دکتر حسن بلوری* برلین، ۲۰۲۳/۰۴/۱۲

خلاء و ساختار آن

بحثی در بارهٔ "هیچ"

تصویر۱: تصویری در بارهٔ آزمایش معروف خلاء با ۱۶ اسب در ماگدبورگ، سال ۱۶۵۶[۱]

Vacuum and its structure – a discussion about "Nothing"

* این مقاله اولین‌بار در تابستان ۱۳۷۸ در مجلهٔ گاهنامه شمارهٔ ۴، صفحه ۳۸-۳۲ منتشر شده است. اکنون همان مقاله بازنگری شده با تغییراتی به‌خاطر اهمیت آن برای کیهان‌شناسی کوانتومی و شناخت از منشاء هستی و آکتوئل بودن محتوایش بازنشر می‌شود.

در آغاز مقاله‌ام چکیده‌ای به زبان‌های انگلیسی و آلمانی آمده است که در زیر تنها به ارائه‌ی محتوای فارسی آن اکتفا می‌کنم.

چکیده:

کیهان و منشاء آن سخت با ماهیت خلاء کوانتومی گره‌خورده است. پژوهش‌ها در این زمینه ما را از فیزیک کلاسیک به فیزیک ذرات بنیادی سوق می‌دهد. نوشته‌ی حاضر می‌کوشد مسئله‌ی توسعه‌ی مفهوم خلاء را از گذشته‌های دور تا فهم امروزی آن و نتایج بدست آمده در طول زمان و یافته‌هایی نه چندان قطعی را به‌شکل فشرده توضیح دهد.

خلاء، بعکس تصور عموم مردم هم در فیزیک کلاسیک و هم در فیزیک کوانتوم به‌عنوان چیزی قابل اندازه‌گیری با اثر و تاثیرمتقابل درک می‌شود.

تعریف مدرن خلاء و ساختار آن در کنش و واکنش با نیروهای پایه‌ای فیزیک در نظریه کوانتوم ارائه می‌گردد. با یاری این مفهوم بنیادی خلاء است که می‌توان برخی از پدیده‌های اساسی طبیعت را توصیف کرد، مانند ایجاد و نابودی ذرات. با این حال ما هنوز از گرانش کوانتومی، کیهان‌شناسی کوانتومی و کیهان کوانتومی که به‌نظر در رابطه با خلاء کوانتومی هستند اطلاع دقیقی نداریم.

محدودیت‌های طبیعی و غیرطبیعی

فکر ما عمدتاً حاصل تجارب روزمره است. بر اثر این تجارب چنان با آنها اُنس می‌گیریم که تبدیل بنوعی عادت می‌شود. عادت در مواردی حُسن خود را دارد. اما لازم است جنب این بخش مثبت به روی دیگر آن که پرسشگری را از تضعیف می‌کند توجه داشته باشیم. به ابن معنا که آگاه باشیم، عادت می‌تواند مانعی جدی برای تفکر نقادانه باشد. معمولا سعی اولیه ما در برخورد با پدیده‌های نو به نحویست که ابتدا می‌کوشیم آنها را به "زبان عادت" ترجمه کنیم و با این دید و فهم آنها را ارزیابی نمائیم. گویی، دانستنی‌های ذخیره شده و محدود، دانستنی‌های نو را نیز شامل می‌شود. ولیکن وقتی با مقاومت و تضاد انکارناپذیری روبرو می‌شویم بناچار راهی جز تجدید نظر در برداشت‌ها برایمان باقی نمی‌ماند و با دانستنی‌های

نو به نحوی کنار می‌آئیم و بدین ترتیب دایره‌ی عادت (تجربه و اطلاعات) خود را کمی گسترش می‌دهیم. تجربه نشان داده است که در یک چنین عرصه‌ای ما با محدودیت‌هایی مواجه هستیم و لازم است آنها را همواره مدنظر داشته باشیم: محدودیت‌های طبیعی (اصولی) و محدودیت‌های غیرطبیعی (غیراصولی). محدودیت‌های اصولی شامل ساختار بیولوژیکی انسان، طبیعت و محیط از پیش ساخته‌ی او می‌شود. برای مثال ما قادر نیستیم چهاربُعدی فکر کنیم و یا با حواس پنجگانه‌مان پدیده‌هائی را بلاواسطه به بینیم و یا حس کنیم. محدودیت‌های غیراصولی، شامل توانائی، اراده و پشتکار، درجه اطلاعات، تجارب و حدود دانش عصری که در آن زندگی می‌کنیم می‌شود. بی‌شک محدودیت‌هائی از این نوع، یعنی محدودیت‌های غیرطبیعی را می‌توان با تلاش و جستجوی راه‌های مناسب به عقب راند. به عبارت دیگر، توانائی خود را توسعه داد و تقویت نمود. و این امریست ضروری برای فهم مطالب علوم جدید از جمله موضوع پیش‌رو.

