بەنام خدا

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکدهٔ فیزیک

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیک

مدل پارتون در حضور ضرایب نقض تقارن لورنتس

معصومه دهقانی احمد آباد

استاد راهنما :

دکتر منصور حقیقت

اسفند ۸۶

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکدهٔ فیزیک

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیک

تحت عنوان

مدل پارتون در حضور ضرایب نقض تقارن لورنتس

توسط

معصومه دهقانی احمد آباد

در تاریخ ۱۳۸۵/۱۲/۶ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱—استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر منصور حقیقت
۲—استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر بهروز میرزا
۳—استاد داور	دکتر احمد شیرزاد
۴—استاد داور	دکتر فرهنگ لران
سرپرست تحصیلات تکمیلی	دکتر ظفر اللّه کلانتری

تشکر و قدر دانی

«مَنْ لَمْ یَشْکُر الْمَخْلوُقْ لَمْ یَشْکُر الْخالقْ»

از:

خانواده‌ی عزیزم به خاطر حمایت و محبت بی‌دریغ‌شان و آنچه که در طول زندگی به من آموخته‌اند

استاد راهنمای ارجمندم **آقای دکتر منصور حقیقت** به خاطر راهنمایی‌های بسیار ارزشمندشان.

کلیهٔ حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نو آوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این
پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادرم

چکیده

در این پایان‌نامه ابتدا به بررسی پراکندگی ناکشسان الکترون از روی هسته، و مدل پارتون در حضور ضرایب نقض تقارن لورنتس می پردازیم و سپس رابطه‌ی کالن—گروس[۱] و قانون مقیاس بندی بیوریکن [۲] را در اینحالت بدست خواهیم آورد، و یک حالت خاص را نیز بررسی خواهیم نمود. در ادامه سطح مقطع پراکندگی الکترون—میون در چارچوب مرکز مومنتوم و واپاشی کوارکی $t \to be^+\nu_e$ و برهم کنش $\bar{W} \to l\nu_l$ که $l = e, \mu, t$ را در حضور ضریب نقض لورنتس c مورد بررسی قرار خواهیم داد.

---

۱ Callan-Gross

۲ Bjorken scalling

فصل ۱

مقدمه

بااین که تقارن راز بزرگی در طبیعت می باشد بیشتر بافت جهان از مکانیزم تقارن شکسته پیروی می کند. در بیشتر دستگاه ها، تقارن با پایین آوردن انرژی شکسته می شود. پدیده‌ی شکست خود به خود زمانی اتفاق می افتد که قوانین فیزیک متقارن اند اما حالت پایه‌ی دستگاه فیزیکی اینگونه نمی باشد. حتی در صورتی که یک نظریه بسیار متقارن هم باشد، ضرورتی ندارد که حالت هایی که توسط آن نظریه توصیف می شوند، یعنی حالت های ذرات، هم این تقارن را از خود بروز دهند.

۱–۱ درجستجوی نقض تقارن لورنتس

دانشمندان برای آشکارشدن خصوصیات و ساختارهای احتمالی یک نظریه نهایی درجست وجوی نقض اصول فیزیکی آلبرت اینشتین [۱] هستند، که زمانی مقدس بود. نسبیت در قلب مهم ترین نظریات

[۱] A.Einstein

بنیادین فیزیک قرار گرفته است. نسبیت آن گونه که اینشتین آن را در سال ۱۹۰۵ فرمولبندی کرد بر این ایده کلیدی بنا شده است که تمام قوانین فیزیک نسبت به تبدیل در چارچوب مرجع جدیدی که با سرعت ثابت و دلخواه V حرکت می کند متقارن هستند [?]. این تقارن، اساس نظریه‌ی نسبیت خاص را تشکیل می دهد. با اعمال این تبدیل، مختصات فضا و زمان جدید از طریق تبدیل لورنتس [۲] با مختصات پیشین ارتباط پیدا می کند.

