کاوشی در دنیای ذرات زیر اتمی

نویسندگان :

ابراهیم زارعی کیاسری ،دانشگاه فرهنگیان-پردیس دکتر شریعتی
فرهاد آق، دانشجو معلم دانشگاه فرهنگیان

چکیده

ذرات زیر اتمی کوچکترین بخش شناخته شده در یک اتم می‌باشند که به طور کلی به دو دسته فرمیون‌ها (**fermions**) یا ماده سازها و بوزون‌ها (**bosons**) یا ذرات حمل کننده‌ی نیرو تقسیم می‌شوند. در دسته بندی دیگری می‌توان ذرات زیر اتمی را به دو دسته‌ی ذرات ترکیبی و بنیادی نیز طبقه‌بندی نمود. از ذرات ترکیبی بوزونی می توان به مزون‌ها (**mesons**) (جلوگیری کننده از واپاشی هسته‌های اتمی) واز ذرات ترکیبی فرمیونی، به ذرات نام آشنای پروتون و نوترون اشاره کرد. فوتون‌ها (**photon**) نمونه‌ای از ذرات بنیادی هستند که در دسته بوزون‌ها جای دارند. همچنین کوارک‌ها (**quark**) به عنوان نمونه‌ای دیگری از ذرات بنیادی، ذرات سازنده فرمیون‌ها هستند. در واقع نوترون‌ها و پروتون‌ها به عنوان ذرات فرمیونی خود از سه کوارک تشکیل شده‌اند که آنها به وسیله‌ی ذرات بنیادی دیگری به نام گلوئون به هم متصل شده‌اند. قطر کوارک‌ها بسیار کم بوده و آنها حجم کوچکی از هسته را اشغال می‌کنند. لازم به ذکر است که بین ذرات فرمیونی چهار نوع نیروی بنیادی حاکم است که عبارتند از: نیروی الکترومغناطیس، نیروی هسته‌ای قوی، نیروی هسته‌ای ضعیف و نیروی گرانش. همه این نیروها با تبادل و برهمکنش ذرات حمل کننده نیرو (بوزون‌ها) به وجود می آیند.

واژه های کلیدی: ذرات زیراتمی، فرمیون، بوزون، ذرات بنیادی، ذرات ترکیبی

مقدمه

لیوکیپوس یکی از فلاسفه یونان باستان مطرح نمود که ماده ساختار ذره‌ای دارد، یعنی ماده از اجتماع ذرات بسیار بسیار ریز تشکیل یافته است. به اعتقاد او این ذرات آخرین حد از تقسیم ماده بوده و دیگر قابل تقسیم نمی‌باشند. لیوکیپوس این ذرات را اتم نامید. این نظریه در سده‌ی پنجم پیش از میلاد مسیح توسط دموکریتوس گسترش یافت و با یک سیر تکاملی، توسط دانشمندانی چون دالتون، تامسون، رادرفورد، بوهر و شرودینگر مدل‌هایی برای اتم ارائه گردید (مورتیمر، ۱۳۹۱). در سالهای اخیر، ابداع روش‌های نوین آزمایشگاهی و اختراع دستگاه‌های پیشرفته، باعث کشف ذرات ریزتر و جدیدتر در داخل اتم شده است. با رشد سریع فناوری مدت زیادی نگذشته که ثابت شده پروتون‌ها و نوترون‌ها نیز به نوبه‌ی خود از ذرات ریزتری تشکیل شده‌اند. این ذرات، ذرات بنیادی یعنی ذرات غیر قابل تجزیه نام دارند.

کوشش‌ها در جهت نگرش عمیق‌تر به الکترون نشان می‌دهد که الکترون ذره بنیادی و بدون ساختار ریزتری می‌باشد. اما چرا وقتی نوکلئون‌های پرانرژی به یکدیگر برخورد می کنند، که صدها ذره جدید به عنوان محصول این واکنش‌ها پدیدار می‌شوند. سوالات از این قبیل، ذهن بسیاری از دانش آموزان، دانشجویان وحتی برخی از معلمان را به خود مشغول نموده است. تا کنون ذرات زیراتمی بسیاری پیش بینی و یا کشف شده است. در این مقاله با زبانی روان و ساده تلاش شده است که مخاطب با دانش محدود به کتب درسی خود، با برخی از ذرات زیراتمی و ویژگی های آنها آشنایی کلی پیدا نماید. امید است ابهامات موجود در ذهن خوانندگان از ذرات زیراتمی برطرف شده و نظام خاصی از این ذرات در ذهن آنها نقش بندد.