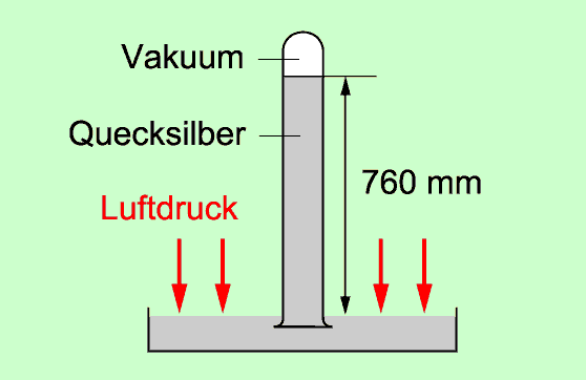
پیشگفتار

علم فیزیک با اندازه‌گیری سروکار دارد. آنچه اصولا قابل اندازه‌گیری نیست جایی در علم فیزیک ندارد. بنابراین وقتی ما "هیچ" را در فیزیک مورد بررسی قرار می‌دهیم به معنی آنست که "هیچ" هیچ نیست. "هیچ" واقعی آنست که از آن هیچ گونه اطلاعی (انفورماسیونی) دریافت نکنیم، یعنی چیزی برای اندازه‌گیری وجود نداشته باشد. وقتی هیچ بدون انفورماسیون (بدون اظهار وجود) باشد معنی خود را برای بررسی علمی تماما از دست می‌دهد. بنابراین منظور ما در علم فیزیک از "هیچ" چیزی به نام خلاء است که قادریم از آن اطلاعاتی بدست آوریم. در اصل پدیده‌ها و قوانین طبیعی نه تنها در رابطه‌ی مستقیم با خلاء هستند بلکه جملگی حاصل از خلاء می‌باشند. از این رو شناخت از خلاء یکی از کارهای مهم علمی است. در واقع خلاء نوعی زیربنای آنچه مشاهده می‌شود است. با تغییر خلاء و ساختار آن، دنیای دیگری بوجود می آید که می‌تواند با دنیای پیشین متفاوت باشد. خلاء (فیزیکی) آن چیزی است که از آن ساختار و وقایع فیزیکی به شکلی که مشاهده می‌نمائیم، به وقوع می‌پیوندند. البته این آن تعریفی نیست که معمولا در کتاب‌های درسی ارائه می‌شود. در آنجا تحت عنوان خلاء مکانیکی فهمیده می‌شود که در هر سانیمترمکعب آن کمتر از یک میلیارد ذره و فشاری پائین‌تر از ده میلیونم پاسکال باشد.[1]

خلاء کلاسیک

نگاهی کوتاه به تاریخ خلاء[2] بخوبی نشان می‌دهد انسان از زمان‌های دور به مسئله‌ی "هیچ" آگاه بوده و با تلاش خود تا به امروز درصدد روشن کردن ماهیت و عملکرد آن است.

۲۵۰۰ سال پیش پارمنید (Parmenides) این نظریه را ترویج می‌کرد که "هیچ" برای تشریح جهان لازم نیست. ۴۵۰ سال (ق. م.) امپدکل (Empedokles) با این هدف آزمایش‌هائی را تشریح می‌کرد که طبیعت تولید خلاء (بزرگ) را قبول نمی‌کند. در حالیکه دموکریت (Demokrit) ۴۰۰ سال (ق. م.) بر این نظر بود که کل ماده از اجزاء غیرقابل تقسیم تشکیل شده که مدام در حال نوسان در خلاء (کوچک) هستند. و بالاخره ارسطو (Aristoteles) ۳۵۰ سال (ق. م.)، جهان را پر از ۴ عنصر و اِتر (خلاء بزرگ) می‌دید. در قرن هفدهم آزمایش‌های جالبی در رابطه با خلاء انجام گرفت که از مشهورترین آنها ایجاد خلاء (تصویر ۲) از جانب تُریچلی[3] (Torricelli) و جداکردن دو نیمکره‌ی "خالی"، اتو فون گُریکه (Otto von Guericke) تصویر ۱ درشهر ماگدبورگ (آلمان) توسط ۱۶ اسب می‌باشد.[4] خلاء به‌معنای کلاسیک تا نیمه‌ی قرن بیستم متداول بود و هنوز هم در تکنیک همچنان به اعتبار خود باقیست.



