

ماورای کوانتوم

فصل یک

فلسفه فیزیک

مقدمه

موضوع اصلی مطرح کردن و به بحث گذاشتن نظریه سی. پی. اچ. است که برای اولین بار در تاریخ فیزیک از هم ارزی یا قابل تبدیل بودن نیرو و انرژی به یکدیگر سخن می گوید. اما لازم است قبل پرداختن به نظریه سی. پی. اچ. مواردی را به اطلاع برسانم تا بتوانم دلیل مطرح کردن این نظریه و برتری آن را نسبت به سایر نظریه های موجود از جمله نظریه ریسمانها بیان کنم

فلسفه ی علم

فلسفه توضیحی است برای بی نظمی طبیعی مجموعه ای از تجارب یا دانسته ها. بنابراین برای هر مجموعه ای از تجارب و دانسته ها فلسفه ای وجود دارد. برای فلسفه علم تعاریف متعددی وجود دارد که یکی از این تعاریف می گوید فلسفه علم با سه دسته از مسائل سروکار دارد: نتایج کاوشهای تازه علمی برای مسائل فلسفه، تحلیل مسائل مورد استفاده در علوم و بالاخره مسائل مربوط به هدف علم و روشهای استفاده از آن هرچند ممکن است بدون توجه به فلسفه ی یک دانش، آن را آموخت و به کار برد، اما درک عمیق آن دانش بدون توجه به فلسفه اش امکان پذیر نیست. در واقع بر عهده ی فلسفه ی علم است که حوزه ی فعالیتهای یک دانش از جمله فیزیک، اهداف و اعتبار گزاره های آن را تعیین کند و روش به دست آوردن نتایج را توضیح دهد. این فلسفه ی علم است که نشان می دهد هدف علم، پاسخ به هر سئوالی نیست. علم تنها می تواند آنچه را که متعلق به حوزه واقعیت های فیزیکی (آزمون های تجربی قابل سنجش) است، پاسخگو باشد. علم نمی تواند در مورد احکام ارزشی که متعلق به حوزه اخلاق و پیامدهای یک عمل است، نظری ابراز دارد

در فیزیک هیچ فلسفه ای غایت اندیشه های فلسفی نیست و هرگاه فلسفه ی خاصی به چنین اعتباری برسد، با اندیشمندان و مردم آن خواهد شد که در قرون وسطی شد. سیاه ترین دوران زندگی انسان زمانی بود که فلسفه و فیزیک ارسطویی از حمایت دینی برخوردار و غایت فلسفه ی علوم طبیعی قلمداد شد. در قرون وسطی گزاره های علمی، زمانی معتبر بودند که با گزاره های پذیرفته شده ی قبلی سازگار بودند. پس آزمون گزاره های جدید عملی بیهوده شمرده می شد و تنها سازگاری آنها با گزاره های قبلی کفایت می کرد. علاوه بر آن بانیان گزاره های ناسازگار با مجازات رو به رو می شدند. آتش زدن برونو و محاکمه ی گالیله به همین دلیل بود. بنابراین نتیجه ی آزمایشهای گالیله بیش و پیش از آنکه یک تلاش علمی باشد، یک حرکت انقلابی برای سرنگونی یک نظام فکری و حکومتی بر اندیشه ی انسان بود

لازم است یاد آور شوم که اندیشه ی روش استقرایی بعد از ترجمه ی آثار دانشمندان اسلامی بویژه ایرانیان به لاتین مورد توجه قرار گرفت.

آزمایشهای گالیله با تدریس کارهای خواجه نصیرالدین طوسی و خیام توسط استادانی چون جان والیس در دانشگاه های اروپا همزمان بود. و

همه اینها بعد از ترجمه ی آثار الهازن (ابن هیثم) به لاتین بود. الهازن اولین کسی است که به بررسی خواص نور پرداخت

فرانسیس بیکن فیلسوف انگلیسی برای اولین بار در کتاب خود با نام "ارگانون جدید"، که نام آن برگرفته از کتاب ارسطو با نام ارغنون است،

روش های تحقیق را مورد بررسی قرار داد و جان استوارت میل نیز به دنبال او در کتاب منطق خود بحث درباره شیوه های تجربی را بسط

داد. البته برخی بر این باورند که سخن از استقرا و منطق عملی را اولین بار روگر بیکن، (در قرن سیزدهم میلادی) به کار برد. اما این گالیله

بود که عملاً با آزمایشهای خود روش استقرایی را بکار برد. گالیله تا جایی پیش رفت که خواست سرعت نور را اندازه گیری کند. و این واقعاً

یک انقلاب فکری بود که برتری روش استقرایی را نسبت به روش قیاسی نشان داد

اندیشه اصلی استقراگرایی بر این مبناست که علم از مشاهده آغاز می شود و مشاهدات به تعمیم ها و پیش بینی ها می رسد. حال اگر یک

مورد پیدا شود که با گزاره ی مورد قبول سازگار نباشد، گزاره ی فوق باطل می شود. تفسیر استقراگرایان از این ابطال این است که

استنتاجات علمی، هیچ گاه به یقین منتهی نمی شوند اما آنها بر این باورند که اینگونه استنتاجات می توانند درجه بالایی از احتمال را به بار

آورند.

رایشنباخ می گوید

اصل استقرا داور ارزش نظریه ها در علوم است و حذف آن از علم به مثابه ی خلع علوم از مسند قضاوت در باره ی صدق و کذب نظریه های

علمی است. بدون این اصل، علم به کدام دلیل میان نظریه های علمی و توصیفهای شاعرانه فرق خواهد گذاشت؟ ولی دقیق تر این است که

اصل مجوز استقرا، معیار سنجش احتمالات خوانده شود.

برای قرنهای روش استقرایی بهترین روش علمی شناخته می شد و دانشمندانی مانند اینشتین مجذوب آن بودند. اما قرن بیستم بیشتر نقد

استقراگرایی بوده است تا پذیرش و بسط آن. ناقد اصلی استقراگرایی کارل پوپر بود

چند مورد درنگرش جدید به استقرا تاثیر داشت که یکی از آنها ظهور نظریه های کوانتوم و نسبیت در فیزیک بود. ظهور جریانهای مهم

منطقی با عنوان پوزیتیویستهای منطقی یا حلقه وین از دیگر دلایل آن بود. پوزیتیویستهای منطقی چند هدف مهم را دنبال می کردند. آنان

در تلاش بودند که یک زبان مناسب برای فلسفه علم تهیه کنند و باورشان این بود که بسیاری از سوء تفاهمها از باب این است که یک زبان

مناسبی برای فلسفه علم وجود ندارد و به این نتیجه رسیدند که اگر یک زبان منطقی ایجاد کنند باعث می شود که فلسفه علم رشد بیشتری

پیدا کند. آنها امیدوار بودند که با ابزار منطق، تصویر جامعی از عالم ترسیم کنند. باور آنها این بود که تنها چیزی که ما در اختیار داریم حس

و داده های حسی است و تمام عالم را می توانیم بر اساس حس و داده های حسی به شکل منطقی بازسازی کنیم.

مشهورترین پوزیتیویست منطقی حلقه ی وین رودولف کارناب بود که تلاش می کردند برای تمیز میان علم تجربی و شبه علم ملاکی پیشنهاد کنند. آنها معتقد بودند که فلسفه یک فعالیت است نه یک معرفت. اما معتقد بودند که ما باید یک فلسفه علمی تهیه کنیم که عقلانی، متکی به دانشمندان و مدرن باشد

کارل پوپر به مخالفت با اندیشه های پوزیتیویستی برخاست

پوپر می گوید

راه درس گرفتن از تجربه، انجام مشاهدات مکرر نیست. سهم تکرار مشاهدات در قیاس باسهم اندیشه هیچ است. بیشتر آنچه که می آموزیم با کمک مغز است. چشم و گوش نیز اهمیت دارند، ولی اهمیتشان بیشتر در اندیشه های غلطی است که مغز یا عقل پیش می نهند. بر همین اساس، با استقراء گرایان مخالفت ورزیده و استقراء را اسطوره ای بی بنیاد معرفی کرده است. پوپر با بیان این مطلب که نظریات همواره مقدم بر مشاهدات هستند طرح نوینی را در عرصه روش شناسی علوم تجربی بنیان نهاد. طبق نظر وی روش صحیح علمی عبارت است از آنکه یک نظریه به نحو مستمر در معرض ابطال قرار داده شود. بنابراین یک نظریه برای آنکه قابل قبول باشد باید بتواند از بوته آزمونهایی که برای ابطال آن طراحی شده اند، سر بلند بیرون بیاید. پوپر مصرانه ندا سر می دهد که بگذارید نظریه ها بجای انسانها بمیرند پوپر با ارائه ی نظریه ی ابطال پذیری تلاش کرد مرز بین نظریه های علمی و غیر علمی را مشخص کند. وی چنین بیان می کند علمی بودن هر دستگاه، در گرو اثبات پذیری به تمام معنای آن نیست، بلکه منوط به این است که ساختمان منطقیش چنان باشد که رد آن به کمک آزمونهای تجربی میسر باشد.

به عبارت دیگر از دیدگاه پوپر

نظریه های علمی اثبات پذیر نیستند، بلکه ابطال پذیرند

پوپر با این دیدگاه به مخالفت با تلقی های رایج از علم پرداخت و بیان کرد که علم و نظریه های علمی هیچگاه از سطح حدس فراتر نمی روند و آنچه که منتهی به پیشرفت علم می شود سلسله ای از حدسها و ابطالها می باشد. پوپر تاکید می کند برای رسیدن به اندیشه های نو، هیچ دستور منطقی نمی توان تجویز کرد.

منتقدان وی اگر چه در برخی از جنبه ها با او هم عقیده هستند اما در اینکه وی تنها به ابطال توجه کرده، با او مخالفند. از میان مخالفان پوپر، نظریه کوهن در باب مفهوم پارادایم از اهمیت بیشتری برخوردار است.

برخلاف آنچه که پوزیتیویستهای منطقی توجه داشتند کوهن به یک چرخش تاریخی تکیه می کند و معتقد می شود که علم یک سیستم پویاست و به جای معرفت شناسی علم به جامعه شناسی علم توجه می کند. وی نشان داد که علم تکامل تدریجی به سمت حقیقت ندارد بلکه دستخوش انقلاب های دوره ای است که او آن را تغییر پارادایم می نامد. پارادایم یکی از مفاهیم کلیدی کوهن است او معتقد است

پارادایم یک علم تا مدت های مدید تغییر نمی کند و دانشمندان در چارچوب مفهومی آن سرگرم کار خویش هستند. اما دیر یا زود بحرانی

پیش می آید که پارادایم را درهم می شکنند و انقلاب علمی به وجود می آید که پس از مدتی، پارادایم جدیدی به وجود می آید و دوره ای جدید از علم آغاز می شود. مثال های کلاسیک تغییر پارادایم عبارتند از: ۱- کار گالیله که باعث برانداختن فیزیک ارسطویی و ایجاد نسبیت گالیله ای شد ۲- کار کپلر که باعث کشف بیضوی بودن مدار سیارات شد ۳- ابداع فیزیک جدید توسط نیوتن ۴- نسبیت عام و خاص اینشتین ۵- مکانیک جدید کوانتوم که باعث کنار گذاشتن مکانیک کلاسیک شد.

کوهن در تحلیل خود از مثال جایگزینی تئوری نسبیت اینشتین بجای تئوری مکانیک نیوتون که در پی بحران ناشی از آزمایشات مربوط به نور مایکلسون- مورلی بوجود آمده سود جسته است.

نظر کوهن مبنی بر این که، تکامل علوم، انقلابی و با تغییرات مفهومی ناگهانی است، مورد قبول همگان نیست. همچنین نحوه کشف پنسیلین توسط فلمینگ نشان داد که نظریه پوپر هم فاقد اعتبار عام است. با این وجود دو نظر کوهن و پوپر نسبت به سایر نظرات فلسفه ی علمی رواج بیشتری دارند.

در مجموع مهمترین موضوع مورد توجه فلسفه ی علم، در چند دهه ی گذشته، چگونگی شکل گیری نظریه های علمی بوده است. شاید این توجه ناشی از گسترش سریع پژوهشهای علمی و مطرح شدن نظریه های مختلف و حتی متضاد در یک رشته ی خاص علمی باشد. فیزیک مهمترین عرصه تحولات علمی قرن بیستم را تشکیل می داد. طرح فرضیه نسبیت در ابتدای این قرن توسط آلبرت اینشتین معنای جدیدی به علم فیزیک داد. دیگر زمان و مکان بعنوان دو موجود بیگانه از هم به حیات خود پایان دادند و دیوار چینی ایکه ماده و انرژی را از هم جدا می کرد، فرو ریخت. فیزیک از این طریق نگرش نوینی از دنیای بی نهایت بزرگ های نجوم و دنیای بی نهایت کوچک های اتم تدارک دید.

مکانیک کوانتومی جدید می گوید که وضعیت هر دستگاهی از ذرات، کاملاً با تابع موج اش مشخص می شود اما این تابع موج، به جای آنکه، همانند مکانیک کلاسیک محل و سرعت دقیق هر ذره را مشخص سازد، تنها احتمال وقوع ذره در محل های خاص، با سرعت های خاص را تعیین می کند، به شرط آنکه اندازه گیری های مناسب انجام گیرد.

فیزیک بعنوان مثبت ترین رشته از علوم طبیعی نشان داد که حتی عمومی ترین قوانین آن هم، تنها در محدودیت معینی صدق می کنند. پیشرفت های بعدی فیزیک موجود جدیدی ی به نام اطلاعات را هم به لیست ماده و انرژی افزود. حتی شواهدی وجود دارد که نشان می دهد انتقال اطلاعات در ذرات اتمی سریعتر از نور است. این پدیده لزوم مدلی بهتر از نسبیت را آشکار ساخته است، چرا که نسبیت اساساً اهمیتی برای اطلاعات در مجموعه ی تشکیل دهنده ی جهان قائل نیست.

نسبیت درک جدیدی از هندسه مطرح می کند که مبانی جهان بینی بظاهر تغییر ناپذیر ما را دگرگون می سازد. یعنی در حقیقت این پیش فرض ها، خود در مجموعه ای از اعتقادات و استدالات فلسفی و علمی پیچیده می باشند، که در شرایط بحرانی پوسته شان کنار رفته، و تحجر خود را نشان داده، و نیاز به تکامل عالیت را ضروری می سازند.

یعنی درک ما از خصلت جهان، ساختمان جهان، مبدا و پایان جهان بصورت پیش فرضی (گاه ناآگاهانه) در فعالیت های علمی ما جای دارد. بر خلاف تصور تجربه گرایان، مطالعه این مبانی بی مصرف نبوده، بلکه ممکن است که اسباب دگرگونی های بنیادی علوم را فراهم آورد.

تازه بیش از نسبت می بایست پیشرفت های بعدی در علم فیزیک یعنی نظریه های کوانتوم در فیزیک هسته ای را بررسی نمود. این پیشرفت ها برخی از پایه ای ترین تصورات عقل سلیم ما از جهان، نظیر علیت را، زیر سنوال کشیده اند. علیت که علت بر معلول تقدم دارد، و نه بر عکس.

در تجربه های عادی روزانه معمولاً علیت در رابطه با پدیده های مادی درک می شود. در حالیکه در مکانیک کوانتوم رابطه ی علت و معلول را باید از طریق انتقال اطلاعات مورد بررسی قرار داد. بنابراین اگر پدیده های جهان ترکیبی از ماده، انرژی و اطلاعات تلقی شوند، در آنصورت علیت از زاویه یک خاصیت پدیده مورد نظر ممکن است با علیت از زاویه خاصیت دیگر آن در نقطه مقابل هم قرار گیرد. در نتیجه ممکن است که کل مفهوم متافیزیکی تقدم و تأخر را مجبور شویم در چارچوب دیگری مطرح کنیم.

فیزیک کوانتوم به ما آموخت که محدودیت مفاهیم علت و معلول در هر عرصه را نیز درک کنیم و با حدود این "عمومی ترین" قانون طبیعت نیز آشنا شویم.

قانون علمی

اصطلاحات فرضیه، مدل، نظریه، قانون، معنای متفاوتی در علم با گفت و گو های روزمره دارند. دانشمندان از واژه مدل چیزی را مدنظر دارند که می تواند پیش بینی کند و می توان آن را با آزمایش یا مشاهده آزمود. فرضیه ادعایی است که توسط آزمایش و تجربه نه به تایید کامل می رسد و نه کاملاً رد می شود. یک قانون طبیعی، یک تعمیم و نتیجه گیری کلی بر مبنای مشاهدات تجربی است. غیردانشمندان، از آنچه

دانشمندان، آن را نظریه می نامند، معنای درستی ندارند. معمولاً استفاده عمومی واژه نظریه برای ارجاع به عقیده هایی است که دلیل محکمی برای آنها نیست. اما دانشمندان، این واژه را برای ارجاع به عقیده هایی به کار می برند که در آزمون های مکرر، سربلند بوده اند. وقتی دانشمندان از نظریه های، الکترومغناطیس و نسبیت صحبت می کنند، اینها ایده هایی است که در آزمون های تجربی دقیق و موفقیت آمیز بوده اند. البته استثنائاتی هم وجود دارد مانند نظریه ریسمانها که مدلی با آینده ای روشن به نظر می آید اما شواهد تجربی کافی برای برتری آن بر مدل رقیب وجود ندارد

نظریه های مفید و سودمند خاصی که در طول زمان از آزمون ها، موفق بیرون آمده اند و قدرت پیش بینی و توصیف محدوده بسیار وسیعی از پدیده ها را دارا هستند، به عنوان قانون طبیعی شناخته می شوند. البته اکثر دانشمندان بر این باورند که توصیفات ما از قوانین طبیعی موقتی و گذرا هستند و اگر شواهد جدیدی مخالف با آنها پیدا شوند، نظریه های قابل تجدید نظر هستند. چون دانشمندان، ادعای معرفت

مطلق ندارند و حتی در مورد نظریه های بنیانی و پایه ای اگر داده ها و مشاهدات جدید با آنها متناقض باشند، باید کنار گذاشته شوند. قانون گرانش نیوتنی، مثال بارزی از آن است.

این قانون توسط آزمایش هایی که در رابطه با حرکت در سرعت های بالا انجام شد، نقض شد. البته خارج از این شرایط، قوانین نیوتن، توصیف بسیار عالی از حرکت و جاذبه دارند اما نسبیت عام اینشتین نه تنها، تبیین تمام پدیده هایی را که توسط قوانین نیوتن توضیح داده می شود، دربرمی گیرد، بلکه این موارد خاص را هم به خوبی تبیین می کند

نقش متقابل ریاضیات و فیزیک

برخی از متفکرین، ریاضیدان ها را دانشمند می دانند، چون برهان های ریاضی را معادل با آزمایش های تجربی می گیرند، اما برخی دیگر ریاضی را علم نمی شناسند. آنها استدلال می کنند که نظریه ها و فرضیه های ریاضی قابل آزمون تجربی نیست. چه ریاضی را “علم” بدانیم یا ندانیم، نکته مهم این است که ریاضی برای علم ضروری است. مشاهدات جمع آوری شده در علوم تجربی و سنجش آنها نیازمند استفاده از ریاضیات است. حساب احتمالات و آمار و حساب دیفرانسیل و انتگرال، شاخه هایی از ریاضیات هستند که در علوم تجربی از آنها استفاده می شود. ریاضیات در واقع ابزاری مفید برای توصیف و شناخت جهان است

هیچ دانشی به اندازه ی فیزیک از ریاضیات بهره نبرده و در عین حال هیچ دانشی مانند فیزیک در توسعه ی ریاضیات نقش نداشته است. قوی ترین و کاربردی ترین شاخه های ریاضی نظیر حساب دیفرانسیل و آنالیز برداری توسط فیزیکدانان ابداع شده یا توسعه یافته است. اما تحول هیچ بخشی از ریاضیات مانند هندسه متأثر از کشفیات فیزیکی نبوده است. هرچند برخی از ریاضی دانان، ریاضیات را یک دانش مجرد و انتزاعی می دانند که مستقل از پدیده های فیزیکی قابل بحث است، اما ذهنیت بانیان آن متأثر از عینیت فیزیکی بوده است. قرنهای قبل از آنکه فیثاغورث قضیه ی معروف خود را ارائه کند، اهالی بین النهرین آن را بکار می بردند. قرنهای پیش از اقلیدس برای ساختن اهرام مصر از اصول هندسه ی اقلیدسی استفاده شده است. صورت بندی «اقلیدس» از هندسه تا قرن نوزدهم پرونق ترین کالای فکری بود و پنداشته می شد که نظام اقلیدس یگانه نظام هندسی در طبیعت است

در قرن نوزدهم دو ریاضیدان بزرگ به نام «لباچفسکی» و «ریمان» دو نظام هندسی را صورت بندی کردند که هندسه را از سیطره اقلیدس خارج می کرد. هندسه اقلیدسی مدلی برای ساختار نظریه های علمی بود و نیوتن و دیگر دانشمندان از آن پیروی می کردند. هندسه اقلیدسی بر پنج اصل موضوعه استوار است و قضایای هندسه با توجه به این پنج اصل اثبات می شوند. اصل موضوعه پنجم اقلیدس می گوید: «به ازای هر خط و نقطه ای خارج آن خط، یک خط و تنها یک خط به موازات آن خط مفروض می تواند از آن نقطه عبور کند.» هندسه «لباچفسکی» و هندسه «ریمانی» این اصل موضوعه پنجم را مورد تردید قرار دادند. در هندسه «ریمانی» ممکن است خط صافی که موازی خط مفروض باشد از نقطه مورد نظر عبور نکند و در هندسه «لباچفسکی» ممکن است بیش از یک خط از آن نقطه عبور کند. با اندکی تسامح می توان گفت این دو هندسه منحنی وار هستند. بدین معنا که کوتاه ترین فاصله بین دو نقطه یک منحنی است.

