbar$ حاصل می‌شود می‌توانیم قانون بقای انرژی را نقض کنیم، انرژی‌هایی از ذرات در وقتی که پذیرنده و آشامنده هم داشته باشند گسیل می‌شود البته در بازه‌ای از زمان که عدم قطعیت بدان اشاره می‌کند، و همین گسیل‌های ذرات و پرتوها عامل اصلی انتقال نیرو بین ذرات محسوب می‌شود پس در اینجا می‌خواهم بگویم که در مساله خلاء در مکانیک کوانتومی ریشه در مساله اصل عدم قطعیت دارد.

و اما مساله خلاء:

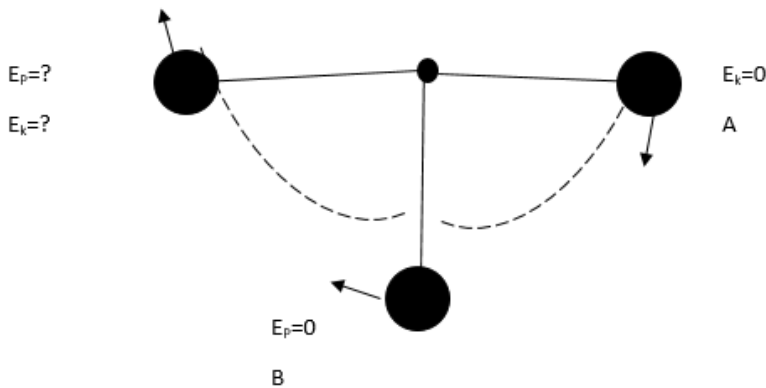
منطقه‌ای از فضا مثلاً به اندازه یک مترمربع را در نظر بگیرید، که این منطقه را از همه ذرات خالی کردیم از همه ذرات و هیدروژن، آیا این منطقه خلاء است، از دید مکانیک کوانتومی، خیر، چرا؟

طبق اصل عدم قطعیت داریم که امکان ندارد هم زمان یکی از دو عامل یعنی ذره و موج وابسته به آن دقیقاً جایگاه و طول موجش مشخص باشد، در فرض مذکور از آنجا که اندازه حرکت ذره به هر دلیلی صفر است پس دقیقاً معین است نمی‌شود λ و در نتیجه انرژی دقیقاً صفر باشد چون اصل عدم قطعیت نقض می‌شود پس مقداری برای انرژی در این حالت باید وجود داشته باشد ولی نامعلوم، که به این حالت انرژی نقطه صفر می‌باشد.

حالا این مساله را می‌توان در مورد اتمها بسط داد، فرض کنید که در یک سیستم اتمی که اتمها کنار هم قرار گرفته اند بخواهید جایگاه یک اتم را دقیق مشخص کنید لاجرم انرژی آن دقیق مشخص نمی‌شود، یعنی هر قدر به سوی اینکه اتم را دقیق



مشخص کنیم باز هم در آن حالت انرژی ارتعاشی آن نامعین است ولی وجود دارد و لرزشی را ایجاد می‌کند پس امکان رسیدن به دمای صفر مطلق که ارتعاشی در اتمها نباشد وجود ندارد مثالی از این مطلوب این است که آونگی را در نظر بگیریم که اصل عدم قطعیت در آن جریان دارد به این مفهوم که امکان ندارد که میزان انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل آن را به گونه‌ای بدست بیاوریم که هم زمان هر دو معین باشد، پس در این حالت



پس لاجرم در حالت A که مقدار $E_k=0$ است E_p غیرقابل اندازه گیری دقیق و در حالت B که $E_p=0$ است E_k غیر معین است، اگر این آونگ را در حالتی در نظر بگیریم که از نقطه‌ای آویزان است و حرکتی ندارد پس لاجرم میزان انرژی پتانسیل آن معین است پس در این حالت میزان انرژی جنبشی آن نامشخص است بنابراین در حالت تعادل $KE+PE$ مقدار کمترین وجود دارد که به انرژی نقطه صفر معروف است. پس دمای صفر مطلق به این معنی که در آن مکان جسم ثابت و انرژی صفر باشد وجود ندارد.

نکته چشمگیر این است که این برای ابعادی متناهی از فضا حتی اگر هیچ ماده‌ای در آن نباشد، صدق می‌کند. نتیجه اینکه نقطه نامتناهی از فضا اگر خالی، خالی هم باشد باز هم مملو از انرژی



خواهد بود، همه حجم‌های متناهی به هر اندازه که باشند در معرض افت و خیزهای انرژی خواهند بود.

در دیگاه مدرن خلاء حالتی است که در آن مقدار انرژی به کمترین مقدار ممکن می‌رسد، یا حالتی است که دیگر نمی‌توان از آن انرژی بیرون کشید. در اصطلاح علمی به این حالت خلاء حالت پایه می‌گویند.

آیا خلاء و انرژی پایه آن امری حقیقی است؟

برای اثبات انرژی انباشته در خلاء فردی به نام کازیمیر آزمایشی به این صورت طراحی کرد:

که دو صفحه فلزی موازی از هم را در نظر بگیرید که در خلاء قرار داده ایم این دو صفحه را به اندازه زیادی به هم نزدیک می‌کنیم میزان جاذبه‌ای که از جاذبه گرانشی بین این دو صفحه به دست می‌آید را می‌دانیم اما نیرویی که دو صفحه به هم وارد می‌کنند بسیار بیشتر از مقدار



از جاذبه گرانشی است.

چون دو صفحه فلزی است فقط امواجی الکترومغناطیس مجاز به حضور در این منطقه می‌باشند که مضرب صحیحی از تعداد دقیق طول موج‌ها باشند.

مانند سیمی که در ویالون به دو تکیه گاه محکم بسته شده است، پس سایر طول موجها حذف می‌شوند در صورتی که سایر طول موج‌ها در خارج این دو صفحه قرار دارند، پس فشار انرژی در بیرون از صفحات بسیار بیشتر از بین دو صفحه است پس این فشار با قدرت دو صفحه را به هم نزدیک می‌کند.

مکانیک کوانتمی بزرگی این نیرو را پیش بینی می‌کند مقدار این نیرو نسبت مستقیم دارد با ثابت کوانتمی پلانک یا $\hbar$ ، سرعت امواج الکترومغناطیسی یا C نسبت عکس دارد با توان چهارم فاصله میان دو صفحه یا d^4 ، پس لاجرم اگر فاصله را زیاد کنیم این نیرو حذف می‌شود و در فاصله‌های نزدیک افزایش می‌یابد و قابل اندازه گیری است

$$\begin{cases} f \times h, f \times c, f \times \frac{1}{d^4} \\ f \times \frac{hc}{d^4} \end{cases}$$

این نیرو سنجیده شده، این اثر اثبات شده و مفهوم انرژی نقطه صفر در فضای تهی تصدیق شده است. اثر کازیمیر می‌گوید که تغییر در انرژی نقطه صفر کمیتی واقعی و سنجش پذیر است حتی اگر خود انرژی صفر در دست نباشد.

با آنکه این انرژی مقدارش قابل محاسبه نیست ولی اثرات ناشی از آن در بعضی از ذرات گذرنده از میان آنها قابل اندازه گیری است، مثلاً فرض کنید الکترونی جایگزیده در یک اتم هیدروژن که میزان طیف‌های آن با تکنیک‌های دقیق قابل محاسبه است در اثر گذر از میان این دریای انرژی دچار تشویش و نوسان می‌شود که با بررسی طیفهای خاص این الکترون می‌توان میزان خاص ارتعاش مطلوب از این گذرها را بدست آورد.

الکترونی در حال حرکت وقتی حرکت نقطه صفر خلاء میدان‌های الکترومغناطیسی را حس کند به آهستگی شروع به لرزش می‌کند برای آشکارسازی این موضوع احتیاج



به مرجعی سنجش پذیر داریم و الکترونی محصور درون اتم هیدروژن برای این منظور خوب است

کافی است که نشان دهد خلاء با تهی بودن، فاصله زیادی دارد الکترون درون اتم هیدروژن با سرعتی حدود یک درصدی سرعت نور حرکت می‌کند.

طیف هیدروژن نشان می‌دهد که با پرش الکترون در میان مدارهای اتمی، انرژی تغییر می‌کند، تفاوت‌های انرژی‌ها میان سطوح مختلف به صورت انرژی نوری که در خطوط طیفی ظاهر می‌شوند خود را نشان می‌دهند.

روش‌هایی که در جنگ جهانی دوم در علم رادار ابداع شد، پس از جنگ به فیزیک دانان امکان داد که انرژیهای طیفی و به روش استنتاج، انرژی الکترون‌ها را تا دقتی به اندازه یک در میلیون اندازه گیری کنند. این منجر به کشف " انتقال کم " شد که به نام ویلیس کم، نامگذاری شد، این انتقال با آنچه مکانیک کوانتمی پیش بینی می‌کند همخوانی دارد.

✱ ارتباط بین علم مکانیک کوانتمی و نسبیت

تا به حال ارتباط بین مکانیک کوانتمی و نسبیت و گرانش با اصولی پایدار و با صلابت صورت نگرفته اما آنچه مسلم است در زمانی که جهان در ابعادی حدود 10^{-32} m در لحظات $t = 10^{-43}$ s بوده ارتباطی تنگاتنگ بین تار و پود عالم یعنی فضا و زمان و مکانیک کوانتمی و اصول عدم قطعیت بوده و این اصول عدم قطعیت هم به گونه‌ای خود را در این تار و پود نشان می‌داده عالم را چو کفی در حال تبخیر یعنی تغییر فاز نشان می‌داده حبابهایی که فاز تورمی عالم را وارد فاز هابلی می‌کنند.

توافق عمومی وجود دارد که خلاء کوانتمی جایی است که هر آنچه امروز می‌شناسیم از آنجا آمده حتی ماتریس فضا - زمان و این خلاء پر جوش و خروش اشارات عمیقی دارد که به درک ماهیت خلقت از عدم کمک می‌کند.

پایداری ماده و نظم تناوبی در جدول مندلیف همه به سبب این حقیقت است که الکترون‌ها از یک قانون بنیادین مکانیک کوانتمی به نام اصل طرد پائولی پیروی می‌کند،



هیچ دو الکترونی ممکن نیست که یک سطح از انرژی کوانتومی را در آن واحد اشغال کنند. این یعنی چه؟

اگر شما الکترون را یک ماتریس در نظر بگیرید که هر مؤلفه آن ماتریس حالتی از الکترون را در انرژی خاصی نشان بدهد، پس از آنجا که جواب کوانتومی مسأله الکترون مجموع این حالات ممکن می‌باشد لاجرم یک الکترون تمام حالات ممکن در آن واحد می‌باشد، و همه حالات کوانتومی خود را اشغال کرده پس الکترون همه این حالات کوانتومی است. نظیر اینکه بگوییم لیوانی پر از آب داریم پس آب همه لیوان را پر کرده است اگر بخواهیم لیوان آب دیگری تهیه کنیم امکان ندارد که آن لیوان جایگاه فضائی این لیوان را پر کند پس هر لیوانی جایگاه خاص خود را دارد، پس هر الکترون مجموعه‌ای از حالات الکترونها در حالت‌های کوانتومی مختلف است که از $+\infty$ تا $-\infty$ را در بر می‌گیرد.

با این تفاوت که هر حالات کوانتومی متعلق به الکترونی خاص است نظیر اینکه ما انسانی را در نظر بگیریم که از کل حالات در کل طول زندگی تشکیل شده، شده است و وی کل زمان زندگیش را در حالات مختلف پر کرده است، آیا در صورت مردن وی کسی جایگزین وی می‌شود، مسلماً این طور نیست چرا که این حالات متعلق به یک انسان است که تکرارناپذیر است، پس امکان ندارد دو انسان در یک زمان یکی باشند پس این مسأله درباره الکترونها هم صادق است، امکان ندارد دو الکترون در آن واحد حالات کوانتومی مشابه را اشغال کنند، کما اینکه مسأله زمان هم در کوانتم مفهوم کلاسیک آن را ندارد.