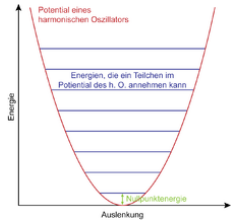
تصویر ۲: آزمایش تُریچلی (Torricelli) برای نمایش خلاء[2]

خلاء کوانتومی

حال تصور کنیم می‌توان از فضائی مانند فضای کره‌ی گُریکه همه‌ی ذرات داخل آن را تخلیه کرد به شکلی که حتا یک اتم در آن باقی نماند. در این‌صورت آیا این واقعا بدان معناست که دیگر در داخل کره‌ی گریکه هیچ چیزی نیست؟

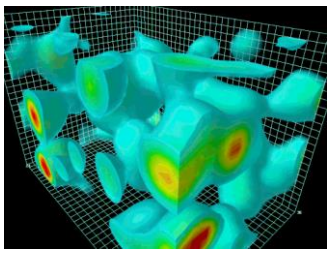
برای پاسخ به این پرسش لازم است یکی از نتایج مهم نظریه نسبیت خاص[۵] را در نظر بگیریم که می‌گوید: جرم (m) و انرژی (energy) باهم رابطه‌ای به شکل $E = m c^2$ دارند. یعنی، انرژی برابر است با جرم ضربدر سرعت نور (c) به توان دو. به عبارت دیگر، جرم را می‌توان به انرژی و انرژی را به جرم تبدیل کرد. بنابراین، پاسخ به پرسش ذکر شده می‌باید منفی باشد، زیرا حتماً در آن کره انرژی (میدان) الکترومغناطیسی و یا حداقل میدان (انرژی) گرانشی وجود دارد. میدان یا انرژی‌ای که از ذرات فوتون‌ها (ذرات نیرو یا میدان الکترومغناطیسی) و یا گراویتون‌ها (ذرات فرضی نیرو یا میدان گرانشی) ساخته شدند. در این‌صورت پرسش خود را کامل‌تر کرده و به شکل زیر طرح می‌کنیم:

تا چه اندازه‌ای می‌توان انرژی کره‌ی مربوطه را تخلیه کرد و آن را خالی از ذراتِ میدان‌ها دانست؟ آیا یک حداقل اندازه انرژی برای این ذرات وجود دارد؟ یعنی، آیا طبیعت مرزی برای کوچکترین انرژی (تصویر۳) قائل است؟



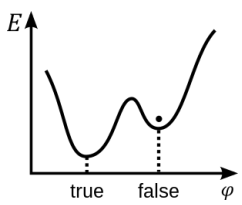
تصویر۳: حداقل انرژی برای یک ذره‌ی کلاسیک در چاه پتانسیل، صفر (بی‌حرکت) و برای ذره‌ی کوانتومی بزرگتر از صفر (در نوسان)

پاسخ به این پرسش بحث را از دامنه‌ی فیزیک کلاسیک بسوی فیزیک کوانتوم سوق می‌دهد. فیزیک کوانتوم از جمله می‌گوید: هیچ ذره‌ی بنیادی وجود ندارد که بدون یک حداقل حرکت (نوسان) باشد.[۶] به این ترتیب "سکون" مفهومی است از فیزیک نیوتنی که در فیزیک کوانتوم اساساً بی‌معناست (شکل۳). به بیان دیگر، هر ذره‌ی کوانتومی برخوردار از یک حداقل حرکت (نوسان، تصویر۴) و در نتیجه یک حداقل انرژی است.



تصویر۴: تجسم سه بعدی نوسانات کوانتومی

بدین ترتیب ذرات کوانتومی همواره در کمترین حالت انرژی نیز در نوسان هستند. اصل عدم قطعیت[۷] (هایزنبرگ) می‌گوید: اگر بخواهیم برای مثال انرژی یک ذره‌ی بنیادی را بطور دقیق اندازه‌گیری کنیم، زمان لازم برای سنجش آن بی‌نهایت است. اما اگر فقط مدت زمان معینی را صرف اندازه‌گیری کنیم در این‌صورت مقدار دقیق آن را نمی‌توانیم بست آوریم. حال با علم به این اطلاعات می‌توانیم تعریفی از خلاء ارائه دهیم[۲]: مکان (ذره‌ی) معینی که در حد متوسط (زمانی) حداقل انرژی ممکنه را دارد، در حالت خلاء است. در نتیجه در مقایسه‌ی دو خلاء باهم (تصویر۵) آن یک که مقدارِ انرژی کمتر دارد، خلاء "واقعی‌تر" از دیگری که انرژی بیشتر دارد محسوب می‌شود.