هندسه اقلیدسی فضایی را مفروض می گیرد که هیچ گونه خمیدگی و انحنا ندارد. اما نظام هندسی لباچفسکی و ریمانی این خمیدگی را مفروض می گیرند. (مانند سطح یک کره) همچنین در هندسه های ناقلیدسی جمع زوایای مثلث برابر با ۱۸۰ درجه نیست. (در هندسه اقلیدسی جمع زوایای مثلث برابر با ۱۸۰ درجه است.) ظهور این هندسه های عجیب و غریب برای ریاضیدانان جالب توجه بود. اما اهمیت آنها وقتی روشن شد که نسبیت عام اینشتین توسط بیشتر فیزیکدانان به عنوان جایگزینی برای نظریه نیوتن از مکان، زمان و گرانش پذیرفته شد. چون صورت بندی نسبیت عام اینشتین مبتنی بر هندسه «ریمانی» است. در این نظریه هندسه زمان و مکان به جای آن که صاف باشد منحنی است. اینشتین برای تبیین حرکت نور از هندسه ناقلیدسی استفاده کرد. بدین منظور هندسه «ریمانی» را برگزید اینشتین معتقد بود واقعیات هندسه ریمانی را اقتضا کرده اند. نور بر اثر میدان های گرانشی خمیده شده و به صورت منحنی در می آید یعنی سیر نور مستقیم نیست بلکه به صورت منحنی ها و دایره های عظیمی است که سطح کرات آنها را پدید آورده اند. نور به سبب میدان های گرانشی که بر اثر اجرام آسمانی پدید می آید خط سیری منحنی دارد. براساس نسبیت عام نور در راستای کوتاه ترین خطوط بین نقاط حرکت می کند اما گاهی این خطوط منحنی هستند چون حضور ماده موجب انحنا در مکان - زمان می شود در نظریه نسبیت عام گرانش یک نیرو نیست بلکه نامی است که ما به اثر انحنای زمان - مکان بر حرکت اشیا اطلاق می کنیم. آزمون های عملی ثابت کردند که شالوده عالم ناقلیدسی است و شاید نظریه نسبیت عام بهترین راهنمایی می باشد که ما با آن می توانیم اشیا را مشاهده کنیم. اما مدافعین هندسه اقلیدسی معتقد بودند که به وسیله آزمایش نمی توان تصمیم گرفت که ساختار هندسی جهان اقلیدسی است یا ناقلیدسی. چون می توان نیروهایی به سیستم مبتنی بر هندسه اقلیدسی اضافه کرد به طوری که شبیه اثرات ساختار ناقلیدسی باشد. نیروهایی که اندازه گیری های ما از طول و زمان را چنان تغییر دهند که پدیده هایی سازگار با زمان - مکان خمیده به وجود آید. این نظریه به قراردادگرایی مشهور است که نخستین بار از طرف ریاضیدان و فیزیکدان فرانسوی «هنری پوانکاره» ابراز شد

فصل دو

فیزیک نوین

مقدمه

تجربه های اواخر قرن نوزدهم نشان داد که مکانیک کلاسیک توان توجیه رفتار ذرات را ندارد. علاوه بر آن نسبیت گالیله ای نیز در پاسخگویی به رفتار نور ناکارا است. هرچند امروزه نور نیز چرئی از مکانیک ذرات کوانتومی محسوب می شود، اما در اواخر قرن نوزدهم این دو پدیده بطور مجزا مورد توجه قرار می گرفت. در آغاز قرن بیستم دو دیدگاه ظاهراً مجزا یکی توسط ماکس پلانک و دیگری توسط اینشتین در مورد امواج الکترومغناطیسی مطرح شد. پلانک گسستگی (کوانتومی) آنرا مورد بحث قرار داد و اینشتین سرعت آن را. بدین ترتیب مکانیک کوانتوم و نسبیت پا به عرصه ی ظهور نهادند که شالوده فیزیک نوین را تشکیل دادند. سرانجام دیراک این دو را با هم ترکیب کرد و مکانیک کوانتوم نسبیتی را به وجود آورد

تا پایان قرن نوزدهم، فیزیک دان ها بر این باور استوار بودند که توانایی فیزیک کلاسیک برای کشف تمام دانستنی ها قطعی است و حل مسائل صرفاً محتاج زمان و کوشش کافی خواهد بود. اما علی رغم تلاشهای پیگیر گروه کثیری از دانشمندان برجسته آن زمان، هیچکدام از فرضیات پیشنهادی توفیقی در ارائه یک منحنی شدت - فرکانس که منطبق با نتایج آزمایش باشد به دست نیاورد. به طور خلاصه، هیچیک از محاسبات مبتنی بر تشعشعات اتمی در امتداد یک محور ممتد فرکانس قادر به عرضه منحنی صحیح نشد.

در سال ۱۹۰۰، ماکس پلانک فیزیک دان آلمانی اعلام کرد که با فرض یک تشعشع الکترومغناطیسی خفیف (در طول موج یا در فرکانس)، منحنی فرضی بدست آمده کاملاً با منحنی ناشی از آزمایش منطبق خواهد بود. به عبارت دیگر، انرژی اتمی تابان E با فرمول زیر تعریف می شود:

$$E = n.h.f$$

n عدد صحیح است

h ثابت پلانک

$$= 6.62 \times 10^{-27} \text{ s.erg}$$

f فرکانس نوسانات اتمی

این رویداد شروع عصر مکانیک کوانتومی را رقم زد.

به دلیل اینکه پلانک موفق به تعریف انعکاس جسم سیاه شد جایزه نوبل فیزیک را در سال ۱۹۱۸ به خود اختصاص داد. قسمتی از توضیحات وی در خطابه اش که هنگام دریافت جایزه در دوم ژوئن ۱۹۲۰ قرائت کرد، چنین است:

«تلاش من در طول سال ها حل مسئله تقسیم انرژی در طیف معمول تابش حرارت بود. پس از اینکه گوستاو کیرشهوف (۱۸۸۷-۱۸۲۴)

نشان داد که وضعیت تشعشعات حرارتی، در درون یک محفظه که جداره آن متشکل از ماده ای باشد ساطع کننده و دریافت کننده

تشعشعات و واجد دمای یکنواخت، به هیچ وجه وابسته به جنس جداره نیست، وجود یک ارتباط کلی میان میزان حرارت با طول موج -

بدون هیچ دخالتی از نظر جنس ماده ی تشکیل دهنده ی جداره - آشکار شد. کشف این ارتباط شگفت انگیز، امید فهم عمیق تری در مورد

رابطه ی انرژی با حرارت، که در واقع مسئله ی اساسی ترمودینامیک را و کلاً فیزیک مولکولی است، به وجود می آورد. ...

من در آن زمان، با امیدی، که امروز قطعاً با تبسمی از جانب شنونده بسیار ساده لوحانه انگاشته خواهد شد، می اندیشیدم که در صورتی که

قوانین ترمودینامیک کلاسیک را به گونه ای کلی طرح کنیم و از فرضیه های جزئی پرهیز کنیم، بخش عمده موضوع مورد نظر را در محیط

فهم خود در خواهیم آورد و بدین ترتیب به مقصود خود خواهیم رسید. ...

به موازات این طرح، طرح های دیگری نیز فقدان بخش مهمی که به گسستگی اساسی در زنجیره ی تحلیل و فهم کلی پایه های مسئله را منجر می شد، روز به روز آشکارتر می نمودند.

پس از به دست آوردن فرمول ریاضی جدیدی برای تعریف تابش، وقت خود را صرف توضیح آن به گونه ای که با واقعیت فیزیکی تطبیق کند کردم؛ حل این مشکل طبیعتاً سیر فکری مرا تا بررسی ارتباط موجود میان تئوری بی نظمی یا آنتروپی و تئوری احتمالات پیش برد و نتایجی که از این گذر به دست آمد با عقاید بولتزمن هماهنگی کامل داشت. سرانجام پس از چند هفته که سخت ترین دوره ی کاری زندگیم بود، نور در ظلمت تابیدن گرفت و دورنمایی غیر قابل تصور در برابر دیدگانم باز شد. ...

چون [وجود یک ثابت در قانون تشعشع] نمایانگر حاصل انرژی در زمان است، ... من آنرا به عنوان «کوانتوم اولیه کنش» تعریف کردم. ... مادامی که کوانتم مورد نظر بینهایت کوچک در نظر گرفته می شد ... مشکلی نبود؛ ولی بطور کلی کمبودهای زیادی در گوشه و کنار تئوری ظاهر می شد و هر چه ارتعاشات ضعیفتر و سریعتر بودند این اختلاف بیشتر جلوه می کرد. طولی نکشید که ناکامی هر گونه تلاش آتی برای جبران این کاستی ها بر من آشکار شد. به نظر می آمد که یا کوانتوم کنش یک کمیت خیالی بیش نیست، و در این صورت استنتاج قانون تابش در مجموع جز یک برداشت مجازی و یک بازی بی محتوی مبتنی بر فرمول های بی معنی نبوده، و یا قانون تابش بر اساس یک مفهوم فیزیکی واقعی بنا شده، که در این صورت کوانتوم کنش باید نقش مهم و اساسی ای را در فیزیک ایفا کند؛ امری که کاملاً نوین بود و تا کنون از آن آگاهی ای نداشتیم، و به ناچار ما را به مرور مجدد تمامی مفهومات فیزیکی مان که بر مبنای حساب انفینیتسیمال (بسیار کوچک) لایپنیتز و نیوتن استوار شده بود و حکم به پذیرش زنجیره ی اتصال علل به معلولات می کرد، وادار می نمود. آزمایشات رأی به صحت فرض دوم صادر کردند.»

در جایی دیگر، پلانک می گوید:

«بلافاصله می کوشیدم تا کوانتم ابتدایی کنش را در قالب تئوری کلاسیک جای بدهم، اما علی رغم تمام کوشش هایم، ثابتی که یافته بودم در مقابل تمام کوشش هایم به گونه ی انعطاف ناپذیری مقاومت نشان داد... سعی بر وارد کردن کوانتوم ابتدائی کنش در تئوری کلاسیک، به مدت چند سال کوشش های بی حاصل مرا به خود اختصاص داد که زحمات زیادی را مصروف آن کردم.»

با اینکه منحنی فرضی پلانک با منحنی ای که عملاً از آزمایشات به دست می آمد تطبیق کامل داشت، متأسفانه، برای مدت حداقل ۵ سال، فرضیه ی او مبتنی بر ماهیت خفیف تابش اتمی، تا سال ۱۹۰۵ و چاپ مقاله ی اینشتین و شرح آن بر فرضیه ی تأثیرات فوتوالکتریک، استقبال چندانی نیافت. با این حال، تئوری پلانک که وجود دو سطح انرژی اتمی خفیف را برای توضیح تشعشع جرم سیاه بیان می کرد، و همچنین موضوعی که او در رابطه با قابل شمارش دانستن انرژی متبادل این اتمها پیشنهاد کرد آغازی بود برای عصر مکانیک کوانتیک.

اندیشه های اینشتین

در اواخر قرن نوزدهم دانشمندان تصور می کردند به توصیف کامل گیتی نزدیک شده اند. آنان می پنداشتند که فضا در همه جا با واسطه ای پیوسته به نام اتر پر شده است. پرتوهای نور و علائم رادیویی، امواجی در اتر بودند، درست همان گونه که صوت، امواج فشار در هواست. تنها چیزی که برای تکمیل نظریه لازم بود، اندازه گیری دقیق ویژگی های کشسانی اتر بود؛ پس از تعیین این ویژگی ها، همه چیز در جای خود قرار می گرفت. اما به زودی و به تدریج، مغایرت هایی با اندیشه اتر که تصور می شد همه جا هست، پدیدار شد. انتظار می رفت نور در اتر با سرعت ثابتی حرکت نماید. مثلاً، اگر در جهت نور حرکت می کردید، انتظار داشتید سرعت آن کم تر به نظر برسد، و اگر در خلاف جهت نور حرکت می کردید، انتظار داشتید سرعت آن بیشتر به نظر آید. اما به رغم آزمایش های متعدد، تلاش به منظور یافتن مدرکی برای تغییر سرعت نور در اثر حرکت در اتر، ناکام ماند

دقیق ترین آزمایش ها توسط آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی در سال ۱۸۸۷ در مؤسسه کیس کلیولند در اوهایو انجام گردید. آن ها سرعت نور را در دو باریکه که نسبت به یکدیگر دارای زاویه قائمه بودند، مقایسه نمودند. آن ها چنین استدلال می کردند که زمین با چرخش به دور محور خود و گردش به گرد خورشید، از میان اتر می گذرد و سرعت نور در این دو باریکه باید متفاوت باشد. اما مایکلسون و مورلی اختلاف روزانه یا سالانه ای میان دو باریکه نور نیافتند. گویی نور، در هر جهتی که حرکت کنی، نسبت به تو با سرعتی ثابت حرکت می کند جرج فیتزجرالد و دیوید لورنتز، نخستین کسانی بودند که گفتند اجسامی که در میان اتر حرکت می کنند، منقبض می شوند و ساعت ها کند می گردند. این انقباض و کندشدگی (اتساع) چنان است که هرکسی به هر نحو که نسبت به اتر، که فیتزجرالد و لورنتز آن را ماده ای واقعی می پنداشتند، حرکت کند، سرعت ثابتی را برای نور اندازه گیری خواهد نمود

اما، این آلبرت اینشتاین بود که اتر را کناری نهاد و مسئله سرعت نور را یک بار برای همیشه حل کرد. او، در ژوئن ۱۹۰۵، یکی از سه مقاله ای را نوشت که وی را به عنوان یکی از دانشمندان برجسته جهان معرفی کرد- و در این راستا دو انقلاب مفهومی را آغاز نمود که فهم ما را از زمان، فضا و واقعیت تغییر دادند

در مقاله ۱۹۰۵، اینشتاین نوشت حال که نمی توان آشکار ساخت که آیا در اتر حرکت می کنیم یا خیر، اصلاً مفهوم اتر زیادی است. در مقابل، اینشتاین از این اصل آغاز کرد که قوانین علم باید به دیده همه ناظرانی که آزادانه حرکت می کنند، یکسان بنمایند. به ویژه، ناظران به هر شیوه ای که حرکت کنند، باید همه یک سرعت را برای نور اندازه گیری نمایند

این، مستلزم رها کردن این اندیشه بود که کمیتی عام موسوم به زمان وجود دارد که همه ساعت ها اندازه می گیرند. هر کس، زمان شخصی خود را داشت. ساعت های دو نفر در صورتی با هم هماهنگ بودند که آن دو نسبت به یکدیگر در حال سکون باشند و نه این که حرکت نمایند. این نکته با چند آزمایش تأیید شد، از جمله آزمایش با ساعت بسیار دقیقی که دور جهان گردانده شد و سپس با ساعتی که در محل ساکن مانده بود، مقایسه گردید. اگر می خواستید بیشتر زندگی کنید، می توانستید به سوی شرق پرواز کنید تا سرعت هواپیما به سرعت

چرخش زمین افزوده شود. اما خوردن غذای هواپیما همان و از میان رفتن آن کسر بسیار کوچکی از ثانیه که به عمرتان افزوده می شد، همان

اصل موضوعه اینشتاین که قوانین طبیعت باید به دیده تمام ناظرانی که در حرکت آزاد هستند، یکسان بنماید، مبنای نظریه نسبیت بود که از آن رو چنین نامیده می شود که حکایت از آن دارد که فقط حرکت نسبی مهم است. زیبایی و سادگی آن برای بسیاری از دانشمندان و فیلسوفان متقاعدکننده بود. اما مخالفت های بسیاری هم به جای مانده بود. اینشتاین دو مطلق علم قرن نوزدهم را واژگون کرده بود: سکون مطلق که با اثر نمایش داده می شد و زمان مطلق یا عامی که تمام ساعت ها اندازه گیری می نمودند. مردم می پرسیدند آیا این بدان معناست که معیار اخلاقی مطلق وجود ندارد، که همه چیز نسبی است؟

این ناراحتی در دهه ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ ادامه یافت. هنگامی که در سال ۱۹۲۱ جایزه نوبل به اینشتاین داده شد، این امر به دلیل کار مهم- اما با معیارهای اینشتاین، جزئی- دیگری بود که در سال ۱۹۰۵ انجام داده بود. به نسبیت، که تصور می رفت بسیار بحث برانگیز است، اشاره ای نشد. هنوز هم عده ای اعتقاد دارند که اینشتاین اشتباه کرده است. با این همه، اکنون، جامعه علمی نظریه نسبیت را به طور کامل پذیرفته است و پیش بینی های آن در کاربردهای بیشمار تصدیق شده اند

یکی از نتایج مهم نسبیت، رابطه میان جرم و انرژی است. این اصل اینشتاین که سرعت نور باید به دید همه یکسان باشد، نشان می داد که هیچ چیز نمی تواند از نور سریع تر حرکت نماید. آن چه روی می دهد این است که با مصرف انرژی برای شتاب دادن به ذره یا سفینه، جرم شیء افزایش می یابد و شتاب بیشتر دادن به آن را دشوارتر می سازد. شتاب دادن به ذره تا سرعت نور ناممکن است زیرا به مقداری نامتناهی انرژی نیاز دارد. هم ارزی جرم و انرژی به اختصار در معادله مشهور اینشتاین،

$$E=mc^2$$

نشان داده می شود، که شاید تنها معادله فیزیک باشد که حتی مردم کوچه و خیابان هم آن را می دانند. از جمله نتایج این قانون آن است که با شکافت هسته اتم اuranium به دو هسته با مجموع جرمی که اندکی کمتر است، مقدار زیادی انرژی رها می شود هرچند نظریه نسبیت به خوبی در چارچوب قوانین حاکم بر الکتریسیته و مغناطیس قرار می گرفت، اما با قانون گرانش نیوتن سازگار نبود. این قانون می گفت اگر توزیع ماده را در یک منطقه از فضا تغییر دهید، تغییر در میدان گرانشی در هر جای دیگری در گیتی بلافاصله احساس خواهد شد. این نه تنها بدان معنا بود که می توانید علائمی با سرعتی بیش از سرعت نور ارسال کنید (امری که نسبیت منع می کرد)، بلکه نیازمند زمان مطلق یا عامی نیز بود که نسبیت آن را به نفع زمان شخصی یا نسبیتی کنار گذاشته بود

اینشتاین، در سال ۱۹۰۷ که هنوز در اداره ثبت اختراعات برن بود، از این دشواری آگاهی داشت، اما تا سال ۱۹۱۱ که به دانشگاه آلمانی پراگ آمد، تفکر جدی در باره این مسئله را آغاز نکرده بود. او دریافت که میان شتاب و میدان گرانشی رابطه نزدیکی وجود دارد. کسی که در اتاقی بسته نشسته است، نمی تواند بگوید آیا در میدان گرانشی زمین در حال سکون است، یا موشکی در فضای آزاد به او شتاب می دهد. اگر زمین تخت بود هم می توانستید بگویید سبب به دلیل گرانش روی سر نیوتن افتاد و هم می توانستید بگویید سر نیوتن به سبب

برخورد کرد، زیرا او و سطح زمین به سوی بالا شتاب می گرفتند. اما، به نظر نمی رسد که این هم ارزی میان شتاب و گرانش برای زمین
 گروهی چندان مفید باشد؛ مردم طرف دیگر جهان می بایست در جهت مخالف شتاب بگیرند، اما در فاصله ثابتی نسبت به ما باقی بمانند
 اینشتاین با بازگشت به زوربخ در سال ۱۹۱۲، با توفانی مغزی روبرو گردید. او دریافت اگر در هندسهٔ واقعیت انعطافی وجود داشته باشد،
 ممکن است هم ارزی شتاب و گرانش مفید باشد. اگر جا-گاه -- (فضا-زمان) چیزی که اینشتاین ابداع نموده بود تا سه بُعد آشنای زمان را با
 بُعد چهارم یعنی زمان، در هم آمیزد-- خمیده بود و نه آن گونه که تصور می شد، تخت، چه؟ تصور وی این بود که جرم و انرژی جا-گاه را به
 شیوه ای که هنوز می بایست آن را تعیین نماید، خمیده می سازند. اشیائی مانند سیب و سیاره تلاش می کنند در جا-گاه در مسیر مستقیم
 حرکت نمایند، اما چنین می نماید که میدان گرانشی مسیر آن ها را خمیده می سازد، زیرا جا-گاه خمیده است
 اینشتاین با کمک دوست خود. مارسل گروسمان، نظریه فضاها و رویه های خمیده را مطالعه کرد که برنارد ریمن چونان بخشی از ریاضیات
 انتزاعی و بدون تصور این که به جهان واقعی ربطی داشته باشد، پدید آورده بود. در ۱۹۱۳، اینشتاین و گروسمان مقاله ای نوشتند و در آن
 این اندیشه را مطرح ساختند که ما نیروهای گرانشی را چونان نمود این حقیقت می دانیم که جا-گاه خمیده است. اما به دلیل اشتباه
 اینشتاین که انسان بود (و جایز الخطا) نتوانستند معادلاتی را بیابند که انحنای جا-گاه را به جرم و انرژی درون آن مرتبط سازد
 اینشتاین در برلین، به دور از مسائل داخلی و عمدتاً فارغ از جنگ، به کار ادامه داد تا سرانجام در نوامبر ۱۹۱۵، معادلات صحیح را یافت.
 اینشتاین در بازدید از دانشگاه گوتینگن در تابستان ۱۹۱۵ در باره اندیشه های خود با دیوید هیلبرت ریاضیدان بحث کرده بود و هیلبرت،
 مستقل از اینشتاین و چند روز پیش از وی، همین معادلات را یافته بود. با این همه، همان گونه که هیلبرت اذعان نموده است، افتخار نظریه
 جدید از آن اینشتاین بود. اندیشه وی، مرتبط ساختن گرانش با خمیدگی جا-گاه بود
 نظریه جدید جا-گاه خمیده را نسبیت عام نامیدند تا آن را از نظریه اولیه بدون گرانش، که اکنون نظریه نسبیت خاص خوانده می شد،
 متمایز سازند. در سال ۱۹۱۹ که هیئت اعزامی انگلیسی به آفریقای غربی، در حین خورشیدگرفتگی (کسوف)، جابجایی اندکی را در موضع
 ستارگان نزدیک خورشید رصد کردند، این نظریه به طرز شگفت تأیید شد. همان گونه که اینشتاین پیشبینی نموده بود، نور این ستارگان با
 عبور از کنار خورشید، خمیده می شد. این شاهدهی است مستقیم بر آن که فضا و زمان خمیده اند، یعنی بزرگترین تغییری که از زمانی که
 اقلیدس مبانی خود را نوشت، در درک ما از عرصه ای که در آن زندگی می کنیم، پدید آمده است
 نظریه نسبیت عام اینشتاین، فضا و زمان را از زمینه منفعلی که رویدادها در آن روی می دهند به شرکت کنندگان فعالی در دینامیک کیهان
 تبدیل نمود. این، به مشکل بزرگی منتهی شد که در انتهای قرن بیستم، هنوز در پیشانی فیزیک قرار دارد. جهان سرشار از ماده است و ماده
 جا-گاه را چنان خمیده می سازد که اجسام به سوی یکدیگر سقوط می کنند. اینشتاین دریافت که معادلات وی برای توصیف جهانی که در
 طول زمان تغییر نمی کند، جوابی ندارند. به جای رها کردن جهان ایستا و جاوید، که در آن زمان وی و اغلب مردم دیگر بدان باور داشتند،