یا به عبارت دیگر این قوانین از نگاه تمام مشاهده گرهای لخت (اینرسی)، (مشاهده گرهایی که ازدید یک مشاهده گر دارای جهت دلخواه و سرعت ثابت هستند) یکسان است. این نظریه یک دسته از آثار شناخته شده را پیش بینی می کند که از میان آنها می توان به ثابت بودن سرعت نور برای تمام مشاهده گرها، کند شدن ساعت های در حال حرکت، کوتاه شدن طول اجسام متحرک و هم ارزی جرم و انرژی $E = mc^2$ اشاره کرد. آزمایش های بسیار دقیق این نتایج را تائید می کنند. نسبیت اکنون یک پایه و ابزار مهم و روزمره برای فیزیکدانان تجربی است: برخورد دهنده های ذرات از مزایای افزایش جرم و طول عمر ذرات پرسرعت به خوبی بهره می برند و آزمایش با ایزوتوپ های رادیو اکتیو نشان دهنده تبدیل جرم به انرژی است . حتی کاربران وبهره برداران دستگاه های الکترونیک نیز تحت تأثیراین پدیده‌ها هستند. درسیستم مکان یابی جهانی باید تصحیح مربوط به تأخیر زمانی را درنظر گرفت. این تأخیر زمانی سرعت کار ساعت های موجود درمدارهای ماهواره‌ای را تغییر می دهد. بااین حال در سال های اخیر تلاش برای یکی کردن نیروها و ذرات شناخته شده دریک نظریه نهایی برای عده‌ای از فیزیکدانان این انگیزه را به وجود آورده که درباره امکان تقریبی بودن اصول نسبیت تحقیق کنند. این انتظار وجود دارد که مشاهده انحرافی کوچک، از نظریه نسبیت، طلیعه نخستین آزمایش ها برای جست و جو و تحقیق درباره یک نظریه نهایی است .

ثابت بودن یا ناوردایی قوانین فیزیک برای مشاهده گرهای مختلف نشان دهنده‌ی تقارن در فضا و

[۲] Lorentz

زمان (فضا— زمان) است که تقارن لورنتس نامیده می شود. هنریش آنتوان[۳] هلندی است که برای نخستین بار دردهه ۱۸۹۰ دراین باره تحقیق کرده است.

کره‌ی کامل نمایش دهنده تقارنی است که به عنوان تقارن تحت دوران (چرخش) شناخته می شود: کره را در هر جهت و به هر میزان بچرخانیم کاملا مشابه به نظر می رسد. تقارن لورنتس اینگونه بر روی تشابه اشیا بنا نشده است بلکه مبنای آن یکی بودن قوانین تحت تبدیلات دورانی و خیز ($boost$ که سرعت را تغییر می دهد) است.

مشاهده گرهای لخت مستقل از اینکه دارای چه جهت و چه سرعت ثابتی هستند قوانین فیزیک را یکی می بینند. هنگامی که تقارن لورنتس در نظر گرفته شود فضا— زمان همسانگرد به نظرمی رسد، بدین معنی که همه جهت ها و حرکت های ثابت هم ارز هستند و هیچ کدام بردیگری برتری ندارند.

تقارن فضا— زمان لورنتس هسته‌ی اصلی نظریه نسبیت را تشکیل می دهد. با دانستن قواعد تبدیلات لورنتس می توان تمام پیش بینی های شناخته شده نسبیت را به دست آورد.

تا قبل از مقاله ۱۹۰۵ اینشتین ، معادلات مربوط به این پدیده ها توسط محققان دیگری از جمله خود لورنتس به دست آمده بود. اما آنها این معادلات را به عنوان تغییرات فیزیکی در اشیا تعبیر می کردند؛ به عنوان مثال، پیوند بین اتم ها کوتاه می شوند تا موجب ایجاد پدیده انقباض طول شود. سهم بزرگ اینشتین این بود که او تمام قطعات رابه هم پیوند داد و آشکار ساخت که طول و آهنگ کار ساعت ها ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند و بدین ترتیب تصور فضا و زمان درمفهوم جدیدی به نام فضا—زمان یکی گشتند.

تقارن لورنتس یک عنصر کلیدی و پایه‌ی بهترین توصیفات ما از ذرات بنیادی و نیروها است. تقارن لورنتس هنگامی که با اصول مکانیک کوانتومی ترکیب می شود چارچوبی را بنا می کند که نظریه میدان های کوانتومی نسبیتی نامیده می شود. در این چارچوب هر ذره و نیرو توسط میدانی توصیف می‌گردد که تمام فضا—زمان راپرکرده و دارای تقارن لورنتس است . ذراتی مانند الکترون ها و فوتون ها به عنوان

---

۳ $H.Antouan$

برانگیختگی های موضعی کوانتوم های میدان مربوطه شناخته می شوند. مدل استاندارد ذرات، که تمام ذرات و نیروهای غیرگرانشی شناخته شده (شامل الکترومغناطیس ؛ برهم کنش ضعیف وبرهم کنش قوی) راتوضیح می دهد یک نظریه میدان کوانتومی نسبیتی است.

