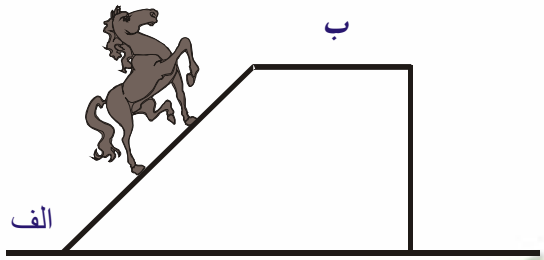
فرضیات بوهر

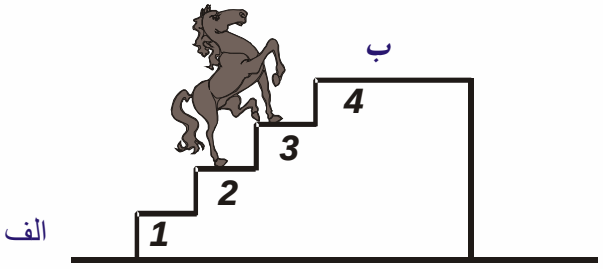
ماکس پلانک (سال 1900) با انحراف از قوانین فیزیک کلاسیک زمان خود، توانست پدیده التهاب و نشر نور اجسام را بر این فرض توصیف کند که در جسم ملتهب، نوسان‌کننده‌هایی وجود دارند که قادر به نشر نورهایی با طول موج مشخص و نه دلخواه می‌باشند. به عبارت دیگر پلانک این طور تصور نمود که در جسم ملتهب نوسان‌کننده‌هایی با سطوح انرژی مختلف ولی مشخصی وجود دارند. نظریه کوانتومی پلانک سطوح انرژی مختلف و ناپیوسته در نوسان‌کننده‌ها را به یک نردبان تشبیه می‌نماید که برای بالا رفتن یا پائین آمدن از آن فقط می‌توان قدمها را پله پله و یا چند پله چند پله برداشت. ولی هرگز نمی‌توان مثلاً یک و نیم پله بالا و پایین رفت.

یک تمثیل برای بیان تفاوت میان مکانیک کوانتیک و مکانیک کلاسیک، در شکل زیر دیده می‌شود!



الف-کیفیت کلاسیک !

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir



ب-کیفیت کوانتیک!

بالا رفتن سگ از سطح (الف) به سطح (ب) ممکن است مطابق دو کیفیت زیر باشد:

الف. موقعیت سگ (انرژی پتانسیل!) بطور دلخواه طی گامهای کوتاه و بلند و به هر اندازه دلخواه تغییر می‌کند.

ب. موقعیت سگ طی یک گام، دو گام، سه گام و یا چهار گام تغییر می‌کند (انرژی پتانسیل تغییر می‌کند!)

انیشتین (سال 1900) در تکمیل این پژوهش، پدیده فوتوالکتریک را بدین صورت توجیه کرد که نور از ذرات یا از فوتونها (بسته‌ها یا کوانتاهای انرژی) تشکیل یافته است.

در این هنگام نیلز بوهر تصمیم گرفت مسئله اتم هیدروژن را از نو بررسی کند. او معتقد بود که می‌توان از رفتار مکانیکی و الکتریکی اجسام ماکروسکوپی، به عنوان مدل کامل و مناسب برای تشریح ساختمان اتم ئیدروژن استفاده کرد. پس در صدد پیدا کردن مدل جدیدی برآمد که حتی الامکان با واقعیات علمی شناخته شده زمان خود مباینت نداشته باشد.

بوهر در سال 1913 بر مبنای مشاهده‌های اسپکتروسکوپی اسلاف خود، همچنین مدل اتمی «هسته‌دار» رادرفورد و نظریه پلانک در کوانتومی بودن انرژی، کوشش نمود تا ساختمان اتم ئیدروژن و رفتار آن را بر طبق یک مدل ساده مبتنی بر نظریه الکترون چرخان به دور هسته در یک مدار مشخص،

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

توجیه کند. بنابراین او مدل منظومه شمسی را برای اتمها پیشنهاد کرد و حرکت الکترون را به دور هسته مانند حرکت ماه به دور زمین در نظر گرفت.