بحث

بررسی ذرات در دو قسمت انجام گرفته که قسمت اول مربوط به ذرات ترکیبی بوده و قسمت بعدی را ذرات بنیادی تشکیل می دهد. در ادامه همه ذرات موجود در شکل ۱ به تفضیل شرح داده می شود. ذراتی که از نظر فیزیک ذرات، بنیادی محسوب می شوند در قسمت مدل استاندارد بحث خواهد شد.

ذرات ترکیبی

۱- بوزون ها

در فیزیک ذرات بوزون‌ها ذرات زیر اتمی هستند که بر اساس نام ساتیندرا بوز و آلبرت اینشتین نام گذاری شده اند(رونالد نیوبر،پیدل و روکنر ، ۲۰۰۶). چندین بوزون می‌توانند حالت کوانتومی مشابهی را اشغال کنند (برخلاف اصل طرد پائولی)، بنابراین بوزون‌هایی با انرژی یکسان می توانند مکان مشابهی را در فضا اشغال نمایند (مورتیمر، ۱۳۹۱). همه بوزون ها دارای اسپین صحیح هستند، بر خلاف فرمیون ها که دارای اسپین نیمه صحیح هستند. همانطور که در شکل ۱ می بینید چهار بوزون وجود دارد که جزو ذرات بنیادی محسوب می-شوند. امروزه با کشف بوزون جدید، به نام بوزون هیگز، یک بوزون دیگر نیز به این جمع افزوده شده است (اولانای، ۲۰۱۳). مزون ها با وجود این که خود از تجزیه هادرون هایی که جزو فرمیون ها محسوب می شوند، بدست می آیند بوزون های ترکیبی را تشکیل می دهند.

۱-۱ مزون

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، mion) که بعدها مشخص شد پیون (pion) است که در تعریف چنین نامیده شده‌اند: ذراتی که دو کوارک سازنده‌ای آن است (اینگلرت، ۱۹۶۴). انواع مزون ها به شرح زیر است :

۱-۱-۱ مو مزون

نام دیگر آن میون می باشد .جرم مو مزون تقریباً ۱/۸ جرم پروتون می‌باشد. مومزون‌ها فقط می‌توانند به صورت

مثبت یا منفی باشند، مومزون خنثی وجود ندارد. بواسطه وجود تأثیرات متقابل عمومی یک مومزون ممکن است به یک الکترون و دو نوترنیو (neutrino) تجزیه شود. بواسطه چنین تأثیر متقابل که بین سه ذره فوق (الکترون، مومزون و نوترینو) در حالت عادی وجود دارد آنها را لپتون (lepton) نیز می‌نامند.

۱-۱-۲ پی مزون

نام دیگر آن پیون می باشد. جرم پی مزون تقریباً ۱/۷ جرم پروتون می‌باشد. پی مزون‌ها بصورت مثبت یا منفی یا خنثی وجود دارند. ذرات هسته‌ای بطور مداوم ذرات پی مزون را مبادله می‌کنند. این تبادل شباهتی به ظهور نیروهای الکتریکی دارد که در اثر نشر و جذب دائم کوانتای تابش الکترومغناطیسی به‌وسیله یک بار الکتریکی حاصل می‌شود (اینگلرت، ۱۹۶۴).

۱-۱-۳ کا مزون

نام دیگر آن کائون می باشد. جرم کا مزون تقریباً ۱/۴ جرم پروتون می‌باشد. کامزون‌ها بصورت منفی، مثبت وخنثی شناخته شده‌اند. بواسطه جرم بزرگ کامزون این ذرات با تنوع بیشتری تجزیه می‌شود.

