

هدف از این مقاله شرح اصول تئوری کوانتوم به زبان ساده می‌باشد. به همین منظور از بیان مسائل پیچیده و فرمول‌های ریاضی اجتناب شده است.

مقدمه:

تئوری کوانتوم بنیان فیزیک جدید است که طبیعت و رفتار مواد و انرژی را در مرحله اتمی و زیراتمی شرح می‌دهد. در سال ۱۹۰۰ ماکس پلانک تئوری کوانتوم خود را به جامعه فیزیک آلمان ارائه داد. پلانک قصد داشت دلیل این امر را که انرژی ساطع شده از یک جسم درخشان با افزایش دما از قرمز به نارنجی و در نهایت به آبی تغییر می‌کند، کشف کند. او دریافت با فرض این که انرژی نیز مانند ماده در واحدهای منفرد وجود دارد (قبلاً فرض بر این بود که انرژی تنها به شکل امواج الکترومغناطیسی وجود دارد) و در نتیجه قابل اندازه‌گیری می‌باشد، می‌تواند پاسخ سوالاتش را بیابد. وجود این ذرات-کوانتا - اولین فرض تئوری کوانتوم گردید.

دلیل ارائه تئوری کوانتوم:

در اوائل قرن بیستم از برخی آزمایشات نتایجی به دست آمد که توسط فیزیک کلاسیک قابل شرح نبود. برای مثال تا آن زمان این فرضیه که الکترون‌ها در مدارهایی ثابت به دور هسته اتم می‌چرخند به خوبی جا افتاده بود. اما اگر الکترون‌ها در واقع همان‌طور دور هسته حرکت می‌کردند که سیارات به دور خورشید می‌چرخند، طبق پیش‌بینی فیزیک کلاسیک باید در کسری از ثانیه سرعت گرفته و به هسته اتم برخورد می‌کردند. حال آنکه می‌دانیم چنین اتفاقی در عمل نمی‌افتد. در غیر اینصورت دنیایی که می‌بینیم وجود نداشت. این پیش‌بینی‌های اشتباه و برخی دیگر از تجربیاتی که فیزیک کلاسیک قادر به توضیح‌شان نبود، به دانشمندان نشان داد که چیز نوینی برای شرح دادن دانش در سطح اتمی نیاز هست. در ادامه برخی از این موارد به اختصار شرح داده خواهند شد.

ماهیت دو گانه ذره-موج نور و ماده :

در سال ۱۹۶۰ کریستیان هیوجنز در یک تئوری بیان داشت که نور از امواج تشکیل شده است. ایزاک نیوتون در ۱۷۰۴ شرح داد که نور از ذرات ریزی به نام فوتون تشکیل شده است. آزمایشات انجام شده نشان می‌دهند که هر دو تئوری می‌توانند درست باشند. به هر حال هیچ کدام از هر دو تئوری نمی‌توانند تمام خصوصیات نور را شرح دهند. بنابراین دانشمندان نور را

هم به عنوان ذره و هم به عنوان موج در نظر گرفتند. در سال ۱۹۲۷ لوئیس دو بروجلیه بیان داشت که ماده نیز می‌تواند خصوصیات موج مانند از خود نشان دهد و در سال ۱۹۲۷ دیوسون نشان داد که الکترون‌ها نیز می‌توانند مانند موج رفتار کنند. حال چگونه چیزی می‌تواند هم ذره باشد و هم موج؟ این صحیح نیست که فرض کنیم نور از جریانی از ذرات تشکیل شده که در یک مسیر موجی شکل حرکت می‌کنند. در حقیقت نور و ماده هر دو به شکل ذرات وجود دارند. همانطور که در مقدمه ذکر شد ماکس پلانک این تئوری را ارائه کرد که انرژی نیز به صورت ذرات ریزی وجود دارد و آنرا کوانتا نامید. چیزی که باعث می‌شود نور مانند موج رفتار کند مکانی است که احتمال وجود ذره در آن هست.

مدل اتمی بور :

نیلز بور دانشمند دانمارکی در زمینه مدل اتم و نحوه قرارگیری الکترون‌ها تحقیقاتی انجام داد که منجر به فرضیه‌ای جدید گردید. بور دریافت که الکترون‌ها می‌توانند مقدار مشخصی انرژی داشته باشند و به همین دلیل در مدار ثابتی قرار می‌گیرند. در صورتی که اگر قرار بود الکترون‌ها بتوانند هر میزان از انرژی را داشته باشند، انرژی از دست می‌دهند و در نهایت بر روی هسته سقوط می‌کردند. اگر یک الکترون انرژی از دست بدهد به مدار پایین‌تر سقوط می‌کند و اگر انرژی بگیرد می‌تواند به مدار بالاتری برود. در این مدل تنها مدارهای مشخصی با میزان مشخصی از انرژی وجود دارند. هنگامی که یک الکترون انرژی از دست می‌دهد و به سطح پایین‌تری از انرژی می‌رود، اتم از خود انرژی ساطع می‌کند. مدل اتمی بور که مدل سیاره‌ای نیز نامیده می‌شود، تقریباً درست است و در بسیاری موارد می‌توان از آن نتیجه درست گرفت. با این حال مدل واقعی اتم توسط مکانیک کوانتوم شرح داده می‌شود. مدل بور مقدمه‌ای است به سوی مکانیک کوانتوم واقعی.