بوهر چنین فرض کرد که شاخص ساختمان یک اتم (چگونگی آرایش الکترونها پیرامون هسته)، انرژی آن است. و برای آن که نظرش با واقعیات سازگار باشد، پیشنهاد کرد که فقط طرحهای ساختمانی خاصی می‌توانند برای اتم وجود داشته باشند. او این طرحهای خاص را «حالات ایستاده یا ساکن» نامید. خصوصیت هر یک از چنین حالاتی، داشتن انرژی مخصوص است. و چون یک دسته ساختمان اتمی خاص وجود دارد، یک دسته انرژی ممکن و خاص مربوط به آنها نیز وجود خواهد داشت. در اینجا بوهر از مدل قدیمی اتمی (مدلهای فیزیک کلاسیک) که برای تمام انرژیهای ممکن، ساختمانی را مجاز می‌دانست، چشم پوشید. (به عبارتی به کیفیت کوانتیک (ب) در تمثیل قبل، روی آورد و از کیفیت کلاسیک (الف) دور شد)

پایدارترین حالت اتم حالتی خواهد بود که اتم کمترین انرژی را دارد. بوهر استدلال کرد که چون می‌بینیم اتم هسته‌دار وجود دارد، لذا این باید یک واقعیت اساسی طبیعت باشد که یک اتم در پایدارترین حالت خود می‌تواند به طور نامحدود باقی بماند. اگرچه این واقعیت با استدلال عقلی قابل توجیه نبود (به یاد آورید قوانین پیشین فیزیک پیش‌بینی کرده بودند که اتم در خود فرو خواهد ریخت)، ولی چون نتیجه آزمایش بود می‌بایست پذیرفته می‌شد.

همچنین بوهر پیشنهاد کرد که گرچه حالتی که در آن اتم کمترین انرژی را دارد، پایدارترین حالت اتمی است، ولی می‌توان اتم را برانگیخته کرد و آن را به حالتهای بالاتر مجاز که انرژی بیشتری دارد رسانید (با جذب نور یا بر اثر برخورد شدید با اتمها یا الکترونهای دیگر). اتم برانگیخته شده مدت

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

زیادی در این وضع نخواهد ماند و انرژی اضافی خود را با انتشار نور از دست خواهد داد. چون تنها، سطوح معینی برای انرژی وجود دارند، انرژی می‌تواند فقط تغییرات معین داشته باشد. بنابراین اگر بطور علمی‌تر به موضوع نگاه کنیم، بوهر نظریه اتمی خود را با توجه به نکات زیر، یعنی:

قبول اساس نظریه رادرفورد (یعنی مسیرهای دایره‌ای برای حرکت الکترون به دور هسته)، استفاده از نظریه کوآنتومی تابشهای الکترومغناطیسی، استفاده از نتایج تجربی حاصل از بررسیهای طیف‌شناسان، به ویژه خطی بودن طیف نشری اتم هیدروژن به صورت دو پذیره، بیان داشت:

پذیره اول

اتم هیدروژن، دارای هسته‌ای (با بار $Z = +e$) و یک الکترون (با بار $-e$) است و این الکترون برخلاف نظر رادرفورد در مسیرهای دایره‌ای به هم پیوسته، به دور هسته نمی‌چرخد، بلکه براساس نظر کوآنتومی، بر روی مسیرهای دایره‌ای مجزایی که به فاصله معینی از هسته قرار داشته و نموداری از سطح انرژی مشخص و ثابتی است، به دور هسته می‌چرخد. تا هنگامی که الکترون بر روی چنین مدار مجاز و پایداری می‌چرخد، به هیچ صورت انرژی خود را از دست نمی‌دهد و تابشی منتشر نمی‌کند. به عبارت دیگر، سرعت و انرژی آن همواره بر روی چنین مداری ثابت باقی می‌ماند. از این رو، این مدارها را «مدارهای ایستاده» می‌نامند (امروزه به جای مدار، تراز انرژی و یا حالت انرژی به کار می‌برند) با توجه به نظریه کوآنتومی، فاصله ترازهای مجاز از هسته اتم، طوری باید تنظیم شود که اندازه حرکت زاویه‌ای الکترون بر روی هر یک از آنها مضرب درستی از واحد بنیادی کوآنتوم (یعنی $h/2p$) باشد. یعنی همواره باید داشته باشیم:

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

$$\vec{l} = mvr = n\frac{h}{2p} \qquad (1)$$

که در آن، $\vec{l}$ اندازه حرکت زاویه‌ای الکترون، m، v و r به ترتیب جرم، سرعت حرکت الکترون و شعاع مدار مجاز است. n عدد درستی برابر 1، 2، 3، 4، 5 و ... می‌باشد که عدد کوآنتومی نامیده می‌شود (امروزه به عدد کوآنتومی اصلی موسوم است). نیروی جاذبه الکتروستاتیکی بین هسته و الکترون بر روی هر مدار ایستاده، به وسیله نیروی مرکزگرای حاصل از چرخش الکترون به دور هسته بر روی آن مدار، جبران می‌شود. بطوریکه شعاع آن مدار همواره ثابت باقیمانده، از نزدیک شدن تدریجی الکترون به هسته اتم و یا افتادن آن بر روی هسته، جلوگیری می‌شود. براساس این پذیره، بوهر نه تنها ایراد نظریه رادرفورد را برطرف کرد، بلکه امکان توجیه مسایلی نظیر شعاع مدارها، شکل آنها و شعاع و یا حجم اتم و ... را فراهم آورد.