معادلات را با افزودن جمله ای به نام ثابت کیهانی تغییر داد که فضا را در جهت دیگر چنان خمیده می ساخت که اجسام از هم دور شوند. اثر رانشی ثابت کیهانی، اثر کششی ماده را خنثی می نمود و جهانی را ممکن می ساخت که تا ابد به جای خود باقی است معلوم شد که این یکی از بزرگترین فرصت های از دست رفته فیزیک نظری بوده است. اگر اینشتاین به همان معادلات اصلی خود وفادار مانده بود، می توانست پیش بینی نماید که جهان باید یا در حال انقباض باشد یا در حال انبساط. تا دهه ۱۹۲۰، که رصدهایی با تلسکوپ ۱۰۰ اینچی مونت ویلسون انجام گرفت، امکان جهان وابسته به زمان جدی گرفته نشد. این رصدها نشان دادند هرچه کهکشان ها از ما دورتر باشند، سریعتر دور می شوند. به عبارت دیگر، جهان در حال انبساط است و فاصله میان دو کهکشان با گذشت زمان به طرز یکنواخت افزایش می یابد. اینشتاین، بعدها، ثابت کیهانی را بزرگترین اشتباه عمر خود خواند

نسبیت و مکانیک کوانتوم

استیون هاو کینگ می گوید

هر ماده ای که بیندیشیم در جهان وجود دارد (مردم، هوا، یخ، ستارگان، گازها، میکروبها، صفحه مانیتور شما) از اجزاء ساختاری بسیار ریزی به نام اتم تشکیل شده اند. می دانیم که اتمها بنوبه خودشان از موجودات کوچکتری به نام ذرات و یک فضای خالی بسیار بزرگ (در مقایسه با ابعاد این ذرات) ساخته شده اند. همچنین می دانیم که برخی از ذرات خود از ذرات ریزتری تشکیل شده اند.

ذرات مادی را که همگی می شناسیم. پروتون ها و نوترون ها در هسته اتم و الکترون ها که به دور هسته می چرخند. ذرات مادی اتم او به نام کلی فرمیون ها می شناسیم

فرمیون ها یک سیستم پیام رسانی دارند که بین آن ذرات رد و بدل شده و به راه های معینی موجب ایجاد تاثیر و در نتیجه تغییراتی در آن ها می شود. سیستم پیام رسانی انسان ها را در نظر بگیرید. کبوتر نامه بر، پست، تلفن و فکس سرویس های این سیستم می تانند نامیده شوند. اما همه انسان ها از هر ۴ سرویس فوق برای رد و بدل کردن پیام بین همدیگر استفاده نمی کنند

در مورد ذرات مادی هم سیستم پیام رسانی وجود دارد که سرویس های چهارگانه ای دارد. این سرویس ها را نیرو می نامیم. ذراتی وجود دارد که این پیام ها را بین فرمیون ها و در برخی موارد حتی بین خود رد و بدل می کنند. این ذرات پیام رسان به طور مشخص بوزون

Boson

نامیده می شوند

پس هر ذره ای که در جهان وجود دارد یا فرمیون هست یا بوزون

گفتیم که سرویس های پیام رسان ۴ گانه نیرو نامیده می شوند. یکی از این نیروها گرانش هست. نیروی گرانش را که ما را روی زمین نگه می دارد، می توانیم مثل پیامی در نظر بگیریم. حامل این پیام نوعی بوزون هست که گراویتون نامیده می شود. گراویتون ها حامل پیامی بین

ذرات اتم های بدن ما و ذرات اتم های زمین هستند و به ذرات مذکور می گویند که به هم نزدیک شوند

نیروی دوم یا نیروی الکترومغناطیس پیام‌هایی هست که به وسیله بوزون‌هایی به نام فوتون بین پروتون‌های درون هسته یک اتم و الکترون‌های نزدیک به آن، یا بین الکترون‌ها رد و بدل می‌شوند. این پیام‌ها موجب می‌شوند که الکترون‌ها دور هسته گردش کنند. در مقیاس‌های بزرگ‌تر از اتم فوتونها خودشان را بصورت نور نشان می‌دهند. سومین سرویس پیام‌رسان نیروی قوی است که موجب می‌شود هسته اتم یکپارچگی خود را حفظ کند و چهارمین سرویس نیروی ضعیف است که موجب رادیواکتیویته می‌شود

فعالیت این ۴ نیرو باعث رد و بدل شدن پیام بین کلیه فرمیون‌های جهان و برهمکنش بین آنها می‌شود. بدون این ۴ نیرو هر فرمیون اگر هم وجود داشته باشد در جدایی به سر می‌برد، بدون این که بتواند با آنها مرتبط شود و بر آنها تاثیر بگذارد. بزبان ساده‌تر اگر چیزی بوسیله این چهار نیرو روی ندهد، اتفاقی نخواهد افتاد

درک کامل این چهار نیرو به ما امکان می‌دهد تا اصولی را که مبنای همه رویدادهای جهان هست، درک کنیم

بسیاری از کارهای فیزیک‌دانان قرن بیستم برای آگاهی بیشتر از طرز عمل این چهار نیروی طبیعی و ارتباط بین آنها انجام شد. در سیستم پیام‌رسانی انسان‌ها، ممکن هست به این موضوع واقف شویم که تلفن و فکس دو سرویس جداگانه نیستند. بلکه هر دو اجزای یک سیستم واحدند که به دو طریق متفاوت جلوه‌گر می‌شوند. آگاهی از این واقعیت موجب یگانگی دو سیستم پیام‌رسانی خواهد شد. به طریق مشابهی فیزیک‌دان‌ها تا حدودی با موفقیت سعی کردند نوعی یگانگی بین نیروها را استنباط کنند. آنها امیدوار بودند نظریه‌ای بیابند که در غایت امر هر چهار نیرو را بوسیله یک ابرنیرو توجیه کند. نیرویی که خودش را به گونه‌های مختلف نشان می‌دهد و نیز موجب یگانگی فرمیون‌ها و بوزون‌ها در یک خانواده می‌شود. فیزیک‌دان‌ها این نظریه را نظریه یگانگی نام دادند. این نظریه باید دنیا را توجیه کند. یعنی نظریه همه چیز باید یک قدم پیش‌تر برود و به این سوال پاسخ دهد: دنیا در لحظه آغاز قبل از این که زمانی بگذرد، چگونه بوده است؟

فیزیک‌دان‌ها همین سوال را بزبان خودشان با این عبارت بیان می‌کنند که: شرایط اولیه یا شرایط مرزی در آغاز جهان چه بوده است؟

درک کامل ابرنیرو ممکن هست که درک شرایط مرزی را هم برای ما امکان‌پذیر کند. از طرف دیگر ممکن است که ضروری باشد که ما شرایط مرزی را بدانیم تا بتوانیم ابرنیرو را بفهمیم. این دو بطور تنگاتنگی با یکدیگر ارتباط دارند و نظریه پردازان هم از هر دو طرف مشغول کار هستند تا به «نظریه همه چیز» (از منشا آلمانی

Weltformel

دست پیدا کنند

نظریه‌ها

نظریه نسبیت عام اینشتین نظریه‌ای در باره جرم‌های آسمانی بزرگ مثل ستارگان، سیارات و کهکشان‌هاست که برای توضیح گرانش در این سطوح بسیار خوب است

مکانیک کوانتومی نظریه‌ای است که نیروهای طبیعت را مانند پیام‌هایی می‌داند که بین فرمیون‌ها (ذرات ماده) رد و بدل می‌شوند. این نظریه اصل ناامیدکننده‌ای را نیز که اصل عدم قطعیت نام دارد در بر می‌گیرد. بنابر این اصل هیچ‌گاه ما نمی‌توانیم همزمان مکان و سرعت (تندی و جهت حرکت) یک ذره را با دقت بدانیم. با وجود این مسئله مکانیک کوانتومی در توضیح اشیاء، در سطوح بسیار ریز خیلی موفق بوده بوده است

یک راه برای ترکیب این دو نظریه بزرگ قرن بیستم در یک نظریه واحد آن است که گرانش را همانطور که در مورد نیروهای دیگر با موفقیت به آن عمل می‌کنیم، مانند پیام ذرات در نظر بگیریم. یک راه دیگر بازنگری نظریه نسبیت عام اینشتین در پرتو نظریه عدم قطعیت است اما اگر نیروی گرانش را مانند پیام بین ذرات در نظر بگیریم، با مشکلاتی مواجه می‌شویم. قبلاً دیدیم که شما می‌توانید نیرویی که شما را روی زمین نگه می‌دارد، مثل تبادل گراویتون‌ها (همان پیام‌رسان‌های گرانش) بین ذرات بدن خود و ذراتی که کره زمین را تشکیل می‌دهند، در نظر بگیرید. در اینصورت نیروی گرانشی با روش مکانیک کوانتومی بیان می‌شود. اما چون همه گراویتون‌ها بین خود نیز رد و بدل می‌شوند، حل این مساله از نظر ریاضی بسیار بغرنج می‌شود. بی‌نهایت‌هایی حاصل می‌شوند که خارج از مفهوم ریاضی معنایی ندارند. نظریه‌های علم فیزیک واقعاً نمی‌توانند با این بی‌نهایت‌ها سر و کار داشته باشند. آن‌ها اگر در نظریه‌های دیگر یافت شوند، تئوریسین‌ها به روشی که آن را ریترمالیزیشن یا بازبهنجارش می‌نامند، متوسل می‌شوند. ریچارد فاینمن در این باره می‌گوید: این کلمه هر چقدر زیرکانه باشد، باز من آن را یک روش دیوانه‌وار می‌نامم. خود او هنگامی که روی نظریه‌اش در مورد نیروی الکترومغناطیسی کار می‌کرد، از این روش سود جست. اما او به این کار زیاد راغب نبود. در این روش از بی‌نهایت‌های دیگری برای خنثی کردن بی‌نهایت‌های نخستین، استفاده می‌شود. نفس این عمل اگر چه مشکوک است ولی نتیجه در بسیاری از موارد کاربرد خوبی دارد. نظریه‌هایی که با به‌کارگیری این روش به‌دست می‌آیند، خیلی خوب با مشاهدات همخوانی دارند

استفاده از روش بازبهنجارش در مورد نیروی الکترومغناطیسی کارساز است ولی در مورد گرانش این روش موفق نبوده. بی‌نهایت‌ها در مورد نیروی گرانش از جهتی بدتر از بی‌نهایت‌های نیروی الکترومغناطیسی هستند و حذفشان ممکن نیست. ابرگرانش که هاوکینگ در خطابه لوکاشین خود بدان اشاره کرد و نظریه ابررسمان که در آن اشیاء بنیادی جهان، بصورت ریسمان‌های نازکی هستند، پیشرفت‌های امیدوار کننده‌ای داشته‌اند، اما هنوز مسئله حل نشده است

راه دیگر

از طرف دیگر اگر ما مکانیک کوانتومی را برای مطالعه اجسام بسیار بزرگ در قلمرویی که گرانش فرمانروای بی‌چون و چرا است، بکار گیریم، چه خواهد شد؟ به‌دیگر سخن اگر ما آنچه را که نظریه نسبیت عام در باره گرانش می‌گوید، در پرتو اصل عدم قطعیت بازنگری کنیم، چه

اتفاقی خواهد افتاد؟

همانطور که گفتیم طبق اصل عدم قطعیت

نمی‌توان با دقت مکان و سرعت یک ذره را همزمان اندازه گرفت. آیا این بازنگری موجب تفاوت زیادی خواهد شد؟ در ادامه خواهیم دید که استفن هاوکینگ در این زمینه به چه نتایج شگرفی دست یافته است

نظریه نسبیت عام همچنین به ما می‌گوید که وجود ماده یا انرژی سبب خمیدگی یا تاب خوردن فضا-زمان می‌شود. یک نمونه خمیدگی آشنا می‌شناسیم. خمیدگی باریکه‌های نور ستارگان دور هنگامی که از نزدیکی اجسام با جرم بزرگ نظیر خورشید می‌گذرند این دو موضوع را به یاد داشته باشیم

یک - فضای «خالی» از ذرات و پادذرات پر شده است. جمع کل انرژی آن‌ها مقداری عظیم یا مقداری بی‌نهایت از انرژی است دو - وجود این انرژی باعث خمیدگی فضا-زمان می‌شود

ترکیب این دو ایده ما را به این نتیجه می‌رساند که کل جهان می‌بایستی در یک توپ کوچک پیچیده شده باشد. چنین چیزی روی نداده است! بدین‌سان موقعی که از نظریه‌های نسبیت عام و مکانیک کوانتومی توأمان استفاده می‌شود، پیشگویی آن‌ها اشتباه محض است نسبیت عام و مکانیک کوانتومی هر دو نظریه‌های فوق‌العاده خوب و از موفق‌ترین دستاوردهای فیزیک در قرن گذشته هستند. از این دو نظریه نه تنها برای هدف‌های نظری بلکه برای بسیاری کاربردهای عملی، به‌نحوی درخشان استفاده می‌شود. با وجود این اگر آن‌ها را با هم در نظر بگیریم، نتیجه همانطور که دیدیم بی‌نهایت‌ها و بی‌معنی بودن است

فصل سه

نظریه های نوین

تئوری ریسمان چیست؟

رشته سیمهای گیتار را تصور کنید که با کشیده شدن در طول گیتار کوک شده‌اند؛ بسته به آنکه سیمها چقدر کشیده شوند و تحت فشار قرار گیرند، نت‌های موسیقی مختلفی بوسیله آنها ایجاد می‌شود. می‌توانیم این نت‌های موسیقی را «حالت‌های برانگیخته» سیمهای گیتار تحت کشش بنامیم

به طور مشابه در تئوری ریسمان ذرات بنیادین که در شتابدهنده‌ها مشاهده می‌شوند را می‌توانیم نت‌های موسیقی و یا همان «حالت‌های برانگیخته» فرض کنیم

در تئوری ریسمان همانند نواختن گیتار، ریسمانها باید تحت کشش قرار بگیرند تا برانگیخته شوند. اگرچه ریسمانها در تئوری ریسمان در فضا-زمان شناور هستند و مانند گیتار مقید نیستند ولیکن با این حال آنها کشش دارند، کشش ریسمان در تئوری ریسمان همانطور که در قبل گفتیم با کمیت

$$T_{\text{avg}} = \frac{1}{2\pi\alpha'}$$

شناخته می‌شود و در آن

α'

با مربع مقیاس طول ریسمان متناسب است

اگر تئوری ریسمان تئوری گرانش کوانتوم باشد، پس متوسط اندازه ریسمان باید چیزی نزدیک به مقیاس طول گرانش کوانتوم باشد که طول

پلانک نامیده می‌شود و حدود 10^{-33} سانتیمتر می‌باشد. متأسفانه این بدان معناست که ریسمانها به حدی برای دیدن با تکنولوژی فعلی

فیزیک ذرات کوچک هستند که فیزیکدانان مجبور به ابداع روشهای جدیدی برای آزمایش تئوری شدند

تئوری در ابتدا فقط برای بوزون‌ها بود، به منظور اینکه فرمیون‌ها هم وارد تئوری ریسمان شوند باید یک نوع بخصوص از تقارن به نام ابرتقارن

وجود می‌داشت که به واسطه آن برای هر بوزون، یک فرمیون متناظر وجود داشته باشد. پس ابرتقارن، ذرات حامل نیرو و ذراتی که ماده را

می‌سازند به هم مربوط می‌کند

نتایج ابرتقارن در آزمایشات ذرات مشاهده نشده‌اند اما تئوریست‌ها معتقد هستند که ذرات ابرتقارن بزرگتر و سنگین‌تر از آن هستند که در

شتابدهنده‌های فعلی بتوان آنها را مشاهده کرد. ایجاد شتابدهنده‌های قوی‌تر انرژی بالا در دهه آینده می‌تواند شواهد لازم برای ابرتقارن در

اختیار ما قرار دهند.

مهم نبود که هر کس چقدر تلاش می‌کرد، به نظر می‌رسید گرانش به هیچ وجه به نظریه‌ای قابل بهنجارش تبدیل نمی‌شود؛ یک مشکل

بزرگ این بود که امواج گرانش کلاسیک که فرض می‌شد ذره حامل آن گراویتون است، دارای اسپین ۲ بودند و برای اسپین ۲، عبارت

$$D = 4 - j$$

مساوی

$$D$$

میشد و برای

$$D = 4$$

انتگرال بینهایت می‌شد، مثل توان چهارم ممنتوم وقتی که ممنتوم به سمت بینهایت میل می‌کند. و این برای فیزیکدانان غیرقابل هضم بود و

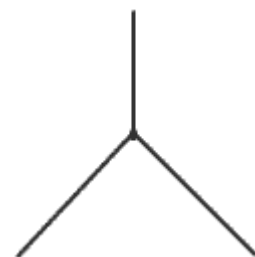
سالها تلاش آنها در راه رسیدن به «گرانش کوانتوم» ناکام ماند. در اینجا بود که تئوری ریسمان وارد شد تا این خلا را پر کند

تئوری ریسمان در اصل برای توصیف روابط میان جرم و اسپین هادرون‌ها پیشنهاد شده بود. در تئوری ریسمان، ذرات از برآشفتگی

ریسمان‌های بسیار ریزی بوجود می‌آمدند؛ یک ذره که از این برآشفتگی‌ها بر می‌خواست، ذره‌ای بود با جرم صفر و دو واحد اسپین

موفقیتی که تئوری ریسمان داشت این بود که در مدل دیاگرامهای فاینمن، دیاگرامها به سطوح صاف دو بعدی تبدیل می‌شدند و انتگرالهای روی سطح دیگر مشکل فاصله صفر را نداشتند

تئوری ذره‌ای



تئوری ریسمان



در ۱۹۷۴ نهایتاً این سوال مطرح شد که " آیا تئوری ریسمان می‌تواند تئوری گرانش کوانتوم باشد؟ "

در تئوری ریسمان، ممنوع بینهایت به معنای فاصله صفر نبود، زیرا در این تئوری رابطه بین ممنوع و فاصله به قرار زیر بود

$$L_{\min} \sim 2\sqrt{\alpha'}$$

کمیت

'a

به تنش ریسمانها بستگی داشت ، کمیتی بنیادین بر اساس رابطه

$$T_{\text{string}} = \frac{1}{2\pi\alpha'}$$

رابطه بالا به طور غیرمستقیم بیان می‌کند که کمترین طول قابل مشاهده برای تئوری ریسمان به صورت زیر است

$$L_{\min} \sim 2\sqrt{\alpha'}$$

رفتار ذره در فاصله صفر که در تئوری میدان کوانتوم بسیار مشکل ساز بود، در تئوری ریسمان بسیار بی‌اهمیت شد و همین باعث شد که

تئوری ریسمان نامزد تئوری گرانش کوانتوم شود

اگر تئوری ریسمان ، تئوری گرانش کوانتوم باشد، مقدار طول مینیموم باید حداقل اندازه طول پلانک باشد که از ترکیب ثابت پلانک و ثابت

گرانش نیوتون و سرعت نور بدست می‌آید

$$L_P = \sqrt{\frac{\hbar G_N}{c^3}} = 1.6 \times 10^{-33} \text{ cm}$$

اگرچه همانطور که بعداً خواهیم دید، مساله مقیاس طول در تئوری ریسمان به خاطر دوگانگی ریسمان‌ها پیچیده و مشکل شد

فصل چهار

یک نظریه برای همه چیز چیست؟

یک نظریه برای همه چیز

A Theory for Everything

سالهای متمادی است که بحث تئوری همه چیز در فیزیک مطرح شده است. منظور از این تئوری چیست؟ یک تئوری برای همه چیز به چه

سئوالاتی باید پاسخ دهد؟

اجازه دهید بحث را با سخنان هاوکینگ دنبال کنیم. هاوکینگ می گوید

نظریه نسبیت عام اینشتین نظریه‌ای در باره جرم‌های آسمانی بزرگ مثل ستارگان، سیارات و کهکشان‌هاست که برای توضیح گرانش در این

سطوح بسیار خوب است

مکانیک کوانتومی نظریه‌ای است که نیروهای طبیعت را مانند پیام‌هایی می‌داند که بین فرمیون‌ها (ذرات ماده) رد و بدل می‌شوند. مکانیک

کوانتومی در توضیح اشیاء، در سطوح بسیار ریز خیلی موفق بوده است

یک راه برای ترکیب این دو نظریه بزرگ قرن بیستم در یک نظریه واحد آن است که گرانش را همانطور که در مورد نیروهای دیگر با موفقیت

به آن عمل می‌کنیم، مانند پیام ذرات در نظر بگیریم. یک راه دیگر بازنگری نظریه نسبیت عام اینشتین در پرتو نظریه عدم قطعیت است

با توجه به سخنان هاوکینگ دو نظریه مهم فیزیک و مکانیک کوانتوم، هریک به تنهایی خوب عمل می‌کنند، اما با یکدیگر ناسازگارند.