تصویر۵: مینیموم انرژی دو خلاء در مقایسه باهم

مقایسه‌ی دو خلاء در انرژی‌های مختلف یادآور دو شئ با ویژگی‌های متفاوت است که هر دو از یک عنصر شیمیایی، از عنصر کربن، بنا شده‌اند، یعنی الماس و ذغال. اختلاف اصلی این دو باهم به مقدار انرژی نهفته در ساختار آنها برمی‌گردد. اگر بتوانیم انرژی نهفته در ساختار منظم الماس را از آن خارج کنیم، در این‌صورت شئ‌ای که با انرژی بمراتب کمتری حاصل‌مان می‌شود چیزی نیست جز ذغال.

مثال دیگر: یک قطعه دینامیت را می‌توان در گوشه‌ای از اتاق قرارداد بی‌آنکه بیم انفجار خود به‌خودی آن باشد. اما اگر شعله‌ای به آن برسد یکجا منفجر می‌شود و در حین تبدیل شدن به خاکستر با انرژی پائین‌تر، انرژی نهفته در دینامیک آزاد می‌شود.

مشابه دو مثال ذکر شده می‌تواند برای یک خلاء با انرژی بالاتر رخ دهد. نکته‌ای که در این رابطه شایان توجه است اینست که با تغییر انرژی خلاء، کمیت‌های فیزیکی تغییر می‌کنند. برای مثال سرعت نور در کیهان ما متناسب با خلاء آن است و می‌تواند در کیهانی با خلاء متفاوت از خلاء کیهان ما کوچکتر و یا بزگتر باشد.

ساختار خلاء کوانتومی

حال پس از این توضیحات کلی در بارهٔ خلاء می‌خواهیم بدانیم چه نوع خلاء و با چه ساختارهایی وجود دارد. پیش از پرداختن به این مهم لازم است کوتاه اشاره‌ای به چهار نیروی اساسی که تاکنون در طبیعت شناسایی کرده‌ایم و هر یک عملکرد خاص خود را در لایه‌های مختلف آن دارند، داشته باشیم این نیروها عبارتند از: نیروی گرانشی، نیروی الکترومغناطیسی، نیروی ضعیف و نیروی قوی. چنانچه قدرت نیروی قوی را که مسئول "بهم‌چسبانی" ذرات هسته‌ی اتم است برابر با ۱ بدانیم در این‌صورت قدرت نسبی سه نیروی دیگر برابر است با 10^{-2} برای نیروی الکترومغناطیسی، 10^{-13} برای نیروی ضعیف و 10^{-38} برای نیروی گرانشی. ملاحظه می‌کنیم که نیروی گرانشی، نیروئی که در سطح کیهانی تعیین کننده‌ترین نیروست، حتا در مقایسه با نیروی ضعیف که از جمله مسئول فروافت ذره‌ی نوترون می‌باشد تا چه اندازه کوچک است.

ایجاد وحدت بین این نیروها آرزوی دیرینه‌ی فیزیکدان‌هاست. زیرا به‌نظر در این‌صورت است که می‌توان به پرسش‌های اساسی مطرح در علم فیزیک پاسخ داد. افزون بر این، تاریخ علم نشان داده است که از طریق وحدت نیروها می‌توان به افق‌هایی دست یافت که پیش‌تر قابل تصور نبودند. برای مثال وحدت بین نیروی الکتریسته و نیروی مغناطیسم به نیروی الکترومغناطیسم در پایان قرن نوزدهم منجر به پیشرفت‌های غیرقابل تصور و پیش‌بینی در عرصه‌های مختلف علمی ـ فنی گردید.