۲-فرمیون ها

فِرمیون از اسم فیزیکدان ایتالیایی انریکو فرمی گرفته شده است. اصولا همه ذره‌های اساسی در مکانیک کوانتومی، یا از فرمیون‌ها یا از بوزون‌ها هستند. الکترون‌ها، لپتون‌ها و حتی کوارک‌ها همگی فرمیون می‌باشند (نیوبر، ۲۰۰۶). در یک لحظه معین، تنها یک فرمیون می‌تواند، یک حالت کوانتومی را اشغال کند که این بیان اصل طرد پاولی است . بدین معنی که اگر بیش از یک فرمیون فضای مشابهی را در فضا اشغال کنند، مشخصه هر فرمیون (برای مثال اسپین)، باید از دیگری متفاوت باشد . فرمیون‌ها می‌توانند ذرات بنیادی باشند مانند الکترون یا ترکیبی باشند مثل پروتون.

فرمیون‌های بنیادی شناخته شده به دو گروه تقسیم می‌شوند : کوارک‌ها و لپتون‌ها. کوارک‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌ها و سایر باریون‌ها را می‌سازند که فرمیون‌های مرکبند. ذرات مرکب (مانند هادرون‌ها، هسته‌ها و اتم‌ها) می‌توانند بسته به اجزای اصلیشان، فرمیون یا بوزون باشند . به طور دقیق تر، به دلیل وابستگی بین اسپین و آمار، اگر ذره‌ای تعداد فردی فرمیون داشته باشد، خودش فرمیون است و اسپین نیمه صحیح خواهد داشت . برای مثال:

- یک باریون مانند پروتون و نوترون، شامل سه کوارک فرمیونی است. بنابراین یک فرمیون است .

- ❖ هسته اتم کربن۱۳، شامل ۶ پروتون و ۷ نوترون است . بنابراین یک فرمیون است .
- ❖ اتم هلیوم۳، از دو پروتون، یک نوترون و ۲ الکترون تشکیل شده و بنابراین یک فرمیون است .

۲-۱ هادرون

از زبان یونانی به معنای محکم و سخت گرفته شده است. هادرونها به اتفاق یکدیگر یک نیروی قوی ایجاد می‌نمایند که همچون عملکرد اتم‌ها با هم در اثر نیروی الکترومغناطیسی است. طبق الگوی کوارک خصوصیات هادرون‌ها از طریق به اصطلاح کوارک‌های ظرفیت تعیین می‌گردد. مثلا، پروتون از دو کوارک بالا (هر کدام دارای بار الکتریکی ۲/۳+) و یک کوارک پایین (واجد بار الکتریکی ۱/۳-) تشکیل می‌شود. با افزودن این بارها به هم، بار پروتونی برابر با ۱+ حاصل می‌شود. دو زیرمجموعه از هادرونها، باریون‌ها و مزون‌ها نام دارد.

۲-۱-۱ باریونها

این گروه از ماده، سنگین‌تر از دیگر گروه‌هاست. ریشه واژه باریون به باریس که در یونانی به معنی سنگین است برمی‌گردد. کلیه انواع شناخته شده از باریون‌ها از سه کوارک تشکیل می‌گردند، و بنابراین از گروه فرمیون‌ها هستند. باریونها حاوی یک جفت ضد کوارک اضافی هستند که پنتاکوارک نامیده می‌شود. از تجزیه باریون ها به هیپرون ها و نوکلئون ها می رسیم.

هیپرون‌ها

گروهی از ذرات بنیادی متعلق به رده 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.

نوکلئون

این ذرات از سه کوارک تشکیل شده‌اند و جزو خانواده فرمیون‌ها هستند و از تجزیه آنها پروتون ها یا نوترون ها همراه مقادیر زیادی انرژی تولید می شود(شکل ۳).

پروتون

ذره‌ای بنیادی با بار مثبت است که بخشی از هر اتم را تشکیل می‌دهد. جرم پروتون ۱۸۳۷ برابر جرم الکترون، و معادل **amu** ۱ است(مورتیمر، ۱۳۹۱). بر اساس قوانین پایستگی و به علت آنکه پروتون سبک‌ترین باریون است پایدار است اما براساس نظریه وحدت بزرگ این ذره عمر $۱/۶ \times ۱۰^{۳۰}$ سال داشته و بعد از این مدت به ذرات ریزتری تجزیه می‌شود.