پذیره دوم

براساس نظریه کوآنتومی تابشهای الکترومغناطیسی، اتم فقط موقعی می‌تواند تابش کند که یک کوآنتوم مشخص از انرژی را جذب کرده و الکترون را از سطح انرژی مجاز E_1 به سطح انرژی مجاز معین بالاتر E_2 ارتقاء دهد. چنین الکترونی در بازگشت از سطح انرژی بالاتر به سطح انرژی پایین‌تر، تفاوت انرژی این دو حالت را به صورت یک کوآنتوم انرژی (که برابر همان کوآنتوم انرژی جذب شده به وسیله اتم است)، تابش می‌کند. یعنی می‌توان نوشت:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu \qquad (2)$$

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

به این ترتیب بوهر توانست، زیر بنایی نظری در مورد چگونگی جذب و تابش انرژی به وسیله اتم و توجیه طیف اتم هیدروژن، ارائه دهد.

در مورد پایدارترین سطح انرژی در اتم هیدروژن و یونهای هیدروژن- مانند که به حالت پایه (یا حالت اصلی) موسوم است، $n=1$ است و لایه K نامیده می‌شود. مدارهای مجاز بالاتر که اصطلاحاً سطوح انرژی برانگیخته نامیده می‌شوند، به ترتیب عدد کوآنتومی، با حرفهای $(n=2)L$، $(n=3)M$، $(n=4)N$، $(n=5)O$، $(n=6)P$ و $(n=7)Q$ و ... مشخص می‌شوند. بوهر براساس نظریه خود به محاسبه طول شعاع هر یک از مدارهای مجاز، سرعت الکترون بر روی آنها و مقدار انرژی جاذبه بین هسته و الکترونی که بر روی آنها به دور هسته در چرخش باشد، پرداخت.

نظریات بوهر چنان انقلابی بودند که اگر او قادر به نشان دادن راهی جهت محاسبه دقیق سطوح انرژی اتم ئیدروژن نمی‌گردید، قبول آنها میسر نبود. روش محاسبه بوهر در طول ده سال بعد جای خود را به روشهای بهتر داد ولی صحت این فرض، که فقط حالات انرژی خاص اتمی امکان پذیر است، بارها نشان داده شده است.

در این مبحث مطالب بسیاری درباره گسترش علم وجود دارد. موارد استعمال وسیع قوانین الکترومغناطیسی، این مسئله را برای دانشمندان طبیعی جلوه داد که همان قوانین، بدون هیچگونه تغییر در مورد اتم نیز صدق می‌کنند. اما در واقع این یک برون‌یابی بود، زیرا قوانین در سطح اجسام ماکروسکوپی بدست آمده بودند. ولی همان قوانینی که حرکات سیارات را توصیف می‌کردند، حرکات توپ تنیس را نیز تشریح می‌کردند. پس چرا حرکات الکترونها را توصیف نکنند؟ بسیاری از واقعیات آزمایشی به این سؤال پاسخ منفی می‌دادند ولی فیزیکدانها انتظار داشتند که راهی جهت توضیح این

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir

واقعیات در چهارچوب قوانین مسلم فیزیکی (و تقریباً مقدس!) بیابند. بوهر پس از آنکه سرانجام از قوانین ثابت فیزیکی دوری جست، «هنوز آنها را به عنوان راهنما بکار می‌برد». و فقط تغییراتی را پیشنهاد کرد که با واقعیات ناسازگاری داشت. شاید سلاح اصلی بوهر در پیش بردن حمله جدید خود، موفقیت محاسبات ریاضی او در پیش بینی سطوح انرژی ئیدروژن بود. با وجود این اکنون مدل بوهر کاملاً کنار گذاشته شده است و ثابت شده است که این مدل فقط با اتم ئیدروژن تطبیق می‌کند.

در تمسخر این مثال شتاب نکنید و اطمینان داشته باشید که وقتی آگاهی ما از طبیعت بیشتر می‌شود بعضی از تئوریها نیز کنار گذارده می‌شوند. اشکال یا بهتر بگوئیم، هیجان کار در این است که ما نمی‌دانیم کدام تئوریها در بازی سرنوشت باید واژگون گردند. این به وسیله شما و نسلهای آینده باید کشف شود.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
www.ShimiPedia.ir