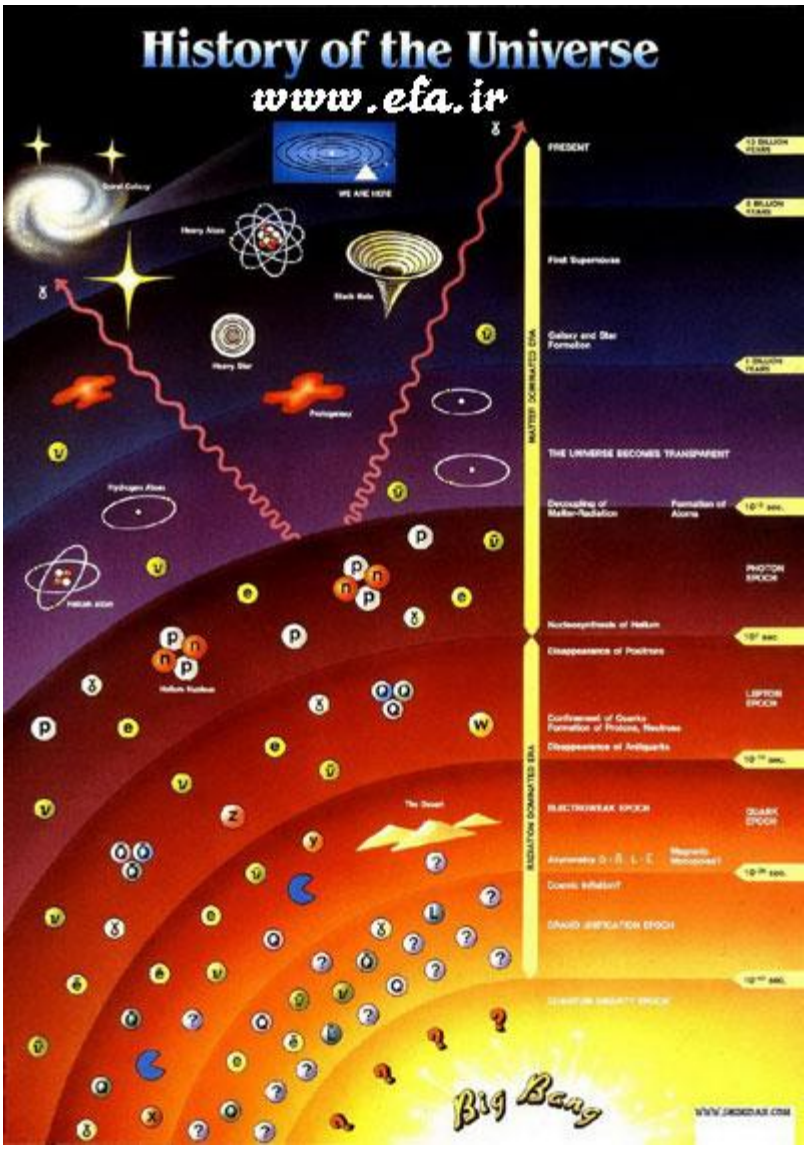
اتم و ذرات زیراتمی :

پروتون و نوترون ذرات ترکیبی هستند که از کوارک تشکیل شده‌اند. یک پروتون از دو کوارک بالا و یک کوارک پایین تشکیل شده است, ولی نوترون از یک کوارک بالا و دو کوارک پایین تشکیل شده است; کوارک‌ها به وسیله گلوئون به هم می‌چسبند. شش نوع کوارک متفاوت داریم('بالا', 'پایین', 'سر', 'ته', 'مفتون'), دیگر ذراتا زیراتمی فوتون و نوترینو هستند که توسط خورشید ایجاد می‌شود. بیشتر ذرات زیر اتمی از طریق بررسی پرتو کیهانی کشف شدند. از آنها در شتابدهنده‌ها استفاده می‌شود.