نوترون

یکی از ذرات هسته‌ای اتم است. نوترون دارای بار الکتریکی خنثی است و به همراه پروتون در داخل هسته اتم اصل جرم اتم را تشکیل می‌دهند. جیمز چادویک در سال ۱۹۳۲ نوترون را، که رادرفورد در سال ۱۹۲۰ وجود آن را پیش‌بینی کرده بود، کشف کرد.پروتون‌ها ذراتی مثبت هستند و به شدت همدیگر را دفع می‌کنند علت اینکه پروتون‌ها همدیگر را دفع نمی‌کنند نوترن‌ها هستند(مورتیمر، ۱۳۹۱). نوترون ذره‌ای ناپایدار است و عمر متوسط آن ۹۱۸ ثانیه است که به پروتون، الکترون و نوترینو واپاشیده می‌شود. به این واپاشی، واپاشی بتا می‌گویند اتمی که پرتوی بتا تابش می‌کند چون یک پروتون به پروتون‌هایش اضافه می‌شود به عنصر بالاتر سلف می‌کند در همه اتم‌ها اینگونه نیست زیرا اصل طرد پائولی برای اتم‌هایی که نسبت نوترون‌هایش به پروتون هایش کمتر از ۱/۵ است اجازه واپاشی نمی‌دهد.

ذرات بنیادی (مدل استاندارد)

رده بندی ذرات به صورتی خاص که اکنون برای توصیف ذرات بنیادی به کار می‌رود را مدل استاندارد می‌گویند. همانطور که در شکل ۲ می بینید، بر اساس مدل استاندارد (ذرات بنیادی) ذرات در سه دسته قرار می‌گیرند:

۱- بوزون‌ها ۲- کوارک‌ها ۳- لپتون‌ها

۱-بوزون ها

ذرات بنیادی بوزون ها به پنج گروه زیر تقسیم می شوند:

۱-۱ فوتون

در فیزیک فوتون به عنوان یک ذره بنیادی می باشد که بعنوان واحد کوانتومی نور ویا هرنوع تابش الکترومغناطیسی محسوب می‌شود و نماینده حاملان نیرو برای نیروی الکترو مغناطیسی می باشد که اثر این نیرو به راحتی هم در سطح ماکروسکپی وهم در سطح میکروسکوپی قابل مشاهده است. مانند بقیه ذرات بنیادی بهترین تعریف از فوتون توسط مکانیک کوانتومی ارایه می شود که نشان دهنده ویژگی دوگانگی ذره و موج می باشد. بر اساس اصل دوبروی در مورد ذرات دو حالت ذره‌ای و موجی در نظر گرفته می‌شود، که البته این خاصیت در دنیای میکروسکوپی بیشتر مورد مطالعه است. به عنوان مثال، اگر ذره‌ای به جرم یک گرم که با سرعت معمولی در حال حرکت است، در نظر بگیریم طول موج منتسب به این ذره چنان کوچک خواهد بود که اصلاً قابل ملاحظه نیست، اما در مورد ذراتی مانند الکترون این طول موج قابل توجه است (مورتیمر، ۱۳۹۱). فوتون دارای اسپین یک است، یعنی از لحاظ ذره‌ای بوزون به حساب می‌آید. این ذره همچنین ذره‌ای بدون بار و بدون جرم و پایدار می‌باشد که تقریبا از هر فرایند طبیعی ساطع می‌شود مانند زمانی که باری شتاب بگیرد یا اتمی به ترازی پایین تر سقوط کند (شوارتز، ۱۹۹۶). در فضای خلا فوتون با سرعت c یا همان سرعت نور حرکت می‌کند .

۱-۲ گلوئون

ذره‌ای است که بین کوارکها مبادله می‌شود تا آنها را به هم پیوند دهد (شکل ۳). به این ترتیب گلئونها به طور غیرمستقیم مسئولیت جذبه بین پروتونها و نوترونها در هسته اتم را به عهده می‌گیرند. گلوئون از کلمه glue به معنای چسب گرفته شده است. به پیشنهاد هیدکی یوکاوا و محاسبات وی در سال ۱۹۳۰ پیون مسئول نیروی قوی در هسته‌ها شناخته شد این نیرو باعث می‌شود تا نوکلئونها در کنار یکدیگر باقی بمانند اما باریونها خودشان از کوارک تشکیل شده‌اند و این کوارک‌ها با میانجیگری گلوئون به هم متصل می‌شوند و به این نیرو «نیروی قوی» می‌گویند (ناکامورا، ۲۰۱۰). اگر یک پروتون متحرک باشد نیمی از تکانه آن توسط سه کوارک آن تامین می‌شود و نیمی دیگر از آن توسط تعداد زیادی گلوئون تامین می‌شود (شوارتز، ۱۹۹۶).

