

به نام خدا

تمرین سری دوم

فیزیک الکترونیک

حسین شریفی ۹۷۲۶۰۱۳

تمرین اول : مدل های اتمی از ابتدای علم فیزیک تا به حال

نظریه دموکریت :

پیدایش معنا و مفهوم اتم ۴۰۰ سال پیش توسط دموکریت، دانشمند یونانی برای اولین بار مطرح کرد .
به نظر وی مواد از اتم هایی که قابل تجزیه نیستند تشکیل شده است .
همچنین او گفت اتم های مواد مختلف شکل های متفاوتی دارند. اما ارسطو این نظر را به دلیل اعتقادش به اینکه ماده بی اندازه می تواند تقسیم شود، نپذیرفت.

نظریه دالتون :

جان دالتون شیمی دان و فیزیک دان انگلیسی بود که نظریه اتمی خود را در سه بند توضیح داد.

- همه عناصر شیمیایی از ذرات بسیار ریزی که تجزیه ناپذیر هستند تشکیل شده است. این ذرات اتم نامیده می شوند. در حین واکنش های شیمیایی نه اتمی به وجود می آید و نه اتمی از بین می رود و اتم های هیچ عنصری به اتم های عنصر دیگر تبدیل نمی شوند.
- اتم های یک عنصر از نظر خواص (جرم و دیگر ویژگی ها) یکسان و اتم های عناصر مختلف، با همدیگر متفاوت هستند.
- هر ترکیب شیمیایی از دو یا چند عنصر تشکیل شده که با نسبت مشخصی با هم ترکیب شده اند. یعنی عناصر با نسبت های ساده و ثابتی باهم ترکیب می شوند.

مدل اتمی تامسون :

بعد از کشف الکترون (توسط مایکل فارادی) بود که تامسون مدل کیک کشمش یا هندوانه ای خود را بیان کرد. او گفت: اتم از بار الکتریکی منفی (الکترون) و بار الکتریکی مثبت تشکیل شده که به طور یکسان و یکنواخت در آن قرار گرفتند. الکترون به تمثیل کشمش داخل کیک و بار مثبت در نقش کیک قرار دارد. آزمایش رادفورد مدل اتمی تامسون را نقض کرد.

مدل اتمی رادفورد :

بر طبق این نتایج رادفورد اظهار داشت در اتم بارهای مثبت در فضایی بسیار کوچک در مرکز اتم نگهداری شده اند و بیشترین جرم اتم در همین بخش است. اما ماهیت هسته مشخص نبود.

این هسته مثبت توسط بارهای منفی یعنی الکترون ها که در مسیر دایره ای و ثابت در حال حرکت هستند احاطه شده است. او نام این مسیرهای دایره ای را مدار نامید.

همچنین مجموع بار مثبت هسته و بار منفی الکترون ها با هم برابر است و با نیروی الکتروستاتیکی قوی کنار هم قرار گرفتند.

مدل اتمی بور :

اشکالی که مدل اتمی رادفورد داشت این بود که الکترون ها با چرخش به دور هسته از خود امواج الکترومغناطیس منتشر کرده و انرژی از دست می دهند و خیلی زود روی هسته سقوط خواهند کرد. اما اتم پایدار است. پایداری اتم با نظریه نیلز بور که از کشف تئوری کوانتوم توسط ماکس پلانک و آلبرت انیشتین استفاده کرده و نظریه خود را مطرح کرد، توضیح داده شد. او بیان کرد که الکترون ها در مسیرهای دایره ای در سطوح انرژی مشخصی در اطراف هسته در حال چرخش هستند و این مسیرهای دایره ای اوربیتال نام دارند. سطوح انرژی با اعداد n مشخص می شوند. سطوح انرژی که نزدیک هسته هستند نسبت به سطوحی که از هسته دورند انرژی کمتری دارند و الکترون ها می توانند بین این سطوح با دریافت یا انتشار انرژی جابه جا می شوند. این مقدار انرژی الکترون ها کوانتیده است.

مدل اتمی بور فقط می تواندست طیف خطی هیدروژن را توضیح دهد و طیف های اتم هایی که بیش از یک الکترون داشتند با مدل بور قابل توصیف نبودند. همچنین پیشرفت و گسترده کردن مدل بور با توجه به اصل عدق قاطعیت هایزنبرگ ممکن نبود. این اصل بیان می کند که در یک لحظه اندازه گیری همه کمیت های یک الکترون (محل دقیق و همچنین سرعت الکترون) امکان پذیر نیست. یعنی مسیر دقیق یک الکترون را نمی توان در اتم پیش بینی کرد.

تا اینکه معادله شرودینگر الکترون را بر اساس خصلت موجی توصیف کرد. این معادله توانست بسیاری از طیف های مختلف عناصر را توضیح دهد. اگر الکترون هیدروژن را در این معادله حل کنیم توابع به دست آمده هر کدام مربوط به یک تراز انرژی از این الکترون است که در آن حضور دارد. مکس بورن کسی بود که گفت تابع موج شرودینگر حالات احتمالی الکترون و نه خود الکترون را توصیف می کند. بر این اساس نظریه دوگانگی موج که الکترون هم به صورت ذره عمل می کند و هم به صورت موج رفتار می کند بیان شد. حضور الکترون در نظریه مدل کوانتومی اتم فقط بر اساس احتمالات است.