از طرفی طبق نظریه دیراک در مورد خلاء در مورد وجود پادذرات این نکته مهم است که در ماتریس حالات مختلف الکترونی با تابع حالت الکترون، خود حالتی که الکترون در آن قرار گرفته هم موضوعیت دارد یعنی اگر اصلاً الکترونی هم در کار نباشد حالات متعلق به آن در همان بازه وجود دارد گرچه آن از بین رفته است ولی به گونه‌ای دیگر خود را نشان می‌دهد که به آن پاد الکترون می‌گویند، مثلاً اگر آب درون



لیوانی الکترون باشد لیوان آن پاد الکترون است که اگر الکترون حالات خود را از انرژی مثبت پر می‌کند لیوان آن که تهی از الکترون است دارای انرژی منفی می‌باشد اما با همان حالات انرژی الکترون پس پاد الکترون، هم جرم و انرژی با خود الکترون است ولی با بار مثبت اگر الکترون را با بار منفی فرض کنیم،

به پیشنهاد دیراک خلاء خالی نداریم: از نظر دیراک خلاء انباشته از تعداد بی شماری الکترون است که انرژی‌های تکی شان همه مقادیر از منفی تا بی نهایت تا بیشترین مقدارها را در بر می‌گیرند. این دریای ژرف و آرام همه جا حضور دارد و تا زمانی که چیزی آرامش آن را بر هم نزند کسی متوجه وجودش نمی‌شود این حالت را حالت عادی یا حالت پایه می‌گویند که سطحی است که همه انرژیها نسبت به آن سنجیده می‌شوند سطح دریای دیراک انرژی صفر را تعریف می‌کند

اگر طبق معادله معروف انیشتین $E = mc^2$ ، جرم را به صورت $m = \frac{E}{c^2}$ تعریف کنیم پس به هر انرژی می‌توان جرمی را نسبت بدهیم، اگر چنانچه جرم یک الکترون $m_{e-} = \frac{E}{c^2}$ باشد، پس لاجرم جرمی که برای پاد الکترون هم قائل هستیم برابر $m_{e+} = \frac{E}{c^2}$ خواهد بود که مجموع این دو برابر $E = 2mc^2$ خواهد بود. حالا تصور کنید که طبق قانون عدم قطعیت در مدت زمانی معادل $\Delta t = \frac{\hbar}{\Delta E}$ مقدار انرژی صفر سیستم ΔE به اندازه $2mc^2$ افت و خیز کند پس لاجرم در این سیستم ناگهان در مدت زمان $\Delta t = \frac{\hbar}{2mc^2}$ ، دو زوج الکترون و پوزیترون به وجود می‌آیند و از بین می‌روند، یعنی در زمان 10^{-21} ثانیه اگر فوتونی با انرژی بیش از $2mc^2$ را به اتمی بتابانیم به احتمال فراوان آن اتم را یونیزه می‌کند هرچند این احتمال هم وجود دارد که وقتی فوتونی به اتم برخورد می‌کند الکترون و پوزیترون مجازی هم درون میدان الکتریکی اتم پدیدار شوند در چنین حالتی ممکن فوتون آنها را از اتم به بیرون پرتاب و اتم را دست نخورده رها کنند این پدیده را تولید زوج می‌گویند که قابل ردیابی است.



از نظر دیراک این پاد ذره‌ها حفره‌هایی به جا مانده در دریای بی نهایت ژرف یا همان خلاء هستند. این تصویر تناقضی را حل می‌کند، اگر خلاء واقعاً تهی بود، آن گاه چه چیزی طبیعت و ویژگیهای مواد را به قانون در می‌آورد؟

مثلاً این که همه الکترون‌ها و پوزیترون‌هایی که از خلاء پدید آمده اند ویژگیهای یکسان با جرم‌های معین دارند، و این طور نیست که از زنجیره‌ای از احتمالات تصادفی شکل گرفته باشند.

اصل طرد برای پروتون‌ها و کوارک‌ها و ذرات مشابه هم صدق می‌کند، و آنها هم دریائی بی نهایت ژرف را پر می‌کنند همین انبار بی نهایت ژرف دیراک ذراتی را برای ما فراهم می‌آورد که می‌توانیم صورتی مادی به آن ببخشیم

پس خلاء کوانتومی شکلی از سامانه‌ای چند جسمی با کمترین انرژی ممکن یا حالت پایه است.

خلاء کاذب و خلاء حقیقی

امکان دارد به سیستم خلاء مقداری انرژی اضافه شود و به اصطلاح سطح انرژی بالاتری نسبت به خلاء حقیقی، صورت پذیرد، مانند اینکه رودخانه‌ای وقتی وارد دریاچه یا دریائی می‌رسد به حد پایداری و کمترین انرژی خود می‌رسد، حالا فرض کنید در جلوی رودخانه را مسدود کرده باشند پس آب در پشت سد تجمع کند و ظاهراً به آرامش رسیده و به سطح انرژی پائین سوق پیدا کرده است و علت آن وجود سد پتانسیل است که مانع از رسیدن آب به سطح حداقل انرژی شده است، حال فرض کنید ناگهان این سد شکسته شود پس آب با شدت زیادی از سوی سطح انرژی کاذب سطح به سوی سطح انرژی حقیقی هجوم می‌آورد با قدرت فراوانی و با سرعت زیاد و حجم مضاعف به سوی سطح انرژی حقیقی پیش می‌رود، به همین لحاظ هم اگر سطح خلاء کاذبی تعریف شود، ذرات در این سطح خلاء کاذب به کمینه انرژی خود برسند، در صورت گذار از سطح انرژی کمینه کاذب به سطح انرژی کمینه حقیقی امکان دارد، انرژی فراوانی تورم مانند ظهور کند. چرا که تمام دریای ذرات در حالت کمینه کاذب



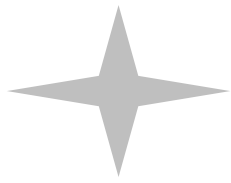
تعریف شده و این اقیانوس ژرف انرژی در گذار فازی، تورم عظیمی را به وجود می آورد.

چرا که همان گونه که مطرح شد در خلاء کوانتمی، بازه‌ای از انرژیهای غیرقابل اندازه گیری از $+\infty$ تا $-\infty$ قرار دارند، و خلاء شامل حداقل انرژی است که در آن ذره حالت مادی به خود نگرفته است و در این خلاء کوانتمی، پاد ماده ذره در حالات مختلف کوانتمی خود ظهور دارد، که با انرژی منفی نشان داده می‌شوند که در پاره‌ای از مواقع در افت و خیزهای انرژی به صورت ذره‌های مادی خود را نشان می‌دهند.

حال اگر این خلاء کاذب باشد یعنی اینکه حداقل انرژی نیست پس لاجرم مانعی وجود داشته که نگذاشته خلاء حقیقی به وجود آید، اگر خلاء حقیقی را با انرژی منفی بگیریم، لاجرم انرژی مثبتی در این حالت وجود داشته که مانع به وجود آمدن خلاء حقیقی شده است، حال اگر به هر دلیلی این انرژی مثبت ناپدید شود، تغییر فازی اتفاق می‌افتد و در این تغییر فاز، افت و خیزهای شدید انرژی حاصل شده و منجر به ظهور ماده می‌شود، و ظهور ماده و وفور ظهور آن و واکنشهای آن با هم، منجر به بوجود آمدن فضا - زمان و اتساع سریع آن می‌شود، و این تورم تا مدتی که خلاء تغییر فاز دهد ادامه می‌یابد تا از فازی به فاز دیگر وارد شود، در این تغییر فاز ذرات و موادی خلق می‌شوند و حالات خاصی را اشغال می‌کنند و بعد از تغییر فاز، خلقت ماده متوقف شده، و مقدار ماده و انرژی ثابت می‌ماند، نظریه پردازان بر این گمان اند که چنین اتفاقی در اوایل تاریخ عالم در دمایی بیش از یک میلیون میلیارد درجه رخ داده است.

خلاء کوانتمی ما همچون محیطی واسط است و هرگز واقعاً خالی نیست آن هم ممکن است به فازهای مختلف سازمان بیابد و در گذر از فازی به فاز دیگر ممکن است ویژگی‌ها یا پدیده‌های جالبی رخ بدهند.

اگر چنانچه مدادی را در نظر بگیرید که روی نوک تیزش تنظیم شده که بایستد ممکن است ناگهان مداد از روی نوکش بیافتد، اولاً مداد مادامی که روی نوکش ایستاده



تقارنی در چرخش حول محوری که از نوکش و انتهاش می‌گذرد دارد ولی حالت پایدارتر از این هم برای مداد هست یعنی افتادن مداد، پس لاجرم مداد به حالت پایدارتر که انرژی کمتری دارد گذار می‌کند، حالتی که در آن تقارن می‌شکند پایدارتر از حالت متقارنی است که در آن مداد به طرز ناپایدار بر نوکش ایستاده است.

در کل قوانین حاکم بر هر سامانه‌ای نوعی تقارن دارد، اما اگر حالت پایدارتر وجود داشته باشد که آن را از میان ببرد این تقارن خودبه خود می‌شکند، یا پنهان می‌شود.

فرض کنید که نوک مداد از ملکول‌های کاملاً کروی ساخته شده و ملکول انتهایی در مکان خود در دمای صفر مطلق، جایی که حرکت حرارتی متوقف شده، منجمد شده است. اما مسأله این است که قوانین کوانتومی مسلط می‌شوند.

اگر حرکت متوقف شود آن گاه مکان نامعلوم می‌شود و خود نقطه تعادل هم حالتی تصادفی پیدا می‌کند.

اگر در برخی لحظات حالت این نقطه را دقیقاً بدانیم حرکت نامعین می‌شود و عدم تعادل حاصل از آن هم پیش بینی ناپذیر می‌شود. در کل، تار و پود کوانتومی طبیعت به شبه پایداری پر انرژی اجازه انتخاب حالتی از انرژی کم‌تر می‌دهد که در آن تقارن خود به خود می‌شکند. پس ما نمی‌توانیم انرژی را کمینه مطلق انرژی و خلاء حقیقی بنامیم، در هر موقعیت ممکن است که تقارن بشکند و ماده به انرژی کمینه تری تغییر فاز دهد. با شرایط خاص خود که در حالت قبلی آن شرایط نبوده مثلاً فرض کنید آب در حالت کلی تقارنی ندارد ولی وقتی دما پائین می‌آید و به بلور برف تبدیل می‌شود تقارن خاصی دارد، و یا در آهن ربائی شدن وقتی جهت اسپین الکترون‌ها هم سو می‌شوند مغناطیس به وجود می‌آید، الکترون‌ها در این مواد تحت کمند یکدیگر هستند و روی هم تأثیر می‌گذارند اگر دما به ۹۰۰ درجه برسد از این قید خارج می‌شوند و خاصیت مغناطیسی آهن از بین می‌رود و اگر دوباره سرد شود، به مغناطیس تبدیل می‌شود.



• قانون این است که افزایش دما موجب می‌شود که ساختارها و پیچیدگی‌ها ذوب شوند و سامانه‌ای ساده تر باقی بماند.

عالم امروز سرد است، نیروهای متعدد و الگوهای گوناگون ماده، ساختارهایی هستند که در تار و پود خلاء قرار گرفته‌اند.