بسیاری از برهم کنش ها که می توانند به صورت جملات محتمل درمعادلات این نظریه ظاهر شوند به دلیل نقض لورنتس ممنوع است. مدل استاندارد شامل برهم کنش گرانشی نیست. بهترین توصیف ما از گرانش یعنی نظریه نسبیت عام اینشتین نیز از تقارن لورنتس تبعیت می کند. (کلمه «عام » یعنی شامل گرانش است. گرانش در نسبیت «خاص » در نظر گرفته نمی شود.) درنسبیت عام، مانند قبل، قوانین فیزیک دریک مکان ازدید مشاهده گرهایی که دارای جهت های مختلف و سرعت های متفاوت هستند یکسان است. اما وجود گرانش می تواند مقایسه پیچیده‌ای بین آزمایش ها در دو مکان متفاوت ایجادکند. نسبیت عام یک نظریه کلاسیک غیرکوانتومی است و کسی نمی داند که چگونه می توان آن را به صورت رضایت بخشی با مدل استاندارد ترکیب کرد.

با این همه این دو را می توان در نظریه‌ای با عنوان «مدل استاندارد باگرانش» که در برگیرنده‌ی تمام ذرات و چهارنیرواست، تا حدودی با یکدیگر تلفیق کرد.

۱ — ۲ وحدت نیروهاومقیاس پلانک

این ترکیب مدل استاندارد و نسبیت عام به طور حیرت انگیزی درتوصیف طبیعت موفق است. درآن تمامی پدیدهای بنیادی شناخته شده و نتایج آزمایشگاهی به خوبی توضیح داده می شود و هیچ گونه شواهد آزمایشگاهی کشف شده فراتر از آن موجود نیست. با این حال بسیاری ازفیزیکدانان می پندارند که این ترکیب رضایت بخش نیست. یک پایه‌ی این دشواری‌ها این است که هرچند دو نظریه دارای فرمول بندی درخشانی هستند اما در این شکل خود، از دیدگاه ریاضی ناسازگارند.

در شرایطی مانند آزمایش کلاسیک حرکت نوترون های سرد بر خلاف میدان گرانشی زمین که باید هم گرانش را در نظرگرفت و هم فیزیک کوانتومی را ، نیروی گرانشی به عنوان یک نیروی خارجی به

توصیف کوانتومی اضافه می شود [?]. این مدل های ساخته شده ممکن است که از دید آزمایشگاهی کارآمد باشند. اما نمی توان آن ها را به عنوان یک توصیف بنیادین، سازگار و رضایت بخش در نظرگرفت. این مورد مانند آن است که حمل یک شئ توسط فرد را می توان با در نظر گرفتن نیروهای وارد بر استخوان ها و اندام‌های بدن و در سطح مولکولی با دقت زیادی توضیح داد و یا می توان ماهیچه ها را به عنوان جعبه‌های بسته‌ای در نظر گرفت که قادر به فراهم کردن نیروهای خاص درمحدوده‌های مشخص هستند. به این دلیل و همچنین دلایل دیگر، بسیاری از فیزیکدانان معتقدند که فرمول بندی یک نظریه‌ی نهایی امکان پذیر است (توصیفی کامل و واحد از طبیعت که در آن گرانش و فیزیک کوانتوم با هم ترکیب شده‌اند.)

یکی ازنخستین فیزیکدانانی که برروی نظریه‌ی واحد کارکرد، خود اینشتین بود که سال های آخرعمرخود راصرف این مسئله کرد. هدف اودست یافتن به نظریه‌ای بود که نه تنها گرانش بلکه الکترومغناطیس را نیزدربرمی گرفت. ازبخت بد، او بسیار زود با این مسئله درگیر شده بود. هم اکنون ما معتقدیم که الکترومغناطیس رابطه‌ی نزدیکی با نیروهای ضعیف و قوی دارد. (نیروی قوی بین کوارک ها عمل می کند که سازنده ذراتی مانند پروتون و نوترون هستند، درحالی که نیروی ضعیف عامل فعالیتهای رادیو اکتیو و همچنین واپاشی نوترونی است.) تنها پس از یافته‌های آزمایشگاهی بعد ازمرگ اینشتین بود که نیروهای قوی و ضعیف به طورجداگانه و بدون ترکیب با الکترومغناطیس و گرانش به خوبی فرمول بندی و درک شدند.