بنابراین مسئله اصلی این است که راهی بیابیم تا این دو نظریه را با یکدیگر ترکیب کنیم

برای ترکیب این دو نظریه تلاشهای زیادی انجام شده است که به چند مورد آنها اشاره می‌کنیم

ابر گرانش

همه ی مواد موجود در طبیعت از دو نوع ذره ی بنیادی به نام فرمیون ها و بوزن ها تشکیل شده اند. تفاوت فرمیون ها و بوزن ها در اسپین

آنها می باشد به طوری که اسپین فرمیون ها نیمه درست و اسپین بوزن ها عددی درست است. همه ی انواع ذرات دست کم از دو خاصیت

ذاتی جرم و اسپین برخوردارند. جرم خاصیتی آشنا برای تمام مواد است که به همان صورتی که برای اجسام بزرگ مقیاس در نظر گرفته می

شود ، در مورد کوچک ترین اجزا تشکیل دهنده ی ماده نیز کاربرد دارد . اسپین خاصیت ظریف تری است که در اجسام بزرگ مقیاس به

سادگی قابل شناسایی نیست . اسپین ، در واقع ، خاصیتی است که در قرن بیستم کشف شد تا رفتار بی هنجار الکترون ها را در میدان مغناطیسی توضیح دهد.

هر تقارنی که در جست و جوی ارتباط میان فرمیون ها و بوزون ها ، یعنی ذراتی با اسپین های متفاوت ، باشد اَبَرَتقارن نامیده می شود. و اما اَبَر_گرانَش ، نظریه ای پیشنهادی در فیزیک بنیادی است که ابرتقارن و گرانَش را در هم می آمیزد. اولین نظریه ی ابرگرانَش توسط سه فیزیکدان در سال ۱۹۷۶ فرمول بندی شد.

لینک مرتبط

ابر ریسمان

در مطالعات و بررسی های مرسوم در فیزیک کوانتومی نسبیتی ، ذرات بنیادی را به صورت نقاط ریاضی و بدون گستردگی فضایی در نظر میگیریم. این رهیافت موفقیت های بسیار چشمگیری داشته است ، ولی در انرژی های خیلی خیلی زیاد یا فاصله های بسیار بسیار کوتاه که بزرگی میدان گرانشی با بزرگی نیروهای هسته ای و الکترو مغناطیسی قابل مقایسه می شود این رهیافت با شکست رو به رو می شود. در سال ۱۹۷۴ ژوئل شرک و جان شوارتز به منظور غلبه بر این مشکل توصیف وحدت یافته ای از ذرات بنیادی را بر اساس منحنی های یک بعدی بنیادی به نام ریسمان مطرح کردند . به نظر میرسد که نظریه های ریسمان از هر نوع ناسازگاری که در تمام تلاش های قبلی دست یابی به نظریه ای وحدت یافته برای توصیف گرانَش و سایر نیرو ها ایجاد مزاحمت کرده است ، مبرا است . نظریه ابرریسمان که در آنها از نوع خاصی تقارن به نام ابرتقارن ، بهره گیری می شود ، بیشترین امیدواری را برای ارائه ی نتایج واقع بینانه پدید آورده اند

لینک مرتبط

بوزون هگز

در دهه های اخیر فیزیکدانان یک مدل تحت عنوان مدل استاندارد را ارائه کردند تا یک چوب بست نظری برای فهم ذرات بنیادی و نیروهای طبیعت فراهم آورند. مهمترین ذره در این مدل، یک ذره ی فرضی موجود در همه ی میدانهای کوانتومی است که نشان می دهد سایر ذرات چگونه جرم به دست می آورند. در واقع این میدان پاسخ می دهد که همه ی ذرات در حالت کلی چگونه جرم به دست می آورند. این میدان، میدان هگز

Higgs field

خوانده می شود. نتیجه ی منطقی دوگانگی موجو - ذره این است که همه ی میدانهای کوانتومی دارای یک ذره ی بنیادی باشند که با میدان در آمیخته است. این ذره که با همه ی میدانها در آمیخته و موجب کسب جرم توسط سایر ذرات می شود، هگز بوزون

Higgs boson

نامیده می شود

حال مطلب بالا را جمع بندی می کنیم

یک - نسبیت عام باید مکانیک کوانتوم ترکیب شود تا مشکلات موجود در فیزیک نظری بر طرف گردد. طبق نسبیت عام مسیر نور در میدان

گرانشی خمیده است که آن را تحت عنوان فضا - زمان مطرح می کنند. مکانیک کوانتوم به ویژگیها و رفتار ذرات زیر اتمی می پردازد و با

کوانتومها یا کمیتهای گسسته سروکار دارد. در حالیکه در نسبیت عام فضا - زمان پیوسته است

دو - باید ارتباط بین فرمیونها و بوزونها توضیح داده شود. همچنانکه می دانیم فرمیونها شامل ذراتی نظیر الکترونها و پروتونها هستند که

دارای اسپین نادرست می باشند و بوزونها دارای اسپین درست هستند

سه - هگز بوزونها باید توضیح داده شوند، یعنی اینکه ذرات چگونه جرم به دست می آورند. با توجه به رابطه جرم - انرژی می دانیم هرگاه

ذره ای در یک میدان شتاب بگیرد، انرژی و در نتیجه جرم آن افزایش می یابد. بنابراین مسئله این است که این پدیده یعنی افزایش جرم را

چگونه می توان توجیه کرد؟

راه حل

برای رسیدن به یک راه حل اساسی که بتواند مشکلات عمده ی فیزیک معاصر را بر طرف سازد، راه های مختلفی وجود که به نتایج متفاوت و

گاهی ناسازگار می انجامد. نظریه های مختلفی که در این زمینه مطرح شده اند، بخوبی نشان می دهند که نگرش بانیان آنها بر اساس دو

گانگی بین بوزونها و فرمیونها شکل گرفته است. سؤال اساسی این است که آیا حقیقتاً بوزون و فرمیون دو موجود کاملاً متفاوت از یکدیگرند؟

در نظریه ریسمانها، ریسمان به عنوان یک بسته فوق العاده کوچک انرژی تلقی می شود و که با پیوستن آنها به یکدیگر و با ارتعاشات مختلف

آنها سایر ذرات نمود پیدا می کنند. در نظریه هگز بوزون به دنبال ذره ای هستند که موجب ایجاد یا افزایش جرم می شود. اگر این مسئله ی

هگز بوزون را با دقت بیشتری بررسی کنیم شاید بتوانیم به نتایج جالب توجه تری برسیم

اجازه بدهید تصورات خود را از بوزون و فرمیون یا به عبارت دیگر از جرم - انرژی و نیرو تغییر دهیم. در فیزیک مدرن جرم و انرژی دو تلقی

مختلف از یک کمیت واحد هستند. جرم هر ذره را می توان با محتویات انرژی آن اندازه گرفت و همچنین انرژی یک ذره را می توان با جرم

آن هم ارز دانست. لذا در فیزیک معاصر ما با دو کمیت بیشتر سروکار نداریم، انرژی و نیرو

اگر رابطه ی نیرو و انرژی را با دید متفاوتی مورد بحث قرار دهیم، می توانیم به نتایج جالب توجهی برسیم. نیرو به عنوان انرژی در واحد طول

مطرح می شود که برای آن رابطه ی زیر داده شده است

$$F = -dU/dx \Rightarrow du = - Fdx$$

حال ذره ای را در نظر بگیرید که انرژی آن در حال تغییر است. این تغییرات را از دو جهت می توان مورد توجه قرار داد. یکی از جهت افزایش و دیگری از جهت کاهش. از نظر افزایش نسبیت برای آن محدودیتی قائل نشده است و طبق رابطه ی جرم نسبیتی، جرم آن بینهایت قابل افزایش است. اما از جهت کاهش طبیعت خود برای آن محدودیت قائل شده و آن این است که تمام ذره تمام انرژی خود یا به عبارت دیگر، جرم - انرژی خود را از دست بدهد

ذره ای را در نظر بگیرید که در یک میدان دارای شتاب منفی است. اگر فاصله به اندازه ی کافی بزرگ و میدان بسیار قوی باشد، آیا انرژی آن به صفر خواهد رسید؟ چنین آزمایشی برای اجسام مثلاً یک قطعه فلز چندان قابل تصور نیست، اما برای یک کوانتوم انرژی (فوتون) به خوبی قابل درک است. زیرا در نسبیت فوتون نمی تواند از یک سیاه چاله بگریزد. این پدیده را چگونه می توان توجیه کرد؟ یکبار دیگر به رابطه نیرو - انرژی بر گردیم

$$F = -dU/dx \Rightarrow du = - Fdx$$

در رابطه ی بالا انرژی و فاصله تغییر می کنند، اما نیرو ثابت است. اگر نیرو یعنی

F

یک کمیت ثابت و تغییر ناپذیر است، چگونه می توان هگز بوزون را توجیه کرد؟ یعنی واقعاً این کاهش یا افزایش جرم چگونه امکان پذیر است. متأسفانه این دیدگاه از مکانیک کلاسیک به نسبیت تسری یافت و هیچگونه بخشی در این زمینه مطرح نشد. اگر بخواهیم با همان نگرش کلاسیکی مشکلات فیزیک و ناسازگاری نسبیت و مکانیک کوانتوم را بر طرف سازیم، راه به جایی نخواهیم برد، همچنانکه تا به حال این چنین بوده است

اشکال بعدی که مانع رسیدن به یک نتیجه ی قابل توجه می شود این است فیزیکدانان به مشکلات به گونه ای پراکنده برخورد می کنند. هگز بوزون مسیر خود را می پیماید، مکانیک کوانتوم می خواهد مشکلات فیزیک را در چاقوب قوانین کوانتومی حل کند، و مهمتر از همه اینکه مکانیک کلاسیک تقریباً به فراموشی سپرده شده است. همه اینها هر کدام نگرشی خاص به جهان دارند و عمومیت ندارند. در حالیکه طبیعت یگانه است و قانون نیز بایستی از یک وحدت برخوردار باشد که هست. ترکیب مکانیک کوانتوم و نسبیت زمانی امکان پذیر است که نگرش هگز بوزون همراه با مکانیک کلاسیک نیز در این ترکیب منظور گردد

هر کدام از این تئوری ها قسمتی از قوانین حاکم بر طبیعت را نشان می دهند. اگر در یک نگرش همه جانبه این قسمتهای مختلف را که با تجربه تایید شده اند توأم در نظر بگیریم می توانیم به یک فیزیک یا یک نظریه برای همه چیز برسیم

از کجا شروع کنیم؟

با روند تکامل نظریه ها پیش می رویم. نخست مکانیک کلاسیک را در نظر می گیریم و به مورد خاص آن قانون دوم نیوتن توجه می کنیم،

این قانون را با جرم نسبیتی یعنی

$$m = m_0 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} \quad , \quad E = mc^2$$

و نظریه هگز بوزون می توان ترکیب کرد. اگر ذره/جسمی تحت تاثیر نیرو جرمش تغییر می کند، این تغییر جرم ناشی از این است که بوزون

(نیرو) تبدیل به انرژی می شود. البته این روند جهت معکوس نیز دارد، یعنی در روند عکس با کاهش سرعت، انرژی به نیرو یا بوزون تبدیل

می شود

۲

در مورد قضیه کار انرژی

$$W = \Delta E$$

برخوردی دوگانه وجود دارد. قسمت کار آن را با مکانیک کلاسیک مد نظر قرار می دهند و کار را کمیتی پیوسته در نظر می گیرند، در

حالی که با انرژی آن برخوردی کوانتومی دارند. در واقع بایستی هر دو طرف رابطه را با دید کوانتومی در نظر گرفت. در این مورد مثالهای

زیادی می توان ارائه داد که با این برخورد دوگانه در تناقض قرار خواهد گرفت. اگر این مورد را بکار بندیم مشکل ارتباط فرمیونها و بوزونها بر

طرف خواهد شد. این مورد مکمل قسمت پیشین است و حرف تازه ای نیست

۳

اگر بپذیریم که کار کوانتومی است، الزاماً به این نتیجه خواهیم رسید که نیرو بطور کلی و از جمله گرانش نیز کوانتومی است. مفهوم صریح و

در عین حال ساده آن این است که فضا - زمان کوانتومی است. با نگرش کوانتومی به گرانش یا به تعبیر نسبیت فضا - زمان، مکانیک کوانتوم

و نسبیت با یکدیگر ترکیب خواهند شد. تنها موردی که در این جا باید متذکر شد این است که کوانتومی بودن فضا - زمان می تواند انحنای

آن را نیز نتیجه دهد

چنین نگرشی می تواند به یک نظریه برای همه چیز منتهی شود. نظریه ای که تحت عنوان نظریه سی. پی. اچ. مطرح شده است

فصل پنج

ماورای کوانتوم

مقدمه

در این نوشته هدف اصلی ارائه ی نظریه سی. پی. اچ. و توجیه اثر متقابل فوتون و گراویتون با توجه به نظریه سی. پی. اچ. است. با در نظر

گرفتن اینکه رفع مشکلات فیزیک این است که یک نظریه سازگار در مورد گرانش ارائه گردد، در اینجا کوشش می شود با توجه به برهم

کنش گرانش و الکترون وابستگی نیروی گرانشی و الکترومغناطیسی مطرح و متعاقب آن نظریه گرانش کوانتومی به دست آید. بهمین دلیل

پدیده ی فوتوالکتریک را مورد بررسی مجدد قرار می دهیم. نخستین برخورد ها با اثر فوتوالکتریک از دیدگاه الکترومغناطیس کلاسیک صورت گرفت که توانایی توجیه آن را نداشت. سپس انیشتین این پدیده را با توجه به دیدگاه کوانتومی توجیه کرد. بنابراین نخست میدانها و امواج الکترومغناطیسی کلاسیک را بطور فشرده بیان کرده، آنگاه با ذکر نارسایی آن به تشریح پدیده فوتوالکتریک از دیدگاه انیشتین می پردازم و سرانجام هر سه اثر فوتوالکتریک، اثر کامپتون و تولید و واپاشی زوج ماده - پاد ماده را با توجه به نظریه سی. پی. ایچ. بررسی خواهم کرد. و سرانجام تلاش خواهد شد تا وحدت نیروهای الکترومغناطیس و گرانش را نتیجه گیری کنیم

نیروهای الکتریکی و مغناطیسی

نیروهای بین بارهای الکتریکی را می توان به دو نوع تقسیم کرد. دو بار نقطه ای ساکن یا متحرک به یکدیگر نیروی الکتریکی وارد می کنند که از رابطه ی زیر به دست می آید

$$F_e = kqQ/r^2$$

که در آن

$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N-m/C}^2$$

ϵ_0 ثابت گذر دهی خلاء

وقتی دو بار الکتریکی نسبت به ناظری در حرکت باشند، علاوه بر نیروی الکتریکی، نیروی مغناطیسی نیز بر یکدیگر وارد می کنند از آنجاییکه بررسی نیروها با استفاده از مفاهیم میدان عمیق تر و ساده تر است، می توان گفت که هر بار الکتریکی در اطراف خود یک میدان الکتریکی ایجاد می کند که شدت آن در فاصله

r

از آن، از رابطه ی زیر به دست می آید

$$E = kq/r^2$$

حال اگر ذره ی باردار حرکت کند، در اطراف آن علاوه بر میدان الکتریکی، یک میدان مغناطیسی نیز ایجاد می شود که وجود چنین میدان مغناطیسی بصورت تجربی قابل اثبات است

اگر ذره ای با بار الکتریکی

q

در یک میدان مغناطیسی

B

و با سرعت

v

حرکت کند، نیرویی بر آن وارد می شود که بر صفحه ی

B, v

عمود است که از رابطه ی زیر به دست می آید

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

از این رو، بار

q

که به فاصله ی

r

از

Q

قرار دارد و با سرعت

v

حرکت می کند، یک میدان مغناطیسی در محل

Q

تولید می کند که از رابطه ی زیر به دست می آید

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \text{ Wb/A-m}$$

ثابت تراوی مغناطیسی

بطور خلاصه، در نقطه ای که میدان الکتریکی و مغناطیسی

E, B

وجود دارد، نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره ی باردار، با بار

q

که با سرعت

v

حرکت می کند برابر است با

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

میدانهای الکترومغناطیسی

در یک میدان الکتریکی موجود در فضا، به عنوان مثال در بین صفحات یک خازن باردار، انرژی الکتریکی وجود دارد. چگالی انرژی یا انرژی الکتریکی در واحد حجم از رابطه ی زیر به دست می آید

$$u_e = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$$

بطور مشابه چگالی انرژی مغناطیسی مثلاً انرژی مغناطیسی در ناحیه بین قطب های یک آهنربا برابر است با

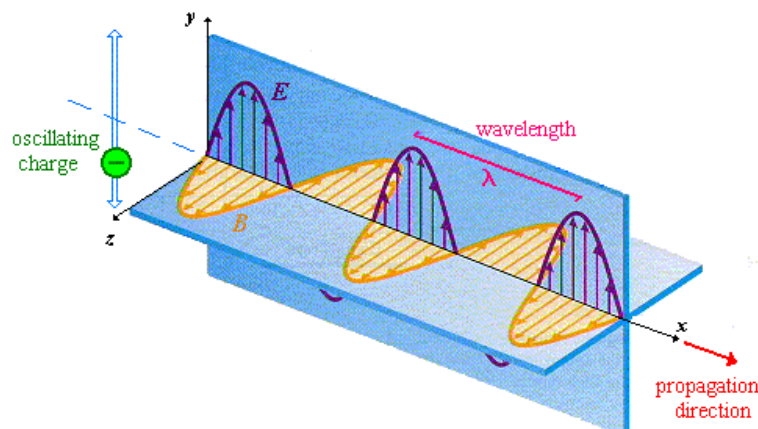
$$u_B = \frac{\mu_0 B^2}{2}$$

امواج الکترومغناطیسی

بار الکتریکی ساکن میدان الکتریکی می آفریند. اما بار الکتریکی متحرک علاوه بر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی نیز ایجاد می کند که در قانون آمپر بخوبی نشان داده شده است. بنابراین در اطراف یک بار الکتریکی متحرک دو میدان الکتریکی و مغناطیسی وجود دارد. یعنی با تغییر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی تولید می شود. همچنین میدان مغناطیسی متغیر نیز به نوبه خود، یک میدان الکتریکی می آفریند که با قانون فاراده نشان داده می شود. این مطالب نشان می دهد که چگونه امواج الکترومغناطیسی تولید می شوند. بنابراین یک بار الکتریکی در حال نوسان (شتابدار) در فضا امواج الکتریکی و مغناطیسی تولید می کند. فرکانس این امواج برابر است با فرکانس بار الکتریکی تولید کننده ی امواج. این میدانها، یک میدان الکترومغناطیسی تشکیل می دهند که پس از انتشار با سرعت نور

c

در فضا منتشر می شود



امواج الکترومغناطیسی که در بالا توصیف شد بطور نظری در سال ۱۸۶۴ توسط معادلات کلارک ماکسول پیشگویی شد. علاوه بر آن ماکسول نشان داد که سرعت انتشار این امواج در خلاء از رابطه ی زیر به دست می آید

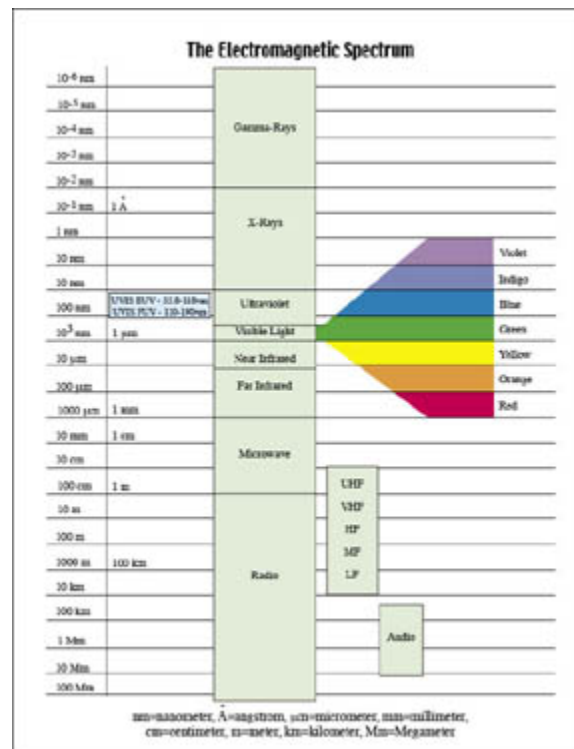
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

شدت موج الکترومغناطیسی

شدت موج الکترومغناطیسی برابر است با مقدار انرژی که از واحد سطح در واحد زمان می گذرد که از روابط زیر به دست می آید

$$I = \epsilon_0 E^2 c = E \times \frac{B}{\mu_0}$$

امواج الکترومغناطیسی برای اولین بار توسط هانریش هرتز در سال ۱۸۸۷ در آزمایشگاه مشاهده شد. طیف امواج الکترومغناطیسی از امواج رادیویی با طول موجهای بلند تا امواج کوتاه گاما را شامل می شود و نور معمولی بخش بسیار ناچیزی از آن را تشکیل می دهد