کوچکترین واحد تشکیل دهنده یک عنصر شیمیایی است که خواص منحصر به فرد آن عنصر را حفظ می‌کند. تعریف دیگری آن را به عنوان کوچکترین واحدی در نظر می‌گیرد که ماده را می‌توان به آن تقسیم کرد بدون اینکه اجزاء بارداری از آن خارج شود. اتم از ابری الکترونی، تشکیل‌شده از الکترون‌ها با بار الکتریکی منفی، که هسته اتم را احاطه کرده‌است. هسته نیز خود از پروتون که دارای بار مثبت است و نوترون که از لحاظ الکتریکی خنثی است تشکیل شده است. زمانی که تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های اتم با هم برابر هستند اتم از نظر الکتریکی در حالت خنثی یا متعادل قرار دارد در غیر این صورت آن را یون می‌نامند که می‌تواند دارای بار الکتریکی مثبت یا منفی باشد. اتم‌ها با توجه به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آنها طبقه‌بندی می‌شوند. تعداد پروتون‌های اتم مشخص کننده نوع عنصر شیمیایی و تعداد نوترون‌ها مشخص‌کننده ایزوتوپ عنصر است. نظریه فیزیک کوانتم تصویر پیچیده‌ای از اتم ارائه می‌دهد و این پیچیدگی دانشمندان را مجبور می‌کند که جهت توصیف خواص اتم بجای یک تصویر متوسل به تصاویر شهودی متفاوتی از اتم شوند. بعضی وقت ها مناسب است که به الکترون به عنوان یک ذره متحرک به دور هسته نگاه کرد و گاهی مناسب است به آنها عنوان ذراتی که در امواجی با موقعیت ثابت در اطراف هسته (اربیتال Orbital) توزیع شده اند نگاه کرد. ساختار مدار ها تا حد بسیار زیادی روی رفتار اتم تأثیر گذارده و خواص شیمیایی یک ماده توسط نحوه دسته بندی این مدار ها معین می‌شود. اتم از هسته و الکترون تشکیل شده است, جرم اصلی اتم در هسته قرار دارد؛ فضای اطراف هسته عموماً فضای خالی می‌باشد. هسته خود از پروتون (که بار مثبت دارد)، و نوترن (که بار خنثی دارد) تشکیل شده است. الکترون هم بار منفی دارد. این سه ذره عمری طولانی داشته و در تمامی اتم‌های معمولی که به صورت طبیعی تشکیل می‌شوند یافت می‌شود. بجز این سه ذره، ذرات دیگری نیز در ارتباط با آنها ممکن است موجود باشد؛ می‌توان این ذرات دیگر را با صرف انرژی زیاد نیز تولید کرد ولی عموماً این ذرات زندگی کوتاهی داشته و از بین می‌روند.اتم ها مستقل از اینکه چند الکترون داشته باشند (۳ تا یا ۹۰ تا)، همه تقریباً یک اندازه دارند. به صورت تقریبی اگر ۵۰ میلیون اتم را کنار هم روی یک خط بگذاریم، اندازه آن یک سانتیمتر می‌شود. به دلیل اندازه کوچک اتم ها، آنها را با واحدی به نام انگسترم که برابر ۱۰− ۱۰ متر است می‌سنجند.اگر با صرف انرژی زیاد سعی در شکافتن اتم توسط نیروی برقکافت داشته باشیم به جز ذرات نام برده شده ذرات زیر اتمی دیگری نیز به وجود خواهند آمد که بعضی از آنها دارای بار الکتریکی نیز هستند. به این ذرات ذرات زیر اتمی گویند.معروفترین ذرات زیر اتمی که قبلا نیز از آنها نام برده شد, الکترونها پروتونها و نوترونها هستند. پروتون و نوترون ذرات ترکیبی هستند که از کوارک تشکیل شده‌اند. یک پروتون از دو کوارک بالا و یک کوارک پایین تشکیل شده است, ولی نوترون از یک کوارک بالا و دو

www.ShimiPedia.ir

کوارک پایین تشکیل شده است; کوارک‌ها به وسیله گلوئون به هم می‌چسبند. شش نوع کوارک متفاوت داریم('بالا', 'پایین', 'سر', 'ته', 'مفتون'), دیگر ذراتا زیراتمی فوتون و نوترینو هستند که توسط خورشید ایجاد می‌شود. بیشتر ذرات زیر اتمی از طریق بررسی پرتو کیهانی کشف شدند. از آنها در شتابدهنده‌ها استفاده می‌شود.



www.ShimiPedia.ir

حال به معرفی اجزا مختلف و کاربرد های آنها می پیدازیم:

فرمیون:

فِرمیون (انگلیسی(Fermion :، نامیده شده به اسم فیزیکدان ایتالیایی انریکو فرمی،به ذرات بنیادی با اسپین نیمه گفته می‌شود. اصولا همه ذره‌های اساسی در مکانیک کوانتومی، یا از فرمیون‌ها یا از بوزون‌ها هستند. الکترون‌ها، لپتون‌ها، نیتریون‌ها و حتی کوارک‌ها همگی فرمیون می‌باشند. به این ترتیب، ذرات تشکیل‌شده از تعداد فردی از فرمیون‌ها نیز، جزو فرمیون‌ها می‌شوند. به عنوان مثال، پروتون‌ها و نوترون‌ها که از ۳ کوارک با رنگ‌های مختلف، تشکیل شده‌اند.در قضیه اسپین–آمار، نشان داده می‌شود که در یک تابع موجی (بسیار ذره‌ای)، با تعویض جای دو فرمیون همسان، تابع موجی منفی می‌شود. البته در سیستم‌های بوزونی، با جابجایی معادل، تابع موجی هیچ تغییری نمی‌کند.فرمیون‌ها به همین خاطر از قاعده پاولی در نظریه میدان کوانتومی پیروی می‌کنند، که بر طبق آن، دو ذره همسان، اجازه اشغال یک حالت کوانتومی مشترک در یک فضای هیلبرتی را ندارند و یا به عبارتی دیگر، هر «حالت» در یک سیستم کوانتومی، فقط حقِ یک بار اشغال‌شدن را دارد. مسلم است که قاعده پاولی برای بوزون‌ها صادق نیست. فرمیون‌ها از طرف دیگر، در اشغال حالت‌ها، از آمار فرمی–دیراک اطاعت می‌کنند.

www.ShimiPedia.ir

فرمیون ها شامل دو بخش اصلی شناخته شده هستند:

کوارک ها: (Quarks)

یک ذره بنیادی و جزء اساسی تشکیل دهنده ماده می‌باشد. کوارک ها با هم ترکیب می‌شوند تا ذرات مرکبی به نام هاردون (hadron)را به وجود آورند، پروتن و نترون یکی از معروف ترین آنها هستند. آنها تنها ذرات بنیادی برای آزمایش همه چهار برهم کنش اساسی یا نیروهای اساسی در مدل استاندارد می‌باشند. به خاطر پدیده‌ای که به تحدید رنگ معروف است، کوارک ها هیچ گاه به صورت انفرادی یافت نمی‌شوند؛ آنها را فقط می‌توان درون هاردونها پیدا کرد. به همین دلیل بیشتر آنچه که ما درباره کوارک ها می دانیم از مشاهده خود هاردونها به دست آمده است. شش نوع مختلف از کوارک ها وجود دارد که به طعم (flavor)شهرت دارند : بالا(up) ، پایین(down)، افسون(charm)، بیگانه(strange)، نوک (top)و پایین .(bottom)بالا و پایین دارای کمترین وزن در بین کوارک ها می‌باشند. کوارک های سنگین تر در طول یک فرآیند واپاشی به سرعت به کوارکهای بالا (up)و پایین (down)تبدیل می‌شوند: تبدیل شدن از حالت وزن بیشتر به حالت وزن کمتر. به همین علت کوارک های بالا و پایین عموما پایدار می‌باشند و رایج ترین کوارک ها در عالم می‌باشند، در حالی که کوارک های strange، charm، top، bottomفقط در تصادم های با انرژی زیاد تولید می‌شوند (مثل تابشهای کیهانی و شتاب دهنده‌های ذرات). کوارک ها خواص ذاتی گوناگونی دارند که شامل شارژ الکتریکی، شارژ رنگ، اسپین و جرم می‌باشد. برای هر یک از طعم های کوارک یک پادماده متناظر وجود دارد که به پادکوارک نیز شناخته می‌شوند و فقط در برخی خصوصیات دارای علامت مخالف می‌باشد. کوارک ها تنها ذرات شناخته شده می‌باشند که شارژ الکتریکی آنها کسری از شارژ پایه می‌باشد.