یک رهیافت فراگیر و امیدبخش به چنین نظریه نهایی، نظریه ریسمان است [?]. این نظریه براین ایده بنا شده که تمام ذرات و نیروها را می توان براساس اشیایی یک بعدی « ریسمان ها» به همراه رویه های دو بعدی و بالاتر که به آنها ابر رویه می گویند، توصیف کرد. رهیافت شناخته شده دیگرگرانش کوانتومی حلقه‌ای [۴] است که به دنبال یک تفسیر سازگاز کوانتومی از نسبیت عام است وپیش بینی می کند که: فضا از قطعات جدای (کوانتوم ها) حجم و سطح ساخته شده است. شکل نظریه‌ی نهایی هرگونه که باشد این انتظار وجود دارد که فیزیک کوانتومی و گرانش در مقیاس یک طول بنیادی $۱۰^{-۳۵}m$ که به

[۴] *Loop gravity quantum*

خاطر ماکس پلانک فیزیکدان قرن ۱۹ آلمان « طول پلانک» نامیده می شود؛ به طور جداناپذیر درهم تافته شوند. طول پلانک بسیار کوچک تر از طول هایی است که می توان به کمک میکروسکوپ های معمولی دید و یا در شتاب دهنده های انرژی بالا کاوید. بنابراین نه تنها ارائه نظریه نهایی یک چالش جدی است، بلکه انجام مشاهدات مستقیم تجربی برای آزمودن پیش بینی های چنین نظریه ای عملاً غیرممکن به نظر می رسد[?]،[?]،[?].

با وجود چنین سدهایی بازممکن است راههایی برای کسب اطلاعات آزمایشگاهی از نظریه‌ی نهایی در مقیاس پلانک وجود داشته باشد. شاید در آزمایش هایی که به اندازه‌ی کافی حساس هستند، پدیده‌های کوچکی که به طور غیرمستقیم بازتابنده فیزیک جدید در نظریه‌ی نهایی است، مشاهده شود[?]،[?]. همانند تصاویر روی نمایشگرتلویزیون یا کامپیوتر که از تعداد زیادی نقاط روشن $(Pixle)$ تشکیل شده‌اند. این نقاط در مقایسه با فاصله تماشایی نمایشگر به حدی کوچک است که تصویر از دید چشم کاملا یکنواخت به نظر می رسد. اما در بعضی شرایط خاص این نقاط مشاهده می شوند، به عنوان مثال هنگامی که گوینده خبر لباسی راه راه بپوشد باعث ایجاد طرحی می شود که به طرح «موير» معروف است. یکی از چنین طرح هایی که از طول پلانک نشأت می گیرد نقض نظریه نسبیت است. در فواصل ماکروسکوپیک (معمولی)، فضا— زمان ناوردای لورنتس به نظر می رسد ، ولی ممکن است که این تقارن در فواصل به اندازه‌ی کافی کوچک به عنوان جلوه‌ای از وحدت فیزیک کوانتومی و گرانش شکسته شده باشد . انتظار می رود که آثار قابل مشاهده نقض نظریه نسبیت در مقیاس پلانک در فاصله $۱۰^{-۱۷}m$ تا $۱۰^{-۳۴}m$ قرار گرفته باشند[?].

برای درک بهتر این ابعاد باید در نظر آورید که قطر تار موی انسان $۱۰^{-۳۰}$ برابر ابعاد کیهان است در حالی که $۱۰^{-۱۷}$ نسبت به قطر مو مانند قطر موی انسان به قطر مدار لپتون است. بنابراین مشاهده نقض نسبیت به آزمایش هایی بسیار حساس تر ازآنچه تاکنون انجام شده، احتیاج دارد.