۱-۳ بوزون‌های W و Z

بوزون‌های دبیلو و زد بوزون‌های تبادلگر نیروی ضعیف می‌باشند که موجب واپاشی هسته‌اتم‌ها می‌شوند.
این نوع بوزون ها دارای اسپین ۱ هستند. بار الکتریکی :

$$W = \pm 1\ e \qquad Z = 0\ e$$

۱-۴ گراویتون

اگر بخواهیم نیروی گرانشی را نیز در مدل استاندارد وارد کنیم یک ذره به نام گراویتون لازم داریم. این ذره تاکنون در آزمایشگاه مشاهده نشده‌است. برهم کنشی که گراویتون درآن شرکت می‌کند از نوع گرانشی می باشد. گراویتون را عامل انتقال نیروی گرانشی گویند که دارای عدد اسپینی ۲ و بدون بار بوده و هنوز به اثبات نرسیده است(ناکامورا، ۲۰۱۰).

۱-۵ بوزون هیگز

بوزون هیگز (Higgs boson) معروف به ذرّه خدا، یک ذره بنیادی اولیه فرضی دارای جرم است که وجود آن توسط مدل استاندارد فیزیک ذرات پیش‌بینی شده‌است. مشاهده تجربی این ذره ممکن است بتواند درباره چگونگی جرم‌دار شدن ماده توسط ذرات بنیادی بدون جرم دیگر، توضیح دهد(اولانای، ۲۰۱۳). به طور خاص، بوزون هیگز، احتمالاً می‌تواند دلایلی برای تفاوت‌های بین فوتون که بدون جرم است و بوزون‌های W و Z که نسبتاً پرجرم هستند، ارائه کند. جرم ذرات بنیادی، تفاوت‌های بین الکترومغناطیس (که توسط فوتون‌ها ایجاد می‌شود) و نیروی هسته‌ای ضعیف (که توسط بوزون‌های W و Z ایجاد می‌شود) در ساختار میکروسکوپیک (و به‌طبع ماکروسکوپیک) ماده مؤثر هستند؛ بنابراین، بوزون هیگز یک مؤلفه بسیار مهم در دنیای ماده‌است.

۲-کوارک

یک ذره بنیادی و جزء اساسی تشکیل دهنده ماده می‌باشد. کوارک‌ها با هم ترکیب می‌شوند تا ذرات مرکبی به نام هادرون را به وجود آورند، پروتون و نوترون یکی از معروف‌ترین آن‌ها هستند. آن‌ها تنها ذرات بنیادی برای آزمایش همه چهار برهم کنش اساسی یا نیروهای اساسی در مدل استاندارد می‌باشند. کوارک‌ها هیچ گاه به صورت انفرادی یافت نمی‌شوند؛ آن‌ها را فقط می‌توان درون هاردون‌ها پیدا کرد(ترفیل، ۱۹۹۳). به همین دلیل بیشتر آنچه که ما درباره کوارک‌ها می‌دانیم از مشاهده خود هاردون‌ها به دست آمده‌است.

شش نوع مختلف از کوارک‌ها وجود دارد که به طعم (flavor) شهرت دارند:

بالا (up)-پایین (down)-افسون (charm)-شگفت (strange)-سر (top)-ته (bottom)

بالا و پایین دارای کمترین وزن در بین کوارک‌ها می‌باشند. کوارک‌های 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 کوارک‌های بالا و پایین عموماً پایدار می‌باشند و رایج‌ترین کوارک‌ها در عالم می‌باشند. در حالی که کوارک‌های strange، charm، top، bottom فقط در تصادم‌های با انرژی زیاد تولید می‌شوند (مثل تابش‌های کیهانی و شتاب دهنده‌های ذرات). کوارک‌ها تنها ذرات شناخته شده می‌باشند که بار الکتریکی آنها کسری از بار پایه می‌باشد (ترفیل، ۱۹۹۳).