کوارک ها شامل : کوارک بالا , کوارک پایین , کوارک سر , کوارک ته , کوارک مفتون , کوارک شگفت

این ذرات شامل ۶ نوع می شوند:

کوارک های بالا (بار ۲/۳ و جرم ۰,۰۰۳ Up (u) –)

کوارک های پایین (بار ۱/۳- و جرم ۰,۰۰۶ Down (d) –)

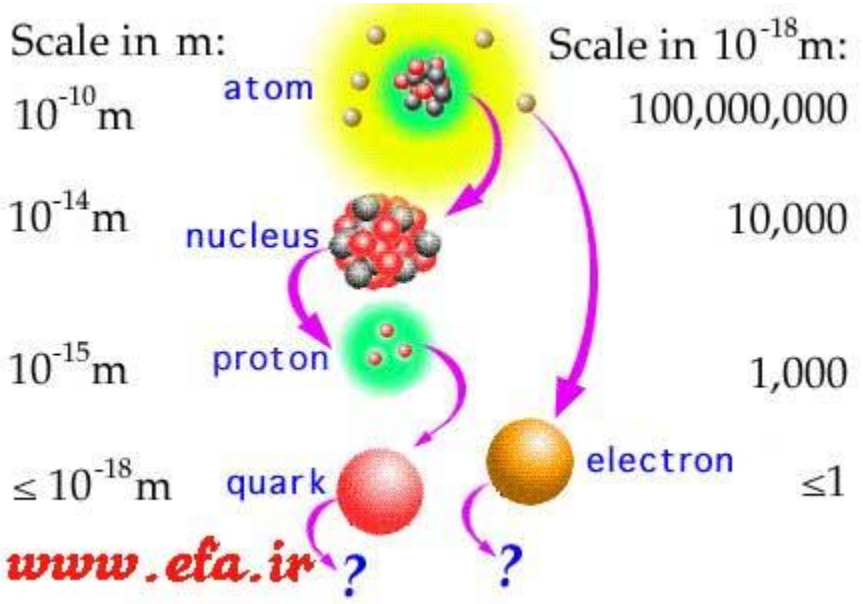
کوارک های ربایشی (بار ۲/۳ و جرم ۱,۳ Charm (c) –)

کوارک های غیر ربایشی (بار ۱/۳- و جرم ۰,۱ Strange (s) –)

کوارک های زیر (بار ۲/۳ و جرم ۱۷۵ Bottom (b) –)

کوارک های فوق (باز ۱/۳- و جرم ۴,۳ Top (t) –)

www.ShimiPedia.ir



لپتون:

ذره ایست با اسپین ۲/۱) فرمیون) که نیروی هسته‌ای قوی روی آن تأثیر ندارد.بطور کلی شش لپتون وجود دارد سه تا ازآنها دارای بارالکتریکی بوده وسه تای دیگر هم فاقد بارالکتریکی هستند.لپتون‌ها جز ذرات بنیادین شناخته شده‌اند یعنی ذراتی که از ذرات کوچک‌تر تشکیل نشده‌اند البته فعلا معروفترین لپتون همان الکترون است $\bar{e}$ بایک بار منفی دولپتون باردارديگر میون (muon μ)وتاو (τ) هستند , که ازنظربارمثل الکترون ولی دارای جرم خیلی بیشتر نسبت به آن هستند.لپتونهای بدون بار سه نوع نوترینو (υ neutrinos)هستند که عبارت‌اند از نوترینوی الکترون , نوترینوی میون و نوترینوی تاو نوترینوها فاقد بارالکتریکی بوده ولی دارای جرم بسیار ناچیزی هستند ویافتن آنها هم بسیار مشکل است.

لپتون ها شامل : نوترینو , لپتون تاو , میون , پوزیترون , الکترون

www.ShimiPedia.ir

بوزون (Boson):

بوزون های W&Z:

جرم بوزون های Z در حدود ۹۱,۱۸۷۶ (GeV/C2) و نوع W آن ۸۰,۴۰۳ (GeV/C2) می باشد. هردوی آنها دارای اسپین ۱ هستند و واکنش آنها از نوع ضعیف می باشد. این بوزون ها از خانواده ی بوزون های شاخص هستند.