ما از حرارت فوق العاده زیاد زمان انفجار بزرگ فاصله گرفته ایم اما اگر می‌توانستیم جهان را به همان اندازه گرم کنیم تمام ساختارها ناپدید می‌شدند. اتم‌ها و الگوهای جدول مندلیف فقط در دماهای زیر ۱۰۰۰ درجه سلسیوس معنا دارند در بالاتر از این دما ماده به صورت پلاسما ظاهر می‌شود، در دماهایی بالاتر حتی الگوهایی که در مدل استاندارد ذرات و نیروها مصون بودند از این حرارت جان سالم بدر نمی‌برند، در دمای 10^{15} درجه کلون نیروی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس که پدیده پرتوزایی β را کنترل می‌کند با هم متحد می‌شوند، و نیروی واحدی را تشکیل می‌دهند، بنابراین نظریه وقتی عالم در دمای 10^{17} درجه قرار دارد، یعنی در لحظه انفجار بیگ بنگ ناگهان جهان، می‌شکند و ابر تقارنش شکسته شده و شکلهای بعدی تقارنی خود را نشان می‌دهد، و به حالت پایدارتر می‌رسد، اما شکست این تقارن چگونه است؟

آیا نظیر شکست تقارن مدادی استوار بر نوکش می‌باشد، که با شکست تقارن و افتادنش به حالت تقارنی پایدارتر وارد می‌شود، یعنی هر کدام از این افتادنها، و شکست تقارنها می‌توانست عالم را به گونه‌های متفاوت از اندازه‌ها و قدرها سوق دهد. اما قدر مسلم قوانین کوانتمی حاکم بر آنها از یک سنت و روش واحدی تبعیت می‌کردند، حالا به هر طوری که تقارن می‌شکست بشکند، و حتی این شکست‌های متفاوت منجر به بوجود آمدن حیات بشود یا نشود، و این ایده هم مطرح می‌شود که ممکن است که همه این احتمالات وجود داشته باشند و جواب کوانتمی این مسأله همین است یعنی جهانهای موازی با احتمالات وجودی مختلف، اما این قطعیت که در جهان ما وجود دارد، که تابع موج اولیه را خلاصه کرده ایده ایست که باید در نگرش ایده آلیستهای کوانتمی مطرح شود که در دروس گذشته بدان اشاره شد



* و اما نیروهای خلاء:

جوش و خروش‌های خلاء باعث مختل شدن الکترونیهای گذرنده و بنابراین نیروهایی می‌شود که هر ذره باردار بر ذره دیگر وارد می‌کند. با وجودی که قانون معکوس مربع نیروی الکتروستاتیک برای میدان الکتریکی که به طور یکنواخت در میان فضای سه بعدی پراکنده شده اند طبیعی است که داده‌های دقیق نشان از انحراف ظریف از آن دارند.

این اثرات را در نسبت به گونه‌ای مشاهده می‌کنیم وقتی که با سرعت یکدهم سرعت نور حرکت کنید انقباض و انبساط‌های فضا - زمان منجر به بهم خوردن این قانون می‌شود و حتی وقتی دو الکترون به شدت بهم نزدیک شوند این نیروهای الکترومغناطیسی تا ده برابر بیشتر می‌شود.

محاسبات نشان می‌دهد که قدرت این نیرو در فاصله‌هایی باز هم کمتر افزایش بیشتری می‌یابد، اندیشه‌های نوین بر این باورند که قدرت واقعی نیروی الکترومغناطیس احتمالاً سه برابر چیزی است که ما سنجش می‌کنیم این نیرو را بارهای میدان‌های مجازی پنهان درون خلاء ضعیف کرده اند فقط در کوتاه ترین فاصله‌ها که در آنها فقط یکتاترین افت و خیزها روی می‌دهند ممکن است قدرت واقعی نیروی الکترومغناطیس آشکار شود.

درون هسته اتم نیروهای دیگری هم در کارند که آنها را به نام‌های نیروی ضعیف و قوی می‌شناسیم، نام آنها نشان دهنده قدرتشان نسبت به نیروی الکترومغناطیس است، نیروی قوی عامل نگه داشتن اعضای مثبت بار هسته یعنی پروتون‌ها، کنار هم و به صورت یک توده است، درون پروتون‌ها و نوترون‌ها هم نیروی قوی کوارک‌ها را در اسارتی ابدی محبوس کرده است.

از طرفی از جلوه‌های نیروی هسته‌ای ضعیف پدیده پرتوزایی β است که در آن هسته یک عنصر به هسته دیگر تبدیل می‌شود.



همان طور که نیروی الکترومغناطیس را فوتون‌ها حمل می‌کنند، نیروی هسته‌ای قوی را گلوئون‌ها و نیروی هسته‌ای ضعیف را W^+ ، W^- و Z^0 ‌ها حمل می‌کنند.

خلاء بر این ذرات اثرات متفاوت دارد.

محاسبات نشان می‌دهند که در حالی که قدرت نیروی الکترومغناطیس یا برداشته شدن اثر محافظتی خلاء در فاصله‌های کوتاه افزایش می‌یابد، واکنش متفاوت گلوئون‌ها به خلاء موجب ضعیف شدن نیروی قوی در شرایطی مشابه می‌شود، بنابراین نیروی قوی پیوند دهنده هسته اتم که به آن پایداری می‌دهد و کوارک‌ها را در جای خود محبوس می‌کند نتیجه خلاء است که پیوند گلوئون‌ها را در فاصله 10^{-15} متری قوی تر می‌کند پس توده نوترون‌ها و پروتون‌ها و پیوند بین آنها و تشکیل هسته‌ها و در نهایت ماده به طور مؤثری نتیجه خلاء گلوئونی است.

قیاس موفق میان داده‌ها و محاسبات فرض را بر این می‌گذارد که خلاء کوانتومی نقشی حیاتی دارد، بیش از آن است که آن را فقط تصادف محض بدانیم

خلاء و اتحاد نیروها:

اگر به سبب اثرات خلاء نبود، همه نیروها احتمالاً همه قدرتی یکسان داشتند، اگر این درست باشد دلالت بر وحدتی ژرف در میان نیروهای طبیعت در ابتدای خلقت دارد و اینکه خلاء کوانتومی که درون آن زندگی می‌کنیم انواع پدیده‌های ناهمسانی را که در فاصله‌های بزرگ مقیاس مانند تجربه‌های روزمره ما، رخ می‌دهند کنترل می‌کند.

برای تجربه نیروها و طبیعت در فواصلی چنان کوچک که مداخله خلاء ناچیز شود، لازم است که برخوردهای میان ذرات در انرژی‌های بسیار بالا بررسی شود، چنین شرایطی در عالم نخستین که حرارت فوق العاده زیاد باعث به وجود آمدن انرژی جنبشی زیاد و نزدیک شدن زیاد ذرات می‌شده میسور بوده است.

مثلاً در دماهای 10^{27} درجه کلونین اتحاد بین نیروهای هسته‌ای قوی و هسته‌ای ضعیف را داریم که در دمای کمتر از آن این تقارن شکسته می‌شود و تا دمای 10^{15}



شاهد اتحاد نیروی هسته‌ای ضعیف با الکترومغناطیس هستیم که پائین تر از این دما تقارن آن هم می‌شکند.

در حال حاضر در آزمایشگاه سرن به این دما دست پیدا کرده اند پس لاجرم دمای 10^{15} رسیده و اتحاد دو نیروی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس دیده می‌شود البته نکته اینجاست که نیروی الکترومغناطیس دور برد است و ذره انتقال دهنده آن فوتون بی جرم است ولی ذرات انتقال دهنده نیروی هسته‌ای ضعیف کوتاه برد هستند و بازه عمل آنها از قطر پروتون هم کمتر است و شامل ذرات W^+ ، W^- و Z^0 می‌باشند که بسیار کم برد و سنگین هستند ولی چگونه این دو نیرو در دمای 10^{15} کلون متحد می‌شوند، در دمای 10^{15} درجه کلون، انرژی سیستم به حدی بالاست که می‌شود در برابر آن از جرم ذرات حامل نیروی ضعیف صرف نظر کرد پس لاجرم اتحادی بین دو نیروی الکترومغناطیس و ضعیف دیده می‌شود یعنی در بازه قدرت دو نیروی یکسان هستند و همین حالت در مورد اتحاد این دو نیروی هسته‌ای قوی در دمای 10^{28} درجه کلون که پیش تر بدان اشاره شد، حالا سؤال اینجاست که:

چرا نیروی هسته‌ای ضعیف انقدر نسبت به الکترومغناطیس کوتاه برد است؟

پاسخ در ماهیت حاملان این نیرو، یعنی یوزون‌های W و Z است، فوتون بی جرم است اما بوزون‌های W و Z بسیار پر جرم اند و جرم شان به 100 برابر جرم پروتون می‌رسد. همان طور که گفته شد وقتی می‌توانیم آن را آشکار کنیم که دما به حدی بالا باشد که موجبات ناچیز شدن انرژی محبوس در mc^2 این بوزونها بشود، این ما را به مرزهای پژوهشهای امروز درباره ماهیت خلاء می‌رساند، که به ماهیت جرم و خلاء هیگز بستگی دارد.

خلاء هیگز:

پس نیروی ضعیف به این سبب ناچیز به نظر می‌رسد که محدوده اثرش کوچک است. در برابر مقیاس 10^{-31} متری که در آن نیروها با هم یکی اند و اثرات متفاوت



خلأ کوانتومی ناچیز است، محدوده 10^{-18} متری اثر نیروی ضعیف چنان بزرگ است که در عمل می‌توان آن را بی‌نهایت دانست.

از دیدگاه انرژی در حالتی که فوتون جرمی ندارد یوزون‌های w^+ و z^+ حامل نیروی ضعیف جرمی به اندازه ۱۰۰ گیگا الکترون ولت دارند.

با وجودی که این مقدار هنوز هم در برابر مقیاس انرژی مؤثر 10^{16} گیگا الکترون ولت که در آن محدوده وحدت نیروها از میان می‌رود، کم است به هر حال این پرسش را ایجاد می‌کند که این یوزون w^+ و z^+ چگونه جرم بدست آورده اند؟ در حالی که فوتون‌ها و گلوئون‌ها که فرضاً هم به آنها مرتبط اند جرمی ندارند.

پاسخ به این پرسش ربطی به یکی از ویژگیهای خلأ دارد که امروز یکی از مرزهای پژوهش در فیزیک ذرات پر انرژی است.

این نظریه که آن را مرهون پیتر هیگز هستیم بر پایه اندیشه‌هایی درباره ابر رسانایی از فیلیپ اندرسون ساخته شده که بر اساس آن فوتون طوری رفتار می‌کند گوئی جرم دار شده است

ابر رسانائی:

ابر رسانائی همان طور که از نامش بر می‌آید ویژگی برخی جامدات است که در دماهای بسیار پایین همه مقاومت آنها در برابر جریان یافتن جریان الکتریکی از درون شان شکسته می‌شود.

این تغییر از نسبتاً عایق بودن تا ابر رسانا بودن مثالی از تغییر فاز است. اما ماجرای ابر رسانائی بیش از فقط آزاد شدن ناگهانی جریان الکترونهاست، پدیده دیگری که در کار است به نام اثر مایسنر معروف است.

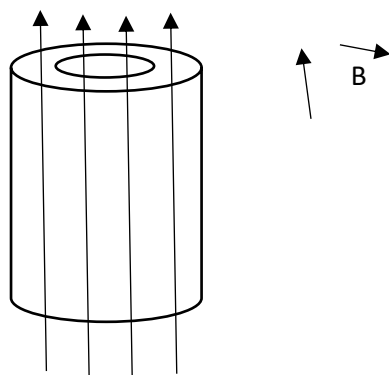
اثر مایسنر:

رفتار میدان‌های مغناطیسی درون و اطراف ابر رساناها مرتبط است، میدانی مغناطیسی ممکن است به درون جامدی گرم نفوذ کند اما با کاهش دما و ابر رسانا شدن ماده

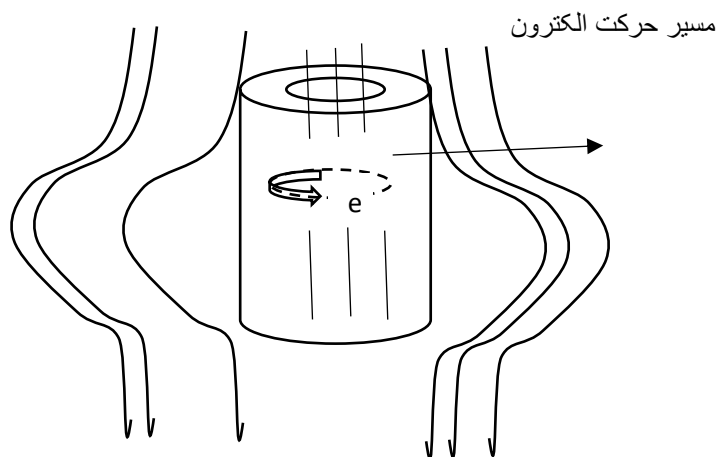


میدان مغناطیسی از تمام این ماده به جز پوسته نازکی در سطحش به تندی بیرون رانده می‌شود.