هیچ کس نمی تواند در مورد اینکه کدام آزمایش بهترین آزمایش برای بررسی نقض تقارن لورنتس و CPT است حرفی بزند. چرا که نظریه شامل انواع مختلف‌ی از ثابت‌هاست که هر کدام به آزمایش‌های خاصی حساس هستند. برای مثال مقید کردن ضرایب نقض CPT با اندازه‌گیری اختلاف جرم کاهش

یافته بین کائون و پاد کائون و بین هیدروژن به مجموعه ضرایب کاملاً متقارنی حساس است. تعدادی از این آزمایش‌ها در ذیل نام‌برده‌شده است:

۱) مقایسهٔ ساعت‌های اتمی در زمین و فضا [۵][?]،[?]،[?].

۲) طیف سنجی هیدروژن و پادهیدروژن[?].

۳) تله [۶][?]،[?].

۴) محاسبهٔ خواص میوان[۷][?].

۵) محاسبات کیهانشناسی[?]،[?].

۶) مشاهدهٔ نوسانات نوترینوها[۸][?].

۷) مشاهدهٔ نوسانات مزون‌های[۹] خنثی [?]،[?].

۸) ممان مغناطیسی بهنجار [?]

برخی تقارن ها با گروهای پیوسته و برخی دیگر از آنها با گروهای گسسته توصیف می شوند، تعداد عناصر در تقارن های پیوسته، بی نهایت ولی برای تقارن های گسسته در فیزیک معمولاً، متناهی می باشد تقارن های گسسته‌ی طبیعت، بر خلاف تقارن های پیوسته، کمیّت های پایسته‌ی جدیدی تولید نمی کنند.

سه نوع تقارن گسسته در نظریه‌ی کوانتومی و فیزیک ذرات حائز اهمیت می باشند. این تقارن ها عبارتند از وارونی زمانی (T)، پاریته (P)، و هم یوغی ذره − پاد ذره (C).

---

۵ Clock Comparison

۶ Penning Trap

۷ Muon

۸ Neutrino

۹ Meson

تقارن T مبین این است که قوانین فیزیک تحت تبدیل $t \to -t$ ناوردا باقی می ماند، به این معنا که اگر فرایند فیزیکی معینی رخ دهد آن گاه فرایندی که ازمعکوس کردن تمام جهت های حرکت به دست می آید نیز از نقطه نظر فیزیکی قابل تحقق خواهد بود. به عنوان مثالی از مکانیک کلاسیک، سیاره‌ی منفردی را در نظربگیرید که در مداری بیضی، حول خورشید در حرکت است. حرکت این سیاره بر روی همان بیضی ولی در جهت مخالف ، از نظر فیزیکی، حرکتی قابل تحقق است. تقارن P حاکی از ناوردایی قوانین نسبت به بازتاب فضایی است. تقارن C ناوردایی را هنگامی که تمام ذرات با پاد ذرات خود جانشین می شوند، نشان می دهد.

درسال ۱۹۵۷ کشف شد که تقارن P دربرهم کنش های ضعیف به شدت نقض می شود. واپاشی هسته ای بتا زا نمونه‌ای از این نقض تقارن است که درآن یک الکترون e و یک پادنوترینو $\bar{\nu_e}$ گسیل می شوند. پاد نوترینوی گسیل شده حالت راستگرد دارد، یعنی اسپین آن با تکانه اش موازی است، درحالی که اکثر الکترون ها در حالت چپگرد قراردارند. از آن جا که حالت اولیه‌ی هسته دارای دستوارگی مشخصی نیست، طبق پیش بینی تقارن حالت های نهایی e و $\bar{\nu_e}$ هیچ گونه دستوارگی نباید داشته باشند. تقارن C حاکی از آن است که به ازای هر حالتی باید یک حالت هم یوغ C وجود داشته باشد که دارای همان انرژی است. در مورد دستگاهی که از نظر الکتریکی خنثی است، حالت هم یوغ C ممکن است همان حالت اصلی باشد. به این ترتیب اگراتم هیدروژن را در نظربگیریم که از یک الکترون و یک پروتون تشکیل شده است ، تقارن C حاکی از آن است که امکان دارد دستگاهی متشکل از یک پوزیترون و یک پاد پروتون با همان تراز انرژی وجود داشته باشد.

برای ارائه‌ی قوانین برهم کنشی که ناقض تقارن های C یاP یاT باشند، مانعی وجود ندارد. اما نشان داده شده است که در نظریه‌ی میدان کوانتومی نسبیتی موضعی، تقارن حاصل ضرب CPT همواره برقرار می ماند.