بوزون (انگلیسی(Boson:، نامیده شده به اسم فیزیکدانِ هندی ساتیندرا نات بوزِ، لقب ذرات بنیادی با اسپین کامل (به عبارتی صحیح، مانند: , , ۰) است. به بقیه ذرات با اسپین نیمه، فرمیون گفته می‌شود. از بوزون‌ها می‌توان، فوتون ها، مزون‌ها و فونون‌ها را نام‌برد و همچنین هستهٔ اتم‌هایی با جرم اتمی زوج، مانند هسته هیدرژن سنگین.در قضیه اسپین–آمار، نشان داده می‌شود که در یک تابع موجی (بسیار ذره‌ای)، با تعویض جای دو بوزون همسان، تابع هیچ تغییری نمی‌کند البته برخلاف سیستم‌های فرمیونی که در آن تابع موجی تغییر علامت پیدا می‌کند.از این‌رو، برعکس سیستم‌های فرمیونی، دو یا تعداد بیشتری از بوزون‌های همسان، می‌توانند یک حالت کوانتومی را هم‌زمان در فضای هیلبرت، اشغال کنند. حتی نیز ممکن است، یک حالت کوانتومی (اصولا در دماهای پایین)، توسط تعدادی ماکروسکوپی از بوزون‌ها اشغال شود که به این اثر، چگالش بوز–اینشتین می‌گویند. ابررسانایی (جفت‌های کوپر)، ابرمیعان (هلیوم) و حتی لیزر (فوتون‌ها) مثالهایی از این تغییر حالت (به عبارتی چگالش بوز–اینشتین) هستند.در ضمن هم، چهار نیروی پایه در فیزیک توسط رد و بدل شدن بوزون‌ها صورت می‌پذیرد:

نیروی هسته‌ای قوی: توسط گلوون

نیروی هسته‌ای ضعیف: توسط W- بوزون و Z- بوزون

الکترو مغناطیس: توسط فوتون

گرانش: توسط گراویتیون.

ذراتی هستند که داری اسپین صحیح هستند. اکثر بوزون ها می توانند ترکیبی باشند اما گروه بوزون های شاخص (Gauge Bosons)از نوع ترکیبی نیستند.

در مدل استاندارد بوزون ها ذراتی برای انتقال نیرو هستند که شامل فوتون ها (انتقال دهنده ی الکترومغناطیس) و گراویتون (انتقال دهنده ی گرانش) نیز می شوند.

اتم ها نیز می توانند بوزون باشند. برای مثال هلیم – ۴ یک بوزون با اسپین گویا است.

www.ShimiPedia.ir

در کل تفاوت زیادی بین استاتیک فرمیونی (اسپین نیمه صحیح) و بوزونی وجود ندارد مگر در مورد اجرام با چگالی بالا که این مورد نیز پیرو استاتیک ماکسول – بولتزمن می باشد.

بر همین مبنا هم بوزون ها و هم فرمیون ها ذراتی کلاسیک شناخته می شوند.

بوزون های شاخص :(Gauge Bosons)

ذرات بوزونی می باشند که حامل نیروهای بنیادین طبیعت می باشند. بوزون های شاخص خود ۳ دسته اند: فوتون ها – بوزون W&Z) بوزون هایی که بدون بار الکتریکی هستند را با Z نشان می دهیم و آن دسته ای را نیروهای ضعیف هسته ای دارند با Wنشان می دهیم) و گلوئن ها.

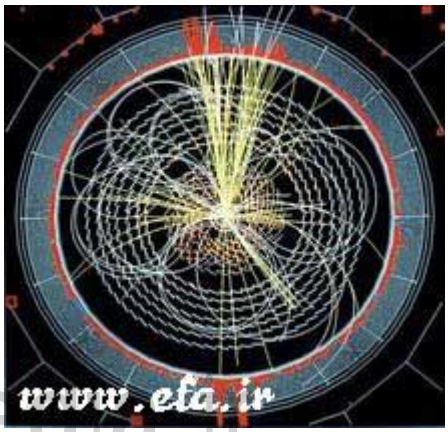
گلوئن :(Gluon)

ذراتی بدون جرم و خنثی از خانواده ی بوزون های شاخص هستند و دارای اسپین ۱ هستند.

این ذرات زیراتمی باعث پایدار بودن کوارک ها در هسته ی اتم (پروتون ها و نوترون ها) در کنار همدیگر می شوند. البته جرم این ذرات از آنجاییکه بسیار کم است (MeV) از آن صرف نظر می شود.
گلوئن
بوزون‌ها از طرف دیگر در اشغال حالت‌های کوانتومی، از آمار بوز–اینشتین اطاعت می‌کنند.