در درون این جامد این میدان مغناطیسی فقط تا فاصله‌ای محدود، مثلاً x می‌رسد، ضخامت این لایه بسته به دما و نوع ماده بین 100 A و 10000 A تغییر می‌کند عمق نفوذ برای سرب در 3° درجه کلوین برابر 600 A است. اگر جسم زیر را در یک میدان مغناطیسی قرار دهیم:



اگر دمای را آنقدر کم کنیم تا فلز خاصیت ابررسانائی پیدا کند





جسم در حالت ابررسانائی خاصیت دفع میدان مغناطیسی به خود می‌گیرد، پس اثر ماینسر طبق شکل بالا است و الکترونهاى آزاد مسیرهای دایروی را طی می‌کنند،

$$\int_{\gamma} dr \cdot A(r', t) - \int_z \overrightarrow{dr'} \cdot A(r', t) = \oint \overrightarrow{dr'} \cdot A(\vec{r}, t) \\ = \int (\vec{\nabla} \times \vec{A}(r', t)) \cdot d\vec{s} = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \Phi_B$$

اگر $B=0$ باشد لاجرم $\Phi_B = 0$ است پس $\int_{\gamma} = \int_{\gamma}$ پس f از مسیر مستقل است. ممکن است که تابع موج روی دو مسیر یک اختلاف فاز داشته باشد

$$f^{(1)} - f^{(2)} = \Phi \\ e^{\frac{ie}{\hbar c(f_1 - f_2)}} = e^{\frac{ie}{\hbar c(\Phi)}}$$

$e^{iz\pi n}$, $N=0, 1, \dots$ عدد ۱ را می‌دهد پس تغییر ایجاد نمی‌کند

$$\Phi = \frac{z\pi\hbar e}{e} n$$

یعنی فلوی مغناطیسی کمیتی کوانتیده است.

پس طبق حالت گفته شده روی مسیر الکترون فلو نداریم ولی داخل دایره حرکت الکترون فلو داریم که این فلو کمیتی کوانتیده است.

$$\Phi = \frac{z\pi\hbar c}{ze} n$$

که علت z مخرج توجیه پدیده ماینسر است که الکترون‌ها در حالت ابر رسانائی به صورت حقیقت عمل می‌کنند در این حالت الکترون‌ها یوزون هستند،

پس میدانی مغناطیسی ممکن است به درون جامدی گرم نفوذ کند اما با کاهش دما و ابر رسانا شدن ماده میدان مغناطیسی از تمام این ماده، به جز پوسته نازک در سطحش به تندی بیرون رانده می‌شود. درون این جامد این میدان مغناطیسی فقط تا فاصله‌ای محدود، مثلاً x می‌رسد: با توجه به بازه محدود اثر نیروی ضعیف که چطور با جرم حامل آن، یعنی w ، مرتبط بود می‌بیند که درون ابررسانا هم محدوده کوتاه اثر نیروی طوری است که گوئی ذره حامل آن، یعنی فوتون، جرمی به اندازه $\frac{\hbar}{xc}$ بدست آورده است. به کمک این مقایسه می‌خواهیم که میدان جرم ذره w ، یعنی m ، بتواند فقط تا



فاصله $x = \frac{h}{mc}$ به درون خلاء فیزیکی نفوذ کند، به اصطلاح علمی این است که می‌گویند خلاء فیزیکی، آن طور که نیروی ضعیف آن را درک می‌کند، مانند ابر رسانا عمل می‌کند.

پدیده ابر رسانائی بستگی به وجود میدان‌های ماده با ویژگیهای خاص دارد. در ابر رساناهای واقعی پس زدن میدان مغناطیسی در نتیجه عمل الکترونها درون ماده ایجاد می‌شود که با همکاری هم عمل می‌کنند و چیزی را پدید می‌آورند که به نام « جریانه‌های استتاری » معروف است.

در مورد نیروی ضعیف این قیاس نیازمند آن است که نوعی میدان ماده درون خلاء وجود داشته باشد،

این با آنچه تا کنون درک کرده ایم عمیقاً متفاوت است. تا اینجا تصور می‌کردیم که خلاء کوانتمی انباشته از میدان‌های مجازی با افت و خیزهایی در حد صفر است که فقط در صورتی که انرژی بیشتری اعمال شود می‌توان به آنها صورت مادی داد. اما حالا با این مفهوم « میدان هیگز » چیزی را تصور می‌کنیم که حضوری خالص در خلاء دارد.

فضای خالی بدون میدان هیگز انرژی بیشتری دارد تا زمانی که میدان هیگز حضور دارد. به بیان دیگر: هیگز به فضای تهی بیفزاید تا انرژی کلی را کاهش بدهید.

در نظریه هیگز عنوان می‌شود که میدان هیگز به درون خلاء نفوذ می‌کند و به ذرات بنیادین جرم می‌دهد، نه تنها به $W^{\pm}$ و Z بلکه به الکترون‌ها و کوارک‌ها و دیگر ذرات میدان هیگز از ذره‌ای بنیادی به نام بوزون هیگز تشکیل شده است نوع و قدرت واکنش ذره هیگز با دیگر ذرات مشخص می‌کند که ذره چقدر جرم داشته باشد، یعنی جرم الکترون به علت قدرت واکنش آن با بوزون هیگز است و اگر فوتون تقزیباً بی جرم است به علت آن است که واکنش آن با بوزون هیگز بسیار ضعیف است. اگر این درست باشد آنگاه در غیاب میدان هیگز ممکن نیست که این ذرات ساکن بمانند و همه با سرعت نور حرکت خواهند کرد.



البته بر اساس این نظریه فضا انباشته از میدان هیگز است ذراتی مانند الکترون‌ها که با سرعتی زیر سرعت نور در فضا حرکت می‌کنند و این سبب چنین رفتاری دارند که جرم دارند و جرمشان راو جرمشان را در بر هم کنش با میدان همه جا حاضر هیگز بدست آورده اند و در عین حال آنها بدون هیچ مقاومتی به حرکت خود ادامه می‌دهند. ✱ اما چگونه ممکن است میدانی موجب جرم دار شدن ذرات باشد ولی در عین حال در برابر حرکت مقاومتی نداشته باشد.

انرژی هر ذره سرعت آن را معین می‌کند، چون میدان هیگز حالت خلاء کمترین انرژی است ممکن نیست ذره‌ها هیچ انرژی را به میدان هیگز منتقل کنند و بنابراین سرعت خود را حفظ می‌کنند.

همان طور که ابر رسانائی و خاصیت مغناطیسی فقط در دمای به قدر پائین حالت‌های کمترین انرژی را دارند، خلاء فراگیر هیگز نیز فقط در دماهایی به قدر کافی پائین حالت کمترین انرژی را دارند و این دمای پائین از مرتبه 10^{17} درجه است در دماهای بالاتر از 10^{17} درجه بر اساس این نظریه حالت پایه عالم شامل میدان هیگز نمی شود.

طی نخستین یک تریلیونم یک ثانیه پس از انفجار بزرگ عالم گرم تر از این دما بود و تازه از آن زمان که دما به 10^{17} درجه رسیده میدان هیگز فضای تهی را انباشته است و به ذرات بنیادی جرم می‌بخشد.

بوزون هیگز:

از آنجا که امواجی در میدان‌های الکترومغناطیسی بسته‌های کوانتمی یعنی فوتون، تولید می‌کنند بنابراین میدان هیگز باید خود را در بوزون‌های هیگز نشان بدهد. از طرفی هم بوزون هیگز هم به سبب حس کردن میدان نفوذگر هیگز است که جرم دارد. نظریه هیگز می‌گوید که بوزون هیگز جرم عظیمی دارد، تا هزار برابر جرم اتم هیدروژن، اصل عدم قطعیت کوانتمی بر این دلالت دارد که بوزون‌های مجازی هیگز افت و خیزهایی به درون و بیرون از خلاء دارند و سنجش‌های دقیق از چگونگی تأثیر



خلاء بر حرکت ذراتی مانند الکترون و سنجش ویژگیهای حاملان نیرو، یعنی W و Z ، نشان می‌دهد که اینها هم تحت تأثیر بوزون‌های مجازی هیگز هستند. وقتی همه داده‌ها مقیسه شوند به نظر می‌رسد که یوزون هیگز سبک تر از چیزی که پیشتر تصور می‌شد، یعنی شاید جرمی فقط ۱۵۰ برابر جرم اتم هیدروژن داشته باشد.

و باز هم خلائی جدید:

عالم ما شاید نتیجه افت و خیزی کوانتومی غول آسایی باشد با انرژی مجازی کلی به قدری نزدیک به صفر که مدت عمرش ممکن است بسیار عظیم باشد در توضیح انرژی مثبت و منفی، کافیت هسته‌ای را در نظر بگیرد که در فاصله بی نهایت از آن ذره‌ای با بار مثبت قرار دارد این ذره به سوی هسته حرکت می‌کند پس لاجرم دارای انرژی مثبت است وقتی به نزدیک هسته رسید کم کم از سرعت آن کم شده یعنی انرژی جنبشی آن کم شده و در نزدیکی هسته که حالت تدافعی دارد متوقف میشود و دوباره باز می‌گردد در هنگام توقف، انرژی پتانسیل بیشینه خود را دارد، مقدار انرژی جنبشی پتانسیل در سیستم طولی عمل می‌کند که همواره مقدار جمع آنها، مقداری ثابت و مثبت است یعنی اگر از انرژی پتانسیل کم شود به جنبشی اضافه و بالعکس اتفاق می‌افتد و در این حالت انرژی مثبت، حال حالتی را در نظر بگیریم که به جای ذره با بار مثبت، ذره‌ای با بار منفی باشد پس وقتی ذره از هسته دور است، انرژی برابر صفر است وقتی به سوی هسته حرکت می‌کند و هر چه به هسته نزدیک می‌شود انرژی جنبشی آن زیاد می‌شود لاجرم باید انرژی پتانسیل آن منفی باشد که این انرژی جنبشی را خنثی کرده و مجموع دو انرژی جنبشی و پتانسیل صفر شود، پس در طبیعت هر جا شما چاه پتانسیل جاذبه‌ای داشتید با انرژی پتانسیل منفی سروکار دارید، زمین نسبت به خورشید، ما نسبت به زمین، خورشید نسبت به کهکشان و همین طور به بالا در پتانسیل انرژی منفی شناور هستند، پس، مجموع انرژیهای مثبت و منفی نزدیک به صفر است، این



احتمال وجود دارد که حتی همه mc^2 ماده عالم را هم محسوب کنیم باز کل انرژی عالم نزدیک به صفر باشد.

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

$$\Delta E \approx 0$$

$$E_2 - E_1 = \Delta mc^2$$

$$E_2 = \Delta mc^2 - E_1$$

پس لاجرم $\Delta m \approx 0$ خواهد بود و این به این معنی می‌باشد که در مدلی که برای عالم ارائه می‌دهیم

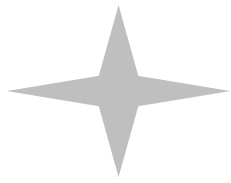
معادله تدافعی (Λ) - معادله گرانشی نسبیتی = مدل عالم

یعنی علاوه بر گرانش برای ماده ثابت (Λ) را هم در نظر بگیریم که این ثابت (Λ) را انیشتین در معادلات کیهان‌شناسی وارد کرد برای اینکه بتواند به نظر خود ایستا بودن کیهان را توجیه کند چرا که طبق مدل نسبیتی انیشتین جهان ناپایدار بود و این جمله با ثابت Λ ، خاصیت و انرژی مرموز در فضا - زمان را که مانع از ناپایداری و رمبش عالم را نشان می‌دهد

اگر انرژی عالم

$\Delta E = 0$ در نظر بگیریم لاجرم معادله گرانشی نسبیتی و معادله تدافعی با هم مساوی خواهند بود.