کشف اثر فوتوالکتریک

هرتز در جریان آزمایشهایی که برای تایید پیشگویی های نظری ماکسول در مورد امواج الکترومغناطیسی انجام می داد، اثر فوتوالکتریک را نیز کشف کرد. بدین معنی که هرگاه نور بر فلزات بتابد، سبب صدور الکترون از سطح فلز می شود. وقتی که فیزیکدانان به تکرار این آزمایش پرداختند، با کمال تعجب متوجه شدند که شدت نور، تاثیری بر انرژی الکترونهاى صادر شده ندارد. اما تغییر طول طول موج نور بر انرژی

الکترونها موثر است، مثلاً سرعتی که الکترونها بر اثر نور آبی به دست می آورند، بیشتر از سرعتی است که بر اثر تابش نور زرد به دست می آورند

همچنین تعداد الکترونهايي که در نور آبی با شدت کمتر از سطح فلز جدا می شوند، کمتر از تعداد الکترونهايي است که بر اثر نور زرد شديد صادر می شوند. اما باز هم سرعت الکترونهايي که بر اثر نور آبی صادر می شوند، بیشتر از سرعت الکترونهايي است که توسط نور زرد صادر می شوند. علاوه بر آن نور قرمز، هر قدر هم که شديد باشد، نمی تواند از سطح بعضی از فلزات الکترون جدا کند

نارسایی الکترومغناطیس کلاسیک در توجیه اثر فوتوالکتریک

می دانیم الکترونهاي ظرفیت در داخل فلز آزادی حرکت دارند، اما به فلز مقید هستند. برای جدا کردن آنها از سطح فلز بایستی انرژی به اندازه ای باشد که بتواند بر این انرژی مقید فائق آید. در صورتیکه این انرژی کمتر از مقدار لازم باشد، نمی تواند الکترون را از سطح فلز جدا کند. طبق نظریه ی الکترومغناطیس کلاسیک، انرژی الکترومغناطیسی یک کمیت پیوسته بود، لذا هر تابشی می بایست در الکترون ذخیره و با انرژی قدیمی که الکترون داشت، جمع می شد تا زمانیکه انرژی مورد نیاز تامین گردد و الکترون از فلز جدا شود

از طرف دیگر چون مقدار انرژی مقید الکترونهاي داخل فلز هم ارز هستند، اگر انرژی لازم برای جدا شدن آنها به اندازه ی کافی می رسید، می بایست با جدا شدن یک الکترون از سطح فلز، تعداد زیادی الکترون آزاد شود

همچنین با توجه به اینکه انرژی پیوسته است، می بایست انرژی تابشی بین الکترونهاي آزاد توزیع می شد تا هنگامیکه انرژی همه ی الکترونها به میزان لازم نمی رسید، نمی بایست انتظار جدا شدن الکترونی را داشته باشیم. به عبارت دیگر نمی بایست به محض تابش، شاهد جدا شدن الکترون از سطح فلز بود

مکانیک کوانتومی

همزمان با این مشکلات که مکانیک کلاسیک با آن رو به رو بود، یک رویداد دیگر در شرف تکوین بود. در سال ۱۸۹۳ ویلهلم وین نظریه ای در باره ی توزیع انرژی تابش جسم سیاه یعنی مقدار انرژی که در یک طول موج معین تابش می کند وضع کرد. بر طبق این نظریه فورمولی به دست آمد که توزیع انرژی را در انتهای بنفش با دقت توصیف می کرد، اما در باره ی توزیع انرژی در انتهای قرمز طیف صدق نمی کرد. از طرف دیگر لرد ریلی و جیمز جینز معادله ای به دست آوردند که توزیع انرژی را در انتهای قرمز طیف بیان می کرد ولی در انتهای بنفش صدق نمی کرد. ماکس پلانک در باره ی این مسئله به پژوهش پرداخت و متوجه شد که به جای منطبق ساختن معادلات با واقعیات، باید مفهوم کاملاً جدیدی مطرح کند. به این ترتیب اولین قدم را ماکس پلانک در سال ۱۹۰۰ با معرفی مفهوم کوانتوم یا گسستگی انرژی برداشت. وی تنها زمانی توانست پدیده تابش جسم سیاه را توصیف کند که فرض کرد مبادله انرژی بین تابش و محیط با مقدارهای گسسته یا کوانتیزه انجام می شود. این نظر پلانک باعث کشف های جدیدی شد که نتیجه آن ارائه راه حل هایی برای برجسته ترین مسئله های آن

زمان بود

وی اعلام کرد انرژی کمیته گسسته است که آن را کوانتوم انرژی نامید و هر کوانتوم انرژی ضربی از یک پایه انرژی است که در رابطه ی زیر صدق می کند

$$E = nhf$$

n عدد صحیح است

h یا ثابت پلانک

توجیه کوانتومی پدیده فوتوالکتریک توسط انیشتین

انیشتین در سال ۱۹۰۵ با استفاده از نظریه کوانتومی انرژی پدیده فوتوالکتریک را توضیح داد. بنابر نظریه ی کوانتومی امواج الکترومغناطیسی که به ظاهر پیوسته اند، کوانتومی می باشند. این کوانتومهای انرژی را که فوتون می نامند، از رابطه ی پلانک تبعیت می کنند. بنابر نظریه کوانتومی، یک باریکه ی نور با فرکانس

f

شامل تعدادی فوتونهای ذره گونه است که هر یک دارای انرژی

$$E=hf$$

می باشد. یک فوتون تنها می تواند با یک الکترون در سطح فلز برهم کنش کند، این فوتون نمی تواند انرژی خود را بین چندین الکترون تقسیم کند. چون فوتونها با سرعت نور حرکت می کنند، بر اساس نظریه نسبیت، باید دارای جرم حالت سکون صفر باشند و تمام انرژی آنها جنبشی است. هنگامیکه ذره ای با جرم حالت سکون صفر از حرکت باز می ماند، موجودیت آن از بین می رود و تنها زمانی وجود دارد که با سرعت نور حرکت کند. از این رو وقتی فوتونی با یک الکترون مقید در سطح فلز برخورد می کند و پس از آن دیگر با سرعت منحصر بفرد نور

c

حرکت نمی کند، تمام انرژی

hf

خود را به الکترونی که با آن برخورد کرده است می دهد. اگر انرژی که الکترون مقید از فوتون به دست می آورد از انرژی بستگی به سطح فلز بیشتر باشد، زیادی انرژی به صورت انرژی جنبشی فوتوالکتریک در می آید

اگر فرض کنیم انرژی بستگی الکترون بر سطح فلز

w

باشد که این مقدار برابر باشد با انرژی

$$w=hf.$$

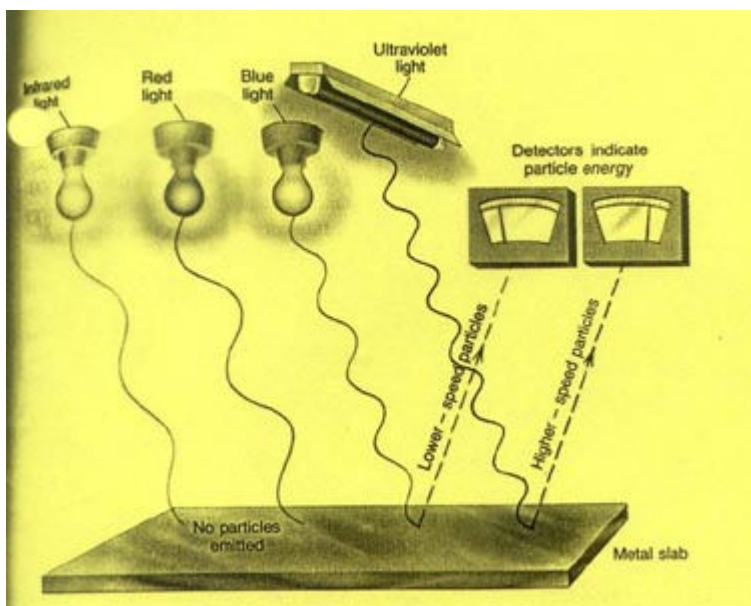
آنگاه یک فوتون با انرژی

زمانی می تواند الکترون را از سطح فلز جدا کند که

$$hf > w = hf.$$

چنانچه انرژی فوتون فرودی بیشتر از انرژی بستگی الکترون باشد، مابقی انرژی بصورت انرژی جنبشی الکترون ظاهر می شود. و خواهیم داشت

$$hf = \frac{1}{2} m_e v^2 + hf.$$



بهمین دلیل اگر انرژی نور تابشی کمتر از انرژی بستگی فوتون باشد، با هر شدتی که بر سطح فلز بتابد، پدیده فوتوالکتریک روی نمی دهد.

علاوه بر آن به محض رسیدن فوتون با انرژی کافی بر سطح فلز، گسیل فوتوالکتریک بی درنگ اتفاق می افتد

هرچند در اینجا بحث در مورد اثر تابش بر سطح فلز بود، اما این اثر به فلزات محدود نمی شود. بطور کلی هرگاه فوتونی با انرژی کافی به

الکترون مقید برخورد کند، الکترون را از اتم جدا می کند و اتم یونیزه می شود

همچنین شدت موج الکترومغناطیسی در نظریه مکانیک کوانتوم مفهوم جدیدی پیدا کرد. در مکانیک کوانتوم شدت موج تکفام

الکترومغناطیسی برابر است با حاصلضرب انرژی هر فوتون در تعداد فوتونهایی که در واحد زمان از واحد سطح عبور می کنند

اثر کامپتون

در اثر فوتوالکتریک، فوتون همه ی انرژی خود را به الکترون می دهد، اما ممکن است در برخورد فوتون با ذره ی باردار، فوتون تنها قسمتی

از انرژی خود را از دست بدهد. این نوع برهم کنش بین امواج الکترومغناطیسی و اجسام، همان پراکندگی امواج الکترومغناطیسی توسط ذرات

باردار جسم است. نظریه کوانتومی پراکندگی امواج الکترومغناطیسی، به اثر کامپتون مشهور است

کامپتون در سال ۱۹۲۲ با استفاده از تعبیر موفق انیشتین در مورد اثر فوتوالکتریک، مفهوم ذره گونه ی فوتون یعنی طبیعت کوانتومی تابش

الکترومغناطیسی را برای توضیح پراکندگی پرتوهای

x

به کار برد. در نظریه کوانتومی یک فوتون با انرژی

$$E=hf=mc^2$$

و جرم حالت سکون صفر، که با سرعت

c

در حرکت است، دارای اندازه حرکت خطی

p

می باشد. با در نظر گرفتن اینکه اندازه حرکت یک فوتون باید برابر جرم نسبیتی در سرعت فوتون باشد، می توان نوشت

$$p=mc=hf/c=h/\lambda$$

که در آن

l

طول موج است

وقتی یک باریکه ی الکترومغناطیسی تکفام را به عنوان مجموعه ای متشکل از فوتونهای ذره گونه که هریک دارای انرژی و اندازه ی حرکت

دقیقاً معلوم در نظر بگیریم، عملاً پراکندگی تابش الکترومغناطیسی به صورت مسئله ای که شامل برخورد فوتون با یک ذره ی باردار است در

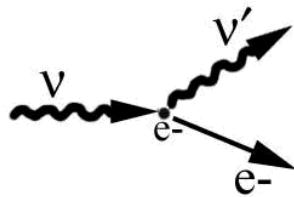
می آید

نظریه کوانتومی ایجاب می کند که ذره ی باردار در هنگام برخورد با فوتون، انرژی کسب کند. در اینجا فوتون قسمتی از انرژی خود را از

دست می دهد و این انرژی به ذره ی باردار منتقل می شود. در این صورت ذره و فوتون هر دو با انرژی و اندازه ی حرکت جدید در مسیرهایی

که الزاماً مسیر قبلی نیست به حرکت خود ادامه می دهند

Compton scattering

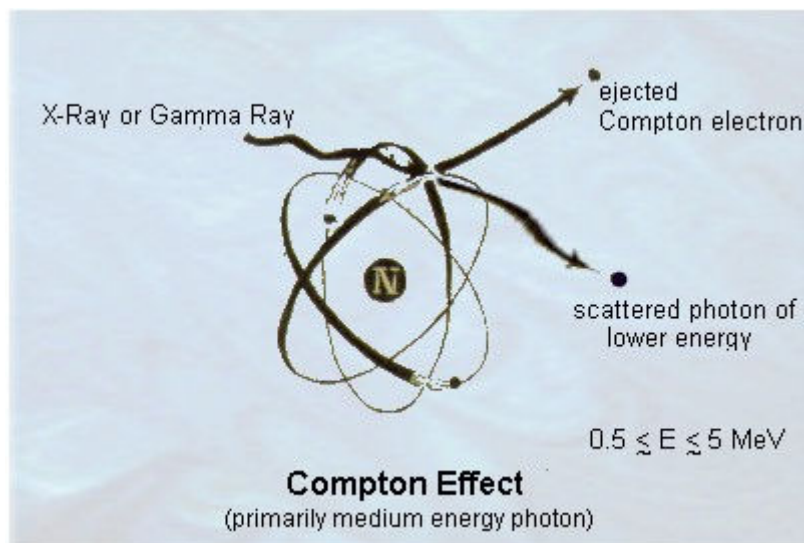


$$\lambda' > \lambda$$

Electron is initially at rest

e^- gains energy

بررسی برخورد کامپتون بین یک فوتون و یک الکترون را می توان در حالت کلی، حتی زمانی که الکترون مقید است، در نظر گرفت



نتیجه گیری

با دقت به اثر فوتوالکتریک و اثر کامپتون بخوبی مشاهده می شود که

یک - یک فوتون تمام انرژی خود را به الکترون منتقل می کند

دو - یک الکترون ممکن است قسمتی از انرژی خود را به الکترون منقل کند

سه - در نسبیت فرض می شود که فوتون دارای جرم حالت سکون صفر است

در ادامه این موارد را مجدداً مورد بررسی قرار می دهیم

اثر موسبوئر

بیایید یکی از پیشگویی های نسبیت اینشتین را مورد توجه قرار دهیم. طبق پیشگویی نسبیت هرگاه نور در میدان گرانشی سقوط کند،

فرکانس و در نتیجه انرژی آن افزایش می یابد که آن را جابجایی به سمت آبی می گویند. عکس این حالت نیز صادق است، یعنی هنگامیکه

نور در حال ترک (فرار) از یک میدان گرانشی است، فرکانس و در نتیجه انرژی آن کاهش می یابد که می گویند جابجایی به سمت سرخ

گرانش است. این پیشگویی برای مدتها قابل آزمایش نبود تا آنکه موسبوئر در سال ۱۹۵۸ نشان داد که یک بلور در بعضی شرایط می تواند

دسته اشعه ی گاما با طول موج کاملاً معینی تولید کند. اشعه ی گاما با چنین طول موجی را می توان با بلوری مشابه بلوری که آن را تولید

کرده است جذب کرد. اگر طول موج اشعه ی گاما فقط مختصری با طول موج اشعه ای که توسط بلور تولید می شود تفاوت داشته باشد، به

وسیله آن جذب نخواهد شد. این پدیده را اثر موسبوئر می نامند. آزمایشهایی که در سال ۱۹۶۰ توسط پوند - ربکا با استفاده از اثر موسبوئر

انجام شد و سالهای بعد نیز تکرار شد، درستی پیشگویی نسبیت را تایید کرد.

در نسبیت فرکانس و در نتیجه انرژی فوتون در یک میدان گرانشی تغییر می کند که برای آن روابط زیر ارائه شده است.

۱- هنگامیکه فوتون در حال سقوط در یک میدان گرانشی است

$$f' = f(1 + MG/Rc^2)$$

یعنی جابجایی به سمت سرخ گرانش

حال سؤال این است که برای انرژی آن چه اتفاقی می افتد؟ انرژی فوتون چه می شود؟ و چگونه انرژی آن افزایش می یابد؟ یعنی انرژی به

چه چیزی تبدیل می شود؟ و در یک میدان گرانشی چه چیزی به انرژی فوتون تبدیل می شود؟

در نسبیت فوتون دارای جرم حالت سکون صفر است و تنها در شرایط سرعت نور تولید می شود. اما نسبیت هیچ توضیحی در این مورد ندارد

که فوتون چگونه تولید می شود و اجزای تشکیل دهنده ی آن چیست که موجب می شود فوتون با سرعت نور حرکت کند. همچنین مکانیک

کوانتوم نیز در این مورد توضیحی ندارد

اثر موسبوئر نشان می دهد که انرژی فوتون در میدان گرانشی تغییر می کند. خوب اگر فوتون تنها دارای انرژی جنبشی است، همانطور که در

توجیه پدیده ی فوتوالکتریک مورد توجه و استفاده قرار گرفت، و تغییر انرژی فوتون در میدان گرانشی، حامل نکات بسیار مهمی است که می

تواند ما را به بررسی ساختمان فوتون رهنمون شود تا اجزای تشکیل دهنده ی آن را بشناسیم

نظریه سی. پی. اچ. ساختمان فوتون

تعریف CPH

فرض کنیم یک ذره با جرم ثابت m وجود دارد که با مقدار سرعت ثابت V_c نسبت به تمام دستگاه های لخت حرکت می کند. و

$$V_c > c, \text{ c is speed of light}$$

بنابراین سی. پی. اچ. دارای اندازه حرکت خطی برابر mV_c است

$$\begin{array}{c} \text{CPH} \xrightarrow{V_c} \\ V_c, p = mV_c \\ c \text{ speed of light} \\ V_c > c \end{array}$$

اصل CPH

Principle of CPH

سی. پی. اچ. یک ذره بنیادی با جرم ثابت است که با مقدار سرعت ثابت حرکت می کند. این ذره دارای لختی دورانی است. در هر واکنش بین

این ذره با سایر ذرات یا نیروها در مقدار سرعت آن تغییری داده نمی شود، بطوریکه :

$$\text{grad} V_c = 0 \text{ in all inertial frames and any space}$$

هنگامیکه نیروی خارجی بر آن اعمال شود، قسمتی از سرعت انتقالی آن به سرعت دورانی (یا بالعکس) تبدیل می شود، بطوریکه در مقدار

V_c

تغییری داده نمی شود. یعنی اندازه حرکت خطی آن به اندازه حرکت دورانی و بالعکس تبدیل می شود. بنابراین مجموع انرژی انتقالی و انرژی دورانی آن نیز همواره ثابت است. تنها انرژی انتقالی آن به انرژی دورانی و بالعکس تبدیل می شود

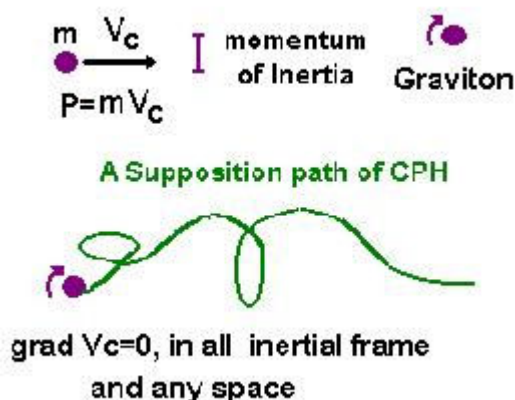
هنگامیکه سی. پی. اچ. دارای حرکت دورانی حول محوری که از مرکز جرم آن می گذرد است، یعنی زمانیکه سی. پی. اچ. دارای

Spin

است، آن را گراویتون می نامیم

Spin When CPH has

Graviton It calls



هنگامیکه گراویتون روی یک ذره/جسم کار انجام می دهد، گراویتون ناپدید شده و به انرژی جسم تبدیل می شود. زیرا این امر قابل توجهی

نیست که نیرو تولید انرژی کند و هیچ تغییری در آن ایجاد نشود

تمام تلاشها برای پیدا کردن یک نیروی اساسی واحد در طبیعت به این دلیل بی نتیجه بوده است که فیزیکدانان هیچ توجهی به تغییرات نیرو

نداشته اند. در حقیقت نیرو و انرژی قابل تبدیل به یکدیگرند. یعنی نیرو به انرژی تبدیل می شود و انرژی نیز به نیرو تبدیل می شود.

همچنین یک گراویتون روی گراویتون دیگر کار انجام می دهد، اما نتیجه ی این کار تغییر انرژی جنبشی به انرژی دورانی است .

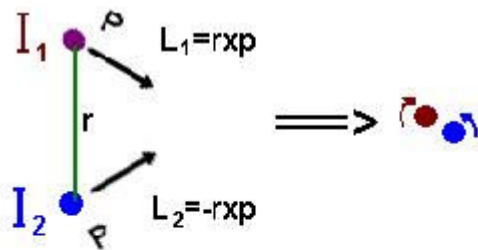
هنگامیکه گراویتون ها در کنار یکدیگر قرار می گیرند (ادغام می شوند) همان جلوه ای را از خود بروز می دهند که ما آن را انرژی می نامیم.