CPT تقارن بنیادین دیگری از فضا— زمان است که می تواند نقض شود. این تقارن هنگامی وجود دارد که قوانین فیزیک تحت سه تبدیل زیر (به طور همزمان) تغییر نکنند: تعویض ذره و پاد ذره (مزدوج بارC)، باز تاب در آینه (تبدیل پاریته P) و برگشت زمانی (T). در حالیکه نقض هر کدام از این سه تبدیل C و P و T و ترکیب CP در آزمایشات مشاهده شده، اما نقض CPT هرگز مشاهده نگردیده است. یک نظریه‌ی مشهور به نام نقض CPT توسط جان بل [۱۰]، ولف گانگ پائولی [۱۱] و گرهاردت لودرز [۱۲] بیان می کند که؛ هر نظریه میدان ناوردای لورنتس (که بیانگر ذرات نقطه ای می باشد) باید تحت CPT نیز ناوردا باشد. اخیراً نشان داده اند که؛ اگر CPT درنظریه‌ی میدان شکسته شود، تقارن لورنتس نیز باید شکسته شود . مدل‌استاندارد از تقارن CPT تبعیت می‌کند، در حالیکه این تقارن ممکن است در نظریه‌هایی که نسبیت را نقض می کنند، شکسته شده باشد.

۱—۳ نقض خود به خود

نقض نسبیت در یک نظریه‌ی نهایی چگونه خود را نشان می دهد؟ یک روش طبیعی و زیبا شکست خود به خود تقارن لورنتس است. این مورد باید کاملاً مشابه شکست خود به خود تقارن در موارد دیگر باشد هنگامی اتفاق می افتد که حالات پایه متقارن هستند در حالی که سیستم های واقعی این گونه نیستند. برای درک ایده عمومی شکست خود به خود تقارن یک میله باریک استوانه‌ای را که به صورت عمودی بر روی یک سطح صاف قرار دارد در نظر بگیرید. تصور کنید یک نیروی عمودی به سمت پایین بر روی میله وارد می گردد. این سیستم به طور کامل تحت دوران حول محور میله متقارن است، میله‌استوانه‌ای است و نیرو به صورت عمودی وارد می شود، بنابراین حالات و معادلات فیزیکی در این شرایط تحت دوران ناوردا هستند. اما اگر نیرو به اندازه کافی زیاد شود میله در یک جهت خم می گردد که تقارن تحت دوران را به صورت خود به خود می شکند.

---

[۱۰] John Bell

[۱۱] Wolfgang Pauli

[۱۲] Gerhardt Luders

در مورد نقض نسبیت، معادلات توصیف کننده میله و نیرو بامعادلات نظریه نهایی جایگزین می شوند. به جای میله میدان های کوانتومی مواد و نیروها قرار می گیرند. در اغلب موارد اندازه میدان پس زمینه ای چنین میدان هایی صفر است. بااین حال دربعضی شرایط میدان های پس زمینه مقادیر غیر صفری کسب می کنند. تصورکنید چنین حالتی برای میدان الکتریکی رخ دهد. ازآنجا که میدان الکتریکی دارای جهت است (بردار)، هر مکانی درفضا دارای جهت ویژه ای می شود که توسط جهت میدان الکتریکی درآن مکان تعیین می شود. یک بارالکتریکی نقطه ای درآن جهت شتاب می گیرد. درنتیجه تقارن دورانی (و همچنین تقارن «خیز») می شکند، چنین نتایجی برای یک میدان تانسوری غیرصفر نیز برقرار است.

چنین تانسورهای غیرصفری در مدل استاندارد به وجود نمی آیند، اما بعضی از نظریه‌های بنیادی مانند نظریه ریسمان شامل جنبه هایی هستند که مناسب شکست خودبه خود تقارن لورنتس هستند. این ایده که شکست خودبه خود تقارن لورنتس و مشاهده نقض نظریه نسبیت می تواند در نظریه ریسمان و نظریه‌های میدان شامل گرانش اتفاق افتد نخستین بار توسط آلن کاستلسکی واستوارت ساموئل ازکالج نیویورک درسال ۱۹۸۹ پیشنهاد شد [?]. آلن کاستلسکی[۱۳] وروبرت پوتینگ[۱۴] درسال ۱۹۹۱ این موضوع را به شکست تقارن CPT در نظریه‌ی ریسمان گسترش دادند [?]. بعد ازآن روش های متعددی برای نقض نظریه نسبیت درنظریه‌ی ریسمان و دیگر رهیافت های گرانش کوانتومی پیشنهاد شد [?]، [?]. اگر شکست تقارن لورنتس واقعا جزیی از نظریه‌ی نهایی باشد، مشاهده‌ی نقض نسبیت نخستین مشاهدات آزمایشگاهی را برای چنین نظریه‌ای فراهم خواهد کرد.