۳-لپتون

لپتون خانواده‌ای از ذرات بنیادی با اسپین ۱/۲ (فرمیون) هستند. ریشه نام این لپتون از کلمه یونانی به معنی «ریز، سبک» است. به طور کلی شش لپتون وجود دارد سه تا ازآنها دارای بارالکتریکی بوده و سه تای دیگر هم فاقد بارالکتریکی هستند. لپتون‌ها جز ذرات بنیادین شناخته شده‌اند یعنی ذراتی که از ذرات کوچک‌تر تشکیل نشده‌اند. معروفترین لپتون الکترون (**e**) است لپتون‌های باردار دیگر میون (**μ**) و تاو (**τ**) هستند، که از نظر بار مثل الکترون ولی دارای جرم خیلی بیشتر نسبت به آن هستند. میون و تاو به ترتیب ۲۰۰ و ۳۰۰۰ برابر سنگین تر از الکترون هستند. به هر یک از این سه لپتون یعنی الکترون، میون و تاو می‌توان ذره‌ای به نام نوترینو نسبت داد که با نام‌های الکترون نوترینو، میون نوترینو و تاو نوترینو مشهورند. این ذرات با نیروهای بنیادی نیروی هسته‌ای ضعیف و نیروی الکترومغناطیس برهمکنش می‌کند. همه این ۶ ذره در طبیعت وجود دارند و در شتاب دهنده‌های انرژی بالا تولید شده‌اند. البته در شرایط عادی فقط الکترون در اتم حضور دارد. که به آن معنا نیست که سایر ذرات غیر واقعی اند. جرم نوترینوها صفر نیست اما هنوز دقیقا مشخص نشده‌است (نیوبر، ۲۰۰۶).

۳-۱ الکترون

یک ذره زیر اتمی است که حامل یک بار الکتریکی منفی می‌باشد. الکترون هیچ جزء یا ذره زیر مجموعه شناخته شده‌ای ندارد، بنابراین به طور کلی به عنوان یک ذره بنیادی شناخته می‌شود. یک الکترون دارای جرمی تقریباً برابر با ۱/۱۸۳۶ جرم پروتون است (وینرت، ۲۰۰۴). اندازه حرکت زاویه‌ای ذاتی (اسپین) الکترون یک مقدار نیمه صحیح بوده که به معنای آن است که الکترون یک فرمیون می‌باشد. الکترون‌ها که متعلق به اولین نسل خانواده ذرات لپتون هستند، در واکنش‌های گرانشی، الکترومغناطیسی و واکنش‌های ضعیف شرکت می‌کنند. الکترون‌ها، همانند همه مواد، ویژگی‌های مکانیک کوانتومی مربوط به ذره و نیز موج را دارند، بنابراین آن‌ها می‌توانند با ذرات دیگر برخورد کنند و مانند نور دچار پراش شوند. هرچند به خوبی در آزمایش‌های انجام شده روی الکترون نشان داده می‌شود که دلیل این دوگانگی جرم بسیار کوچک الکترون است. از آنجاکه الکترون یک فرمیون است، طبق اصل طرد پاولی هیچ دو الکترونی نمی‌توانند یک حالت کوانتومی داشته باشند (مورتیمر، ۱۳۹۱).

۳-۲ میون (moun)

ذره بنیادی با جرم ۲۰۷ برابر جرم الکترون؛ به شکل باردار مثبت و منفی وجود دارد. در آغاز به صورت یک مزون رده بندی شده بود. چون اسپین این ذرات ۱/۲ است، اکنون در دسته لپتون‌ها طبقه بندی می‌شوند.

۳-۳ تاو (tau)

یکی از لپتون‌های رده سوم می‌باشد که بر گرانش الکترومغناطیس و نیروی ضعیف اثر می‌کند جرمش [۲] ۱۷۷۶/۹۹Mev/s است. در ۱۷/۸۴٪ مواردا واپاشی تاو به تولید تاو نوترینو, الکترون نوترینو و الکترون می‌نجامد. در ۱۷،۳۶٪ موارد از واپاشی تاو به تولید میون, تاو نوترینو و میون نوترینو می انجامد. در بقیه موارد به به بوزون W واپاشی می‌شود.