در زیر می‌خواهیم ساختار خلاءِ هر یک از ۴ نیروی نامبرده را به اختصار بیان داریم. ما این خواست را با نیرویی شروع می‌کنیم که بیشتر شناخته شده است، یعنی نیروی الکترومغناطیسم. بنابر توافق، ذره‌ی الکترون با بارالکتریکی منفی و ذره‌ی پروتون با بارالکتریکی مثبت تصور می‌شود. ما می‌دانیم که مقدارِ نیرو بین الکترون و پروتون برای مثال در یک اتم هیدروژن قابل محاسبه و اندازه‌گیری است. این نیرو متناسب با تعداد ذرات الکترون در مدار اتم و ذرات پروتون در هسته‌ی اتم، یعنی در عناصر شیمیایی سنگین‌تر از عنصر هیدروژن، تغییر می‌کند. برای مثال یک الکترون در اتم هیدروژن با یک چهارم آن نیروئی به هسته‌ی خود با یک پروتون وابسته است که یک الکترون در یک اتم هلیوم با دو پروتون در هسته. اگر دقیق‌تر نگاه کنیم، خواهیم دید که این نسبت کمی بیشتر از چهار برابر است. به این دلیل که بارالکتریکی هسته‌ی اتم، در خلاء اطراف، قطبش ایجاد می‌کند (خلاء اطراف را قطبیده (polarized) می‌کند). در نتیجه نیروی بین الکترون مدار و هسته‌ی اتم کمی افزایش می‌یابد. اینکه این قطبیدگی چگونه شکل می‌گیرد و چه معنایی دارد، مطلبی است که پل دیراک (Paul Dirac) فیزیک و ریاضیدان انگلیسی (۱۹۸۴-۱۹۰۲) و یکی از پایه‌گذاران فیزیک کوانتوم با ایجاد وحدت میان نظریه نسبیت خاص اینشتین و نظریه کوانتوم و ارائه‌ی معادله‌ای معروف به معادله‌ی دیراک در سال ۱۹۲۸ موفق به توضیح آن شد.[۸] معادله‌ی دیراک ویژگی‌هائی را در حرکت الکترون‌ها با سرعت نزدیک به سرعت نور آشکار می‌کند که در سرعت‌های پائین مشاهده نمی‌شوند.

ما می‌دانیم، بعکس تصور فیزیک کلاسیک (الکترودینامیک کلاسیک)، الکترون‌های یک اتم نمی‌توانند بنابر نظریه کوانتوم (الکترودینامیک کوانتومی) به هسته‌ی اتم سقوط کنند. بی‌شک این امریست ضروری برای ثبات اتم‌ها. با این حال معادله‌ی دیراک نشان می‌دهد که الکترون‌های کم انرژی و با انرژی منفی به هسته‌ی اتم وابسته (مقید) هستند. دیراک بعدها این حالت‌ها را به‌عنوان حالت‌های پادذرات (antiparticle) تعبیر کرد. در واقع قطبش خلاء حاصل از همگرانشی بار الکتریکی هسته‌ی اتم با پادذرات است.که بر اثر آن یک نوع جابجایی برای الکترون‌های اتم و پوزیترون‌ها شکل می‌گیرد. به این معنا که الکترون‌ها بسوی هسته‌ی اتم کشیده و پوزیترون‌ها از آن دور می‌شوند.

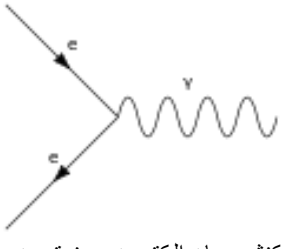
"در نظریه میدان کوانتومی، و به‌طور خاص در الکترودینامیک کوانتومی قطبش خلاء فرایندی را توصیف می‌کند که در آن میدان الکترومغناطیسی پس‌زمینه جفت‌های الکترون ـ پوزیترونِ مجازی تولید می‌کند که توزیع بارها جریان‌هایی که در میدان الکترومغناطیسی تولید شده‌اند را تغییر می‌دهند.

اثر قطبش خلاء، قبل از سال ۱۹۴۷ و محاسبه نظری آنها، به طور تجربی مشاهده شده بودند. ... شتاب دهنده ذرات تریستان در ژاپن در سال ۱۹۹۷به شکل تجربی قطبش خلاء را تایید نمود .

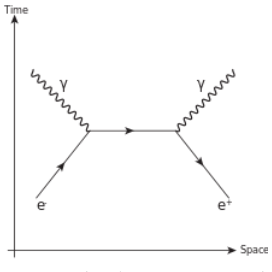
طبق نظریه‌ی میدان کوانتومی، خلاء میان ذرات در حال برهمکنش را نمی‌توان به سادگی خالی پنداشت، بلکه شامل جفتهای مجازی ذره-پادذره با طول عمر کوتاه است که از خلاء و با مقادیری از انرژی که توسط نسخه زمان-انرژی اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، محدود در زمان است. پس از گذشت زمان محدود، که هرچه انرژی بیشتر باشد، کوتاه‌تر خواهد بود، یکدیگر را نابودمی‌کنند.