ولی اگر در حالتی خاص و افت و خیزی مقدار معادله تدافعی بیشتر شود لاجرم جهان انبساط خواهد انجام داد و فعلاً تجربه هم این را تأیید می‌کند، انبساط عالم یعنی اینکه فضا منبسط می‌شود در حالی که فوتونها و امواج الکترومغناطیس هم عامل جذب کننده ندارند پس طول موجشان با انبساط عالم بلندتر می‌شود بر اساس نظریه کوانتم می‌دانیم که طول موج رابطه معکوس با انرژی دارد بنابراین تابش زمینه کیهانی که امروز دمایی حدود ۳ درجه بالاتر از صفر مطلق دارد، در گذشته بسیار گرم تر بوده است پس هر چه به سوی ابتدای تکوین پیش می‌رویم دمای عالم بیشتر می‌شود در آن زمان برخوردهای میان ذرات بسیار خشن تر از امروز بوده است به طوری که در دماهایی بالاتر از ۴۰۰۰ درجه اتم‌ها امکان بقا نداشتند آنها یونیزه می‌شدند همان طور



که امروز در دل خورشید سوزان می‌شوند، در دمایی بالاتر از یک میلیارد درجه حتی هسته‌های اتمی دوام نمی‌آورند، در نتیجه پلاسمایی از ذرات و تابش‌ها همه چیزی بوده که در آن لحظات نخستین وجود داشته است پیش از این انرژی ذرات ماده و پاد ماده به حد کافی بوده است که با هم ترکیب شوند، همه شواهد بر این دلالت دارند که عالم مادی ما از دل خلائی از تابش داغ پدید آمده است.

آزمایش‌ها در شتاب دهنده‌های ذرات، مانند سرن، نشان می‌دهند که ذرات ماده و نیروها در انرژی‌های بالا چه رفتاری دارند همان طور که پیش تر دیدیم خلاء در دماهای گوناگون دچار انتقال فاز می‌شود که برخی ثابت شده اند و برخی دیگر فقط در تئوری وجود دارند، وقتی عالم تا زیر دمای 10^{15} درجه سرد شد یعنی زمان حدود 10^{-10} ثانیه نیروهای الکترومغناطیس و ضعیف از هم جدا شدند و هویت مستقل خود را یافتند، این موضوع با باز خلق این نیروها در آزمایشگاه اثبات شده است، بر اساس پیش بینی‌های نظری در انرژی‌های بالاتر معادل با زمان حدود 10^{12} ثانیه خلاء در حال سرد شدن دچار انتقال فازی شد که در آن میدان هیگز منجمد شد و ذرات جرم به می آیند.

پس تصویری که از عالم داریم:

- ۱- به صورت افت و خیزی کوانتومی در خلاء پدید می‌آید
 - ۲- بسیار داغ است
 - ۳- به سرعت منبسط می‌شود
 - ۴- منجر به تولید مقدار بسیار عظیمی ماده و پاد ماده می‌شود.
 - ۵- مقدار ماده و پاد ماده متقارن هستند
- البته هنوز ما، جهانی با پادماده را ندیده ایم و شواهداتی است که مقدار پروتون بر پاد پروتون فزونی دارد، که از جمله سؤالات است که مطرح است

تورم:

همه این انرژی حرارتی از کجا آمده است؟

تورم همان طور که می‌دانیم در اثر تناقضات خاصی که در تئوری بیگ بنگ رخ داده ارائه شد آلن گوث با توجه به اینکه 10^{50} برابر اختلاف در اندازه خطی عالم با آنچه محاسبات نشان می‌داد ملاحظه کرد و جهان به صورت باور نکردنی از آنچه گاموف پیش بینی می‌کرد بزرگتر بود، این احتمال را مطرح کرد که جهان در ابتدا در فازی خاص به نام فاز تورمی بوده و سپس از فاز تورمی به فاز هابلی وارد شده است، در ابتدای عالم نیروی جاذبه گرانشی بر همه عالم حاکم بوده است، هر چند بر اساس مدل انیشتین نه تنها انرژی جرم و تکانه بلکه فشار نیز مشارکت دارد و اگر فشار منفی بود و بر ماده و انرژی‌های حرارتی حاکم بود، نتیجه احتمالاً انبساطی پر سرعت یا نوعی اثر پاد گرانش بوده است.

آنچه آلن گوث به آن اشاره می‌کند این است که جهان در ابتدا در حالت فازی بوده که به آن خلاء کاذب می‌گفتند این خلاء قبل از خلاء هیگز بوده، در خلاء کاذب انرژی متناسب با حجم است، یعنی وقتی حجم زیاد شود انرژی زیاد می‌شود، پس برای گذار به انرژی بالاتر باید کار انجام داد ولی همان طور که می‌دانیم میدان هیگز مقدار انرژی خلاء را کاهش می‌دهد، و حالتی است که در آن به طور مؤثری منفی است بنابراین اگر افت و خیزی در بخشی از این خلاء کاذب رخ بدهد، اثر گرانشی فشار منفی ممکن است بر خاصیت گرانشی ماده غلبه بیابد و موجب انبساط شود، در این تصور وقتی عالم از خلاء کاذب به خلاء هیگز انتقال می‌یابد ممکن است در بازه زمانی کوتاه تورمی عظیم رخ بدهد.

پس از دوره تورم، انرژی حاصل از این انتقال به درون خلاء واقعی آزاد شده، مانند گسیل حرارت پنهان زمانی که آب یخ می‌زند، این انرژی ذرات ماده را تولید کرد که سرانجام ستاره‌ها، کهکشان‌ها و ما را ساختند. جاذبه‌های گرانشی در عالم انرژی پتانسیل



منفی را ایجاد کرد که این انرژی را خنثی کرد و مجموع انرژی را نزدیک به صفر نگه داشت.

آثازی که ممکن است تورم داشته باشد:

۱- با توجه به اینکه عالم رصد پذیر امروز ما، حدود 10^{26} متر قطر دارد اگر با توجه به شواهد و مدارک در زمان به عقب بازگردیم به وقتی می‌رسیم که دما 10^{28} درجه بود، یعنی زمان پایان تورم، اندازه عالم حدود چند سانتی متر بوده است این در شرایطی بوده که تورم آن را به اندازه 10^{50} برابر گسترش داده پس اندازه حباب افت و خیز اولیه فقط 10^{-52} متر می‌شده که درست مشابه چیزی بود که پیش بینی می‌شد.

۲- در دوران تورم نوعی انبساط مهار نشدنی رخ داده به صورت غائی به طوری که بخشهایی که بهم خیلی نزدیک بودند ناگهان بسیار از هم دور شدند که امکان تبادل هیچ اطلاعاتی با هم ندارند، مثلاً کهکشانهایی در فاصله ۱۰ میلیارد سال نوری که از ما در دو سوی مخالف عالم وجود دارند، این یعنی آنها بیش از ۱۴ میلیارد سال نوری - یعنی بیش از مسافتی که نور در کل سن عالم می‌تواند طی کند از هم فاصله دارند، با این حال این کهکشانها از قوانین فیزیک یکسانی پیروی می‌کنند و طیف عناصر آنها نشان می‌دهد که عناصر در سراسر عالم رصدپذیر یکسان است

۳- تابش زمینه کیهانی در سراسر عالم دما و شدتی یکسان با دقتی بیش از یک ده هزار دارد. و ساده انگاریست که این همسانی را تصادف محض بدانیم

نتیجه: همه بخش‌های عالم رصد پذیر ما باید زمانی در گذشته با هم مرتبط و از هم آگاه بوده باشند، در غیاب تورم این موضوع موجب تناقض خواهد بود

۴- پژوهشهای ریاضی نشان می‌دهد که وقوع تورم گریز ناپذیر بوده است، افت و خیزهای کوچک در ساختار فضا - زمان در دوران گرانش کوانتومی به مثابه جذب کننده‌های ماده عمل می‌کردند که سرانجام رشد کردند و به بذرهایی سازنده کهکشانها مبدل شدند، این افت و خیزها شدتی حدود یک به ده هزار می‌داشتند و پیش از پیدایی



کَهِکشانها در تابش زمینه وجود داشتند و این موضوع در چند دهه اخیر با سنجش‌های دقیق ماهواره‌ها از این تابش اثبات شده است

ماهواره‌های کوبی و دبلیو‌مپ، تفاوت‌هایی در حد چند بخش در ده هزار در دما نشان می‌دهند، با قدرت‌های تفکیک متناوب، زاویه‌های کوچک یا گستره‌های بزرگتر پس رفتارهایی فرگتالی یافتند، و هر قدر این قدرت تفکیک بیشتر شد جزئیات بیشتری به صورت فرکتیکالی خود را نشان داد و این پدیده‌ها با نتایج حاصله از مدل تورمی سازگار بود لذا جایزه نوبل ۲۰۰۶ فیزیک به رهبران این گروه پژوهشی اهدا شد.

نتیجه:

بهترین داده و اطلاعات ما با این نظریه هم خوان هستند که عالم بزرگ مقیاس ما از میان تورم جوانه زده است.

ما از کجا آمده ایم؟

تورم پس از دورانی آمد که گرانش بر دینامیک عالم حاکم بود در این حالت فضا - زمان با افت و خیزهایی در تابع فاصله ارتباط داشت و تابش زمینه کیهانی آثار فسیل شده از آن افت و خیزهاست، که البته ممکن است که عوالم متعدد دیگری هم در این حالت به وجود آمده باشند.

نظریه خلقت مدام:

از جمله نظریاتی که در کیهان شناسی می‌توان مطرح کرد، نظریه خلقت مدام در مقابل نظریه خلقت در یک لحظه است، در این نظریه با نقطه تکیه و لحظه $t=0$ مواجه نیستیم و از ناهنجاری‌هایی بی‌نهایت‌ها به وجود می‌آورند، فاصله می‌گیریم، این نظریه را می‌توان با تعریف خلاء که در متون قبل درباره آن صحبت کردیم، و افت و خیزهای دائم کوانتومی که در حال به وجود آمدن است، توضیح و توجیه کرد، حال که صحبت از این است که، در مراحل اولیه خلقت که انرژی، قوانین کوانتومی و فضای وابسته بدان حکم فرما بوده و این سه رکن در $t=0$ وجود داشته اند و سپس مراحل و فازهای مختلف اتفاق افتاده تا به زمان حال حاضر رسیده چرا این حکم را فقط مربوط به لحظه



$t=0$ بدانیم و آن را در نقطه تکیه بنگ خلاصه کنیم، کما اینکه ما شاهد هستیم که دائماً نباید اصل عدم قطعیت $\Delta t \Delta E \leq \hbar$ در مدت زمانهائی $\Delta t \approx \frac{\hbar}{\Delta E}$ که ΔE را ذره مورد نظر انتخاب می‌کند، دائماً ذراتی از خلاء به ملاء می‌آیند و دوباره به خلاء باز می‌گردند، و هر الکترون در هر لحظه با الکترون لحظه دیگر متفاوت است، بالطبع سایر ذرات بنیادی هم

چنین حالتی دارند گوئی در هر لحظه جهانی نوین پدید می‌آید، و این جهان نو با جهان یک لحظه پیش متفاوت است،

نظریه خلقت مدام را اگر از بعد زمانی بررسی کنیم، این نتیجه حاصل می‌شود که ما در این نگاه باید چند نوع زمان را در نظر بگیریم یکی زمانی گسسته که آن زمان در خلقت مدام به صورت ناپیوسته مطرح است و از اصل عدم قطعیت $\Delta t \Delta E \leq \hbar$ بدست می‌آید، یک زمان پیوسته که متصل تدریجی حاصل می‌شود، از حالتی به حالت دیگر شدن حاصل می‌شود، نه نو به نو شدن که در خلقت مدام مطرح است، که آن زمان را شاید بتوان به صورت نیمه عمر مطرح کرد، فرق این دوزمان با هم این است که یکی متصل است و دیگری منفصل، و شاید این گونه گفت که اولی کوانتای زمانی، زمان دومی می‌باشد، و دومی که درنگ می‌باشد، مدتی است که ماده از حالتی به حالت دیگر در می‌آید، و آن را مدت یا لحظه می‌توان نام نهاد که درنگ ماده در یک حالت می‌باشد و این لحظه‌ها می‌تواند جزئی از یک مفهومی باشد به نام زمان

با این تعریف پس می‌توان گفت که زمان اولاً، مفهومی وجودی است یعنی هر ذره‌ای عمر مخصوص به خود را دارد که از اول تا آخری وجود دارد یک زمان واحد دارد، اما همین زمان واحد که کل عمر یک ذره محسوب می‌شود از اجزائی به نام مدت تشکیل شده است که این مدت، درنگی است که ماده از حالتی به حالت دیگر در حال تبدیل شدن است که این حالت نیمه عمری است و یک حرکت متصل تدریجی، و خود این درنگ از کوانتاهائی تشکیل شده است، که از قانون عدم قطعیت بدست می‌آید، و برای هر ذره‌ای متفاوت است، پس اجزای تشکیل دهنده زمان، درنگ است و