۳-۴ نوترینو

یک ذره بنیادی است که از نظر الکتریکی خنثی بوده و به ندرت وارد برهمکنش می‌شود. نوترینو به معنی «کوچک خنثی»، معمولاً با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کند، از نظر الکتریکی خنثی بوده و قادر است

از درون مواد تقریباً بدون هیچ برهمکنشی عبور نماید. نوترینوها دارای جرم بسیار کوچک، اما غیر صفر هستند. نوترینو با حرف یونانی (نو) نمایش داده می‌شود. سه نوع نوترینو وجود دارد: الکترون نوترینو، میون نوترینو و تاو نوترینو (وینرت، ۲۰۰۴).

نوترینوها تنها تحت تاثیر نیروی هسته‌ای ضعیف که در مقایسه دارای بُرد بسیار کوتاه‌تری از نیروی الکترومغناطیس است، قرار می‌گیرند. لذا قادر هستند مسافت‌های بسیار طولانی را درون مواد بدون برهمکنش طی نمایند. نوترینوها در ضمن واپاشی بتا، در واکنش‌های هسته‌ای مانند آنچه در خورشید و یا راکتورهای اتمی رخ می‌دهند و هچنین در اثر برخورد پرتوهای کیهانی با اتم‌ها ایجاد می‌گردند (گریبوف، ۱۹۶۹). در هر ثانیه از هر سانتی‌متر مربع زمین، در حدود ۶۵ میلیارد ($۶/۵ \times ۱۰^{۱۰}$) نوترینوی خورشیدی عبور می‌کند. بدن ما در حدود ۲۰ میلی‌گرم پتاسیم ۴۰ دارد که تولید اشعه‌ی رادیواکتیو بتا می‌نماید. در نتیجه ما بدون اینکه خود بدانیم، روزانه در حدود ۳۴۰ میلیون نوترینو صادر می‌کنیم.

شکل ۱ - تقسیم بندی ذرات زیر اتمی

نتیجه‌گیری

ذرات زیراتمی و بنیادی مواد ویژگی های بسیاری همچون جرم سکون ، بارالکتریکی ، اسپین ، بار باریونی ، بار لپتونی و... داشته و به طور موثری با دنیای اطراف ما ارتباط دارند**.** طبق ویژگی های نامبرده شده می توان ذرات را در گروه های بسیاری طبقه بندی کرد. جهان، بزرگترین مجموعه ممکن است که از ذرات بنیادی شکل یافته است. این ذرات توسط نیروهای گرانشی ، الکترومغناطیسی و هسته‌ای به هم پیوند یافته‌اند. سلسله مراتب ساختمانی آن در فضا (از هسته‌های اتم گرفته تا ابر کهکشانها) و سیر تکاملی آن توسط ویژگی‌های ذرات بنیادی و برهمکنش آنها اداره می‌شود. بنابراین، تشریح ساختمان جهان و تکامل آن بر اساس خواص و برهمکنش ذرات بنیادی صورت می‌گیرد.

بسیاری از ذرات کشف شده، ذرات ناپایدارند آنها پس از یک دوره زمانی بسیار کوتاه تجزیه شده و به تعدادی ذرات کوچکتر و پایدارتر تبدیل می شود و برخی دیگر نیز ذرات ساخته ذهن بشر بوده و هنوز مشاهده و کشف نشده اند. آنها همگی به نام ذرات بنیادی معرفی شده است به همین دلیل نشان می دهد که ساختمانی ندارند. ولی با این حال ممکن است با تجهیزات پیشرفته که در آینده ساخته می شود حتی ذراتی که امروزه به عنوان ذرات بنیادی شناسایی می شود نیز شکافته شده و به ذرات ریزتری تبدیل شود. به هر حال فیزیک ذرات جزو شاخه ای از فیزیک است که مرزهای این علم را تشکیل داده و نیز لحظه به لحظه بر پهنای آن افزوده می شود. چنانچه واحدهای اساسی پایدار (ذرات بنیادی پایدار)، دارای وجود تضمین شده‌ای نباشند، هیچ چیز در جهان مادی وجود تضمین شده‌ای نخواهد داشت.

منابع

گریفیتس.دیوید جفری (۱۹۸۷). مقدمه ای بر ذرات بنیادی ترجمه‌ی: نادر قهرمانی. تهران: انتشارات نشر دانشگاهی.

ترفیل . جیمز اس (۱۹۹۳). از اتم تا کوارک . ترجمه‌ی: علی معصومی و احمد توحیدی. تهران: نشر دانش امروز.