شکل زیر نشان می دهد که دو سی. پی. اچ. با در فاصله

, r

یکدیگر را حس کرده و یکدیگر را جذب می کنند. اما چون مقدار سرعت آنها ثابت است، حرکت انتقالی آنها به حرکت دورانی Spin تبدیل

می شود

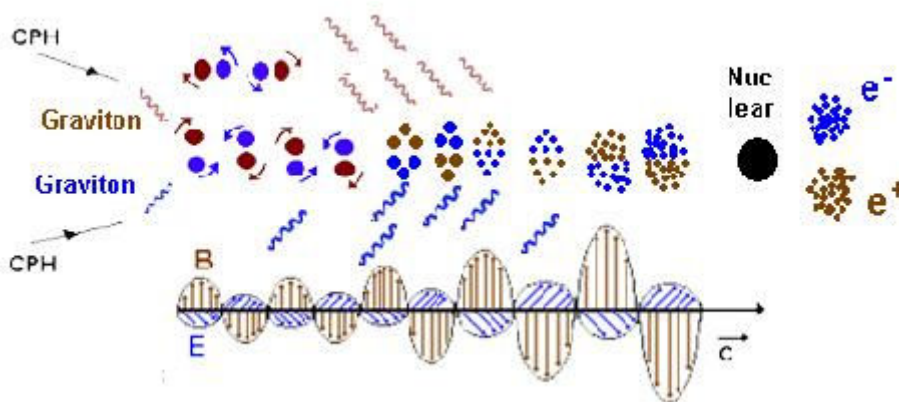


L : Angular Momentum

$$|L_1| = |L_2|$$

CPH Takes Spin because
 $\text{grad } \psi = 0$, in all inertial frame
 and any space

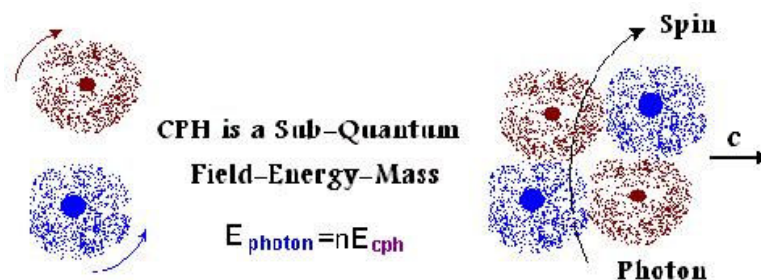
یک فوتون از تعدادی گراویتون تشکیل می شود که دارای Spin هستند.



همچنین فوتون دارای اسپین است. بنابراین هنگامیکه فوتون با سرعت نور حرکت می کند، گراویتون هایی که فوتون را تشکیل داده اند دارای حرکت های زیر می باشند

حرکت انتقالی برابر سرعت نور، زیرا فوتون با سرعت نور منتقل می شود و اجزای تشکیل دهنده آن نیز الزاماً با همین سرعت منتقل می شوند

حرکت دورانی (اسپین)، زیرا طبق اصل سی. پی. ای. مقدار سرعت سی. پی. ای. بیشتر از سرعت نور است و هنگامی سی. پی. ای. ها با یکدیگر ادغام می شوند و سایر ذرات را تشکیل می دهند، مقداری از سرعت انتقالی آنها به اسپین تبدیل می شود و حرکت ناشی از اسپین فوتون، زیرا گراویتون ها در ساختمان فوتون هستند و از حرکت اسپینی فوتون سهم می برند.



اندازه حرکت فوتون شامل تعدادی سی. پی. اچ. است که همراه فوتون با سرعت نور حرکت می کنند. اگر با توجه به نظریه سی. پی. اچ. ، یک خطی هر سی. پی. اچ. در ساختمان فوتون را برابر

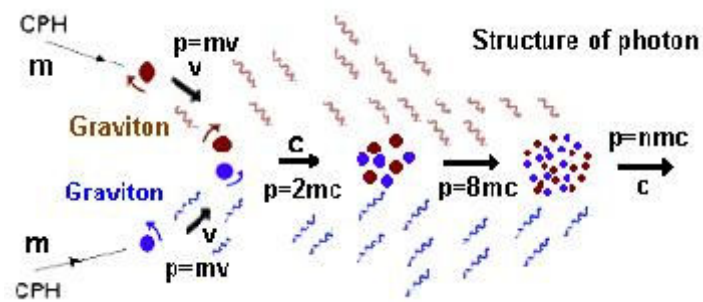
$$p=mc$$

یک فوتون از تعداد در نظر بگیریم و فرض کنیم

$$n$$

فوتون داریم تشکیل شده ، آنگاه برای سی. پی. اچ.

$$p=nmc$$

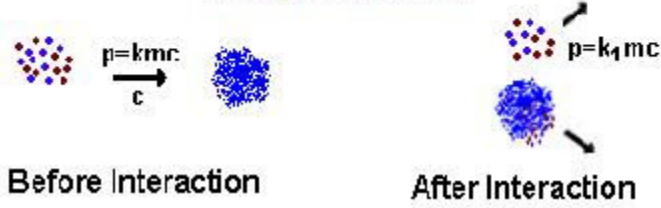


هنگامی فوتون با یک الکترون برخورد می کند، تعدادی (یا همه ی) سی. پی. اچ. های خود را از دست می دهد. این سی. پی. اچ. ها وارد ساختمان الکترون می شوند

Photo Electric Effect



Compton Effect



در پدیده فوتوالکتریک تمام سی. پی. اچ. های فوتون وارد ساختمان الکترون می شوند.

در اثر کامپتون تعدادی از سی. پی. اچ. های فوتون وارد ساختمان الکترون می شوند.

حالا می توانیم به این سؤال جواب دهیم که چرا فوتون در حالت سکون قابل مشاهده نیست. زیرا فوتون از گراویتونها تشکیل می شود و گراویتونها با سرعتی بالاتر از سرعت نور حرکت می کنند و هنگامیکه فوتون واپاشیده می شود، به اجزای خود، یعنی گراویتونها تبدیل می شود. اصولاً فوتون قبل از آنکه بخواهد به حالت سکون در آید، واپاشیده می شود

از دیرباز فیزیکدانان توجه زیادی به اتحاد نیروهای الکترومغناطیسی و گرانشی نشان دادند. نخستین بار فارادی که درک عمیقی از نیروهای الکترومغناطیسی داشت، خاطر نشان کرد که نیروهای گرانشی و الکترومغناطیسی تشابه بسیار زیادی به یکدیگر دارند و احتمالاً رابطه‌ی مشابهی نظیر آنچه که بین نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وجود دارد، بین گرانش و نیروی الکترومغناطیسی وجود دارد. پلانک نیز نظر مشابهی داشت. آلبرت اینشتین نیز تلاش بسیار کرد که این دو نیرو را متحد کند. وی بیش از سی سال در این زمینه کار کرد، اما موفق نشد. البته در زمان اینشتین نیروهای مهم و مطرح همین دو نیروی گرانشی و الکترومغناطیسی بودند و نیروهای قوی و ضعیف تازه مورد توجه قرار گرفته بود

علاوه بر آن امروزه مفهوم نیرو با زمان اینشتین تفاوت اساسی پیدا کرده است. در مکانیک کوانتوم به نیرو به عنوان ذراتی نگریسته می شود که بین ذرات شرکت کننده در برهم کنش مبادله می گردد. ذره ی تبدالی برای نیروهای الکترومغناطیسی، فوتون است و ذره تبدالی برای گرانش، گراویتون نامیده می شود

اگر بخواهیم اتحاد نیروهای الکترومغناطیسی و گرانشی را مورد توجه قرار دهیم، راهی نداریم جز آنکه ارتباط بین فوتون و گراویتون را مورد کنکاش قرار دهیم. اما قبل از ادامه ی بحث لازم است به تولید و واپاشی زوج ماده - پاد ماده توجه کنیم، زیرا بررسی این پدیده برای شناخت وابستگی و ایجاد وحدت بین نیروهای الکترومغناطیسی و گرانشی نقش اساسی دارد

ماده و پاد ماده

در مقاله بالا اثر فوتوالکتریک و اثر کامپتون با استفاده از نظریه سی. پی. ایچ. مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر اثر فوتوالکتریک و اثر کامپتون، فرایند جالبی تحت عنوان تولید زوج ماده - پاد ماده وجود دارد که از نظر اهمیت و مفاهیم بنیادی بی نظیر است. تولید و واپاشی زوج یک مثال بسیار بارز و عالی از تبدیل انرژی به ماده و بالعکس است. بررسی نظری این پدیده نخستین بار توسط دیراک در سال ۱۹۲۸ صورت گرفت. دیراک با حل معادله

$$E^2 = c^2 p^2 + (m_0^2 c^2)^2$$

بصورت

$$E = \pm \sqrt{c^2 p^2 + (m_0^2 c^2)^2}$$

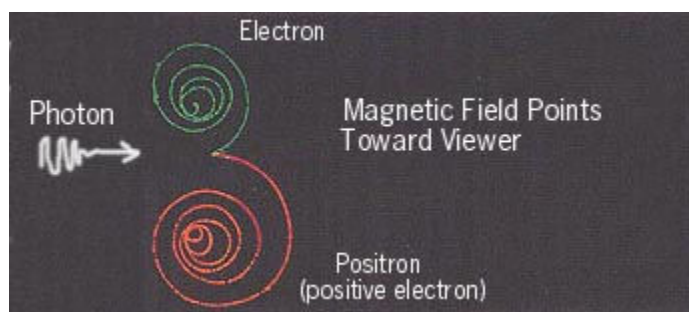
به جای آنکه قسمت منفی انرژی را به دلیل غیر فیزیکی بودن آن کنار بگذارد، به پژوهش پیرامون پیامدهای تمامی معادله پرداخت و به نتایج بسیار جالبی رسید. به طور خلاصه دیراک با توجه به قسمت منفی رابطه ی بالا وجود پاد ماده را پیشگویی کرد. اگر این پیشگویی درست می بود، می بایست برای ذره ای مانند الکترون، ذره ی دیگری وجود داشته باشد که حرم حالت سکون آن برابر جرم الکترون باشد.

تجزیه تحلیل دیراک چنین نشان می داد که این ذره باید دارای بار الکتریکی مثبت باشد. زمانیکه دیراک وجود چنین ذره ای را پیشگویی کرد با ناباوری فیزیکدانان مواجه شد. اما چهار سال بعد، آندرسن این ذره را در اشعه ی کیهانی کشف کرد و آن را پوزیترون نامیدند. بعدها در آزمایشگاه نیز با واپاشی فوتون زوج الکترون - پوزیترون تولید شد

فوتونی با انرژی زیاد، تمامی انرژی

$$E=hf$$

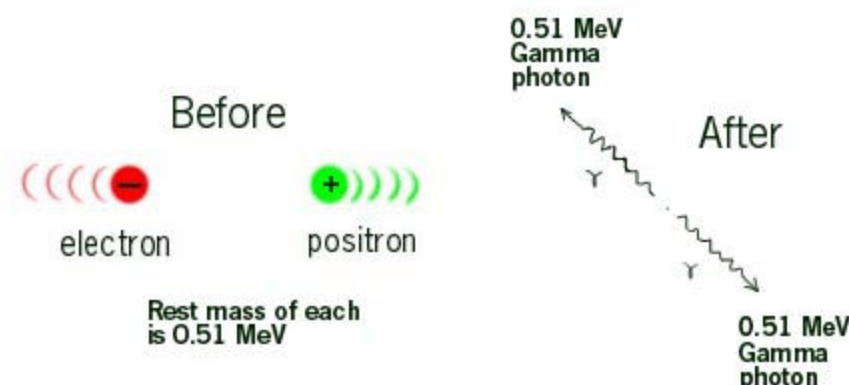
خود را در برخورد با هسته از دست می دهد و یک زوج الکترون - پوزیترون می آفریند. پوزیترون ذره ای است که کلیه ی خواص آن با خواص الکترون یکسان است مگر بار الکتریکی و علامت گشاور مغناطیسی آن، زیرا بار الکتریکی پوزیترون مثبت است



تولید زوج الکترون - پوزیترون

در فرایند تولید زوج الکترون - پوزیترون اصولی باید محفوظ بماند تا این پدیده روی دهد. این اصول عبارتند از بقای انرژی نسبیتی کل، بقای اندازه حرکت و بقای بار الکتریکی، زیرا فوتون از نظر الکتریکی خنثی است و مجموع بارهای الکتریکی بعد از تولید نیز باید صفر باشد. بقای اندازه حرکت نیز نشان می دهد که یک فوتون نمی تواند در فضای تهی محو شود و زوج تولید کند. چنین فرایندی با حضور یک هسته ی سنگین امکان پذیر است تا بقای اندازه حرکت و بقای انرژی نسبیتی نقض نشود

در ارتباط با تولید زوج، فرایند معکوسی وجود دارد که نابودی زوج نامیده می شود. یک الکترون و یک پوزیترون مجاور یکدیگر، در هم ادغام می شوند و به جای آن انرژی تابشی به وجود می آید



امروزه مشاهده ی تولید و واپاشی زوج الکترون - پوزیترون در آزمایشگاه یک پدیده ی عادی بشمار می رود. در سال ۱۹۵۵ برای نخستین بار زوجهای پروتون- پاد پروتون و نوترون - پاد نوترون در آزمایشگاه آفریده شدند

بررسی فرایند تولید و واپاشی زوج

حال باید فرایند تولید و واپاشی زوج ماده - پاد ماده را با دقت مورد بررسی قرار داد تا ببینیم چگونه می توان اتحاد بین نیروهای الکتریکی و مغناطیسی را از آن نتیجه گرفت و چرا تا به حال این تلاشها بی نتیجه بوده است؟

فوتونی را در نظر بگیرید که با انرژی کافی در حرکت است و در یک فرایند واپاشیده شده و یک زوج الکترون - پوزیترون (یا پروتون - پاد پروتون) تولید می کند. همچنانکه که می دانیم انرژی نسبیتی فوتون با جرم - انرژی ذرات تولید شده برابر است. زوج تولید شده شامل دو ذره یکی با بار الکتریکی مثبت و دیگری با بار الکتریکی منفی است. این دو ذره در دو برهم کنش با یکدیگر شرکت می کنند. یکی برهم کنش گرانشی و دیگری برهم کنش الکتریکی. طبق نظریه کوانتوم مکانیک این برهم کنشها از طریق تبادل ذرات انجام می شود. ذره ی تبدالی الکترومغناطیسی، فوتون است که نیروی الکترومغناطیسی را حمل می کند و ذره ی تبدالی گرانشی، گراویتون است که نیروی گرانش را حمل می کند. حال چندین سؤال اساسی قابل طرح می باشد

الف - ذرات باردار چگونه از یک ذره ی خنثی تولید می شوند؟

ب - ذره ی تبدالی (فوتون) چگونه و از چه چیزی تولید می شود؟

ج - فوتون حامل انرژی الکترومغناطیسی است که شامل دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم است. چه رابطه ای بین این میدانهای الکترومغناطیسی و بار الکتریکی ذرات ماده - پاد ماده که در فرایند آفرینش تولید می شوند، وجود دارد؟

د - نقش گرانش (گراویتونها) در این فرایند ها چیست؟

برای رسیدن به پاسخ این سؤال ها نیازی نیست که روابط پیچیده ای را اختراع کنیم که با طبیعت فیزیکی این پدیده ها بیگانه است.

همچنین نیازی نیست که معادلات پیچیده تر ریاضی ابداع کرده و بعد تلاش کنیم این معادلات را به طبیعت تحمیل کنیم یا تحقیق کنیم

که کدامیک از آنها و تحت چه شرایطی سازگارند. راهنمای ما در این زمینه خود امواج الکترومغناطیسی، نحوه ی تولید آنها و اندرکنش انرژی

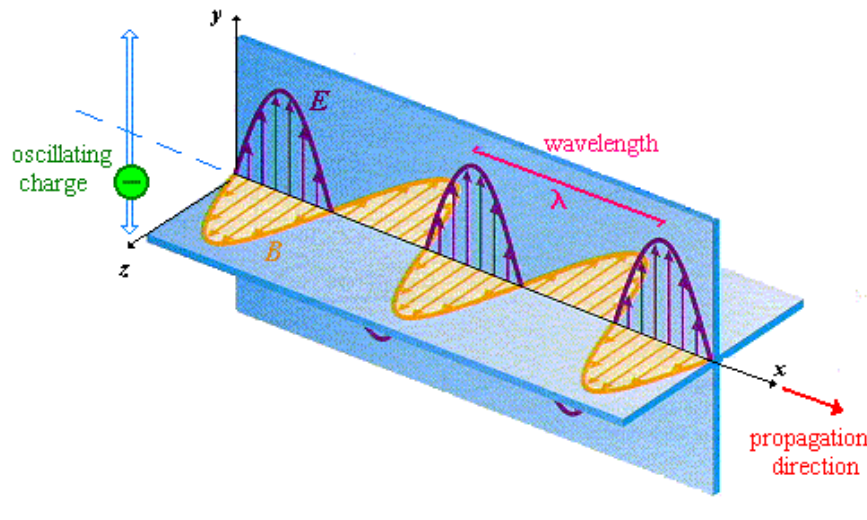
الکترومغناطیسی با گرانش (یا گراویتون ها) است

برای این کار دو مورد خاص را در نظر می گیریم

یک - نحوه ی تولید و انتشار امواج الکترومغناطیسی

دو - اثر گرانش بر امواج الکترومغناطیسی

قوانین الکترودینامیک نشان می دهد هرگاه یک ذره ی باردار شتاب بگیرد، یک موج الکترومغناطیسی در فضا منتشر می شود که با سرعت نور حرکت می کند. اگر این ذره ی باردار نوسان کند با هر نوسان آن یک کوانتوم انرژی الکترومغناطیسی که فوتون نامیده می شود، تولید و منتشر می گردد



با نوسان ذره ی باردار موج الکترومغناطیسی در فضا منتشر می شود که فرکانس آن با فرکانس نوسان ذره ی باردار برابر است

بنابراین برای تولید یک موج الکترومغناطیسی (فوتونها)، بایستی ذره ی باردار را به نوسان در آوریم. هرچند روشهای گوناگونی برای به نوسان درآوردن ذره ی باردار وجود دارد، اما همه ی آنها از این قانون کلی پیروی می کنند که باید روی ذره ی باردار کار انجام شود تا ذره شتاب بگیرد. ذره ی باردار (الکترون های آزاد فلز) با گرفتن یک کوانتوم انرژی به مدار بالاتر صعود می کند و با سقوط به مدار پئین تر، انرژی را تابش می کند. مستقل از اینکه منشاء نوسان چیست و چگونه الکترون به نوسان در می آید، این تابش وجود دارد و قابل آشکار سازی است

از طرف دیگر می دانیم انرژی ها قابل تبدیل به یکدیگرند. حال تبدیل انرژی پتانسیل گرانشی را به انرژی الکترومغناطیسی، نظیر آنچه که در سدها و با استفاده از توربین انجام می شود در نظر بگیرید. در این فرایند مقداری آب در ارتفاع خاصی قرار دارد که بر اثر سقوط در میدان گرانشی، انرژی جنبشی کسب می کند و هنگام برخورد با پره های توربین، قسمتی از این انرژی جنبشی به توربین منتقل می گردد و سیم پیچ آن را به چرخش در می آورد. چرخش سیم پیچ موجب می شود شار مغناطیسی حاصل از آهنربای موجود در وسط سیم پیچ تغییر کند و جریان الکتریکی بر قرار گردد و در نتیجه الکترونهای آزاد درون سیم ها نوسان کرده و انرژی الکترومغناطیسی تولید شود. در واقع انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی الکترومغناطیسی تبدیل شده است

تبدیل انرژی گرانشی به انرژی الکترومغناطیسی را می توان از زاویه دیگری نیز مورد بررسی قرار داد

تأثیر گرانش بر انرژی الکترومغناطیسی

طبق پیشگویی نسبیت هرگاه فوتونی در میدان گرانشی سقوط کند، فرکانس و در نتیجه انرژی آن افزایش می یابد که آن را جابجایی به سمت آبی می گویند. عکس این حالت نیز صادق است، یعنی هنگامیکه نور در حال ترک (فرار) از یک میدان گرانشی است، فرکانس و در نتیجه انرژی آن کاهش می یابد که جابجایی به سمت سرخ گرانش نامیده می شود. این پیشگویی برای مدت‌ها قابل آزمایش نبود تا آنکه موسبوئر در سال ۱۹۵۸ نشان داد که یک بلور در بعضی شرایط می تواند دسته اشعه ای گاما با طول موج کاملاً معینی تولید کند. اشعه ی گاما با چنین طول موجی را می توان با بلوری مشابه بلوری که آن را تولید کرده است جذب کرد. اگر طول موج اشعه ی گاما فقط مختصری با طول موج اشعه ای که توسط بلور تولید می شود تفاوت داشته باشد، به وسیله آن جذب نخواهد شد. این پدیده را اثر موسبوئر می نامند. آزمایشهایی که در سال ۱۹۶۰ توسط پوند و ربکا و سالهای بعد، بارها و با استفاده از اثر موسبوئر انجام شد، درستی پیشگویی نسبیت را تایید کرد. در نسبیت فرکانس و در نتیجه انرژی فوتون در یک میدان گرانشی تغییر می کند که برای آن رابطه زیر ارائه شده است

$$f' = f(1 + MG/Rc^2)$$

یعنی جابجایی به سمت آبی گرانش. که در آن

$$M, G, R, c, f, f'$$

به ترتیب جرم جسمی که موجب ایجاد میدان گرانشی شده، ثابت جهانی گرانش، شعاع جسم و سرعت نور و فرکانس فوتون قبل از سقوط و بعد از سقوط است

با افزایش انرژی فوتون، شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی آن افزایش می یابد بطوری که رابطه ی زیر همواره بر قرار است

$$c = \frac{E}{B}$$

بنابراین کاری که توسط نیروی گرانش روی فوتون انجام می شود، تنها به معنی ساده ی افزایش انرژی آن نیست، بلکه مفاهیم عمیق تری در ورای آن نهفته است. اگر این پدیده را بخواهیم از دیدگاه نظریه میدان کوانتومی نگاه کنیم، باید بپذیریم که گراویتونها در ساختمان فوتون نفوذ کرده و علاوه بر افزایش انرژی آن موجب افزایش شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن شده اند. اما با توجه به خواصی که مکانیک کوانتوم برای گراویتونها قائل است، این پدیده قابل توجیه نیست. بلکه باید در مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتوم تجدید نظر کنیم و از ماورای مکانیک کوانتوم این پدیده را مورد بررسی قرار دهیم. زیرا در مکانیک کوانتوم به گفته ی دیراک الکترون و فوتون نقاط مادی هستند که نمی توان ساختمان آنها را مورد کنکاش و بررسی قرار داد. در حالیکه در نظریه سی. پی. ایچ. همه ی ذرات از تعدادی سی. پی. ایچ. تشکیل می

شوند و سی. پی. ایچ. در حالت خاص گراویتون است

برای به دست آوردن یک نتیجه ی رضایت بخش که بتوان با استفاده از آن به اتحاد نیروهای الکترومغناطیسی و گرانشی رسید، نمی شود و نباید با دیدگاه معمول به آن برخورد کرد. زیرا این دیدگاه در هشتاد سال گذشته با تمام تلاشی که انجام شده، موفقیت چندانی نداشته است و واقعیت غیر قابل انکار این است که کاری که گرانش روی فوتون انجام می دهد، علاوه بر تغییر انرژی آن، بر شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن نیز موثر است و این چیزی است که مکانیک کوانتوم و نسبیت برای آن توضیحی ندارند

از دیدگاه مکانیک کوانتوم، فوتون بسته انرژی در حال دوران است. همچنین میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف یک پرتو نوری از نوع میدانهای الکترومغناطیسی استاتیک نیست. میدان الکترومغناطیسی که توسط یک فوتون ایجاد می شود، بسیار قوی تر از میدان گرانشی آمیخته با آن است. همچنین هنوز شناخته نشده که این دو میدان الکترومغناطیسی و گرانشی چگونه توسط فوتون تولید می شود و چرا تا این اندازه اختلاف دارند. این یک معمای حل نشده ی فیزیک است

باید توجه داشت که برای حل یک مسئله قدیمی، نمی توان به همان راه حل های کهنه و متداول بسنده کرد، بلکه باید به دنبال راه حلهای متفاوت و نوین بود تا به نتایج قابل قبولی رسید. البته باید توجه داشت که فیزیک دانشی متکی بر تجربه است، بنابراین هر توصیفی از پدیده های فیزیکی که بخواهد نظریه ای را مطرح کند، باید متکی بر شواهد تجربی باشد. بر این اساس است که نمی توان و نباید یک نظریه جدید شواهد تجربی را نقض کند، بلکه باید در شواهد تجربی ریشه گرفته و برای توجیه همین شواهد تجربی بکار رود و در این کارایی است که سیر تحول منطقی و تکامل خود را خواهد پیمود

حتی چنین نگرشی نیز نمی تواند روابط پذیرفته شده و متکی بر آزمایش را نفی کند، بلکه تنها می تواند به تعدیل یا تعمیم آنها بپردازد . نگاه نظریه سی. پی. ایچ. به فیزیک از این زاویه است. بهمین دلیل در نظریه سی. پی. ایچ. تلاش می شود با درک شهودی از پدیده ها روابط پذیرفته شده را تعمیم دهد. در این راستا به تعمیم یکی از بنیادی ترین روابط شناخته شده ی فیزیک، یعنی قضیه کار و انرژی می پردازیم

قضیه کار و انرژی و تابش الکترومغناطیسی

می دانیم هرگاه روی جسم/ذره ای کار انجام شود، کار انجام شده موجب تغییر انرژی جنبشی جسم/ذره می شود. از طرفی فوتون تنها حامل انرژی جنبشی است و سکون فوتون به معنی از دست دادن انرژی آن است. خوب حال فوتونی را در نظر بگیرید که با انرژی

$$E=hf$$

در حال سقوط در یک میدان گرانشی است. همچنانکه در بالا اشاره شد، بر اثر سقوط فوتون، انرژی و در نتیجه فرکانس آن افزایش می یابد.