مدل کوانتومی اتم :

طبق این نظریه اتم از یک هسته (متشکل از پروتون و نوترون) در مرکز اتم و الکترون هایی که در اطراف هسته در سطوحی با انرژی مشخصی در حال حرکت هستند. حرکت الکترون ها در فضای مشخصی در اطراف هسته که احتکال حضور الکترون در آن بیشتر است انجام می شود، این فضا اوربیتال نام دارد. هر کدام از این اوربیتال ها که تراز انرژی الکترون ها هستند از چند زیر لایه که دارای انرژی های یکسانی هستند تشکیل شده است. همان طور که در این مقاله اشاره شد لایه ها با عدد کوانتومی اصلی n و زیر لایه ها با عدد کوانتومی فرعی s ، p ، d ، f نشان داده می شود. اوربیتال s دایره ای و اوربیتال d دمبلی شکل است.

تمرین دوم : بدست آوردن تراز های انرژی (سطح انرژی الکترون) از طریق روابط ریاضی

بور توانست انرژی و شعاع لایه ها را در سیستم های تک الکترونی بر حسب عدد اتمی و شماره ی لایه محاسبه کند. سیستم های چند الکترونی بسیار پیچیده تر از سیستم های تک الکترونی هستند و انرژی لایه ها در آنها به راحتی قابل محاسبه نیست. بور برای بدست آوردن سطح انرژی و شعاع لایه ها در سیستم های تک الکترونی از دو رابطه زیر استفاده کرد :

$$K \frac{q_e q_N}{r_n^2} = \frac{m_e V_{en}^2}{r_n}$$

$$m_e V_{en} r_n = \frac{nh}{2\pi}$$

در روابط بالا m_e و q_e بیانگر به ترتیب جرم و قدر مطلق بار الکترون، V_{en} و r_n بیانگر به ترتیب سرعت و شعاع

مدار الکترون در مدار n ام هستند q_N بیانگر بار هسته است که برای هسته اتم با عدد اتمی Z

برابر Zq_e خواهد بود. رابطه اول بیانگر تساوی نیروی گریز از مرکز و نیروی الکتریکی وارده بر الکترون است که این تساوی برای عدم خروج الکترون از مدارش بایستی برقرار باشد. رابطه دوم حاصلضرب جرم، سرعت و شعاع مدار الکترون را کوانتیده در نظر می گیرد و به این حاصلضرب اجازه می دهد فقط مقادیری که مضربی

از $\frac{h}{2\pi}$ هستند، را اختیار کند. در نظر گرفتن همین رابطه دوم سطح انرژی و شعاع لایه ها را در مدل اتمی بور

بصورت کوانتیده نتیجه می دهد. رابطه دوم که یک قانون برای کوانتیده بودن است، قانون کوانتومی

(Quantum Rule) مدل بور است. از رابطه اول V_{en} را بر حسب r_n بدست آوریم و در رابطه دوم جایگذاری

می کنیم. خواهیم داشت :

$$m_e V_{en} r_n = \frac{nh}{2\pi} \Rightarrow m_e \times \sqrt{\frac{Kq_e q_N}{m_e r_n}} \times r_n = \frac{nh}{2\pi} \Rightarrow \sqrt{m_e Kq_e q_N r_n} = \frac{nh}{2\pi} \Rightarrow m_e Kq_e q_N r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2}$$

$$\Rightarrow r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e Kq_e q_N} \Rightarrow r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e KZq_e^2}$$

در رابطه بالا π ، m_e ، K ، q_e و h ثابت هستند و مقادیر آنها معلوم است. با جایگذاری مقادیر آنها خواهیم داشت:

$$r_n = 5.29 \times 10^{-11} \times \frac{n^2}{Z} \text{ m} = 0.529 \times \frac{n^2}{Z} \text{ \AA}$$

در رابطه بالا \AA بیانگر واحد آنگستروم (angstrom) برای طول است که برابر 10^{-10} m است.

با جایگذاری r_n در یکی از دو رابطه اولیه به رابطه زیر برای سرعت الکترون در مدار n ام می‌رسیم:

$$V_{e_n} = \frac{2\pi K Z q_e^2}{nh}$$

انرژی کل الکترون در مدار n ام یا همان سطح انرژی الکترون در مدار n ام که با E_n نشان داده می‌شود، بصورت زیر از مجموع انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی بدست می‌آید:

$$E_n = -\frac{KZq_e^2}{r_n} + \frac{1}{2} m_e V_{e_n}^2$$

با استفاده از رابطه تساوی نیروی گریز از مرکز و نیروی الکتریکی، رابطه بالا بصورت زیر ساده می‌شود:

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{KZq_e^2}{r_n}$$

با جایگذاری رابطه بدست آمده برای r_n در رابطه بالا خواهیم داشت:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m_e K^2 Z^2 q_e^4}{n^2 h^2}$$

با جایگذاری مقادیر ثابت خواهیم داشت:

$$E_n = -2.18 \times 10^{-18} \times \frac{Z^2}{n^2} \text{ J} = -13.6 \times \frac{Z^2}{n^2} \text{ ev}$$

در رابطه بالا ev بیانگر واحد الکترون ولت برای انرژی است که برابر $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ است.