۱—۴ تعمیم‌مدل استاندارد

فرض کنید نظریه بنیادی طبیعت ازطریق مکانیسم‌هایی شکست تقارن لورنتس یاCPT را شامل می‌شود. اکنون این پرسش پیش می‌آید که این نقض هاچگونه خود را درآزمایشگاه نشان می‌دهند و نسبت

[۱۳] Alan Kostelecky

[۱۴] Robert Poting

آنهابافیزیک امروزی به چه صورت است؟ برای پاسخ به این پرسش به یک چارچوب نظری احتیاج داریم که بتواند تمام پدیده هایی را که ممکن است درآزمایشگاه رخ دهد، در برگیرد. به کمک چنین چارچوبی می توان پارامترهای آزمایشگاهی را محاسبه، آزمایش های مختلف را مقایسه و پدیده‌های قابل انتظاررابپیش بینی کرد .

برای ساخت چنین چارچوبی باید به‌اصول طبیعی و بدون شک زیرپایبند بود :

اول آنکه تمام پدیده‌های فیزیکی مستقل از دستگاه‌مختصاتی هستند که برای توصیف فضا— زمان انتخاب می‌کنیم .

دوم آنکه آزمایش های موفق مدل استاندارد و نظریه‌ی نسبیت عام نشان می‌دهند که نقض تقارن لورنتس و CPT بایداثربسیارکوچکی داشته باشند .

پیروی ازاین معیارها و به کاربردن نیروها و ذرات شناخته شده ما را بر مجموعه‌ای ازجملات ممکن — برهم‌کنش های ممکن — رهنمون می‌شود که می توان آنها را به معادلات نظریه اضافه کرد. هرکدام از این جملات معادل یک میدان تانسوری با مقدارپس زمینه‌ای غیر صفراست. ضرایبی که دامنه‌آنها را مشخص می‌کنند، نامعلوم هستند که البته بسیاری ازآنهاممکن است دریک نظریه‌ی مشخص صفرباشند . نتیجه‌ی نهایی، نظریه‌ای است که‌به‌آن تعمیم مدل استاندارد ($Standard \;\; Model \;\; Extention = SME$) می گویند[?]،[?].

زیبایی این فرمول بندی درعمومیت آن است، هرگونه منشأ دلخواه فیزیکی یا فلسفی که برای نقض نسبیت درنظربگیرید و همچنین نتایج آن درطبیعت باید به کمک SME قابل توضیح باشد زیرا این نظریه تمام اصلاحات وتعمیم های ممکن نسبیت راکه با مدل استاندارد سازگاراست، دربرمی گیرد. برای مجسم کردن آثارشکست تقارن لورنتس، مفیداست فرض کنیم فضا— زمان دارای یک جهت ذاتی است. درمواردی که یک میدان برداری به عنوان یک جمله‌ی ویژه درمعادلات SME ظاهر می شود این جهت ذاتی فضا— زمان برجهت این میدان برداری منطبق است. برای میدان های تانسوری نیز موضوع مشابه ولی کمی پیچیده‌تر است. حرکت و برهم کنش ذرات به دلیل وجود چنین میدان های پس زمینه‌ای وابستگی جهت داری به خود می گیرد مانند حرکت ذره باردار درمیدان الکتریکی یا مغناطیسی. چنین