این جفت‌های ذره-پادذره حامل انواع مختلفی از بارهستند. مثلاً اگر این جفت ذرات مجازی کوارک و گلوئون باشند که تحت تاثیر کرومودینامیک کوانتومی هستند، دارای بار رنگ خواهند بود و اگر مثلاً از لپتون‌ها و کوارک‌های باردار تشکیل شده‌باشند دارای بار الکترومغناطیسی خواهند بود. چنین ذرات بارداری به عنوان یک دوقطبی الکتریکی عمل می‌کنند. در حضور میدان الکتریکی مانند میدان الکترومغناطیسی اطراف الکترون، این جفت‌ذرات مجازی ذره-پادذره موقعیت خود را تغییر می‌دهند و به صورت جزئی، علیه میدان عمل می‌کنند. در نتیجه شدت میدان کمی ضعیف‌تر از آن چیزی است که در صورت خالی بودن خلاء می‌بایست باشد. این تغییر جهت‌گیری جفت‌های پادذره با عمر کوتاه را «قطبش خلاء» می‌نامند."[۱۲]

شاید سخن از انرژی منفی گفتن کمی عجیب به‌نظر آید. اما با اندک دقت به آنچه از نظریه نسبیت[۵] می‌شناسیم، یعنی بیان انرژی در این نظریه $E = \frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ ، ملاحظه می‌کنیم که در مخرجِ عبارت مربوطه، ریشه (جذر دو) وجود دارد. عددی که از جذر دو حاصل می‌گردد با علامت مثبت و منفی نشان داده می‌شود. یعنی، انرژی می‌تواند هم مثبت و هم منفی باشد. و این در حالیست که انرژی در فیزیک کلاسیک فقط مثبت در نظرگرفته شده است. عمدتن به این خاطر که در اینجا برهمکنشی‌های کوانتومی محسوس نیستند. به عبارت دیگر، در دنیای کلاسیک از دو بخش انرژی (مثبت و منفی) تنها بخش مثبت آن بحساب می‌آید. در حالیکه در دنیای اتمها و زیر (مادون) اتمها هر دو بخش آن مطرح است. در نظریه کوانتوم همچنین امکان عبور و یا جهش از بخش مثبت انرژی به بخش منفی و بعکس وجود دارد. در نتیجه می‌باید انرژی منفی و انرژی مثبت را هم‌ارز دانست. ما در نظریه کوانتوم شاهد ذراتی با بارالکتریکی مثبت و منفی هستیم و اکثر ذرات با تقارن در بارالکتریکی پادذرات خود را دارند، مانند ذره‌ی الکترون e^- و پادذره‌ی آن به نام پوزیترون e^+ . در صورت برخورد این دو ذره باهم هر دوی آنها در لحظه نابود شده و به انرژی الکترومغناطیسی (به ذرات فوتون) تبدیل می‌شوند. عکس این پروسه نیز صادق است، یعنی از انرژی الکترومغناطیسی می‌توانند الکترون و پوزیترون بوجود آیند. بطور کلی، انرژی در دنیای میکروسکوپی به‌شکل مثبت، منفی، ناپیوسته و کوانتومی در نظرگرفته می‌شود. از این‌رو، یک الکترون e می‌تواند از بخش انرژی مثبت (جهش‌وار) وارد بخش انرژی منفی شود و بعکس یک پوزیترون e^+ از بخش منفی بسوی بخش انرژی مثبت حرکت کند و یا در برخورد باهم به امواج الکترومغناطیسی γ تبدیل شوند (تصویر۶ و ۷).



تصویر۶: برهمکنشی میان الکترون، پوزیترون و فوتون[۶]



تصویر۷: نابودی الکترون با پوزیترون. پس از نابودی دو فوتون باقی می‌ماند.[۷]

شکل‌گیری ذرات و پادذرات تنها در ناحیه هسته‌ی اتمها ملاحظه نمی‌شود بلکه همچنین در میدان الکتریکی ثابت و یکنواخت در خلاء معمولی نیز قابل مشاهده است. مقدار انرژی لازم برای تولید یک جفت الکترون ـ پوریترون حدودا مساوی دو برابر انرژی یک الکترون در حالت "سکون" است.

گفتیم که نیروی (میدان) الکترومغناطیسی از ذراتی به نام فوتون‌ها تشکیل شده است. از ویژگی‌های فوتون‌ها می‌توان ایجاد قطبش درخلاء و سرعت حرکت آنها که همانا سرعت نور است نام برد. اندازه‌ی سرعت نور اما متاثر از برهمکنشی ذرات

فوتون‌ها با خلاء اطراف است (تصویر۸).