شوآرتز. سیندی(۱۹۹۶). سیری در جهان ذرات زیر اتمی. ترجمه: محمد ابراهیم ابوکاظمی و جلال الدین پاشائی راد. تهران: انتشارات فاطمی.

مورتیمر، چالز (۱۳۹۱). شیمی عمومی ۱. ترجمه: عیسی یاوری. تهران: نشر علوم دانشگاهی.

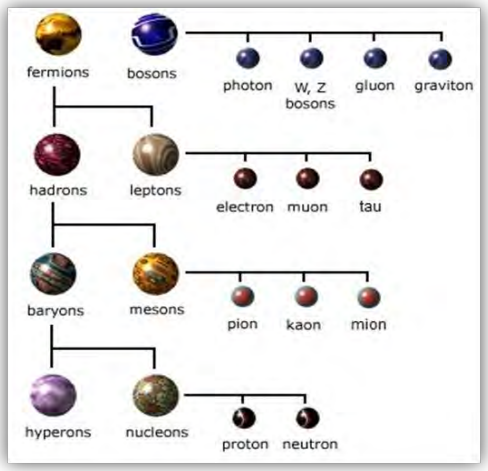
F. Englert, R. Brout (1964). "Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons".

Gribov, V. (1969). "Neutrino astronomy and lepton charge". Physics Letters.

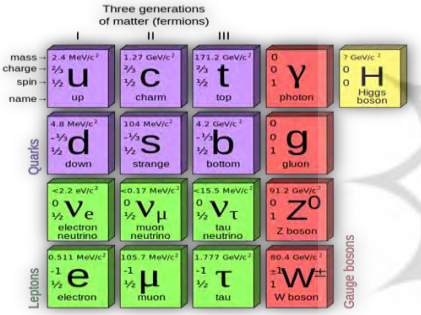
Ronald Newburgh; Joseph Peidle; Wolfgang Rueckner (2006). Einstein, Perrin, and the reality of atoms. American Journal of Physics. 74 (6**::** 478–481**.**

Friedel Weinert (2004). The Scientist as Philosopher: Philosophical Consequences of Great Scientific Discoveries. Springer. pp. 57–59.

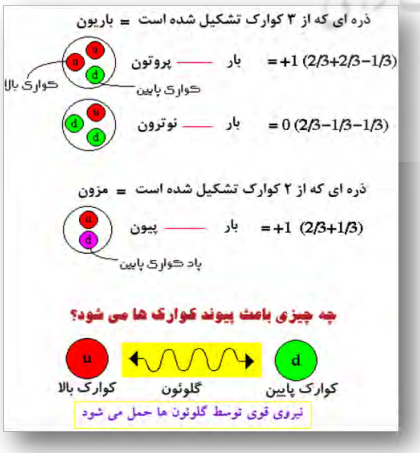
پیوست تصاویر



شکل ۱- تقسیم بندی ذرات زیر اتمی



شکل ۲- مدل استاندارد ذرات بنیادی



شکل ۳- جایگاه گلونون در بین ذرات زیر اتمی

O'Luanaigh, C. (14 March 2013). "New results indicate that new particle is a Higgs boson". CERN. Universtity of Oxford.

Nakamura, K (1 July 2010). "Review of Particle Physics". Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics 37 (7A::315-337.

Abstract

Subatomic particles in an atom are the smallest sector known that generally are divided as either fermions or producer material and bosons or force-carrying particles. Also, in Other Categories can be classified subatomic particles into two categories as hybrid and elementary particles. It can be stated as fermionic particles, mesons (preventing the decay of atomic nuclei) and as bosonic particles, well know particles protons and neutrons. Photons are an example of elementary particlesmodel of elementary particles that are in the right place bosonsy. Also, quarks as another example of elementary particles are producer particles of fermions. In fact, neutrons and protons as fermionic particles are made from three quarks that they are connected together by elementary particles called gluons. Quark diameter was very low and they occupy a small volume of the nucleous. It should be noted that four fundamental forces govern between fermionic particles that are the electromagnetic force, the strong nuclear force, weak nuclear force and gravity. All these forces are created by exchanging and interacting of force carrying particles.

Kerwords: Subatomic particles, Fermion, Boson, Elementary particles, Hybrid particles