حال فرض کنیم یک گراویتون نیروی گرانشی برابر با

$$F_g$$

را حمل می کند و فاصله ی

را طی می کند تا از مرز خارجی فوتون وارد ساختمان فوتون شود. در این صورت کار انجام شده برابر است با

$$Wq = Fg \cdot Lp = dE$$

که در

$$Wq, Fg, Lp,$$

به ترتیب و از چپ به راست کوانتوم کار انجام شده، نیروی گرانشی که یک گراویتون حمل می کند، طول پلانک که تقریباً برابر

$$10^{-35}$$

ده به توان منهای سی و پنج متر و

$$dE$$

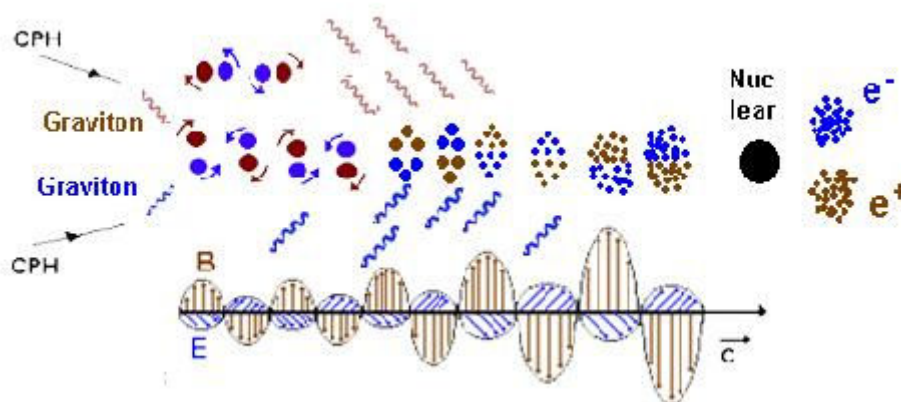
تغییر انرژی فوتون است. و در حالت کلی مقدار کار از رابطه ی زیر به دست می آید

$$W = nWq = nFg \cdot Lp, \quad n = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$$

تغییر میدان الکتریکی و مغناطیسی فوتون

هنگامیکه فوتون در حال سقوط در میدان گرانشی است، گراویتونها وارد ساختمان فوتون می شوند. با افزایش گراویتونها در ساختمان فوتون،

شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی فوتون نیز افزایش می یابد. به شکل زیر توجه فرمایید



هنگامیکه گرانش روی فوتون کار انجام می دهد

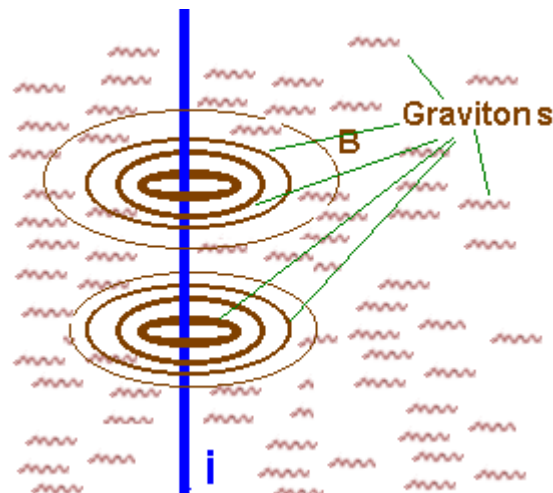
شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی فوتون افزایش می یابد

اگر کار انجام شده بر روی فوتون تنها موجب افزایش انرژی آن می شد و تاثیری بر روی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی آن نداشت، اصولاً دلیلی بر وجود نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وجود نمی داشت. وجود میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در امواج الکترومغناطیسی، ناشی از آن است که این میدانها خود از اجزای کوچکتری تشکیل شده اند که آنها نیز دارای خواص الکتریکی و مغناطیسی هستند. به عبارت دیگر گراویتونها نه تنها حامل نیروی گرانش هستند، بلکه دارای خواصی هستند که ما آنها را تحت عناوین بار الکتریکی و شار مغناطیسی می شناسیم

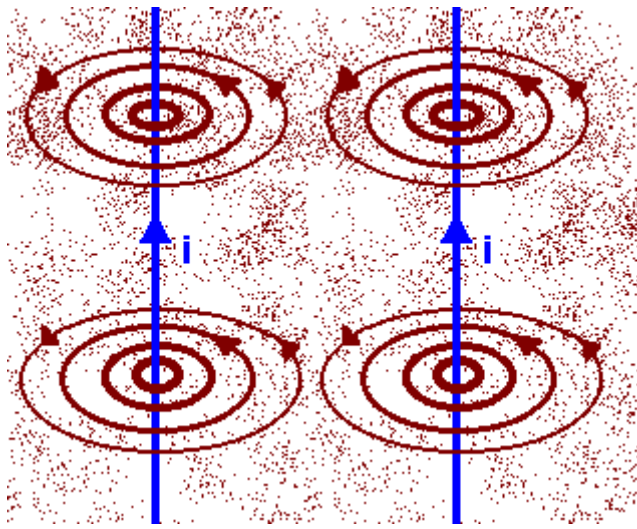
این نگرش موجب می شود که دیدگاه خود را نسبت به گراویتون تغییر دهیم و اعتراف کنیم که گراویتونها دارای خواص الکتریکی و مغناطیسی هستند که می توان آنها تحت عناوین بار - رنگ و مغناطیس - رنگ معرفی کرد. در واقع انباشتگی این بار-رنگ ها و مغناطیس - رنگ ها عامل تولید ذرات باردار هستند

بار الکتریکی و نیروی الکتریکی

هنگامیکه انرژی به ذرات باردار تبدیل می شود، مانند آنچه که در پدیده ی تولید زوج الکترون - پوزیترون روی می دهد، این ذرات موجودیت و خواص الکتریکی خود را با انتشار فوتون های تبدالی بروز می دهند. در واقع بار الکتریکی یک ژنراتور (تولید کننده) نیروی الکتریکی است و گراویونهاى اطراف را انباشته کرده و به صورت ذرات تبدالی نیروی الکتریکی در فضا منتشر می کند. یک بار الکتریکی منزوی را در نظر بگیرید که دائم در حال انتشار نیروی الکتریکی است، و هیچگاه جرم آن کاهش نمی یابد. این امر به دلیل آن است که مواد مورد مصرف آن گراویتون است که در اطراف آن به وفور یافت می شود. مقاومت گرانش در مقابل تغییر میدان الکتریکی بصورت میدان مغناطیسی ظاهر می شود. قانون آمپر را به یاد آورید



تولید میدان مغناطیسی توسط بار الکتریکی متحرک



میدان مغناطیسی در اطراف دو سیم حامل جریان الکتریکی

هرچند دیراک وجود تک قطبی های مغناطیسی را پیشگویی کرده است، اما نه تنها هنوز چنین تک قطبی ها مشاهده نشده، حتی بدون بار الکتریکی میدان مغناطیسی نیز ایجاد نمی شود. میدان مغناطیسی یک جریان است که بر اثر مقاومت میدان گرانشی در مقابل تغییر میدان الکتریکی ایجاد می شود

زیر کوانتوم کرومودینامیک

Sub Quantum Chromo dynamics SQCD

مقدمه

کوانتوم کرومودینامیک که بطور خلاصه

QCD

نامیده می شود، یک نظریه مدرن در مورد واکنش قوی است. از نظر تاریخی ریشه آن به فیزیک هسته ای بر می گردد و توضیحی است برای ماده و درک اینکه پروتون و نوترون چه هستند و چگونه با هم واکنش دارند

در توضیح لفظی می توان گفت

QCD

یک ویرایش جدید و توسعه یافته از

QED , Quantum Electrodynamics

الکترو دینامیک کوانتومی است

در الکترو دینامیک کوانتومی تنها یک نوع بار الکتریکی (مثبت یا منفی) وجود دارد، اما در کوانتوم کرومودینامیک سه نوع مختلف بار

الکتریکی با برچسب رنگ

Color

وجود دارد. برای دوری جستن از هرگونه تعصب، رنگهای قرمز، سبز و آبی را انتخاب می کنند. اما البته بار-رنگ کوانتوم کرومودینامیک هیچگونه ارتباطی با رنگهای معمولی فیزیک ندارد. در واقع اینها تشبیه خواص بار الکتریکی هستند. بویژه بار-رنگها در هر فرایند فیزیکی پایسته هستند و ذرات بدون جرمی شبیه ذره ی بدون جرم فوتون، وجود دارد که گلوئون-رنگ نامیده می شود

برهمکنش الکترومغناطیسی

فیزیکدانان توانسته اند به کمک تئوری الکترو دینامیک کوانتومی

QED

توصیف مناسبی برای برهمکنش الکترو مغناطیسی ارائه نمایند. این تئوری یکی از موفقیت آمیزترین تئوری های فیزیکی است که با دقت یک در ده میلیون با نتایج آزمایشگاهی توافق دارد. یکی از دلایل موفقیت این نظریه وجود یک ثابت کوچک به اسم ثابت کوپلاژ با مقدار $1/137$ در معادلات است. وجود این ثابت کوچک تر از یک این امکان را فراهم می سازد که برای محاسبه اثر نیروی الکترو مغناطیس از بسط سری ها در معادلات استفاده شود. این روش ریاضی که به آن روش حل اختلالی می گویند توسط فاینمن بسط و گسترش یافت یکی از خواص مهم نظریه الکترو دینامیک کوانتومی

(QED)

این است که ثابت کوپلاژ در انرژی های مختلف مقادیر مختلفی دارد. این مقدار با افزایش انرژی افزایش می یابد. به عنوان نمونه در

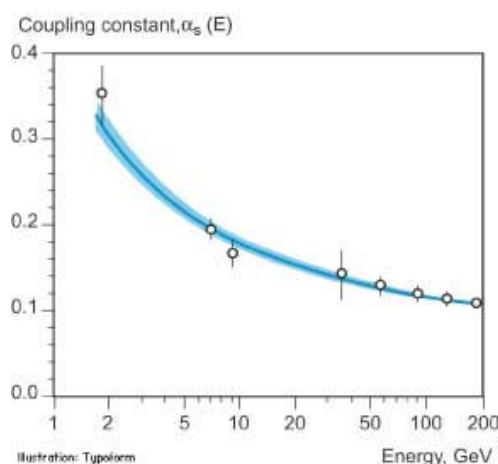
شتاب دهنده

CERN

مقدار آن در انرژی حدود 100 بلیون الکترون ولت به جای $1/137$ ، $1/128$ اندازه گیری شده است. اگر نمودار اندازه ثابت کوپلاژ نسبت به

انرژی رسم شود، آن گاه این منحنی دارای یک شیب آرام به سمت بالا خواهد بود که فیزیکدانان اصطلاحاً می گویند شیب منحنی یا تابع بتا

مثبت است



از دهه ۱۹۶۰ مشخص شده بود که پروتون و نوترون از ذرات بنیادی تری به اسم کوارک ساخته شده اند. اما نکته عجیب این بود که امکان مشاهده ذره کوارک به صورت آزاد وجود نداشت. آنها همیشه محبوس هستند و این خاصیتی بنیادی برای این ذرات است تنها جمع کوارک ها به صورت دوتایی و سه تایی می تواند وجود داشته باشد. بار الکتریکی کوارک ها کسری از بار الکتریکی پروتون است به صورت یک سوم یا دو سوم بار پروتون و این خاصیتی است عجیب که هنوز توضیحی برای آن یافت نشده است

گلوئون و بار-رنگ

هر کوارک علاوه برداشتن بار الکتریکی خاصیت ویژه دیگری نیز دارد که مانند بار الکتریکی کمیتی کوانتومی است و تنها می تواند مقادیر ویژه ای داشته باشد. به این خاصیت بار-رنگ گفته می شود. کوارک ها می توانند بار رنگی قرمز، آبی و سبز داشته باشند. برای هر کوارک یک پادکوارک نیز وجود دارد مانند پوزیترون که پاد ذره الکترون است. پادکوارک ها دارای بار رنگی پاد قرمز، پاد آبی یا پاد سبز هستند. جمع کوارک هایی که در طبیعت می توانند وجود داشته باشند باید دارای بار-رنگ خنثی باشند همانطور که تشکیل مولکول های خنثی (از نظر الکتریکی) به خاطر جاذبه الکتریکی بین اجزای مثبت و منفی آن است. نیروی بین پروتون ها و نوترون ها در هسته اتم ها به خاطر نیروی بین بار های رنگی کوارک های تشکیل دهنده آنها به وجود می آید. نیروی بین کوارک ها توسط ذرات حاملی به اسم گلوئون ها حمل می شود. این ذرات مانند فوتون بدون جرم هستند ولی برخلاف فوتون ها دارای بار-رنگ هستند. همین خصوصیت باعث پیچیدگی توضیح این نیرو و تفاوت آن با نیروی الکترو مغناطیس است

مقادیر منفی تابع بتا

برای سال ها فیزیکدانان اعتقاد داشتند که نمی توان روشی برای محاسبه برهم کنش قوی میان کوارک ها یافت که شبیه روش محاسبات برهم کنش های الکترو مغناطیسی باشد. به این دلیل که ثابت کوپلاژ برای برهم کنش قوی بزرگ تر از یک است و نمی توان روش اختلالی فاینمن (که در بالا توضیح داده شد) را برای محاسبات این نظریه به کار برد. کورت زیمانسکی فیزیکدان آلمانی دریافت که تنها راه رسیدن به یک نظریه معقول پیدا کردن یک تابع بتا منفی برای این نظریه است. این رهیافت همچنین می تواند علت آنکه گاهی اوقات کوارک ها در داخل پروتون به صورت ذره های آزاد خود را آشکار می سازند توضیح دهد. اثری که در آزمایش برخورد میان الکترون و پروتون دیده می شود

متاسفانه زیمانسکی خود نتوانست به این نظریه دست یابد حتی جرارد هوفت در تابستان ۱۹۷۲ به این کشف نزدیک شده بود. اما فیزیکدانان ناامید بودند زیرا شواهد نشان می داد که یک نظریه واقعی باید دارای تابع بتای مثبت باشد. اما امروزه دیگر مشخص شده است که این

موضوعی نادرست است زیرا در ژانویه ۱۹۷۳ دو مقاله پی در پی در مجله فیزیkal ریویولترز توسط گراس و ویلچک و پولیتزر به چاپ رسیدند که در کمال تعجب نشان می دادند تابع بتا می تواند مقادیر منفی داشته باشد. آنها زمانی این کشف را انجام دادند که دانشجو بودند. مطابق نظریه آنها حامل های نیروی برهم کنش قوی یعنی گلوئون ها دارای خاصیتی غیرمنتظره و ویژه هستند به این صورت که آنها نه تنها با کوارک ها بلکه با خودشان نیز برهم کنش می کنند. طبق این خاصیت هنگامی که کوارک ها به یکدیگر نزدیک می شوند برهمکنش بار رنگی میان آنها کاهش می یابد. کوارک ها موقعی به یکدیگر نزدیک می شوند که انرژی آنها افزایش یافته باشد و طبق این نظریه اندازه برهم کنش در این هنگام کاهش می یابد. این خاصیت که به آن β آزادی مجانبی؟ می گویند به معنی منفی بودن تابع بتا است. به عبارت دیگر برهمکنش با افزایش فاصله افزایش می یابد که این می تواند توضیحی برای این باشد که چرا کوارک ها همیشه در نوکلئون ها محبوس هستند

آزادی مجانبی این امکان را نیز فراهم می سازد که بتوان فاصله ای را که در آن کوارک ها و گلوئون ها به صورت ذرات آزاد رفتار می کنند، محاسبه کرد. با برخورد دادن ذرات در انرژی های بسیار زیاد با یکدیگر می توان آنها را به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک کرد. هنگامی که آزادی مجانبی کشف شد و نظریه

QCD

فرمول بندی شد محاسبات توانستند توافق بسیار خوبی با نتایج آزمایشگاهی از خود نشان دهند

شواهد تجربی

یکی از مهم ترین اثبات های نظریه

QCD

توسط آزمایش برخورد الکترون و پاد ذره آن یعنی پوزیترون در انرژی های بالا صورت می گیرد. در این آزمایش الکترون و پوزیترون یکدیگر را نابود می کنند و مطابق معادله اینشتین

$$E=mc^2$$

انرژی این ذرات می تواند به صورت ذرات جدیدی (به عنوان مثال ذرات کوارک) ظاهر شود. در این فرآیند ذرات کوارک در فواصل بسیار نزدیک به هم آفریده می شوند و با سرعت بسیار زیادی از یکدیگر دور می شوند. امروزه می توان این فرآیند را به کمک مفهوم آزادی مجانبی به دقت محاسبه کرد. در حقیقت وقتی کوارک ها می خواهند از یکدیگر دور شوند تحت تاثیر نیروی افزایش یابنده برهمکنش قوی قرار می گیرند (در بخش قبل توضیح داده شد) که این نیرو باعث تولید زوج ذرات جدید کوارک می شود و بدین ترتیب رگباری از ذرات در جهت کوارک و پادکوارک اولیه تولید می شود. با این حال این فرآیند خاطره ای از آزادی مجانبی ذرات اولیه را در خود نگه می دارد که

می توان تاثیر آن را بر احتمالات وقایعی که در رگبار ذرات اتفاق می افتد محاسبه کرد. نتایج این محاسبات با آزمایش ها توافق زیادی دارد. واقعه بسیار قانع کننده دیگری که در شتاب دهنده

DESY

در هامبورگ آلمان در اواخر ۱۹۷۰ یافت شد وجود سه رگبار در آزمایشات بود که این فرآیند را می توان با در نظر گرفتن تابش گلوئون از کوارک _ پادکوارک اولیه به خوبی توضیح داد. آزادی جانبی حتی توانست پدیده ای را که قبلاً در شتاب دهنده استانفورد دیده شده بود توجیه نماید. اجزای سازنده پروتون ها که دارای بار الکتریکی هستند (کوارک ها) در انرژی های بالا به صورت ذرات آزاد عمل می کنند در این حالت اندازه حرکت کوارک ها تنها نصف اندازه حرکت پروتون ساخته شده از آنها است و بقیه اندازه حرکت پروتون ناشی از اندازه حرکت گلوئون ها است