قطبیدگی‌های خلاء + فوتون "عریان" = فوتون "واقعی"

تصویر۸: فوتون "واقعی" تمامی پدیده‌های قطبیدگی خلاء را در خود نهفته دارد.

مفهوم حرکت: در اینجا مایلم تعریفی از مفهوم حرکت ارائه کنم که در نسخهٔ اولیهٔ این مقاله از سال ۱۳۷۸ ذکر نشده است. تعریف بنیادی مفهوم حرکت: **حرکت پروسه‌ایست از ایجاد و نابودی پی‌درپی ذرات و پادذرات از انرژی.**

حال پس از این آشنائی اولیه با خلاء نیروی الکترومغناطیسی می‌پردازیم به خلاء نیروی قوی. این نیرو مانند نیروی الکترومغناطیسی بین دو ذرهٔ باردار بوجود می‌آید. ما می‌دانیم که فوتون‌ها ذراتی خنثی، یعنی فارغ از بارالکتریکی هستند. به‌همین دلیل در تبدیل آنها به ذرات دو ذره یکی با بارالکتریکی منفی (الکترون) و دیگری با بارالکتریکی مثبت (پوزیترون) شکل می‌گیرد. در مقابل، ذرات تشکیل دهندهٔ نیروی (میدان) قوی، یعنی گلوئون‌ها (Gluon ؛ glue به معنای چسب)، در ضمن اینکه خود به اصطلاح "رنگدار" هستند، میانجیگر بین دو ذرهٔ "رنگ‌دار" نیز می‌باشند. می‌توان چنین گفت که گلوئون‌ها "فوتون‌های" نیروی قوی هستند و بین کوارک‌ها (ذرات بنیادی‌ای که با ترکیب خود اجزای هستهٔ اتم از جمله پروتون و نوترون را تشکیل می‌دهند) مبادله می‌شوند تا آنها را بهم پیوند دهند. گلوئون‌ها می‌توانند مانند فوتون‌ها با سرعت نور حرکت کنند. اما به دلیل برهمکنشی قوی بین خود سریع به‌گردهم جمع می‌شوند.

تفاوت بین خلاء نیروی الکترومغناطیسی و خلاء نیروی قوی خود را در شکل قوانینی متفاوت در علم فیزیک نشان می‌دهد. به بیان دیگر، قوانین طبیعی متاثر از حالت‌های مختلف خلاء هستند. به‌همین دلیل قوانین این دو خلاء در دو بخش نظری مربوط به نیروی الکترومغناطیسی و نیروی قوی بررسی می‌شوند: اولی در نظریه کوانتوم الکترودینامیک و دومی در نظریه کوانتوم کرومودینامیک.

با اکتفا به این توضیح کوتاه در باره‌ی خلاء نیروی قوی، می‌پردازیم به خلاء نیروی ضعیف. برهمکنشی این نیرو با ذراتی به نام بوزون‌های میانی[۹] (intermediate Bosons) صورت می‌گیرد که شباهت زیادی به برهمکنشی فوتون‌ها برای نیروی الکترومغناطیسی و گلوئون‌ها برای نیروی قوی دارند بوزون‌های میانی در اوایل نیمهٔ دوم قرن بیستم در شتاب‌دهندهٔ سرن (CERN) کشف شدند. بوزون‌ها بر خلاف فوتون‌ها و گلوئون‌ها دارای جرم هستند، حدود صدبرابر جرم پروتون. نظریه برهمکنشی نیروی ضعیف شباهت زیادی به‌نظریه برهمکنشی فوتون‌ها و گلوئون‌ها دارد. به‌همین دلیل فیزیکدان‌ها بر این باورند که جرم بوزون‌ها ناشی از قطبش خلاء می‌باشد. یعنی، جرم ذرات تابع نوع خلاء است.[۱۰] در نتیجه می‌توان تصور کرد جرم یک ذره در یک خلاء کوچک و در خلاء دیگر بزرگ و یا بدون جرم ساکن باشد. مطلبی که چندان هم شگفت‌انگیز نیست. برای مثال ذره فوتون در یک جسم جامد دارای جرمی به نام جرم مؤثر (effective mass) است. علت این امر آنست که فوتون، جسم جامد را در حین حرکت قطبیده می‌کند و اگر آن جسم شرایط لازمه را دارا باشد در بار قطبیدگی که فوتون آن را با خود حمل می‌کند به شکلی است که به نظر می‌آید فوتون دارای جرم (ظاهری) است. این پدیده را می‌توان در اندازهٔ فاصلهٔ طی شده مشاهده کرد. چراکه می‌دانیم طول فاصلهٔ طی شدهٔ هر ذره با جرم آن نسبت معکوس دارد.