ارواح :

بخشی از انرژی ها یا آزاد شده نیز که هنوز برای آن ماهیت مشخصی درک نشده است به نام ارواح نام گذاری شده اند



www.ShimiPedia.ir

هادرون ها:(Hadrons)

ذرات زیراتمی ای هستند که از فرمیون هایی چون کوارک و آنتی کوارک و بوزون هایی چون گلوئن تشکیل شده اند. این ذرات نیروی قوی هسته ای اعمال می کنند.

هادرون ها مانند دیگر ذرات دارای عدد کوانتومی هستند. این ذرات ممکن است در دما یا فشار بسیار پایین خود به خود از بین بروند.

در فیزیک ذرات ، هادرون (گرفته شده از زبان یونانی به معنای محکم، سخت) عبارتست از وضعیت محدود کوارک‌ها. هادرونها به اتفاق یکدیگر یک نیروی قوی ایجاد می‌نمایند که همچون عملکرد اتم‌ها با هم در اثر نیروی الکترومغناطیسی است. دو زیرمجموعه از هادرونها وجود دارد: باریون‌ها و مزون‌ها. از میان معروفترین باریونها، می‌توان به پروتون‌ها و نوترون‌ها اشاره کرد. معروف ترین دسته بندی هادرون ها به شرح زیر است:

باریون ها:
در فیزیک ماده، باریون‌ها گروهی است از ماده که شامل اجزای اتم (پروتون و نوترون) هم می‌باشد. این گروه از ماده، سنگین تر از دیگر گروه‌هاست. ریشه واژه باریون به باریس که در یونانی به معنی سنگین است برمیگردد.

هیپرون‌ها:
هیپرون ها (Hyperons) گروهی از ذرات بنیادی متعلق به رده‌ٔ باریون‌ها هستند، که جرمشان از جرم نوترون بیشتر ولی طول عمرشان بسیار کوتاه است. تمام باریون‌هایی که نوکلئون نیستند هیپرون نام دارند. ولی چون همه هیپرون‌ها به نوکلئون‌ها واپاشیده می‌شوند، می‌توان آنها را همچون نوکلئون‌های برانگیخته فرض کرد. برای هر هیپرون یک پادذره وجود دارد.

هسته:
هسته‌ٔ اتم ناحیه‌ای با جرم بالا است که پروتون‌ها و نوترون‌ها در آن قرار گرفته اند. اندازه‌ٔ هسته از اندازه‌ٔ خود اتم بسیار کوچک‌تر است, و تقریباً تمام جرم اتم را که از ذرات پروتون و نوترون سبب می‌شود در این ناحیه قرار دارد.
هسته خود شامل موارد روبرو است: ذره آبشار ,ذره امگا , ذره خی , ذره سیگما , ذره لامبدا ,باریون دلتا , نوترون , پروتون

مزون:(Meson)

مزون به معنی میانه توسط دانشمندی ژاپنی به نام هیدکی یوکاوا پیشنهاد گردید زیرا نیروی کولنی در هسته باید از کنار هم قرار گرفتن پروتون جلوگیری می‌کرد این نظریه اعلام می‌کند که در هسته و توسط نوترون‌ها ذراتی به نام مزون وجود دارد و این نیرو که اکنون نیروی قوی نامیده می‌شود از واپاشی هسته جلوگیری می‌کند ابتدا نظر بر مزون مو بود(میون) که بعدها مشخص شد پیون است پیون ذره‌ای با اسپین صفر است که از هر طرف به آن نگاه کنیم به یک شکل به نظر می‌رسد مزون‌ها اکنون دسته‌ای از

www.ShimiPedia.ir

ذرات بنیادی را تشکیل می دهند که در تعریف چنین نامیده شده اند :ذراتی که دو کوارک سازنده‌ای آن است مزون نوعی هادرون با اسپین صحیح می باشد. مزون ها اصولا ترکیبی هستند به صورتیکه در آنها کوارک و آنتی کوارک هم دیده می شود!