اجزای تشکیل دهنده درنگ، Δt است که از مرتبه 10^{-32} ثانیه می‌باشد، با این تعریف ما زمان را کوانتومی تعریف کرده ایم حال ببینیم برای فضا هم می‌توانیم چنین تعریفی داشته باشیم، خوب مسلم است طبق یکی دیگر از فرمول‌های عدم قطعیت هایزنبرگ $\Delta x \cdot \Delta p \leq \hbar$ پس برای هر ذره جایگاه یا فضائی وجود دارد که این فضا $\Delta x \approx \frac{\hbar}{\Delta p}$ می‌باشد، بعید نیست که بتوان Δx را برای هر ذره‌ای به عنوان کوانتای فضا گرفت که در این محدوده می‌تواند وجود داشته باشد بنا به انرژی جنبشی که دارد، که این هم از مرتبه 10^{-32} متر است پس فضا یعنی مقدار کشش ماده، برای هر ذره، می‌توان گفت از کوانتاهایی ساخته شده است، اگر هیچ ذره‌ای در جهان به غیر از یک ذره نباشد حداقل فضائی که آن ذره می‌تواند داشته باشد و اشغال کند $\Delta x = \frac{\hbar}{\Delta p}$ می‌باشد طبق نظریه خلقت مدام، که ذره دائماً در حال به وجود آمدن و به خلاء رفتن است، با به ملاء آمدن ذره می‌بایست متناسب با آن ذره، Δx و Δt مخصوص به آن ذره هم دائماً به وجود بیاید و دوباره نابود شود پس در این نگرش همان طور که زمان مفهومی است که تمام اجزای آن با هم وجود نداند، مکان و فضا هم از این قاعده مستثنی نبوده و هر ذره به هر حال جایگاه خود را می‌آفریند. پس برای یک ذره با فضا و زمان کوانتومی مواجه هستیم که این فضا - زمان، در ملاء به وجود می‌آیند و در هنگام رفتن ذره به خلاء دوباره از بین می‌روند، در اینجا اگر بخواهیم بگوییم که ذره از حالتی به حالت دیگر در حال تغییر است که درنگ بین این دو حالت را مدت نامیدیم و لحظه نام گذاری کردیم، اگر با این دید باز هم به ذره نگاه کنیم هر ذره، که جایگاهی برای خود دارد در آن مدتی که در یک جایگاه است. تا مدتی که در یک جایگاه دیگر قرار می‌گیرد یعنی تغییر حالت می‌دهد، علاوه بر تعریف لحظه یا درنگ، تعبیر دیگری هم می‌توان به کاربرد که به آن، مکان می‌گویند، مکان مقدار کشش ماده در مدتی است که از حالت اول به حالت دوم می‌آید، که خود از اجزاء حالت کلی تری به نام فضا است، فضا، جایی است که ماده از آغاز تا پایان عمر که در نیمه عمر تعریف می‌شود در آن قرار دارد، و چون دائماً در حال تغییر حالت است یعنی دائماً تغییر مکان روی می‌دهد پس اصطلاح



در حال حرکت است، پس خود مکان در حال حرکت تدریجی پیوسته است، همان گونه که زمان در حال حرکت تدریجی مستقل است در واقع تغییر حالت سیستم است که خود از کوانتاهای جای و گاه تشکیل شده اند حال با این تعاریف که از فضا و زمان کردیم دوباره مسأله خلقت مدام را مورد ارزیابی قرار می دهیم، آیا با این تفسیر، لازم به لحظه $t=0$ می باشد، که جهان، (فضا - زمان) به وجود آمده باشد، لاجرم چنین فرضی لازم نیست چرا که نه فضا و زمان بلکه کوانتاهای آن یعنی جای و گاه $(\Delta x, \Delta t)$ هر لحظه در حال نوبه نوشدن است، و چون در بازه زمانی 10^{-32} s و 10^{-32} m متر می باشد لذا قابل اندازه گیری و ادراک حسی نیست، اما آنچه حس می شود، چیزی است که به عنوان ذره آن را اندازه گیری و ردیابی می کنیم، آنچه ما ادراک می باشد که همان به اصطلاح مدت و مکان است که خود اجزائی از فضا - زمان محسوب می شوند، پس این کوانتاهای فضا - زمان در حال به وجود آمدن و از بین رفتن هستند، به نظر می آید که جهان هر لحظه در حال نو به نو شدن است، و هر لحظه جهان به وجود می آید و از بین می رود، حال سوال اینجاست با این تفاسیر پس این امواج CMB که در آسمان ردیابی می شود و اتساعی که عالم دیده می شود به چه معنی است و چگونه قابل توجیه است، و کلاً تکامل جهان چگونه توجیه می شود؟

در جواب اولاً باید گفت که آن حرکت و تغییر حالت هائی که در ذرات به اصطلاح به وجود می آید، انرژی پتانسیلی است که به انرژی جنبشی تبدیل می شود و یا به اصطلاح قوه ای است که به فعل تبدیل می شود، یعنی در واقع *Possibility* یا امکانی برای هر ذره وجود دارد که ذره با احتمال *Probability* به سوی آن امکان در حال حرکت است، این امکان قبل از احتمال تعریف شده است، پس جریان به سوی تکامل یا به اصطلاح زیاد شدن آنتروپی در حال حرکت است، و هر ذره در طول عمر خود این *Possibility* را طی می کند،

مطالبی درباره مکان:



همان طور که در فصل‌های قبل درباره میدان گفته شد، ما در جهانی مشحون از میدان در انرژی منفی وجود داریم، و اطلاع ما از اجرام مجاور به صورت امواجی است که یک شناگر بدون گوش و چشم، به وجود ذره‌ای در دریا پی می‌برد، اگر ذرات موجود در فضا به منزله گردابهائی در دریا باشند، با رسیدن امواج گرداب، به شناگر، این امواج را احساس می‌کند پس جایی که این انرژی‌های منفی قرار دارد، فضا است که خود فضا از میدان تشکیل شده است، آنچه در این تعریف برمی آید، یعنی ذرات در واقع اختلالاتی در میدان هستند و منابع آشفتگی در میدان، همان طور که به یک گرداب نگاه می‌کنید در مکانی بیشینه فعالیت را دارد که به آن به اصطلاح هسته گرداب گفته می‌شود و این آشفتگی به کل فضای دریا منتقل می‌شود به صورت امواجی

که در درون دریا به وجود می‌آید، هر قدر به مرکز گرداب نزدیکتر می‌شویم امواج انرژی بیشتری دارند و طول موج‌ها کوتاهتر و هر قدر از مرکز دور می‌شویم طول موج امواج بلندتر می‌شود، و انرژی کمتر می‌شود، یعنی اگر شناگری، مسلط به فیزیک امواج باشد، شاید بتواند از روی طول موج به او رسیده حتی می‌تواند، فاصله، گرداب، را از خود تشخیص دهد هر قدر طول موج‌های دریافتی بلندتر باشد، گرداب دورتر و هر قدر طول موج نزدیکتر باشد طول موج‌های دریافتی کوتاهتر است، ما در نظریه استاندارد ذرات بنیادین این امواج را گسسته و به صورت ذرات یوزونی تعریف می‌کنیم که در میدان ظهور پیدا می‌کنند و عامل به وجود آمدن نیروها می‌شوند، و تأثیر و تأثر ذرات بر یکدیگر را مشخص می‌کنند، به هر حال یک ذره به مثابه یک گرداب آشفتگی در میدان به وجود آورده و این آشفتگی می‌تواند اثرات در کل فضا باشد یعنی در بی نهایت فیزیکی، بدین لحاظ می‌توان گفت که تأثیر یک ذره به وجود آوردن آشفتگی در کل میدان است، اگر حوزه تأثیر هر ذره را بی نهایت فیزیکی بدانیم و جرم را هم حاصل از تأثیرات

میدان حاصل از بوزونی به نام هیگز است، پس لاجرم از تأثیر و تأثر امواج ذره با بوزون هیگز جرم حاصل می‌شود، لاجرم می‌توانیم بگوئیم اولاً ذرات، حوزه تأثیرشان



بی نهایت فیزیکی است، دوماً جرم یک حالت تشکیلی پیدا می کند یعنی در نزدیک ذره، جرم متمرکز تر و هر چه از ذره دور می شویم تمرکز کمتری را دارد.

حال سؤال اینجاست که آیا می شود به گرداب، مکانی نسبت داد؟ بله، مسلماً چون به هر حال گرداب در جایی از دریا به وجود می آید، پس دارای مکان است اما حوزه تأثیر آن در درون فضائی است که متعلق به دریاست، یعنی گرداب فی نفسه از خود موجودیتی ندارد، در اثر آشفتگی در دریا در منطقه ای به وجود می آید، حال گردابی دائماً به وجود می آید و از بین می رود، مثل این است که آشفتگی در منطقه ای دائماً به وجود می آید و از بین می رود که تأثیر آن در دریا به صورت دائمی وجود دارد، پس در اینجا آنچه که می توان گفت که میدان، یا دریا قبل از گرداب موجود بوده و وجود گرداب وابسته به دریاست، یعنی گرداب نمی تواند وجودی مستقل از دریا داشته باشد و یا این تعریف در مورد ذرات و میدان هم می توان اینگونه گفت که ذرات وجودی مستقل از فضا ندارند، بلکه عوارضی از انرژی منفی و دریای منفی هستند، آشفتگی در فضای انرژی هستند که با ابعاد میدان در اطراف خود، موجودیت خود را اعلام می دارند، و اگر تأثیرات میدان آنها بر میدان های دیگر را جرم بدانیم، حوزه تأثیر آنها بی نهایت، و جایی تمرکز کمتری دارند.

یعنی جایی که نزدیک تر به ذرات است، شدت بوزونها و تراکم بیشتر دارند و در دمائی که دورتر از ذرات ماست تراکم و شدت کمتری دارند، پس آنچه در این تعارف وجود دارد این است که ذرات در حقیقت اختلالات و آشفتگی هایی در فضا هستند، پس آنچه که وجود داشته است، فضا یا دریایی از انرژی منفی مشحون از ذرات غیرقابل ردیابی است، و بعد اختلالاتی در این سیستم وارد شده که ما به آنها ذرات می گوئیم، که از طریق میادینی با هم در ارتباط دارند، در واقع فضای واقعی متعلق به خلاء است، با این تعریف خود خلقت مدام وابسته به فضائی است به نام خلاء کوانتومی، که مشحون از ذرات غیر قابل اندازه گیری با انرژی منفی است، حال این بحث سر این



فضای خلاء است، و شکل هندسی آن از لحاظ نسبیتی، و آنکه این خلاء کوانتومی آیا نقطه آغازی دارد؟

آنچه از قرائن بر می آید، آنچه می شود خلقت مدام را به آن متصل کرد، از پدید آمدن فاز میدان هیگز به بعد است و این مسأله برای قبل از آن قابل طرح نیست، چرا که مسأله جرم در آن مطرح است، پس خلقت مدام به طور کلی ربطی به، نظریه استاندارد کیهان شناسی یعنی بیگ بنگ نداشته و بلکه جزئی از آن محسوب می شود، پس نمی تواند جایگزینی برای آن محسوب شود، از زمان بروز فاز میدان هیگز به بعد می تواند، به عنوان یک گزینه مطرح باشد، پس همان اتساع عالم و امواج CMB و لحظه $t=0$ به قوت خود باقی هست که در اینجا بیشتر توضیح نمی دهیم، و اما نکته قابل ملاحظه این است که ما فضا را همان خلاء کوانتومی بدانیم، و آنچه در ذرات به عنوان مکان مشاهده می شود در واقع آشفتگی و اختلال در همین فضای تعریفی است و وجودی مستقل از آن ندارند، مثل گرداب در دریا، که مستقل از دریا نیست و حتی امواج دریا هم، مستقل از دریا نیستند اما همین مکان تعریفی خود از قوانین مکانیک کوانتومی تبعیت کرده بدین لحاظ دارای یک حداقلی است که به آن کوانتای مکان اطلاق می شود، که حداقل فضائی است که یک ذره می تواند داشته باشد، $\Delta x \Delta p \leq \hbar$ ، $\Delta x \approx \frac{\hbar}{\Delta p}$ ، که این فضا وابسته به همان اختلال است و می تواند با ظهور و فناء ذره به وجود آید و از بین برود، در زمان

$\Delta t \approx \frac{\hbar}{\Delta E}$ ، اما به هر حال با آن فضای کل که از آن نشأت می گیرد متفاوت است، و جزئی یا نمودی از آن است.