در پایان لازم است نامی هم از خلاء نیروی گرانشی به میان آوریم. برهمکنشی خلاء گرانشی با ذرات فرضی به نام گراویتون‌ها (gravitons)، ذرات تشکیل دهندهٔ میدان (نیروی) گرانشی، تصور می‌شود.به خاطر ناروشنی‌های فراوان در بارهٔ خلاء گرانشی از جمله اینکه این نیرو تاکنون کوانتیزه نشده است، دانش ما در بارهٔ آن بمراتب کمتر از سه خلاء کوانتیزه و ذکر شده در بالاست.

پسگفتار

شواهد علمی نشان از کیهانی دارند که در آغاز بسیار کوچک و احیاناً به‌صورت خلاء کوانتومی بوده و با "تلنگری" که برایمان ناشناخته می‌باشد شروع به انبساط کرده است. و در مراحل آغازین، ذرات کوارک و در ادامه از این‌ها هستهٔ اتم‌ها، اتم‌ها، ستارگان و کهکشان‌ها از جمله خورشید و کرهٔ آبی رنگ زیبای ما با موجودات گوناگون بر روی آن شکل گرفته‌اند.

به‌نظر شناخت از منشاء هستی به‌معنای شناخت از خلاء کوانتومی است. امکان دارد که توضیحات ارائه شده تنها بخش

کوچکی از آنچه واقعاً هست باشد. به این دلیل که برای مثال خواص دو بُعدی ذرهٔ الکترون متفاوت از خواص سه بُعدی آنست. یک چنین حالتی می‌تواند در برداشت ما از خلاء نیز صدق کند. در این‌صورت امکان دارد که ما نتوانیم به‌خاطر ساختار بیولوژیکی خود، با دید سه بُعدی از فضا و جدا از بُعد زمان، و احتمالاً محدودیت‌های دیگر به شناخت کامل از خلاء کوانتومی و با آن به منشاء کیهان دست‌یابیم، به‌ویژه، چنانچه با کیهانی درهم‌تنیده در شکلِ کیهانِ کوانتومی مواجه باشیم.

منابع

1. Eder F. x.: Moderne Meßmethoden der Physik I, 3. Auflage, Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968

2. Rafelskie J.; Müller, B.: Die Struktur des Vakuums, Verlag Harri Deutsch, Thun 1985

3. Simonnyi K.: Kulturgeschichte der Physik, Verlag Harri Deutsch, Thun 1990

4. Hoppe E.: Otto von Guericke: Verlag otto Salle, Berlin 1927

5. Einstein A.: Ann. Der Physik 17 (1905)

6. Itzykson C.; Zuber J. B.: Quantum Field Theory, 3 rd. Printing, Mc Graw-Hill, Singapore 1987

7. Heisenberg W.: The Physical Principles of Quantum Theory, The University of Chicago Press, Chicago 1030

8. Dirac P.: The Principles of Quantum Mechanics, 4. Edition, Clarendon Press, Oxford 1958

9. Cline D. B.,; Rubbia C.: Die Suche nach den Vektorbosonen, In: Teilchen, Felder und Symmetrien, 2. Auflage, Spektrum der Wissenschaften, Heidelberg 1985

10. Linde A.: Elementarteilchen und inflationärer Kosmos, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1993

11. Goenner H.: Einführung in die Kosmologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1994

12. https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%B7%D8%A8%D8%B4_%D8%AE%D9%84%D8%A7%D8%A1

منابع تصویرها

1. https://www.leifiphysik.de/mechanik/druck-und-auftrieb/aufgabe/der-versuch-von-guericke

2. https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/entdeckung-des-luftdrucks

3. https://de.wikipedia.org/wiki/Nullpunktsenergie#/media/Datei:Nullpunktenergie.png

4. https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D9%88%D8%B3%D8%A7%D9%86_%DA%A9%D9%88%D8%A7%D9%86%D8%AA%D9%88%D9%85%DB%8C

5. https://anthrowiki.at/Vakuum#/media/Datei:Falsevacuum.svg

6. https://de.wikipedia.org/wiki/Feynman-Diagramm

7. https://en.wikipedia.org/wiki/Annihilation