مزون ها شامل ۳ دسته ی اصلی منفی –مثبت و صفر می باشند:

مزون صفر سنگین – (B0) مزون مثبت یا پیون (?+) –مزون منفی یا کائون – (K-) مزون صفر سبک یا اتا (C?) و مزون های مثبت سنگین یا رو.(?+)

کوارکونیوم ها:

این ذرات شامل ذرات اصلی می باشد : ذره پسی , ذره اپسیلون , ذره رو , ذره کائون , ذره پیون

باریون:(Baryon)

ذراتی هستند که از کوارک تشکیل شده اند. برای مثال پروتون از دو کوارک بالا (u) و یک کوارک پایین (d) تشکیل شده و یا نوترون از دو کوارک پایین و یک کوارک بالا تشکیل شده اند.

نوترینو:(Neutrino)

این ذرات از خانواده ی فرمیون ها و گروه لپتون ها هستند و اسپین ۰,۵ دارند. نوترینوها اغلب تنها توسط نیروهای ضعیف و گرانش واکنش انجام می دهند.

مدل استاندارد پیش بینی کرده که نوترینوها بدون جرم باشند اما در آزمایشات جرم نوترینو را گرچه بسیار کوچک اما اندازه گیری کرده اند.

نوترینوها اغلب به صورت ذرات منفرد دیده نمی شوند و در قالب الکترون نوترینو (۲,۲ eV) یا موئون نوترینو (۱۷۰ KeV) و تاو نوترینو (۱۵,۵ MeV) دیده می شوند.

هرچند دانشمندان هنوز یکی بودن پاد نوترینو و نوترینو را تایید نکرده اند اما آزمایشات به روشنی این مطلب را اثبات می کنند. به همین دلیل در مدل استاندارد پاد این ذرات نیز تعریف شده است. (برای مثال الکترون آنتی نوترینو.)

موئون:(Muon)

این ذرات نیز از خانواده ی فرمیون ها و گروه لپتون ها هستند و دارای اسپین ۰,۵ می باشند.

www.ShimiPedia.ir

باز این ذرات همانند الکترون است و جرمشان ۱۰۵,۶۵۸۳ (MeV/C2) می باشد.

اعمال واکنش در این ذرات به صورت نیروهای گرانشی و الکترومغناطیسی و همچنین نیروهای ضعیف هسته ای است. این ذرات دارای پاد نیز می باشند.

عمر این ذرات اغلب بیش از ۲,۲ میکروثانیه نیست که همین گونه نیز از دیگر لپتون ها و مزون ها عمر بیشتری دارند.

موئون با جذب الکترون می تواند اتم موئونیم (Muonium) را بسازد که شعاع آن تقریبا برابر با هیدروژن است. به همین دلیل تا به حال این ذرات در اتم دیده نشده اند.

پیون (Pion):

نوعی از مزون ها هستند که دارای بار واحد (هم مثبت و هم منفی) می باشند. پیون ها از آن جهت مهم هستند که دارای اسپین صفر می باشند و سبک ترین مزون ها هستند.

جرم آنها ?۰ = ۱۳۴,۹۷۶ (MeV/C2) و ?± = ۱۳۹,۵۷۰ (MeV/C2) می باشد.

دایون (Dyon):

ذراتی فرضی که هم بار الکتریکی دارند و هم بار مغناطیسی و اگر در شرایطی بار الکتریکی انها سفر باشد تک قطبی خواهند بود. به این شرایط خاص شرایط کوانتیده شدن دیراک – اشوانزیگر – اشوینگر می گویند.

)توجه کنید که این شرایط به تک قطبی هوفت – پولیاکوف بر نمی گردد بلکه مخصوص تک قطبی دیراک است و لازمه ی آن تعریف هوموتوپی برای توپولوژی فضا و زمان ناپیوسته است.(

اکثر تئوری های وحدت (GUT) وجود چنین ذره ای را پیش بینی کرده اند.

گراویتون (Graviton):

ذراتی فرضی هستند که دارای جرم و بار صفر و اسپین ۲ می باشند.

این ذرات بیشتر در تئوری های کوانتومی به عنوان نتیجه ای از نسبیت مطرح می شود.

به طوریکه QCD نیز از آنها نام می برد.

www.ShimiPedia.ir

چنین ذراتی (بدون جرم) تا به حالا دیده نشده اند. بنابراین حرف زدن در مورد ویژگی های آنها بسیار سخت است. (مگر از طریق ریاضی که این مقاله جایگاه آن نیست.)

www.ShimiPedia.ir