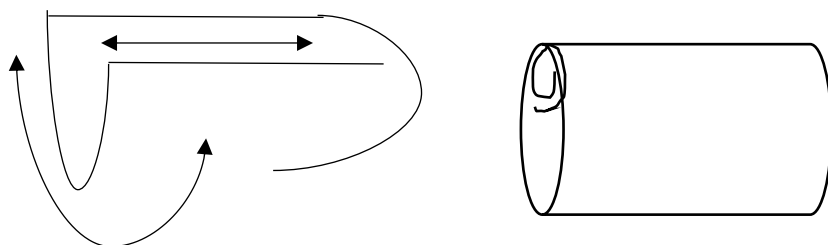
هندسه کیهان:

از طرفی شواهد رصدی حاکی از آن است که جهان می بایست به شدت تخت باشد، و بدست آوردن امواج CMB و ثابت هابل، این نظر را به شدت تقویت می کند، که قبلاً درباره آن توضیح دادیم، از سوئی نظریه استاندارد کیهان شناسی به بسته بودن کیهان، حکم می کند، و شواهد نظری حاکی از بسته بودن شکل کیهان است، با توجه به



انفجار بزرگ و محدود بودن جرم، حاکی از یک جهان بسته نوسانی را دارد که جورج گاموف هم بدان اشاره کرده بود، و این تناقض آشکار بین نظریه استاندارد کیهان شناسی و شواهد رصدی است، برای جمع بندی بین این مسائل، می شود به گونه ای دیگر به کیهان نگاه کرد

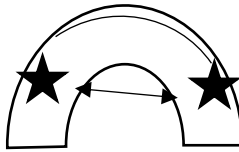
و آن این است که شکل کیهان را مثل یک طومار در هم پیچیده تصور کنیم که این طومار، در حال باز شدن است، و این طومار باز می شود و بعد از گذشت زمان این طومار دوباره در هم پیچیده خواهد شد این نگرش دو مسأله را حل می کند یعنی اینکه طومار در واقع جهان تختی است که به گونه ای خاص در هم پیچیده شده است یعنی در عین حال که تخت است، بسته هم هست، و رفته رفته در حال باز شدن



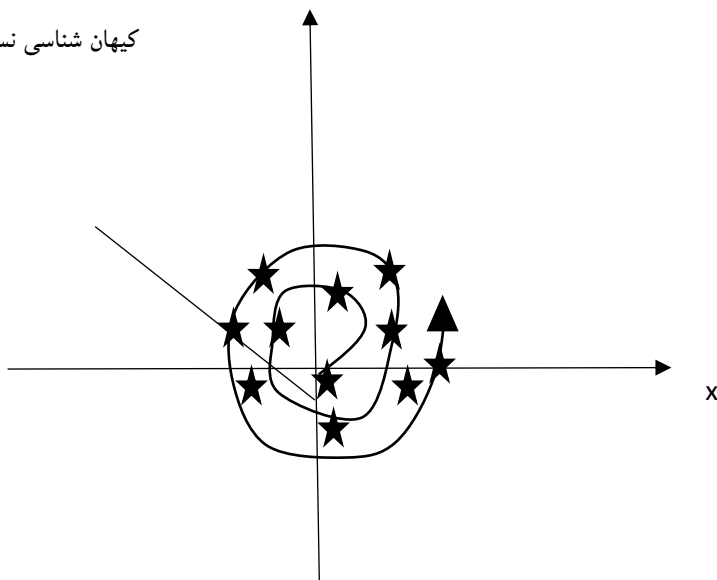
و اتساع می باشد، یعنی از سوئی این جهان تخت ماست و از نگاه دیگری بسته است، آن چهار بعد را در جهانی تخت می بینیم ولی پیشش در بعدی بالاتر یعنی بعد پنجم وجود دارد، وقتی که به آسمان به ستارگان دوردست نگاه می کنیم، در واقع امواج نورانی آن در محیط چهار بعدی تخت به سوی ما می آید، پس لاجرم مسافت آن را از خود چند سال نوری محاسبه می کنیم اما نکته اینجاست تأثیرات گرانشی آن ستاره بر ستارگان دیگر از این محیط چهار بعدی تخت فقط تبعیت نمی کند بلکه به علت اینکه کیهان طوماری دیده می شود، تأثیرات گرانشی ستارگان و اجرام سماوی بر روی یکدیگر چنانچه دکتر نیما حامد ارکانی هم بدان اشاره می کند از بعد پنجم و از فاصله نزدیکتر بر ستارگان دیگر ممکن است تأثیر کند یعنی شاید ستاره ای یا کهکشانی از کهکشان راه شیری از لحاظ رصدی و الکترومغناطیسی چندین مگاپارسک فاصله داشته



باشد در حالی که در بعد پنجم چند میلیون سال نوری بیشتر با کهکشان مذکور بیشتر فاصله نداشته باشد، و به دید دکتر ارکانی، گرانشی در این بعد پنجم حرکت می‌کند. از سوئی ممکن است از لحاظ الکترومغناطیسی بیگ بنگ ۱۳,۷ میلیارد سال نوری با کهکشان ما فاصله زمانی داشته باشد ولی در نظریه طومار بودن کیهان، از بعد پنجم و از لحاظ گرانشی چنین فاصله‌ای ندارد، و تأثیرات گرانشی آن که کل جرم عالم بر آن متمرکز بوده، روی همه لایه‌ها وارد می‌شود و شاید این گرانش‌های از بعد پنجم است که بر روی اجرام سماوی مؤثر است و ما آن را به اصطلاح ماده تاریک می‌نامیم، در واقع ماده تاریک، تأثیرات گرانشی است که علاوه بر مستقیم از فضا چهار بعدی از بعد پنجم فضا هم تأثیر می‌گذارد و تأثیرات



از بعد پنجم آن از تأثیرات مستقیم آن بیشتر است، به هر حال هندسه طوماری هندسه‌ای است که به ظاهر توان پاسخ گوئی به مسئله ماده تاریک را داشته باشد. به نظر می‌آید که در نظریه هندسه طوماری کیهان ما به جای نقطه تکیه بی بعد ما باید با یک ریسمان یک بعدی سر و کار داشته باشیم، که در واقع یک پوسته به شدت پیچ خورده است، چون طوماری بسته شده است، با پتانسیل بسیار بالا، که با ریسمانهایی بسته شده و در واقع لحظه $t=0$ لحظه‌ای است که گوئی این ریسمان‌ها از محیط آن گسسته شده و طومار در تورمی ناگهانی، شروع به باز شدن کرده و در بعد پنجم شروع به تورم و بعد از آن شروع به انبساط هابلی می‌کند حد اولیه این طومار در قطر $m \cdot 10^{-32}$ بوده، و همان مراحل انفجار بیگ بنگ را دارد، هندسه طوماری که در واقع پوسته‌ای است که به صورت طومار درهم پیچیده شده است، در فضای دو بعدی به مثابه یک y چ می‌باشد.



که معادله مارپیچ در فضای قطبی به صورت $r = \theta$ یا $r = \log_a \theta$ و یا $r = a^\theta$ می باشد.

که روی هندسه آن در آینده بررسی جامعی انجام خواهیم داد، ولی آنچه که از مفهوم آن می توان برداشت کرد این است که، اگر بخواهیم از این معادله مارپیچ، مفهومی انتزاعی را بیان کنیم، این خواهد بود که، با فضا - زمانی مواجه باشیم که خط کش ها و ساعت ها با ریتمی که از یکی از معادلات فوق سازگار است پیروی می کنند با یک محیط مارپیچی سر و کار داریم، پس هر قدر که روی این مارپیچ حرکت می کنیم با ریتمی خاص فضا - زمان تغییر می کند

یعنی فضا از فشردگی خارج و ریتم گذر زمان تندتر می شود، به اصطلاح انحنای فضا و زمان کم می شود، البته این در یک بعد است که این اتفاق می افتد یعنی همان بعدی که مارپیچ را در صفحه ای دو بعدی کشیده ایم، حال اگر به جای یک نمودار دو بعدی، ما رویه ای سه بعدی جایگزین کنیم مثل صفحه کاغذ که به شکل طوماری درآمده است، پس ما در آن راستائی که صفحه را به وجود آورده با فضا - زمان های به اصطلاح تخت روبرو هستیم یعنی خط کش ها و ساعت را مثل هم کار می کنند، اما در راستائی خاص، یعنی در نگره هندسه طوماری فضا - زمان، زاویه نگاه کردن و رصد به نوعی مهم است و اصالت دارد اگر ما یکسری از ککهکشانها را رصد کردیم به گونه ای



که علی رغم فاصله‌های زیادی که از ما می‌گیرند، فضا - زمان یا خط کش و ساعت یکسان داشتند در آن راستا فضا تخت است، فقط نمی‌توان آن را به کل کیهان تعمیم داد، اگر در جهت دیگری با ریتمی خاص فضا - زمان تغییر کرد، در واقع آن جهت انحنا فضا را نشان می‌دهد، همان طور که گفتیم، در کیهان طوماری یک کهکشان ممکن است که از لحاظ چهار بعدی ظاهراً از کهکشان ما دور باشد و رصدها و اندازه گیری‌ها هم آن را تأیید کند ولی در بعد پنجم، ممکن است که به کهکشان ما نزدیک ترین فاصله را داشته باشد، و گرانش بر کهکشان ماتأثیر بگذارد، یعنی علی رغم آنچه که مشاهده می‌شود و رصد می‌شود تأثیر قوی گرانشی بر کهکشان ما دارد، اگر ما ریتم انحنا فضا - زمان را بدانیم، می‌توانیم بدست بیاوریم که کدام کهکشان ممکن است که بیشترین تأثیر گرانشی را روی کهکشان ما داشته باشد، و همان طور کهکشان ما تأثیر گرانشی روی آن داشته باشد پس بدست آوردن ریتم انحنا فضا برای، اندازه گیری ماده تاریک بسیار مهم است.

برای بدست آوردن میزان این خمش ابتدا باید روی مفاهیم پایه خم‌های فضائی مطالبی را بدانیم

وقتی یک ذره در بازه زمانی I در فضا حرکت می‌کند، مختصات این ذره در فضا را می‌توان به صورت توابعی از زمان (روی I) تعریف کرد:

$$x = f(t) \quad y = g(t) \quad z = h(t) \quad t \in I \quad (۱)$$

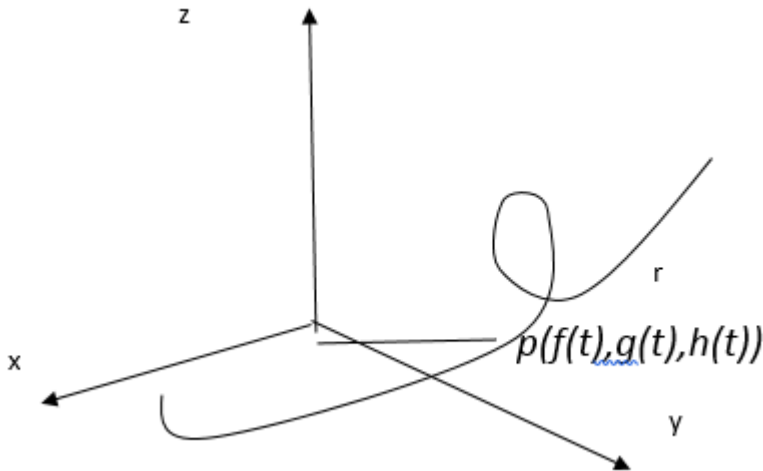
مجموعه نقاط $(x, y, z) = (f(t), g(t), h(t))$ که در آن $t \in I$ ، یک خم به وجود می‌آورند، که آن را مسیر ذره می‌نامیم، معادلات موجود در معادله (۱) و بازه آن معادلات پارامتری این خم هستند.

یک خم در فضا را به صورت برداری نیز می‌توان نمایش داد. این تابع برداری

$$r(t) = \overline{op} = f(t)i + g(t)j + h(t)k$$

در هر لحظه t مکان ذره را به صورت یک بردار مکان از مبدا مختصات به نقطه

$p(f(t), g(t), h(t))$ بیان می‌کند.