در سال ۱۹۲۵ اروین شرودینگر و ورنر هایزنبرگ به صورت جداگانه روی ریاضیات مکانیک کوانتوم کار کردند. با استفاده از این تئوری جدید دانشمندان می‌توانستند رفتار اتم‌ها و ذرات زیراتمی را درک کنند. موقعیت یک ذره مانند الکترون توسط یک احتمال مشخص می‌شود به این معنی که نمی‌توان مانند مدل بور یک مدار خاص برای الکترون قائل بود تنها می‌توان ناحیه‌ای را که احتمال حضور الکترون در آن وجود دارد مشخص ساخت. آنچه بین این مدل و مدل بور مشترک است این است که الکترون‌ها در درجات مختلف انرژی وجود دارند. طبق مکانیک کوانتوم هنگامی که الکترون‌ها انرژی جذب می‌کنند مقدار مشخصی کوانتا جذب می‌کنند، ناپدید می‌شوند و سپس در درجه دیگری از انرژی ظاهر می‌شوند. توسط این مدل پایدار بودن اتم‌ها و این که الکترون‌ها بر روی هسته سقوط نمی‌کنند به خوبی توضیح داده می‌شود.

تصویری از حرکت اتم‌ها در مدل اتمی مکانیک کوانتوم.

عدم قطعیت:

در دنیای ما اندازه‌گیری اشیاء با ابعاد بزرگ امری عادی است. هنگام اندازه‌گیری یک میز با طول ۱۰۰ سانتی‌متر هرگز نگران این نیستیم که هنگام اندازه‌گیری طول میز تغییر کند. اما در مقیاس اتمی اندازه‌گیری کاری بسیار پیچیده است. برای مثال دانستن مکان دقیق یک الکترون چگونه امکان‌پذیر است؟ ممکن است بگویید یک فوتون بزرگ‌نما می‌گیریم و به آن نگاه می‌کنیم. اما عمل نگاه کردن بستگی به نور دارد و نور از فوتون‌ها تشکیل شده است. و این فوتون‌ها آن قدر انرژی جنبشی دارند که هنگام برخورد به یک الکترون مسیر آن را تغییر دهند.

یکی دیگر از تاثیرات معروف کوانتوم اصل عدم قطعیت است. این اصل می‌گوید که یک عدم قطعیت از پیش ساخته شده در جهان وجود دارد. طبق این اصل اگر زمان کافی داشته باشیم کاملاً امکان‌پذیر است که چیزی از هیچ بوجود بیاید! در سطح زیر اتمی غیر ممکن است که بتوان مکان اشیا را با یک دقت مطلق اندازه‌گیری کرد. و این به دلیل نقصان تکنولوژیکی نیست بلکه طبیعت خود جهان است. انرژی صفر غیر ممکن است، زیرا در حالت انرژی صفر یک شی در یک موقعیت مطلق قرار خواهد داشت و به همین دلیل است که نمی‌توان چیزی را تا حد انرژی مطلق سرد کرد. هر اتم باید حداقل یک کوانتوم انرژی داشته باشد که آن را از سطح انرژی صفر بالاتر نگاه دارد. و این بدان معناست که در نهایت هیچ چیز نمی‌تواند آرام بگیرد.

تفسیر کپنهاگن و تئوری دنیاهای چندگانه :

دو عدد از مهم‌ترین تفاسیری که از اعمال کاربرد تئوری کوانتوم بر ماهیت حقیقت وجود دارند عبارتند از تفسیر کپنهاگن و تئوری دنیاهای چندگانه. تفسیر کپنهاگن توسط نیلز بور ارائه شده است. طبق این تفسیر یک ذره همان چیزی است که طبق آن اندازه‌گیری می‌شود. اما تا هنگامی که اندازه‌گیری نشده نمی‌توان برای آن خصوصیتی فرض کرد و یا حتی وجود آن را تایید کرد. به زبان ساده بور می‌گوید که واقعیت عینی وجود ندارد. این مسئله منجر به طرح اصلی به نام *superposition* می‌گردد. *superposition* می‌گوید که هنگامی که ما مکان یک شی را نمی‌دانیم، تا زمانی که دنبال آن شی نگردیم، آن شی به طور همزمان در تمام مکان‌های ممکن وجود دارد.

برای شرح دادن این تئوری از مثال معروف و تا حدودی خشن گربه شرودینگر استفاده می‌شود. ابتدا ما یک گربه زنده داریم که آنرا درون یک جعبه قرار می‌دهیم. در این مرحله شکی در مورد زنده بودن گربه نداریم. در مرحله بعد یک کپسول

محتوی سیانید را داخل جعبه می‌گذاریم و جعبه را مهر و موم می‌کنیم. در این مرحله ما نمی‌دانیم که گربه زنده است یا کپسول سیانید را شکسته است و مرده. از آنجایی که ما این مسئله را نمی‌دانیم طبق قانون کوانتوم گربه هم مرده و هم زنده است. اما هنگامی که ما جعبه را باز می‌کنیم موقعیت *superposition* از دست رفته و گربه باید یا زنده یا مرده باشد. تفسیر معروف دوم تئوری کوانتوم تئوری جهان‌های چندگانه است این تئوری می‌گوید هنگامی برای یک شی این قابلیت وجود دارد که در موقعیت‌های مختلفی قرار بگیرد، جهان آن شی تبدیل به یک سری جهان‌های موازی هم، با تمام حالت‌های ممکن برای آن شی می‌شود، که هر کدام از جهان‌ها یک موقعیت منحصر به فرد برای آن شی را دارا می‌باشند. علاوه بر این مکانیزمی برای ایجاد ارتباط بین این دنیاها وجود دارد که به طریقی این امکان را ایجاد می‌کند که تمام موقعیت‌ها قابل دسترسی باشند و بتوان تمام موقعیت‌ها را به نحوی تحت تاثیر قرار داد. استفن هاوکینگ و پس از او ریچارد فینمن از دانشمندانی هستند که مرجعی برای جهان‌های چندگانه ارائه داده‌اند.

مفهوم جهان‌های چندگانه در مقاله بعدی بیشتر شرح داده خواهند شد.