آیا می توان نیروهای طبیعت را وحدت بخشید

به وجود آمدن امکان توصیف واحد برای نیروهای طبیعت

QCD

یکی از جالب ترین آثار آزادی جانبی در نظریه است. هنگامی که نمودار مقدار ثابت کوپلاژ بر حسب انرژی را برای برهمکنش های الکترومغناطیسی، ضعیف و قوی بررسی می کنیم، این موضوع آشکار می شود که این سه نمودار یکدیگر را در یک نقطه ای با انرژی بالا (به طور تقریبی نه به صورت دقیق) قطع می کنند و در این نقطه مقدار یکسانی دارند. بدین ترتیب می توان دید که این سه نیرو با همدیگر یکی شده اند و این یکی از رویاهای قدیمی فیزیکدانان است که دوست دارند قوانین طبیعت را به ساده ترین زبان ممکن توضیح دهند. با این حال برای آنکه رویای وحدت نیروها به واقعیت بپیوندد باید اصلاحاتی در مدل استاندارد به وجود آورد. یک راه ممکن در نظر گرفتن ذرات جدیدی به اسم ذرات ابرتقارن است که اگر جرمشان به اندازه کافی کم باشد می توان وجود آنها را در شتاب دهنده در حال ساخت

LHC

در

CERN

بررسی کرد. اگر ابرتقارن کشف شود می تواند پشتوانه قوی برای نظریه ی همه چیز باشد که آن نیز شاید بتواند نیروی گرانش را با بقیه

نیروها وحدت ببخشد. صرف نظر از این پیشرفت ها کشف آزادی جانبی در

QCD

تغییرات عمیقی را در فهم ما از نیروهای بنیادین طبیعت به وجود آورده است

زیر کوانتوم کروموداینامیک

یک زیر کوانتوم کروموداینامیک چیست؟

برای یافتن پاسخ این سؤال باید توجه کرد که همه ی ذرات مورد مطالعه ی فیزیکدانان در نهایت به دو دسته فرمیونها و بوزنها تقسیم می شوند. فرمیونها نظیر الکترون و کوارکها سنگ بنای ماده را تشکیل می دهند . بوزونها حامل نیرو های اساسی طبیعت هستند. اما سؤال

اساسی این است که آیا بوزونها و فرمیونها از یک ذره ی واحدی ساخته شده اند یا دو چیز کاملاً متفاوتی هستند؟

در نظریه سی. پی. اچ. همه ی ذرات شناخته شده و ناشناخته موجود در جهان از ذره ی واحدی به نام سی. پی. اچ. ساخته شده اند. اگر به رابطه جرم-انرژی

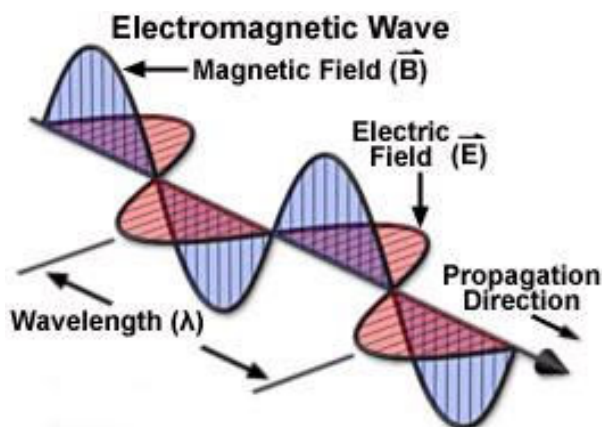
$$E=mc^2$$

توجه کنیم، همه ی اجسام قابل تبدیل به انرژی هستند . این اجسام در نهایت از اتمها ساخته شده اند که شامل فرمیونها و بوزونها هستند. از طرف دیگر نوسان یک ذره ی باردار موجب انتشار امواج الکترومغناطیسی می شود که این موج خود حامل دو میدان الکتریکی و مغناطیسی با خواص مختلف است. این میدانها هر یک شامل تعداد زیادی ذره ی فوق العاده کوچکی هستند که میدان الکتریکی و مغناطیسی را شکل می دهند. اما این ذرات بقدری کوچک هستند که نمی توانند بعنوان یک ذره ی باردار قابل مشاهده یا یک آهنربا باشند. بنابراین آنها را بار-رنگ و مغناطیس-رنگ می نامیم که همه ی کوانتومهایی که دارای خواص الکتریکی یا مغناطیسی هستند، از آنها ساخته می شوند. بهمین دلیل آنها را زیر کوانتوم کرومودینامیک می نامیم. بهمین دلیل زیر کوانتوم کرومودینامیک ذراتی هستند که میدانهای الکتریکی و مغناطیسی از جمله بار-رنگها را تولید می کنند

امواج الکترومغناطیس، بار - رنگ و مغناطیس-رنگ

Electromagnetic waves and color charge/magnet

اجازه دهید یک نگاه جدید به رفتار امواج الکترومغناطیسی در میدان گرانشی بیندازیم، این نگرش می تواند در حل این معما مفید واقع شود.



همچنانکه می دانیم یک موج الترومغناطیسی از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده است .

همچنانکه نسبت عام پیشگویی کرده و شواهد تجربی نشان می دهد، فرکانس فوتون در میدان گرانشی تغییر می کند

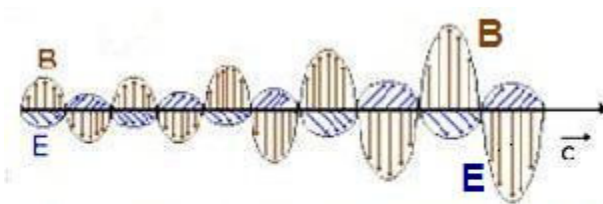
هنگامیکه یک فوتون در میدان گرانشی سقوط می کند، فرکانس آن افزایش می یابد

در این حالت چه اتفاقی می افتد؟

در مجموع می توان گفت نیروی گرانش روی فوتون کار انجام می دهد. با توجه به رابطه

$$W=\Delta E$$

یک قسمت از کار انجام شده توسط فوتون به انرژی الکتریکی و قسمت دیگر آن به انرژی مغناطیسی تبدیل می شود



When a photon falls in a gravitational field, the strength of magnetic field and electricity field increase.

همچنانکه در بالای صفحه بیان شد، برای این پدیده در فیزیک نظری تا بحال توضیحی ارائه نشده است . بنابراین در اینجا می خواهیم این

پدیده را با توجه به نظریه سی. پی. اچ. توضیح دهیم

بار-رنگ و مغناطیس-رنگ

هنگامیکه یک سی. پی. اچ. وجود سی. پی. اچ. دیگری را احساس می کند، آنها دارای اسپین می شوند که گراویتون نامیده می شود. یک

گراویتون نظیر نیروی الکتریکی رفتار می کند و گراویتون دیگر نظیر نیروی مغناطیسی رفتار می کند، بهمین دلیل میدانهای الکتریکی و

مغناطیسی ظاهر می شود

دو گراویتون با جرم

m

$$p = mVC$$

در فاصله ی

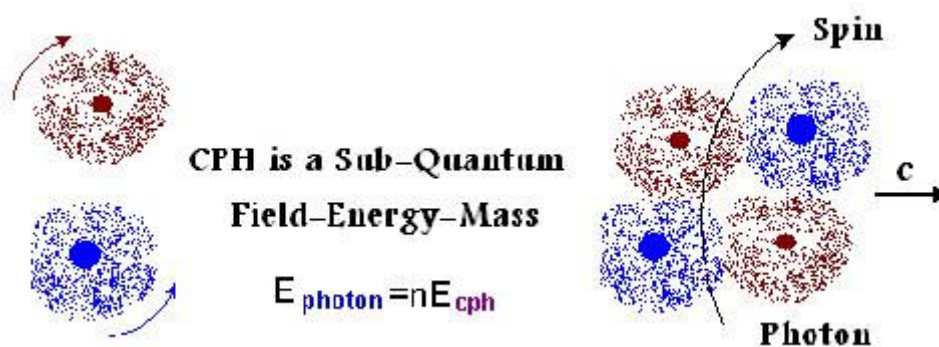
, r

یکدیگر را حس کرده و یکدیگر را جذب می کنند. اما چون مقدار سرعت آنها ثابت است، حرکت انتقالی آنها به حرکت دورانی Spin تبدیل می شود. هنگامیکه سی. پی. اچ. دارای اسپین، بصورت بار-رنگ یا مغناطیس-رنگ ظاهر می شود. در واقع گراویتون به دلیل آنکه دارای اسپین است به یکی از دو صورت بار-رنگ یا مغناطیس-رنگ وجود دارد

سی. پی. اچ. ها هنگامی یکدیگر را حس می کنند که با یکدیگر تماس بگیرند (برخورد کنند که در اینصورت به دلیل اسپین یکدیگر را می رانند) یا در فاصله بسیار کمی از یکدیگر باشند نظیر فاصله ای به اندازه ی طول پلانک که تقریباً برابر است با

$$(m^{35-} \times 1,6 \text{Plank Length that is equal})$$

در چنین حالتی بار-رنگ/مغناطیس رنگ آنها روی یکدیگر اثر کرده و با یکدیگر ترکیب می شوند.



گرانش Gravity

در نظریه سی. پی. اچ. ، گرانش یک جریان است. این جریان دائمی بین تمام ذرات و اجسام وجود دارد. به عنوان مثال به زمین و ماه توجه کنید. زمین دارای میدان گرانش است. یک میدان گرانشی از تعداد متنابهی سی. پی. اچ. (گراویتون) تشکیل شده است. پس میدان گرانشی زمین نیز از تعداد بیشماری سی. پی. اچ تشکیل شده است که در اطراف زمین در حرکت هستند

فرض کنیم زمین منزوی است. یعنی هیچ کنش و واکنشی بین زمین و سایر اجسام وجود ندارد. در این صورت همه ی سی. پی. اچ. هایی که

به زمین می رسند، جذب آن شده و از نیروهای موجود در آنجا اطاعت می کنند

اما همچنان که می دانیم زمین منزوی نیست و با سایر اجسام کنش متقابل دارد

نگاهی به زمین و ماه بیندازید. در اینجا دو میدان وجود دارد، یکی میدان گرانشی زمین و دیگری میدان گرانشی ماه.

هنگامیکه یک گراویتون به زمین می رسد، گراویتون دیگری زمین را ترک می کند و به دلیل آنکه دارای یک زیر کوانتوم بار-رنگ یا

مغناطیس رنگ است، زمین را به دنبال خود می کشد. تا جاییکه زمین از حوزه عمل این زیر کوانتوم میدان خارج شود

دقیقاً نظیر گلوئون ها) گلوئون به معنی چسب است) که موجب کشیده شدن کوارکها به طرف یکدیگر می شود

معادله بار-رنگ و مغناطیس - رنگ

فرض کنیم دو سی. پی. اچ. با سرعت خطی

V_c

حرکت می کنند که یکدیگر را احساس می کنند. آنها یکدیگر را جذب می کنند و با توجه به

$$\text{grad} V_c = 0$$

آنها دارای اسپین خواهند شد و می توان نوشت

$$\text{grad} V_c = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{\partial V_c}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial V_c}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial V_c}{\partial z} \frac{dz}{dt} = 0$$

$a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k} = 0$, that a_x is accelerating on x axes, a_y is accelerating on y axes, a_z is accelerating on z axes and \mathbf{i} , \mathbf{j} and \mathbf{k} are unit vectors.

یعنی مجموع شتاب ها روی سه محور برابر صفر است

فرض کنیم که سی پی. اچ. روی محور

x

حرکت انتقالی دارد. اما سرعت امواج الکترومغناطیسی برابر

نسبت به دستگاه لخت می باشد

بنابراین مقدار سرعت آن تنها روی محور های

y and z

تغییر می کند و شتاب روی محور

x

صفر است، یعنی

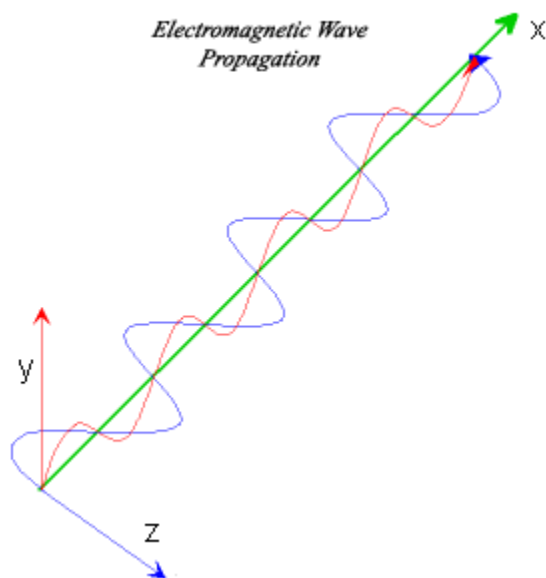
$$a_x = 0$$

تنها شتاب روی دو محور دیگر خواهد داشت بطوریکه

$$a_y + a_z = 0$$

هنگامیکه

$a_y = 0 \Rightarrow a_z$ is maximum. And a_y is maximum $\Rightarrow a_z = 0$.



لازم به ذکر است که سی. پی. اچ. ها در ساختمان فوتون (یا هر ذره ی دیگری) با یکدیگر در کنش متقابل هستند و این کنش ها موجب

می شود که دائم اسپین آنها تغییر کند. اما سرعت خطی آنها تابع نیروی خارجی موجود در محیط است. بهمین دلیل سرعت امواج

الکترومغناطیسی برابر

است. هنگامیکه سی. پی. اچ. ها در کنش با هم قرار گرفتند، یکی از آنها به بار - رنگ تبدیل می شود و برای آن می توان نوشت

$$E_c = E_{cm} \cos \omega(t - x/c),$$

که در آن

E_c

مقدار بار-رنگ است و

E_{cm}

مقدار ماکزیمم بار-رنگ است

برای سی. پی. اچ. دیگر که به مغناطیس-رنگ تبدیل می شود می توان نوشت

$$B_c = B_{cm} \cos \omega(t - x/c)$$

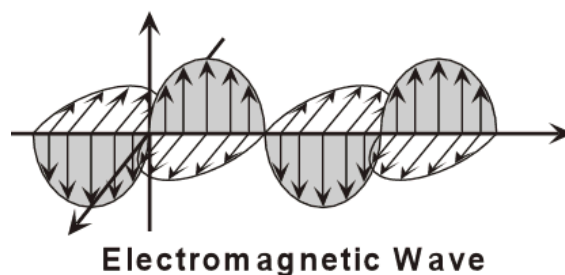
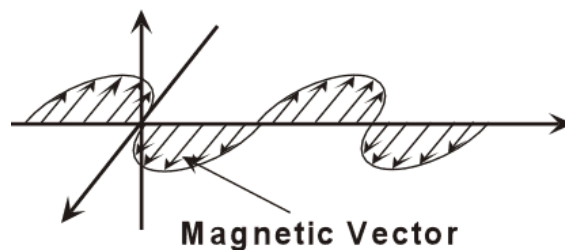
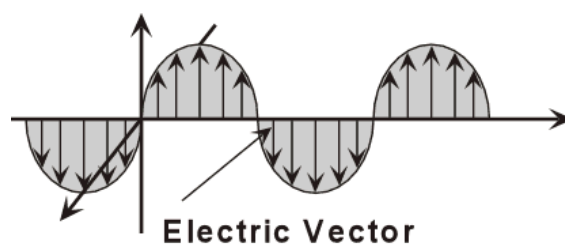
که در آن

B_c

مقدار مغناطیس-رنگ است و

B_{cm}

مقدار ماکزیمم مغناطیس - رنگ است



و برای تعدادی سی. پی. اچ. اختیاری داریم

$$E = n E_{cm} \cos \omega(t - x/c)$$

$$B = m B_{cm} \cos \omega(t - x/c)$$

هنگامیکه یک فوتون در حال سقوط در یک میدان گرانشی است، تعداد

n, m

افزایش می یابد. بنابراین شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی یعنی

E and B

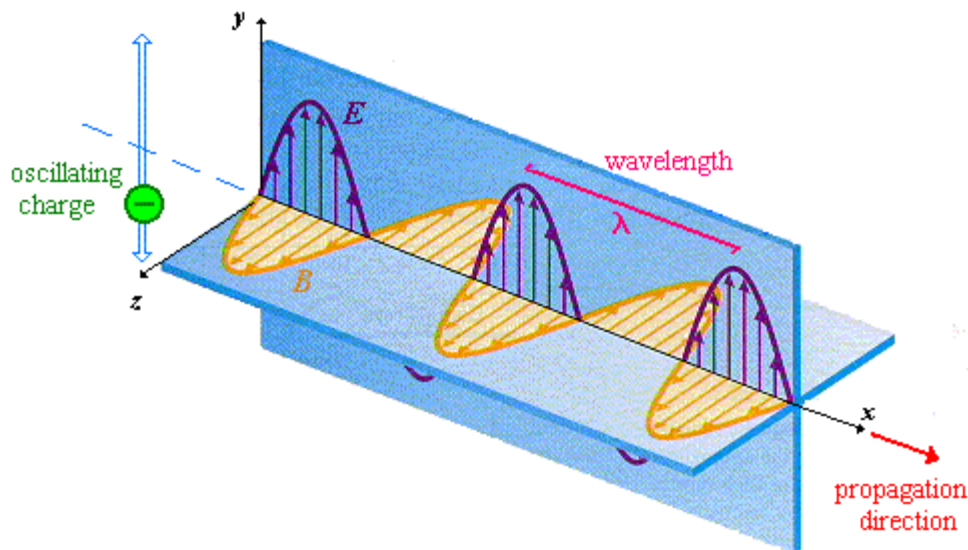
افزایش می یابد. و این به معنی آن است که تعدادی سی. پی. اچ. وارد ساختمان فوتون می شوند

یک ذره ی باردار چگونه امواج الکترومغناطیسی منتشر می کند؟

همچنانکه می دانیم یک ذره باردار که شتاب داشته باشد، امواج الکترومغناطیسی منتشر می کند. هنگامیکه نیرویی روی ذره ی بار دار کار

مثبت انجام دهد، یعنی تعدادی سی. پی. اچ. وارد ساختمان الکترون می شود. در حقیقت نیرو به انرژی تبدیل می شود و به عبارت دیگر

بوزونها به انرژی تبدیل می شوند



اما یک ذره ی باردار می خواهد خواص ذاتی خود را حفظ کند. یک ذره ی باردار از تعدادی بار-رنگ تشکیل می شود، در حالیکه انرژی

الکترومغناطیسی از دو شیئی متفاوت یعنی بار-رنگ و مغناطیس-رنگ تشکیل می شود. بهمین دلیل ذره باردار انرژی منتشر می کند

آلفای گرانش - همانطور که در بالا توضیح داده شد، گراویتون بار-رنگ یا مغناطیس-رنگ است. یک گراویتون نظیر ذره ی تبدالی نیروی

الکتریکی (فوتون) عمل می کند. بنابراین ما می توانیم با توجه به عدد آلفا مقدار عددی ذره ی تبدالی گرانش را توضیح دهیم. همچنانکه می

دانیم عدد آلفا برابر است با

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} = 1/137.035$$

برای به دست آوردن ساختار ثابت گرانشی بایستی به نسبت نیروی گرانش و نیروی الکتریکی توجه کنیم. برای اینکار نیروی الکتریکی و نیروی گرانشی بین الکترون و پروتون را در اتم هیدروژن حساب می کنیم. خواهیم داشت

$$F_e = kq_1q_2/r^2, F_g = Gm_1m_2/r^2,$$

بنابراین داریم

$$F_g/F_e = 10^{-40}$$

پس

$$\alpha_g = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \times \frac{F_g}{F_e} = \frac{1}{137 \times 10^{40}}$$

بنابراین

$$\text{Alfa of gravity is } 1/(137 \times 10^{40})$$

همچنین باید توجه داشت که در رابطه ی آلفا

h-bar

اسپین فوتون و ثابت است. اما در رابطه ی آلفای گرانش

h-bar

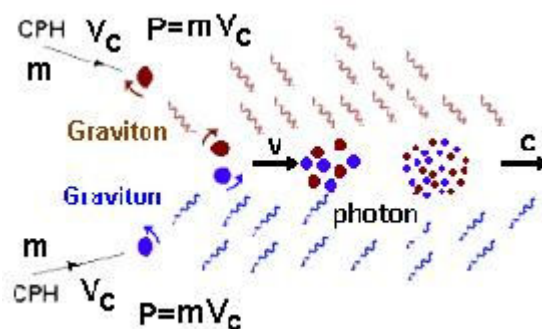
اسپین گراویتون و برابر ۲ است و با توجه به نظریه سی. پی. ایچ. اسپین تابعی از شدت گرانشی است

فضا-زمان چگونه انرژی تولید می کند؟

یک کوانتوم انرژی از تعداد زیادی سی. پی. اچ. تشکیل می شود. سی. پی. اچ. ها روی یکدیگر کار انجام می دهند و انرژی تولید می کنند.

البته این رویداد هنگامی رخ می دهد که چگالی گرانش بالا است.

با توجه به اندازه ی فوتون گاما می توانیم چگالی سی. پی. اچ. را در ساختمان فوتون به دست آورد. قطر یک الکترون تقریباً برابر 10^{-18} متر است. یک فوتون گاما در تولید زوج، یک الکترون و یک پوزیترون تولید می کند. فرض کنیم حجم یک فوتون گاما تقریباً دو برابر حجم الکترون باشد.



فرض کنیم چگالی سی. پی. اچ. در ساختمان فوتون به صورت زیر باشد.

$$De(cph) = n \text{ per } m^3$$

فضا از گراویتون انباشته است. گراویتون ها روی یکدیگر کنش دارند. آنها یکدیگر را جذب می کنند و امواج الکترومغناطیسی تولید می کنند.

هنگامی گراویتون ها به انرژی تبدیل می شوند که چگالی آنها به مقدار زیر برسد:

$$De(cph) = n \text{ per } m^3$$

بنابراین انتگرال روی فضا از چگالی صفر تا چگالی فوتون، روند تولید انرژی الکترومغناطیسی توسط گرانش است.

$$\int_0^{De(cph)=n \text{ per } m^3} dDe(cph) = E$$

Integration of gravitons is a projection to production electromagnetic energy

به عبارت نیرو به انرژی تبدیل می شود و انرژی قابل تبدیل به نیرو است.