در هر لحظه t مکان ذره را به صورت یک بردار مکان از مبدا مختصات به نقطه $p(f(t), g(t), h(t))$ بیان می‌کند. توابع f, g, h توابع مؤلفه بردار مکان هستند، مسیر ذره را می‌توان خم پیموده شده توسط r در طول بازه I در نظر گرفت، و این خمش هم در فضا دو بعدی به گونه زیر قابل محاسبه است

اگر یک خم فضائی با تابع برداری $r(t)$ به عنوان تابعی از پارامتر t تعریف شده باشد، و اگر s پارامتر طول کمان این خم باشد آنگاه بردار یکه مماس T آن $\frac{dr}{ds} = \frac{V}{|V|}$ است.

به این ترتیب انحنای این خم در فضا چنین تعریف می‌شود:

$$k = \left| \frac{dT}{ds} \right| = \frac{1}{|V|} \left| \frac{dT}{dt} \right|$$

پس لاجرم بردار $\frac{dT}{ds}$ بر T عمود است، و بردار یکه عمود اصلی خم را به صورت

زیر به دست می‌دهد

$$N = \frac{1}{K} \frac{dT}{ds} = \frac{dT/dt}{|dT/dt|}$$



به عنوان مثال انحنای مارپیچ زیر

$$r(t) = (a \cos t)i + a(\sin t)j + btk$$

$$a^2 + b^2 \neq 0, a, b \geq 0$$

به این گونه محاسبه می شود.

$$V = -(a \sin t)i + a(\cos t)j + bk$$

$$|V| = \sqrt{a^2 \sin^2 t + a^2 \cos^2 t + b^2} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$T = \frac{V}{|V|} = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} [-(a \sin t)i + a(\cos t)j + bk]$$

پس از معادله $K = \frac{1}{V} \left| \frac{dT}{ds} \right|$ داریم

$$K = \frac{1}{V} \left| \frac{dT}{dt} \right|$$

$$\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \left| \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} [-(a \cos t)i - (a \sin t)j] \right|$$

$$= \frac{a}{a^2 + b^2} \sqrt{(\cos t)^2 + (\sin t)^2} = \frac{a}{a^2 + b^2}$$

از این معادله می توان دید که افزایش b با a ثابت باعث انحنای مارپیچ می شود، همچنین بالعکس، به ازای $b=0$ مارپیچ به دایره ای با شعاع a و انحنای $1/a$ تبدیل می شود، به ازای $a=0$ مارپیچ به محور z تبدیل و انحنای آن صفر می شود.

برای بدست آوردن بردار یکه عمودی اصلی خم یعنی N باید چنین کنیم.

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} [(a \cos t)i - (a \sin t)j]$$

$$\left| \frac{dT}{dt} \right| = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \sqrt{a^2 \cos^2 t + a^2 \sin^2 t}$$

$$= \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$N = \frac{dT/dt}{|dT/dt|} = -\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$[(a \cos t)i + (a \sin t)j]$$

$$= -(a \cos t)i - (a \sin t)j$$

بنابراین بردار N موازی صفحه xy است و همیشه سمت محور Z اشاره می کند

یک خم فضایی مارپیچ است اگر و فقط اگر انحنای ثابت غیر صفر و پیچش غیر

صفر داشته باشد



پیچش چیست؟

بردار عمود دوم یک خم در فضا که به صورت $B = T_x N$ تعریف می‌شود برداری یکه‌ای است که بر هر دو بردار T و N عمود است

رفتار $\frac{dB}{dS}$ نسبت به T, N و B را بررسی می‌کنیم

$$\frac{dB}{dS} = \frac{d(T \times N)}{dS} = \frac{dT}{dS} \times N + T \times \frac{dN}{dS}$$

از آنجا که N در همان جهت $\frac{dT}{dS}$ است پس $(\frac{dT}{dS}) \times N = 0$

$$\frac{dB}{dS} = 0 + T \times \frac{dN}{dS} = T \times \frac{dN}{dS}$$

می‌توان دید که $\frac{dB}{dS}$ بر T عمود است، چون بردار حاصل از یک ضرب خارجی همیشه بر عوامل ضرب عمود است.

از آنجا که $\frac{dB}{dS}$ بر B عمود است پس بر صفحه B و T عمود است.

پس با N موازی است بنابراین مضربی اسکالر از N است

$$\frac{dB}{dS} = -zN$$

اسکالر z را پیچش در امتداد خم می‌نامند، پس داریم

$$\frac{dB}{dS} - N = -zN \cdot N = -Z(1) = -Z$$

با این تعریف باشد تابع پیچش یک خم هموار چنین تعریف می‌شود:

$$Z = \frac{-dB}{dS} \cdot N$$

پیچش Z می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد، پیچش نشان می‌دهد که یک خم چقدر پیچ و تاب می‌خورد.

پس همان طور که گفتم واضح شد که اگر و فقط اگر انحنای ثابت غیر صفر و

پیچش ثابت غیر صفر باشد پس لاجرم با خم فضائی مارپیچ مواجه هستیم.

متداول ترین فرمول محاسبه پیچش به قرار زیر می‌باشد

$$Z = \frac{\begin{vmatrix} \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \\ \ddot{x} & \ddot{y} & \ddot{z} \\ \ddot{\ddot{x}} & \ddot{\ddot{y}} & \ddot{\ddot{z}} \end{vmatrix}}{|v \times a|^2} v \times a \neq 0$$



در این فرمول مشتق گیری نسبت به t می باشد

فرمول های محاسباتی برای خم های فضائی

$$T = \frac{v}{|v|} \quad \text{بردار یکه مماس}$$

$$N = \frac{dT/dt}{|dT/dt|} \quad \text{بردار یکه عمود اصلی}$$

$$B = T \times N \quad \text{بردار عمود دوم:}$$

$$K = \left| \frac{dT}{ds} \right| = \frac{|v \times a|}{|v|^3} \quad \text{انحناء:}$$

$$Z = \frac{-dB}{ds} - N = \frac{\begin{vmatrix} \ddot{x} & \dot{y} & \dot{z} \\ \dot{x} & \ddot{y} & \ddot{z} \\ \ddot{x} & \ddot{y} & \ddot{z} \end{vmatrix}}{|v \times a|^3} \quad \text{پیچش:}$$

مؤلفه های اسکالر مماسی و عمودی شتاب:

$$a = a_T T + a_N N$$

$$a_T = \frac{d}{dt} |v|$$

$$a_N = K |v|^3 = \sqrt{|a|^2 - a_T^2}$$

با دانستن مقدار خمش و پیچش رویه ها و تخمین اینکه مقدار پیچش و خمش فضا از نقطه بیگ بنگ تا حال حاضر چقدر تغییر کرده و هر کهکشان بنا به فاصله ای که از ما و نقطه بیگ بنگ دارد در کدامین مرحله از پیچش می باشد و در این مرحله در چه زاویه ای بوده و نسبت به بعد پنجم در چه فاصله ای از ما وجود دارد، می توان برآورد کرد که مثلاً کهکشان راه شیری تحت تاثیر کدام کهکشان قرار دارد و گرانش کدامین کهکشان می تواند گرانشی صد برابر ستارگان کهکشان راه شیری به راه شیری تحمیل کند

کتابشناسی / Bibliography

۱-فارسی/Persian

- هوئل، ف. ج. نارلیکار. مرزهای فیزیک - ستارشناسی. ترجمه بهزاد قهرمان. مشهد: معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی چاپ اول. ۱۳۶۹
- جیان ویشونارلیکار. آشنایی با کیهان شناسی. ترجمه منیژه رهبر. تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۸
- موسی اکرمی، از دم صبح ازل تا آخر شام ابد. تهران: بنیاد دانشنامه بزرگ اسلامی. ۱۳۷۷
- هویکینگ، استون. تاریخچه زمان. ترجمه محمدرضا محبوب. تهران: شرکت سهامی انتشار. چاپ ۱۳۶۹
- دکتر احمد رهسپار. دین ارکان طبیعت. تهران: کانون انتشارات شریف ۱۳۵۷
- واینبرگ، استون. انبساط جهان. ترجمه محمد رضا خواجه پور. تهران: انتشارات مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۶۲
- گرین. ج. و دیگران. انفجار بزرگ. ویراسته محمد رضا خواجه پور. تهران: انتشارات دنا. ۱۳۶۲
- لاون، درک. آشنایی باتانسور و نسبیت، ترجمه محمد رضا بهفروز. تهران: مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۶۲
- گاموف، جورج. آفرینش جهان، ترجمه رضا اقصی. تبریز: کتابفروشی امید. ۱۳۳۹
- ریندلر، ولفگانگ. نسبیت خاص و عام و کیهانشناسی، ترجمه رضا منصوری، حسین معصومی همدانی. تهران: مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول ۱۳۷۵
- کافمن، ویلیام ج. نسبیت و کیهانشناسی. ترجمه احمد تابنده. تهران: شرکت سهامی انتشار. چاپ اول. ۱۳۶۵



- سکسل، ر. وسکسل، ه. اختریفیزیک نسبیتی، ترجمه رضا منصوری. تهران: موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف. چاپ دوم. ۱۳۷۰
- ترفیل، ج. س. لحظه آغاز. ترجمه بهزاد قهرمان، فرامرز صبوری. مشهد: نما. ۱۳۷۰
- رزنیک، رابرت. آشنایی با نسبیت خاص. ترجمه جعفر گودرزی. تهران: مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول ۱۳۶۳
- جوانگ دزو، فصل‌های درون، ترجمه بهزاد برکت، هرمز ریاحی. تهران: نشر تندر، چاپ اول ۱۳۶۸
- آنیشین، البرت. نسبیت. ترجمه محمد رضا خواجه پور. تهران: انتشارات خوارزمی. ۱۳۶۲
- بورن، ماکس، نظریه نسبیت انیشیتین. ترجمه هوشنگ کرمانی. تهران: انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی. چاپ اول ۱۳۷۱
- ابن سینا، رساله حدود یا تعریفات. ترجمه محمد مهدی فولادوند. تهران: انتشارات سروش ۱۳۶۶
- اریک چیسون، استیو مک میلان. نجوم امروز. ترجمه فرزانه مومنی. تهران: انتشارات نص ۱۳۹۵
- مایکل زینک. نجوم جهان در حال تحول. ترجمه دکتر جمشید قنبری، سعیده حسابی. انتشارات: جهاد دانشگاهی مشهد ۱۳۹۴



English-۲-انگلیسی /

Weeler, J.A. ۱۹۶۴. Geometrodynamics and the Issue of final state. In Relativity, Groups, and topology, ed. C. DeWitt and B.S. Dewitt. New York: Gordon and Breach

Understanding Space and Time. Block ۵: Cosmology. the open university press ۱۹۸۷

Penzias, A.A., and R.W. WILSON, ۱۹۶۴. A measurement of Excess Antennae Temperature at 1.4×10^8 Mc/s. Astrophysical Journal ۱۴۲: ۴۱۹

Peebles, P.J.E. ۱۹۶۵. The black-body Radiation Content of The Universe and Formation of Galaxies. Astrophysical Journal ۱۴۲

Adler, R. et al, introduction to General Relativity. McGraw-Hill Book company. ۱۹۶۵

Alpher, R.A., H.A. Bethe, and G.A. Gamow. ۱۹۴۸. The Origin of Chemical Elements. Physical Review D ۷۳: ۸۰۳

Bondi, H., and T. Gold. ۱۹۴۸. The steady State Theory of the Expanding Universe. Monthly Notices of the royal Astronomical Society ۱۰۸: ۲۵۲

Carter, B. ۱۹۷۴. Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology. In Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data. IAU Symposium ۶۳. ed. M.S. Longair Dordrecht: Reidel

Dicke, R.H. ۱۹۶۱. Dirac's Cosmology and Mach's Principle. nature ۱۹۲: ۴۴۰

Hawking, S.W. ۱۹۷۴. Black Hole Explosions? Nature ۲۴۸: ۳۰

Peebles, P.J.E. ۱۹۶۷. Microwave Radiation from the Big Bang. I. relativity and cosmology, ed. Ehlers. American Mathematics Society.