پدیده هایی درمورد نقض CPT نیز اتفاق می افتد، اما این مورد به علت تفاوت جفت شدن ذره و پادذره بامیدان پس زمینه است. SME پیش بینی می کند که رفتار ذرات می تواند به روش های گوناگونی تحت تأثیر نقض نسبیت قرار گیرد خصوصیات ذرات و برهم کنش آنها به جهت حرکت (نقض تقارن دورانی) و سرعت آنها (نقض تقارن «خیز») بستگی دارد. ذره ممکن است دارای اسپین باشد (کمیت نشان دهنده‌ی اندازه حرکت زاویه‌ای) ، دراین حالت رفتار ناشی ازنقض نسبیت می تواند به جهت و اندازه اسپین وابسته باشد[?]،[?]. یک ذره می تواند تصویر آیینه‌ای پادذره خود نباشد (نقضCPT) نوع رفتار ناشی از نقض نسبیت می تواند به نوع ذره هم بستگی داشته باشد؛ به عنوان مثال شاید پروتون بیش از نوترون تحت تأثیر قراربگیرد. این پدیده ها ردهای زیادی از خود به جا می گذارند که می توان درآزمایش ها به دنبال آنهاگشت. تعدادی از این آزمایش ها از هم اکنون آغاز شده اند، اما هنوز هیچ کدام شواهد متقنی در رد نظریه‌ی نسبیت به دست نداده اند.

تقارن لورنتس یکی از خصوصیات بنیادی جهان بیرونی است که اهمیت زیادی برای فیزیک دارد. این تقارن دارای دو جز است: تقارن دورانی وتقارن خیز. تصورکنید دومیله و دو ساعت داریم که میله‌ها از دو ماده‌ی متفاوت ساخته شده اند ولی هنگامی که پهلوبه پهلوی یکدیگر قرار می گیرند طول یکسانی را نشان می دهند و ساعت ها نیز به روش های متفاوتی کار می کنند ولی همزمان هستند.

a — تقارن دورانی برقرار است اگر یک میله و یک ساعت رانسبت به دیگری بچرخانیم طول میله ها نسبت به یکدیگر تغییر نکرده و همزمانی ساعت ها نیز به هم نخورد.

b — تقارن خیز شامل آن چیزی است که هنگام حرکت یک میله به همراه یک ساعت با سرعت ثابت نسبت به میله و ساعت ثابت اتفاق می افتد. تقارن خیز پیش بینی می کند که طول میله درحال حرکت ازدید ناظر ساکن کوتاه تر شده و ساعت همراه آن نیز کندترکار می کند.

c — هنگامی که فضا و زمان ترکیب شده و تشکیل فضا— زمان را می دهند شکل فرمول بندی ریاضی تقارن خیز بسیار شبیه تقارن دورانی خواهد بود. یک تقارن وابسته به تقارن لورنتس، تقارن CPT است که بیانگر تغییر علامت بارالکتریکی، تغییر جهت پاریته (معکوس آینه‌ای نسبت به یک نقطه) و برگردان زمانی هستند. این تقارن پیش بینی می کند که اگر یک ساعت بامعادل پادماده ای خودش جایگزین شود

(تغییرعلامت بار) همچنین سروته شود (معکوس آینه‌ای –پاریته) و در جهت معکوس زمانی کاربکند، آنگاه همان زمان را نشان خواهد داد که ساعت اول نمایش می دهد.

d – محاسبات ریاضی نشان می دهد که درنظریه‌ی میدان های کوانتومی هرگاه تقارن لورنتس درنظرگرفته شود، تقارن CPT نیز برقرار خواهد بود.

شکست تقارن لورنتس رامی توان به وسیله یک میدان برداری حاضر درفضا–زمان نمایش داد. ذرات ونیروها با این میدان برهم کنش می کنند، همانگونه که یک ذره باردار با میدان الکتریکی (که یک میدان برداری است) برهم کنش می کند. در نتیجه بر خلاف زمانی که تقارن لورنتس برقرار است تمام جهت ها و سرعت ها هم ارز نیستند. دو میله غیر یکسان که در یک جهت نسبت به میدان برداری دارای طول یکسان هستند ممکن است در جهت دیگر هم طول نباشد مشابه‌ی آن دو ساعت که در یک جهت هم زمان هستند ممکن است در جهت دیگر همزمانی شان را از دست بدهند. به علاوه دو ساعت و دو میله‌ی غیر یکسان در هنگام حرکت ممکن است اتساع زمانی و انقباض طولی متفاوتی را بسته به جنس وجهت حرکتشان نشان دهند [?].

این بخش برای آشنایی مختصر و کمّی با نقض تقارن لورنتس آورده شده است ، لذا این بخش را در همین جا به پایان می بریم و خواننده را به مراجع [?],[?],[?] و[?] ارجاع می دهیم .